

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ciencias Agroalimentarias  
Escuela de Tecnología de Alimentos

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**Estudio del efecto de la adición de semilla de chan (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit) y proteína de origen animal sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de una salchicha similar a las del mercado nacional**

Vanessa Córdoba Meneses

A81925

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

2018

## **TRIBUNAL EXAMINADOR**

Proyecto de graduación presentado en la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por: Vanessa Córdoba Meneses

---

Lic. Eliana Mora Peraza  
**Directora del proyecto**

---

Ing. Eduardo Thompson Vicente  
**Profesor asesor**

---

M.G.A. Yorleny Araya Quesada  
**Profesora asesora**

---

PhD. Eric Wong González  
**Presidente del tribunal**

---

Lic. Edel Solís Solís  
**Profesora designada**

## **DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Toda la información encontrada en este estudio se considera de acceso público.

## DEDICATORIA

A mis papás que han sido mi apoyo y motivación.  
Los amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis papás que a lo largo de toda mi vida y de este proceso han estado ahí para apoyarme en todo lo que necesité y más. Este logro es de ellos.

A mis hermanos que me ayudaron cuando pudieron y siempre estaban listos para bajar el estrés del momento.

A Piti que siempre me ha escuchado y aconsejado en todo.

A Diego que gracias a esta carrera tuve la oportunidad de conocer, se mantuvo como uno de mis principales apoyos y me da mucho más comprensión y amor del que podría pedir.

A los Vargas Sáenz que estuvieron atentos durante todo este tiempo, me apoyaron en las caídas y celebraron los triunfos conmigo.

Al resto de mi familia, abuelitas, tíos y primos que domingo a domingo me mostraron su apoyo y me dieron motivación cuando fue necesario.

A mis eternos amigos de la U, Naty y Sangu, por estar siempre juntos apoyándonos y estudiando en Narnia, especialmente en los primeros años de la U, que terminaron siendo más de 2.

A mis amigos de TA, yo creo que todo tiene una razón de ser y por habernos atrasado en algunos cursos tuvimos la oportunidad de conocernos. Gracias Oscar, Luci, Carlos, Ana, Val, Sebas y don Gera por incluirme en las blas, por estar ahí para mí y no fallar con buenos chistes.

A los compañeros y amigos que de una forma u otra me ayudaron con el desarrollo de este proyecto: Nati Lau, Vale Brenes, Sol, Carlos, Ana, Val, Luci, Fabi, Vale Benavides, Verny, y en especial Pao, que aceptó ayudarme a culminar con este proceso y que durante estos últimos años se convirtió en una excelente amiga. Al resto de compañeros de la carrera que hicieron esta etapa más agradable y se convirtieron en amigos.

A Camacho, Alonso, Giova, Luis Morales, Vanny, Graciela y Carolina que tuvieron toda la disposición para ayudarme en lo que pudieran.

A mis compañeros de Hamilk tengo que hacerles una mención especial, Carlos, Ana, Oscar, Johan, Karlita y a la profe Jessie, por haberme dado la confianza para ser parte del proyecto más chiva de toda la U.

A los profes de la escuela que siempre estuvieron listos para ayudar, a mis asesores de la tesis, especialmente a la profe Eli que me dio la oportunidad de realizar este proyecto y estuvo presente desde el día 1 de la U siendo mi profesora guía. Un especial agradecimiento al profe Eric que todas las veces que necesité de su apoyo no dudó en brindármelo, aunque fuera por teléfono, y siempre logró transmitirme la calma y claridad que necesitaba.

A todos, mi más profundo agradecimiento por formar parte de este largo camino.

## ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR .....	i
DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
<b>1. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
3.1 Semilla de chan .....	5
3.1.1 Composición .....	5
3.1.2 Propiedades funcionales .....	7
3.2 Emulsiones cárnicas .....	8
3.2.1 Composición .....	8
3.2.2 Ingredientes.....	10
3.2.3 Estabilidad de la emulsión cárnica.....	15
3.3 Parámetros fisicoquímicos de las salchichas .....	16
3.3.1 pH.....	16
3.3.2 Análisis proximal .....	17
3.3.2.1 Humedad.....	17
3.3.2.2 Grasa .....	17
3.3.2.3 Proteína.....	19
3.3.2.4 Cenizas .....	20
3.3.2.5 Carbohidratos.....	20
3.3.2.6 Fibra dietética.....	21
3.4 Parámetros de calidad de las salchichas .....	21
3.4.1 Análisis sensorial.....	21

3.4.2 Sinéresis .....	22
3.4.3 Propiedades reológicas .....	23
3.4.4 Oxidación lipídica.....	24
3.4.5 Recuento de bacterias lácticas .....	27
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 Localización del proyecto .....	29
4.2 Materia prima .....	29
4.3 Formulaciones y proceso.....	30
4.4 Pruebas preliminares.....	35
4.4.1 Escogencia del molino a utilizar según la capacidad de retención de agua de la semilla de chan molida .....	35
4.4.2 Elaboración de salchichas con distintos tipos de proteína animal .....	36
4.4.3 Evaluación de la adición de colorante natural a las salchichas .....	37
4.5 Metodología.....	38
4.5.1 Efecto del nivel de sustitución de semilla de chan (1%, 2% y 3%) sobre el agrado sensorial de las salchichas evaluadas por consumidores. ....	38
4.5.2 Caracterización fisicoquímica de una salchicha control y la salchicha de mayor agrado sensorial .....	38
4.5.2.1 Determinación de humedad .....	39
4.5.2.2 Determinación de grasa .....	39
4.5.2.3 Determinación de proteína .....	40
4.5.2.4 Determinación de cenizas totales .....	40
4.5.2.5 Determinación de carbohidratos totales .....	40
4.5.2.6 Determinación de fibra dietética.....	40
4.5.3 Efecto de la adición de semilla de chan y proteína de origen animal sobre la estabilidad de las salchichas empacadas en bolsas impermeables al vacío durante 6 semanas de almacenamiento en refrigeración a 4°C .....	40
4.5.3.1 Medición de pH .....	41
4.5.3.2 Medición de la sinéresis.....	41
4.5.3.3 Perfil de textura TPA.....	42
4.5.3.4 Prueba de corte .....	43
4.5.3.5 Determinación del índice de peróxidos .....	43
4.5.3.6 Determinación del número de TBA .....	43
4.5.3.7 Recuento de bacterias lácticas .....	44
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
5.1 Efecto sobre el agrado general de una salchicha con distintas concentraciones de semilla de chan evaluadas por consumidores .....	45
5.2 Efecto de la adición de chan en una salchicha sobre el análisis proximal.....	49

5.3 Estudio de la estabilidad durante el almacenamiento de salchichas con 1% de semilla de chan añadido .....	51
5.3.1 Efecto del almacenamiento sobre el pH .....	51
5.3.2 Efecto del almacenamiento sobre la sinéresis .....	53
5.3.3 Efecto del almacenamiento sobre la textura .....	55
5.3.4 Efecto del almacenamiento sobre la oxidación lipídica .....	61
5.3.5 Efecto del almacenamiento sobre el recuento de bacterias lácticas .....	65
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>73</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>72</b>
9.1 Resultados intermedios obtenidos en el estudio .....	80
9.2 Efecto de la concentración de semilla de chan sobre el agrado de los consumidores .....	8



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro I.</b> Composición química de la semilla de chan ( <i>Hyptis suaveolens</i> ) de distintas zonas de América. ....	6
<b>Cuadro II.</b> Materias primas y correspondientes proveedores utilizados para la elaboración de salchichas. ....	29
<b>Cuadro III.</b> Formulaciones utilizadas para la elaboración de las salchichas control y las salchichas con distinto contenido de semilla de chan. ....	30
<b>Cuadro IV.</b> Descripción de las distintas fuentes de proteína animal evaluadas, adquiridas en HS Representaciones S.A. ....	36
<b>Cuadro V.</b> Características de los tipos de colorante carmín evaluados, adquiridos en ASEAL. ....	37
<b>Cuadro VI.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) con conglomerados obtenidos de la evaluación del agrado de salchichas con distintos contenidos de semilla de chan (1%, 2% y 3%) con n=97. ....	46
<b>Cuadro VII.</b> Comparación de medias según la prueba LSD-Fisher, de la evaluación del agrado de salchichas con distintos contenidos de semilla de chan (1%, 2% y 3%). ....	46
<b>Cuadro VIII.</b> Promedios de los resultados del análisis de composición química realizado a la salchicha control y a la salchicha con 1% de chan, analizados mediante la prueba t-student y los valores límites establecidos por el RTCR 411-2008. (n=12). ....	49
<b>Cuadro IX.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de pH obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38). ....	51
<b>Cuadro X.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de sinéresis obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38). ....	53
<b>Cuadro XI.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de fuerza de corte obtenidos en la prueba de Warner-Bratzler en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38). ....	56
<b>Cuadro XII.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados del análisis de perfil de textura (TPA) obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38). ....	58
<b>Cuadro XIII.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados del índice de peróxidos obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38). ....	62
<b>Cuadro XIV.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de número de TBA obtenidos en el estudio de almacenamiento durante 6 semanas de una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=32). ....	64
<b>Cuadro XV.</b> Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados del recuento de bacterias ácido lácticas obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38). ....	66
<b>Cuadro XVI.</b> Resumen de los resultados de las pruebas de morfología de las colonias encontradas en el recuento de bacterias ácido lácticas obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control. ....	68
<b>Cuadro XVII.</b> Agrado general de diferentes formulaciones de salchichas con semilla de chan obtenido a partir del panel sensorial con consumidores.....	80

<b>Cuadro XVIII.</b> Resultados obtenidos del análisis proximal realizado a 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	81
<b>Cuadro XIX.</b> Promedios de los valores de pH obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	81
<b>Cuadro XX.</b> Promedios de los resultados de sinéresis obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	83
<b>Cuadro XXI.</b> Promedios de los resultados de índice de peróxidos obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	84
<b>Cuadro XXII.</b> Promedios de los resultados de número de TBA obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	85
<b>Cuadro XXIII.</b> Promedios de los recuentos de bacterias lácticas obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	86
<b>Cuadro XXIV.</b> Promedios de la fuerza de corte obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	87
<b>Cuadro XXV.</b> Promedios del parámetro de dureza obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	88
<b>Cuadro XXVI.</b> Promedios del parámetro de elasticidad obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	89
<b>Cuadro XXVII.</b> Promedios del parámetro de cohesividad obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	90
<b>Cuadro XXVIII.</b> Promedios del parámetro de masticabilidad obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control. ....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Escala hedónica de agrado para análisis sensorial.....	22
<b>Figura 2.</b> Cinética de comportamiento de hidroperóxidos a través del tiempo en reacciones de oxidación .....	26
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichas control.. .....	33
<b>Figura 4.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichas con chan .....	34
<b>Figura 5.</b> Variables obtenidas a partir del análisis del perfil de textura TPA (Hleap & Velasco, 2010). .....	42
<b>Figura 6.</b> Muestras de las salchichas evaluadas en el panel sensorial con consumidores (1%, 2% y 3% de semilla de chan, respectivamente).. .....	45
<b>Figura 7.</b> Promedios de las opiniones sobre los atributos evaluados de salchichas con distintas concentraciones de semilla de chan (1%, 2% y 3%). .....	47
<b>Figura 8.</b> Promedios de los valores de pH obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ....	52
<b>Figura 9.</b> Regresión lineal de los promedios de los valores de pérdida de masa obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ....	54
<b>Figura 10.</b> Promedios de los valores de fuerza de corte obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ....	57
<b>Figura 11.</b> Promedios de los resultados del análisis perfil de textura (TPA) para cada una de sus obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ....	59
<b>Figura 12.</b> Promedios de los valores de índice de peróxidos obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ....	63
<b>Figura 13.</b> Promedios de los valores de número de TBA obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ...	65
<b>Figura 14.</b> Promedios de los recuentos de bacterias ácido lácticas obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas. ....	67
<b>Figura 15.</b> Dendograma de la distribución de los consumidores en el análisis de conglomerados de la prueba sensorial de agrado. ....	92
<b>Figura 16.</b> Información demográfica de los consumidores de salchichas utilizados como panelistas para el análisis sensorial.....	92
<b>Figura 17.</b> Hábitos de consumo de salchichas de los consumidores utilizados como panelistas para el análisis sensorial. A) Frecuencia de consumo B) Ocasiones de consumo C) Modo de consumo D) Temperatura de consumo E) Modo de cocción F) Tipo de salchicha consumida.. .....	93
<b>Figura 18.</b> Justificación de decisión de compra de salchichas con distintos porcentajes de semilla de chan (1%, 2% y 3%) por parte de panelistas evaluadores. A) Comprarían el producto B) No comprarían el producto. ....	94

**Figura 19.** Cambios sugeridos por los panelistas sobre los atributos de las salchichas con distintos porcentajes de semilla de chan (1%, 2% y 3%) A) Apariencia B) Sabor C) Textura. ....95

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANDEVA: Análisis de variancia

$a_w$ : actividad de agua

BHT: Butilhidroxitolueno

CDM: Carne de pollo deshuesada mecánicamente

CITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología

CRA: Capacidad de retención de agua

EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético

F1: Formulación 1

F2: Formulación 2

F3: Formulación 3

GL: Grados de libertad

IP: Índice de peróxidos

MAD: Malonaldehído

RTCR: Reglamento Técnico Centroamericano

TBA: Ácido tiobarbitúrico

TBARs: Sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico

TPA: Análisis de perfil de textura

## RESUMEN

Córdoba Meneses, Vanessa.

### **Estudio del efecto de la adición de semilla de chan (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit) y proteína de origen animal sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de una salchicha similar a las del mercado nacional**

Tesis Ingeniería de Alimentos. San José, CR:  
V, Córdoba., 2018.  
115 pp.: 19 il. – 71 refs.

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de semilla de chan y proteína de origen animal en sustitución de la proteína de soya sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de una salchicha similar a las encontradas en el mercado nacional.

Para cumplir con este propósito se evaluaron 3 formulaciones de las salchichas sin soya, con 1%, 2% y 3% de semilla de chan mediante un panel sensorial de agrado general con 100 consumidores a partir del cual se determinó la salchicha con el mayor agrado para continuar los análisis comparando contra una salchicha control (con soya, sin chan), ambas fueron empacadas al vacío y almacenadas en refrigeración a 5 °C. Se realizó un análisis proximal en el cual se determinó el contenido de humedad, grasa, proteína, cenizas, fibra dietética y carbohidratos. Además, se analizó la estabilidad en las semanas 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 de almacenamiento, determinando el valor de pH, sinéresis, índice de peróxidos, número de TBA, perfil de textura (TPA), fuerza de corte y recuento de bacterias ácido lácticas.

Se obtuvo que la salchicha con 1% de semilla de chan mostró el mayor agrado de los consumidores, siendo significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) de las otras dos formulaciones evaluadas y por lo tanto, se continúa el estudio con dicha formulación.

Entre la salchicha con 1% de semilla de chan y la salchicha control no se encontró diferencia significativa en los parámetros determinados en el análisis proximal. Ambas formulaciones cumplieron con los valores estipulados en el Reglamento de Productos Cárnicos

Embutidos: Salchicha, Salchichón, Mortadela y Chorizo. Especificaciones (RTCR 411:2008), vigente en el momento del estudio.

En la variable de sinéresis se obtuvo diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el comportamiento de los tratamientos con respecto al tiempo, donde la salchicha con semilla de chan presentó menor pérdida de masa. Mientras que para el pH, la fuerza de corte, la dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad, índice de peróxidos, número de TBA y recuento de bacterias lácticas no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a lo largo del tiempo entre los tratamientos analizados, es decir que la sustitución de la proteína de soya en una salchicha tradicional por semilla de chan y proteína de origen animal no provoca cambios en los parámetros de calidad mencionados durante el almacenamiento de las salchichas.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que desde el punto de vista tecnológico es viable utilizar semilla de chan en la elaboración de salchichas dado que permite mantener las características típicas de este tipo de producto tradicional, a excepción de la apariencia en la cual los consumidores indicaron que tiene oportunidades de mejora para ser más atractiva, sin embargo indicaron una alta intención de compra principalmente por los beneficios que puede generar a la salud. Además, se logra mantener la estabilidad durante el almacenamiento, incluso mejorando la capacidad de retención de agua del producto final.

La utilización de semilla de chan en embutidos cárnicos permite valorizar una materia prima nacional subutilizada además de proponer una alternativa de consumo de fuentes de proteína accesibles para la población alérgica a la soya.

CHAN; SALCHICHAS; ALERGIA A SOYA; EMBUTIDOS.

**Lic. Eliana Mora Peraza, Directora del proyecto**  
**Escuela de Tecnología de Alimentos**

## 1. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial la industria cárnica es extremadamente importante para la economía de muchos países. La carne representa una gran porción del gasto de los consumidores en alimentos y además aporta una cantidad importante de nutrientes (vitaminas, minerales, proteínas, lípidos) en proporciones considerables para la ingesta diaria, esencial para el buen funcionamiento del organismo (Jiménez-Colmenero & Delgado-Pando, 2013).

El consumo de productos cárnicos en Costa Rica ha ido en incremento en los últimos años, donde se presenta un crecimiento de un 25% entre el 2008 y el 2013 reportado por Euromonitor (Vindas, 2014). La mayoría de los embutidos consumidos son de elaboración nacional, los cuales, inclusive se exportan a países de Centroamérica (Vindas, 2014). Este tipo de productos cárnicos resultan de gran importancia para la seguridad alimentaria del país, dado que existe una gran parte de la población que solamente puede tener acceso a los embutidos como fuente de proteína de origen animal (Jiménez, 2011).

Los embutidos están compuestos de diversos tipos de carne, comúnmente en Costa Rica se utiliza carne de res, cerdo y pollo. El Reglamento de Productos Cárnicos Embutidos (RTCR 411-2008) establece que un embutido debe contener un mínimo de 11% de proteína, de la cual, al menos un 51% debe ser de origen animal. Se permite utilizar otras fuentes de proteína de origen vegetal, como la soya, o animal como la proteína deshidratada derivada del procesamiento de la carne o la carne de pollo deshuesada mecánicamente (CDM).

En la elaboración de productos cárnicos emulsionados se adicionan otros ingredientes con finalidades nutricionales, sensoriales y tecnológicas, como grasa (animal o vegetal), sal, fosfatos, sal de cura, agentes reductores, estabilizantes, condimentos y de ser necesario, colorantes. Todos los anteriores restringidos acorde a la lista de aditivos permitidos en Costa Rica (RTCR 411-2008).

Es importante considerar que la mayoría de las materias primas mencionadas no se encuentran libres de alérgenos, los cuales son sustancias que provocan reacciones adversas a personas con predisposición genética a ellas (Ogawa, 2006). Por lo tanto, esta población tiene la limitación de consumo de ciertos productos en su alimentación.



En 2015, a nivel mundial, la declaración en productos cárnicos más utilizada en productos nuevos fue Bajo/Sin/Reducido de Alérgenos (Mintel, 2015), manteniéndose en el primer lugar a finales de 2017. La tendencia con mayor crecimiento en cárnicos a nivel global corresponde a la declaración de ingredientes y materias primas con mayor transparencia por parte de las compañías, las cuales se enfrentan a un consumidor más informado y preocupado por el bienestar animal, ambiental y el propio (Mintel, 2017).

Uno de los principales alimentos alérgenos de la actualidad es la soya, encontrándose entre los 8 alérgenos que causan el 90% de las alergias alrededor del mundo (Lack, 2008). En el mercado costarricense, la soya es ampliamente utilizada en los diversos tipos de embutidos que se elaboran, por su aporte proteico y su funcionalidad en el procesamiento, lo que genera un producto final con textura agradable (Xiong, 2012). Por lo tanto, resulta necesario desarrollar productos libres de soya para ampliar las opciones de consumo de cárnicos de la población alérgica. Ahora bien, encontrar una materia prima que logre impartir las propiedades que aporta la soya es un reto para la innovación en este ámbito.

En estudios previos realizados en la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, como parte del proyecto “Extracción y caracterización química y funcional de mucílagos presentes en bebidas tradicionales de Costa Rica” (B1-249), se determinó la composición nutricional de la semilla de chan (*Hyptis suaveolens* (L.) poit) producida en Costa Rica, obteniendo un contenido de 48% de carbohidratos totales (47% de fibra dietética y 1% de carbohidratos disponibles), 18% de proteína, 18% de grasa, 4% de cenizas y un 12% de humedad.

En el país, la principal forma de consumo del chan es mediante la elaboración de una bebida tradicional, la cual se prepara mezclando las semillas del chan con agua y se deja reposar hasta que se forme un mucílago alrededor de estas (Gómez *et al.*, 2004). Dada la alta capacidad de absorción de agua que posee el chan, resalta como un ingrediente interesante para evaluar en la elaboración de productos cárnicos sin proteína de soya, dado que el chan puede compensar la retención de agua que esta aporta en un embutido emulsionado.

Aunado al beneficio obtenido para la población alérgica a la soya, cabe destacar que el desarrollo de este proyecto permite agregarle valor a una materia prima de gran tradición histórica en América (Aguirre *et al.*, 2012) la cual es poco utilizada para la elaboración de otros productos y que posee el potencial de aportar beneficios tecnológicos y nutricionales, sin que

genere cambios adversos en el producto final (Ngozi *et al.*, 2014). Además, se pueden generar oportunidades de expansión de mercado para los productores nacionales de chan.

En un estudio realizado por Pintado y otros (2016), se encontró viable la incorporación de semillas de chía en la elaboración de salchichas tipo frankfurter reducidas en grasa, las cuales son una buena alternativa para incrementar el valor nutricional sin afectar las propiedades tecnológicas del producto.

Para el presente estudio se escogió desarrollar salchichas dado que es un producto cárnico emulsionado y que junto con la mortadela y el salchichón, son los más consumidos en el país. Además, se facilita la elaboración de salchichas a nivel de planta piloto por las condiciones necesarias para su elaboración, como el menor tiempo de cocción.

Para definir la viabilidad de la adición de semilla de chan en salchichas es necesario evaluar variables que impacten la estabilidad del producto deteriorando su calidad, como la textura, pérdida de agua o sinéresis (Tahmasebi *et al.*, 2016), oxidación lipídica, la cual puede producir cambios en sabor, olor, color, textura y valor nutricional, lo que limita la vida útil y estabilidad comercial, además de ser un riesgo para la salud (Ansorena & Astiasarán, 2009).

Tomando en consideración la información disponible, este estudio pretende desarrollar una salchicha tradicional costarricense libre de alérgenos, sustituyendo la proteína de soya por semilla de chan.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la sustitución de proteína de soya por semilla de chan y proteína de origen animal en una salchicha, sobre sus características sensoriales y químicas y su estabilidad fisicoquímica, reológica y microbiológica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el efecto del nivel de sustitución de semilla de chan (1%, 2% y 3%) sobre el agrado sensorial de las salchichas evaluadas por consumidores.
2. Comparar las propiedades fisicoquímicas entre la salchicha de mayor agrado sensorial y una salchicha control mediante la determinación del análisis proximal.
3. Determinar el efecto de la adición de semilla de chan y proteína de origen animal sobre la estabilidad de las salchichas empacadas al vacío en bolsas impermeables durante 6 semanas de almacenamiento en refrigeración a 4°C, mediante la evaluación semanal del deterioro microbiológico, pH, textura, rancidez oxidativa y sinéresis.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Semilla de chan**

##### **3.1.1 Composición**

La planta de chan (*Hyptis suaveolens*) es un especie perteneciente a la familia Lamiaceae, clasificada como un pseudocereal y encontrada tanto de forma natural silvestre, híbrida y domesticada (Vergara-Santana *et al.*, 2015). El cultivo del chan está ampliamente distribuido en México, América Central, América del Sur, Asia y las Islas del Pacífico, principalmente en los trópicos y subtrópicos. La especie *Hyptis suaveolens* es originaria de América, sin embargo actualmente se considera una maleza distribuida a nivel mundial (Vera-Arzave *et al.*, 2012).

Desde la antigüedad ha sido una planta muy valorada como alimento y por sus cualidades medicinales, especialmente por las culturas pre-hispánicas. La planta de chan consiste de un arbusto de 1 a 2 metros de altura, cuyas flores contienen pequeñas semillas planas de 2 a 3 milímetros de longitud, rodeada de una delgada capa de polisacáridos, capaz de formar un mucílago al humectarse (Aguirre *et al.*, 2012; Ngozi *et al.*, 2014). No se ha desarrollado un método de cultivo mecanizado, por lo que es un proceso completamente manual (Aguirre *et al.*, 2012). El cultivo del chan tiene la ventaja de florear durante todo el año y producir frutos a lo largo de este período: en enero, agosto y de octubre a diciembre (Museo Nacional de Costa Rica, 2013). Cabe mencionar que no se encontraron compuestos de alta toxicidad para los humanos en la semilla del chan, permitiendo su uso en alimentos (Aguirre *et al.*, 2012).

En El Salvador, Guatemala, México y Costa Rica el chan es utilizado principalmente para la elaboración de una bebida tradicional, la cual posee un perfil sensorial de mayor agrado que el refresco elaborado a partir de chíá o linaza, consumido principalmente en Nicaragua (Gómez *et al.*, 2004).

En Costa Rica, el chan es más común en las zonas de Guanacaste y Puntarenas, específicamente en el Caribe Norte (Tortuguero), todo el Pacífico, en el Caribe Sur (Cocles) y la Zona Norte, sin embargo puede crecer de forma silvestre como maleza en áreas abiertas (Museo Nacional de Costa Rica, 2013) con climas cálidos. La composición promedio de la semilla de chan cultivada en Costa Rica se detalla a continuación, así como valores encontrados en la literatura sobre análisis realizados en plantas de chan de otros países.

**Cuadro I.** Composición química de la semilla de chan (*Hyptis suaveolens*) de distintas zonas de América.

País	Costa Rica <sup>a</sup>	México y USA
Componente	Contenido (%)	
Humedad	12,1	4,4 <sup>b</sup>
Grasa	17,9	23,7 <sup>b</sup>
Proteína	18,0	20,8 <sup>b</sup>
Cenizas	4,2	6,2 <sup>b</sup>
Carbohidratos disponibles	1,0	22,6 <sup>b</sup>
Fibra dietética	47,8	25,3 <sup>b</sup>
Ácidos grasos poliinsaturados (g/100g grasa)	79,0	76,1 <sup>c</sup>
Polifenoles totales (mg AG/100g)	332,92	-
Capacidad antioxidante (µmol Trolox eq/100 g)	5094,40	-

<sup>a</sup>Fuente: Proyecto “Extracción y caracterización química y funcional de mucílagos presentes en bebidas tradicionales de Costa Rica” (B1-249). Universidad de Costa Rica.

