



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA**



**CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE
SALCHICHAS TIPO FRANKFURT ADICIONADAS CON
COMPUESTOS FUNCIONALES A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE PIÑA (*ANANÁS COMOSUS VAR.
ESMERALDA*)**

TESIS DE MAESTRÍA

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA QUÍMICA**

PRESENTA

I.B.Q. CLEMENCIA GARCÍA CORRALES

ASESORA

DRA. EDITH CORONA JIMÉNEZ

CO-ASESOR

M.C. HÉCTOR RUÍZ ESPINOSA

ENERO 2016

Agradecimientos

Antes que nada, agradezco a Dios, por haberme dado fuerzas, fe y sabiduría por permitirme seguir formándome profesionalmente y sobretodo como persona, ya que sin tu ayuda mis logros no se hubieran cumplido.

A mi madre, por haber siempre confiado en mí y por tu apoyo incondicional que me ha permitido seguir adelante en todo momento de mi vida. Y a mis hermanos, que de alguna manera u otra celebran mi éxito y sobre todo por ser parte de mi hermosa familia. Y a ti Ulises, que te has convertido en un nuevo integrante de la familia, por tu cariño, apoyo, paciencia, y sobre todo por tu ayuda en la realización del experimental.

A mi padre, que aunque ya no está físicamente, te has convertido en mi ángel que me bendice y protege desde el cielo.

A todos mis amigos, compañeros, profesores, por su amistad, por sus consejos, aportes y apoyo incondicional que compartieron una parte de su vida conmigo.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a la Facultad de Ingeniería Química y al Cuerpo Académico Consolidado “Innovación en Tecnología para el Desarrollo de Procesos Alimenticios”, por permitirme la posibilidad de desarrollar dentro de sus instalaciones el experimental de la tesis.

A mi asesora, la Dra. Edith Corona Jiménez, por tu enseñanza y paciencia en la redacción de esta tesis, ya que sin tu experiencia y ayuda no hubiera logrado terminarla, y sobre todo por tu amistad y confianza que depositaste en mí.

A mis sinodales, el M.C. Héctor Ruíz Espinosa, el Dr. Irving Israel Ruiz López y a la Dra. Paola Hernández Carranza por su valioso aporte, tiempo y dedicación para la culminación de éste trabajo.

Al secretario de posgrado, el Dr. Álvaro Sampieri Croda, por su apoyo agilizando todos los trámites para lograr los objetivos trazados en la tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado una beca de manutención durante la realización de mis estudios de maestría, con número (CVU/becario-429041/329214), así como también por el otorgamiento de una beca en el marco de becas mixtas 2015 - MZO2016 para movilidad nacional, por el fortalecimiento de mi formación académica.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD, A.C), por haberme recibido y prestado sus instalaciones durante esta estancia, así como también,

al Dr. Aarón González Córdova y M.C. Carmen Estrada, que forman parte de este centro, por su asesoría, paciencia, colaboración y enseñanza durante el experimental.

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP), por el otorgamiento de una beca de terminación de tesis (VIEP/2623/2015), por permitirme culminar la tesis.

Gracias.

ÍNDICE

Índice de figuras	IV
Índice de tablas	V
Resumen	VI
Abstract	IX
Introducción	1
I Antecedentes	3
1.1 Piña	3
1.1.1 Composición	4
1.1.2 Fibra	5
1.1.3 Antioxidantes	8
1.2 La carne	11
1.2.1 Propiedades fisicoquímicas de la carne	11
1.2.2 Propiedades sensoriales	13
1.3 Salchichas	13
1.3.1 Tipos de salchichas	13
1.3.2 Producción nacional de salchichas	15
1.3.3 Conservación de salchichas tipo Frankfurt	16
1.3.4 Oxidación lipídica	17
1.3.5 Nuevas formulaciones de salchichas	19
II Objetivos	22
2.1 Objetivo General	22
2.2 Objetivos Específicos	22

III Metodología	23
3.1 Diseño experimental y plan de trabajo	23
3.2 Caracterización de la cáscara de piña fresca	25
3.2.1 Determinación de acidez e índice de madurez en la cáscara de piña	25
3.3 Preparación de la Materia Prima	26
3.3.1 Preparación del polvo de cáscara de piña (PCP)	26
3.4 Caracterización del polvo de cáscara de piña (PCP)	26
3.4.1 Capacidad de retención de agua, aceite vegetal y grasa animal (CRA, CRAc y CRG) en el polvo de cáscara de piña	27
3.4.2 Microscopía de la partícula	27
3.4.3 Azúcares reductores	28
3.4.4 Azúcares totales	29
3.4.5 Fibra Cruda	29
3.4.6 Preparación del extracto de la muestra	30
3.4.7 Fenoles totales	30
3.4.8 Capacidad antioxidante	31
3.5 Elaboración de las salchichas tipo Frankfurt	32
3.5.1 Formulación de las salchichas tipo Frankfurt	33
3.5.2 Caracterización de salchichas tipo Frankfurt	33
IV Resultados y discusión	41
4.1 Caracterización de la materia prima	41
4.2 Polvo de cáscara de piña (PCP)	42
4.2.1 Composición fisicoquímica del PCP	42
4.2.2 Propiedades funcionales del PCP	43
4.3 Salchichas tipo Frankfurt	48
4.3.1 Acidez de la pasta cárnica y de las salchichas tipo Frankfurt . .	48
4.3.2 Composición de salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP.	49
4.3.3 Actividad antioxidante y oxidación lipídica en salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP	52
4.3.4 Caracterización de las propiedades funcionales de salchicha tipo Frankfurt adicionadas con PCP	55
4.3.5 Evaluación sensorial	59

V Conclusiones y Recomendaciones	60
5.1 Conclusiones	60
5.2 Recomendaciones	61
Bibliografía	62
Anexo I	74
Anexo II	76
Anexo III	77

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Piña (<i>Anáñas comosus var. Esmeralda</i>).	3
1.2	Producción de salchichas procesadas en México.	16
3.1	Diagrama del plan de trabajo	24
3.2	Escala de maduración y carta de colores de la variedad en estudio.	25
3.3	Proceso de Elaboración de salchichas Frankfurt.	33
4.1	Capacidades de retenciones en diferentes medios y temperaturas. Media e intervalos LSD al 95 % de confianza.	44
4.2	Coordenadas y microscopía de las partículas del PCP antes y después de sumergir en diferentes medios. A, C y E son partículas secas y B, D y F partículas húmedas en agua, aceite vegetal y grasa animal, respectivamente.	45
4.3	Correlación de Pearson entre las variables de respuesta: Fibra y Actividad Antioxidante evaluado por el método DPPH	52
4.4	Correlación de Pearson entre las variables de respuesta: TBA y grasa.	53

ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Composición nutrimental por cada 100g de piña fresca.	4
1.2	Métodos de análisis de fibra.	6
1.3	Fibra total presente en frutas.	7
1.4	Fibra total presente en distintas variedades de <i>Ananás comosus</i>	7
1.5	Clasificación de Compuestos Fenólicos.	9
1.6	Compuestos fenólicos presentes en frutas de mayor consumo.	10
1.7	Salchichas enriquecidas con compuestos funcionales reducidas en grasa.	20
3.1	Formulación de salchichas Frankfurt con polvo de cáscara de piña.	33
4.1	Análisis fisicoquímicos de la cáscara de piña (fresca).	41
4.2	Composición fisicoquímica en el PCP.	42
4.3	Áreas reales de partículas del PCP seca y húmeda en diferentes medios.	46
4.4	Contenido fenólico total y actividad antioxidante en el PCP.	47
4.5	Análisis de los pH en salchichas y pasta cárnica con diferentes contenidos de PCP.	48
4.6	Caracterización de la composición de salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP.	49
4.7	Valores de TBA y niveles de DPPH en salchichas tipo Frankfurt	54
4.8	Valores de pH y CRA en salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP.	56
4.9	Parámetros de color de las salchichas tipo Frankfurt.	57
4.10	Efecto de la adición de PCP sobre la textura en las salchichas tipo Frankfurt.	58

Resumen

Las industrias de los alimentos generan grandes cantidades de subproductos, en especial la industria de los jugos de frutas, donde la pulpa es la materia prima más importante, sin embargo, si estos subproductos permanecen sin ser utilizados, no solo aumentan el problema de su disposición, sino también agravan la contaminación ambiental. Semillas y residuos de cáscara son las principales fuentes de subproductos, pero estos contienen altos contenidos de compuestos bioactivos tales como la fibra y los antioxidantes. La importancia de los compuestos de los alimentos naturales es cada vez mayor debido al mayor uso de tales compuestos en otros alimentos, siguiendo las directrices internacionales en favor de los recursos naturales en vez de compuestos sintéticos. El reciclaje o la reutilización de estos subproductos, acumulados durante el procesamiento de jugo y disponible en grandes cantidades, pueden reducir los costos de tratamiento. La obtención de compuestos bioactivos tales como la fibra y los antioxidantes de la cáscara de la piña podría ser una buena solución para el re-uso de la cáscara obtenida a partir de las industrias del jugo y las industrias de las conservas. La adición directa de la cáscara a otros alimentos, tales como productos cárnicos, podría ser una solución más barata y podría dar lugar a productos con beneficios para la salud además de prolongar la vida útil debido a su acción opuesta a la oxidación de los lípidos. Se han reportado estudios significativos sobre el uso de fibra y antioxidantes, obtenidos a partir de subproductos de frutas en productos de carne, sin embargo, el uso de compuestos bioactivos modifica la formulación y composición (pH, proteína, humedad, grasa, cenizas) de éstos, y afecta a las propiedades sensoriales y tecnológicas (CRA, color, textura), lo que tiene un impacto importante en la calidad general de los productos cárnicos. En particular, el uso de la cáscara de piña en productos cárnicos no se ha informado aún, debido a su composición complicada, principalmente por el contenido en bromelina, enzima responsable de la degradación de proteínas.

En el presente trabajo, se han establecido dos experimentales experimentales. Por un lado, la caracterización de polvo de cáscara de piña (PCP) se llevó a cabo con el fin de conocer su comportamiento en una matriz cárnica. Para ello, se analizaron su composición fisicoquímica (fibra y el contenido total de azúcar, pH) y sus propiedades funcionales (CRA) y microscopía. Por lo tanto, los resultados mostraron que un alto contenido de azúcares totales y los bajos valores de pH, correspondieron a un polvo

obtenido a partir de una piña poco madura. También, a partir de los resultados obtenidos del análisis de la CRA y la microscopía, se observó que el polvo tiene una alta CRA ($p < 0,05$), especialmente en medios acuosos, cambiando el tamaño de la partícula e independientemente de la temperatura, lo que podría dar lugar a cambios de la textura del producto cárnico que lo contienen. Por último, el PCP mostró un elevado contenido de compuestos fenólicos (2.14 ± 2.49 mg GAE / 100g m. s.) con actividad antioxidante baja (AA) (4.72 ± 0.07 y 3.90 ± 0.02 mg Trolox / 100g m. s, a partir del análisis de DPPH y ABTS, respectivamente).

Por otro lado, la segunda etapa se llevó a cabo en muestras de salchichas tipo Frankfurt con bajo contenido de grasa, adicionándoles diferentes contenidos de PCP (control, 5 %, 12 % y 20 %). En esta etapa, el análisis de la composición global (humedad, pH, proteína, grasa, cenizas y contenido de fibra), el comportamiento de la oxidación de los lípidos, las propiedades funcionales (CRA, color, textura) y el análisis sensorial, fueron determinados. Los resultados mostraron que con el contenido PCP más alto, mayor fue el contenido de humedad y cenizas ($p < 0.05$). Estos comportamientos podrían ser atribuidos a la presencia de sólidos debido al contenido de fibra ($p < 0.05$) en el polvo, además, a pesar de que existen altas temperaturas durante el proceso de cocción de las salchichas, los resultados mostraron un alta CRA. Por lo tanto, se alcanzaron valores de humedad de 62.28 ± 0.17 % para un 2.97 ± 0.04 % de ceniza y 7.70 ± 0.33 % de fibra. Del mismo modo, con el mayor contenido PCP (20 %), menor ($p < 0.05$) fue el contenido de proteína (28.72 ± 0.98 %) y de grasa (8.69 ± 0.68 %). Cuando el contenido de proteínas es analizado, se puede observar que un incremento ($p < 0.05$) del contenido de PCP en salchichas produce una disminución de las proteínas (20.97 %). Este hecho se atribuyó a la presencia de la enzima bromelina, que a pesar de su inactivación durante el escaldado de la cáscara de piña y las altas temperaturas utilizadas durante el tratamiento de cocción, ésta sobrevive y la ruptura de los enlaces entre las proteínas continúa. Además, las salchichas adicionadas con PCP, todavía mantienen su capacidad antioxidante después del tratamiento térmico y aumentan su actividad antioxidante (75.12 %), cuando mayor es el contenido de fibra, por lo tanto, la correlación de Pearson ($r = 0.94$) mostró una relación fuerte y positiva entre ambas variables (fibra y AA). Lo mencionado anteriormente, podría estar relacionado con la oxidación de lípidos (TBA), y como se sabe, la oxidación de lípidos está influenciada por la presencia de grasa ($r = 0.78$) y en el presente trabajo, el contenido de grasa ha sido sustituido por el contenido de PCP. En este sentido, y como era de esperarse, un

aumento de la oxidación de lípidos ($p < 0.05$) se obtuvo cuando el contenido de PCP fue menor, de ese modo, la muestra de control presentó el valor más alto de la oxidación de lípidos (3.17 ± 0.07 mg MA / kg salchicha), y el valor más bajo (0.14 ± 0.05 mg MA / kg salchicha) correspondió al lote de salchichas con un 20 % de PCP añadido, por lo que se observó que existía una correlación ($r = 0.88$) entre las variables de respuesta (AA y TBA). Los resultados obtenidos para la CRA en salchichas, demostraron que las muestras con un mayor contenido de PCP (12 y 20 %) obtuvieron los valores de pH más bajos (5.12 ± 0.02 y 4.87 ± 0.04 , respectivamente), no obstante, el aumento de la CRA se atribuye a la presencia de PCP, específicamente con la presencia de fibra, ya que tiene una mayor absorción y de afinidad con el medio acuoso. Por otra parte, el aumento del contenido de PCP provocó una disminución de la luminosidad (L^*) (24.7 %) cuando se compara con la muestra control. Es decir, al reducir el contenido de grasa y al adicionar y tener mayor presencia de partículas de polvo se provocó un oscurecimiento de salchichas, además, de que resultaron ser más verdes y más amarillas. Los resultados de textura mostraron que la dureza y la cohesividad se vieron afectados por el contenido de PCP, por lo que la presencia de éste en la matriz cárnica afectó significativamente ($p < 0.05$) la textura de las mismas. Finalmente, los resultados de análisis sensorial mostraron que hay una mayor preferencia por las muestras del lote de control y aquellas con 5 % de PCP, por lo tanto, no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ambos lotes, obteniendo de este modo un nivel medio de preferencia de: "me gusta bastante". Las preferencias de los panelistas indican que las muestras con el 20 % de PCP no se encontraban dentro de la escala positiva ($p < 0.05$), sin embargo, las muestras con un 12 % obtuvieron una preferencia media ($p < 0.05$), es decir, mostraron un nivel de preferencia de: "no me gusta, ni me disgusta", lo que sugiere que a pesar de su alto contenido en PCP, podría ser una salchicha que no está fuera de las preferencias de los consumidores. Por lo tanto, el uso del PCP obtenido a partir de los subproductos derivados del proceso de jugo de piña, podría ser considerado como una alternativa interesante para mejorar la composición de las salchichas tipo Frankfurt con bajo contenido de grasa y alto contenido de compuestos funcionales, tales como la fibra y los antioxidantes, así como, para mejorar sus propiedades funcionales.

Abstract

The food industries generate large amounts of by-products, especially the juices industry, where the pulp is the most important raw material, however, if these by-products remain unutilized, they not only add to the disposal problem but also aggravate environmental pollution. Seeds and peel residues are the major source by-products, but these contain highly biologically bioactive compounds such as the fiber and antioxidants. The importance of natural food compounds is increasing due to more extensive use of such compounds in other foods, following the international directives in favour of natural rather than synthetic compounds. The recycling or re-usage of these by-products, accumulated during juice processing and available in high amounts can reduce treatment costs. Obtaining bioactive compounds such as fiber and antioxidants from pineapple peel could be a good solution to the re-usage of the peel obtained from the juice and canned industries. The direct addition of peel to other foods, such as meat products, could be a cheaper solution and could lead to products with health benefits, in addition to prolonging and shelf life due to their opposite action to the lipid oxidation. Significant studies have been reported regarding the use of fiber and antioxidants, obtained from by-products of fruits in meat products, however, the use of bioactive compounds amends the formulatios and composition (pH, protein, moisture, fat, ash) of these, affecting the sensory and technological properties (WHC, color, texture), which have an important impact on the overall quality of meat products. Particurlaly, the use of the peel pineapple on meat products has not been reported yet, due to their complicated composition, mainly by the content in bromelain, enzyme responsible of the proteins degradation.

In the present work, two experimental stages have been established. On the one hand, the characterization of pineapple peel powder (PPP) was carried out in order to know their behavior in a meat matrix. For that purpose, their physicochemical composition (fiber and total sugar content, pH) and their functional properties (WHC and microscopy) were analysed. Thus, the results showed that high total sugar content and the low pH values corresponded to a powder from a bit ripe pineapple. Also, from the results obtained of the WHC and microscopy analysis, it was observed that the powder has a high WHC ($p < 0.05$), especially in aqueous médium, changing the size of the particle, regardless of the temperatura, which could result in a textural

changes of the meat product that contain it. Finally, the PPP showed an elevated content of phenolic compounds (2.14 ± 2.49 mg GAE / 100g d.m.) with low antioxidant activity (AA) (4.72 ± 0.07 and 3.90 ± 0.02 mg Trolox / 100g d.m, from DPPH and ABTS analysis, respectively).

On the other hand, the second stage was carried out in samples of Frankfurter sausages with low fat content, adding different PPP contents (control, 5%, 12% and 20%). In this stage the overall compositional analysis (moisture, pH, protein, fat, ash and fiber content), the lipid oxidation behaviour, the functional properties (WHC, color, texture) and sensorial analysis, were analyzed. The results showed that with the higher PPP content, the higher the moisture and ash content ($p < 0.05$). These behaviours could be attribute with the presence of solids by the high fiber content ($p < 0.05$) in the powder, as well as, despite that exist a high temperatures during the cooking sausage, these showed a high WHC. Thus, values of moisture of $62.28 \pm 0.17\%$ were reached for a $2.97 \pm 0.04\%$ of ash and $7.70 \pm 0.33\%$ of fiber. Likewise, with the higher PPP content (20%), the lower ($p < 0.05$) the protein ($28.72 \pm 0.98\%$) and fat content ($8.69 \pm 0.68\%$). When the protein content is analyzed, it can be observed that an increment ($p < 0.05$) of the PPP content in sausages causes a decrease of proteins (20.97%). This fact was attributed with the presence of the bromelain enzyme, which despite their inactivation during the blanched of peel and the high temperatures used during the cooking treatment, this survives and the breakdown of protein bonds continues. Besides, the sausages with added PPP, still maintain their antioxidant capacity after heat treatment and increase their antioxidant activity (75.12%) with the increasing of fiber content, thus, the Pearson correlation ($r = 0.94$) showed a strong and positive relationship between both variables (fiber and AA). The previously mentioned, could be related to lipid oxidation (TBA), and as it is known, the lipid oxidation is influenced by the presence of fat ($r = 0.78$) and in the present work, the fat content was substituted by PPP content. In this regard, and as it expected, an increased of lipid oxidation ($p < 0.05$) was obtained when PPP content was lower, thereby, the control sample presented the highest value of lipid oxidation (3.17 ± 0.07 mg MA / kg sausage), and the lowest value (0.14 ± 0.05 mg MA / kg sausage) corresponds to batch of sausages with 20% of PPP added, finding that there was a correlation ($r = 0.88$) between the response variables (AA and TBA). The results obtained for the WHC in sausages showed that although samples with a higher content of PPP (12 and 20%) obtained the lower pH values (5.12 ± 0.02 and 4.87 ± 0.04 , respectively), the increased

of the WHC is attributed by the presence of PPP, specifically with the presence of fiber, which has a higher absorption and affinity with the aqueous medium. Moreover, the increase of PPP content causes a decrease of brightness (L^*) (24.7%) when is compared with the control sample. That is, reducing the fat content and the addition and presence of dust particles causes a darkening of sausages, further that, it turned more green and more yellow. The textural results showed that the hardness and the cohesiveness were affected by the PPP content, whereby the presence of this on the meat matrix significantly affects ($p < 0.05$) the texture of the sausages. Finally the results of sensory analysis showed that there is a greater preference for the control samples and those with 5% of PPP, therefore, there is not significant difference ($p < 0.05$) between both, thus obtaining an average level of preference of: "I like it quite". The preferences of panelist indicated that samples with 20% of PPP were not within the positive scale ($p < 0.05$), however, the samples with a 12% obtained a middle preference ($p < 0.05$), ie, showed a level of preference of: "I do not like, or dislike me", suggesting that despite its high PPP content, it could be a sausage that is not outside of the consumer preferences.

Therefore, the use of PPP obtained from the by-products derived from the juice pineapple process, could be considered an interesting alternative to improve the composition of Frankfurt sausages with low fat content and high content of functional compounds, such as the fiber and the antioxidants, as well as, to improve their functional properties.

Introducción

En la actualidad, el consumo de frutas y vegetales aplicados en las dietas ha sido asociado con la reducción de los riesgos de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, entre otras (Fu *et al.*, 2011; Hossain & Rahman, 2011; Sun *et al.*, 2002), debido a que naturalmente están constituidas por vitaminas, minerales, antioxidantes y fibras, aportando estos beneficios a la salud (Fu *et al.*, 2011; Hathwar *et al.*, 2012; Olmedilla-Alonso *et al.*, 2013). Tal es el caso de la piña (*Ananás Comosus var. Esmeralda*), que es una fruta tropical, rica en compuestos funcionales como fibra, antioxidantes, vitaminas y otros compuestos nutritivos, lo que hace que sea consumida por todo el mundo en forma de jugo, fresca o/y deshidratada (Gardner *et al.*, 2000; Hossain & Rahman, 2011), por lo cual se tiene gran interés en el aprovechamiento de los subproductos derivados de esta fruta, como lo es la cáscara, en la que se presentan compuestos bioactivos, los cuales podrían servir para mejorar características sensoriales, nutrimentales, tecnológicas y funcionales de otros productos a los que puedan ser añadidos (I, 2009; Rubiano, 2006).