<sup>b</sup>Fuente: Weber *et al.*, 1991.

<sup>c</sup>Fuente: Ngozi *et al.*, 2014.

Según los datos mostrados en el **Cuadro I**, el chan tiene potencial de ser utilizado como un ingrediente funcional en otros productos. Un alimento funcional es definido por Ospina *et al.* (2011) como todo aquel alimento semejante al alimento convencional consumido en la dieta diaria que además de sus funciones nutricionales básicas, es capaz de producir efectos metabólicos o fisiológicos benéficos, útiles para mantener la salud física y mental.

La composición del chan permite suponer que este se podría adicionar a otros productos para obtener un alimento funcional, debido el alto contenido de proteína, contenido de fibra y perfil de ácidos grasos insaturados (14% ácido oleico y 76% ácido linoleico (Ngozi *et al.*, 2014)). El tipo de proteína encontrada en la semilla de chan corresponde a 39% globulinas, 36% glutelinas, 24% albúminas y 1% prolaminas (Aguirre *et al.*, 2012; Ngozi *et al.*, 2014). Dado el alto costo de la proteína animal y el alto impacto ambiental que su producción conlleva, buscar alternativas de proteína de fuente vegetal representa una buena opción para reducir costos, utilizando los vegetales como ingredientes funcionales (Aguirre *et al.*, 2012).

Con respecto al perfil proteico se encontró que la semilla de chan tiene una composición balanceada de aminoácidos, siendo una buena fuente de los aminoácidos esenciales, a excepción de la lisina (Aguirre *et al.*, 2012; Ngozi *et al.*, 2014). En comparación con el maíz y otros cereales, la

semilla de chan posee mayor cantidad de aminoácidos ramificados (Ngozi *et al.*, 2014). La cantidad de fibra dietética de la semilla de chan se compara con fuentes como el trigo o el salvado de la cebada (Weber *et al.*, 1991).

La semilla de chan además representa una potencial alternativa para disminuir la inseguridad alimentaria en países en vías de desarrollo donde exista pobreza o desnutrición (Ngozi *et al.*, 2014), en los cuales, el acceso a alimentos de calidad es reducido, siendo una gran ventaja la facilidad de cultivo. En comparación con otros cereales, el chan presenta hasta el doble de proteína y el triple de aceite que la mayoría de estos, lo cual la hace una fuente atractiva para el desarrollo de productos para poblaciones con deficiencia de proteína y energía; sin embargo, debe considerarse el alto contenido de fibra al adicionarla a los alimentos ya que puede limitar la cantidad máxima para seres humanos (Weber *et al.*, 1991).

### **3.1.2 Propiedades funcionales**

Se ha estudiado el aceite de chan extraído de las flores, hojas, tallos, raíces y semillas, encontrando generalmente presencia de compuestos volátiles, flavonoides, alcaloides, fenoles, taninos, terpenos, esteroides y saponinas en algunos (Ngozi *et al.*, 2014; Ríos *et al.*, 2015). Estos forman parte de los compuestos bioactivos del chan, definidos como aquellos que aportan un beneficio a la salud, más allá de la nutrición básica (Herrera *et al.*, 2013).

El aceite proveniente de la semilla de chan es líquido a temperatura ambiente y posee un bajo contenido de humedad, lo que le otorga una larga vida útil, siendo menos propenso a la descomposición en corto tiempo. Además, presenta un índice de acidez de 3,3 mgKOH/gTAG, similar a los aceites de uso doméstico y comercial, un índice de yodo de 115,8  $\text{cgI}_2/\text{gTAG}$  y un índice de saponificación de 195 mgKOH/gTAG (Ngozi *et al.*, 2014).

Otro compuesto considerado beneficioso para el organismo, especialmente para el sistema digestivo, corresponde al mucílago de la semilla del chan, el cual representa un 12-18% de su peso y posee una alta capacidad de retención de agua. En los primeros estudios de composición del mucílago de la semilla de chan se determinó que está compuesto por un polisacárido neutro y otro ácido, con distinta composición de azúcares, ambos solubles en agua (Praznik *et al.*, 2017).

La alta viscosidad de este mucílago presenta un potencial uso como aditivo espesante en alimentos (Gowda, 1984; Weber *et al.*, 1991). Los polisacáridos pueden tener acción prebiótica

dependiendo de su composición estructural y la capacidad para ser fermentados por la flora intestinal, por lo cual actualmente se estudian diferentes mucílagos para determinar su actividad prebiótica y así ser utilizados tanto en la industria alimentaria como la farmacéutica (Praznik *et al.*, 2017).

Cabe destacar que la planta de chan posee un alto contenido de magnesio, calcio, fósforo, potasio, nitrógeno y sodio (Aguirre *et al.*, 2012; Ngozi *et al.*, 2014). Debido al contenido de minerales y compuestos bioactivos en el chan, se le han atribuido propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas, antidiarreicas, antihelmínticas, antidiabéticas, anticancerígenas, insecticidas y curativas (Ngozi *et al.*, 2014).

En los últimos años se ha estudiado a profundidad la composición química de la semilla de chan, encontrando gran potencial para su uso industrial en productos alimentarios, principalmente por su alto contenido proteico, el cual en combinación con otras fuentes de proteína puede producir un aporte balanceado para ser incorporado en la dieta de poblaciones con distintas necesidades nutricionales (Ngozi *et al.*, 2014). Realizar mezclas de este tipo es una práctica común en cereales (Aguirre *et al.*, 2012; Weber *et al.*, 1991).

### **3.2 Emulsiones cárnicas**

#### **3.2.1 Composición**

Según el Reglamento de Productos Cárnicos Embutidos (RTCR, 411-2008), una salchicha se define como “un producto cocido, elaborado sobre la base de carne fresca o congelada, con agregado o no de carne cocida, de animales autorizados, con agregado de grasa comestible, perfectamente trituradas y mezcladas, emulsionado o no, elaborado con ingredientes de uso permitido e introducido en fundas autorizadas con un perímetro máximo de 112 mm, ahumado o no.”

El RTCR 411-2008 autoriza utilizar los siguientes ingredientes: sal, especias, condimentos, hielo, agua, aditivos permitidos, grasas comestibles animales o vegetales, vegetales frescos o deshidratados, féculas, azúcares, derivados lácteos y otros agregados proteicos.

La elaboración de productos cárnicos emulsionados, como la salchicha, consiste en la formación de una emulsión estable entre las proteínas de la carne, las grasas presentes y el agua retenida. (Xiong, 2012). Una emulsión cárnica es una fase coloidal de dos sistemas inmiscibles, en

la cual un líquido se encuentra disperso (fase dispersa o interna), en forma de pequeñas partículas esféricas, en otro líquido de composición distinta. El segundo líquido forma la fase continua o externa. En la emulsión cárnica el sistema bifásico consiste de glóbulos de grasa (fase dispersa) suspendidos en una matriz de proteínas en una solución de salina. Las proteínas insolubles, tejido conectivo y otras partículas insolubles también se encuentran suspendidos en la fase continua (Ugalde-Benítez, 2012).

Las proteínas de la carne tienen un rol clave en la formación de la emulsión cárnica, estas se dividen en varios tipos: miofibrilares (60%), sarcoplasmáticas (25%) y estroma (15%) (Ansorena & Astiasarán, 2009). Algunos ejemplos de proteínas miofibrilares son actina, miosina, troponina y tropomiosina; las proteínas sarcoplasmáticas incluyen las enzimas, mioalbúmina y la mioglobina (Hettiarachchi, 2012), mientras que las proteínas del estroma contienen el colágeno, elastina y reticulina (Ansorena & Astiasarán, 2009).

Las proteínas miofibrilares poseen la mejor capacidad emulsionante dada su alta solubilidad e interacción con otros compuestos que aumenta la afinidad con la fase lipídica, capacidad de retención de agua, estabilidad, viscosidad, densidad y otras. Además, las miofibrillas actúan en la formación de geles mediante tratamiento térmico, los cuales mejoran la textura y aumentan la estabilidad del sistema acuoso/lípido. Por otra parte, las proteínas sarcoplasmáticas tienen una capacidad de emulsión baja y las proteínas del estroma o tejido conectivo, prácticamente nula (Ansorena & Astiasarán, 2009; Ugalde-Benítez, 2012).

Para lograr la emulsión, es necesario activar todas las proteínas presentes en el músculo para que el sarcolema libere las proteínas miofibrilares claves en el proceso: la miosina y la actina. Las proteínas miofibrilares forman un líquido viscoso durante la activación, responsable de la emulsión de las grasas y la retención del agua. Las carnes de pollo y cerdo poseen mayor facilidad para realizar este proceso, comparado con la carne de res y cordero, debido a factores intrínsecos como la composición de aminoácidos, estructura de las proteínas y masa molecular. El tipo de carne que se utilice es uno de los principales factores que afectan la estabilidad de la emulsión. La emulsión termina de estabilizarse en el tratamiento térmico, donde se desnaturalizan las proteínas (Ugalde-Benítez, 2012).

La retención de agua es una característica fundamental que debe buscarse en la carne destinada a la elaboración de productos cárnicos emulsionados. Esta depende en gran parte del



arreglo espacial de las fibras de actina y miosina, el cual está ligado al pH del medio, a mayor o menor pH a partir del punto isoeléctrico resulta un incremento en la capacidad de absorción de agua (Ugalde-Benítez, 2012).

### **3.2.2 Ingredientes**

Uno de los principales ingredientes en la elaboración de embutidos emulsionados es el agua, la cual se añade en forma líquida y sólida. El agua en estado líquido permite incrementar la fase dispersante de la emulsión, favorece la disolución de los aditivos, beneficia la textura final del producto y permite reducir los costos de formulación. Con respecto al hielo, este se añade hielo durante el picado de las carnes y el posterior mezclado de los ingredientes, para mantener la temperatura de procesamiento baja, la cual tiende a aumentar por fricción en el equipo. Es importante controlar la temperatura, ya que de lo contrario, se fomentarían reacciones enzimáticas, de oxidación y microbiológicas (Hui, 2012).

Con el fin de favorecer la extracción de la miosina y la actina, se requiere adicionar ingredientes no cárnicos como la sal y los fosfatos, los cuales tienen un efecto sinérgico (Xiong, 2012). La adición de cloruro de sodio en disolución modifica la carga eléctrica del músculo, donde el catión sodio interactúa con las cargas negativas de la proteína ( $\text{COO}^-$ ), mientras que el anión cloruro genera un enlace fuerte con las cargas positivas de la proteína ( $\text{NH}^+$ ), dando como resultado un cambio en el punto isoeléctrico del músculo (Ugalde-Benítez, 2012). De esta manera, se aumentan la repulsión energética dentro del músculo lo cual permite que haya mayor interacción con las moléculas de agua y por tanto, se logra aumentar la solubilidad de la miosina, actina, el complejo actomiosina y demás proteínas miofibrilares (Xiong, 2012). Otras funciones de la sal incluyen incrementar la retención de agua, mejorar el sabor y reducir la actividad microbiológica por efecto de la presión osmótica (Hui, 2012; Xiong, 2012).

Por su parte, los fosfatos interactúan con las proteínas miofibrilares mediante un efecto iónico y cambio de pH donde se sequestran iones  $\text{Ca}^{2+}$  evitando la agregación del complejo actomiosina, lo que favorece la expansión de las miofibrillas y por tanto, contribuye a aumentar la retención de agua. Los fosfatos más utilizados corresponden a pirofosfato ( $\text{P}_2\text{O}_7$ ), tripolifosfato ( $\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) y hexametáfosfato ( $\text{P}_6\text{O}_{18}$ ), siendo tripolifosfato el más soluble. Utilizar fosfatos en la formulación de productos cárnicos emulsionados permite disminuir la cantidad de sal necesaria

para la extracción de las proteínas, ya que para su óptimo funcionamiento la concentración de cloruro de sodio debe ser menor al 2% (Xiong, 2012).

Lo anterior es positivo para reducir la cantidad de sodio en los productos cárnicos, y así disminuir los efectos nocivos a la salud que puede traer el consumo en exceso de sodio. La mejora en la extracción proteica generada por la adición de fosfatos conlleva a un mejor funcionamiento de las proteínas en cuanto a gelificación y emulsión, lo cual impacta la textura del producto final, en aspectos como suavidad y facilidad de troceado (Xiong, 2012).

Los fosfatos no sólo favorecen la extracción de las proteínas, mejoran la capacidad de retención de agua, estabilizan la emulsión y regulan el pH, sino que también tienen un efecto quelante e inhibidor microbiano (Hui, 2012; Xiong, 2012), aumentan la estabilidad y colaboran con las reacciones de formación del color característico de la carne (Xiong, 2012).

El principal compuesto en la formación del color rosado característico de las carnes curadas es el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Originalmente se utilizaba nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) para la fijación de color; sin embargo, este se reduce a nitrito mediante microorganismos o agentes reductores presentes en el medio, previo a las reacciones de curado. El mecanismo de reacción corresponde a la reducción del nitrato a óxido nítrico (NO), el cual forma un enlace con hierro hemo ( $\text{Fe}^{2+}$ ) encontrado en la carne, dando como producto nitrosilhemocromo, que tiene una coloración rosada rojiza (Xiong, 2012).

Por lo anterior, es que principalmente se añaden nitritos en la elaboración de productos cárnicos emulsionados, además de que estos se pueden controlar de mejor manera y reaccionan más rápidamente que los nitratos (Hui, 2012). Los niveles de nitratos y nitritos, adicionados y residuales, son aditivos estrictamente regulados (Hui, 2012) ya que un exceso se asocia con la producción de nitrosaminas, las cuales se forman cuando el nitrito reacciona con aminas secundarias. Las aminas son productos de degradación proteica que se pueden encontrar en la carne y en el tracto gastrointestinal (Xiong, 2012).

La formación de nitrosaminas se favorece a altas temperaturas, por lo cual se permite una menor cantidad de nitrito en las carnes curadas que en otros alimentos. Se ha demostrado a nivel de laboratorio que las nitrosaminas son compuestos cancerígenos en animales; sin embargo el nivel varía en cada especie. Un consumidor habitual de productos cárnicos no debería preocuparse por el nivel de nitritos que consume en estos ya que es muy bajo. Los nitritos y nitratos se

encuentran por naturaleza en vegetales como apio, lechuga, rábano, zucchini, espinacas, repollo y papas, los cuales son mayores contribuyentes de estos compuestos en la dieta, no obstante, ha sido demostrado que son seguros para el consumo humano (Xiong, 2012).

Además de inducir y fijar el color, los nitritos contribuyen al desarrollo del sabor característico de embutidos curados, inhiben el crecimiento de microorganismos de deterioro (efecto bacteriostático), ralentizan las reacciones de rancidez oxidativa y como función más importante desde el punto de vista de la inocuidad, previenen el crecimiento del patógeno *Clostridium botulinum*, bacteria que produce la toxina causante del botulismo. No se conoce otro compuesto que tenga todas estas funciones simultáneamente (Hui, 2012; Xiong, 2012).

Para favorecer el cambio de  $\text{NO}_2^-$  a NO y de ión férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) a ión ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) se adicionan agentes reductores como eritorbato de sodio, el cual posee una capacidad reductora fuerte. Además, funciona como antioxidante lo que permite estabilizar tanto el color como el sabor y disminuye la formación de nitrosaminas (Hui, 2012; Xiong, 2012).

En la elaboración de productos cárnicos emulsionados es esencial mantener un balance entre la calidad y la cantidad de la proteína con la funcionalidad de procesamiento y el valor nutricional (Tahmasebi *et al.*, 2016). La industria cárnica está en constante búsqueda de proteínas tanto animales como vegetales, que puedan funcionar principalmente como emulsionantes, aunque también pueden reducir la merma de cocción, mejorar las características físicas como la textura, el aporte nutricional y el sabor, mientras se reducen costos (Hui, 2012; Tahmasebi *et al.*, 2016).

Las proteínas animales varían en su capacidad emulsionante según su masa molecular. Una baja masa molecular debería ser un emulsionante más eficiente, sin embargo estas proteínas pueden formar pequeños péptidos que lleven a una rápida separación por coalescencia (Walstra, 1996). Otra variable importante es la carga superficial, que entre mayor sea más concentración será necesaria para obtener una emulsión estable (Ugalde-Benítez, 2012).

El aporte principal de la proteína animal corresponde a los cortes de carne fresca permitidos por la regulación, y a nivel nacional se utiliza carne de res, cerdo y pollo. Existen distintos extractos proteicos de origen animal, principalmente de cerdo y res, que se comercializan en forma de concentrados, con una variedad de proteína y grasa, diseñados para productos cárnicos específicos (emulsionados, carne molida, inyectados y otros). Esto representa una

alternativa para reducir costos de materias primas manteniendo el perfil proteico y cumpliendo con los aportes requeridos en la legislación.

Existe una variedad de proteínas no cárnicas que se utilizan como emulsionantes, rellenos, extensores o agentes para retención de agua, como por ejemplo la soya, proteínas lácteas (leche en polvo, caseinato de sodio, suero concentrado) y otras fuentes vegetales. Los productos que utilizan estas proteínas logran una mejor textura y facilidad de troceado, y generalmente, tienen una reducción en el costo de la formulación (Xiong, 2012).

Según Mora (2015), a nivel nacional, la soya es ampliamente utilizada en sus formas de concentrado (70 a 90% proteína) o aislado (>90% proteína). La soya posee un sabor leve que en concentraciones bajas potencia el sabor cárnico; tiene una alta capacidad de absorción de agua y funciona como emulsionante, lo que genera una textura agradable en el producto final (Xiong, 2012). Por último, es una materia prima estable microbiológicamente.

La soya se ha mantenido como uno de los principales alérgenos a nivel mundial, no obstante, el dato exacto de su prevalencia es incierto. Se asocia con infantes principalmente, sin embargo hay adultos que también presentan sensibilidad a la soya, sin manifestar síntomas clínicos tan severos (Fæste, 2011). En Suecia, un estudio estimó una prevalencia de un 2% en la población general, la cual incrementa en personas alérgicas al huevo, leche, pescado, trigo, maní y arroz a un 10-50% en países desarrollados como Japón, Polonia, Alemania y Estados Unidos. En un estudio realizado en Japón, se examinaron personas con alergias relacionadas a alimentos, con síntomas de dermatitis atópica, mediante discos individuales con distintos alérgenos, con el siguiente resultado positivo en la prueba: 26,7% clara de huevo, 14,0% soya, 12,7% trigo, 11,6% leche y 8,1% arroz (Ogawa, 2006).

Los posibles síntomas de la alergia a la soya van desde dermatitis atópica, reacciones gastrointestinales y respiratorias leves, hasta consecuencias más graves como anafilaxis severa. Los principales alérgenos de la soya han sido estudiados en detalle, se conoce su secuencia, peso electroforético, familia de proteínas y toda esta información se encuentra en bases de datos. La soya puede provocar síntomas al ser consumida en concentraciones tan bajas como 2 mg (Fæste, 2011). La sensibilidad a los alérgenos de la soya ocurre principalmente en el tracto gastrointestinal, tras la ingesta de alimentos y en algunos casos extraños, mediante la inhalación o el contacto con la piel (Ogawa, 2006).

Otro ingrediente importante en la elaboración de embutidos cárnicos es la grasa, la cual se utiliza para aportar sabor, textura suave y jugosidad. Además, influye en el aroma del producto, a causa de reacciones de lipólisis y oxidación, las cuales se explicarán más adelante. La grasa es fundamental desde el punto de vista sensorial, sin embargo también cobra importancia en el aspecto nutricional, ya que se debe mantener bajo control la cantidad de grasa consumida en los productos cárnicos, especialmente dándole énfasis a los ácidos grasos saturados y el colesterol (Ansorena & Astiasarán, 2009).

No se debe añadir un exceso de grasa a la formulación ya que además de que podría ser perjudicial para la salud del consumidor, puede causar defectos de calidad en el producto final como migración de la grasa a la superficie del embutido o separación de la emulsión, al no haber suficiente proteína que pueda estabilizar la grasa (Hui, 2012).

Existe una variedad de polisacáridos vegetales que se utilizan en la elaboración de embutidos, con el fin de aumentar la retención de agua y mejorar la textura. Por su estructura química, los polisacáridos presentan mucha afinidad por el agua, actuando como hidrocoloides, es decir, absorben agua de forma eficiente y se hinchan, gelifican o espesan en soluciones acuosas. Muchos polisacáridos en contacto con carne picada tienen la habilidad de emulsionar la grasa, y encapsular sus glóbulos, por tanto, estabilizan la emulsión. Algunos ejemplos utilizados en la industria cárnica son gomas, almidones y derivados de celulosa. De estos, los únicos digeribles son los almidones, los cuales son sometidos a un proceso de modificación de su estructura con el fin de evitar problemas como un hinchamiento excesivo de los gránulos de almidón, gelificación indeseada y otros. Entre la harina de papa, almidón de yuca, almidón modificado de papa, almidón de trigo y el almidón de maíz, se encontró que el mejor índice de calidad le correspondió al almidón modificado de papa, el cual fue estimado por las mejores características sensoriales (firmeza, jugosidad), el menor porcentaje de exhudados y la estabilidad a largo plazo (Xiong, 2012).

Por último, para mejorar los atributos sensoriales, se adicionan condimentos y en algunos casos colorantes naturales o artificiales, según la lista de aditivos permitidos en Costa Rica (RTCR 411-2008). Usualmente, se adicionan especias y hierbas, de las cuales se ha encontrado actividad antioxidante e incluso antimicrobiana en algunos casos (Xiong, 2012).

Se ha encontrado que la calidad de las propiedades de capacidad de retención de agua, la grasa intramolecular y el tejido conectivo de la carne tienen gran influencia sobre el color y la textura final de los productos cárnicos (Ansorena & Astiasarán, 2009). Por lo que resulta importante utilizar materias primas de alta calidad para elaborar productos cárnicos, dado que ambas características son vitales para la decisión de compra del consumidor.

### **3.2.3 Estabilidad de la emulsión cárnica**

La estabilidad de una emulsión corresponde a la resistencia a cambios en sus propiedades a través del tiempo; conforme más estable sea, más lento ocurren los cambios. En una salchicha cruda la formación de películas de miosina alrededor de los glóbulos de grasa es la responsable de la estabilidad de la emulsión, mientras que en una salchicha cocida, las interacciones entre proteínas cobran importancia para estabilizar la grasa y el agua del sistema (Belitz *et al.*, 2009).

Factores físicos y químicos pueden generar inestabilidad en una emulsión. Algunos factores que favorecen la estabilidad de una emulsión son una baja tensión interfacial, alta viscosidad, alta repulsión estérica, una fase dispersa en menor proporción, glóbulos muy pequeños y una diferencia pequeña entre la densidad de las fases (Ugalde-Benítez, 2012).

En el caso de las emulsiones cárnicas, la estabilidad puede perderse cuando la mezcla es picada por mucho tiempo causando que las fibras de las proteínas sean muy cortas, cuando la temperatura durante el procesamiento aumenta, lo que provoca que la grasa se separe, cuando se aumenta la acidez de la emulsión o cuando la aplicación de calor se hace de manera muy rápida, sin dar oportunidad a las proteínas de sellar los glóbulos de grasa en suspensión (Hui, 2012). Otro factor sustancial que define la estabilidad de la emulsión cárnica es la formulación propia del producto, donde es importante la fuente y la proporción de proteína, agua y grasa, así como los aditivos que se añadan con este fin, como fue mencionado previamente.

La estabilidad de la emulsión cárnica afecta las características de calidad del producto, las cuales son decisivas para que el consumidor lo adquiera, tales como la pérdida de agua, la textura, el color y aroma (Tahmasebi *et al.*, 2016), impactando directamente su vida útil. En un estudio realizado por Dávila *et al.* (2011), se determinó una vida útil de 43 días para salchichas almacenadas a 2 °C, mientras que al aumentar la temperatura a 6,5 °C, se redujo la vida útil a 21 días.

Con el propósito de extender la vida útil de las salchichas es importante almacenarlas en refrigeración para retardar las reacciones de oxidación lipídica, que son favorecidas por las altas temperaturas, así como las reacciones enzimáticas y el crecimiento de microorganismos de deterioro. Esto también reduce la pérdida de agua del producto (Hui, 2012). Además se recomienda proteger los productos de la luz, oxígeno y contaminación con metales como hierro o cobre, ya que todos estos son catalizadores de las reacciones de oxidación (Badui, 1989).

El estudio de la emulsión resulta importante dado que un sistema inestable causa la separación de las grasas y agua, causando los principales problemas de elaboración y conservación de los productos cárnicos emulsionados, por lo que se debe asegurar la estabilidad fisicoquímica de la emulsión ya que impacta la calidad del producto final (Granados *et al.*, 2013).

### **3.3 Parámetros fisicoquímicos de las salchichas**

#### **3.3.1 pH**

El potencial de hidrógeno (pH) se define como la concentración del ión hidronio ( $H^+$ ) expresada como logaritmo negativo (Skoog *et al.*, 2005). Es una medida de la actividad del  $H^+$  en soluciones electrolíticas, la cual se relaciona con la acidez o basicidad de estas. Se utiliza una escala de 1 a 14, donde 1 representa la mayor acidez y 14 la mayor alcalinidad. Se determina utilizando un pHmetro, el cual está constituido por un electrodo que cuantifica la diferencia de potencial de la solución con respecto al interior del electrodo y lo relaciona con un electrodo de referencia (Walton & Reyes, 1983).

Los factores que pueden afectar el pH de un embutido son los valores propios de las materias primas, siendo la carne la que ejerce la mayor influencia. El pH de la carne tiene efecto sobre el color, la estabilidad microbiológica y la calidad final del producto (Hui, 2012). Durante el procesamiento, el pH se relaciona con la capacidad de retención de agua, aunque el uso de aditivos como la sal y los fosfatos, también lo afectan significativamente (Ansorena & Astiasarán, 2009).

Posterior al procesamiento, la degradación lipídica resultante en la generación de ácidos grasos libres pueden aumentar la acidez (disminuyen el pH), al igual que la descomposición por acción microbiológica, en la que se producen ácidos orgánicos (Piergiovanni & Limbo, 2009).

La medición del pH es una herramienta importante para el control de la calidad del producto en un estudio de almacenamiento, ya que hay cambios enzimáticos y microbiológicos que dependen de la concentración del ión  $H^+$  (Kirk *et al.*, 2009), además revela información importante sobre la inocuidad del alimento y presenta la ventaja de la facilidad con que se realiza la medición.

### **3.3.2 Análisis proximal**

#### **3.3.2.1 Humedad**

La carne cruda está compuesta de 70-77% de humedad, conforme aumente la cantidad de grasa en la carne, se reduce el contenido de humedad. En las carnes procesadas, como los embutidos, este valor es todavía menor por el contenido de los demás aditivos que se agregan. En estos productos es importante controlar la humedad para la conservación de la vida útil del alimento, ya que una baja humedad disminuye el agua disponible ( $a_w$ ), y este efecto es importante ya que el  $a_w$  favorece las reacciones microbiológicas, enzimáticas y químicas que causan el deterioro del producto (Hui, 2012).

La determinación de la humedad se realiza por diferencia de masa antes y después de remover el agua por convección, con aire forzado o vacío, hasta que la muestra tenga una masa constante. Las condiciones de la medición dependen del método escogido. Se debe mantener la muestra en un desecador hasta que se enfríe para evitar que recupere agua del aire ambiental (Hui, 2012).

#### **3.3.2.2 Grasa**

La grasa es un componente importante de la carne, y toma todavía más importancia en los productos cárnicos emulsionados, ya que es una parte fundamental de la conformación de la matriz. Se debe mantener una proporción entre la grasa y la proteína, para que se pueda formar una emulsión estable; un exceso de grasa provoca defectos de calidad, principalmente la separación visible de la grasa y la aceleración de las reacciones de rancidez. Adicionalmente, desde el punto de vista nutricional, no sería un producto saludable para el consumidor debido al perfil lipídico de la grasa animal, la cual se relaciona con altos contenidos de ácidos grasos saturados y colesterol (Hui, 2012).



La medición de la grasa es importante para conocer si se respetan los límites establecidos por la legislación y para controlar la calidad del producto, ya que los lípidos son la principal fuente de deterioro de los embutidos y por ende, reducción de su vida útil. Se recomienda realizar mediciones de la calidad lipídica de las materias primas, dado el efecto que generan en el producto final (Hui, 2012).

Los tipos de lípidos que se encuentran en la carne son principalmente triacilgliceroles, pero también se incluyen di- y tri- acilgliceroles, fosfolípidos, ésteres de colesterol y ácidos grasos libres. Comúnmente, cuando se habla de grasas se engloban muchos tipos de lípidos, ya que no se ha estandarizado su definición, aunque se han propuesto varios sistemas de clasificación. Cuando se realizan extracciones de la grasa, se incluyen otros compuestos solubles en los disolventes orgánicos normalmente utilizados, como esteroides, terpenos y ceras, aunque estos no sean estrictamente clasificados como lípidos. Sin embargo, estos compuestos también contribuyen al contenido determinado de grasa (Hui, 2012).

Los métodos de cuantificación de grasa se basan en la extracción con solventes. La grasa cruda es la medida tradicional de la grasa en productos cárnicos, la cual se conoce como extracto etéreo o contenido de lípidos libres. Usualmente se utiliza éter de petróleo o éter dietílico para realizar la extracción. Cuando se realiza la extracción con cloroformo y metanol, se obtiene la grasa cruda y otros compuestos polares, como los fosfolípidos. Algunos factores que definen la extracción de la grasa son la polaridad de los solventes, hidrólisis ácida para acelerar el proceso, lavado con agua para remover carbohidratos, el tiempo de extracción, el tamaño de partícula y el contenido de humedad (Hui, 2012).

La presencia de carbohidratos en los productos cárnicos puede llevar a errores de cuantificación de la grasa, dando resultados mayores por la extracción del azúcar. Se recomienda lavar la muestra previo a la extracción, para eliminar los azúcares solubles (Hui, 2012).

Existe una variedad de métodos de extracción de grasa como Soxhlet, Folch y otros. El sistema Soxhlet se lleva a cabo usando un disolvente orgánico, el cual refluye a través de la muestra contenida en un dedal poroso, en la cual hay contacto continuo entre la muestra y una porción fresca del disolvente. Es un método simple, con un sistema de bajo costo y permite procesar grandes cantidades de muestra. El método de Soxhlet ajustado realiza una hidrólisis

ácida que hace más disponible la grasa para la extracción, seguido de un filtrado con agua y un secado final, lo cual resulta en la obtención de la grasa total.

La principal desventaja del método de Soxhlet es que consume mucho tiempo ya que se debe realizar por ciclos de vaporización-condensación-extracción-evacuación y además, consume gran cantidad de solvente. Utilizar un sistema presurizado acelera la extracción (Hui, 2012).

El método de Folch añade a la muestra del producto cárnico una mezcla de cloroformo:metanol a una proporción de 2:1, lo que resulta en una fase sólida (proteínas) y una líquida (lípidos y componentes solubles en agua). Se filtra el líquido y se mezcla con agua para separar el metanol. El líquido restante se evapora para recuperar el cloroformo y de esta manera obtener la masa de grasa extraída (Hui, 2012).

Cuando se desea extraer grasa para realizar un análisis posterior, se recomienda utilizar una mezcla de cloroformo y metanol, dado su alta eficiencia de extracción y la minimización de cambios en la grasa durante esta (Hui, 2012).

### **3.3.2.3 Proteína**

La determinación del contenido de proteína en los embutidos es importante para comprobar que se cumpla con los requisitos de la legislación RTCR-411:2008. La carne es la principal fuente de proteína de los embutidos, aunque también se añaden otras fuentes de proteína vegetal y animal, para cumplir funciones específicas y reducir costos (Xiong, 2012). Estas proteínas se añaden en forma de concentrados o aislados, y se utilizan leguminosas, derivados lácteos y recortes cárnicos, principalmente.

En todas las proteínas, el nitrógeno es una parte fundamental de su estructura, ya que forma parte de los aminoácidos que se enlazan para formar péptidos, y estos a su vez conforman la proteína. El método de determinación de proteínas más común es la cuantificación del nitrógeno presente en la muestra, cuyo resultado se multiplica por un factor que depende de la matriz que se esté analizando. En el caso de la carne, se utiliza un factor de 6,25 el cual da una estimación bastante exacta dado que en la carne se mantiene una proporción relativamente constante de miosina y actina, las cuales contienen aproximadamente un 16% de nitrógeno. Se ha encontrado que este factor funciona correctamente para determinar el contenido de proteína de

productos cárnicos, aunque tengan otras fuentes de proteína, ya que el mayor aporte proteico sigue siendo la carne fresca (Hui, 2012).

Para realizar la cuantificación de la proteína varios métodos como Dumas y Kjeldahl. En el método de Dumas se emplea una combustión con oxígeno. El método más utilizado para la determinación del nitrógeno es Kjeldahl, el cual consiste de una digestión ácida, seguida de una destilación y una posterior valoración (Hui, 2012).

#### **3.3.2.4 Cenizas**

Las cenizas corresponden a los residuos que quedan después de someter a la muestra a una combustión a temperaturas entre 500-600 °C. Estos residuos corresponden a los minerales del alimento, comúnmente se encuentra hierro, fósforo y potasio. La carne cruda tiene un contenido relativamente bajo de minerales, en comparación con otros alimentos, sin embargo, cuando se elaboran embutidos se incrementa la cantidad de estas sustancias al adicionar aditivos como sal y fosfatos (Hui, 2012).

#### **3.3.2.5 Carbohidratos**

La carne cruda contiene muy pocos carbohidratos, incluyendo glucosa y fosfatos, glicógeno residual y algunos ácidos orgánicos que son metabolitos intermediarios o productos finales como el ácido láctico, que aunque no sean estrictamente carbohidratos, su composición química contiene altas proporciones de oxígeno (Hui, 2012).

En el análisis proximal los carbohidratos se calculan por diferencia, restándole al 100% de muestra los porcentajes de los demás componentes determinados (humedad, proteína, grasa y cenizas). Como la suma de estos cuatro componentes resulta en una sumatoria cercana a 100% de la masa original, cualquier error en sus determinaciones afecta la estimación de los carbohidratos. En el caso de los embutidos, se adicionan otras fuentes grandes de carbohidratos como harinas, almidones e hidrocoloides, lo que disminuye el error en la estimación de los carbohidratos totales (Hui, 2012).

### **3.3.2.6 Fibra dietética**

La fibra pertenece a los carbohidratos totales, cuando se sustrae el contenido de fibra dietética se obtienen los carbohidratos disponibles. La fibra dietética corresponde a los residuos de la parte comestibles de las plantas y sus carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción, con fermentación parcial o total, ocurridas en el intestino delgado (Jiménez-Colmenero & Delgado-Pando, 2013).

La fibra dietética incluye polímeros vegetales, oligosacáridos y polisacáridos, como celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, gomas, almidones resistentes e inulina, los cuales se pueden asociar con lignina y otros compuestos no clasificados como carbohidratos como polifenoles, ceras, saponinas, fitatos, cutina y proteína resistente (Jiménez-Colmenero & Delgado-Pando, 2013).

El mayor aporte de la fibra en la elaboración de embutidos emulsionados, es su habilidad para retener agua y grasa, la cual contribuye positivamente al rendimiento de cocción, la sinéresis, la congelación y como consecuencia, mejora la calidad final del producto, en aspectos como la apariencia, textura, color, la jugosidad y el aporte nutricional. Por estas razones, y por sus propiedades gelificantes, se utiliza mucho la adición de fuentes de fibra, especialmente las gomas, en los cárnicos, cuyas características dependen del tipo de fibra, la concentración, el pH del medio, la temperatura y la presencia de ciertos iones (Jiménez-Colmenero & Delgado-Pando, 2013).

Para determinar el contenido de la fibra dietética se aplica el método gravimétrico de degradación enzimática (Pintado *et al.*, 2016). El cual consiste en una hidrólisis enzimática del almidón y una hidrólisis parcial de la proteína, que se realiza en 3 etapas usando  $\alpha$ -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa (Wehrmann & Krogul, 1994).

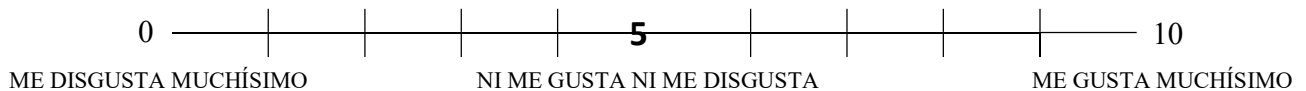
## **3.4 Parámetros de calidad de las salchichas**

### **3.4.1 Análisis sensorial**

Es común que los consumidores rechacen alimentos funcionales porque su sabor o textura son considerados menos aceptables que el producto tradicional; por lo tanto, el objetivo principal al sustituir ingredientes en una salchicha es evitar cambios indeseados en las características de calidad que puedan generar rechazo, particularmente la textura (Tahmasebi *et al.*, 2016).

Para cuantificar la aceptabilidad de los consumidores hacia un producto se utiliza el análisis sensorial, específicamente la prueba de agrado, la cual es una prueba hedónica o del tipo afectiva. Esta consiste en presentar a consumidores habituales (panelistas) del producto de interés, alternativas del alimento para conocer si existe una preferencia mayoritaria (Lawless & Haymann, 2010).

Se aplica el método validado de utilizar como herramienta de evaluación una escala hedónica impar de agrado, la cual es una combinación de una escala numérica con adverbios descriptivos (anclas), con una categoría central neutra (Lawless & Haymann, 2010). En la **Figura 1**, a continuación, se muestra la escala utilizada en este estudio.



**Figura 1.** Escala hedónica de agrado para análisis sensorial

Este método permite relacionar las opiniones de los consumidores con un análisis estadístico que le provee robustez a la prueba. Se utilizan entre 75-150 panelistas, ya que se requiere un alto número de muestra para compensar la gran variabilidad entre individuos y así obtener confiabilidad estadística y sensibilidad en el análisis. Además, permite conocer si existen segmentos de personas dentro de la muestra y es una oportunidad para hacer un diagnóstico sobre las razones de agrado o desagrado por parte de los consumidores (Lawless & Haymann, 2010).

### 3.4.2 Sinéresis

La habilidad para retener agua y otros jugos en las salchichas, tanto antes como después de la cocción, es un atributo importante para determinar la estabilidad de la emulsión y por ende, corresponde a un parámetro que afecta la vida útil del producto (Tahmasebi *et al.*, 2016).

Durante el almacenamiento de productos embutidos, es común que ocurra la exudación de fluidos o sinéresis, lo cual es un defecto que afecta principalmente la apariencia del producto y por lo tanto, influye en la decisión de compra por parte del consumidor. Entre mayor sea la estabilidad de la emulsión, más lentamente se va a manifestar este fenómeno (Christensen, 2012).

La estabilidad depende principalmente de una adecuada extracción de las proteínas miofibrilares, como fue explicado previamente. Cabe mencionar que el uso de aditivos como sal, fosfatos y otros, también tienen una influencia en la capacidad de retención de agua de la emulsión (Ansorena & Astiasarán, 2009).

Otros factores que pueden provocar que se genere sinéresis en el producto final es el tratamiento térmico aplicado para la cocción de las salchichas, en el cual se desnaturalizan las proteínas y se puede provocar separación de la fase dispersante de la emulsión, resultando en un exudado. Además, los cambios en el pH de la salchicha que causen un acercamiento al punto isoeléctrico de las proteínas, provocan una reducción en la capacidad de retención de agua y por ende, favorecen la sinéresis (Ugalde-Benítez, 2012).

### **3.4.3 Propiedades reológicas**

En un producto cárnico embutido, la textura permite obtener la opinión de los consumidores sobre el producto y además, provee información sobre la integridad estructural de la matriz proteica (Jridi *et al.*, 2015), la cual está conformada por el gel proteico, los solutos, las partículas atrapadas en el gel y el contenido de agua, que se enlaza en la red en el proceso mezclado y posterior calentamiento (Tahmasebi *et al.*, 2016).

El tratamiento térmico causa la desnaturalización de las proteínas de la carne, en el caso de la miosina, este proceso la convierte de la forma soluble a estado de gel. Esta textura gelificada es la que el consumidor reconoce como la textura familiar de un embutido emulsionado, la cual tiene características típicas de dureza, elasticidad, masticabilidad y otras. Todas estas cualidades son fundamentales para definir la calidad de la salchicha (Hui, 2012).

Los radicales libres generados en el procesamiento de los productos cárnicos también pueden tener un impacto en la calidad, causando no sólo sabores indeseados sino dañando la textura del producto al reducir la funcionalidad del músculo (Xiong, 2012).

La característica básica de textura de una salchicha emulsionada es la cohesividad, la cual se determina mediante una prueba de compresión en dos ciclos utilizando un texturómetro o un compresómetro (Ugalde-Benítez, 2012).

Existe una variedad de métodos para evaluar la suavidad o terneza de la carne, con diferencias en el enfoque y la utilidad. Los métodos propuestos son la prueba de corte Warner

Bratzler, la prueba de tensión y el análisis del perfil de textura (TPA), que se realizaron todas en un texturómetro. Se deben realizar muchas repeticiones ya que los datos son muy variables, aunque las muestras sean homogéneas (Hui, 2012).

La prueba de corte es útil cuando hay poco tejido conectivo y se desean evaluar variaciones en el componente miofibrilar. Los parámetros que se obtienen de la curva de comportamiento del producto evaluado son la fuerza máxima de deformación y la energía total consumida. El método de tensión es más apropiado para investigaciones estructurales en carne cruda o cocida, obteniendo el parámetro de fuerza de rompimiento. El método TPA replica el proceso de masticación y relajación del primer mordisco entre los dientes.

#### **3.4.4 Oxidación lipídica**

La cantidad y la naturaleza de la grasa intramuscular y la grasa añadida son determinantes en la calidad del producto final, ya que influyen sobre la composición, el perfil lipídico y la susceptibilidad a la degradación de los lípidos, lo cual afecta significativamente el perfil nutricional, la textura y el sabor. El perfil de ácidos grasos y las fracciones de cada tipo de lípido afectan la intensidad de las reacciones mencionadas (Ansorena & Astiasarán, 2009; Estévez *et al.*, 2009).

Se definen dos tipos de reacciones de degradación de los lípidos: rancidez hidrolítica (lipólisis) y la rancidez oxidativa. En la hidrólisis se involucra el enlace éster de los acilglicéridos, mientras que los ácidos grasos insaturados son susceptibles a la oxidación (Badui, 1989).

La lipólisis o rancidez hidrolítica puede ser química por saponificación o enzimática por acción de lipasas. Como resultado de la hidrólisis química se producen ácidos grasos libres que generan sabores y un aspecto jabonoso, ya que los ácidos grasos actúan como surfactantes (Badui, 1989). Un sustrato emulsionado favorece la hidrólisis enzimática y entre menor sea el tamaño de los glóbulos de grasa en una emulsión, mayor será la interfase agua/aceite, y por tanto, la actividad de la lipasa.

La rancidez oxidativa se puede dar de tres maneras: autooxidación, fotooxidación u oxidación enzimática (Li, 2015). La autooxidación se da de manera espontánea en lípidos con un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. La fotooxidación es catalizada por la luz pero mediada por el oxígeno y la oxidación enzimática ocurre a través de la lipooxigenasa, la cual no

actúa sobre ácidos insaturados conjugados o en posición *trans* y puede ser inactivada con aplicación de calor (Badui, 1989).

La oxidación de ácidos grasos insaturados es una reacción radicalaria en cadena, que consiste de tres pasos: iniciación, propagación y terminación. Es catalizada por iones metálicos, oxígeno, luz y temperatura. En la etapa de iniciación se da una interacción entre oxígeno con un enlace doble del ácido insaturado, la cual produce un hidroperóxido y a partir de este se genera un radical libre. Posteriormente, el radical hidroperóxido reacciona con otros ácidos insaturados para formar más radicales libres, propagando la reacción. Basta con una sola molécula que reaccione para deteriorar toda la grasa. La terminación ocurre cuando se forman compuestos estables mediante reacciones de condensación, que acaban con todos los radicales libres (Badui, 1989).

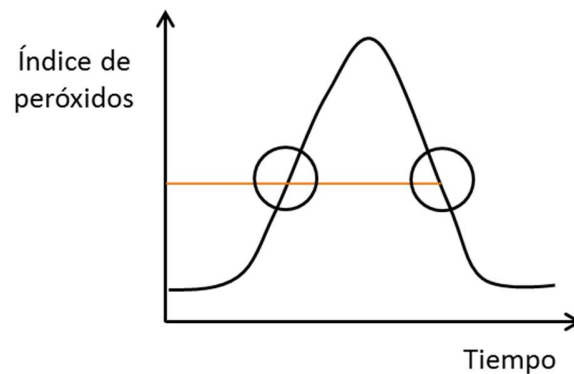
Los hidroperóxidos formados en la etapa de iniciación son la fuente de radicales libres para continuar la reacción en cadena pero además, pueden reaccionar con otros compuestos generando una variedad de productos, dependiendo de los catalizadores presentes (Badui, 1989). Al finalizar, se han producido compuestos como aldehídos, cetonas, peróxidos, epóxidos, ácidos y otros, que son los responsables de los cambios indeseados en aroma, sabor, textura y color de los alimentos (Belitz *et al.*, 2009; Li, 2015). Principalmente, se da la oxidación de los lípidos; sin embargo, se ha descubierto que las proteínas también pueden ser afectadas por reacciones de oxidación (Estévez *et al.*, 2009).

Los productos de la oxidación deben ser determinados para poder controlar la calidad del alimento. Los métodos más utilizados para determinar la calidad de la grasa son el índice de peróxidos, índice de *p*-anisidina, ácido tiobarbitúrico (TBA), malondaldehído (MDA), hexanal o fosfolípidos derivados de la oxidación lipídica (Ansorena & Astiasarán, 2009).

El índice de peróxidos detecta la presencia de hidroperóxidos (ROOH) en el medio para determinar el nivel de degradación de los triacilgliceroles. La limitación que posee es que es un índice muy relativo, ya que sólo cuantifica la primera etapa de la oxidación y no permite conocer el avance de esta, ya que los peróxidos son productos intermedios de la reacción de formación de los compuestos de degradación lipídica. El comportamiento de los peróxidos en la degradación de las grasas se muestra en la **Figura 2**. La forma de determinar en qué parte de la curva se encuentra una medición, es realizar un análisis sensorial, ya que los compuestos finales generan cambios en



aroma, apariencia, textura y sabor por lo que pueden ser detectados (Badui, 1989; Belitz *et al.*, 2009).



**Figura 2.** Cinética de comportamiento de hidroperóxidos a través del tiempo en reacciones de oxidación.

Para obtener un indicador del grado de oxidación de los lípidos, se realizan mediciones complementarias al índice de peróxidos, como la determinación del contenido de malonaldehído y de ácido tiobarbitúrico, los cuales son de los principales productos de la degradación de los hidroperóxidos (Badui, 1989). Distintos autores recomiendan la determinación del número de TBA (ácido tiobarbitúrico) para cárnicos, la cual se basa en la reacción de condensación entre dos moléculas de TBA y una de malonaldehído, que forma un compuesto cromógeno de color rojizo, cuya concentración se determina espectroscópicamente a 532 nm (Badui, 1989; Estévez *et al.*, 2009).

Existe una variación en el método de TBA, conocido como TBA-RS, en la cual se incluyen otros compuestos llamados sustancias reactivas (RS), de las cuales el principal es el malonaldehído. La desventaja del método de TBA es que no es específico para malonaldehído, ya que otras sustancias, relacionadas y no relacionadas con la oxidación lipídica, pueden reaccionar y por ende, se cuantifica un valor sobreestimado de los productos de oxidación. Por esto, se recomienda utilizar esta determinación como una medida del grado de oxidación general (Estévez *et al.*, 2009).

### 3.4.5 Recuento de bacterias lácticas

El músculo de carne se considera estéril por lo que los microorganismos de los productos cárnicos pueden provenir de fuente endógena, es decir por contaminación del animal, o exógena, adquirida por contaminación post-mortem (Mills, 2012).

La velocidad de deterioro microbiológico depende principalmente de la disponibilidad de sustratos y de la carga inicial de microorganismos. La carne es un sustrato muy nutritivo en el cual pueden crecer todos los tipos de microorganismos, la glucosa presente define la velocidad y el tipo de deterioro que ocurre durante el almacenamiento (Guerrero-Legarreta, 2009).

Los microorganismos de un producto cárnico como los embutidos, pueden provenir de la microflora de cualquiera de sus materias primas (agua, grasa y demás aditivos). La carga endógena de la carne está compuesta por levaduras, bacilos, micrococos, estafilococos y corynebacteria, sin embargo los microorganismos asociados al deterioro de la carne y los productos cárnicos corresponden a *Pseudomonas* ssp., *Brochothrix thermosphacta*, enterobacteriaceae y bacterias ácido lácticas (Guerrero-Legarreta, 2009).

Las *Pseudomonas* son estrictamente aerobias, gram negativas, que generan olores de putrefacción. *B. thermosphacta* es una bacteria gram positiva, no esporulada, anaerobia facultativa, que bajo condiciones de anaerobiosis tiene poca actividad produciendo pequeñas cantidades de ácido láctico y compuestos volátiles. Enterobacteriaceae es un grupo amplio de anaerobias facultativas que predomina en condiciones pobres de refrigeración, a temperaturas mayores a 10 °C, provocando aromas indeseados. Las bacterias ácido lácticas son un grupo extenso de bacterias gram positivas, no esporuladas, anaerobias y aero-tolerantes, que pueden ser homofermentativas o heterofermentativas. Principalmente producen ácido láctico y también CO<sub>2</sub>, ácido acético, acetaldehído y etanol, dependiendo del mecanismo de fermentación, por lo que generan sabor ácido y no aromas desagradables (Guerrero-Legarreta, 2009).

En los productos cárnicos empacados al vacío, el deterioro se da por *Leuconostoc mesenteroides* y otras bacterias lácticas, ambas catalasa negativas (Guerrero-Legarreta, 2009; Lahtinen *et al.*, 2012). El deterioro más común en las salchichas provocada por levaduras es la formación de viscosidad en la superficie causada específicamente por *Debaryomyces hansenii* (García, 1995).

Las bacterias ácido lácticas son excelentes competidoras, cuando se adaptan a un medio logran eliminar o inhibir el crecimiento de otras bacterias de deterioro y patógenas, principalmente por la producción de metabolitos antimicrobianos (ej. ácido láctico) (Lahtinen *et al.*, 2012).

Comúnmente, la técnica de recuento de bacterias se realiza por el método de esparcimiento o por el método de vaciado. Estadísticamente, ambos métodos producen resultados equivalentes (Naghili *et al.*, 2013). El método más utilizado es el método de esparcimiento, que además tiene la ventaja de permitir realizar pruebas confirmativas de la morfología de las colonias encontradas, ya que las colonias crecen en la superficie del agar. El recuento debe realizarse con medios de cultivo selectivos (Guerrero-Legarreta, 2009).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del proyecto

El proyecto se ejecutó en su totalidad en las instalaciones de la Universidad de Costa Rica, sede Rodrigo Facio; específicamente la elaboración de las salchichas se desarrolló en la Planta Piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), las mediciones químicas y reológicas se realizaron en los laboratorios de Química del CITA y de la Escuela de Tecnología de Alimentos y los análisis microbiológicos se efectuaron en el laboratorio de Microbiología del CITA.

### 4.2 Materia prima

Los insumos necesarios para la realización del proyecto se adquirieron de diversos proveedores nacionales, los cuales se detallan en el **Cuadro II**, a continuación.

**Cuadro II.** Materias primas y correspondientes proveedores utilizados para la elaboración de salchichas.

Materia prima	Proveedor
Semilla de chan	Rolando Baldioceda
Carne de res (BCSH 85:15) <sup>1</sup>	Cooperativa Montecillos
Carne de cerdo (80:20) <sup>2</sup>	Cooperativa Montecillos
Tocino	Cooperativa Montecillos
Carne de pollo deshuesada mecánicamente (CDM)	Industrias Salqui de Cartago Ltda.
Emulsión de pellejo	Industrias Salqui de Cartago Ltda.
Concentrado de soya (70% proteína)	Navisa S.A.
Proteína cárnica BTP-80 (Corte de vacuno)	HS Representaciones S.A.
Condimento (oleorresina sin derivados de soya)	ASEAL
Almidón de papa	Navisa S.A.
Fundas impermeables	STIA Comercializadora
Eritorbato de sodio, sal de cura, tripolifosfato de sodio	Alserro
Colorante carmín	ASEAL

<sup>1</sup>85:15 representa 85% carne, 15% grasa.