La fibra dietética se conforma por polisacáridos y lignina resistente a la hidrólisis por las enzimas digestivas del ser humano, promueven efectos beneficiosos fisiológicos como laxante, disminuye el nivel de colesterol en la sangre, etc. (Escudero-Álvarez & González-Sánchez, 2006). Sin embargo, existen diferentes tipos de fibras que están constituidas en los alimentos como la fibra de la avena, la fibra de trigo, la fibra de los vegetales, la fibra de las frutas, etc., que aportan diferentes beneficios dependiendo de la utilidad que se le vaya a dar a cada fibra, como es el caso de la fibra de las frutas, ya que algunas veces es empleada para el proceso de los jugos o se utiliza para ser adicionada en algunos productos cárnicos, disminuyendo de esta forma el contenido en grasa del mismo (Fernández-López *et al.*, 2007; Tarté, 2009).

Por otra parte, la importancia de los antioxidantes en los alimentos radica en preservar los alimentos, así como también en reducir enfermedades degenerativas relacionadas con el ser humano (Pokorny *et al.*, 2005). Por lo tanto, los antioxidantes son sustancias que están presentes en bajas concentraciones y que son capaces de retardar o prevenir su oxidación. Estos compuestos se encuentran naturalmente en el organismo y en ciertos alimentos permitiendo el bloqueo de los daños causados por los radicales libres (Delgado-Olivares *et al.*, 2010).

Recientemente, el interés de mejorar los productos cárnicos ha incrementado, debido a la importancia que el consumidor tiene sobre su salud (Fernández-López *et al.*, 2007; Pereira & Vicente, 2013); sin embargo este aspecto no se convierte en el único factor de mayor importancia, sino también el encontrar diferentes variedades de alimentos saludables y nutritivos que favorezcan su dieta (Fernández-López *et al.*, 2007; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999). Para la industria cárnica es importante el desarrollo de productos que cumplan las funciones que el consumidor exige, y gracias a las investigaciones (García *et al.*, 2002; Hughes *et al.*, 1997; Jiménez-Colmenero *et al.*, 2001) se ha permitido el mejoramiento a partir del aprovechamiento de subproductos de diversas frutas y cereales debido al contenido de compuestos funcionales, como son las vitaminas, minerales, antioxidantes, fibras, entre otros. No obstante, se ha observado que al llevar a cabo la adición de estos compuestos mediante los subproductos de frutas y cereales en productos cárnicos, como es el caso de las salchichas, se contribuye a la reducción del contenido graso, pero trae consigo dificultades en términos de apariencia, textura y sabor, lo que sigue resultando de interés para la industria cárnica el poder encontrar la más adecuada combinación de compuestos en la formulación (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999; Resurrección, 2004; Salcedo-Sandoval *et al.*, 2013).

I. Antecedentes

1.1. Piña

La piña (*Ananás comosus*) (Figura 1.1) es una fruta trópicamente originaria de Brasil perteneciente de la familia *Bromeliaceas* (García & Serrano, 2005; Ramírez & de Delahaye, 2011), que contiene alrededor de 2700 especies agrupadas en 56 géneros. La planta de la piña es una planta perenne con una roseta de hojas puntiagudas de hasta 90 cm de longitud, del centro de la roseta surge un vástago en cuyo extremo producen las flores, que darán lugar al sicarpio conocida como piña (Reina *et al.*, 1994). El fruto es una baya de forma cilíndrica o cónica, de 1 a 3 kg, formado por el corazón de la piña (parte más fibroso), de pulpa amarilla (translúcida), dulce y ácida y muy aromática, el color de la cáscara es verde a amarillo (depende de la variedad de la piña) por lo que debe estar firme, es decir libre de magulladuras para su comercialización (Montero-Calderón & Cerdas-Araya, 2005).



Figura 1.1. Piña (*Anánas comosus* var. *Esmeralda*).

En México la producción de piña registra una tendencia en aumento. SAGARPA (2014) reporta que los principales estados productores de piña son Oaxaca, Tabasco, Nayarit y Veracruz siendo éste último el mayor productor de piña en el año 2014 con 567, 534 Ton. Así éste fruto tiene diversos mecanismos de comercialización tanto

nacionales como extranjeros, por lo que del producto cultivado 4,500 son productores en el país.

1.1.1. Composición

La piña es una de la principales frutas cultivadas en México y apreciada por su valor nutrimental, rica en carbohidratos, libre de grasas saturadas y colesterol, baja en sodio y alta en vitamina C, además de ser un alimento digestivo debido a la producción de bromelina (enzima preotolítica) (Reina *et al.*, 1994).

En la Tabla 1.1 se presentan los componentes presentes en la piña así como sus cantidades correspondientes (Haytowitz, 1995).

Tabla 1.1. Composición nutrimental por cada 100g de piña fresca.

	Componente	Cantidad
Composicionales	Agua	86g
	Azúcares totales	9.85g
	Hidratos de carbono totales	13.12g
	Fibra alimentaria	1.4g
	Proteínas	0.54g
Vitaminas	Tiamina (vit. B1)	0.079mg
	Riboflavina (vit. B2)	0.032mg
	Niacina (vit. B3)	0.5mg
	Ácido pantoténico (vit. B5)	0.213mg
	Vitamina B6	0.112mg
	Ácido fólico (vit. B9)	18µg
	Vitamina C	47.8mg
Minerales	Calcio	13mg
	Hierro	0.29mg
	Magnesio	12mg
	Manganeso	0.927mg
	Fósforo	8mg
	Potasio	109mg
	Sodio	1mg
	Zinc	0.12mg

Fuente: Haytowitz (1995); USDA (2015).

Las frutas y vegetales han sido el punto focal en los últimos años, debido a que contienen niveles significativos de compuestos bioactivos que proporcionan beneficios

a la salud, no sólo por ser una fuente de vitaminas, minerales y fibra, sino también por tener una fuente rica de compuestos fenólicos o conocidos de otra manera como antioxidantes (Quirós-Sauceda *et al.*, 2012; Ramírez & de Delahaye, 2011). Asimismo, esta fuente de compuestos bioactivos que generalmente son obtenidos de la pulpa, también pueden ser encontrados en subproductos como cáscara, semillas, etc. Rustad *et al.* (2011) definen a los subproductos como aquellos productos no vendibles, pero que pueden ser utilizados después de tener un tratamiento. Se ha reportado que los subproductos de las frutas tropicales y cítricos contienen niveles altos de sustancias para mejorar la salud como fibra dietaria, antioxidantes, antiinflamatorios, y otros (Ayala-Zavala *et al.*, 2011; Martínez-Ramos *et al.*, 2012). Por otra parte, Quirós-Sauceda *et al.* (2012) determinaron la asociación de las fibras dietarias y compuestos fenólicos presentes en frutas. Estas asociaciones se deben por las interacciones físicas y químicas, como pueden ser debido a las fuerzas hidrofóbicas y enlaces covalentes. Por lo que, los compuestos funcionales obtenidos de subproductos de frutas son atribuidos compuestos bioactivos aplicables en alimentos.

Ángel *et al.* (2011) han determinado que en la piña no solo se pueden obtener compuestos bioactivos a partir de la pulpa, sino que también de la cáscara de ésta, por ser una fuente rica en fibra y presentar actividad antioxidante, así como también presenta propiedades de sabor y color neutro, lo que la hace apropiada para mejorar la aceptabilidad de un producto.

1.1.2. Fibra

La fibra es un nutriente esencial en una dieta saludable, compuesta mayormente por hidratos de carbono complejos y la lignina, considerada fibra dietaria (Escudero-Álvarez & González-Sánchez, 2006; García-Peris & Velasco-Gimeno, 2007).

La fibra dietaria esta clasificada en función de sus propiedades fisiológicas (solubilidad / insolubilidad, fermentable / no fermentable y viscosa / no viscosa) (Escudero-Álvarez & González-Sánchez, 2006). Asimismo, las fibras dietéticas promueven efectos benéficos fisiológicos como laxante, regulador de niveles de colesterol, etc., y son determinadas como un compuesto funcional (Dhingra *et al.*, 2012; Escudero-Álvarez & González-Sánchez, 2006). No obstante, historicamente las fibras están clasificadas en base a su solubilidad relativa en agua, es decir, las fibras insolubles están compuestas principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales son obtenidas principal-

mente de cereales como avena, salvado de trigo, entre otras, mientras que las fibras solubles contienen porciones de gomas, polifruktosas, pectinas y mucílagos, las cuales son obtenidas de frutas y salvado de avena (Bodner & Sieg, 2009). Sin embargo, la fibra dietaria no ha sido fácil de definir para encontrar un equilibrio entre el efecto fisiológico y los métodos analíticos utilizados para detectarlos y cuantificarlos en los alimentos (Bodner & Sieg, 2009; Dhingra *et al.*, 2012).

En la Tabla 1.2 se describe el uso y limitaciones de dos métodos principalmente utilizados para el análisis de fibra (Segura *et al.*, 2009).

Tabla 1.2. Métodos de análisis de fibra.

Método de análisis	Uso	Limitaciones	Descripción
Fibra cruda	Recuperación de celulosa y lignina.	Remueven polisacáridos no celulósicos y lignina.	Análisis gravimétrico utilizando un ácido diluido y una base diluida.
Fibra dietaria	Es usado para medir la concentración de fibra. Completa recuperación de los polímeros de las paredes celulares.	La remoción de almidón y proteína pueden ser un problema en alimentos procesados.	Análisis gravimétrico utilizando como pretratamientos enzimas y químicos.

Algunas frutas (piña, guayaba, lima, naranja y sandía) son ricas en fibra, por lo que son consideradas carbohidratos complejos que ayudan en el organismo humano. Diversos trabajos han sido desarrollados con el fin de evaluar el contenido de fibra en diferentes frutas (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Fibra total presente en frutas.

Fruta	Fibra total (g/100g b.s.)	Referencia
Piña (polvo de pulpa)	13.65±0.06	Ramírez & de Delahaye (2011)
Guayaba (polvo de pulpa)	65.64±0.48	Ramírez & de Delahaye (2011)
Lima (polvo de cáscara)	70.4±0.05	Ubando-Rivera <i>et al.</i> (2005)
Naranja (polvo de cáscara)	59.08±0.239	García & Vera (2010)
Sandía (polvo de pulpa)	0.6±0.02	Ramulu & Rao (2003)

El contenido de la fibra total de las variedades de *Ananás comosus* se muestra en la Tabla 1.4, éstas diferencias posiblemente fueron debido al tipo de muestra utilizada.

Tabla 1.4. Fibra total presente en distintas variedades de *Ananás comosus*.

Variedad	Fibra total (g/100g)	Referencia
No definida (pulpa)	2.8±0.13a	Ramulu & Rao (2003)
MDII (cáscara)	75.8±0.23a	Martínez-Ramos <i>et al.</i> (2012)
No definida (pulpa)	13.65±0.06a	Ramírez & de Delahaye (2011)
Roja española (pulpa)	1.09±0.05b	Bartolomé <i>et al.</i> (1995)
Cayena lisa (pulpa)	1.63±0.05b	

a: base seca

b: base húmeda

1.1.3. Antioxidantes

Los antioxidantes son las moléculas que previenen el daño celular causado por la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química que transfiere electrones de una molécula a un agente oxidante, es decir produce radicales libres (Misra *et al.*, 2014). Por lo tanto, los antioxidantes reaccionan con estos radicales finalizando por medio de la eliminación de éstos o inhibiendo otras reacciones de oxidación (redox) mediante la oxidación de sí mismos (Halliwell *et al.*, 1995; Misra *et al.*, 2014).

Existen múltiples tipos de antioxidantes en plantas y animales tales como los compuestos fenólicos (vitamina C y vitamina E), así como enzimas (catalasa), peroxidasas, entre otras (Hamid *et al.*, 2010; Misra *et al.*, 2014). Sin embargo, los antioxidantes pueden actuar como prooxidantes si no son utilizados de la manera adecuada (Tourinho *et al.*, 2008), debido a que los radicales libres del oxígeno (especies reactivas del oxígeno, ROS) son radicales que contienen por lo menos un electrón desapareado capaces de oxidar biomoléculas. Algunos ejemplos de ROS son: radical hidroxilo (HO), peróxido de hidrógeno (H₂O₂), anión superóxido (O₂⁻), Ozono, entre otros (Gülçin, 2012; Martínez-Ramos *et al.*, 2015).

Dentro de los antioxidantes, los compuestos fenólicos se pueden clasificar en naturales y sintéticos (Tabla 1.5) dependiendo de la fuente donde se obtiene (Misra *et al.*, 2014; Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Tabla 1.5. Clasificación de Compuestos Fenólicos.

Clase	Compuesto Fenólico	Derivados
Sintético	Hidroxitolueno butilado	-
	Butilhidroxianisol	-
	Butilhidroquinona terciaria	-
	Propil galato	-
Natural	Ácidos fenólicos	Ácido hidroxibenzoico Ácido hidroxicinámico
	Flavonoides	Flavonoles Flavononoles Flavonas Flavononas Antocianidinas Isoflavonoides
	Estilbenos	Resveratrol
	Cumarinas	-
	Ligninas	-
	Taninos	Tanino hidrolizable Tanino condensado

La actividad antioxidante es una de las propiedades químicas más estudiadas de los compuestos fenólicos, éstos presentan actividades biológicas como antiinflamatoria, anticancerígena, antihipertensiva, antioxidante, así como también, efectos benéficos en la prevención de enfermedades cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas, etc (Kuskoski *et al.*, 2005; Martínez-Ramos *et al.*, 2015). Los mecanismos antioxidantes a través de los cuales los compuestos fenólicos actúan se clasifican en: preventivo, secuestrante y reparador (Naveda-González, 2010). Éstas propiedades son atribuidas principalmente al grupo hidroxilo presente en su anillo estructural (Martínez-Ramos *et al.*, 2015).

Los compuestos fenólicos son encontrados de forma natural en fuentes de origen frutal y/o vegetal. Algunas de las frutas ricas en compuestos fenólicos y de mayor consumo (piña, manzana y cítricos) se muestran en la Tabla 1.6 las cuales contienen ácidos fenólicos y flavonoides.

Tabla 1.6. Compuestos fenólicos presentes en frutas de mayor consumo.

Fruta	Compuestos fenólicos presentes	CFT	Referencia
Piña	Ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido ferúlico) y flavonoides (catequina, epicatequina)	159.77b	Li <i>et al.</i> (2014)
	Ácidos fenólicos (ácido ferúlico, ácido cefeico, ácido sinapínico, ácido <i>p</i> -cumárico) y flavonoides (quercetina, kaempferol)	4.869a	Bataglion <i>et al.</i> (2015)
Manzana	Ácidos fenólicos (ácido clorogénico) y flavonoides (catequina, epicatequina, quercetina)	366a	Carbone <i>et al.</i> (2011)
	Ácidos fenólicos (ácido protocatéquico, ácido clorogénico, ácido cefeico) y flavonoides (catequina, epicatequina, quercetina).	989.82b	Xu <i>et al.</i> (2015)
Cítricos	Flavonoides (naringina, hesperidina)	233a	Khan <i>et al.</i> (2010)
	Flavonoides (naringina, hesperidina, rutina, quercetina, kaempferol)	345b	Brito <i>et al.</i> (2014)

a (mg/100g muestra fresca)

b (mg/100g muestra seca)

Fuente: Martínez-Ramos *et al.* (2015)

1.1.3.1. Bromelina

La bromelina de los frutos es una proteasa ácida encontrada en las hojas y en el tallo de la planta de *Ananás comosus* (Lago-López *et al.*, 1996; Nor *et al.*, 2015), constituida por aminoácidos que se encuentran enrollados en dos partes separadas por un puente que tiene un lugar activo con un grupo tiol (SH) libre (Gallardo *et al.*, 2008). Su actividad proteolítica de la bromelina se activa debido por la presencia de cisteína, tiosulfato y glutatión, y es inhibida por iones metálicos oxidantes y por agentes que reaccionan con los tioles (ácido áscorbico). Su intensa actividad proteolítica no se modifica en zonas de pH entre 3 y 8.

Esta enzima es utilizada para formular ablandadores de carnes, complementos alimenticios, tratamientos de desórdenes digestivos y para acciones farmacológicas (Devakate *et al.*, 2009; Nor *et al.*, 2015).

1.2. La carne

La carne se define como aquellos tejidos animales que pueden emplearse como alimento (Belitz, 2009; Forrest *et al.*, 1975; SAGARPA, 2014). Las carnes más comunes son la de pollo, vacuno, cerdo y ovino. Ésta se compone fundamentalmente de músculo y de cantidades variables de tejido conectivo de todos los tipos, así como de una pequeña porción de tejido epitelial y nervioso. El músculo esquelético es la fuente principal del tejido muscular de la carne. Sin embargo, ésta también contiene una pequeña porción de músculo liso. Aunque en la carne se encuentran todos los tipos de tejidos conectivos, predominan el adiposo (grasa), hueso, cartílago y conectivo (Forrest *et al.*, 1975).

1.2.1. Propiedades fisicoquímicas de la carne

Actualmente se conocen grandes variantes que influyen en la calidad de la carne, como es el pH y la capacidad de retención de agua (CRA); ya que son importantes para controlar la cantidad y la uniformidad del producto final.

El pH del músculo en vivo está cerca de la neutralidad. Posterior al proceso de muerte desciende más o menos rápidamente, para alcanzar después de la rigidez cadavérica valores entre 5.4 y 5.8 (en condiciones normales y dependiendo de la especie)(Hui *et al.*, 2001). Teniendo en cuenta lo anterior, significa que las carnes con valores de pH elevados están más expuestas a las acciones microbianas, sobre todo a la putrefacción (Hui *et al.*, 2001; Restrepo-Molina *et al.*, 2001).

Se sabe que en los alimentos el contenido total de agua no se encuentra uniformemente distribuida, así que, se ha clasificado al agua en los alimentos como libre y ligada. Ambas se relacionan con la CRA, siendo la más significativa el agua ligada en ésta.

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la capacidad de la carne de retener su agua durante la aplicación de las fuerzas externas, tales como cortes, calentamiento, trituración y prensado y dependen del tipo de proteína y su concentración, así como también de la presencia de hidratos de carbono, lípidos, sales y pH. Se conoce que los mecanismos de la CRA se relacionan con las proteínas, y las estructuras que unen y retienen el agua, específicamente con las proteínas miofibrilares. Diversos trabajos han demostrado que existe un efecto directo del pH, la fuerza iónica y la oxidación en la habilidad de la proteína miofibrilar, las miofibrillas y las células

musculares para atrapan el agua. Asimismo, se relaciona la fuente genética, metabólica y química de la proteólisis durante el postmortem en los mecanismos que gobiernan la CRA (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Muchas de las propiedades físicas de la carne en productos cocidos (color, textura y firmeza de la carne incluso color) dependen de la CRA (Forrest *et al.*, 1975; Ranken, 2003). Además, la CRA es especialmente crítica, ya que aquellos productos manufacturados sometidos a procesos de calentamiento, molido u otros, afectan la integridad de la fibra muscular, es decir no existe una retención física del agua libre (Pearson & Gillett, 1996; Restrepo-Molina *et al.*, 2001).

Por otra parte, la mayoría de los autores coinciden que la magnitud de las modificaciones que experimenta el músculo en el período posmortem, tiene un efecto importante sobre la CRA de la carne; así, cuando las reservas de glucógeno se han agotado en el músculo antemortem, por agotamiento físico del animal, la carne mantiene un pH elevado, del orden de 6.5 y es de color oscuro, textura firme, apariencia seca y de conservabilidad reducida debido a su elevada CRA, es decir estas carnes se definen como Dark, Firm, Dry (DFD). En cambio, cuando las reservas de glucógeno se degradan aceleradamente después del sacrificio, se produce un descenso brusco del pH (5,1 a 5,3) que puede ocasionar una desnaturalización parcial de las proteínas miofibrilares con la consiguiente pérdida de su CRA, en este caso, la carne tiene un color pálido, textura blanda, exudación intensa y pobre aroma, por lo que se define como Pale, Soft, Exudative (PSE). Entre estas dos pautas de comportamiento extremas, existe toda una gama de velocidad de descenso del pH que determina valores de CRA intermedios. La carne es normal cuando se caracteriza por una reducción normal y completa de pH, que afecta moderadamente las proteínas miofibrilares (Honikel, 2008; Restrepo-Molina *et al.*, 2001).

Las carnes PSE (mortadelas y salchichas) y DFD (chorizos, jamones, etc.) tienen aptitud diferente para la elaboración de productos cárnicos. Flores & Bermell (1984) concluyen que en los productos cárnicos curados, como chorizos, jamones, etc., interesa que la carne tenga baja CRA que permita la operación de secado. En los productos cárnicos cocidos a base de pastas finas, como mortadelas y salchichas, se busca que la materia prima tenga alta CRA, ya que este tipo de productos son jugosos y de textura suave.

1.2.2. Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales son puntos importantes en la selección de la carne ya que influyen en la calidad de la misma y de los productos cárnicos, estos son: color, sabor, aroma, textura, suavidad.

Color: Los pigmentos de la carne están formados en su mayor parte por dos proteínas, la hemoglobina, que es el pigmento sanguíneo y la mioglobina, pigmento muscular (Forrest *et al.*, 1975; Ranken, 2003).

Sabor/aroma: El sabor es la combinación de gustos básicos: dulce, salado, amargo, ácido y umami (Forrest *et al.*, 1975; Ranken, 2003; Toldrá *et al.*, 2010). El aroma se detecta de numerosos materiales volátiles que estimulan las terminaciones nerviosas de la mucosa de los conductos nasales, por lo que la sensación final son estímulos gustativos y olfatorios (Carduza *et al.*, 2014).

Textura: Algunas propiedades físicas de la carne fresca, como estructura, jugosidad, suavidad, firmeza y textura son difíciles de medir objetivamente. Factores, como el estado de rigidez, las propiedades asociadas a la retención de agua, la grasa intramuscular, el tejido conectivo y el tamaño de los haces, contribuyen a estas propiedades físicas (Forrest *et al.*, 1975).