<sup>2</sup>80:20 representa 80% carne, 20% grasa.

En el caso de las carnes y grasa añadida, al ser insumos perecederos, se adquirieron antes de realizar cada una de las pruebas. Con respecto a las demás materias primas se compraron antes de iniciar las pruebas definitivas con el objetivo de mantener las mismas condiciones en todas las pruebas, comprobando que su fecha de expiración se mantuviera vigente durante la duración del estudio. La semilla de chan utilizada es cultivada en Liberia, en la provincia de Guanacaste.

### 4.3 Formulaciones y proceso

En el **Cuadro III**, a continuación se detallan las proporciones de cada ingrediente utilizado para las diferentes formulaciones del producto, basado en una formulación base (Mora, 2015) ajustada para cumplir con lo requerido por el Reglamento de Productos Cárnicos Embutidos (RTCR 411-2008).

**Cuadro III.** Formulaciones utilizadas para la elaboración de las salchichas control y las salchichas con distinto contenido de semilla de chan.

<b>Ingrediente</b>	<b>Control (%)</b>	<b>F1 (%)</b>	<b>F2 (%)</b>	<b>F3 (%)</b>
Carne de res	17	17	17	17
Carne de cerdo	14	14	14	14
CDM	20	20	20	20
Tocino	7	7	7	7
Emulsión de pellejo	9	9	9	9
Concentrado de soya	4	0	0	0
Harina de chan	0	1	2	3
Proteína BTP-80	0	3	3	3
Almidón papa	5	5	5	5
Agua/hielo	24	24	23	22
<b>Subtotal</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Sobre el total anterior</b>				
Sal	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal de cura (7% nitrito de sodio)	0,30	0,30	0,30	0,30
Tripolifosfato de sodio	0,30	0,30	0,30	0,30
Condimento	0,50	0,50	0,50	0,50
Eritorbato de sodio	0,08	0,08	0,08	0,08
Carmín	0,00	0,13	0,13	0,13

Fuente: (Mora, 2015).

Las formulaciones se definieron ajustándose a los requerimientos del Reglamento de Productos Cárnicos Embutidos (RTCR 411-2008), principalmente de forma que se cumpla con el aporte mínimo de proteína, ya que eliminar la soya disminuye el contenido proteico. Además, al reducir la proporción de agua en las formulaciones con mayor cantidad de harina de chan se logra mantener constantes los demás ingredientes, lo que facilita la comparación contra el control al tener condiciones similares, y mediante pruebas sensoriales preliminares, se encontró que al utilizar estas formulaciones no se ve afectada la textura final de la salchicha.

Con respecto a la elaboración de las salchichas, a continuación se detallan las operaciones unitarias de cada etapa del proceso:

**Molienda de la semilla de chan:** Se utilizó el molino ultracentrífugo Twister (Restch, Alemania) a una velocidad de 14000 rpm para obtener la harina de la semilla de chan.

**Troceado de las carnes y el tocino:** Se recibieron estas materias primas el día previo a la elaboración de las salchichas y se procede a realizar un troceado manual con cuchillos, eliminando partes del tejido conectivo, cartílago y grasa.

**Molienda de las carnes y el tocino:** Se realizó la molienda utilizando el molino triturador de tornillo sin fin (Krämer Grebe, Alemania), acoplado con un cedazo de 1 cm de diámetro. Una vez molidas las carnes, se pesaban según la formulación y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C hasta el procesamiento.

**Emulsificación:** La formación de la emulsión cárnica se realiza en una picadora o “cutter” (Krämer Grebe, Alemania), la cual reduce el tamaño de partícula de los ingredientes hasta formar una pasta viscosa. Se debe mantener un orden específico de adición de las materias primas para favorecer la extracción de las proteínas miofibrilares y de esta manera lograr una emulsión estable. Se inicia agregando las carnes magras, la mitad del agua con hielo, la sal, la sal de cura y el tripolifosfato de sodio. Cuando se observa que se ha formado una pasta, se agregan las fuentes de grasa, las proteínas adicionales, en este caso dependiendo de la formulación se adiciona el concentrado de soya o la proteína cárnica BTP-80 y la semilla de chan, el eritorbato de sodio y el resto del agua con hielo para controlar la temperatura de la pasta formada (4-7 °C). Posteriormente, se agrega el condimento utilizado y el carmín, y por último se adiciona el almidón. El proceso se detiene cuando se observa que se ha formado una mezcla homogénea. Se debe procurar que la temperatura final de la pasta no supere el rango entre 8 y 12 °C.

**Embutido:** Se utilizó una embutidora semi-automática Hollymatic (Mainca, EUA), la cual permite al operador expulsar la emulsión cárnica dentro de la funda. Se debe evitar dejar burbujas de aire dentro del producto, ya que el aire favorece las reacciones de oxidación del producto y se afecta de forma negativa la apariencia. Debe mantenerse controlada la temperatura a menos de 15 °C.

**Porcionado:** De forma manual se realiza una división según el tamaño de la salchicha deseada, haciendo porciones de tres salchichas hasta terminar con todo el producto embutido.

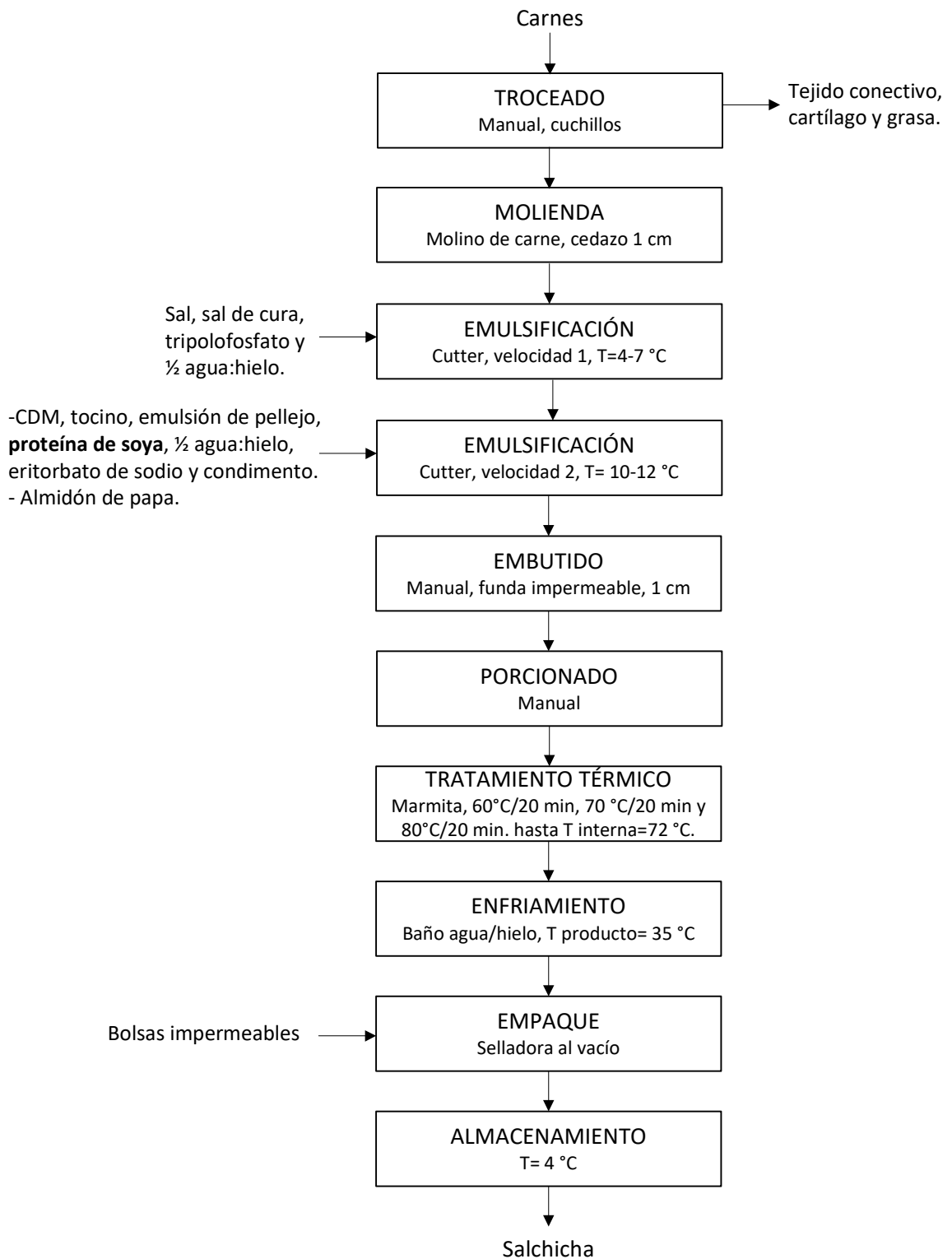
**Tratamiento térmico:** Se introducen las salchichas en una marmita Groen (Unified Brands, EUA), con agua a 60 °C y se mantiene a esa temperatura durante 20 minutos, luego se aumenta la temperatura a 70 °C y se cuentan 20 minutos más. Transcurrido este tiempo, se incrementa la temperatura del agua a 80 °C y se mantienen las salchichas sumergidas hasta que alcancen una temperatura interna de 72 °C, conforme a lo establecido por el RTCR (2008).

**Enfriamiento:** Una vez cocidas las salchichas, se sumergen en un baño agua/hielo hasta que alcancen una temperatura aproximada de 35 °C.

**Empaque:** Se introducen las salchichas en bolsas impermeables de poliamida y polietileno de alta densidad (HDPE) y se sellan al vacío.

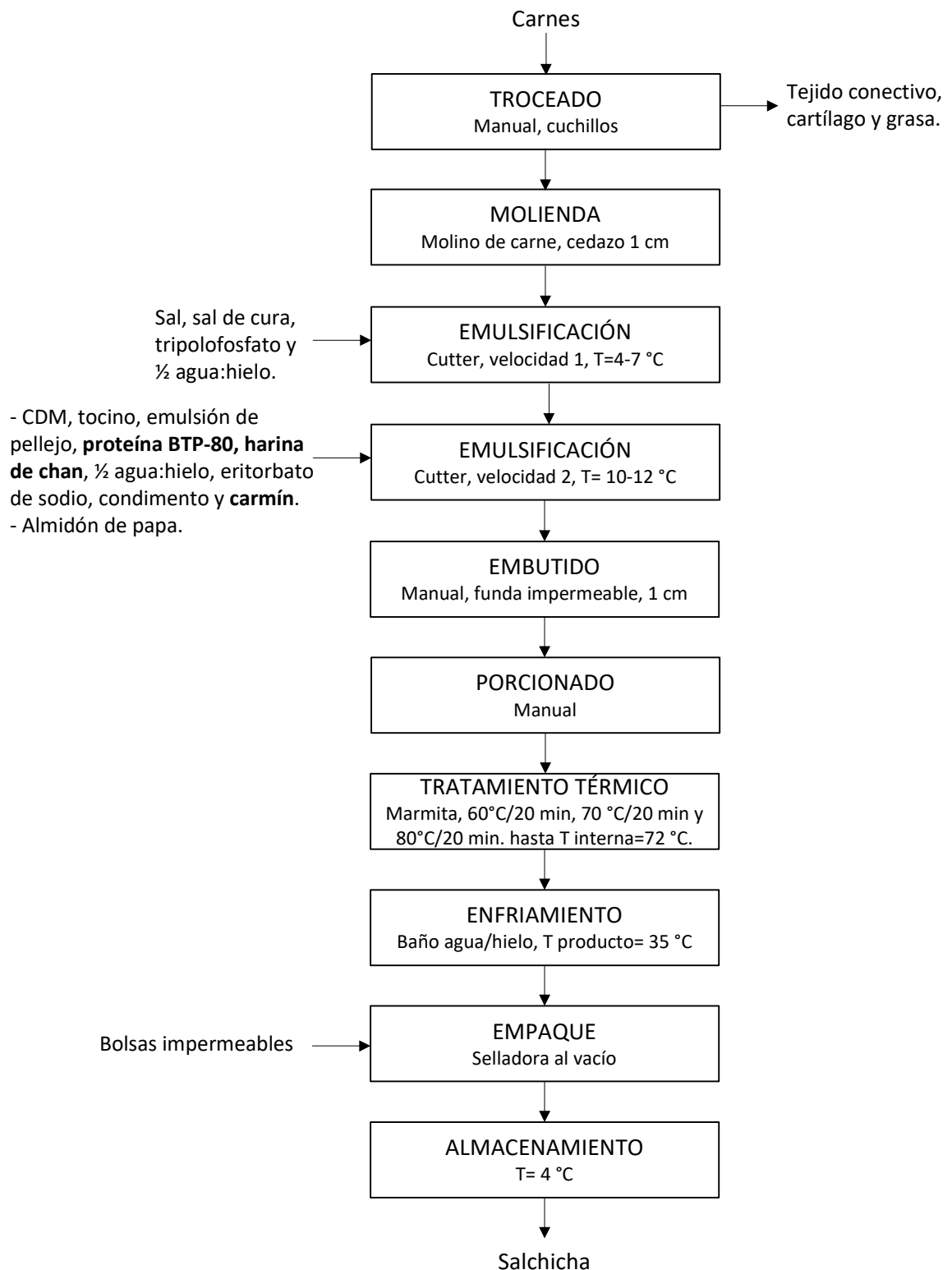
**Almacenamiento:** Se almacenan las salchichas empacadas en refrigeración a 4 °C hasta su uso.

En las **Figura 3 y 4**, se muestra el proceso descrito de forma esquemática para facilitar la comprensión de los pasos que lo componen (Mora, 2015).



**Figura 3.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichas control.





**Figura 4.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichas con chan.

## **4.4 Pruebas preliminares**

### **4.4.1 Escogencia del molino a utilizar según la capacidad de retención de agua de la semilla de chan molida**

Dado que se planteó adicionar la semilla de chan a las salchichas de forma molida, se hicieron pruebas entre los molinos disponibles para decidir con cuál de ellos se lograba obtener el menor tamaño de partícula, con el fin de reducir la sensación en boca al consumir la salchicha. Los molinos utilizados corresponden a un molino de martillos piloto (marca Sterling) y dos molinos de cizalla de laboratorio de distinta capacidad y funcionamiento (Molino ciclón Twister y molino Ultracentrífugo ZM-200, ambas marca Restch, Alemania).

El molino de martillos genera mucha cantidad de residuo adherido al equipo, lo cual dificulta el lavado, dado que se da la formación de mucílago al contacto con agua, por lo tanto se descarta su uso. En cuanto a los molinos de cizalla, con el de menor capacidad (ZM-200) se logra obtener un tamaño de partícula menor que con el molino de martillos; sin embargo, el tiempo de funcionamiento es más prolongado que el obtenido con el otro molino de cizalla.

Por lo tanto, se escogió utilizar el molino ciclón Twister (Restch, Alemania), dado que logra el menor tamaño de partícula ( $<1$  mm), se puede utilizar con poca cantidad de materia prima y favorece la molienda y posterior limpieza, al no generar tanta grasa adherida al equipo.

Se decidió medir la capacidad de retención de agua (CRA) de la semilla de chan molida, debido a que esta es una de las principales propiedades que aporta la soya a la elaboración de embutidos emulsionados. Se realiza el experimento según el procedimiento descrito por Robertson *et al.* (2000), que consiste en hidratar 1 gramo de muestra durante 18 horas y posteriormente centrifugar a 3000 g por 20 minutos. Se remueve el supernatante y se registra el peso del residuo húmedo, el cual se seca en estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante. La CRA corresponde a la cantidad de agua retenida entre la masa seca.

Se evaluaron los tres molinos mencionados anteriormente, para los cuales se obtuvo que el molino de martillos genera un producto con una CRA de 5,67 gramos de agua/gramos de peso seco, el producto del molino ZM-200 tiene una CRA de 5,63 gramos de agua/gramos de peso seco y por último, el molino ciclón Twister logra un producto con 6,65 gramos de agua/gramos de peso seco. Con base en estos resultados se respalda la escogencia del molino ciclón Twister (Restch, Alemania) del CITA, ya que logra retener la mayor cantidad de agua.

#### 4.4.2 Elaboración de salchichas con distintos tipos de proteína animal

Al eliminar la proteína de soya de las salchichas, se debe sustituir en la formulación del embutido con alguna otra fuente proteica para cumplir con el mínimo de 11% de proteína, establecido en el Reglamento de Productos Cárnicos Embutidos (RTCR 411-2008). Dado que el chan contiene un 18% de proteína, se debe utilizar otra fuente ya que se tendría que adicionar en grandes cantidades para cumplir este requisito y por cuestión de apariencia no es favorable.

Se evaluaron distintas proteínas de origen animal disponibles en el mercado de materias primas para productos cárnicos y se elaboraron salchichas sustituidas con 2% de chan con cada una de las proteínas aptas para embutidos emulsionados, cuyas características se detallan en el **Cuadro IV**, a continuación. Los 5 tipos de proteína se evaluaron de manera informal por el comité asesor, con respecto a la apariencia, sensación en boca y sabor. Se escogió la proteína que generó el mejor sabor y textura. En cuanto a la apariencia no se encontraron diferencias importantes. La proteína escogida corresponde a un recorte o “trimming” de vacuno con un 83% de proteína y 12% de grasa (BTP-80).

**Cuadro IV.** Descripción de las distintas fuentes de proteína animal evaluadas, adquiridas en HS Representaciones S.A.

Código	Tipo de extracto proteico	Composición	Presentación	Características fisicoquímicas (Proteína y grasa $\pm 3\%$ )	Aplicaciones
CC-400	Cerdo	Corteza de cerdo y sal	-Polvo fino beige -Sabor y olor de cerdo asado	90% proteína 10% grasa	Productos emulsionados y otros
PG-80	Cerdo	Recorte graso de cerdo	-Gránulos de cerdo deshidratados marrón - Sabor y olor de cerdo asado	85% proteína 13% grasa	Sustituto de carne molida
LC-300	Cerdo	Recorte graso de cerdo	-Polvo fino beige claro - Sabor y olor de cerdo	85% proteína 13% grasa	Productos emulsionados y otros
BCF-90	Vacuno	Colágeno de vacuno	-Fibra blanco marfil	90% proteína 5% grasa	Emulsionados y otros
BTP-80	Vacuno	Trimming de vacuno	-Polvo marrón beige -Sabor y olor típico de vacuno	83% proteína 12% grasa	Emulsionados y otros

Se decidió utilizar extractos de proteína dado que aporta una mayor cantidad de proteína a la formulación comparado con la carne y posee un costo similar, de forma que el costo final de la salchicha con semilla de chan va a resultar un poco mayor que el de la salchicha con proteína de soya, dado que la soya posee un bajo costo.

#### 4.4.3 Evaluación de la adición de colorante natural a las salchichas

Como consecuencia de añadir semilla de chan molida a la formulación de las salchichas, se obtiene una coloración grisácea no característica de este tipo de embutidos, por lo que resultó necesario realizar pruebas utilizando un colorante para favorecer la formación del color esperado.

Se utilizaron dos tipos de carmín, con distinta concentración de ácido carmínico y modos de uso, lo que se detalla en el **Cuadro V**, a continuación.

**Cuadro V.** Características de los tipos de colorante carmín evaluados, adquiridos en ASEAL.

<b>Código</b>	<b>Contenido de ácido carmínico (%)</b>	<b>Dosis recomendada (%)</b>	<b>Modo de uso</b>
CWS-20/K	20 ± 1	0,01	Adición directa o mezclado en seco con otros aditivos en polvo
CHR 3015-350	3,4-3,6	0,05-0,09	Disolución previa en agua desmineralizada

Se utilizó la formulación de salchichas con el mayor porcentaje de adición de semilla molida de chan (3%), para realizar pruebas de dosificación de carmín, con el fin de escoger el más apropiado. Se evaluó una adición de 0,005% y 0,01% del carmín CWS-20/K, mientras que para el carmín CHR 3015-350 se evaluó agregar 0,05% y 0,09%. A partir de estas pruebas se obtuvo que al adicionar el carmín CHR 3015-350, se logra una mejor dispersión del colorante en la pasta cárnica y un color rosado más característico. Sin embargo, fue necesario aumentar la dosis adicionada dado que todavía se observaba un color rosado pálido, por lo que se probó con 0,13% de carmín logrando un color más cercano al producto disponible en el mercado.

## **4.5 Metodología**

### **4.5.1 Efecto del nivel de sustitución de semilla de chan (1%, 2% y 3%) sobre el agrado sensorial de las salchichas evaluadas por consumidores.**

Como primer objetivo, se definió conocer la percepción sensorial de los consumidores con respecto a las distintas formulaciones, para escoger y continuar trabajando con la que brinde un mayor agrado, dado que el proyecto se ideó para desarrollar un producto que pueda llegar a comercializarse en el mercado costarricense.

La prueba consistió en presentar muestras codificadas con 3 dígitos, de las tres formulaciones con semilla de chan (1%, 2% y 3%) a 100 panelistas, forma aleatoria y balanceada, con el fin de evaluar su agrado hacia cada una de ellas utilizando una escala lineal hedónica híbrida de 11 puntos (**Figura 1**), la cual combina numeración con anclas de agrado, facilitando la evaluación para los panelistas (Villanueva *et al.*, 2005). Además, se incluyó una encuesta con consultas sobre la intención de compra y otros parámetros de calidad de cada una de las salchichas. La herramienta utilizada se adjunta en el **Anexo 9.3**.

#### ***Diseño experimental***

Lo anterior corresponde a un diseño irrestricto aleatorio, donde los niveles son los porcentajes de semilla de chan definidos en pruebas preliminares, en las cuales se encontró que un porcentaje mayor al 3% provocaba una sensación de arenosidad no deseada en el paladar. La variable respuesta es el agrado por parte de los panelistas.

#### ***Análisis estadístico***

El análisis estadístico corresponde a un análisis de variancia (ANDEVA) con un nivel de significancia de 5% ( $\alpha=0,05\%$ ). Adicionalmente, se aplicó un análisis de conglomerados para identificar agrupaciones de consumidores con diferente nivel de evaluación, seguido de una prueba de diferencia mínima significativa (LSD-Fisher) para conocer entre cuáles muestras existen diferencias significativas en el agrado sensorial promedio. Se utiliza esta prueba que no es tan estricta, dado que se está trabajando con personas, las cuales son muy inconstantes.

#### **4.5.2 Caracterización fisicoquímica de una salchicha control y la salchicha de mayor agrado sensorial**

A partir de los resultados de la prueba anterior, se seleccionó la salchicha de mayor agrado por parte de los consumidores para continuar con el proyecto, junto con una salchicha control. En esta etapa se realizó una caracterización química correspondiente al análisis proximal, el cual incluye humedad, grasa, proteína, cenizas, carbohidratos y fibra. Dichas determinaciones se realizaron por el laboratorio de Química del CITA.

##### ***Diseño experimental***

Se realizó un diseño irrestricto aleatorio con un arreglo de bloques analizando 2 tratamientos (salchicha control y salchicha con 1% de chan), donde las variables respuesta son cada una de las determinaciones mencionadas. Se elaboraron 3 repeticiones de los tratamientos, lo cual consistió en realizar tres lotes diferentes de salchichas en distintos días, para cada día se tomaron muestras aleatorias de las salchichas para los análisis de esa repetición.

##### ***Análisis estadístico***

Para cada una de las variables respuesta se realizó una prueba de t-student con un 5% de significancia ( $\alpha=0,05\%$ ), tomando cada repetición como un bloque dado que se usaron lotes de materia prima distintos para elaborarlos, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre el control y la salchicha de mayor agrado.

Además, el reporte de los resultados se acompaña de una determinación de la variabilidad de los mismos, dado que se realizaron 2 réplicas de las mediciones. Se reportan los valores obtenidos como el promedio y el intervalo de confianza correspondiente, utilizando un 95% de confianza.

##### **4.5.2.1 Determinación de humedad**

Se utilizó el método P-SA-MQ-002 del laboratorio de Química del CITA basado en el método 950.46B de la AOAC, el cual describe el procedimiento de determinación de humedad de embutidos y carnes con alto contenido de grasa. Se requieren 2 gramos de masa y desecar en estufa de convección natural entre 100 y 102 °C por 16 a 18 horas, hasta obtener masa constante (AOAC, 2005).

#### **4.5.2.2 Determinación de grasa**

El contenido de grasa se obtuvo mediante el método de grasa cruda por extracto etéreo, utilizando extractores Soxhlet. Se utiliza como referencia el método P-SA-MQ-005 del laboratorio de Química del CITA, el cual a su vez utiliza de referencia el método de la AOAC (2005) correspondiente a productos cárnicos (960.39).

#### **4.5.2.3 Determinación de proteína**

La determinación de proteína se realizó por el método de Kjeldahl utilizando el equipo de digestión Tecator (Foss, Dinamarca), según el método P-SA-MQ-003, el cual cuantifica nitrógeno total. Se basa en el método 928.08 de la AOAC (2005).

#### **4.5.2.4 Determinación de cenizas totales**

Se siguió el procedimiento descrito en el método del laboratorio de Química del CITA P-SA-MQ-004, basado en el método 920.153 de la AOAC, correspondiente a productos cárnicos. Se debe pesar entre 3-5 gramos de muestra, calcinar a 550 °C hasta obtener una masa constante de cenizas blancas (AOAC, 2005).

#### **4.5.2.5 Determinación de carbohidratos totales**

Se realizó por diferencia después de obtener las mediciones de humedad, grasa, cenizas y proteína, de acuerdo con el método P-SA-MQ-0 del laboratorio de Química del CITA (AOAC, 2005).

#### **4.5.2.6 Determinación de fibra dietética**

Para la determinación del contenido de fibra dietética total se aplicó el método enzimático descrito en P-SA-MQ-007, el cual requiere la hidrólisis enzimática del almidón y proteína de la muestra en tres etapas, seguidos de una precipitación con etanol. Al secar la masa obtenida se deben determinar además el contenido de proteína y cenizas. Este método utiliza de referencia el método oficial de la AOAC 985.29 (AOAC, 2005).

### **4.5.3 Efecto de la adición de semilla de chan y proteína de origen animal sobre la estabilidad de las salchichas empacadas en bolsas impermeables al vacío durante 6 semanas de almacenamiento en refrigeración a 4°C**

Se elaboraron 3 lotes separados tanto de la salchicha control como de la salchicha con 1% de chan para realizar un análisis de su calidad y estabilidad en el tiempo. Las muestras se almacenaron en bolsas impermeables laminadas de poliamida y polietileno de alta densidad, al

vacío en refrigeración (4 °C), dado que son las condiciones normales para una salchicha común encontrada en el mercado costarricense. Se realizaron muestreos una vez por semana durante 7 semanas y el análisis de estabilidad se condujo mientras se mantuvo la calidad microbiológica del producto.