1.3. Salchichas

El término salchicha se deriva de la palabra latina “salsus” que significa sal, o traducido literalmente, se refiere a la carne picada y embutida conservada mediante salazón (Pearson & Gillett, 1996). Aunque también la fabricación de salchicha consiste en moler, picar, o cortar el tejido muscular y mezclarlos con la grasa, sales y condimentos (hierbas y especias), siendo la mezcla de salchicha embutida en tripas sintéticas o naturales (Belitz, 2009).

1.3.1. Tipos de salchichas

Existen en el mundo numerosos tipos de salchichas, según el tipo de carne empleada, así como los ingredientes (como especias) a utilizar (Effiong, 2003). A continuación se mencionan algunas de ellas.

1.3.1.1. Salchichas Frescas

Hecho de carne fresca, sin curar, por lo general los cortes son de carne de cerdo fresca y, a veces de carne de vaca, el sabor, la textura, la suavidad y el color están directamente relacionados con la proporción de grasa. Éstos deben mantenerse en refrigeración y bien cocidos antes de servir. Un ejemplo es la salchicha Bratwurst (Pearson & Gillett, 1996), también se encuentran las salchichas breakfast, estilo italiano, whole hog, todas estas pueden tener un contenido de grasa hasta de un 50% de producto bruto de peso (Hui *et al.*, 2001).

1.3.1.2. Salchichas Ahumadas

Estos productos tienen todas las características de salchicha fresca excepto que son ahumadas para dar al producto un sabor y color diferente, y que se deben cocinar antes de comer (Pearson & Gillett, 1996). Para tener ese sabor característico de las salchichas ahumadas se emplea humo natural o líquido. El humo natural se obtiene de la madera (roble, nogal, enebro, etc.) y el humo líquido se obtiene de una mezcla de agua y humo de madera condensado del que han sido retiradas las sustancias nocivas (Effiong, 2003).

1.3.1.3. Salchichas Fermentadas

Estas se dividen en dos grupos de procesos característicos: seco y semi-seco (Hui *et al.*, 2001). Estos productos son obtenidos por fermentación utilizando como cultivo ácido láctico. La producción de ácido láctico no sólo ayuda en la preservación mediante la reducción del pH y la inhibición del crecimiento de microorganismos indeseables, sino que también añade un sabor fuerte y picante. Después de mezclar los ingredientes de carne con especias, la curación y cultivo, la pasta se mantiene en un refrigerador de curado hasta que se logre la acidez deseada. Entonces la pasta se embute en tripas y se secan al aire en condiciones de secado cuidadosamente controlados (Pearson & Gillett, 1996). Una de las salchichas principales son peperoni y salami.

1.3.1.4. Salchichas Cocidas

Las salchichas cocidas son aquellas sometidas a un tratamiento térmico (cocción). Las plantas modernas generalmente utilizan cortadores de cocina en el que los

pasos se lleven en una sola maquina: molienda preliminar, cocido, mezclado y corte. Las salchichas cocidas se pueden cortar solo cuando están frías (Belitz, 2009). Los productos más populares son Viena y Frankfurt, ambas son preparadas de igual manera, solo la pequeña diferencia es que la Viena es más delgada en diámetro que la de tipo Frankfurt (Hui *et al.*, 2001). El proceso de elaboración de las salchichas Frankfurt tiene la capacidad natural de la carne para absorber y retener agua, sin necesidad de utilizar agentes ligantes (Effiong, 2003). La carne es finamente picada-amasada. La grasa está en forma libre y está ligada en forma estable por la mezcla de carne-agua-sal. La mezcla es curada con nitrito sódico para dar el color rosa, la mezcla es embutida en tripas naturales o artificiales, es cocida hasta el asentamiento por el calor de la carne y por último la tripa se retira. Puesto que está cocida completamente la salchicha, ésta debe tener un contenido microbiano bajo (Ranken, 2003).

1.3.2. Producción nacional de salchichas

La salchicha se considera uno de los embutidos más populares en el país, superando el consumo de jamón, chorizo y longaniza (Consejo Mexicano de la Carne, 2014). Por lo que se considera un alimento diseñado para niños, jóvenes y adultos por la sencillez y la preparación. Y conforme al consumo de ésta se observa en la Figura 1.2 la producción de embutidos en México ha aumentado considerablemente, alcanzando un valor de 507 Ton. durante el año 2014 (Consejo Mexicano de la Carne, 2014).

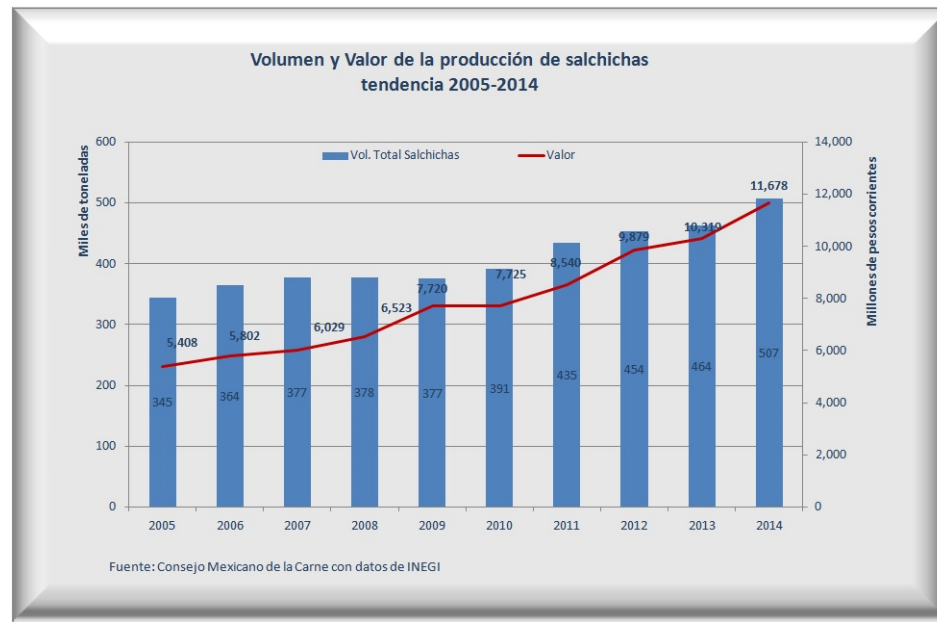


Figura 1.2. Producción de salchichas procesadas en México.
Fuente: Consejo Mexicano de la Carne (2014).

1.3.3. Conservación de salchichas tipo Frankfurt

Para la prolongación de la vida y almacenamiento de las salchichas es indispensable conservarlas de alguna manera (Forrest *et al.*, 1975). El método más común es la refrigeración, ésta consiste en el enfriamiento de la salchicha a temperaturas por arriba de su punto de congelación ($+5^{\circ}\text{C}$ o $0-2^{\circ}\text{C}$). Otro método es la congelación que se refiere al enfriamiento de la salchicha a temperaturas muy bajas (-18°C), pero esta puede afectar en el valor nutritivo y sensorial de la salchicha en el momento que haya una descongelación (Forrest *et al.*, 1975; Ranken, 2003). Entre otro de los métodos se encuentra el envasado, éste consiste en la modificación del envase ya sea por atmósfera modificada controlada, alto oxígeno o bajo oxígeno en la atmósfera o al vacío (Toldrá *et al.*, 2010). Todos estos métodos antes mencionados son útiles para la conservación de las salchichas pero presentan limitantes. Por otra parte, existen aditivos conservantes como son los antioxidantes, los nitritos-nitratos, sal, fosfatos, entre otros. Los antioxidantes tienen la capacidad de prolongar la vida útil del producto impidiendo la oxidación de las grasas y los cambios de color provocados por la presencia de oxígeno; éstos pueden ser sintéticos o bien obtenerse de fuentes naturales como cereales, frutas y verduras (Effiong, 2003; Honikel, 2008; Tarté, 2009).

La oxidación lipídica en los productos cárnicos es un proceso complejo y depende de numerosos factores que incluyen la composición química del producto, el procedimiento tecnológico empleado, el acceso a la luz y al oxígeno y la temperatura de almacenamiento (Frankel, 2014). Por ello, la industria alimentaria necesita controlar los factores que pueden incidir en la oxidación durante el procesamiento y conservación para minimizar su impacto en la calidad de los alimentos. La oxidación de lípidos es un proceso donde los ácidos grasos polinsaturados (PUFAs por su siglas en inglés) son degradados (formación de radicales libres) generando productos secundarios tales como malonaldehído (MDA) y compuestos volátiles de lípidos causando deterioro a las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos (Terrasa, 2013). Asimismo, el desarrollo de rancidez lleva a la formación de compuestos que afectan los atributos de calidad (olor, sabor, color y textura) ya que involucra la pérdida de ácidos grasos esenciales y vitaminas, generando compuestos tóxicos, por la cual este proceso puede afectar la vida útil de las carnes procesadas, lo que lleva a desarrollar nuevas metodologías para evitar las reacciones de oxidación y conservar y prolongar la vida útil del alimento cárnico (Estévez *et al.*, 2006; Terrasa, 2013).

1.3.4. Oxidación lipídica

La oxidación lipídica es considerada la principal reacción deteriorativa durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Johnson & Decker, 2015), así como también la responsable de generar la rancidez en los alimentos almacenados (término sensorial que deriva del proceso de autooxidación de la grasa (Romero & Sans, 1997)). La rancidez es provocada por la peroxidación lipídica, la deteriorización oxidativa de los lípidos polinsaturados de los alimentos y la formación de otros compuestos oxigenados (Botsoglou *et al.*, 1994; Fuentes *et al.*, 2014). En general, todos los alimentos y productos de alimentos con susceptibilidad oxidativa como las carnes, pescado, huevos, leche, cereales y derivados, están envueltos a sufrir un mecanismo químico oxidativo deteriorativo afectando su calidad funcional, sensorial y nutricional (Fuentes *et al.*, 2014; Johnson & Decker, 2015).

La oxidación lipídica es determinada por medio del procedimiento de TBA (ácido tiobarbitúrico) (Botsoglou *et al.*, 1994; Romero & Sans, 1997; Wenjiao *et al.*, 2014), método que consiste en la cuantificación del compuesto malonaldehído (MDA) presente en los productos susceptibles al proceso de oxidación lipídica, ya que es un

producto formado durante dicha oxidación.

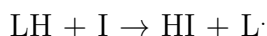
1.3.4.1. Mecanismos de la oxidación lipídica

La oxidación de los lípidos puede ocurrir por dos tipos de procesos: autooxidación o fotooxidación (Johnson & Decker, 2015; Terrasa, 2013).

La autooxidación es aquella en donde la oxidación de los lípidos ocurre por un mecanismo de radicales libres que consiste en tres etapas: iniciación, propagación y terminación.

Iniciación: El mecanismo de autooxidación implica la reacción con la forma más estable del oxígeno molecular, el oxígeno triplete ($^3\text{O}_2$). Este proceso es desfavorable termodinámicamente, debido que la reacción implica el ataque sobre los dobles enlaces de los ácidos grasos que se encuentran en estado singlete. Por lo que el proceso requiere de iniciadores (I) que generen los primeros radicales lipídicos.

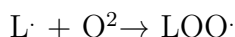
En presencia de dichos factores de iniciación, los lípidos insaturados (LH) pierden un radical hidrógeno ($\text{H}\cdot$) de la posición α con respecto al doble enlace generando radicales libres lipídicos ($\text{L}\cdot$) de acuerdo a la siguiente ecuación:



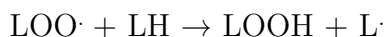
Los iniciadores se pueden generar por disociación térmica de hidroperóxidos preformados (LOOH) presentes como impurezas o por descomposición de los mismos catalizada por iones metálicos (Me) como hierro y cobre para generar radicales alcoxilo ($\text{LO}\cdot$) o peroxilo ($\text{LOO}\cdot$), según las siguientes reacciones:



Propagación: Los radicales alquílicos de los lípidos, generados en la etapa de iniciación, reaccionan rápidamente con el oxígeno molecular para generar radicales peroxilo de acuerdo la siguiente ecuación:



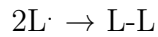
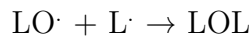
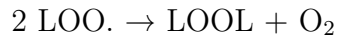
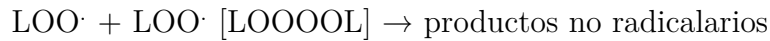
Posteriormente, el radical peroxilo reacciona con otra molécula de un lípido insaturado para generar un nuevo radical alquílico y un hidroperóxido que es el principal producto primario de la oxidación.



Cabe señalar que la primera reacción ocurre a mayor velocidad que la segunda. Debido a la estabilización por resonancia de los radicales alquílicos ($\text{L}\cdot$) se generan

diversos hidroperóxidos isómeros.

Terminación: La etapa de terminación implica una serie de reacciones en las cuales los diferentes radicales generados en las etapas de iniciación y propagación pueden reaccionar entre sí generando productos no radicalarios como se esquematiza en las siguientes reacciones:



Fotooxidación es aquella donde la oxidación de los ácidos grasos insaturados es acelerada por exposición a la luz. Ésta se debe a la producción de radicales libres por irradiación ultravioleta, la cual cataliza la descomposición de hidroperóxidos. Este tipo de reacción en cadena de radicales libres puede ser inhibida por antioxidantes o por desactivadores de la radiación UV que absorben la radiación sin formación de radicales.

La principal causa de deteriorización en la calidad de la carne y los productos cárnicos es la oxidación lipídica. Ésta ocurre por la interacción de algunos constituyentes (pigmentos, proteínas, carbohidratos y vitaminas) que conforman la carne o productos cárnicos. Asimismo, la oxidación lipídica puede ocurrir por almacenamiento de refrigeración, almacenamiento de congelación, almacenamiento de secado y curado, provocando efectos negativos indeseables como el color, sabor, textura e incluso en su valor nutritivo, así como también, indeseables para el consumidor (Karre *et al.*, 2013; Love & Pearson, 1971).

1.3.5. Nuevas formulaciones de salchichas

Con el interés de disminuir la ingesta de alimentos con un alto contenido graso, se han desarrollado nuevos alimentos cárnicos más saludables, disminuyendo la cantidad de grasa en los mismos.

Las formulaciones comunes de salchichas Frankfurt, contienen hasta un 30 % de grasa, no obstante es necesario modificar su formulación para obtener productos con sabor y textura aceptables, pero con menor contenido graso (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999). En este sentido, otros autores (Tabla 1.7) han reportado el uso de compuestos funcionales como las fibras de salvado de avena, durazno, naranja, cereales, entre otros

(Fernández-López *et al.*, 2007; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999), utilizadas en salchichas bajas en grasa para mejorar las propiedades funcionales, y así como la mejora en el contenido de humedad, textura, sabor, reducción de grasa, pH y aceptabilidad del consumidor.

Tabla 1.7. Salchichas enriquecidas con compuestos funcionales reducidas en grasa.

Tipo de salchicha	Compuesto funcional		Referencia
Frankfurt	Fibra de trigo	Fibra total	Choe <i>et al.</i> (2013)
Frankfurt	Polvo de semilla de uva	Compuesto fenólico (Proantocianidina)	Özvural & Vural (2011)
Frankfurt	Fibra de durazno	Fibra dietaria	Grigelmo-Miguel <i>et al.</i> (1999)
Modelo	Semilla de mostaza molida	Compuestos fenólicos (no definidos)	Karwowska & Dolatowski (2013)
Bologna	Fibra del albedo del limón	Fibra dietaria	Fernández-Ginés <i>et al.</i> (2004)
Curada	Fibra de naranja	Compuestos fenólicos (Eritrocina, neoeriocitrina, rutina, 7-O-luteolina-glucosida, hespiridina, diosmina, poncirina, hespetarina y neodiosmina)	Fernández-López <i>et al.</i> (2007)
Fermentada	Fibra de frutas (manzana, durazno y naranja) y cereales (trigo y salvado de avena)	Fibra dietaria	Garcia <i>et al.</i> (2002)

Las fibras dietéticas promueven efectos fisiológicos beneficiosos incluyendo el efecto laxante, y/o disminución de colesterol en la sangre, y/o disminución de glucosa en sangre. La consideración más importante para la inclusión de fibras en los productos cárnicos es una comprensión de los atributos funcionales de las diversas fuentes de fibra disponibles; las fibras dietéticas se han clasificado en base a su solubilidad relativa en agua (solubles e insolubles) (Tarté, 2009) .

Por otra parte, los antioxidantes los encontramos en las frutas y verduras causando un retardo de estrés oxidativo sobre el cuerpo (Delgado-Olivares *et al.*, 2010),

permitiendo mejorar la calidad de vida del ser humano. Existen estudios, en los cuales reportan que los antioxidantes obtenidos a partir de frutas o semillas retardan el efecto oxidativo del producto como por ejemplo: salchichas con polvo de uva (Kulkarni *et al.*, 2011), y salchichas con semillas molidas de mostaza (Karwowska & Dolatowski, 2013). Siendo de gran importancia los compuestos funcionales (fibras y antioxidantes) añadidos en productos alimenticios beneficiando la salud del consumidor.

Finalmente, existen muchos estudios sobre la reformulación de salchichas que han permitido desarrollar nuevos productos con beneficios nutricionales y con características funcionales. Los productos cárnicos pueden ser modificados por adición de ingredientes considerados beneficiosos para la salud o bien por eliminación o reducción de ciertos componentes que son considerados perjudiciales. En este sentido y considerando lo anterior, no sólo resulta de interés el uso de compuestos que mejoren las propiedades funcionales de los alimentos y contribuyan a la salud del consumidor, sino que resulta interesante que dichos compuestos puedan ser obtenidos de fuentes ricas a partir de subproductos de agroindustrias, lo que contribuiría a la mejora en el tratamiento y uso de los mismos y su aprovechamiento en otros procesos, teniendo un impacto ambiental positivo. De esta forma, el presente trabajo encontró como área de oportunidad, evaluar el efecto del PCP, aplicándolo a un producto cárnico reducido en grasa que contenga compuestos funcionales como fibra y compuestos fenólicos.

II. Objetivos

2.1. Objetivo General

Caracterizar los parámetros de calidad de las salchichas tipo Frankfurt adicionadas con compuestos funcionales (fibra y antioxidantes) a partir del polvo de cáscara de la piña (*Ananás Comosus var. Esmeralda*).

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas y composicionales del polvo obtenido de la cáscara de piña.
- Cuantificar los compuestos funcionales (fibra y antioxidantes) en las salchichas tipo Frankfurt.
- Evaluar el efecto de la adición del polvo de cáscara de piña como fuente de fibra y antioxidantes.
- Realizar el análisis sensorial para conocer la aceptación del producto.

III. Metodología

3.1. Diseño experimental y plan de trabajo

La elaboración de productos cárnicos, como las salchichas tipo Frankfurt, adicionadas con compuestos funcionales (fibra y antioxidantes) provenientes de subproductos de frutas resulta de interés, debido a que los cambios en las formulaciones para la inclusión de dichos compuestos, afectan significativamente la composición y las propiedades funcionales de los productos cárnicos, ya que dependen de las condiciones de procesamiento, la formulación y la naturaleza del subproducto a utilizar. Por lo tanto, en el presente trabajo se estableció como objetivo caracterizar los parámetros de calidad de las salchichas tipo Frankfurt adicionadas con compuestos funcionales (fibra y antioxidantes) a partir del polvo de cáscara de la piña (Ananás Comosus var. Esmeralda).

Para ello, se creó un plan de trabajo (Figura 3.1) en el cual se estableció una etapa preliminar para la puesta en marcha y a punto de las metodologías y los equipos a utilizar, y dos etapas importantes de caracterización. En la primera etapa, se realizaron análisis en el polvo de cáscara de piña para poder conocer su comportamiento en una matriz cárnica. Así, se determinó su composición fisicoquímica (contenido en fibra, azúcares totales, pH) y sus propiedades funcionales (CRA y microscopía). Para la segunda etapa, se elaboraron 4 diferentes lotes de salchichas tipo Frankfurt con diferentes porcentajes de PCP adicionado (control, 5, 12 y 20 %), reduciendo su contenido en grasa. Ésta etapa consistió en evaluar la influencia del PCP sobre la composición fisicoquímica (pH, humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra) de las salchichas, así como en la oxidación lipídica (actividad antioxidante y TBA), en las propiedades funcionales (CRA, textura y color) y sensoriales (de preferencia). Cada una de las metodologías que conforman dichas etapas, son descritas en los siguientes apartados.

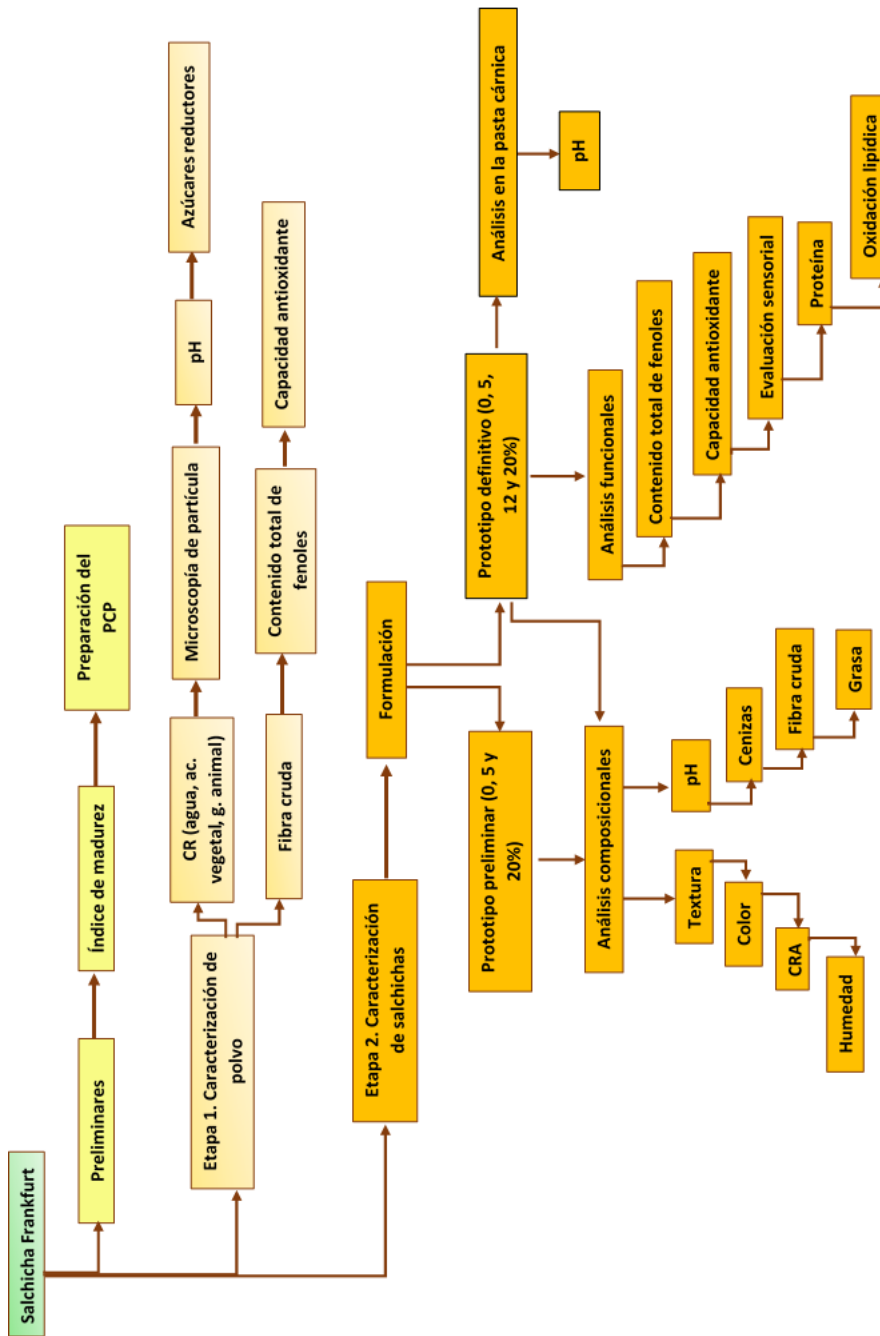


Figura 3.1. Diagrama del plan de trabajo

3.2. Caracterización de la cáscara de piña fresca

El lote de piña (*Ananás comosus var Esmeralda*) con el que se trabajó fue adquirido en un mercado local de la ciudad de Puebla. La selección de la piña se realizó de manera visual, basándose en la escala propuesta por (García-Taín *et al.*, 2011) Figura 3.2, el cual clasifica en tres grandes grupos la madurez de la piña en función del color y el tiempo. No obstante, al momento de realizar la adquisición del lote, los colores que se presentaban en las piñas iban de verde oscuro a verde claro (debido a la temporada), lo cual correspondió a la coloración que presentaban los días 2 y 3, por lo que en base a dicha escala presentaba un estado de madurez entre fisiológica y organoléptica. Dichos autores definieron que si la fruta tiende al estado de madurez organoléptica, este estado es el desarrollo en que la fruta reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna).

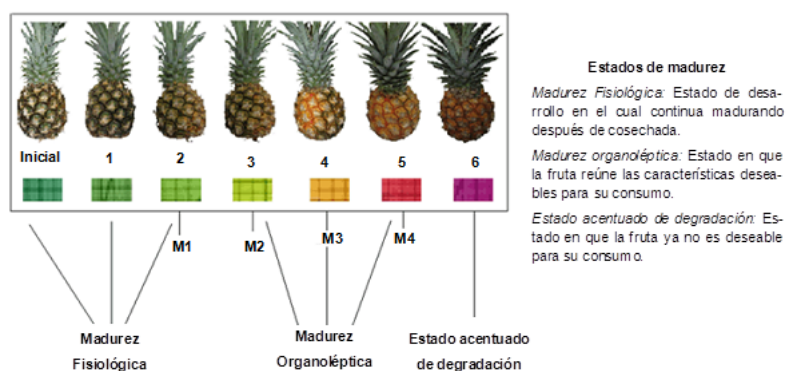


Figura 3.2. Escala de maduración y carta de colores de la variedad en estudio.

Fuente: García-Taín *et al.* (2011)

3.2.1. Determinación de acidez e índice de madurez en la cáscara de piña

El análisis de acidez e índice de madurez en la cáscara de piña (*Ananás comosus var Esmeralda*) se realizó por triplicado de acuerdo al procedimiento 942.15 de la AOAC (AOAC, 2000). Se trituró la cáscara de la piña en una licuadora para obtener jugo, el cual se utilizaron 5 ml de muestra que fueron colocados en matraces de 125 ml, posteriormente se adicionó 3 gotas de fenolftaleína y después se tituló con NaOH 0.1 N.

Por otra parte, se utilizó aproximadamente 1 ml de la muestra de jugo de la cáscara de piña para la determinación de los grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) utilizando un brixometro (Pocket Refractometer PAL-1, ATAGO, Japan) que sirvió para la determinación del cálculo de índice de madurez. Los resultados fueron expresados como se indica a continuación (Ecuación 3.1 y 3.2).

$$\% \text{Acidez} = \left[\frac{\text{ml NaOH} * N * \text{meq. ac. predominante}}{\text{ml muestra}} \right] * 100 \quad (3.1)$$

$$I. \text{madurez} = \frac{^{\circ}\text{Bx}}{\% \text{acidez}} \quad (3.2)$$

En donde:

ml NaOH = ml gastados en la titulación.

N = Normalidad del NaOH.

meq. ac. Predominante = mili equivalencia de ácido cítrico.

ml muestra = ml totales utilizados de la muestra.

$^{\circ}\text{Bx}$ = grados Brix.

$\%$ acidez = porcentaje de acidez.

3.3. Preparación de la Materia Prima

3.3.1. Preparación del polvo de cáscara de piña (PCP)

La cáscara de piña (Ananás comosus var. Esmeralda) fue escaldada por el método modificado de Illescas-Chávez (2001) a $70 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, para inactivar la enzima Bromelina, después se secó a $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante. Posteriormente la cáscara de la piña seca, fue molida y tamizada hasta alcanzar un tamaño de partícula de $500\mu\text{m}$ y obteniendo la muestra final en polvo para utilizarla en los análisis posteriores. El polvo fue almacenado herméticamente a temperatura ambiente ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$) y bajo condiciones de obscuridad.

3.4. Caracterización del polvo de cáscara de piña (PCP)

3.4.1. Capacidad de retención de agua, aceite vegetal y grasa animal (CRA, CRAc y CRG) en el polvo de cáscara de piña

Se analizaron las capacidades de retención de agua (CRA), de aceite vegetal (CRAc) y de grasa animal (CRG) en el PCP previamente preparado, fueron evaluados utilizando los métodos modificados por Garau *et al.* (2007); Kammoun-Bejar *et al.* (2011).

La determinación CRA fue evaluada con 0.1 g de muestra en tubos falcón de 50 ml adicionando 20 ml de agua destilada, posteriormente se hidrató a diferentes temperaturas de 5, 10 y $15\pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Se centrifugó (Centrifuga refrigerada Universal 320 R, Hettich Lab, Alemania) a $2700 \times g$ por 40 minutos a $20\pm 1^\circ\text{C}$, el exceso del sobrenadante fue decantado. La capacidad de retención de agua se calculó por gramo de masa húmeda sobre gramos de masa seca.

La CRAc y CRG fueron medidas para cada muestra utilizando 0.1 g en tubos falcón de 50 ml agregando 10 ml de aceite vegetal y grasa para el análisis correspondiente. Se hidrató a diferentes temperaturas 5, 10 y $15\pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente se centrifugó (Centrifuga refrigerada Universal 320 R, Hettich Lab, Alemania) a $2700 \times g$ por 40 minutos a $20\pm 1^\circ\text{C}$. El exceso del sobrenadante fue decantado. La capacidad de retención de aceite vegetal y grasa animal fueron expresados gramos de masa húmeda entre gramos de masa seca.

3.4.2. Microscopía de la partícula

La microscopía de la partícula del PCP de $500 \mu\text{m}$ se realizó utilizando un microscopio digital (DUS.42 S02 USB Digital Microscope 500X 8 led, Honyu, China). Para el análisis, se tomaron al azar partículas individuales del PCP y fueron colodadas en una cámara de Neubauer (Neubauer chamber cell counting, Celeromics), luego se tomó una imagen de cada una de las partículas antes de someterlas a los medios correspondientes (agua, aceite vegetal y grasa animal). Posteriormente estas partículas fueron colocadas en pequeñas charolas y sometidas a los medios antes mencionados, adicionándoles 3 ml de cada uno. Se dejaron reposar las partículas durante 24 horas y nuevamente fueron tomadas las imágenes con el microscopio.

3.4.3. Azúcares reductores

La determinación de azúcares reductores fue realizada de acuerdo a la norma NMX – F – 312 – 1978. Diez gramos de muestra en polvo fueron aforados con agua desionizada en un matraz de 250 ml, y fueron agregados 2 ml de acetato de plomo saturado (A y T reactivos analíticos), por último fue filtrado con papel Whatman No.1. El filtrado fue colocado en una bureta permitiendo recuperar la disolución ml a ml a un matraz Erlenmeyer que contenía una mezcla de 1 ml de solución estandarizada de Fehling A (Meyer), 1 ml de solución estandarizada de Fehling B (Meyer) y 50 ml de agua en ebullición. 0.3 ml de indicador de metileno fue agregado (hasta observarse un cambio de color verde esmeralda) un poco antes de la total reducción del cobre. El porcentaje de azúcares reductores se calculó a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 3.3):

$$\% \text{ azúcares reductores} = \left[\frac{F.F.}{\left(\frac{g}{v. \text{ aforado}}\right)(v. \text{ titulación})} \right] * 100 \quad (3.3)$$

En donde:

F.F. = Factor Fehling.

g = gramos de la muestra, en g.

v. aforado 1 = volumen del primer aforado, en ml.

v. titulación = volumen de titulación, en ml.

Para el factor Fehling (F.F.) se utilizó 0.5 g de Dextrosa anhidra (Meyer) como azúcar de referencia aforada con 100 ml de agua, y fue titulada como se menciona anteriormente, sin embargo para los reactivos Fehling A (Meyer) y Fehling B (Meyer) se usaron 5 ml por cada uno. Para su expresión de resultados se calculó de la siguiente manera (Ecuación 3.4).

$$F.F. = \frac{\left(\frac{g \text{ dextrosa}}{v. \text{ aforado}}\right)(v. \text{ titulación})}{5 \text{ ml}} \quad (3.4)$$

En donde:

g dextrosa = gramos de dextrosa utilizados.

v. aforado = volumen aforado de la solución.

v. titulación = volumen de la titulación.

3.4.4. Azúcares totales

Para la determinación de los azúcares totales se realizó de acuerdo a la norma NMX – F – 312 – 1978. Se tomó una alícuota de 50 ml de la muestra filtrada y fueron agregados 6ml de HCl (Meyer) 1 N y fue calentada en baño maría por 3 minutos a $63\pm 1^\circ\text{C}$, se dejó enfriar a temperatura ambiente. La muestra fue neutralizada con 6 ml de NaOH (Golden Bell reactivos) 1 N y completada el volumen con agua. Por último fue titulada como se indica en la determinación de azúcares reductores. Para su expresión de resultados fue calculado como se indica a continuación (Ecuación 3.5).

$$\% \text{ azúcares totales} = \left[\frac{F.F.}{\left(\frac{g. \text{ muestra}}{v. \text{ aforado 1}}\right) \left(\frac{\text{alícuota}}{v. \text{ aforado 2}}\right) (v. \text{ titulación})} \right] * 100 \quad (3.5)$$

En donde:

F.F. = Factor Fehling.

g muestra = gramos de la muestra, en g.

v. aforado 1 = volumen del primer aforado, en ml.

Alícuota = 50 ml del filtrado.

v. aforado 2 = volumen del segundo aforado, en ml.

v. titulación = volumen de titulación, en ml.

3.4.5. Fibra Cruda

La determinación de fibra cruda fue determinada por el método de la norma NMX – F – 090 – S – 1978. Fueron utilizados 5 g de muestra de PCP, fue colocado en un vaso de 600 ml, y se agregaron 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% y perlas de ebullición, después fue colocado en una parrilla magnética (Barnstead / Thermolyne) para calentar hasta comenzar la ebullición durante 30 minutos. Después fue filtrado a través de tela absorbente y posteriormente lavado con agua tibia (hasta que el agua de lavado este clara, aproximadamente se utilizaron 100 ml).

El residuo fue colado al vaso con 200 ml de NaOH al 1.25%, se calentó a ebullición durante 30 minutos. Después fue filtrado a través de la tela absorbente y lavado con 50 ml de etanol tibio. El residuo fue colocado en crisoles de porcelana previamente llevados a peso constante y fueron secados a $110\pm 1^\circ\text{C}$ durante 4 horas, luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente y su peso fue registrado. Las muestras

contenidas en los crisoles fueron calcinados y por último, transferidas a una mufla (48000 Furnace, Barnstead / Thermolyne) durante 4 horas a $550\pm 1^\circ\text{C}$, la muestra final obtenida fue pesada.

Los cálculos fueron determinados a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 3.6).

$$\%FC = \left[\frac{(PE - PM)}{M} \right] * 100 \quad (3.6)$$

En donde:

PE = Peso del crisol después de estufa, en g.

PM = Peso del crisol después de mufla, en g.

M = Peso de muestra, en g.

3.4.6. Preparación del extracto de la muestra

Para la extracción de PCP fueron utilizados 2.5 g de muestra donde fue colocada en 50 ml de etanol con agitación durante 6 horas. La muestra fue centrifugada (Centrifuga refrigerada Universal 320 R, Hettich Lab, Alemania) a $2700 \times g$ a $4\pm 1^\circ\text{C}$ por 15 minutos, y el sobrenadante fue recuperado para su evaluación de actividad antioxidante y contenido de fenoles totales.

3.4.7. Fenoles totales

La determinación de los fenoles totales se llevó mediante el método modificado de Fu *et al.* (2011). 100 μl de extracto fueron tomados, se añadió 6 ml de agua desionizada y 500 μl del reactivo Folin – Ciocalteau (Folin & Ciocalteu´s phenol regent, Sigma / Aldrich), fue agitada la muestra y se dejó reposar durante 5 – 8 minutos. Después se agregaron 1.5 ml de carbonato de sodio anhidro (Meyer) al 7.5% y finalmente se completó con 1.9 ml de agua desionizada, se dejó reposar durante 2 horas. Las medidas espectrofotométricas (Espectrofotómetro UV 6405 UV/VIS, Jenway, Inglaterra) fueron realizadas a 765 nm, utilizando ácido gálico (Sigma / Aldrich) como referencia estándar, teniendo como resultado mg Ac. Gálico / 100 g de muestra seca. Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado.

3.4.8. Capacidad antioxidante

3.4.8.1. ABTS

La determinación de capacidad antioxidante fue realizada de acuerdo al método Fu *et al.* (2011). El radical ABTS fue preparado con ABTS (2,2' - Azino - bis (3 - ethylbenzo - thiazoline - 6 - sulfonic acid) diammonium salt) 7 mM y Persulfato de potasio 2.45 mM (Meyer), se dejó reposar durante 16 horas en la oscuridad. La solución del radical ABTS con la que se trabajó fue preparada diluyendo entre 200 a 450 μ l de la solución del radical ABTS con etanol aforado en un matraz de 25 ml para tener una absorbancia entre 0.7 ± 0.05 en 734 nm. 100 μ l de cada muestra fueron mezclados con 900 μ l de ABTS. La absorbancia fue medida a 734 nm para calcular el porcentaje de inhibición usando el espectrofotómetro 6405 UV / VIS, Jenway, Inglaterra. Se utilizó Trolox (\pm - 6 - hydroxy - 2, 5, 7, 8, - tetramethyl - chromane 2- carboxylic acid, Sigma / Aldrich) como referencia estándar, el resultado fue expresado en mg Trolox /100 g de muestra seca.

3.4.8.2. DPPH

La capacidad antioxidante del extracto de PCP fue determinada de acuerdo al efecto del radical libre arrastreador evaluado con el 2,2 - Diphenyl - 1 - picrylhydrazyl (DPPH, Sigma / Aldrich). La determinación fue basada por el método modificado propuesto por Allothman *et al.* (2009). 1.5 ml del extracto de PCP fueron mezclados con 1.5 ml del radical DPPH, preparada con 4 mg de DPPH diluida en 100 ml de etanol. La mezcla fue agitada y reposada durante 30 minutos. La absorbancia de la mezcla fue medida a 515 nm contra un blanco de etanol (Meyer) con radical DPPH. Las mediciones fueron realizadas por triplicado.

Los resultados fueron expresados como porcentaje de inhibición del radical DPPH, siendo calculado como se muestra en la Ecuación 3.7.

$$\% \text{ Inhibición} = \left[1 - \left(\frac{\text{abs. muestra}}{\text{abs. blanco}} \right) \right] * 100 \quad (3.7)$$

En donde:

Abs. Muestra = absorbancia de la muestra.

Abs blanco = absorbancia del control del radical DPPH sin extracto.

3.5. Elaboración de las salchichas tipo Frankfurt

La elaboración de las salchichas Frankfurt (Figura 3.3) fueron realizadas como se describen en los siguientes pasos bajo las normas NOM-122-SSA1-1994 y NMX-065-1984 .

Recepción y pesado: Fueron recibidas la carne y la grasa aproximadamente a una temperatura de $3\pm 1^{\circ}\text{C}$, posteriormente ambas fueron pesadas.

Preparado: Fueron picadas por separado la carne y la grasa en pedazos de 4-8 mm. Y el hielo fue molido.

Emulsionado y curado: La carne picada, la grasa y el hielo (una tercera parte) fueron colocados en una cutter a una velocidad de 1500-2000 rpm hasta quedar bien mezclada sin alcanzar una temperatura mayor a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, luego fueron agregados las sales de curación (sal común, nitritos, fosfatos), el PCP (con sus respectivos porcentajes, 5, 10 y 20%) y la cuarta parte del hielo para mezclarlos igualmente en la cutter a una velocidad de 2000 rpm alcanzando una temperatura de 0 a $3\pm 1^{\circ}\text{C}$. Fueron realizados un lote correspondiente a las salchichas control, y tres lotes que correspondían al 5, 10 y 20% con PCP (Tabla 3.1).

Embutido: La pasta que se obtuvo del emulsionado, fue embutida en tripa natural y amarrada con hilo para formar la salchicha Frankfurt, teniendo una longitud de 12 cm.

Escaldado: Fueron cocidas dentro de una olla por inmersión en agua caliente durante 45 minutos a $72\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Enfriamiento: Las salchichas fueron colgadas en una barra de acero inoxidable durante 20 minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Empacado: Finalmente las salchichas fueron empacadas en bolsas de vacío en sistema de vacío estando el producto con tripa, y éstas se almacenaron $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta ser utilizadas para sus análisis posteriores.



Figura 3.3. Proceso de Elaboración de salchichas Frankfurt.

3.5.1. Formulación de las salchichas tipo Frankfurt

La elaboración de las salchichas se realizó con respecto a la formulación mostrada en la Tabla 3.1, para los diferentes lotes a los que se les adicionó PCP y se redujo el contenido de grasa.

Tabla 3.1. Formulación de salchichas Frankfurt con polvo de cáscara de piña.

Ingredientes	Control (%)	5 %	12 %	20 %
Carne	50	50	50	50
Grasa	30	25	18	10
Hielo	20	20	20	20
Fibra	0	5	12	20
Total	100	100	100	100
Fosfato	0.5	0.5	0.5	0.5
Sal	1.5	1.5	1.5	1.5
Nitrito (156 mg/kg)	156	156	156	156

3.5.2. Caracterización de salchichas tipo Frankfurt

3.5.2.1. Capacidad de retención de agua

Se analizaron muestras de salchichas para cada lote elaborado, utilizando el método modificado de Yang *et al.* (2007). Diez gramos por muestra fueron colocados

en un tubo centrifuga de 50 ml y fue calentada por 15 min en baño de agua a $80\pm 1^\circ\text{C}$. Después del calentamiento, la muestra se enfrió a temperatura ambiente y se centrifugó (Centrifuga refrigerada Universal 320 R, Hettich Lab, Alemania) a $2700 \times g$ a $4\pm 1^\circ\text{C}$ por 40 min. El sobrenadante fue eliminado y el porcentaje de CRA fue calculado por la siguiente fórmula (Ecuación 3.8):

$$\%CRA = \left[1 - \left(\frac{PC - PCD}{H} \right) \right] * 100 \quad (3.8)$$

En donde:

PC= Peso de la muestra antes de calentarse.

PCD= Peso de la muestra después de calentarse y centrifugarse.

H = Contenido total de agua.

3.5.2.2. Textura

El perfil de textura en las salchichas fue evaluado utilizando un analizador universal de textura (TA – XT2i, Stable Micro System, Surrey, England) con una sonda de 2.5 cm de diámetro. Las muestras fueron comprimidas (TPA) dos veces al 50 % de su peso original a una velocidad de 5 mm/s. Las variables texturales medidas fueron la dureza (N); cohesividad; elasticidad (cm), gomosidad (N) y masticabilidad (N^*cm) (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999; Honikel, 2008). Cinco réplicas fueron llevadas a cabo por cada muestra.

3.5.2.3. Color

El color de las salchichas Frankfurt se determinó usando un colorímetro Hunter Lab L^* , a^* , b^* (45 / 0, Color Flex EZ, USA) donde se midió la superficie de la muestra. La saturación o croma (C^*) (Ecuación 3.9), la diferencia del color (ΔE^*) (Ecuación 3.10) y el color (Ecuación 3.11) fueron calculados como lo describe Savadkoohi *et al.* (2014):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.9)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.10)$$

$$E^* = \frac{a^*}{b^*} + \frac{a^*}{L^*} \quad (3.11)$$

3.5.2.4. Humedad

La humedad se determinó usando el método de 950.46 AOAC , donde las muestras (3 g) fueron sometidas a un secado con una temperatura de $105\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas a peso constante, en un horno de secado (RF – 53 UL, Red line, Alemania).

3.5.2.5. pH

El análisis del pH de las salchichas se realizó utilizando 5 g de muestra y 20 ml de agua destilada, usando un potenciómetro (pH / mv meter, Ultra Basic Denver Instrument). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado (Choi *et al.*, 2009).