Para este objetivo se determinaron los cambios en la textura mediante las pruebas de fuerza de corte y TPA en el texturómetro, así como el deterioro microbiológico basado en el recuento de bacterias ácido lácticas. Por último, se determinaron como variables respuesta adicionales el índice de peróxidos (IP), el número de TBA, el pH y la sinéresis a lo largo del tiempo de análisis.

#### ***Diseño experimental***

Se empleó un diseño irrestricto aleatorio con un arreglo factorial con 2 factores: tipo de salchicha (2 niveles: control y chan) y tiempo (7 niveles: 0 a 6 semanas), lo que resulta en 14 tratamientos. Se realizaron 3 repeticiones de los tratamientos y 3 réplicas para el análisis de pH, sinéresis, índice de peróxidos y número TBA, en cada repetición. En el caso de las pruebas de textura se incrementó la cantidad a 7 réplicas, como es recomendado para este tipo de análisis.

#### ***Análisis estadístico***

Se realizó un ANDEVA con un nivel de significancia de 5% ( $\alpha=0,05\%$ ), para determinar el efecto del tiempo y del tipo de formulación, y la interacción entre ellos, sobre las variables respuesta que definen la estabilidad del producto. En el análisis estadístico se toma el tiempo como variable continua para todos los parámetros estudiados excepto para el índice de peróxidos, cuyo comportamiento no es lineal, por lo que el tiempo se considera nominal. Además, si se encontrara diferencia significativa en la interacción tiempo-tratamiento, se elabora un análisis de regresión lineal para conocer el efecto del tipo de salchicha en función del tiempo para las variables que se comportan de forma continua.

##### **4.5.3.1 Medición de pH**

La medición del pH se realizó de acuerdo con lo descrito en el método P-SA-MQ-012 del laboratorio de Química del CITA, el cual se basa en el método de la AOAC 981.12 (productos semi-sólidos), en donde se describe la preparación que debe realizársele a la muestra, que consiste en homogenizar 50 a 100 gramos de muestra agregando 10 a 20 mL de agua grado 3 libre de dióxido de carbono. Se ajusta la temperatura de la pasta a la temperatura ambiente y se determina el pH.



Para obtener una medición confiable se debe utilizar un pHmetro calibrado y hacer al menos dos mediciones en dos porciones diferentes de la muestra, enjuagando y secando los electrodos antes de introducirlos a la muestra. Se reporta el promedio de los valores medidos con dos decimales (AOAC, 2005).

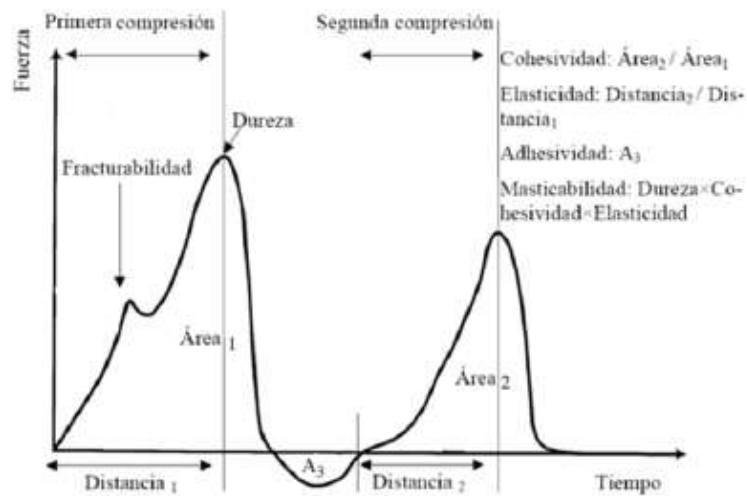
#### **4.5.3.2 Medición de la sinéresis**

Para determinar la cantidad de agua exudada o sinéresis de un embutido, se midió la masa de las salchichas recién hechas, sin empacar, a temperatura ambiente lo cual corresponde a la masa inicial. En cada tiempo de almacenamiento se temperaron las salchichas hasta que alcanzaron la misma temperatura de la medición inicial y se drenó el líquido exudado, se secaron suavemente con una toalla de papel y se midió su masa. Con las masas obtenidas se calcula la pérdida de peso durante el almacenamiento, llamado pérdida de purga. Se recomienda realizar cada medición por triplicado (Arguedas, 2014).

#### **4.5.3.3 Perfil de textura TPA**

Se utilizó el texturómetro TA.XTPlus (Stable Micro Systems, EUA). El método consiste en trocear la salchicha de forma transversal en secciones de 2,0 cm y realizar pruebas de compresión de forma axial, hasta el 50% de la altura original del trozo. Se aplicó una carga de 50 kg, utilizando un cilindro de 35 mm de diámetro a una velocidad de 1 mm/s con 5 segundos de tiempo entre compresiones y el *trigger* ajustado a 5,0 g. Se realizaron 7 réplicas de cada medición.

Se obtuvieron las variables respuesta de dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad (Hayes *et al.*, 2011), mostradas en la **Figura 5**. La dureza (N), que es la fuerza máxima para comprimir la muestra, la elasticidad (m), que se define como la habilidad de la muestra para recuperar su forma original, la cohesividad (adimensional), que es el máximo al que la muestra puede ser deformada antes de la ruptura y la masticabilidad (J), que representa el trabajo requerido para masticar la muestra antes de tragarla (Ansorena & Astiasarán, 2009).



**Figura 5.** Variables obtenidas a partir del análisis del perfil de textura TPA. (Hleap & Velasco, 2010)

#### 4.5.3.4 Prueba de corte

Se utilizó el texturómetro TA.XTPlus (Stable Micro Systems, EUA) con la cuchilla Warner-Bratzler de aditamento, con una velocidad de 1 mm/s en la prueba y posteriormente de 10 mm/s, con una distancia de 30 mm. La prueba consiste en aplicar cierto peso para determinar la fuerza requerida para dividir la salchicha (Barbut, 2009). Se realizaron 7 réplicas para cada medición.

#### 4.5.3.5 Determinación del índice de peróxidos

Inicialmente, se realizó la extracción de la grasa de la muestra con base en el procedimiento descrito por Acón (2016), el cual realiza un pretratamiento de la muestra con hexano. Se midieron aproximadamente 250 gramos de la muestra macerada y se extrajo la grasa usando una relación de 3:1 de disolvente-muestra, con un agitador magnético a una velocidad de 700 rev/min durante 1 hora. Posteriormente, el extracto se mantuvo en reposo y se filtró al vacío sobre un embudo Buchner con papel Whatman #4. El filtrado se colocó en el rotavapor (60 °C, 335 mbar) hasta eliminar el disolvente, obteniendo así la grasa para continuar el análisis.

Se midieron (5,00 ± 0,05) g de la grasa extraída en un erlenmeyer, al cual se le agregaron 30 mL de solución 3:2 de ácido acético:cloroformo y se agitó. Se agregaron 0,5 mL de solución de KI saturado (1g/0,7ml agua) con una pipeta graduada, se dejó reposar con agitación

ocasional durante 1 min y se agregaron 30 mL de agua destilada. Se realizó la valoración con una solución de tiosulfato de sodio 0,1 mol/L ( $C_n$ ) con agitación vigorosa hasta que casi se disipó el color amarillo. Se agregaron 0,5 mL de una solución de almidón 1% y se continuó con la titulación agitando vigorosamente, hasta que el color azul desapareció ( $v_c$ ). Se realizó un blanco (que debía consumir 0,1 mL [ $v_b$ ] de la disolución de tiosulfato de sodio 0,1 mol/L). El índice de peróxidos se calculó de la siguiente forma:

$$IP = \frac{[(v_c - v_b) \times C_n] \times \frac{1 \text{ mmol } I_2}{2 \text{ mmol tiosulfato}}}{m_{muestra} \times \frac{1 \text{ kg TAG}}{1000 \text{ g TAG}} \times \frac{\%grasa_{muestra}}{100}} = \frac{\text{mmol } I_2}{\text{kg TAG}}$$

#### 4.5.3.6 Determinación del número de TBA

Se utilizó el método descrito por Kirk *et al.* (2009) con algunas modificaciones según Arguedas (2014). Se tomó una muestra de 10 gramos de salchicha y se maceró por 1 minuto en un procesador de alimentos. Se trasladó la muestra macerada a un matraz de destilación de 250 ml con 80 ml de agua destilada y se adicionó la cantidad necesaria de ácido clorhídrico 4 M hasta alcanzar un pH de 1,5. Posteriormente, se añadieron 3 gotas de una solución antiespumante de silicona y perlas de vidrio. Se calentó el matraz con una manta eléctrica para obtener 50 ml de destilado. Se tomó una alícuota de 5 ml del destilado y se vertió en un tubo de vidrio con tapa de rosca, al cual se le agregaron 5 ml del reactivo TBA (0,2883 g/100 ml de ácido acético glacial al 90%). Se tapó, para agitarlo y calentarlo en un baño a ebullición con agitación, durante 35 minutos. Se preparó un blanco utilizando 5 ml de agua con 5 ml del reactivo, tratado igual que la muestra. Luego, se enfriaron los tubos sumergiéndolos en agua por 10 minutos y se midió su absorbancia a 538 nm en una celda de 1 cm, con un espectrofotómetro. El número TBA se obtiene al multiplicar la absorbancia obtenida por la constante 7,8 y se expresa como mg de aldehído malónico por kg de muestra.

#### 4.5.3.7 Recuento de bacterias lácticas

Para determinar el recuento de bacterias lácticas se tomó una muestra de 25 gramos de cada salchicha y se homogenizó en un Stomacher con 225 ml de agua peptonada al 0,1% durante 60 segundos. Se realizaron diluciones, tomando 1,0 ml de la muestra homogénea en un tubo con 9 ml de agua peptonada al 0,1%, para la dilución de  $10^{-2}$  UFC/ml, y de esta nueva dilución, se tomó 1 ml en un tubo con 9 ml de agua peptonada al 1% para la dilución de  $10^{-3}$  UFC/ml y así

sucesivamente hasta llegar a la concentración de  $10^{-5}$  UFC/ml. De la muestra homogénea, se tomó una alícuota de 0,2 ml en una placa de Petri, por quintuplicado y además, se tomó 0,1 ml en otras placas de Petri, por duplicado. De cada una de las diluciones hechas en los tubos de ensayo, se tomó 0,1 ml y se depositó en una placa Petri, por duplicado. Todas las placas de Petri mencionadas contenían agar Man, Rogosa y Sharpe(MRS), previamente solidificado, y se dispersaron las alícuotas de las diluciones respectivas, aplicando la técnica de esparcimiento con un asa Drigalsky de vidrio. Se incubaron las placas a  $35\pm 1^{\circ}\text{C}$  por  $72\pm 3$  horas, utilizando sobres de anaerobiosis, con un indicador visual de vacío. En la lectura se realizó una tinción de Gram y prueba de catalasa para comprobar la morfología de las bacterias incubadas (Zuñiga, 2004).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad tecnológica y sensorial de un producto innovador está determinada por aspectos relacionados con la composición, apariencia y condiciones de procesamiento que resulten del desarrollo (Jiménez-Colmenero & Delgado-Pando, 2013). A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en este proyecto.

### 5.1 Efecto sobre el agrado general de una salchicha con distintas concentraciones de semilla de chan evaluadas por consumidores

El grupo de panelistas que participaron del estudio sensorial de las salchichas con chan estuvo compuesto por 45 hombres y 55 mujeres, con edades entre los 18 y 65 años, principalmente personas entre 18 y 35 años (65%). Las respuestas sobre sus hábitos de consumo mostraron que en general, acostumbran a comer salchichas de 2-3 veces por mes, como parte de cualquiera de las comidas diarias o en eventos especiales, acompañadas de otros alimentos o guarniciones, prefieren prepararlas fritas para comerlas calientes y la mayoría consumen salchichas de pollo o cerdo. En el **Anexo 9.2** se adjunta la información mencionada anteriormente en forma gráfica en las **Figuras 16 y 17**. Las muestras que fueron presentadas en el panel sensorial se muestran en la **Figura 6**, a continuación.



**Figura 6.** Muestras de las salchichas evaluadas en el panel sensorial con consumidores (1%, 2% y 3% de semilla de chan, respectivamente).

Al realizar el análisis estadístico de las calificaciones de agrado general asignadas a cada una de las distintas formulaciones de la salchicha observadas en la **Figura 6**, se aplicó una prueba de conglomerados obteniendo un dendograma (gráfico de conglomerados), el cual se muestra en el **Anexo 9.2**. Esta prueba revela que hay dos tipos de panelistas, donde cada grupo comparte gustos similares. En el **Cuadro VI** se muestran los resultados obtenidos a partir del dendograma.

**Cuadro VI.** Análisis de variancia (ANDEVA) con conglomerados obtenidos de la evaluación del agrado de salchichas con distintos contenidos de semilla de chan (1%, 2% y 3%) con n=97.

Conglomerado	Número de jueces	Prob>F
1	73	<0,0001*
2	24	0,5213

\*Diferencia significativa con  $\alpha=0,05$ .

Como se puede observar en el **Cuadro VI**, se formaron dos grupos de consumidores, el primero con la mayoría de los panelistas, los cuales mostraron diferencias significativas en el agrado de los tipos de salchichas, mientras que el grupo de menor tamaño, no mostró diferencias de agrado entre las muestras. Para conocer entre cuáles tratamientos se encontraron diferencias significativas, se aplicó una prueba LSD-Fisher, tanto al promedio de los resultados generales del panel participante como a los resultados obtenidos a partir del conglomerado 1. Los valores obtenidos se muestran en el **Cuadro VII**, a continuación.

**Cuadro VII.** Comparación de medias según la prueba LSD-Fisher, de la evaluación del agrado de salchichas con distintos contenidos de semilla de chan (1%, 2% y 3%).

Tratamiento	General <sup>1</sup>	Conglomerado 1 <sup>2</sup>
1%	73,4 <sup>a</sup>	81,8 <sup>a</sup>
2%	69,6 <sup>ab</sup>	74,7 <sup>b</sup>
3%	64,6 <sup>b</sup>	70,0 <sup>b</sup>

\*Los datos entre columnas con letras distintas se asocian a diferencias significativas con  $\alpha=0,05$ .

<sup>1</sup>n=97, <sup>2</sup>n=73.

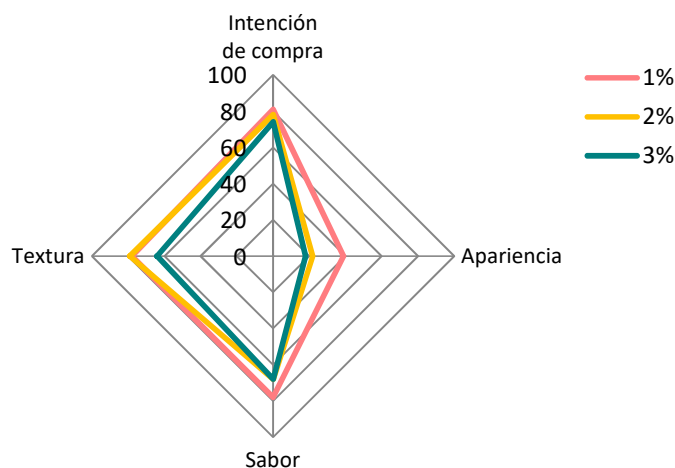
En el **cuadro** anterior, se puede observar que en ambos análisis (general y conglomerado 1) se obtienen 2 grupos con agrados significativamente diferentes (a y b), con un nivel de confianza de 95%. En el caso de la totalidad de panelistas, el tratamiento con 2% de chan no presenta diferencia significativa en el agrado con ninguno de los otros, mientras que entre el tratamiento con 1% y 3% sí encontraron diferencias significativas. Al analizar los datos del

conglomerado 1, se obtiene que esta agrupación tuvo un agrado significativamente mayor por el tratamiento con 1% de chan con respecto a los otros dos, los cuales quedaron agrupados estadísticamente.

En ambos casos, el tratamiento con 1% de chan coincide con la mayor nota de agrado. Por esta razón, se decide continuar con la salchicha con 1% de semilla de chan para el resto del proyecto, ya que el objetivo es evaluar la formulación de la salchicha que vaya a ser mejor aceptada por los consumidores.

Según los resultados obtenidos, uno de los grupos mostró mayor aceptación por el producto, aunque escogieron la salchicha más similar a una tradicional, es decir, con la menor cantidad de chan, representan una gran proporción de la población que podrían ser potenciales consumidores de una salchicha con semilla de chan y una oportunidad para ir incrementando gradualmente el contenido de chan cuando el consumidor esté más familiarizado con el producto, y así puedan obtener beneficios de este cultivo.

Adicionalmente al agrado, a cada panelista se le consultó su criterio sobre la intención de compra de las salchichas (**Anexo 9.2, Figura 18**) partiendo de que es un producto diseñado para personas alérgicas, y también, se consultó su percepción sobre atributos importantes en este tipo de producto, los cuales se resumen en la **Figura 19 del Anexo 9.2**. A partir de estos resultados se calcularon proporciones para elaborar la **Figura 7**, mostrada a continuación.



**Figura 7.** Promedios de las opiniones sobre los atributos evaluados de salchichas con distinta concentración de semilla de chan (1%, 2% y 3%).

En la **Figura 7** se puede observar que la intención de compra no varía mucho entre formulaciones, a pesar de que en el agrado general se presentaron diferencias significativas. Al ahondar más en este aspecto, los panelistas que sí consumirían el producto opinaron que están dispuestos a consumirlo, aunque no sea de su mayor agrado, con tal de obtener beneficios a su salud. Los jueces que descartaron consumir el producto justificaron esta decisión en el desagrado del sabor y la apariencia, ya que no son personas alérgicas a la soya, por lo que no ven la necesidad de consumirlo y prefieren otras alternativas del mercado.

En general, la apariencia recibió bajas calificaciones principalmente por el aspecto mencionado y el color, dado que las salchichas tomaron un tono más grisáceo a causa de la adición de chan, el cual fue enfáticamente rechazado por los consumidores. La apariencia fue evaluada de mejor manera en la salchicha con 1% de chan, ya que en las otras dos formulaciones a los panelistas les pareció poco apetecible la gran cantidad de puntos negros causados por la misma harina de chan.

La adición de carmín pretendió solventar este inconveniente encontrado en pruebas preliminares; sin embargo, se requiere una coloración rosada más similar a las salchichas comerciales a las que está acostumbrado el consumidor costarricense. En México, se utilizó la semilla de chíá para desarrollar un producto cárnico innovador, siendo esta incluida como marinada en filetes de tilapia, destacando el aporte de antioxidante natural y omega 3 (Mintel, 2017), la cual puede presentar una estrategia para utilizar este tipo de semillas, sin alterar la apariencia de la emulsión cárnica.

En el caso del sabor, los panelistas calificaron las 3 formulaciones de forma muy similar, solamente, se observó la tendencia que entre mayor concentración de chan, más insípida (falta de sal o condimento) encontraron la salchicha, lo cual puede deberse a algún efecto de enmascaramiento de sabores impartido por el chan.

Con respecto a la textura, las calificaciones recibidas entre los tratamientos con 1% y 2% de chan fueron muy similares, siendo menor para la salchicha con 3% de chan, la cual encontraron con una textura más dura, lo cual tiene sentido ya que esta formulación tiene un menor contenido de agua para compensar por la adición de chan manteniendo constantes los demás ingredientes. En general, la característica menos gustada fue la sensación de arenosidad en las salchichas, la cual fue mayor para la formulación de 2%. Es importante notar que de forma general, se encontró



que la adición de chan no afectó la percepción de la textura de la salchicha como para evitar su consumo por este atributo tan importante en los embutidos emulsionados.

## 5.2 Efecto de la adición de chan y proteína animal en una salchicha sobre el análisis proximal

Una vez que fue definida la formulación de la salchicha con chan que presentó la mayor aceptación por los consumidores, se realizó la caracterización química de esta y de una salchicha control formulada de forma similar a la salchicha tradicional encontrada en el mercado costarricense, con el fin de comparar la composición entre ellas, y contra lo establecido por la legislación. Los resultados se presentan en el **Cuadro VIII**, a continuación.

**Cuadro VIII.** Promedios de los resultados del análisis de composición química realizado a la salchicha control y a la salchicha con 1% de chan, analizados mediante la prueba *t-student* y los valores límites establecidos por el RTCR 411-2008. (n=6).

Parámetro (%)	Muestra		Probabilidad ( $\alpha=0,05$ )	RTCR (%)
	Control	Salchicha 1% chan		
<b>Humedad</b>	69,7 ( $\pm 0,3\%$ )	69,2 ( $\pm 0,5\%$ )	0,2896	$\leq 75,0$
<b>Grasa</b>	9,5 ( $\pm 0,5\%$ )	9,7 ( $\pm 0,4\%$ )	0,6640	$\leq 25,0$
<b>Ceniza</b>	2,31 ( $\pm 0,02\%$ )	2,25 ( $\pm 0,02\%$ )	0,0635	$\leq 3,5$
<b>Proteína</b>	13,1 ( $\pm 0,2\%$ )	13,1 ( $\pm 0,3\%$ )	0,8065	$\geq 11,0$
<b>Carbohidratos totales</b>	5,4 ( $\pm 0,4\%$ )	5,7 ( $\pm 0,4\%$ )	0,3809	$\leq 10,0$
<b>Fibra dietética</b>	1,4 ( $\pm 0,1\%$ )	1,3 ( $\pm 0,1\%$ )	0,2187	-

\*Diferencia significativa con  $\alpha=0,05$ .

En el **Cuadro** anterior, se puede observar con un nivel de confianza del 95%, que no se presenta diferencia significativa entre la salchicha control y la salchicha con chan, para todos los parámetros. Los componentes se mantuvieron constantes entre tratamientos, lo que coincide con lo esperado, dado que se mantuvo la formulación entre tratamientos, a excepción de la sustitución de la soya. Esto resulta positivo ya que se deseaba elaborar un producto similar al tradicional, de manera que los consumidores que presenten alergia a la soya puedan adaptarse con facilidad a la alternativa sin el alérgeno.

Por otro lado, adicionar solamente un 1% de semilla de chan a la formulación de las salchichas, no incrementa su valor nutricional ni permite aprovechar las propiedades mencionadas con anterioridad que han sido atribuidas a esta planta como por ejemplo un incremento en el

aporte de fibra y habría que determinar con análisis específicos si hubo mejora en el perfil de ácidos grasos.

Al comparar los resultados obtenidos contra los valores delimitados por el Reglamento de embutidos cárnicos mostrados en el **Cuadro VIII**, se observa que en todos los parámetros se cumple con lo establecido. En el caso de la proteína, se supera el aporte y se logra mantener por debajo del contenido máximo permitido de agua, grasa, ceniza y carbohidratos. Cabe resaltar el bajo contenido de grasa de la formulación de estas salchichas, en comparación con lo autorizado en la legislación, lo que es un aspecto favorable para la salud del consumidor general de este tipo de productos.

Si se comparan las salchichas con harina de chan contra otras salchichas del tipo frankfurter, se obtiene que la composición a la que más se asemeja corresponde a las salchichas reducidas en grasa. Según lo reportado por Pintado *et al.* (2016), para salchichas reducidas en grasa con un adición de chía, la cual es una semilla similar a la del chan, presentaron un contenido de humedad de  $63,42 \pm 0,06$  %,  $16,12 \pm 0,13$ % de proteína,  $13,27 \pm 0,15$ % de grasa,  $4,90 \pm 0,57$ % de fibra dietética y  $3,06 \pm 0,05$ % de cenizas. Con respecto a los resultados mostrados en el **Cuadro VIII** se observa que la salchicha con chan incluso presenta un menor contenido de grasa que la salchicha con chía, lo cual es un atributo que puede resaltarse en el producto.

En cuanto a los demás componentes, en dicho estudio se explica que fue necesario añadir 10% de la formulación de harina de chía para obtener un incremento en la cantidad de fibra y de cenizas, con respecto a una salchicha control. Con respecto a la evaluación sensorial, se menciona que la adición de esta cantidad de chía generó una disminución en la calificación de agrado general, color, textura y sabor, sin embargo, los consumidores encontraron las salchichas aceptables de todos modos, patrón que se ha repetido en estudios similares con productos como queques y panes con chía (Pintado *et al.*, 2016).

### **5.3 Estudio de la estabilidad durante el almacenamiento de salchichas con 1% de semilla de chan añadido**

Una vez conocida la percepción de los consumidores y el cumplimiento de la composición química de acuerdo con la legislación, es importante estudiar si existe efecto de la sustitución de proteína de soya por semilla de chan y concentrado de proteína cárnica, sobre la estabilidad comercial de las salchichas. Para esto se realizó un estudio de almacenamiento, bajo las

condiciones típicas para el tipo de producto, lo cual corresponde a empaque al vacío mantenido en refrigeración (4-5 °C) por un máximo estimado de 6 semanas. Los resultados obtenidos se discutirán a continuación.

### 5.3.1 Efecto del almacenamiento sobre el pH

Para conocer el efecto de la sustitución en la formulación sobre el pH se realizó un análisis de variancia con los resultados obtenidos a lo largo del tiempo de estudio, el cual se muestra en el **Cuadro IX**, a continuación.

**Cuadro IX.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de pH obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38).

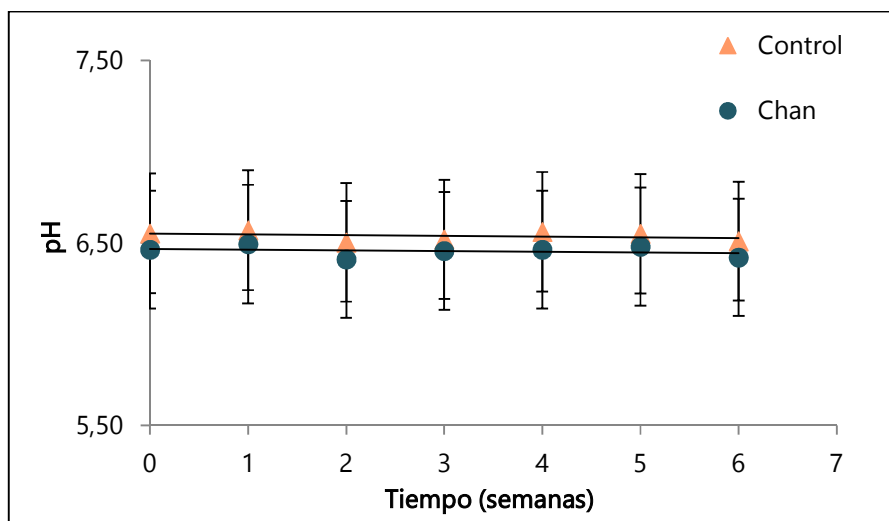
<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob&gt;F</b>
Tiempo	1	0,2027	0,6148
<b>Tratamiento</b>	<b>1</b>	<b>6,6985</b>	<b>0,0146*</b>
Interacción	1	0,0004	0,9836
Lote	2	0,9362	0,4026
<b>Potencia de prueba</b>	<b>0,98</b>		

\*Diferencia significativa con  $\alpha=0,05$ .