3.5.2.6. Cenizas

El porcentaje de cenizas se determinó usando el método de la norma NMX–F–066–S–1978, el cual consistió en pesar en una balanza analítica (Precisa, Suiza) 0.5 g de las muestras (aproximadamente) homogenizadas, en crisoles de porcelana que fueron llevados previamente a peso constante, posteriormente fueron calcinadas en parrillas (Barnstead / Thermolyne) y por último fueron colocadas en una mufla (48000 Furnace, Barnstead / Thermolyne) a $550\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 4 horas. El porcentaje de cenizas fue calculado a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 3.12):

$$\% \text{Cenizas} = \left[\frac{P_f - P_i}{M} \right] * 100 \quad (3.12)$$

En donde:

Pf = Peso del crisol después de mufla, en g.

Pi = Peso del crisol a peso constante, en g.

M= Peso muestra, en g.

3.5.2.7. Grasa

El contenido de grasa de las salchichas Frankfurt fue analizado de acuerdo al procedimiento 991.36 del AOAC. Se utilizaron 3 g de muestra y aproximadamente 150 ml de éter de petróleo (Meyer) para hacer el arrastre de la grasa durante 6 horas. El porcentaje de grasa fue calculado a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 3.13):

$$\% G = \frac{[(C - B) * 100]}{A} \quad (3.13)$$

En donde:

A = Peso de la muestra, en g.

B = Peso del matraz a peso constante antes de la extracción, en g.

C = Peso del matraz después de la extracción, en g.

3.5.2.8. Fibra cruda en salchicha

En la determinación de fibra cruda (FC) se usó el método de la norma NMX-F-090-S-1978. Se emplearon 5 g de cada lote (control, 5 %, 12 % y 20 %) los cuales se transfirieron en un vaso de 600 ml, agregando 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % y perlas de ebullición, después el vaso fue colocado en una parrilla (Barnstead / Thermolyne) hasta comenzar la ebullición durante 30 minutos. Después fue filtrado a través de tela absorbente y posteriormente lavado con agua tibia (hasta que el agua de lavado este clara; aproximadamente se utilizó 100 ml).

El residuo fue transferido al vaso con 200 ml de NaOH (Golden Bell reactivos) al 1.25 %, se calentó a ebullición durante 30 minutos. Nuevamente fue filtrado a través de la tela absorbente y lavado con 50 ml de etanol (Meyer) a $\sim 40 \pm 1^\circ\text{C}$. El residuo fue colocado en crisoles de porcelana previamente llevados a peso constante y fue secado a $110 \pm 1^\circ\text{C}$ por 4 horas, luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente y su peso fue registrado. Las muestras contenidas en los crisoles fueron calcinadas y por último, transferidas a una mufla (48000 Furnace, Barnstead / Thermolyne) durante 4 horas a $550 \pm 1^\circ\text{C}$, la muestra final obtenida fue pesada.

Los cálculos fueron determinados a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 3.14):

$$\%FC = \left[\frac{(PE - PM)}{M} \right] * 100 \quad (3.14)$$

En donde:

PE = Peso del crisol después de estufa, en g.

PM = Peso del crisol después de mufla, en g.

M = Peso de muestra, en g.

3.5.2.9. DPPH en salchichas Frankfurt

La capacidad antioxidante fue determinada usando como radical el DPPH (2,2, diphenyl -1 picrylhydrazyl, Sigma / Aldrich) de acuerdo al método de Viuda-Martos

et al. (2009). 100 mg de las muestras de salchichas fueron colocados en tubos de ensaye y mezclados con 4 ml de etanol (Meyer) con agitación durante 2 minutos en un vortex (VWR Vortexer Mini 120V, U.S.A) así, una vez obtenido el extracto, 2 ml de 250 mM del radical DPPH fueron mezclados con 2 ml del extracto y agitados en un vortex (VWR Vortexer Mini 120V, U.S.A) durante 1 minuto, dejándose reposar por 30 minutos en la oscuridad. La absorbancia fue medida a 515 nm contra un blanco el cual contenía el radical DPPH con etanol. Los análisis se realizaron por triplicado.

Los resultados fueron expresados como porcentaje de inhibición del radical DPPH, siendo calculado como se muestra en la Ecuación 3.15:

$$\% \text{ Inhibición} = \left[1 - \left(\frac{\text{abs. muestra}}{\text{abs. blanco}} \right) \right] * 100 \quad (3.15)$$

En donde:

Abs. muestra = absorbancia de la muestra.

Abs blanco = absorbancia del control del radical DPPH sin extracto.

3.5.2.10. Proteína total (Micro-Kjeldahl)

Para el análisis de proteína total se realizó la determinación de sólidos totales (%ST) (AOAC, 1997) para cada una de las muestras. Las muestras se homogenizaron en una licuadora, se pesaron en una balanza analítica (Sartorius, M-Power AZ-214, U.S.A.) aproximadamente 3 g de muestra en una charola a peso constante, las cuales fueron secadas en un horno (VWR horno, modelo 1390FM, U.S.A) a $38 \pm 1^\circ\text{C}$ durante un día. Después del secado las charolas fueron enfriadas a temperatura ambiente y pesadas nuevamente.

Para el cálculo del %ST se utilizó la siguiente fórmula (Ecuación 3.16):

$$\% ST = \left[\frac{(P + M) - (P)}{M} \right] * 100 \quad (3.16)$$

En donde:

$P + M$ = Peso de la charola más muestra seca (g).

P = Peso de la charola a peso constante (g).

M = Peso de la muestra (g).

El procedimiento general del análisis proteico se realizó de acuerdo al procedimiento 981.10 establecido por la AOAC (1997). Colocando dentro de los matraces

digestores aproximadamente 1.5 g de catalizador (93 g Na₂SO₄ y 5 g CuSO₄) y 0.2 g de las muestras correspondientes (Control, 5, 12 y 20 %), posteriormente se añadió 3 ml de ácido sulfúrico concentrado (Faga Lab.) y estos fueron colocados en una parrilla para llevar a cabo la digestión, se agitó la mezcla y la temperatura se fue subiendo gradualmente hasta quemar toda la materia orgánica, quedando solamente una mezcla de color verde.

Posteriormente los matraces se dejaron enfriar, se añadieron 10 ml de agua destilada, se agitaron para mezclar totalmente y por último fueron llevados al sistema de destilación. Para el sistema de destilación se prepararon matraces Erlenmeyer de 50 ml con 15 ml de solución de ácido bórico al 4 % y 3 gotas del indicador (0.125 g de Rojo de metil y 0.0825 g de azul de metileno). Teniendo una mezcla de color morado.

Para la destilación de la muestra, se calentó el sistema antes de comenzar la destilación, posteriormente se vació en la copa la última mezcla, enjuagándose con poca agua el matraz digestor y vaciando el bulbo del sistema. Teniendo las válvulas cerradas, el matraz Erlenmeyer fue colocado en el sistema. De nuevo la copa se llenó con 10 ml aproximadamente de hidróxido de sodio (Sigma / Aldrich) al 40 %, lentamente fue vaciado al bulbo del sistema junto con la mezcla anterior, reaccionaron viéndose un cambio de color café, permitiendo así la destilación. Cuando se observó el cambio de color morado al verde del matraz Erlenmeyer se comenzó a contar cinco minutos para llevar a cabo la destilación. Pasado el tiempo antes mencionado se retiró el matraz, se limpió el sistema de destilación para retirar la mezcla de color café y por último se enjuagó con agua.

El destilado del matraz Erlenmeyer fue titulado con ácido clorhídrico (Meyer) 0.1 N, hasta observarse cambio de color (morado).

Los datos de las muestras se calcularon a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 3.17):

$$\% \text{ Proteína} = \frac{(V * N * 0.014 * 6.25 * 100)}{m} \quad (3.17)$$

En donde:

V= volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación, en ml.

N= Normalidad del ácido clorhídrico.

m= masa de la muestra, en g.

0.014= mili equivalente del nitrógeno.

6.25 = Factor de conversión.

3.5.2.11. Oxidación lipídica (TBA)

Para el análisis de oxidación lipídica se realizó una extracción de ácidos grasos de las muestras de acuerdo a la metodología de Folch *et al.* (1957). Se tomaron 5 g de cada muestra y se homogenizó (Pro Scientific, U.S.A.) con 30 ml de reactivo de Folch (2:1 v/v de cloroformo – metanol; Faga Lab, J.T. Baker respectivamente) y se filtraron con papel Whatman No. 4. Al filtrado se le adicionó cloruro de potasio al 0.88 %. Después se le añadió metanol preparado con sulfato de sodio anhidro y cloroformo puro (Faga Lab), se agitó recuperando de las dos fases formadas, solo la parte del solvente para el posterior análisis.

La determinación de oxidación lipídica se realizó de acuerdo a la metodología modificada de Kim *et al.* (2011); Sinnhuber & Yu (1977); para cada una de las muestras se realizó el análisis por triplicado. 1 ml de la extracción anterior se transfirió a tubos de 50 ml y estos fueron separados con nitrógeno industrial, eliminando el solvente quedando una capa de grasa aproximadamente de 30 a 50 mg de muestra.

Después a la muestra se le adicionó 5 ml de solución A y 5 ml de solución B. La solución A estaba formada por 18.75 g Ácido tricloroacético (TCA), 0.25 g propilgalato y 0.25 g Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) aforado a 250 ml de agua destilada y la solución B por 1 g de Ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) y 0.3 g NaOH, aforado en 100 ml de agua destilada. La muestra con las soluciones A y B se agitaron en un vortex (VWR Vortexer Mini 120V, U.S.A), luego se calentó en un baño de agua hirviendo durante 30 minutos. Después del calentamiento las muestras fueron enfriadas con agua y centrifugados por 5 minutos a 3000 RPM usando la centrifuga (IEC Centra – 4B centrifuge, U.S.A). La absorbancia fue medida a 532 nm usando un espectrofotómetro (Spectra Max M3, Multi-Mode Microplate reader). La concentración de malonaldehído (mg/kg) sobre el peso húmedo fue calculada usando una curva estándar.

Para la realización de la curva estándar se utilizó como solución estándar el 1, 1, 3, 3 – Tetramethoxypropane (TMP) al 1×10^{-5} M, tomándose alícuotas de 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 y 2 ml de la solución. Esto es equivalente a 0, 0.004, 0.008, 0.012, 0.016 y 0.02 μ M. Para el blanco se le adiciono 5 ml de la solución A y 5 ml de la solución B (Ke & Woyewoda, 1978).

3.5.2.12. Evaluación sensorial

Las salchichas Frankfurt fueron evaluadas por medio de una prueba hedónica de 9 puntos (9 = me disgusta muchísimo, 1 = me gusta muchísimo). Las muestras codificadas aleatoriamente fueron evaluadas con un panel no entrenado, en el cual participaron 50 estudiantes y trabajadores de la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP. Las muestras fueron presentadas individualmente a los panelistas en una sesión, preparadas como lo describe Pedrero & Pangborn (1989). Para ello fueron cortadas pesando alrededor de 3 g y calentadas durante 2 minutos en una plancha aproximadamente a $50\pm 1^{\circ}\text{C}$ y enfriadas hasta $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ para su evaluación. La evaluación sensorial se realizó en un cuarto iluminado, y los panelistas fueron instruidos para limpiar el paladar entre las muestras con agua, asimismo se les dió una hoja en la cual se tenía el cuestionario con la escala de preferencia (Ver Anexo III).

3.5.2.13. Análisis estadísticos

Todos los experimentos se realizaron por triplicado, los datos se analizaron realizando un análisis de la varianza de una vía (ANOVA), las diferencias entre las medias se determinaron usando una prueba LSD con un nivel de confianza del 95 %. El análisis estadístico se realizó utilizando el software STATGRAPHICS Centurion XVI (tecnologías StatPoint, Inc, VA 20186, USA). Para la obtención del coeficiente de PEARSON, se utilizó una hoja de cálculo de EXCEL.

IV. Resultados y discusión

4.1. Caracterización de la materia prima

Los resultados de la caracterización de la cáscara de piña fresca se muestran en la Tabla 4.1. Los análisis realizados fueron pH, sólidos solubles totales, % de acidez e índice de madurez.

Tabla 4.1. Análisis fisicoquímicos de la cáscara de piña (fresca).

Atributo	Valor
pH	3.7±0.01
Sólidos solubles totales (°Brix)	7.2±0.01
% de Acidez	1.78±0.06
Índice de madurez	4.05±0.14

Valores promedio ± desviación estándar (n=3).

La cáscara de piña presentó valores de pH de 3.7±0.01 esto se debe a que contiene ácidos débiles como describen Hajar *et al.* (2012) como son el ácido cítrico y ácido málico, así como también, la presencia de sales (sodio, potasio y calcio). Asimismo, Hajar *et al.* (2012) coinciden con valores similares de pH entre 3.47 a 3.85 en muestras de cáscara de piña. Por otra parte, el % de acidez fue evaluado con respecto al ácido cítrico, el cual se obtuvo como resultado 1.78±0.06 %, otros autores reportaron (Bartolomé *et al.*, 1995) el % de acidez entre 0.93 a 1.17 % aunque estos resultados variaron debido a que trabajaron con dos variedades de piña (Roja española y Cayenne lisa). El valor obtenido de los sólidos solubles fue de 7.2±0.01°Bx, valor por debajo de los obtenidos por Montero-Calderón & Cerdas-Araya (2005) quienes mencionan que el porcentaje de sólidos solubles debe encontrarse entre 12 a 13°Bx. Asimismo, Hernández *et al.* (2007) han analizado los sólidos solubles en rodajas de piña en diferentes porcentajes de maduración como fue al 100 y 80 % obteniendo valores de 9.5±0.5 y 7.5±0.5°Bx, respectivamente. No obstante, estos resultados pueden variar con respecto a la madurez y la variedad del fruto es decir, que entre más madura la fruta menor es el % de acidez pero se incrementa el contenido de azúcares presentes como describen Selani *et al.* (2014).

Por otro lado, se determinó el índice de madurez para asegurar la calidad de la

materia prima a utilizar, el cual se obtuvo como resultado 4.05 ± 0.14 . No obstante, a pesar de que realmente no hay un valor en sí, como se reporta anteriormente, Morales *et al.* (2011) describen que la relación SST/% de acidez debe encontrarse entre 21 - 27 para estar en un punto de maduración, por lo que tomando en cuenta el resultado obtenido, se puede considerar que la piña estaba poco madura, sin embargo, Hernández *et al.* (2007) y Reina *et al.* (1994) determinaron que pueden ser considerados otros factores para indicar el índice de madurez de manera visual por el color y el tamaño del fruto. Por lo tanto, los resultados obtenidos de la caracterización de la cáscara de piña con la que se trabajó nos indicaron que estaba poco madura, debido a que ésta presentó bajo contenido de sólidos solubles y alto % de acidez, obteniendo una relación de índice de madurez baja, sin embargo el único parámetro que no se vio afectado fue el pH por lo que nos indicó que este tenía la presencia de los ácidos y sales correspondientes.

4.2. Polvo de cáscara de piña (PCP)

4.2.1. Composición fisicoquímica del PCP

Los resultados de los análisis de la composición fisicoquímica (azúcares totales, reductores, no reductores, pH y fibra cruda) en el polvo de cáscara de piña se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Composición fisicoquímica en el PCP.

Componente	Polvo de cáscara de piña
Azúcares totales (%)	31.18 ± 0.62
Azúcares reductores (%)	20.14 ± 1.90
Azúcares no reductores (%)	11.04 ± 0.90
pH	3.74 ± 0.01
Fibra cruda (%)	14.53 ± 0.62
Valores promedio \pm desviación estándar (n=3).	

Los resultados para las pruebas de los azúcares reductores, no reductores y totales en el PCP a pesar del tratamiento del escaldado que recibió éste, se obtuvo un total de 31.18 ± 0.62 % de azúcares totales, de los cuales, los reductores estuvieron en mayor proporción (20.14 ± 1.90 %) que los no reductores (11.04 ± 0.90 %). Sin embargo,

otros autores (Ramírez & de Delahaye, 2011) reportaron mayor presencia de azúcares totales (77.19 ± 0.05 %) y reductores (37.52 ± 0.01 %) en la pulpa de piña en base seca, así como también Chirino-Leal & Ramírez (1999) quienes obtuvieron resultados del 7.65 % de azúcares totales y 4.61 % de azúcares reductores. No obstante, la presencia de los azúcares reductores y totales puede ser afectada debido a la variedad de piña, condiciones de estudio y sobre todo por el índice de madurez que la piña presente como describen Ramírez & de Delahaye (2011); Selani *et al.* (2014) y Reina *et al.* (1994).

El resultado obtenido (Tabla 4.2) en el análisis del pH del PCP fue de 3.74. El valor obtenido comparado con otros autores fue similar, así Hajar *et al.* (2012) estudiaron diferentes concentraciones del extracto de la cáscara de piña, en el cual obtuvieron un rango de pH entre 3.47 y 3.85 debido al incremento de las concentraciones, por lo tanto, contribuyeron al incremento de iones hidrógenos presentes en la solución. Por otro parte, Ketnawa *et al.* (2012) analizaron el extracto crudo de los desechos de la piña de dos cultivos en el cual obtuvieron un rango de pH entre 4.01 y 4.02 debido a la actividad proteolítica presente en la cáscara. Sin embargo, el bajo pH presente en el PCP posiblemente puede ser importante para controlar el desarrollo de los microorganismos y la actividad enzimática.

La fibra cruda que se obtuvo en el análisis del PCP fue de 14.53 ± 0.62 , por lo que esta representa la fibra insoluble en el alimento, la cual esta compuesta por una porción de celulosa y lignina (Segura *et al.*, 2009). Martínez-Ramos *et al.* (2012) estudiaron la fibra dietaria total, soluble e insoluble en las frutas de Mango, Maracuyá, Piña y Guayaba, en el cual observó que la piña contiene más fibra dietaria insoluble (75.2 ± 0.21) debido a que las frutas exóticas contienen grandes cantidades de hemicelulosas y celulosas. Por lo tanto, el presente trabajo se analizó la fibra cruda, la cual fue considerada como una fibra insoluble y un compuesto funcional.

4.2.2. Propiedades funcionales del PCP

4.2.2.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Los resultados presentados en la Figura 4.1 muestran una relación entre la capacidad de retención y la temperatura, en el cual no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) a 5, 10 y $15 \pm 1^\circ\text{C}$ para las muestras sometidas a retención de agua, obteniendo los menores valores aquellas a $15 \pm 1^\circ\text{C}$ (4.60 ± 0.26 g/g). Por otro lado, las muestras tratadas con grasa animal (Figura 4.1) mostraron el mismo comportamiento que en

el medio acuoso, sin embargo, existió una disminución de la capacidad de retención con respecto a éste, siendo del 26.49%, obteniendo los mayores y menores valores para 10 ± 1 (3.70 ± 0.2) y $5\pm 1^\circ\text{C}$ (3.30 ± 0.10), respectivamente. Asimismo, las muestras tratadas con aceite vegetal presentaron un comportamiento diferente a las muestras sometidas con grasa animal, de tal forma que el mayor valor obtenido fue de 3.00 ± 0.1 a $5\pm 1^\circ\text{C}$, existiendo una disminución con respecto a la capacidad de retención en grasa animal del 9.09%.

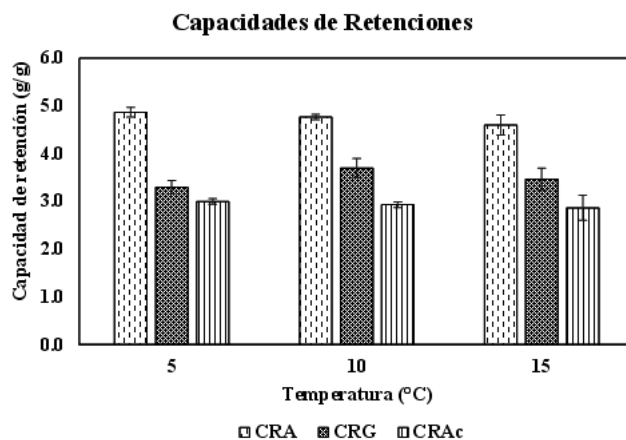


Figura 4.1. Capacidades de retenciones en diferentes medios y temperaturas. Media e intervalos LSD al 95 % de confianza.

Kammoun-Bejar *et al.* (2011), obtuvieron un comportamiento similar con la cáscara y las hojas de la naranja sometidas a diferentes temperaturas y rehidratadas a diferentes medios (agua y aceite de girasol), el cual observaron que la cáscara obtuvo mayor capacidad de retención de agua que las hojas. Por otro parte, las hojas al rehidratarse con aceite de girasol obtuvieron mayor capacidad de retención que la cáscara, debido a que el proceso de rehidratación depende de las diferentes estructuras del tejido vegetal y células del alimento.

La capacidad de retención de agua, aceite vegetal y grasa animal son propiedades esenciales desde el punto de vista fisiológico y tecnológico. Abirami *et al.* (2014) analizaron que las capacidades de retenciones en cáscara, pulpa y cáscara de fibra a partir de *Citrus hystrix* y *Citrus maxima* dependen del procesamiento que se le realice a la muestra, es decir, si ésta recibe un calentamiento o no, cambia su propiedad estructural facilitando la captación.

Finalmente se observó que de todos los medios con los que se trabajaron el que mostró una mayor capacidad de retención fue el medio acuoso, sin verse afectado por las diferentes temperaturas en las que se trabajaron. Asimismo, se utilizaron tres medios diferentes, con la finalidad de saber el comportamiento que el PCP podría presentar en el momento de adicionarse a una matriz cárnica, así como también, conocer el efecto de las temperaturas, sin embargo se observó que ésta no afecta en la capacidad de retención.

4.2.2.2. Microscopía de la partícula

La Figura 4.2 muestra las coordenadas de la partícula y la microscopía del PCP antes y después de sumergir en diferentes medios (agua, aceite vegetal y grasa animal).