Como se puede observar en los resultados obtenidos a partir del análisis de variancia, solamente se obtuvo diferencia significativa en el tratamiento, lo que indica que el pH de la salchicha control y el de la salchicha con chan se comportó de forma distinta entre ellas, durante todo el estudio, independientemente del tiempo de almacenamiento.

Adicionalmente, se calculó la potencia de la prueba, la cual indica la capacidad de detectar una diferencia cuando esta existe. Se busca que este valor sea cercano a 1, para tener confianza para concluir a partir de un experimento. En el caso del análisis de pH, la potencia obtenida fue de 0,98, por lo que se puede asegurar la confiabilidad en los resultados obtenidos.

Para poder visualizar el comportamiento de los tratamientos durante el tiempo de estudio, se elaboró la **Figura 8**, a partir de los promedios obtenidos de los tratamientos para cada tiempo de medición.



**Figura 8.** Promedios de los valores de pH obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura 8**, se puede observar que los pH de ambos tratamientos tuvieron un comportamiento constante durante el tiempo de almacenamiento, en el cual se cuantificó una disminución mínima en el valor del pH, atribuida a los productos de reacciones de degradación (Piergiovanni & Limbo, 2009) como la formación de ácido láctico a partir de glucógeno, lo cual sucede en distintas muestras de salchichas en almacenamiento a baja temperatura (El-Nashi *et al*, 2015), sin embargo, no fue un cambio importante como para que existiera una diferencia significativa con respecto al tiempo.

En conjunto, se obtuvieron valores de pH entre 6,41 y 6,57, los cuales son similares a los obtenidos para productos semejantes como salchichas reducidas en grasa. Pintado *et al*. (2016) reportaron un rango de pH entre 6,22-6,41, lo cual se considera normal para salchichas.

Se observa que el tratamiento con semilla de chan mantuvo un menor valor de pH en comparación con el tratamiento control desde la semana 0 de almacenamiento donde los valores de pH fueron de 6,46 y 6,55 respectivamente. Lo obtenido en el análisis de variancia muestra que los tratamientos tuvieron un efecto sobre el pH; sin embargo, este se mantuvo constante en el tiempo.

La mayor acidez otorgada por la adición de semilla de chan y extracto de proteína animal (BTP-80) en reemplazo de la proteína de soya, puede deberse a la composición del chan, cuyo

contenido de grasa es de un 18% con presencia de ácidos grasos insaturados (Ngozi *et al.*, 2014), y la proteína BTP-80 la cual está compuesta por un 12% de grasa, comparados con un rango entre 0,3-1,2% de grasa para los concentrados de soya. Los ácidos grasos insaturados son propensos a la degradación formando ácidos grasos libres, lo cual puede haber ocurrido durante el procesamiento de la harina de chan, donde inevitablemente se da un calentamiento en el molino utilizado, y el calor es un catalizador de las reacciones de oxidación de ácidos grasos.

Cabe mencionar, que dicho aumento en la acidez desde el punto de vista estadístico resultó en una diferencia significativa entre los valores, es una diferencia pequeña que no es percibida por los consumidores habituales de salchichas tradicionales, dado que no fue mencionado en los comentarios sobre el sabor de las salchichas.

### 5.3.2 Efecto del almacenamiento sobre la sinéresis

A continuación, en el **Cuadro X**, se muestran los resultados del análisis de variancia elaborado para conocer el efecto de la sustitución de proteína de soya en una salchicha sobre la capacidad de retención de agua durante el almacenamiento.

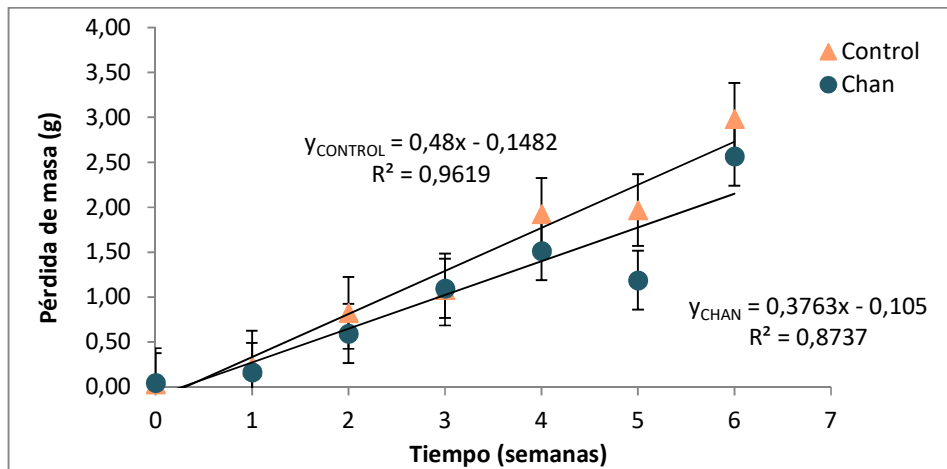
**Cuadro X.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de sinéresis obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38).

<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob&gt;F</b>
Tiempo	1	305,3067	0,0001*
Tratamiento	1	6,1864	0,0159*
<b>Interacción</b>	<b>1</b>	<b>4,3808</b>	<b>0,0399*</b>
Lote	2	1,8000	0,1816

\*Diferencia significativa con  $\alpha=0,05$ .

En el **Cuadro X**, se muestra que al comparar los efectos de la utilización de soya y la sustitución con semilla de chan y proteína cárnica, se obtiene una diferencia significativa en la interacción de los tratamientos mencionados con el tiempo. Esto indica que el parámetro sinéresis tuvo un comportamiento distinto para los tratamientos evaluados durante el tiempo de almacenamiento.

Para conocer la diferencia entre el comportamiento de los tratamientos se realizó una regresión lineal con los promedios en cada tiempo de medición, que se muestra en la **Figura 9**.



**Figura 9.** Regresión lineal de los promedios de los valores de pérdida de masa obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura** anterior, se observa que en ambos tratamientos hubo un incremento en la pérdida de masa conforme avanza el tiempo de almacenamiento, lo que se relaciona con un aumento en la sinéresis, siendo esta la masa de líquido exudada por la salchicha. Se puede apreciar que ambos tratamientos comparten el punto inicial del análisis y la tendencia de incremento conforme avanza el tiempo; sin embargo, la diferencia se encuentra en la pendiente de la recta, la cual indica la velocidad de cambio de la variable en función del tiempo.

Conforme a los resultados obtenidos, el tratamiento control presenta una mayor pendiente ( $0,48 > 0,38$ ) lo que se puede observar en valores mayores de pérdida de masa que los obtenidos con el tratamiento con chan, especialmente a partir de la semana 4 de almacenamiento. Es decir que el tratamiento con chan favorece la retención de agua, lo que se manifiesta en una menor pérdida de masa en el tiempo, es decir menor sinéresis.

Según lo reportado en otros estudios de productos similares, la capacidad de retención de agua logra una menor reducción de la humedad del producto y disminuye la velocidad de pérdida de masa (El-Nashi *et al.*, 2015), lo cual coincide con lo obtenido con las salchicha con semilla de chan en comparación con una salchicha tradicional. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se puede asegurar que la adición de semilla de chan y proteína cárnica logra estabilizar la emulsión cárnica de forma más efectiva que la proteína de soya en el tipo de

formulación analizada, dado que la sinéresis depende de la capacidad de retención de agua, y este es uno de los factores que definen la estabilidad de la emulsión.

Las proteínas vegetales requieren una mayor temperatura para desnaturalizarse en comparación con las proteínas animales, y así formar una emulsión viscoelástica. Por esta razón, durante el proceso de elaboración de las proteínas vegetales comerciales, como la soya, se realiza una etapa de precalentamiento para mejorar su funcionalidad de retención de agua y gelificación en la emulsión cárnica (Xiong, 2012). En la utilización de la semilla de chan, no se requiere un paso de pretratamiento para obtener una alta capacidad de retención de agua, lo cual implica una ventaja tecnológica.

En comparación con salchichas similares, se obtuvo valores de sinéresis entre 2-3% a las 6 semanas de almacenamiento, lo cual resulta igual o menor con lo reportado por estudios similares, donde por ejemplo El-Nashi *et al.* (2015) reporta un cambio en la humedad entre 0,2-3,5% a sólo 3 semanas de almacenamiento, mientras que Pintado *et al.* (2016) reporta valores de purga entre 1,16-2,83%, tomados durante 65 días de almacenamiento.

Además de disminuir la estabilidad de la emulsión, la sinéresis acorta drásticamente la vida útil de los embutidos al perjudicar la apariencia del empaque haciéndolo poco atractivo y al proveer un ambiente húmedo se propicia la acción acelerada de los microorganismos de deterioro (Rogers, 2011).

### **5.3.3 Efecto del almacenamiento sobre la textura**

La textura es uno de los parámetros de calidad más importantes en los productos cárnicos emulsionados, por lo que resulta fundamental conocer el efecto que producen los cambios en la formulación de una salchicha (Tahmasebi *et al.*, 2016), como sucede en este estudio, en el cual se realizó la prueba de corte de Warner-Bratzler y el análisis del perfil de textura (TPA). Los resultados obtenidos para ambos parámetros se describen a continuación, en el **Cuadro XI**.

**Cuadro XI.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de fuerza de corte obtenidos en la prueba de Warner-Bratzler en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38).

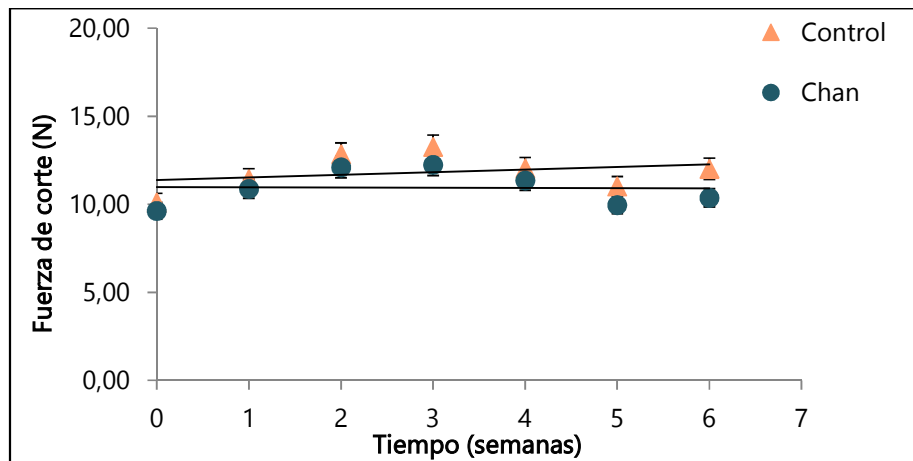
<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob&gt;F</b>
Tiempo	1	0,5528	0,4626
Tratamiento	1	2,1688	0,1506
Interacción	1	0,2554	0,6168
Lote	2	0,1525	0,8592
<b>Potencia de prueba</b>	<b>0,69</b>		

En el **Cuadro XI** se muestran los resultados del análisis de variancia de los promedios de la fuerza máxima de deformación obtenidos en la prueba de corte para ambos tratamientos de las salchichas. Se puede observar que no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros, es decir que los tratamientos se comportan de forma similar y no generan ningún efecto sobre el producto en el tiempo de almacenamiento.

Con base en los resultados obtenidos, se puede sustituir la proteína de soya por semilla de chan y proteína cárnica sin afectar la propiedad de la textura final de la salchicha a lo largo del tiempo de almacenamiento. Sin embargo cabe resaltar que se obtuvo una potencia de la prueba de 0,69 por lo que queda una posibilidad de no haber detectado una diferencia existente. Para incrementar la potencia se recomienda realizar un mayor número de repeticiones del ensayo y de esta manera incrementar la confiabilidad de los resultados.

A partir de los promedios obtenidos para los tratamientos durante el tiempo de estudio, se elaboró el siguiente gráfico para visualizar el comportamiento de la fuerza de corte durante el tiempo del ensayo, mostrado en la **Figura 10**.





**Figura 10.** Promedios de los valores de fuerza de corte obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura 10** se puede observar la variación en la terneza de las salchichas a lo largo del estudio de almacenamiento, donde ocurre un aumento gradual en el esfuerzo requerido hasta la semana 3 de almacenamiento, a partir de la cual se va disminuyendo la fuerza hasta la semana 6 donde se obtuvo nuevamente un pequeño incremento. La menor fuerza requerida para cortar las salchichas se obtuvo en la semana 0, es decir cuando las salchichas se encontraban frescas, mientras que el máximo de fuerza se registró en la semana 3, para ambos tratamientos.

Este comportamiento es similar al obtenido en un estudio donde analizaron salchichas de atún por 120 días de almacenamiento, según los autores la dureza máxima se presentó a los 27 días, el aumento se atribuye a la pérdida de humedad del producto (Hleap & Velasco, 2010), lo cual concuerda con los resultados de este estudio. Además, la posterior disminución en la fuerza de corte se relaciona con las reacciones de proteólisis o degradación proteica y reacciones de deterioro microbiológico que pueden suceder a partir de este periodo (Hleap & Velasco, 2010).

Adicionalmente a la fuerza de corte, se determinó el perfil de textura (TPA) para realizar una caracterización completa de la textura instrumental de las salchichas estudiadas. Se realizó un análisis de variancia a partir de los resultados de la medición, cuyos resultados se muestran en el **Cuadro XII**, a continuación.

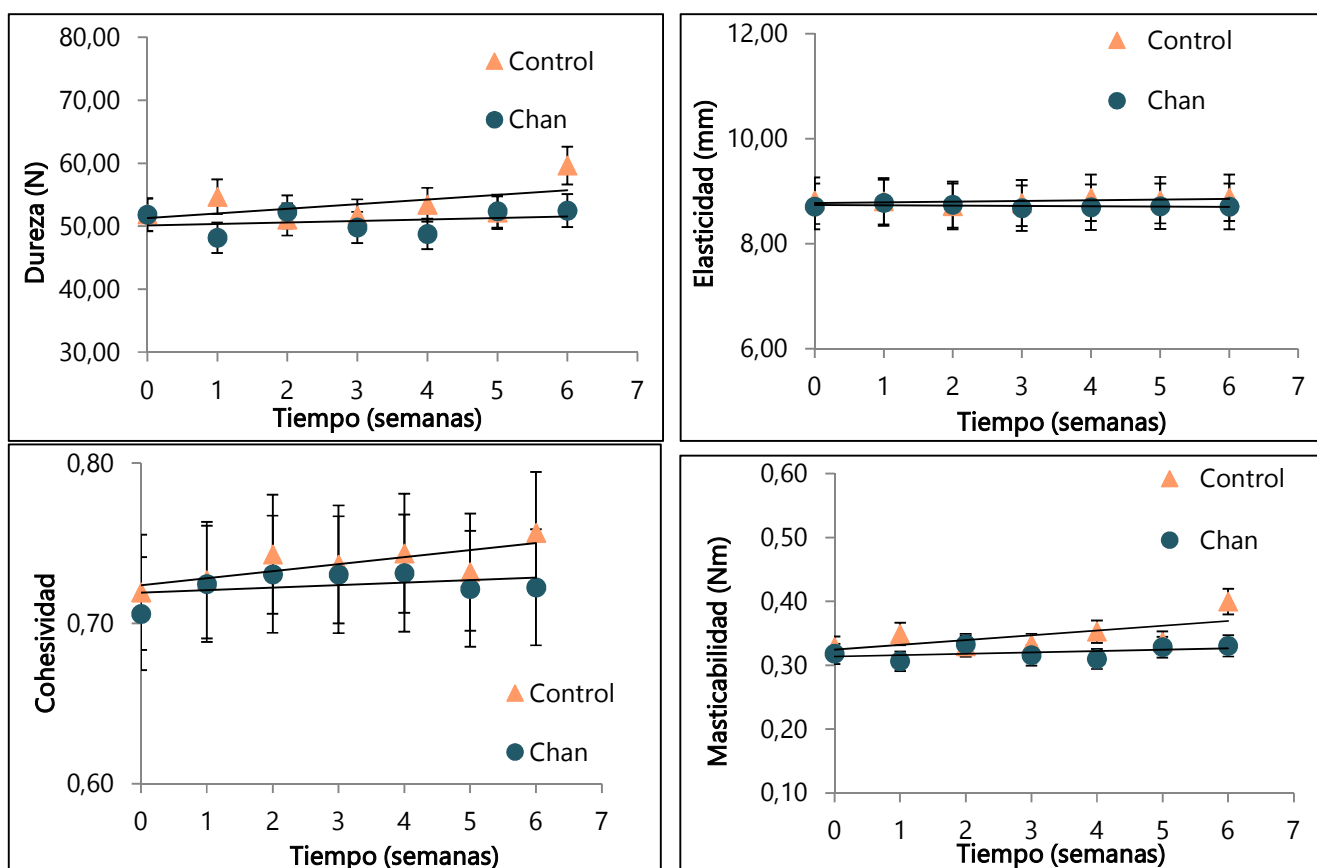
**Cuadro XII.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados del análisis de perfil de textura (TPA) obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38).

Parámetro		Dureza	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad
Efecto	G.L.	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F
Tiempo	1	0,3443	0,4237	0,0017*	0,0559
<b>Tratamiento</b>	1	0,0584	<b>0,0013*</b>	<b>0,0042*</b>	<b>0,0028*</b>
Interacción	1	0,4910	0,1499	0,2350	0,2196
Lote	2	0,2049	<0,0001*	0,0197*	0,2473
<b>Potencia de prueba</b>		<b>0,36</b>	<b>0,85</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>

\*Diferencia significativa con  $\alpha=0,05$ .

Como se observa en el **Cuadro XII** anterior, para el parámetro de dureza no se obtuvo diferencia significativa, sin embargo el valor de la potencia de prueba es muy bajo, lo que le resta confiabilidad a las conclusiones a partir de este resultado. Para el resto de parámetros se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, es decir que cada uno de ellos tiene un efecto distinto sobre las variables de elasticidad, cohesividad y masticabilidad, más no a lo largo del tiempo de estudio. Para estas tres variables se obtuvieron valores altos de potencia de prueba, lo que confirma la confianza en los resultados obtenidos.

Para observar el comportamiento de cada uno de los parámetros obtenidos del perfil de textura se elaboraron los gráficos mostrados en la **Figura 11**, mostrada a continuación.



**Figura 11.** Promedios de los resultados del análisis perfil de textura (TPA) para cada una de sus obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura 11**, es posible observar que para los parámetros de elasticidad y masticabilidad los tratamientos presentan tendencias distintas, donde el tratamiento control tiene una tendencia creciente mientras que lo opuesto ocurre con el tratamiento de chan, donde la tendencia se observa decreciente.

En este estudio, se obtuvo una diferencia significativa en la sinéresis de los tratamientos analizados, lo cual se asocia a una mayor CRA y humedad a lo largo del tiempo en las salchichas libres de soya. Lo anterior se puede asociar a los valores obtenidos de dureza, donde se obtuvo menor dureza para el tratamiento con chan en la mayoría de tiempos de medición, sin embargo estadísticamente no se encontró diferencia significativa. Se reporta en la literatura, que al utilizar proteínas vegetales con alto contenido de fibra, se obtienen valores de dureza significativamente

mayores en comparación con la adición de proteínas cárnicas, esto porque las proteínas vegetales forman más interacciones, como puentes disulfuro, con los glóbulos de grasa y por tanto, se dan más interacciones con la matriz gelificada, y estas refuerzan la matriz proteica (Tahmasebi *et al.*, 2016).

Otros parámetros que se relacionan con el contenido de humedad y la capacidad de retención de agua son la elasticidad y la masticabilidad. En estas variables se logra ver diferencia en la tendencia de cada tratamiento, lo que coincide con la humedad relacionada con ellos, como se mencionó previamente. A partir de lo obtenido, se puede afirmar que el tratamiento con semilla de chan, logra retener los líquidos de la emulsión de forma más eficiente, por lo tanto aumentando su estabilidad, a la vez que genera una menor elasticidad y masticabilidad, lo cual se asocia con una palatabilidad agradable para el consumidor.

Al comparar con productos similares se encuentra que la dureza se asemeja con la de salchichas de tilapia las cuales reportan valores entre 25,58 y 52,44 N (Hleap & Velasco, 2010), la elasticidad resulta mayor que en salchichas con harina de chíá, reducidas en grasa donde se reportan rangos entre 5,65-7,00 mm en 65 días de almacenamiento (Pintado *et al.*, 2016). Mientras que la masticabilidad se acerca a la obtenida para salchichas tipo frankfurter (mayor contenido de grasa) con una relación entre el diámetro y la longitud de 2, la cual corresponde a 0,33 J/cm<sup>4</sup> (Barbut, 2009).

Por último, al analizar el gráfico de la cohesividad mostrado en la **Figura 9** se puede observar que el tratamiento control tiene una tendencia creciente mientras que el tratamiento con chan presenta un comportamiento más constante, lo que justifica la diferencia significativa encontrada entre los tratamientos. Además, se obtiene diferencia entre los valores de cohesividad determinados para cada tiempo de medición.

En este estudio, se obtuvo que el tratamiento control corresponde a un producto con mayor cohesividad, con respecto a las salchichas con chan. Tahmasebi *et al* (2016) reporta que a mayor interacción en la matriz, se obtiene una mayor resistencia a la compresión y por tanto, una mayor cohesividad. Mientras que, se ha demostrado que un aumento en los niveles de proteína genera un mayor decrecimiento en la cohesividad. Anteriormente, se explicó que el uso de proteínas vegetales generan matrices con mayor fuerza, por lo tanto, mayor resistencia a la deformación, lo que coincide con el uso de proteína de soya en el tratamiento control.

En general, los valores obtenidos de cohesividad en otros estudios muestran valores menores que los obtenidos en este estudio, con rangos desde 0,45 a 0,56 para salchichas de pavo y pollo (Cortés *et al.*, 2010), 0,61-0,70 para salchichas reducidas en grasa (Pintado *et al.*, 2016) y el más similar sería el reportado para salchichas de atún, 0,773 (Granados *et al.*, 2013).

La estabilidad de una emulsión cárnica depende de la estabilidad de la grasa presente y su interacción con los demás componentes (Belitz *et al.*, 2009), por lo que influye en gran medida en la textura del producto final (Choi *et al.*, 2009). Realizar cambios en los componentes fundamentales de una emulsión como la proteína sugiere que se puede dar una pérdida de la estabilidad, fuerza y otros parámetros de calidad del producto.

Considerando los resultados obtenidos en el análisis del perfil de textura, los tratamientos presentan tendencias de comportamiento diferentes en la mayoría de parámetros analizados, sin embargo esto no implica una diferencia significativa en el comportamiento a lo largo del tiempo de almacenamiento, por lo tanto se mantiene la estabilidad de ambos tipos de salchichas durante el tiempo normal de vida útil.

#### **5.3.4 Efecto del almacenamiento sobre la oxidación lipídica**

Dado que la estabilidad de las emulsiones cárnicas está fuertemente vinculada con las reacciones tanto deterioro químico como microbiológico, es importante controlar el grado de degradación en el que se encuentra durante la vida útil del producto. Un ejemplo de esto es la oxidación de las grasas, la cual no sólo afecta la calidad sino que, también impacta negativamente el valor nutricional del producto.

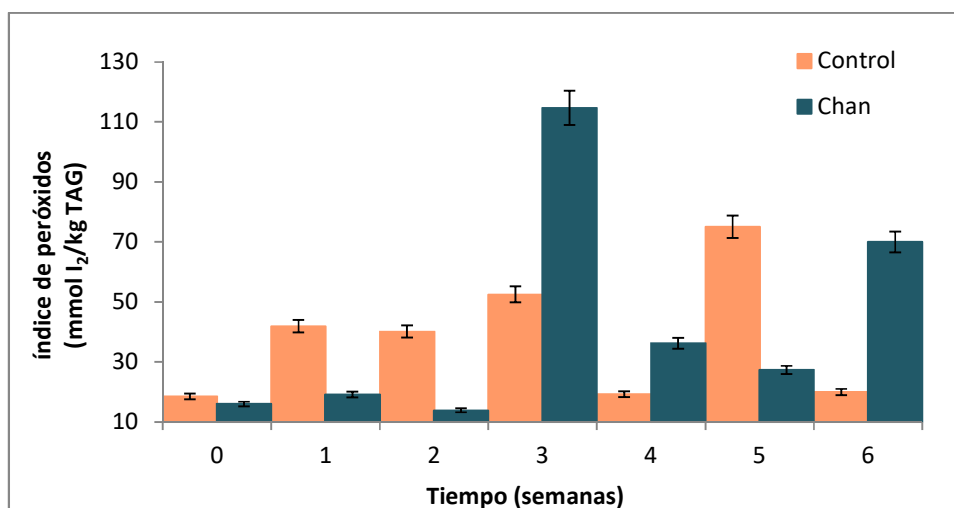
La determinación del índice de peróxidos y el número de TBA permiten monitorear el estado de oxidación de las grasas. Los resultados obtenidos en este estudio se muestran a continuación, comenzando por el ANDEVA del índice de peróxidos en el **Cuadro XIII**.

**Cuadro XIII.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados del índice de peróxidos obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38).

Efecto	GL	Valor F	Prob>F
Tiempo	6	1,2553	0,3176
Tratamiento	1	0,0726	0,7901
Interacción	6	0,9017	0,5114
Lote	2	0,2466	0,7836
<b>Potencia de prueba</b>		<b>0,66</b>	

Como se puede observar en el **Cuadro** anterior, no se obtuvo diferencia significativa para ninguno de los efectos analizados a partir de los resultados obtenidos del índice de peróxidos. Se determinó la potencia de prueba del análisis, resultando en un valor relativamente bajo, lo cual no asegura que se hayan detectado todas las diferencias que pueden existir.

A partir de los promedios obtenidos para cada tratamiento a lo largo del tiempo, se elaboró un histograma para observar si se manifestó el comportamiento típico de las reacciones de oxidación y por tanto, del índice de peróxidos. El gráfico se muestra en la **Figura 12**.



**Figura 12.** Promedios de los valores de índice de peróxidos obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura 12**, se puede observar que ambos tratamientos presentaron comportamientos distintos, donde apenas se puede observar el comportamiento esperado para el índice de peróxidos. Principalmente se observa en el tratamiento con chan, el cual alcanza un máximo a las 3 semanas, mientras que el tratamiento control encuentra su valor máximo hasta las 5 semanas.

En ambos casos, los valores de peróxidos medidos desde el inicio del tiempo de almacenamiento, están muy por encima del valor permitido de 10 mmol/kg TAG. Fuentes (2012) indica que el final de la vida de anaquel de un producto ocurre en un punto cerca del 25-50% del valor máximo del índice de peróxidos. En este caso la vida útil de las salchichas analizadas está cerca de las 2 semanas para ambos tratamientos, lo cual no coincide con lo esperado ni con lo obtenido en las demás variables determinadas.

Los valores obtenidos no coinciden con lo esperado, dado que se cuantificaron cantidades mayores a las asociadas con el tiempo de almacenamiento, lo cual puede atribuirse a oxidación proveniente de las materias primas, sin embargo, se debe considerar que la variabilidad en los resultados genera duda sobre la confiabilidad de estos. Se ha determinado que el método para valorizar peróxidos presenta varias desventajas de cuantificación como la baja sensibilidad y la presencia de interferencias que no permiten una determinación precisa (Shahidi & Zhong, 2005).

Para complementar la determinación del grado de oxidación lipídica se determinó el número de TBA, cuyo análisis estadístico se muestra en el **Cuadro XIV**.

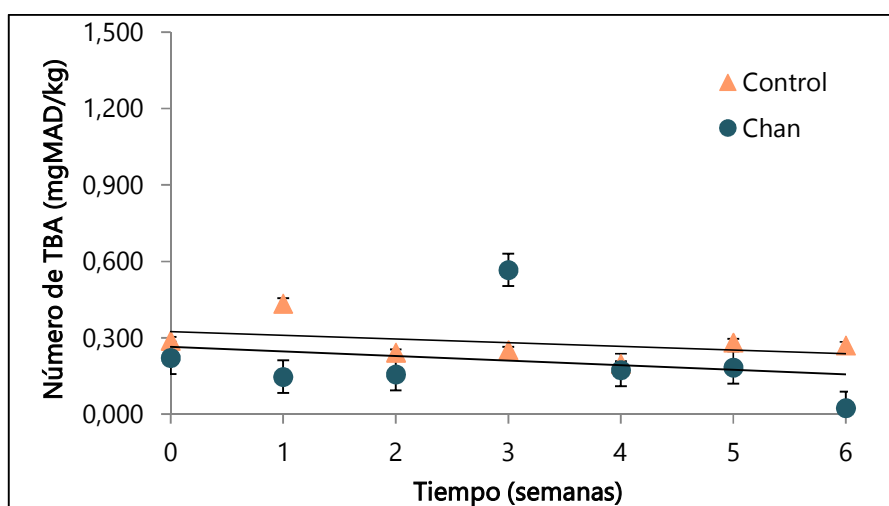
**Cuadro XIV.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados de número de TBA obtenidos en el estudio de almacenamiento durante 6 semanas de una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=32).

<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob&gt;F</b>
Tiempo	1	0,7560	0,3925
Tratamiento	1	3,7692	0,0631
Interacción	1	0,1286	0,7228
Lote	2	0,1975	0,8220
<b>Potencia de prueba</b>		<b>0,83</b>	

En el **Cuadro** anterior, se observa que al analizar los resultados del número de TBA, no se encuentra diferencia significativa en ninguno de los efectos analizados. Al determinar la potencia

de la prueba se obtuvo un valor de 0,83, el cual podría ser mayor para permitir realizar conclusiones confiables a partir de lo obtenido.

Con los promedios del número de TBA determinados para cada tratamiento se procedió a elaborar un gráfico para visualizar su comportamiento a lo largo del tiempo de almacenamiento. Se muestra en la **Figura 13** a continuación.



**Figura 13.** Promedios de los valores de número de TBA obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura** anterior, se puede observar que para ambos tratamientos no se da una tendencia de comportamiento clara, la cual se esperaría que vaya en aumento dado que se realiza la medición del malonaldehído es un compuesto producto final de las reacciones de oxidación lipídica de los hidroperóxidos (Badui, 1998). Si se analizan los valores relativos, se puede observar que el tratamiento con chan aparenta una menor oxidación que el tratamiento control; sin embargo, no se obtuvo una diferencia estadística que permita respaldar esta afirmación.

El rango de valores obtenido coincide con lo reportado por El-Nashi *et al.* (2015) el cual obtuvo resultados entre 0,232 a 0,975 mg MAD/kg muestra, durante 12 días de almacenamiento, mientras que Li (2015) obtuvo valores entre 0,41 y 1,23 mg MAD/kg muestra a los 28 días de almacenamiento de salchichas maduradas y secadas. Pintado *et al.* (2016) reportan valores iniciales de 0,04 a 1,15 mg MAD/kg muestra del parámetro TBARS.



El método de TBA realizado mediante destilación, tiene la desventaja de que sobreestima el grado de oxidación lipídica (Estévez *et al.*, 2009) indica que existe una limitación en los diferentes ensayos de medición del TBA y TBA-RS, dado que se promueve la oxidación en condiciones de calentamiento y acidez y por lo tanto, una sobreestimación de los compuestos presentes al momento de tomar la muestra del alimento. Por lo tanto, se sugiere purificar el TBA antes de realizar el ensayo, con antioxidantes como EDTA o BHT añadidos durante la destilación.

La oxidación lipídica en los embutidos cárnicos se ve favorecida por el tamaño de los glóbulos de grasa en la emulsión, ya que se incrementa la interfase agua/aceite, y esto aumenta la actividad de la lipasa. En el batido cárnico, la velocidad de oxidación depende de factores como el tamaño de partícula de las gotas de grasa, el área interfacial, la viscosidad de la fase acuosa, la composición y porosidad de la matriz y el pH (Decker, 2010).

Las materias primas son fundamentales para determinar las reacciones de degradación de los productos; en el caso de las salchichas elaboradas se utilizan ingredientes propensos a la oxidación como el CDM y la emulsión de pellejo, los cuales pueden incrementar la velocidad de reacción de la rancidez, al poseer altos porcentajes de grasa.

La carne cocida, es más susceptible a la oxidación lipídica debido a los cambios cualitativos y cuantitativos en los catalizadores que se forman durante el cocimiento, y a que existe una autólisis o desnaturalización de las lipoproteínas de las membranas, liberando fosfolípidos, fuente principal de ácidos grasos poliinsaturados los cuales son más susceptibles a la oxidación por su estructura y por la presencia de catalizadores de las reacciones de oxidación como el hierro no hemo (El-Nashi *et al.*, 2015; Fuentes, 2012).

### **5.3.5 Efecto del almacenamiento sobre el recuento de bacterias lácticas**

Para culminar el estudio de almacenamiento de las salchichas se determinó el recuento de bacterias lácticas, principales responsables de su deterioro microbiológico en condiciones de almacenamiento. Los resultados del análisis de variancia del recuento se muestran a continuación, en el **Cuadro XV**.

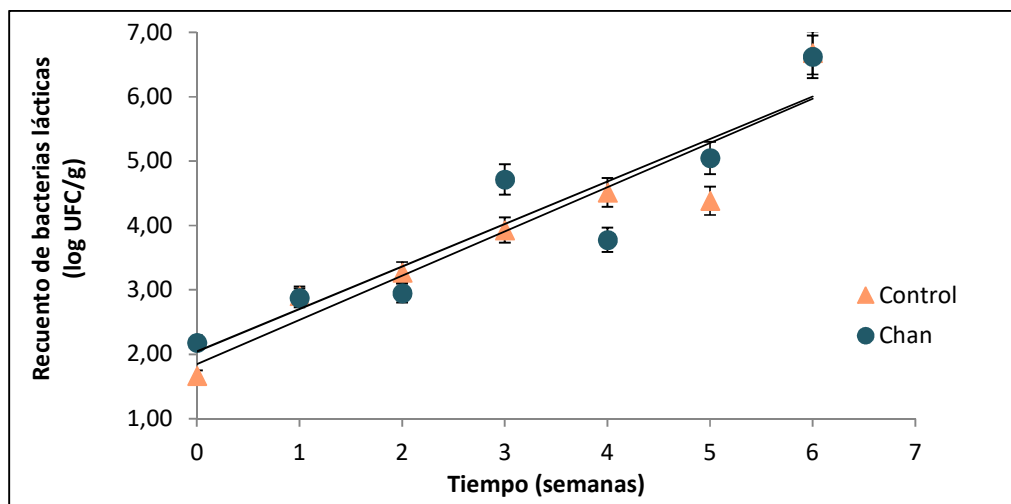
**Cuadro XV.** Análisis de variancia (ANDEVA) de los resultados del recuento de bacterias ácido lácticas obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control (n=38).

Efecto	GL	Valor F	Prob>F
Tiempo	1	15,6077	0,0004*
Tratamiento	1	0,0272	0,8700
Interacción	1	0,0197	0,8893
Lote	2	5,0478	0,0124*
<b>Potencia de prueba</b>		<b>0,91</b>	

\*Diferencia significativa con  $\alpha=0,05$ .

En el **Cuadro XV** se observa que a partir del ANDEVA se obtiene una diferencia significativa en el efecto del tiempo, lo cual es lógico para un recuento de bacterias de deterioro, ya que se multiplican de forma exponencial conforme avanza el tiempo. La potencia de la prueba es de 0,91 lo cual respalda los resultados obtenidos y permite extraer conclusiones confiables a partir de estos.

En la **Figura 14** se muestra el gráfico del comportamiento observado de las bacterias, elaborado a partir de los promedios de los recuentos obtenidos.



**Figura 14.** Promedios de los recuentos de bacterias ácido lácticas obtenidos del estudio de almacenamiento a 4°C de una salchicha con 1% de semilla de chan y una salchicha control, durante 6 semanas.

En la **Figura 14** se puede observar que la tendencia obtenida para ambos tratamientos corresponde con lo esperado, dado que hay un crecimiento en el recuento conforme se incrementa el tiempo de almacenamiento de las salchichas. No se encuentra diferencia entre el efecto generado por los tratamientos, es decir que ambos mantienen la misma estabilidad microbiológica en las salchichas.

Para los embutidos cárnicos empacados al vacío y almacenados en refrigeración, se espera la presencia de bacterias ácido lácticas como el principal microorganismo de deterioro, especialmente bacilos (Cayré *et al.*, 2005; Pintado *et al.*, 2016), los cuales dan un resultado positivo en la tinción de Gram y negativo en la prueba de catalasa.

Cuando se realizó la lectura de las placas incubadas de ambos tratamientos se podían observar algunas colonias con características diferentes, las cuales se incluyeron para realizar las pruebas confirmativas. La mayoría de colonias observadas fueron redondas, planas, tamaño mediano, y de apariencia lechosa, sin embargo, hubo otras con halo y relieve, otras con forma de flor y algunas de tamaño muy pequeño y apariencia transparente. Con el fin de comprobar la morfología de las colonias obtenidas en el recuento se realizaron pruebas confirmativas, cuyos resultados se muestran a continuación.

**Cuadro XVI.** Resumen de los resultados de las pruebas de morfología de las colonias encontradas en el recuento de bacterias ácido lácticas obtenidos en el estudio de almacenamiento una salchicha con 1% de chan y una salchicha control.

Morfología observada	Tinción de Gram	Prueba de catalasa
Bacilos	+	-/+
Cocos	-/+	-/+
Levaduras	NA	-
Cocobacilos	+	-

NA: No aplica

Como se muestra en el **Cuadro XVI**, al realizar las pruebas confirmativas se observó una variedad de microorganismos presentes no esperados. Se confirmó que las colonias que presentaban un halo y relieve eran cocos gram positivos, catalasa negativo, mientras que las colonias con forma de flor resultaron ser cocos gram positivos, catalasa positivo. Con respecto a las otras colonias que sólo se diferenciaban por su tamaño, no fue posible especificar un tipo de

microorganismo asociado a ellas, se encontraban bacilos, cocobacilos y hasta levaduras cuando se hicieron las pruebas confirmativas. En el **Cuadro** anterior se resume la variedad de microorganismos obtenidos, no sólo en su estructura sino también en sus características. En algunos casos se seleccionaron las colonias y se rayaron tanto en agar MRS como en agar estándar para comprobar su morfología.

Al analizar los resultados de las pruebas confirmatorias de forma semanal, se observó que inicialmente se encontraron cocos gram positivos, catalasa negativos y bacilos gram positivos y catalasa negativos. A 1 semana de almacenamiento, se encontraron además de los anteriores cocobacilos gram positivos y gram negativos y levaduras. En las siguientes 2 semanas se mantuvo la variedad de microorganismos pero se incrementó la cantidad de colonias de levaduras. Para la semana 4 aparecieron bacilos negativos, catalasa positivos y cocos gram positivos. Cabe resaltar que en este punto se incrementó la cantidad de colonias analizadas para tener un mejor panorama de los microorganismos presentes.

En la semana 5 de almacenamiento se observó un incremento en los bacilos gram positivos, catalasa negativos y consecuentemente una disminución del resto de microorganismos anteriormente encontrados. Este comportamiento se repitió para la semana final del estudio de almacenamiento, en la cual sólo se encontraron bacilos, todos catalasa negativos, sin embargo, algunos gram negativos también.

Según lo obtenido, al inicio logró reproducirse una variedad de microorganismos presentes en las salchichas, provenientes de las materias primas o el ambiente. La selectividad del medio MRS utilizado no excluye la posibilidad de que este u otro tipo de microorganismo se desarrolle, sin embargo, promueve y favorece el desarrollo de las bacterias ácido lácticas (Cayré *et al.*, 1999).

El comportamiento observado parece indicar que conforme se fue avanzando con el tiempo de almacenamiento, la cantidad de bacilos ácido lácticos fue incrementando hasta que la cantidad de ácido láctico producido fue suficiente para inhibir el crecimiento de los demás microorganismos que estaban presentes. Se ha demostrado la alta competitividad de las bacterias ácido lácticas contra otros microorganismos, relacionado con la producción de metabolitos de las reacciones propias de las bacterias (Lahtinen *et al.*, 2012).

Un aumento en las bacterias productoras de ácido láctico se asocia con una disminución en el pH del producto, lo cual usualmente ocurre durante el almacenamiento de los embutidos.

Sin embargo, en este caso no se observó una disminución significativa del pH, a pesar del incremento en el recuento de bacterias, lo que parece indicar que este crecimiento no fue suficiente para causar la reproducción desmedida y se logró mantener una acidez aceptable durante el tiempo de almacenamiento, lo cual indica estabilidad en las salchichas y considerando estas variables se considera apto para su consumo.

Con respecto a los valores calculados, se obtuvo que a las 6 semanas de almacenamiento, los recuentos se encontraban en el orden de 6,6 logaritmos, lo cual se considera aceptable para el tipo de producto y coincide con lo encontrado por otros autores como Andrés *et al.* (2006), donde reportaron recuentos menores a 7 log UFC/g después de 50 días de almacenamiento.

Se ha encontrado que el crecimiento de bacterias lácticas hasta  $10^7$  UFC/g no genera cambios evidentes en la calidad visual de salchichas tipo Viena; sin embargo, al sobrepasar este recuento se observa la formación de limo superficial, ocurre acumulación de exudado de color blanco e incluso se produce la pérdida de vacío en algunas muestras (Cayré *et al.*, 1999). Cuando se alcanza un recuento mayor a  $10^8$  UFC/g el producto se consideran no apto para el consumo humano (Korkeala *et al.*, 1989). Con base en lo obtenido, se puede definir que las salchichas mantienen su calidad microbiológica a las 5 semanas, donde se obtuvo un recuento de 5 log UFC/g, ya que para la última semana de medición se podía percibir un aroma indeseado; sin embargo, para determinar la vida útil debe realizarse un ensayo pertinente.

## 6. CONCLUSIONES

- El producto de mayor agrado resultó ser la salchicha formulada con 1% de semilla de chan.
- Un aumento en la cantidad de chan empleado en la formulación de las salchichas provoca una disminución en el agrado sensorial.
- Según la percepción de los consumidores, se logró elaborar una salchicha con textura similar a una tradicional, lo que significa que la semilla de chan y la proteína cárnica logran emular las cualidades de textura encontradas en las salchichas comerciales que contienen proteína de soya.
- De acuerdo con el análisis proximal, se puede elaborar una salchicha sustituyendo la proteína de soya con proteína cárnica y semilla de chan sin alterar su composición química y cumpliendo con lo establecido por la legislación según el RTCR-411, 2008.
- Agregar 1% de semilla de chan a la preparación de salchichas no permite obtener mejoras en su formulación desde el punto de vista de su composición nutricional.
- La sustitución de proteína de soya por semilla de chan y proteína cárnica en salchichas genera una mayor acidez inicial en el producto, significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) de la salchicha con soya; sin embargo, no es percibido por los consumidores y no afecta el comportamiento del pH durante el tiempo de almacenamiento.
- La utilización de semilla de chan y proteína cárnica en la elaboración de salchichas provoca un aumento en la capacidad de retención de agua y por ende, estabiliza la emulsión cárnica al disminuir la sinéresis en el producto final.
- De acuerdo con la prueba de corte, realizar la sustitución de la proteína de soya por semilla de chan y proteína cárnica no cambia la terneza de las salchichas a lo largo del tiempo de almacenamiento.
- Basándose en los resultados del análisis de TPA se obtiene que la sustitución de proteína de soya por semilla de chan y proteína cárnica no afecta la estabilidad de la textura durante el tiempo de almacenamiento de las salchichas.

- La adición de semilla de chan a las salchichas no modifica significativamente la oxidación lipídica ya que no se encuentra diferencia, tanto en el índice de peróxidos como en el número de TBA, entre las salchichas control y las salchichas con 1% de chan.
- La utilización de semilla de chan y proteína cárnica en la elaboración de salchichas no afecta la estabilidad microbiológica del producto.

## 7. RECOMENDACIONES

- Dado que los consumidores muestran rechazo por la apariencia generada por la adición de la harina de semilla de chan, se puede evaluar el uso del mucílago de la semilla de chan para la elaboración de embutidos emulsionados que no contengan proteína de soya, previendo un aumento en el costo final del producto.
- Evaluar la máxima cantidad aceptada de semilla de chan en salchichas mediante un análisis sensorial específico, para lograr elaborar un embutido emulsionado libre de alérgenos, con un mejor aporte nutricional, manteniendo las características tecnológicas de una salchicha tradicional.
- Se recomienda realizar la determinación de los ácidos grasos libres durante el tiempo del estudio de almacenamiento para obtener una medición complementaria sobre el desarrollo de la rancidez en las salchichas.
- Asociar el estudio de almacenamiento con un análisis sensorial de discriminación, dado que los consumidores pueden percibir características de deterioro de los productos que se pueden correlacionar con las determinaciones instrumentales y de esta manera determinar la vida útil de los productos de forma más confiable.
- Realizar un diagnóstico microbiológico de la carga inicial de la harina de chan, para conocer previamente los microorganismos que pueden estar presentes en el producto final y por lo tanto, afectar el deterioro y de esta manera realizar ajustes al método de determinación si fuese posible.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACÓN, Y.M. 2016. Evaluación del efecto antioxidante y antimicrobiano del orégano (*Origanum vulgare*) en polvo y en oleoresina y de la mostaza china (*Brassica rapa* var. *Perkinensis*) en polvo, como alternativa natural en productos cárnicos. Tesis de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- AGUIRRE, C., TORRES, I., MENDOZA-HERNÁNDEZ, G., GARCIA-GASCA, T., & BLANCO-LABRA, A. 2012. Analysis of protein fractions and some minerals present in chan (*Hyptis suaveolens* L.) seeds. *Journal of Food Science*. 77(1): 15–19.
- ANDRÉS, S., GARCÍA, M., ZARITZKY, N. & CALIFANO, A. 2006. Storage stability of low-fat chicken sausages. *Journal of Food Engineering*. 72:311-319.
- ANSORENA, D. & ASTIASARÁN, I. 2009. *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis: Ingredients: Meat, fat and salt*. 2 ed. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- AOAC. 2005. AOAC Official Method of Analysis 950.46B. Determinación de humedad.
- ARGUEDAS, A. 2014. Impacto del porcentaje de sustitución de grasa con chayote deshidratado sobre la estabilidad físico-química, microbiológica y sensorial e salchichas de pollo durante su almacenamiento en refrigeración. Tesis de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- BADUI, S. 1989. *Química de los alimentos*. 5 ed. México D.F., Alhambra.
- BARBUT, S. 2009. *Handbook of processed meats and poultry analysis: Texture analysis*. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- BELITZ, H-D., GROSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2009. *Food Chemistry*. 4 ed. Berlín, Springer.
- CAYRÉ, M.E., GARRO, O. & VIGNOLO, G. 2005. Effect of storage temperature and gas permeability of packaging film on the growth of lactic acid bacteria and *Brochothrix thermosphacta* in cooked meat emulsions. *Food Microbiology*. (22) 505-512.
- CAYRÉ, M.E., JUDIS, M. & GARRO, O. 1999. Población Microbiana Asociada con Salchichas Tipo Viena. Libro de actas de la Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE. 3: 143-146. Argentina.

- CHOI, Y. S.; CHOI, J. H.; HAN, D. J.; KIM, H. Y.; LEE, M. A.; KIM, H. W.; LEE, J. W.; CHUNG, H. J. & KIM, C. J. 2009. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*. 84: 212-218.
- CHRISTENSEN, L. 2012. Evaluation of textural properties of cooked beef batters. Tesis presentada a la Facultad de la Universidad estatal politécnica de California San Luis Obispo. EUA.
- CORTÉS, M., VALERA, E., MEZA, M., ALFARO, R.H., GUEMES, N., HERNÁNDEZ, J.F. & SOTO, S. 2010. Textura de salchichas elaboradas con mezclas de carne de pavo y pollo. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato.
- DÁVILA, P., FRANCHIN, P., OGLIARI, P. & VIEIRA, C. 2011. Estimation of shelf-life of hot dog sausage. *Italian Journal of Food Science*. 170-173.
- DECKER, E. A. & PARK, Y. 2010. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*. 86(1): 49–55.
- DE LA CRUZ-TORRES, L.F., PÉREZ-MARTÍNEZ, J.D., SÁNCHEZ-BECERRIL, M., TORO-VÁSQUEZ, J.F., MANCILLA-MARGALLI, N.A, OSUNA-CASTRO, J.A. & VILLAVELÁZQUEZ-MENDOZA, C.I. 2017. Physicochemical and functional properties of 11S globulin from chan (*Hyptis suaveolens* L. poit) seeds. *Journal of Cereal Science*. 77: 66-72.
- EL-NASHI, H., FATTAH, A., RAHMAN, N. & EL-RAZIK, M.M. 2015. Quality characteristics of beef sausage containing pomegranate peels during refrigerated storage. *Annals of Agriculture Science*. 60 (2): 403-412.
- ESTÉVEZ, M., MORCUENDE, D. & VENTANAS, S. 2009. *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis: Determination of Oxidation*. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- FÆSTE, C. 2011. *Food Allergens: Allergens in peanut, soybean and lupin*. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- FUENTES, G. 2012. Propiedades funcionales de la harina de semilla de chía (*Salvia hispanica* L) y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microscópicas en un batido cárnico. Tesis para optar por Especialidad en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F.
- GARCÍA, V. 1995. *Introducción a la Microbiología*. 2 ed. San José, EUNED.

- GÓMEZ, M., GALO, G. & CALDERÓN, V. 2004. Evaluación agronómica del Chan (*Hyptis suaveolens* L. Poit) como un cultivo alternativo para la producción de alimentos y fármacos en cuatro municipios del departamento de León, Nicaragua. UNAG-León.
- GOWDA, C. 1984. Polysaccharide components of the seed-coat mucilage from *Hyptis Suaveolens*. Phytochemistry. 23(2):337-338.
- GRANADOS, C., GUZMÁN, L. & ACEVEDO, D. 2013. Análisis proximal, sensorial y de textura de salchichas elaboradas con subproductos de la industria procesadora de atún (*Scombridae thunnus*). Información tecnológica. 24(6): 29-34.
- GUERRERO-LEGARRETA, I. 2009. Handbook of processed meats and poultry: Spoilage detection. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- HAYES, J., STEPANYAN, V., ALLEN, P., O'GRADY, M. & KERRY, J. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. Food Science and Technology. 44: 164-172.
- HERRERA, F., BETANCUR, D. & SEGURA, M. 2013. Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. Yucatán, Scielo.
- HETTIARARCHCHY, N. 2012. Food Proteins and Peptides: Chemistry, Funcionality, Interactions and Commercialization: Proteins and peptides of animal origin. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- HLEAP, J.I. & VELASCO, V.A. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. 8(2). 46-56.
- HUI, Y.H. 2012. Safe Practices for Sausage Production in the United States. In Aalhus, J.L., Cocolin, L., Guerrero-Legarreta, I., Nollet, L.M., Purchas, R.W., Schilling, M.W., Stanfield, P. & Xiong, Y.L. Handbook of Meat and Meat Processing. 2 ed. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- JIMÉNEZ-COLMENERO, F. & DELGADO-PANDO. 2013. Fiber enriched meat products in Fiber Rich and Wholegrain Foods. Woodhead Publishing Limited. 329-347.