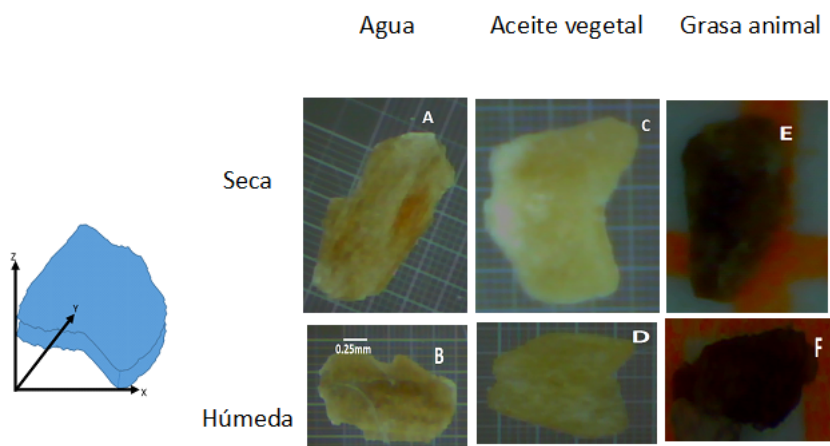


Figura 4.2. Coordenadas y microscopía de las partículas del PCP antes y después de sumergir en diferentes medios. A, C y E son partículas secas y B, D y F partículas húmedas en agua, aceite vegetal y grasa animal, respectivamente.

Por una parte, se observaron cambios en el tamaño de la partícula (Tabla 4.3), mostrando una reducción de la misma cuando ésta se encontraba humedecida con los diferentes medios. Las partículas secas utilizadas obtuvieron un área de 42.94 mm^2 , 37.65 mm^2 y 21.19 mm^2 para agua, aceite vegetal y grasa animal, respectivamente, mientras que las partículas humedecidas midieron 29.10 mm^2 , 25.84 mm^2 y 16.64 mm^2 para los mismos medios, lo que podría estar relacionado con el encogimiento de la partícula como consecuencia del proceso de difusión del medio. La transferencia de masa

se produjo cuando el fluido logró difundirse de afuera hacia el centro de la partícula, permitiendo un encogimiento hasta llegar a la saturación, debido a que se alcanzó la absorción máxima del medio. No obstante, el encogimiento de la partícula (Tabla 4.3) pudo haber variado por las densidades de los medios utilizados, siendo el encogimiento mayor (32.24 %) en agua que en grasa animal (21.47 %).

Tabla 4.3. Áreas reales de partículas del PCP seca y húmeda en diferentes medios.

Medio	Partícula seca (mm ²)	Partícula húmeda (mm ²)	% Encogimiento
Agua	42.94	29.10	32.24
Aceite vegetal	37.65	25.84	31.36
Grasa animal	21.19	16.64	21.47

Por otra parte, se pudo observar un cambio en la coloración de la muestra, siendo más significativo en el centro de la misma. El cambio de la coloración se atribuye a la absorción del medio en la partícula, esto podría ser debido a que la cara ortogonal (Figura 4.2) presenta una mayor área de contacto que la cara axial de la partícula. No obstante, se desconocen las dimensiones de las partículas ya que no mostraron una forma regular como consecuencia de que se encuentra formada por fibras compuestas por polisacáridos (Segura *et al.*, 2009).

Finalmente, la microscopía permitió observar que la partícula presentó la capacidad de retención de los diferentes medios y que la hidratación puede afectar al tamaño de la misma, además de influir en otros factores como la estructura química de los polisacáridos, el pH, el espesor, la naturaleza hidrofóbica, entre otras, como lo describen Elleuch *et al.* (2011) y Selani *et al.* (2014).

4.2.2.3. Propiedades antioxidantes en el polvo de cáscara de piña (PCP)

Los resultados mostraron (Tabla 4.4) por un lado que a pesar del tratamiento de escaldado, el polvo presentó un contenido de fenoles totales (FT) de 42.14 ± 2.49 mg GAE/100g m.s. y una actividad antioxidante (AA) de 4.72 ± 0.07 mg Trolox/100g m.s. por el método de DPPH y 3.90 ± 0.02 mg Trolox/100g m.s. para ABTS. Ramírez & de Delahaye (2011) determinaron que la pulpa de piña en base seca obtuvo un contenido de FT de 8.91 ± 0.26 mg GAE/100g. Por otra parte, Kuskoski *et al.* (2005) reportaron que en pulpa de piña fresca el contenido de FT presentó aproximadamente la mitad

(21.7 ± 4.5 mg GAE/100g) del contenido obtenido en el presente trabajo, mientras que la AA fue aproximadamente 10 veces mayor en DPPH (41.1 ± 0.8 mg Trolox/100g) y en ABTS (64.8 ± 5.2 mg Trolox/100g). No obstante, Fu *et al.* (2011) determinaron que en piña fresca se obtuvo un valor del 94.04 ± 1.47 de contenido fenólico, siendo los compuestos principales Ácido Clorogenico, 7-O- Luteolina, Ácido Ferúlico, Ácido Protocatequico.

Tabla 4.4. Contenido fenólico total y actividad antioxidante en el PCP.

Fenoles totales (mg GAE/100g m.s.)	DPPH (mg Trolox/100g m.s.)	ABTS (mg Trolox/100g m.s.)
42.14 ± 2.49	4.72 ± 0.07	3.90 ± 0.02
Valores promedio \pm desviación estándar (n=3).		

Los FT y su AA presentes en las frutas dependen de la complejidad de los grupos de los compuestos fenólicos presentes, así como también por el método y análisis que se realiza en la muestra (Balasundram *et al.*, 2006; Kuskoski *et al.*, 2005). Asimismo, el contenido de los compuestos fenólicos no sólo dependen de lo factores antes mencionados sino del género, especie y cultivo de la fruta. Dentro de los fenoles principales que se encuentran en la piña son ácidos fenólicos y derivados, flavonoides y derivados (Ma *et al.*, 2007; Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Ma *et al.* (2007) determinaron que en la hoja de piña encontraron 26 compuestos fenólicos siendo los tres principales Ácido Cafeíco, 1-O-Cafeoilglicerol, y 2-O- Cafeoilglicerol. Steingass *et al.* (2015) analizaron tejidos diferentes (corona, pulpa y cáscara) de la piña *Ananas comosus* L. Merr. por medio de cromatografía de gases y por HPLC e identificaron que cada tejido contenían diferentes compuestos fenólicos, hallando en la corona, dos compuestos fenólicos en mayor abundancia (*p*-coumariol y feruloilisocitrato), en el caso de la cáscara determinaron que los compuestos de mayor presencia fueron *N*, *N'*- diferulospermidinas isomérico e hidroxicinamoil (di) gliceridos y para la parte de la pulpa identificaron *S-p*-coumariol, *S*-coniferil, *S*-sinapiglutation.

Finalmente, a pesar de que el PCP con el que se trabajó presentó un alto contenido de FT y una baja AA, se sabe que un compuesto con una actividad antioxidante aún en concentraciones bajas que el sustrato oxidable disminuye significativamente o inhibe la oxidación del sustrato (Halliwell *et al.*, 1995; Torres *et al.*, 2008), por lo que el PCP puede ser utilizado como un compuesto funcional que sea capaz de disminuir

reacciones de oxidación.

4.3. Salchichas tipo Frankfurt

4.3.1. Acidez de la pasta cárnica y de las salchichas tipo Frankfurt

El efecto del pH en diferentes propiedades funcionales y tecnológicas en productos de carne ya ha sido previamente reportado (Honikel, 2008; Lien *et al.*, 2002; Mancini *et al.*, 2005; Yu *et al.*, 2016). Estos autores han observado que existe una influencia significativa sobre el color característico de la carne y la prolongación del mismo, así como también un incremento del pH conlleva a una disminución de la reducción de los nitritos, afectando las características de los productos cárnicos. En este sentido, el presente trabajo evaluó los valores de pH tanto en la muestra de pasta cárnica como en la salchicha tipo Frankfurt a las diferentes concentraciones de PCP.

Los análisis de pH en salchichas y pasta cárnica con diferentes contenidos de PCP se muestra en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Análisis de los pH en salchichas y pasta cárnica con diferentes contenidos de PCP.

Muestra	pH pasta cárnica	pH salchicha
Control	6.27±0.04 ^{aA}	6.46±0.04 ^{aB}
5 %	5.70±0.05 ^{bA}	6.08±0.01 ^{bB}
12 %	5.05±0.02 ^{cA}	5.12±0.02 ^{cB}
20 %	4.65±0.02 ^{dA}	4.87±0.04 ^{dB}

Valores promedio ± desviación estándar (n=3). Diferencias en las letras minúsculas (a, b, c y d) en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes porcentajes de PCP. Diferencias en las letras mayúsculas (A y B) en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el pH de la pasta cárnica y el pH de la salchicha tipo Frankfurt.

En los resultados obtenidos en el análisis del pH, se observó una disminución en ambas muestras (salchichas y pasta cárnica) con el aumento del contenido de PCP. Öz-vural & Vural (2011) presentaron un comportamiento similar sobre el pH en salchichas Frankfurt adicionadas con polvo de semilla de uva, en donde éste disminuyó desde 6.12 hasta 5.97 al ir incorporando más contenido de fibra, por lo que desarrollaron mayor acidez. Por otra parte, Kim *et al.* (2011) describieron la disminución de pH en salchi-

chas bajas en grasa adicionadas con polvo de tomate, obteniendo resultados de 5.8 a 5.7, esto fue debido a que el valor del pH del polvo es bajo (3.5). Además, el pH de las salchichas Frankfurt fue significativamente ($p < 0.05$) más alto que el pH de la pasta cárnica. Éste comportamiento puede ser debido a que hay lugar a dos efectos. Por un lado, el proceso de cocción por sí mismo incrementa el pH de la carne, probablemente debido a que existe un rompimiento en la memoria celular, lo que está relacionado con la liberación de la grasa, comportamiento observado por Fernández-Ginés *et al.* (2004) y Shweigert (1994). Así, la incorporación del PCP disminuye el pH de la carne pero el proceso de cocción reinvierte este proceso. Por otro lado, la cocción favorece la lixiviación de los ácidos orgánicos presentes en el PCP, aumentando de esta manera el pH (Fernández-Ginés *et al.*, 2004). Los ácidos orgánicos que destacan en la piña son el cítrico y el málico, los cuales, posiblemente al estar sometidos al proceso de cocción de las salchichas, tengan el efecto mencionado anteriormente sobre el pH.

4.3.2. Composición de salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP.

Los análisis de composición de humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra de las salchichas preparadas con diferentes concentraciones de PCP están dadas en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Caracterización de la composición de salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP.

Tratamientos	Nivel de contenido de polvo de cáscara de piña (PCP)			
	Control	5 %	12 %	20 %
Humedad (%)	57.87±1.26 ^a	59.87±0.69 ^b	62.28±0.17 ^c	59.00±0.33 ^{ab}
Proteína (%)	36.34±0.50 ^c	30.02±0.61 ^b	30.72±0.25 ^b	28.72±0.98 ^a
Grasa (%)	26.82±0.54 ^c	15.72±0.83 ^b	15.01±0.42 ^b	8.69±0.68 ^a
Cenizas (%)	2.11±0.18 ^a	2.09±0.01 ^a	2.59±0.01 ^b	2.97±0.04 ^c
Fibra (%)	0	2.32±0.50 ^a	4.84±0.47 ^b	7.70±0.33 ^c

Valores promedio ± desviación estándar (n=3). Diferencias en las letras (a, b y c) en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).

Para el contenido de humedad, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los lotes de salchichas control (57.87±1.26) y aquellas que contenían un 5 y 12 % de PCP (59.87±0.69 y 62.28±0.17, respectivamente), mostrando una tendencia

en aumento. No obstante, para la salchicha del 20 % (59.00 ± 0.33) se vio disminuido el porcentaje de humedad, posiblemente debido a que existió una saturación de sólidos. Asimismo, para el contenido de grasa se observó un decrecimiento de 26.82 ± 0.54 hasta 8.69 ± 0.68 % en las muestras (Tabla 4.6), esto debido a la sustitución de la grasa por la presencia de las diferentes concentraciones de PCP a las que se trabajaron en los lotes de salchichas (0, 5, 12 y 20 %), no obstante solo se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el lote cuya sustitución de grasa fue mayor (20 %) presentando un menor contenido graso (8.69 ± 0.68 %). Carrapiso (2007) determinó en muestras de salchichas reducidas en grasa, que conforme se disminuye el porcentaje graso, el contenido de humedad aumentó, así en sus muestras al 15, 10 y 5 % de grasa el porcentaje de humedad fue de 47 ± 1.0 , 58 ± 2.0 y 68 ± 0.6 %, respectivamente. Lo anterior se relaciona con el presente trabajo ya que el contenido de humedad aumentó con la disminución del contenido de grasa, así como por la presencia del PCP, quien mostró una alta CRA comprobada en el apartado 5.2.2.1. También, Crehan *et al.* (2000) analizaron en salchichas reducidas en grasa al 5, 12 y 30 % adicionadas con maltodextrina que el contenido de humedad disminuía al aumentar el contenido graso obteniendo resultados del 73.4, 68.1 y 51,2 %, respectivamente, debido a que cualquier aumento del contenido graso podría estar relacionado con la pérdida de humedad durante el procesamiento. Asimismo, similar comportamiento reportaron Mansour & Khalil (1997) en carne de hamburguesa cocida adicionada con varios tipos de fibras de trigo (5, 10 y 15 %), observando que el contenido de humedad aumentó al disminuir la grasa, debido a que la adición de las fibras de trigo a la carne de hamburguesa tienen mayor retención de humedad durante la cocción por su habilidad de unión con el agua.

Así pues, en el presente trabajo los resultados del contenido de fibra cruda (Tabla 4.6) muestran una diferencia significativa ($p < 0.05$) en el que al aumentar el contenido de PCP, aumenta la presencia de fibra cruda en las muestras al 5 % (2.32 ± 0.50 %), 12 % (4.84 ± 0.47 %) y 20 % (7.70 ± 0.33 %). La fibra cruda es una de las seis fracciones que reporta el análisis proximal del alimento y es representada como la fracción insoluble (Vilchez-Perales, 2013). La fibra insoluble es aquella que es capaz de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad. El tipo de fibra que encontramos en una fibra cruda es la celulosa, polisacáridos no celulósicos y lignina (Segura *et al.*, 2009). Asimismo, es aquella que representa lo que sucede al alimento en el estómago (ambiente ácido) y a nivel del intestino (ambiente alcalino). No obstante, varios autores (Ayo *et al.*, 2007; Özvural & Vural, 2011) cuantifican la presencia de la

fibra dietaria, la cual identifican como fibra soluble, que contiene un mayor número de compuestos polisacáridos no almidónicos representando los componentes enzimáticos digestivos. Por otra parte, Fernández-Ginés *et al.* (2004) reportaron que al trabajar con albedo de limón como fibra en salchichas bologna observaron que incrementó el contenido de éste, debido a las diferentes concentraciones (2.5, 5, 7.5 y 10 % de fibra) siendo los resultados de 0.37, 0.39, 1.33 y 2.01 %, respectivamente. También, Özvural & Vural (2011) observaron un similar comportamiento en salchichas Frankfurt adicionales con polvo de semilla de uva que el contenido de fibra aumentaba dependiendo de la cantidad utilizada en los diferentes tratamientos, considerándola como un ingrediente funcional para la salud del ser humano. Por lo que, en el presente trabajo se llevó a cabo sólo la caracterización de la fibra cruda con el fin de determinar la presencia de fibra como un compuesto funcional presente en un producto cárnico.

Asimismo, los resultados de cenizas (Tabla 4.6) presentan un incremento conforme a la adición del PCP (2.11 ± 0.18 , 2.09 ± 0.01 , 2.59 ± 0.01 y 2.97 ± 0.04 %). Las muestras del 5, 12 y 20 % tuvieron una diferencia significativa ($p < 0.05$), aunque entre las muestras control y 5 % no fueron estadísticamente significativas. Otros autores (García *et al.*, 2002) han estudiado fibras de cereales como avena y trigo o fibras de frutas como naranja, duraznos, manzana, mencionando que un mayor contenido de cenizas es mayor en cereales que en frutas, así como han observado una relación del contenido de grasa con el de cenizas, ya que al aumentar la grasa disminuye el porcentaje de cenizas (Aleson-Carbonell *et al.*, 2005; Fernández-Ginés *et al.*, 2004; García *et al.*, 2002). No obstante, de Oliveira-Faria *et al.* (2015) han reportado que el % de cenizas incrementó de 3.54, 4.13, 4.34 y 4.65 % al disminuir el contenido de grasa, aunque también el aumento de cenizas se debió por el contenido de fibra en la celulosa amorfa. Finalmente, se puede observar que el porcentaje de cenizas aumenta dependiendo del contenido presente en la matriz de trabajo.

Por otra parte, la proteína, presentaron una disminución de valores ($p < 0.05$) con respecto al incremento del contenido de PCP en todas las muestras, aunque otros estudios reportan que al adicionar fibra de cereales o vegetales se incrementa o se mantiene similar el contenido proteico (García *et al.*, 2002; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999). Sin embargo, el comportamiento decreciente de las proteínas en las salchichas pudo haber sucedido por consecuencia de la presencia de la enzima bromelina (Gallardo *et al.*, 2008), ya que ésta tiene como efecto la degradación de las mismas y posiblemente, su inactivación no fue completa durante el proceso de escaldado de la cáscara de

piña, lo que hizo que al aumentar el contenido de PCP, ésta trabajara degradando las proteínas de las salchichas. No obstante, otros autores (Choe *et al.*, 2013) han reportado un aumento del contenido proteico, debido a las diferentes concentraciones de piel de cerdo con mezcla de fibra de trigo (10, 15 y 20 %) sustituyendo el contenido de grasa en salchichas Frankfurt obteniendo resultados de 12.85, 13.56 y 13.79 %, respectivamente, esto fue atribuido por el contenido de proteína presente en la piel de cerdo. Por otra parte, de Oliveira-Faria *et al.* (2015) reportaron un comportamiento de disminución de contenido de proteína (19.23, 19.38, 18.97 y 18.86 %) en salchichas tipo bologna adicionadas con piel de cerdo y celulosa amorfa, atribuidos a la poca cantidad de piel de cerdo, aunque Almeida *et al.* (2014) reportan que el remplazamiento de grasa de cerdo con mezcla de agua y celulosa amorfa disminuye el contenido proteico perjudicando la calidad nutricional de los productos.

4.3.3. Actividad antioxidante y oxidación lipídica en salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP

Para la relación existente entre el contenido de fibra y la AA de las salchichas tipo Frankfurt (Figura 4.3) se puede observar que conforme aumenta la concentración añadida de PCP en las muestras, aumenta su actividad antioxidante.

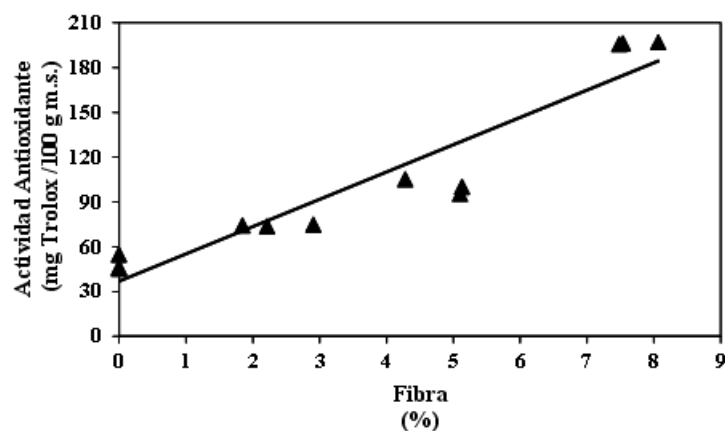


Figura 4.3. Correlación de Pearson entre las variables de respuesta: Fibra y Actividad Antioxidante evaluado por el método DPPH .

Como se menciona anteriormente en el apartado 5.2.2.3 de la caracterización del PCP, éste es considerado como un subproducto el cual es poco utilizado por no conocer

sus aportes nutricionales, sin embargo, muestra un comportamiento de un compuesto funcional debido a su capacidad antioxidante, observándose en este trabajo que al adicionar el PCP en una matriz cárnica, éste mantiene su actividad antioxidante aún después del tratamiento térmico de cocción y que va en aumento con el contenido de fibra, por lo que con la correlación de Pearson se pudo comprobar que en dicha relación, existe una fuerte interacción positiva entre ambas variables (fibra y AA) ($r=0.94$). Quirós-Sauceda *et al.* (2012) y Saura-Calixto (2010) describieron que entre la fibra y los compuestos fenólicos y su potencial antioxidante en frutas existe una fuerte asociación entre estas moléculas, tanto en la matriz del fruto como en el proceso fisiológico del tracto gastrointestinal, asimismo mencionan que los componentes primarios de la fibra son capaces de interactuar con otros constituyentes como los compuestos fenólicos. Éstas interacciones pueden darse debido a los puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y enlaces covalentes.

Por otra parte y como ya es sabido, se observa en la Figura 4.4 que la oxidación lipídica se encuentra influenciada por la presencia de grasa, es decir, a mayor presencia de grasa, mayor oxidación de la misma, por lo que se cumplió con la obtención de una correlación (Pearson) la cual nos indicó que existe una fuerte interacción positiva ($r=0.78$).

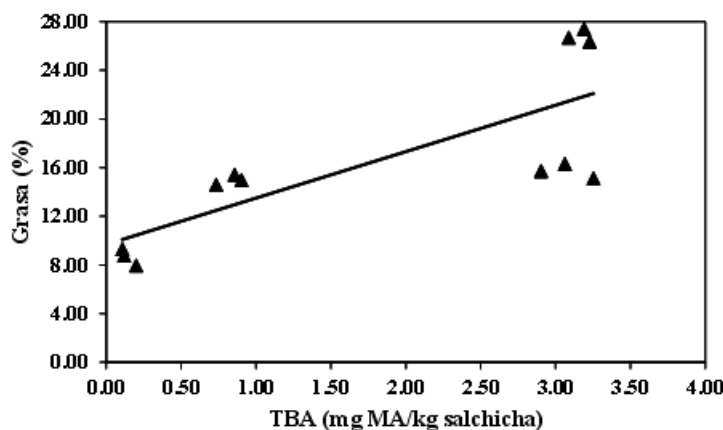


Figura 4.4. Correlación de Pearson entre las variables de respuesta: TBA y grasa.

Por lo tanto, la oxidación lipídica fue evaluada mediante el método del TBA, descrita anteriormente en el apartado 4.5.2.11 de materiales y métodos. Así, en los resultados de TBA (Tabla 4.7) se observó que existe una mayor oxidación cuando

el contenido de PCP era menor, por lo que la muestra control presentó un valor de 3.17 ± 0.07 mg MA/kg salchicha, y el valor más bajo correspondió al lote de salchichas elaboradas con el 20 % de PCP (0.14 ± 0.05 mg MA/kg salchicha), encontrando que la correlación de Pearson (r) evidenció que sí existe una correlación negativa ($r=0.88$) entre las variables de respuesta de estudio (AA y TBA). Éste comportamiento se atribuye a dos efectos, el primero de ellos se debe a que existe una menor cantidad de grasa añadida y un mayor contenido de PCP, siendo el segundo efecto que además de tener un elevado contenido de PCP, éste no solo lo sustituye, sino que además presenta una actividad antioxidante, la cual es capaz de inhibir el daño que ocasionan los radicales libres presentes en el producto cárnico.

Tabla 4.7. Valores de TBA y niveles de DPPH en salchichas tipo Frankfurt

Muestra	TBA (mg MA/kg salchicha)	DPPH (mg Trolo/100g m.s.)
Control	3.17 ± 0.07^d	48.76 ± 0.64^a
5 %	2.91 ± 0.01^c	74.28 ± 0.80^b
12 %	0.85 ± 0.04^b	100.22 ± 6.92^c
20 %	0.14 ± 0.05^a	196.00 ± 0.97^d

Valores promedio \pm desviación estándar ($n=3$). Diferencias en las letras (a, b, c y d) en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).

La muestra control, junto con la muestra que contenía el 5 % de PCP presentaron mayor deterioro de oxidación lipídica, rango que es considerado mayor al límite del nivel de deterioro (Fuentes *et al.*, 2014; Greene & Cumuze, 1982). De forma similar a lo observado en el presente trabajo, otros autores (Maya *et al.*, 2012; Özvural & Vural, 2011) han visto que al añadir extractos a partir de cereza y de semillas de uva como antioxidantes a las salchichas, éstos disminuyen las reacciones de oxidación lipídica. Así como también, Viuda-Martos *et al.* (2009) describieron un comportamiento similar cuando fueron utilizados aceites esenciales de orégano, tomillo y desechos de jugos cítricos en salchichas de tipo bologna, observando que incrementó la actividad antioxidante conforme se aumentó el contenido de éstos. Por lo tanto, la sustitución del contenido de grasa, por el PCP a pesar de que hubo una mínima presencia de AA, ésta puede ser efectiva para detener y/o retardar la oxidación lipídica, lo que podría contribuir a la estabilidad y prolongación de la vida útil del alimento, debido a su poder conservante, como consecuencia de su contenido rico en compuestos funcionales como los antioxidantes.

4.3.4. Caracterización de las propiedades funcionales de salchicha tipo Frankfurt adicionadas con PCP

4.3.4.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA de la carne es la capacidad de mantener el contenido de agua tanto propia como añadida del alimento, cuando éste es sujeto a una fuerza externa (Kim *et al.*, 2011; Ofstad *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 2016). Como se muestra en éste trabajo, la CRA fue evaluada con el fin de observar el comportamiento de la salchicha cuando la emulsión es modificada por presencia de sólidos y como se muestra en la Tabla 4.8, un aumento de la CRA se obtiene con el incremento del contenido de PCP, siendo estadísticamente significativo ($p < 0.05$) entre los diferentes porcentajes. No obstante, la muestra control obtuvo una mayor CRA (99.86 ± 0.01) que la muestra al 5% (99.81 ± 0.09). Se sabe que la CRA disminuye cuando el pH tiende a acercarse al punto isoeléctrico (PI) de las proteínas, es decir cuando se tienen valores de pH cercanos a 5 (± 0.5) (Restrepo-Molina *et al.*, 2001; Toldrá *et al.*, 2010). Sin embargo, las muestras con un mayor contenido de PCP (12 y 20%) mostraron los valores de pH más bajos (5.12 ± 0.02 y 4.87 ± 0.04 , respectivamente) (Tabla 4.8), por lo que probablemente se atribuye el aumento de la CRA con la presencia del PCP, específicamente con la presencia de fibra, la cual presenta una mayor absorción y afinidad con el medio acuoso, como ya anteriormente ha sido reportado en el apartado 5.2.2.1 de Propiedades funcionales del PCP. Kim *et al.* (2011) presentaron un comportamiento semejante de la CRA en salchichas bajas en grasas adicionadas con polvo de tomate obteniendo valores de 72.6 a 77.1%, asimismo, la CRA está relacionada con el rendimiento de cocción mejorado a partir de la adición de fibra (Choe *et al.*, 2013; Crehan *et al.*, 2000; Griguelmo-Miguel *et al.*, 1999). Por lo tanto, se puede decir que las salchichas elaboradas en éste trabajo fueron capaces de retener agua, aún a pesar de la disminución del pH, lo que hace que la fibra actúe como un compuesto funcional, el cual permite obtener una emulsión estable.

Tabla 4.8. Valores de pH y CRA en salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP.

Muestra	pH salchicha	CRA (%)
Control	6.46±0.04 ^a	99.86±0.01 ^a
5 %	6.08±0.01 ^b	99.81±0.09 ^a
12 %	5.12±0.02 ^c	99.92±0.02 ^a
20 %	4.87±0.04 ^d	99.93±0.01 ^a

Valores promedio \pm desviación estándar (n=3). Diferencias en las letras minúsculas (a, b, c y d) en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) para cada variable, entre los diferentes porcentajes de PCP.

4.3.4.2. Color

La Tabla 4.9 muestra los efectos sobre el color de las salchichas Frankfurt adicionadas con PCP. La luminosidad (L^*) y la rojez (a^*) son considerados los parámetros más representativos por el cambio de color de los productos cárnicos (Savadkoochi *et al.*, 2014). Por lo que, para la luminosidad (L^*), el aumento del contenido de PCP provocó una disminución de un 24.71 %, con respecto a la muestra control. Es decir, la reducción del contenido de grasa y la adición y presencia de partículas de polvo provocaron un oscurecimiento en las salchichas. En el trabajo desarrollado por Choe *et al.* (2013) se presentó el mismo efecto sobre la luminosidad al incorporar a las salchichas tipo Frankfurt bajas en grasa una mezcla de piel de cerdo con fibra de trigo, obteniendo una reducción de L^* sólo del 7.89 %, las diferencias entre los valores reportados se encuentran en que en el presente trabajo sólo se adicionó PCP, mientras que en el otro trabajo, la mezcla añadida contenía además de fibra de trigo una porción de piel, la cual tiene un cierto contenido graso lo que le podría estar confiriendo mayor luminosidad a las muestras.

Tabla 4.9. Parámetros de color de las salchichas tipo Frankfurt.

Parámetro	Control	5 %	12 %	20 %
L*	62.31±1.26 ^a	54.38±1.27 ^{ab}	49.94±0.84 ^{bc}	46.91±1.12 ^c
a*	8.32±0.13 ^a	6.46±0.12 ^a	6.74±0.15 ^{ab}	6.93±0.18 ^b
b*	8.92±0.20 ^a	15.74±0.24 ^a	19.64±0.45 ^b	22.42±0.65 ^b
C*	12.19±0.22 ^a	17.02±0.26 ^b	20.77±0.47 ^c	23.47±0.67 ^d
ΔE*	0	10.71±1.50 ^a	16.46±0.92 ^b	20.60±1.43 ^c
E*	1.07±0.01 ^d	0.53±0.01 ^c	0.48±0.01 ^b	0.46±0.01 ^a

Valores promedio \pm desviación estándar (n=5). Diferencias en las letras (a, b, c y d) en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre lotes de salchichas con distintos porcentajes de PCP.

Por otra parte, los parámetros a^* y b^* en salchichas con alto contenido de PCP (20 %) mostraron que ésta se volvió más verde y más amarilla por lo que la rojez de la muestra se vio afectada. Similar comportamiento obtuvieron Jin *et al.* (2015) en salchichas adicionadas con *Coptis chinensis* Franch (hierba) en donde sus muestras tendieron a ser amarillas, debido a que en la propia hierba predominaba de forma natural un color amarillo, por lo que en la presente investigación los resultados probablemente fueron parecidos a causa de que la cáscara de piña presenta variedades de color amarillo-café. Por otra parte, Aleson-Carbonell *et al.* (2005) observaron en salchichas Breakfast Fresh añadidas con fibras (fibra de avena, albedo y harina de trigo) que éstas se oscurecieron y tendieron a ser amarillas. Entre la muestra control y la del 5 % de PCP no se encontró una diferencia significativa ($p < 0.05$), lo que indica que la presencia de PCP no afectó a la muestra de salchicha, presentando características similares entre ellas. Para los valores de saturación (C^*) se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) bastantes altas entre las muestras del 20 % (23.47 ± 0.67) comparada con la control (12.19 ± 0.22). Además, se pudo observar que la de diferencia de color (ΔE^*) fue aumentando con referencia al control, lo que mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), efecto que fue observado similarmente por Savadkoobi *et al.* (2014) en salchichas Frankfurt añadidas con pulpa de tomate obteniendo los resultados de 0.99, 1.38, 2.19 y 3.41 para un porcentaje de pulpa de 1, 3, 5, y 7 %, respectivamente.

4.3.4.3. Textura

El análisis textural por compresión (TPA) es usado para muchos productos cárnicos o sus derivados, permitiendo mediante estas mediciones de TPA definir la calidad de los productos, lo que puede contribuir a la selección del mejor ingrediente funcio-

nal (Eim *et al.*, 2008; Herrero *et al.*, 2007). Por lo que en este estudio, los análisis de textura (Tabla 4.10) mostraron que la dureza tuvo una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el control y los lotes de salchichas con PCP, las muestras de salchichas con mayor contenido en polvo (20 %) mostraron solo 49.619 ± 6.961 N de dureza, mientras que la muestra control presentó valores de 83.350 ± 2.602 N. así, la presencia de PCP tiene una disminución en la dureza de la muestra del 47.4 % con respecto a la muestra control, comportamiento similar observado por Grigelmo-Miguel *et al.* (1999), en donde la incorporación de fibras partir de durazno en las salchichas causa una disminución en la dureza debido a una débil emulsificación por la presencia de sólidos. Asimismo, comportamientos similares reportaron Choe *et al.* (2013); Crehan *et al.* (2000); Garcia *et al.* (2002); Savadkoochi *et al.* (2014) donde observaron que al incorporar un ingrediente, como fibras, en las salchichas bajas en grasa afecta la calidad de textura de éstas. En caso contrario, otros autores (Calvo *et al.*, 2008) reportaron que la dureza aumentó, siendo de 63.70 ± 7.94 hasta 74.75 ± 9.97 N, debido a la presencia de fibra de la piel de tomate, ya que su composición principalmente de ésta (celulosa y lignina) modificaron las propiedades texturales haciendo más dura la salchicha, sin embargo y de acuerdo con Calvo *et al.* (2008) y García *et al.* (2007), estos autores describen que por la presencia de fibras de cereales y frutas la dureza llega a incrementar a consecuencia de su propio contenido de fibra insoluble pero una baja cohesión de la fibra, puede ayudar al rompimiento de pequeños pedazos en el momento de la masticación, debido a su estructura compleja de ésta, por lo que en este trabajo los resultados de cohesión disminuyeron ($p < 0.05$) conforme se aumentó el PCP lo que correspondió con lo discutido anteriormente. Las salchichas Frankfurt adicionadas con 5 % de PCP fueron las que presentaron mejor comportamiento de dureza, cohesión, elasticidad y gomosidad con respecto al control.

Tabla 4.10. Efecto de la adición de PCP sobre la textura en las salchichas tipo Frankfurt.

Efecto	Control	5 %	12 %	20 %
Dureza (N)	83.35 ± 2.60^a	57.09 ± 5.14^{ab}	43.77 ± 4.94^b	49.61 ± 6.96^c
Cohesividad	0.74 ± 0.01^a	0.56 ± 0.02^{ab}	0.47 ± 0.02^b	0.35 ± 0.07^c
Elasticidad (cm)	1.32 ± 0.02^a	1.11 ± 0.05^{ab}	1.01 ± 0.07^{bc}	0.76 ± 0.13^c
Gomosidad (N)	55.03 ± 2.78^a	27.83 ± 4.36^a	17.99 ± 1.88^{ab}	14.14 ± 5.11^b
Masticabilidad (Ncm)	81.80 ± 4.20^a	35.66 ± 3.53^a	20.90 ± 3.08^a	13.82 ± 2.60^b

Valores promedio \pm desviación estándar (n=5). Diferencias en las letras (a, b y c) en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes parámetros texturales a diferentes concentraciones de PCP en la salchicha.

4.3.5. Evaluación sensorial

Los resultados obtenidos del análisis sensorial mostraron que existe una mayor preferencia hacia las muestras control y las del 5 % con PCP, por lo que no existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre estos lotes, obteniendo así un nivel de preferencia promedio en la escala de “Me gusta bastante”. El elevado puntaje de dichas muestras según la mayoría de los comentarios emitidos por los panelistas, se debió a que mostraron un agradable sabor, aroma y textura. Los lotes correspondientes al 12 y 20 % sí mostraron diferencias ($p < 0.05$) con respecto a las dos anteriores muestras y entre ellas, ya que se encontraron en el límite del rango de preferencia por los jueces, así para el lote al 12 %, el nivel de preferencia fue de “Ni me gusta, ni me disgusta”, pero en el caso de las muestras con un 20 % de PCP el nivel fue negativo, siendo éste el de “me disgusta ligeramente”, algunos de los comentarios de los jueces describieron que dichas salchichas no fueron tan agradables en el sabor y que la consistencia era frágil, lo que podría estar relacionado con los resultados obtenidos en el apartado de textura, donde la cohesividad mostró que existe una influencia sobre las muestras. A pesar de que no fue una prueba descriptiva, el análisis nos permitió observar la preferencia de los consumidores, además de que se pudo reafirmar junto con los análisis instrumentales de color y textura que entre las muestras control y 5 % no se encontraron diferencias, indicando que la presencia de PCP no afectó significativamente, presentando características similares entre ellas.

V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se puede concluir a partir de los resultados obtenidos lo siguiente.

- En la caracterización del PCP se observó que éste a pesar de recibir un tratamiento térmico (inactivación de la bromelina), se vio afectada su composición fisicoquímica, por lo cual que aún presentó propiedades funcionales (fibra y actividad antioxidante) lo que permite que sea utilizado en un producto cárnico, como fue la finalidad de ésta investigación . Asimismo, se observó que éste fue capaz de retener mayor agua en distintas temperaturas a diferencia de otros medios con los que se evaluó (aceite vegetal y grasa animal), lo que se confirmó y relacionó con el apartado 4.2.2.2 de microscopía, donde se observaron los cambios en las partículas al ser sometidas a distintos medios.
- Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el uso de PCP como un ingrediente funcional para la pasta cárnica usada en la producción de salchichas tipo Frankfurt puede ser una alternativa para la estabilidad oxidativa del alimento, ya que al aumentar el contenido del polvo se incrementó la presencia de los compuestos fenólicos presentes en el polvo y con ello su actividad antioxidante, retardando o minimizando los procesos oxidativos de los lípidos. Además, de que presentó una actividad funcional positiva al tener una elevada CRA, aún a pesar de tener valores de pH bajos, debido a la presencia de fibra. Por lo tanto, el contenido de compuestos antioxidantes y de fibra, presentes en las salchichas, han hecho que el polvo pueda ser una alternativa de un ingrediente funcional apto para ser adicionado a las salchichas tipo Frankfurt.
- El incrementar el contenido de PCP en las salchichas Frankfurt reducidas en grasa ocasionaron cambios en los parámetros de textura y color, así como también en las preferencias de los jueces involucrados en el análisis sensorial. Por lo que, resultó que las salchichas añadidas con el 5 y el 12 % de PCP mantuvieron sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas más adecuadas.

- El polvo de cáscara de piña, es un subproducto que tiene la capacidad de ser utilizado en la adición de un producto cárnico, como es el caso de una salchicha Frankfurt, por su composición de compuestos funcionales, tales como fibra y antioxidante.

5.2. Recomendaciones

- En otros proyectos se recomienda evaluar la oxidación lipídica en base con la reducción del contenido de nitritos en salchichas tipo Frankfurt.
- Realizar la determinación de oxidación lipídica simulando un almacenamiento comercial, para determinar los cambios y la vida útil de las salchichas, ya que es uno de los principales mecanismos que afectan la calidad y aceptabilidad de los consumidores.
- Evaluar el contenido energético de las salchichas Frankfurt, para determinar el aporte nutrimental y el efecto de los compuestos funcionales (fibra y antioxidantes) sobre la salud del consumidor.
- Considerar para el caso de la calidad, no solo realizar análisis fisicoquímicos sino también microbiológicos.

Bibliografía

- Abirami, A., Nagarani, G., & Siddhuraju, P. 2014. Measurement of functional properties and health promoting aspects-glucose retardation index of peel, pulp and peel fiber from *Citrus hystrix* and *Citrus maxima*. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, **4**(1), 16–26.
- 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**(2), 89–97.
- Almeida, C. M., Wagner, R., Mascarín, L. G., Zepka, L. Q., & Campagnol, P. C. B. 2014. Production of Low-Fat Emulsified Cooked Sausages Using Amorphous Cellulose Gel. *Journal of Food Quality*, **37**(6), 437–443.
- Allothman, M., Bhat, R., & Karim, A. A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, **115**(3), 785–788.
- AOAC. Crude Protein in Meat (AOAC Official Method 981.10). *Official methods of analysis of AOAC International*.
- AOAC. 1997a. Fat (crude) in meat and meat products (Official Method 991.36). *Official methods of analysis of AOAC International*.
- AOAC. 1997b. Moisture in meat (AOAC Official Method 950.46). *Official methods of analysis of AOAC International*.
- AOAC. 2000. Acidity titratable of fruit products (AOAC Official Method 942.15). *Official methods of analysis of AOAC International*.
- Ayala-Zavala, J. F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villarodríguez, J. A., Siddiqui, M. W., Dávila-Aviña, J. E., & González-Aguilar, G. A. 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, **44**(7), 1866–1874.
- Ayo, J., Carballo, J., Serrano, J., Olmedilla-Alonso, B., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. 2007. Effect of total replacement of pork backfat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. *Meat science*, **77**(2), 173–181.
- 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**(1), 191–203.

- Bartolomé, A. P., Rupérez, P., & Fúster, C. 1995. Pineapple fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. *Food Chemistry*, **53**(1), 75–79.
- Bataglion, G. A., da Silva, F. M. A., Eberlin, M. N., & Koolen, H. H. F. 2015. Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC–MS/MS. *Food chemistry*, **180**, 280–287.
- Belitz, H. D. 2009. In *Food Chemistry*, ; Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P., Eds.
- Bodner, J. M., & Sieg, J. 2009. Fiber. *Pages 83–109 of: Ingredients in meat products*. Springer.
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiou, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J., & Trakatellis, A. G. 1994. Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **42**(9), 1931–1937.
- Brito, A., Ramirez, J. E., Areche, C., Sepúlveda, B., & Simirgiotis, M. J. 2014. HPLC–UV–MS Profiles of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Fruits from Three Citrus Species Consumed in Northern Chile. *Molecules*, **19**(11), 17400–17421.
- Calvo, M. M., García, M. L., & Selgas, M. D. 2008. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat science*, **80**(2), 167–172.
- Carbone, K., Giannini, B., Picchi, V., Scalzo, R. L., & Cecchini, F. 2011. Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. *Food Chemistry*, **127**(2), 493–500.
- Carduza, F. J., Grigioni, G. M., & Irurueta, M. 2014. A pedido del consumidor. evaluación organoléptica de calidad de carne. *IDIA XXI. a. 2*.
- Carrapiso, A. I. 2007. Effect of fat content on flavour release from sausages. *Food Chemistry*, **103**(2), 396–403.
- Chirino-Leal, M., & Ramírez, M. 1999. Adaptabilidad de la piña cv. Española Roja al procesamiento industrial. *Revista de la Facultad de Agronomía (Venezuela)*.(Jul-Dic, **25**(2), 95–103.
- Choe, J. H., Kim, H. Y., Lee, J. M., Kim, Y. J., & Kim, C. J. 2013. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat science*, **93**(4), 849–854.

- 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**(2), 266–271.
- 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**(4), 463–469.
- de la Carne, Consejo Mexicano. 2014. Compendio estadístico 2014 de la industria cárnica mexicana. *INEGI*.
- de Oliveira-Faria, M., Cipriano, T. M., da Cruz, A. G., dos Santos, B. A., Pollonio, M. A. R., & Campagnol, P. C. B. 2015. Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. *Meat science*, **104**, 44–51.
- Delgado-Olivares, L., *et al.* 2010. Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo.
- Devakate, R. V., Patil, VV., Waje, S. S., & Thorat, B. N. 2009. Purification and drying of bromelain. *Separation and Purification Technology*, **64**(3), 259–264.
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of food science and technology*, **49**(3), 255–266.
- Effiong, E. 2003. Fabricación de Embutidos. *Zaragoza: Acribia*.
- 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**(2), 173–182.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, 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**(2), 411–421.
- Escudero-Álvarez, E., & González-Sánchez, P. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, **21**, 61–72.
- Estévez, M., Ventanas, S., & Cava, R. 2006. Effect of natural and synthetic antioxidants on protein oxidation and colour and texture changes in refrigerated stored porcine liver pâté. *Meat science*, **74**(2), 396–403.
- Fernández-Ginés, J. M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., & Perez-Alvarez, J. A. 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*, **67**(1), 7–13.

- Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J. A. 2007. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research and Technology*, **226**(1-2), 1–6.
- Flores, J., & Bermell, S. 1984. Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares: Capacidad de retención de agua. *Revista de agroquímica y tecnología de alimentos*, **24**(2), 151–158.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H., *et al.* 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J biol chem*, **226**(1), 497–509.
- Forrest, J., Aberle, E., Hedrick, H., Judge, M., & Merkel, R. 1975. Fundamentos de la Ciencia de la Carne. *Editorial Acribia-Zaragoza. España.*
- Frankel, E. N. 2014. *Lipid oxidation*. Elsevier.
- Fu, L., Xu, B. T., Xu, X. R., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xia, E. Q., & Li, H. B. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, **129**(2), 345–350.
- Fuentes, V., Estévez, M., Ventanas, J., & Ventanas, S. 2014. Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food chemistry*, **147**, 70–77.
- Gallardo, L., Sánchez, A., Montalvo, C., & Alonso, A. 2008. Extracción de bromelina a partir de residuos de piña.
- Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C., & Femenia, A. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food chemistry*, **104**(3), 1014–1024.
- García, M. L., Caceres, E., & Selgas, M. D. 2007. Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **87**(4), 624–631.
- García-Taín, Y., García-Pereira, A., Hernández-Gómez, A., & Pérez-Padrón, J. 2011. Estudio de la variación del índice de Color durante la conservación de la piña variedad Cayena Lisa a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, **20**(4), 12–16.
- García, H. S., & Vera, G. N. 2010. Efecto de la Adición de Harina de Cáscara de Naranja sobre las Propiedades Físicoquímicas, Textuales y Sensoriales de Salchichas Cocidas. *Nacameh*, **4**(1), 23–36.
- García, M. D., & Serrano, H. 2005. La piña, *Ananas comosus* (L.) Merr.(Bromeliaceae),

- algo más que un fruto dulce y jugoso. *ContactoS*, **56**, 55–61.
- García, M. L., Domínguez, 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**(3), 227–236.
- García-Peris, P., & Velasco-Gimeno, C. 2007. Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutrición Hospitalaria*, **22**, 20–25.
- Gardner, P. T., White, T. A. C., McPhail, D. B., & Duthie, G. G. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, **68**(4), 471–474.
- Greene, B. E., & Cumuze, T. H. 1982. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, **47**(1), 52–54.
- Grigelmo-Miguel, N., Abadías-Serós, M. I., & Martín Belloso, O. 1999. Characterisation of low-fat high-dietary fibre frankfurters. *Meat Science*, **52**(3), 247–256.
- Gülçin, İ. 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology*, **86**(3), 345–391.
- Hajar, N., Zainal, S., Nadzirah, K. Z., Roha, A. M., Atikah, O., & Elida, T. 2012. Physicochemical Properties Analysis of Three Indexes Pineapple (Ananas Comosus) Peel Extract Variety N36. *APCBEE Procedia*, **4**, 115–121.
- Halliwell, B., Murcia, M. A., Chirico, S., & Aruoma, O. I. 1995. Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, **35**(1-2), 7–20.
- Hamid, A. A., Aiyelaagbe, O. O., Usman, L. A., Ameen, O. M., & Lawal, A. 2010. Antioxidants: Its medicinal and pharmacological applications. *Afr J Pure Appl Chem*, **4**(8), 142–151.
- Hathwar, S. C., Rai, A. K., Modi, V. K., & Narayan, B. 2012. Characteristics and consumer acceptance of healthier meat and meat product formulations. A review. *Journal of food science and technology*, **49**(6), 653–664.
- Haytowitz, D. B. 1995. Information from USDA's nutrient data bank. *The Journal of nutrition*, **125**(7), 1952.
- Hernández, Y., González, M., & Lobo, M. G. 2007. Importancia del grado de madurez en el procesado mínimo de frutas. *Pages 837–847 of: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones (S6-O203)*. Universidad Politécnica de Cartagena.

- Herrero, A. M., Ordóñez, J. A., de Avila, R., Herranz, B., De la Hoz, L., & Cambero, M. I. 2007. Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, **77**(3), 331–338.
- Honikel, K. O. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat science*, **78**(1), 68–76.
- Hossain, M. A., & Rahman, S. M. 2011. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Research International*, **44**(3), 672–676.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science*, **71**(1), 194–204.
- Hughes, E., Cofrades, S., & Troy, D. J. 1997. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30 % fat. *Meat Science*, **45**(3), 273–281.
- Hui, Y. H., Nip, W. K., & Rogers, R. 2001. *Meat science and applications*. CRC Press.
- I, Mateos-Aparicio C. 2009. Aprovechamiento de subproductos de leguminosas para la obtención de ingredientes funcionales: comparación de metodologías para la caracterización de la fibra alimentaria.
- Illescas-Chávez. 2001. *Manual de tecnología de frutas y hortalizas*.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., & Cofrades, S. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat science*, **59**(1), 5–13.
- Jin, S. K., Choi, J. S., Lee, S. J., Lee, S. Y., & Hur, S. J. 2015. Effect of Coptis chinensis Franch Addition on the Quality Characteristics of Sausages During Cold Storage. *Food and Bioprocess Technology*, **8**(5), 1045–1053.
- Johnson, D. R., & Decker, E. A. 2015. The Role of Oxygen in Lipid Oxidation Reactions: A Review. *Annual review of food science and technology*, **6**, 171–190.
- Kammoun-Bejar, A., Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., & Boudhrioua-Mihoubi, N. 2011. Effect of infrared drying on drying kinetics, color, total phenols and water and oil holding capacities of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. *International Journal of Food Engineering*, **7**(5).
- Karre, L., Lopez, K., & Getty, K. J. K. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat science*, **94**(2), 220–227.
- Karwowska, M., & Dolatowski, Z. J. 2013. Antioxidant effects of ground mustard seed in model sausage type product. *Food Science and Technology Research*, **19**(1),

23–28.

- Ke, P. J., & Woyewoda, A. D. 1978. A titrimetric method for determination of free fatty acids in tissues and lipids with ternary solvents and m-cresol purple indicator. *Analytica Chimica Acta*, **99**(2), 387–391.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P., & Rawdkuen, S. 2012. Pineapple wastes: a potential source for bromelain extraction. *Food and bioproducts processing*, **90**(3), 385–391.
- Khan, M. K., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A. S., Dangles, O., & Chemat, F. 2010. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry*, **119**(2), 851–858.
- Kim, I. S., Jin, S. K., Mandal, P. K., & Kang, S. N. 2011. Quality of low-fat pork sausages with tomato powder as colour and functional additive during refrigerated storage. *Journal of food science and technology*, **48**(5), 591–597.
- Kulkarni, S., DeSantos, F. A., Kattamuri, S., Rossi, S. J., & Brewer, M. S. 2011. Effect of grape seed extract on oxidative, color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system. *Meat science*, **88**(1), 139–144.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology (Campinas)*, **25**(4), 726–732.
- Lago-López, I., Varela-Díaz, J., & de Cáceres-Merino, F. 1996. La bromelina: una proteasa de interés comercial. *CYTA-Journal of Food*, **1**(2), 17–22.
- Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N., & Chen, J. 2014. Major polyphenolics in pineapple peels and their antioxidant interactions. *International Journal of Food Properties*, **17**(8), 1805–1817.
- Lien, R., Hunt, M. C., Anderson, S., Kropf, D. H., Loughin, T. M., Dikeman, M. E., & Velazco, J. 2002. Effects of endpoint temperature on the internal color of pork loin chops of different quality. *Journal of food science*, **67**(3), 1007–1010.
- Love, J. D., & Pearson, A. M. 1971. Lipid oxidation in meat and meat products: A review. *Journal of the American Oil Chemists Society*, **48**(10), 547–549.
- Ma, C., Xiao, S. Y., Li, Z. G., Wang, W., & Du, L. J. 2007. Characterization of active phenolic components in the ethanolic extract of *Ananas comosus* L. leaves using high-performance liquid chromatography with diode array detection and tandem mass spectrometry. *Journal of chromatography A*, **1165**(1), 39–44.
- Mancini, R. A., Kropf, D. H., Hunt, M. C., & Johnson, D. E. 2005. Effects of endpoint temperature, pH, and storage time on cooked internal color reversion of pork

- longissimus chops. *Journal of Muscle Foods*, **16**(1), 16–26.
- Mansour, E. H., & Khalil, A. H. 1997. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*, **30**(3), 199–205.
- Martínez-Ramos, T., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. 2012. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, **135**(3), 1520–1526.
- Martínez-Ramos, T., E., Corona-Jiménez, & I., Ruiz-López I. 2015. *Evaluación de la viabilidad del uso de ultrasonidos de potencia para la extracción de compuestos fenólicos a partir de la cáscara de mango manila (Mangifera indica L.)*. Ph.D. thesis, Facultad de Ingeniería Química.
- Maya, Y. L. I., Molina-Restrepo, D. A., & Vargas-López, J. H. 2012. Efecto de la Inclusión de un Extracto de Cereza (*Prunus avium L.*) sobre el Estado de Oxidación y las Características Fisicoquímicas y Sensoriales de Salchichas Tipo Frankfurt. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, **65**(1), 6541–6552.
- Misra, K., Dhillon, G. S., Brar, S. K., Verma, M., *et al.* 2014. Antioxidants. *Pages 117–138 of: Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals*. Springer.
- Montero-Calderón, M., & Cerdas-Araya, M. M. 2005. Guías técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco: Piña (*Ananas comosus*).
- Morales, M., Hernández, M. S., Cabezas, M., Barrera, J., & Martínez, O. 2011. Caracterización de la maduración del fruto de pina nativa (*Ananas comosus L. Merrill*) CV. India. *Agronomía Colombiana*, **18**(1-3), 63–69.
- Naveda-González, G. F. 2010. Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruda Graveolens*), con alto contenido de polifenoles.
- Ángel, Z. C., Molina, D. A. R., & Rodríguez, M. C. 2011. Revisión: Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, **64**(1), 6023–6035.
- Nor, M. Z.M., Ramchandran, L., Duke, M., & Vasiljevic, T. 2015. Characteristic properties of crude pineapple waste extract for bromelain purification by membrane processing. *Journal of Food Science and Technology*, 1–10.
- Norma Mexicana, NMX-F. 065-1984. *Alimentos, Salchichas. Especificaciones*.
- Norma Mexicana, NMX-F. 066-S-1978. *Determinación de cenizas en alimentos*.

- Norma Mexicana, NMX-F. 090-S-1978. *Determinación de fibra cruda en alimentos.*
- Norma Mexicana, NMX-F. 312-1978. *Determinación de reductores directos y totales en alimentos.*
- Norma Oficial Mexicana, NOM. 122-SSA1-1994. *Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos.*
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., Olsen, R., L., & Hermansson, A. M. 1995. Liquid-holding capacity and structural changes in comminuted salmon (*Salmo salar*) muscle as influenced by pH, salt and temperature. *LWT-Food Science and Technology*, **28**(3), 329–339.
- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F., & Sánchez-Muniz, F. J. 2013. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, **95**(4), 919–930.
- Özvural, E. B., & Vural, H. 2011. Grape seed flour is a viable ingredient to improve the nutritional profile and reduce lipid oxidation of frankfurters. *Meat science*, **88**(1), 179–183.
- Pearson, A. M., & Gillett, T. A. 1996. Sausage formulations. *Pages 242–290 of: Processed meats.* Springer.
- Pedrero, F. D. L., & Pangborn, R. M. 1989. *Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos.* Editorial Alhambra Mexicana México.
- Pereira, P. M., & Vicente, A. F. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, **93**(3), 586–592.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. 2005. Antioxidantes de los alimentos. *Zaragoza, Ed. Acribia SA, 364p.*
- Quirós-Sauceda, A. E., Palafox, H., Robles-Sánchez, R. M., & González-Aguilar, G. A. 2012. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: Capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Biotecnia*, **13**, 3–11.
- Ramírez, A., & de Delahaye, E. 2011. Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, **36**(1), 71–75.
- Ramulu, P., & Rao, P. U. 2003. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of food composition and analysis*, **16**(6), 677–685.
- Ranken, M. D. 2003. *Manual de Industrias de la Carne.* Mundi Prensa Libros SA.
- Reina, C. E., Trujillo-Rodríguez, S., & Lizcano-Parra, H. 1994. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la piña (*Anana Comusus*) que se comercializa en la ciudad de Neiva.

- Restrepo-Molina, D., Arango-Mejía, C., Amezquita-Campusano, A., & Restrepo-Digiammarco, R. 2001 (Julio). *Industrias de carnes*. Universidad de Colombia: sede Medellín.
- Resurreccion, A. 2004. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, **66**(1), 11–20.
- Romero, I. M. V., & Sans, R. G. 1997. Utilización del ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico (ATB) para evaluar el proceso autooxidativo en alimentos. *Grasas y aceites*, **48**(2), 96–102.
- Rubiano, L. A. S. 2006. Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación. *Orinoquia*, **10**(1), 16–23.
- Rustad, T., Storrø, I., & Slizyte, R. 2011. Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, **46**(10), 2001–2014.
- SAGARPA, SIAP. 2014. *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*.
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Pérez, C. R. C., Solas, M. T., & Jiménez-Colmenero, F. 2013. Healthier oils stabilized in konjac matrix as fat replacers in n 3 PUFA enriched frankfurters. *Meat science*, **93**(3), 757–766.
- Saura-Calixto, F. 2010. Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function. *Journal of agricultural and food chemistry*, **59**(1), 43–49.
- Savadkoochi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., & Farahnaky, A. 2014. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat science*, **97**(4), 410–418.
- Segura, F., Echeverri, R., Li, A. C. P., & MEJÍA, A. I. 2009. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Vitae*, **14**(1).
- Selani, M. M., Brazaca, S. G. C., dos Santos Dias, C. T., Ratnayake, W. S., Flores, R. A., & Bianchini, A. 2014. Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food chemistry*, **163**, 23–30.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*.
- Shweigert, B. S. 1994. Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y los subproductos cárnicos. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*, Editorial

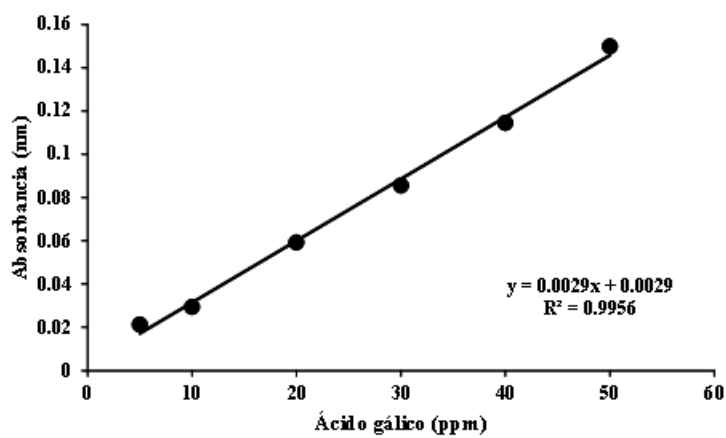
- Acribia*, Zaragoza, 249–278.
- Sinnhuber, R. O., & Yu, T. C. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *Journal of Japan Oil Chemists' Society*, **26**(5), 259–267.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X., & Liu, R. H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(25), 7449–7454.
- Tarté, R. 2009. *Ingredients in meat products: properties, functionality and applications*. Springer Science & Business Media.
- Terrasa, A. M. 2013. *Alternativas tecnológicas aplicables al desarrollo y conservación de productos cárnicos cocidos (patés) durante el almacenamiento refrigerado*. Ph.D. thesis, Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Toldrá, F., et al. 2010. *Handbook of meat processing*. John Wiley & Sons.
- Torres, N. A. R., Sánchez, F. R., López, V. M., Cárdenas, J. F., & Piña, M. F. L. 2008. Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, **31**(3), 29–34.
- Touriño, S., Lizárraga, D., Carreras, A., Matito-Sánchez, C., Ugartondo, V., Mitjans, M., Centelles, J. J., Vinardell, M. P., Juliá, L., Cascante, M., et al. 2008. Antioxidant/prooxidant effects of bioactive polyphenolics. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, **7**(8), 3339–3343.
- Ubando-Rivera, J., Navarro-Ocaña, A., & Valdivia-López, M. A. 2005. Mexican lime peel: Comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. *Food Chemistry*, **89**(1), 57–61.
- USDA. 2015. *USDA National Nutrient Database for Standard Reference: Release 28*.
- Vilchez-Perales, C. 2013 (Septiembre). *La fibra cruda y su importancia en la alimentación del monogástrico*.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. 2009. Effect of adding citrus waste water, thyme and oregano essential oil on the chemical, physical and sensory characteristics of a bologna sausage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **10**(4), 655–660.
- Wang, Z., Xu, W., Kang, N., Shen, Q., & Zhang, D. 2016. Microstructural, protein denaturation and water holding properties of lamb under pulse vacuum brining. *Meat science*, **113**, 132–138.
- Wenjiao, F., Yongkui, Z., Yunchuan, C., Junxiu, S., & Yuwen, Y. 2014. TBARS

- predictive models of pork sausages stored at different temperatures. *Meat science*, **96**(1), 1–4.
- Xu, Y., Fan, M., Ran, J., Zhang, T., Sun, H., Dong, M., Zhang, Z., & Zheng, H. 2015. Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- Yang, H. S., Choi, S.G., Jeon, J. T., Park, G. B., & Joo, S. T. 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. *Meat science*, **75**(2), 283–289.
- Yu, C., Jiao, J., Ma, L., & Sun, W. 2016. Effect of pH on the stability and molecular structure of nitrosyl hemochromogen. *Food chemistry*, **196**, 503–508.

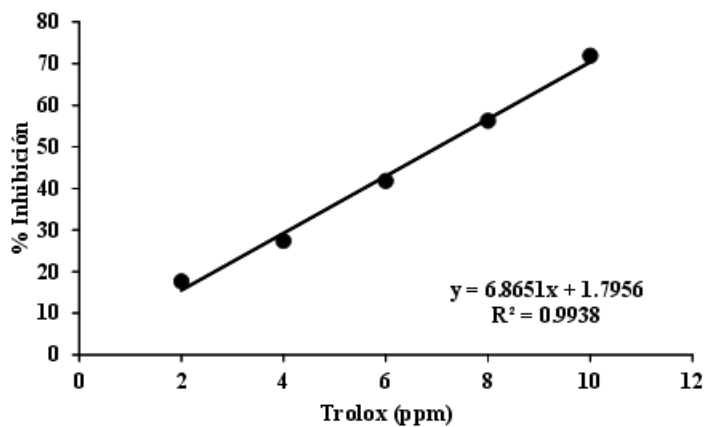
Anexo I

Curvas de calibración métodos Folin-ciocalteu, DPPH y ABTS en PCP

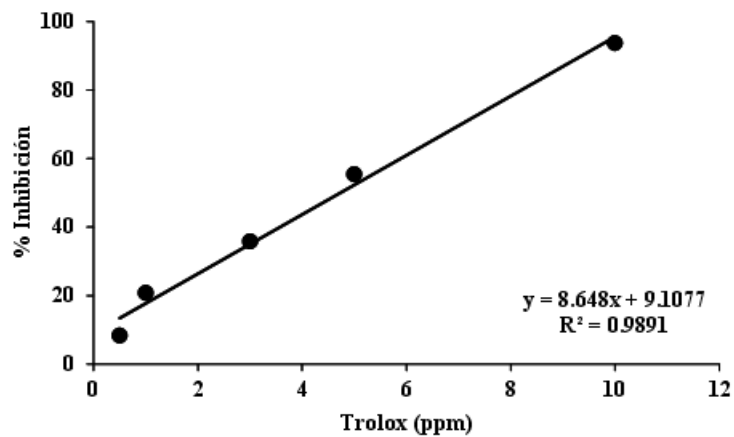
Curva de calibración del estándar ácido gálico para el contenido total de fenoles (Folin-Ciocalteu)



Curva de calibración del estándar Trolox para la actividad antioxidante (DPPH)



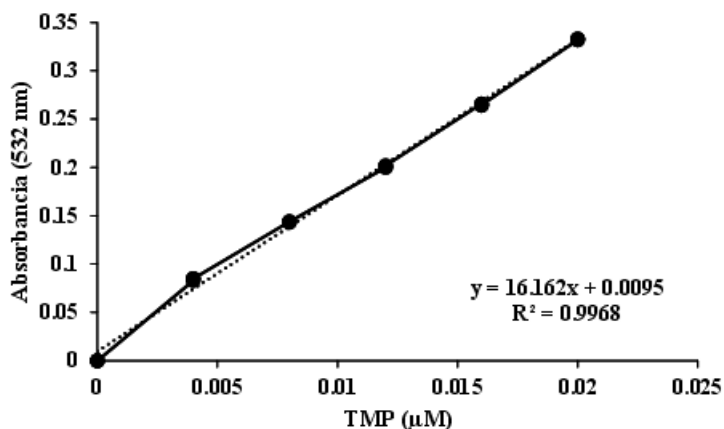
Curva de calibración del estándar Trolox para la actividad antioxidante (ABTS)



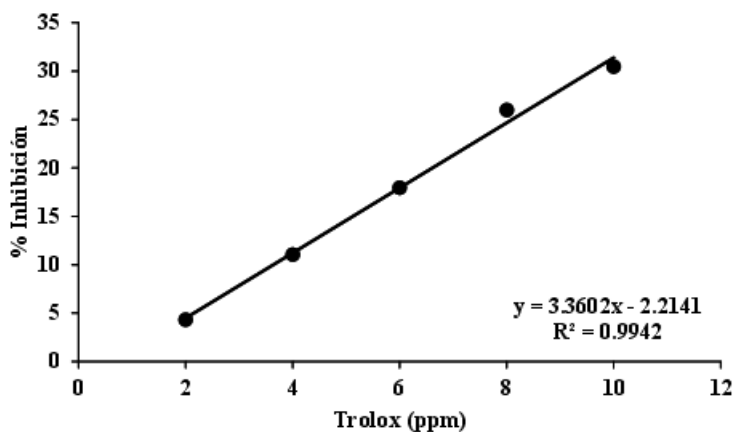
Anexo II

Curvas de calibración métodos TBA y DPPH en salchichas tipo Frankfurt adicionadas con PCP

Curva de calibración del estándar 1, 1, 3, 3 – Tetramethoxypropane (TMP) para la oxidación lipídica (TBA)



Curva de calibración del estándar Trolox para la actividad antioxidante (DPPH)



Anexo III

Formato de prueba de análisis sensorial de muestras de salchichas tipo Frankfurt

Cuestionario para evaluación del grado de satisfacción por medio de escala hedónica.

Nombre: _____

Fecha: _____

Producto: **SALCHICHA**

Pruebe las muestras de salchicha que se le presentan e indique, según la escala su opinión sobre ellas.

Marque con una X el renglón que corresponda a la calificación para cada muestra.

MUESTRAS

ESCALA	087	092	026	021
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me gusta bastante	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____
Me disgusta bastante	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS!!