- JIMÉNEZ, A. 2011. Estudio de mercado para hacer una comparación sobre la percepción de los consumidores de San Carlos y el gran área metropolitana (GAM) en relación con los embutidos. Tesis M.Sc. en Gerencia Agroempresarial. Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Posgrado. San José.
- JRIDI, M., ABDELHEDI, O., SOUISSI, N., KAMMOUN, M., NASRI, M. & AYADI, M.A. 2015. Improvement of the physicochemical, textural and sensory properties of meat sausage by edible cuttlefish gelatin addition. *Food Bioscience*. (12): 67-72.
- KIRK, R., SAWYER, R. & EGAN, H. 2009. *Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson*. 9 ed. México D.F., Patria.
- KORKEALA, H., ALANKO, T., MAKELA, P. & LINDROTH, S. 1989. Shelf-life of vacuum-packed cooked ring sausages at different chill temperatures. *International Journal of Food Microbiology*. 9: 237-247.
- LACK, G. 2008. Food allergy: Clinical practice. *The New England Journal of Medicine*. 359 (12): 1252-1260.
- LAHTINEN, S., OUWEHAND, A., SALMINEN, S. & VON WRIGHT, A. 2012. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*. 4 ed. Taylor & Francis Group.
- LAWLESS, H. & HAYMANN, H. 2010. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. 2 ed. New York, Springer.
- LI, L. 2015. Lipid composition and oxidation in dry-cured sausage during processing. *Resources, Environment and Engineering*. 367-371.
- MILLS, J. 2012. *Handbook of Meat and Meat Processing: Sources and control of microbial contamination on red meat*. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- MINTEL GROUP. 2015. *Processed Fish, Meat & Egg Products-Latest Product Launch Activity: Meat Products*. Londres.
- MINTEL GROUP. 2017. *Category Insight: Meat, Poultry and Fish*. Londres.
- MONTÚFAR-LÓPEZ, A. 2007. Las chías sagradas del Templo Mayor de Tenochtitlan. *Arqueología Mexicana*. 84: 82-85

- MORA, E. 2015. Formulación base y procesamiento de salchichas tradicionales de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José. Comunicación personal.
- MUSEO NACIONAL DE COSTA RICA. (museocostarica.go.cr). 2013. Ficha especie: *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Costa Rica. INTERNET. <http://ecobiosis.museocostarica.go.cr/especies/ficha/1/2710>.
- NAGHILI, H., TAJIK, H., MARDANI, K., RAZAVI-ROUHANI, S.M., EHSANI, A. & ZARE, P. 2013. Validation of drop plate technique for bacterial enumeration by parametric and nonparametric tests. *Veterinary research forum*. 4 (3): 179-183.
- NGOZI, L. U., UGOCHUKWU, N., IFEOMA, P. U., CHARITY, E. A., & CHINYELU, I. E. 2014. The Efficacy of *Hyptis Suaveolens*: A Review of Nutritional and Medicinal Applications. *European Journal of Medicinal Plants*. 4(6): 661–674.
- OGAWA, T. 2006. Soy in health and disease prevention: Soy allergy. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- OSPINA, S.M., RESTREPO, D.A. & LÓPEZ, J.H. 2011. Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación*. 8 (2): 163-172.
- PIERGIOVANNI, L. & LIMBO, S. 2009. Food Packaging and Shelf Life: Packaging and the shelf life of vegetable oils. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- PINTADO, T., HERRERO, A.M., JIMÉNEZ-COLMENERO, F. & RUIZ-CAPILLAS, C. 2016. Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health promoting ingredient. *Meat Science*. 114: 75-89.
- PRAZNIK, W., CAVARKAPA, A., UNGER, F.M., LOEPPERT, R., HOLZER, W., VIERNSTEIN, H. & MUELLER, M. 2017. Molecular dimensions and structural features of neutral polysaccharides from the seed mucilage of *Hyptis suaveolens* L. *Food Chemistry*. 221: 1997-2004.
- RÍOS, N., MÁRQUEZ, R., MENDOZA, X., ROJAS-FERMÍN, L., VELASCO, J., DÍAZ, T., MORA, F., YÁNEZ, C. & MELÉNDEZ, P. 2015. Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae) de los llanos venezolanos. *Revista peruana de Biología*. 22(1): 103-107.

- ROGERS, R. 2001. Manufacturing of reduced-fat, low-fat, and fat-free emulsion sausage. Meat Science and Applications. Marcel Dekker Inc. EUA.
- RTCR. 2008. RTCR-411. Productos cárnicos embutidos: Salchicha, salchichón, mortadela y chorizo. Especificaciones. Costa Rica.
- SÁNCHEZ, L. 2015. Índice de próxidos. P-SA-MQ-025. Emisión 3. CITA, San Pedro.
- SHAHIDI, F. & ZHONG, Y. 2005. Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Lipid Oxidation: Measurement Methods. Nueva Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- SKOOG, D., WEST, D., HOLLER, F.J. & CROUCH, S. 2005. Fundamentos de Química Analítica. 8 ed. Connecticut, Thomson.
- TAHMASEBI, M., LABBAFI, M., EMAM-DJOMEH, Z., & YARMAND, M. S. 2016. Manufacturing the novel sausages with reduced quantity of meat and fat: The product development, formulation optimization, emulsion stability and textural characterization. Food Science and Technology. (68): 76–84.
- UGALDE-BENÍTEZ, V. 2012. Handbook of Meat and Meat Processing: Meat Emulsions. 2 ed. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- VERA-ARZAVE, C., CRUZ, L., ARRIETA, J., CRUZ-HERNÁNDEZ, G., VELÁZQUEZ-MÉNDEZ, A.M., REYES-RAMÍREZ, A. & SÁNCHEZ-MENDOZA, M.E. 2012. Gastroprotection of Suaveolol, isolated from *Hyptis suaveolens*, against ethanol-induced gastric lesions in wistar rats: Role of prostaglandins, nitric oxide and sulfhydryls. Molecules. 17: 8917-8927.
- VERGARA-SANTANA, M.I., LEMUS-JUÁREZ, S. & BAYARDO-PARRA, R. Efecto de la selección artificial en el "Chan" (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Labiatae) sobre la morfología floral y la floración. Avances en investigación agropecuaria. 9 (3): 19-31.
- VILLANUEVA, N.D.M., PETENATE, A.J. & Da SILVA, M.A.A.P. 2005. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. Food Quality and Preference. (16): 691-703.
- VINDAS, L. 2014. Embutidos generan fuerte competencia a otras carnes. El Financiero, San José. Marzo 9.

- WALSTRA, P. 1996. Dispersed systems: Basic considerations. Food Chemistry. New York, Marcel Dekker. 95–155.
- WALTON, H. & REYES, J. 1983. Análisis Químico e Instrumental Moderno. Barcelona, Reverté.
- WEBER, C., GENTRY, H., KOHLHEPP, E. & McCROHAN, P. 1991. The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. Ecology of Food and Nutrition. 26: 119-125.
- WEHRMANN, J. & KROGUL, M.K. 1994. Determination of Dietary Fiber in a Variety of Foods. En IFT Annual Meeting and Food Expo. Atlanta, EUA.
- XIONG, Y. 2012. Handbook of Meat and Meat Processing: Nonmeat ingredients and additives. 2 ed. Boca Ratón, Taylor & Francis Group.
- ZUÑIGA, C. 2004. Recuento de Bacterias Acido Lácticas: Método de análisis. Servicios Analíticos. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, San José.

## 9. ANEXOS

### 9.1 Resultados intermedios obtenidos en el estudio

**Cuadro XVII.** Agrado general de diferentes formulaciones de salchichas con semilla de chan obtenido a partir del panel sensorial con consumidores.

Juez	F1	F2	F3	Juez	F1	F2	F3	Juez	F1	F2	F3
1	80	90	80	35	80	90	80	68	64	71	64
2	95	84	95	36	64	60	64	69	72	71	72
3	94	24	94	37	69	59	69	70	76	77	76
4	72	48	72	38	90	70	90	71	81	76	81
5	48	70	48	39	76	84	76	72	75	70	75
6	47	63	47	40	36	54	36	73	77	97	77
7	70	80	70	41	-	71	-	74	26	75	26
8	60	48	60	42	70	80	70	75	38	54	38
9	70	40	70	43	38	77	38	76	71	80	71
10	84	75	84	44	72	91	72	77	87	81	87
11	60	70	60	45	40	82	40	78	61	71	61
12	7	66	7	46	80	80	80	79	64	66	64
13	70	62	70	47	53	85	53	80	85	84	85
14	60	70	60	48	81	80	81	81	44	79	44
15	45	84	45	49	74	81	74	82	67	91	67
16	87	90	87	50	91	91	91	83	64	64	64
17	79	81	79	51	24	76	24	84	60	53	60
18	70	98	70	52	81	77	81	85	48	48	48
19	87	76	87	53	40	81	40	86	60	92	60
20	-	100	-	54	60	61	60	87	35	38	35
21	9	9	9	55	95	93	95	88	72	85	72
22	75	-	75	56	69	70	69	89	90	81	90
23	70	100	70	57	50	50	50	90	70	76	70
24	51	48	51	58	86	91	86	91	86	60	86
25	25	25	25	59	45	54	45	92	70	87	70
26	87	72	87	60	93	81	93	93	61	48	61
27	94	80	94	61	70	70	70	94	83	86	83
28	70	65	70	62	71	61	71	95	40	48	40
29	71	70	71	63	81	80	81	96	88	81	88
30	90	60	90	64	65	23	65	97	35	40	35
31	2	52	2	65	35	19	35	98	70	81	70
32	60	48	60	66	42	63	42	99	86	85	86
33	29	48	29	67	52	40	52	100	65	83	65
34	70	90	70	-	-	-	-	-	-	-	-



**Cuadro XVIII.** Resultados obtenidos del análisis proximal realizado a 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tratamiento	Repetición	Humedad (±0,6%)	Grasa (±0,6%)	Cenizas (±0,02%)	Proteína (±0,1%)	Carbohidratos (±0,4%)	Fibra (±0,3%)
Control	1	69,6	8,8	2,32	13,1	6,18	1,4
Control	1	69,9	9,3	2,34	13,1	5,37	1,2
Control	2	70,3	9,7	2,32	13,0	4,59	1,5
Control	2	69,0	10,5	2,32	12,8	5,35	1,5
Control	3	69,6	9,4	2,28	13,5	5,29	1,5
Control	3	69,7	9,3	2,29	13,4	5,31	1,3
Chan	1	70,1	9,0	2,26	12,9	5,78	1,2
Chan	1	69,8	9,1	2,27	12,9	5,86	1,2
Chan	2	68,6	10,3	2,27	13,0	5,90	1,3
Chan	2	68,6	9,9	2,26	12,7	6,45	1,2
Chan	3	69,1	10,1	2,19	13,1	5,51	1,4
Chan	3	69,2	9,9	2,24	13,8	4,89	1,4

**Cuadro XIX.** Promedios de los valores de pH obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	pH
0	1	Control	6,43
1	1	Control	6,80
2	1	Control	6,55
3	1	Control	6,41
4	1	Control	6,53
5	1	Control	6,62
6	1	Control	6,52
0	2	Control	6,73
1	2	Control	6,51
2	2	Control	6,45
3	2	Control	6,51
4	2	Control	6,65
5	2	Control	6,48
6	2	Control	-
0	3	Control	6,50
1	3	Control	6,40
2	3	Control	6,51
3	3	Control	6,64
4	3	Control	6,50
5	3	Control	-
6	3	Control	6,50

**Continuación de Cuadro XIX.** Promedios de los valores de pH obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	pH
0	1	Chan	6,40
1	1	Chan	6,68
2	1	Chan	6,46
3	1	Chan	6,40
4	1	Chan	6,44
5	1	Chan	6,56
6	1	Chan	6,42
0	2	Chan	6,58
1	2	Chan	6,46
2	2	Chan	6,36
3	2	Chan	6,42
4	2	Chan	6,54
5	2	Chan	6,40
6	2	Chan	-
0	3	Chan	6,41
1	3	Chan	6,34
2	3	Chan	6,41
3	3	Chan	6,55
4	3	Chan	6,41
5	3	Chan	-
6	3	Chan	6,42

**Cuadro XX.** Promedios de los resultados de sinéresis obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	Pérdida de masa (g)
0	1	Control	0,05
1	1	Control	0,24
2	1	Control	1,01
3	1	Control	1,26
4	1	Control	2,00
5	1	Control	1,75
6	1	Control	3,34
0	2	Control	0,02
1	2	Control	0,23
2	2	Control	0,75
3	2	Control	0,84
4	2	Control	1,80
5	2	Control	2,18
6	2	Control	-
0	3	Control	0,02
1	3	Control	0,20
2	3	Control	0,72
3	3	Control	1,15
4	3	Control	1,98
5	3	Control	-
6	3	Control	2,63
0	1	Chan	0,06
1	1	Chan	0,10
2	1	Chan	0,44
3	1	Chan	1,44
4	1	Chan	1,65
5	1	Chan	1,15
6	1	Chan	2,77
0	2	Chan	0,06
1	2	Chan	0,16
2	2	Chan	0,58
3	2	Chan	0,70
4	2	Chan	1,34
5	2	Chan	1,22
6	2	Chan	-
0	3	Chan	0,02
1	3	Chan	0,23
2	3	Chan	0,76
3	3	Chan	1,15
4	3	Chan	1,56
5	3	Chan	-
6	3	Chan	2,36

**Cuadro XXI.** Promedios de los resultados de índice de peróxidos obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	IP (mmol I <sub>2</sub> /kg TAG)
0	1	Control	2,92
1	1	Control	20,18
2	1	Control	3,88
3	1	Control	11,88
4	1	Control	16,29
5	1	Control	49,63
6	1	Control	27,74
0	2	Control	40,14
1	2	Control	81,03
2	2	Control	11,57
3	2	Control	132,29
4	2	Control	9,35
5	2	Control	100,39
6	2	Control	-
0	3	Control	12,37
1	3	Control	24,38
2	3	Control	105,04
3	3	Control	13,45
4	3	Control	32,01
5	3	Control	-
6	3	Control	12,18
0	1	Chan	1,73
1	1	Chan	23,74
2	1	Chan	3,86
3	1	Chan	249,68
4	1	Chan	43,98
5	1	Chan	20,86
6	1	Chan	52,73
0	2	Chan	33,26
1	2	Chan	15,25
2	2	Chan	12,82
3	2	Chan	81,83
4	2	Chan	14,90
5	2	Chan	33,84
6	2	Chan	-
0	3	Chan	13,00
1	3	Chan	18,41
2	3	Chan	24,93
3	3	Chan	12,62
4	3	Chan	49,84
5	3	Chan	-
6	3	Chan	87,26

**Cuadro XXII.** Promedios de los resultados de número de TBA obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	TBA (mgMAD/kg)
0	1	Control	0,0575
1	1	Control	0,4150
2	1	Control	0,1729
3	1	Control	0,1921
4	1	Control	-
5	1	Control	0,4612
6	1	Control	0,2306
0	2	Control	0,5632
1	2	Control	0,6401
2	2	Control	0,3117
3	2	Control	-
4	2	Control	0,2012
5	2	Control	0,1022
6	2	Control	-
0	3	Control	0,2473
1	3	Control	0,2470
2	3	Control	-
3	3	Control	0,3112
4	3	Control	0,1947
5	3	Control	-
6	3	Control	0,3110
0	1	Chan	0,2083
1	1	Chan	0,1698
2	1	Chan	0,1916
3	1	Chan	0,5663
4	1	Chan	-
5	1	Chan	0,3201
6	1	Chan	0,0242
0	2	Chan	0,2356
1	2	Chan	0,1253
2	2	Chan	0,1212
3	2	Chan	-
4	2	Chan	0,1742
5	2	Chan	0,0481
6	2	Chan	-
0	3	Chan	0,1095
1	3	Chan	0,2278
2	3	Chan	-
3	3	Chan	0,2119
4	3	Chan	0,1011
5	3	Chan	-
6	3	Chan	0,1763

**Cuadro XXIII.** Promedios de los recuentos de bacterias lácticas obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repeticón	Tratamiento	Recuento (log UFC/g)
0	1	Control	2,34
1	1	Control	3,38
2	1	Control	7,38
3	1	Control	4,00
4	1	Control	4,13
5	1	Control	5,96
6	1	Control	7,33
0	2	Control	1,70
1	2	Control	3,43
2	2	Control	1,48
3	2	Control	0,95
4	2	Control	3,35
5	2	Control	2,81
6	2	Control	-
0	3	Control	0,95
1	3	Control	1,90
2	3	Control	0,95
3	3	Control	6,83
4	3	Control	6,06
5	3	Control	-
6	3	Control	6,04
0	1	Chan	2,08
1	1	Chan	4,80
2	1	Chan	6,94
3	1	Chan	3,81
4	1	Chan	3,12
5	1	Chan	7,72
6	1	Chan	7,48
0	2	Chan	2,23
1	2	Chan	2,23
2	2	Chan	0,95
3	2	Chan	7,05
4	2	Chan	0,95
5	2	Chan	2,38
6	2	Chan	-
0	3	Chan	2,23
1	3	Chan	1,60
2	3	Chan	0,95
3	3	Chan	3,29
4	3	Chan	7,24
5	3	Chan	-
6	3	Chan	5,76

**Cuadro XXIV.** Promedios de la fuerza de corte obtenidos en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	Fuerza (N)
0	1	Control	11,191
1	1	Control	10,708
2	1	Control	11,276
3	1	Control	14,596
4	1	Control	14,671
5	1	Control	11,126
6	1	Control	11,687
0	2	Control	9,769
1	2	Control	9,893
2	2	Control	14,01
3	2	Control	14,201
4	2	Control	10,421
5	2	Control	10,924
6	2	Control	-
0	3	Control	9,388
1	3	Control	13,723
2	3	Control	13,262
3	3	Control	11,007
4	3	Control	11,061
5	3	Control	-
6	3	Control	12,358
0	1	Chan	9,301
1	1	Chan	9,836
2	1	Chan	10,238
3	1	Chan	13,570
4	1	Chan	13,555
5	1	Chan	9,796
6	1	Chan	10,546
0	2	Chan	10,087
1	2	Chan	9,181
2	2	Chan	13,049
3	2	Chan	12,922
4	2	Chan	9,570
5	2	Chan	10,144
6	2	Chan	-
0	3	Chan	9,504
1	3	Chan	13,619
2	3	Chan	13,063
3	3	Chan	10,236
4	3	Chan	10,992
5	3	Chan	-
6	3	Chan	10,185

**Cuadro XXV.** Promedios del parámetro de dureza obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	Dureza (N)
0	1	Control	56,3826
1	1	Control	54,7700
2	1	Control	55,6966
3	1	Control	53,9902
4	1	Control	55,5796
5	1	Control	54,2950
6	1	Control	62,4606
0	2	Control	51,8200
1	2	Control	52,2598
2	2	Control	47,0812
3	2	Control	53,4110
4	2	Control	51,7076
5	2	Control	50,0452
6	2	Control	-
0	3	Control	47,3958
1	3	Control	56,9850
2	3	Control	50,3719
3	3	Control	47,6900
4	3	Control	53,0241
5	3	Control	-
6	3	Control	56,8067
0	1	Chan	43,984
1	1	Chan	44,3402
2	1	Chan	58,0024
3	1	Chan	54,7328
4	1	Chan	47,227
5	1	Chan	56,5242
6	1	Chan	50,4578
0	2	Chan	57,9758
1	2	Chan	50,4738
2	2	Chan	50,8822
3	2	Chan	43,7662
4	2	Chan	46,452
5	2	Chan	48,2014
6	2	Chan	-
0	3	Chan	53,5136
1	3	Chan	49,705
2	3	Chan	47,9587
3	3	Chan	50,937
4	3	Chan	52,5855
5	3	Chan	-
6	3	Chan	54,4568



**Cuadro XXVI.** Promedios del parámetro de elasticidad obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	Elasticidad (mm)
0	1	Control	8,746
1	1	Control	8,744
2	1	Control	8,590
3	1	Control	8,578
4	1	Control	8,848
5	1	Control	8,679
6	1	Control	8,919
0	2	Control	8,844
1	2	Control	8,802
2	2	Control	8,683
3	2	Control	8,846
4	2	Control	8,809
5	2	Control	8,978
6	2	Control	-
0	3	Control	8,867
1	3	Control	8,883
2	3	Control	8,866
3	3	Control	8,899
4	3	Control	8,973
5	3	Control	-
6	3	Control	8,836
0	1	Chan	8,641
1	1	Chan	8,728
2	1	Chan	8,678
3	1	Chan	8,645
4	1	Chan	8,528
5	1	Chan	8,677
6	1	Chan	8,602
0	2	Chan	8,644
1	2	Chan	8,789
2	2	Chan	8,712
3	2	Chan	8,572
4	2	Chan	8,682
5	2	Chan	8,750
6	2	Chan	-
0	3	Chan	8,846
1	3	Chan	8,814
2	3	Chan	8,839
3	3	Chan	8,823
4	3	Chan	8,878
5	3	Chan	-
6	3	Chan	8,816

**Cuadro XXVII.** Promedios del parámetro de cohesividad obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	Cohesividad
0	1	Control	0,714
1	1	Control	0,728
2	1	Control	0,733
3	1	Control	0,733
4	1	Control	0,742
5	1	Control	0,730
6	1	Control	0,743
0	2	Control	0,708
1	2	Control	0,720
2	2	Control	0,749
3	2	Control	0,738
4	2	Control	0,741
5	2	Control	0,734
6	2	Control	-
0	3	Control	0,736
1	3	Control	0,733
2	3	Control	0,747
3	3	Control	0,739
4	3	Control	0,748
5	3	Control	-
6	3	Control	0,770
0	1	Chan	0,711
1	1	Chan	0,717
2	1	Chan	0,709
3	1	Chan	0,718
4	1	Chan	0,733
5	1	Chan	0,702
6	1	Chan	0,723
0	2	Chan	0,697
1	2	Chan	0,726
2	2	Chan	0,729
3	2	Chan	0,733
4	2	Chan	0,748
5	2	Chan	0,741
6	2	Chan	-
0	3	Chan	0,71
1	3	Chan	0,731
2	3	Chan	0,754
3	3	Chan	0,74
4	3	Chan	0,713
5	3	Chan	-
6	3	Chan	0,722

**Cuadro XXVIII.** Promedios del parámetro de masticabilidad obtenidos a partir del análisis de TPA realizado en el estudio de almacenamiento de 3 lotes de producción de salchicha con 1% de chan y salchicha control.

Tiempo (semanas)	Repetición	Tratamiento	Masticabilidad (N*m)
0	1	Control	0,352
1	1	Control	0,347
2	1	Control	0,350
3	1	Control	0,340
4	1	Control	0,363
5	1	Control	0,342
6	1	Control	0,411
0	2	Control	0,324
1	2	Control	0,328
2	2	Control	0,306
3	2	Control	0,345
4	2	Control	0,338
5	2	Control	0,330
6	2	Control	-
0	3	Control	0,309
1	3	Control	0,371
2	3	Control	0,333
3	3	Control	0,313
4	3	Control	0,356
5	3	Control	-
6	3	Control	0,388
0	1	Chan	0,270
1	1	Chan	0,276
2	1	Chan	0,357
3	1	Chan	0,339
4	1	Chan	0,294
5	1	Chan	0,344
6	1	Chan	0,313
0	2	Chan	0,349
1	2	Chan	0,322
2	2	Chan	0,322
3	2	Chan	0,275
4	2	Chan	0,301
5	2	Chan	0,312
6	2	Chan	-
0	3	Chan	0,334
1	3	Chan	0,32
2	3	Chan	0,318
3	3	Chan	0,332
4	3	Chan	0,334
5	3	Chan	-
6	3	Chan	0,347

## 9.2 Efecto de la concentración de semilla de chan sobre el agrado de los consumidores

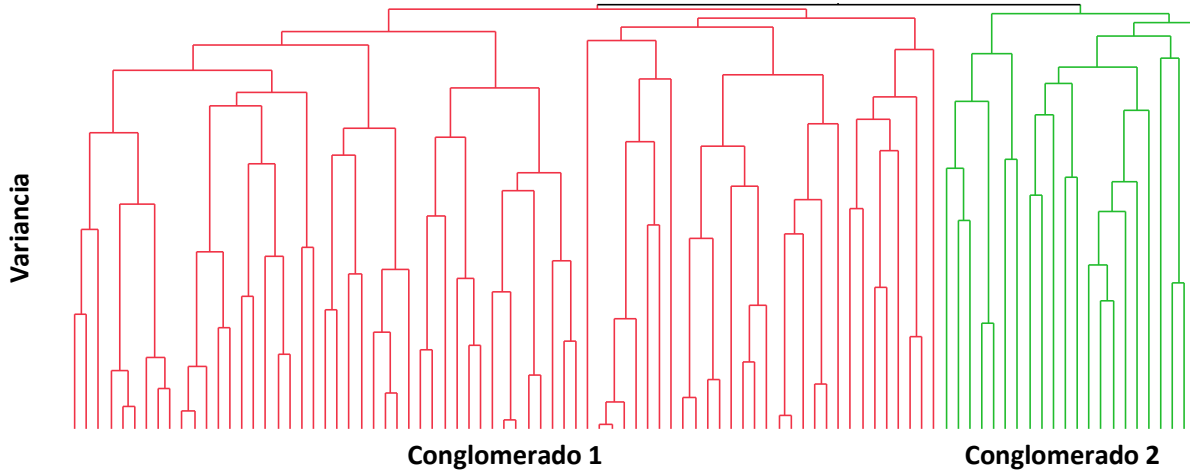


Figura 15. Dendrograma de la distribución de los consumidores en el análisis de conglomerados de la prueba sensorial de agrado.

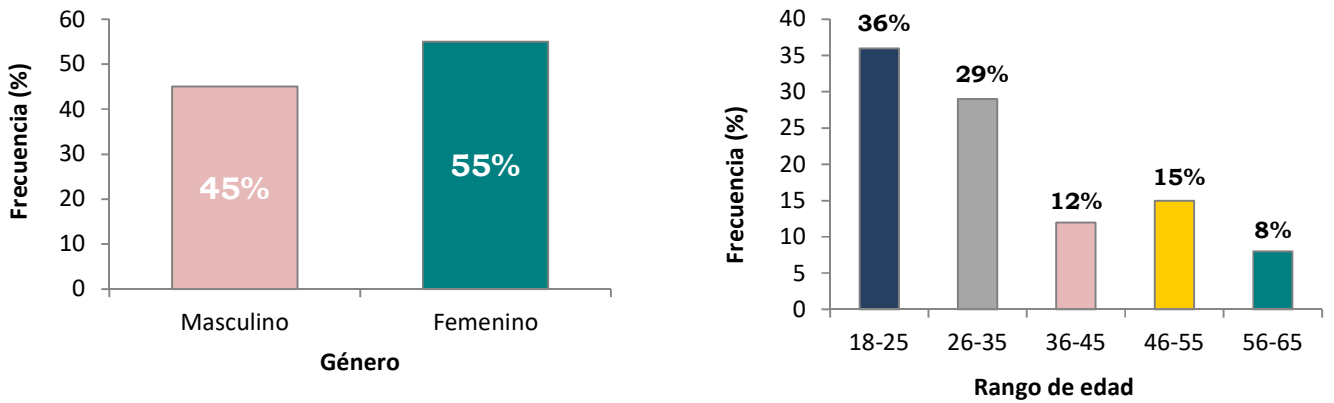
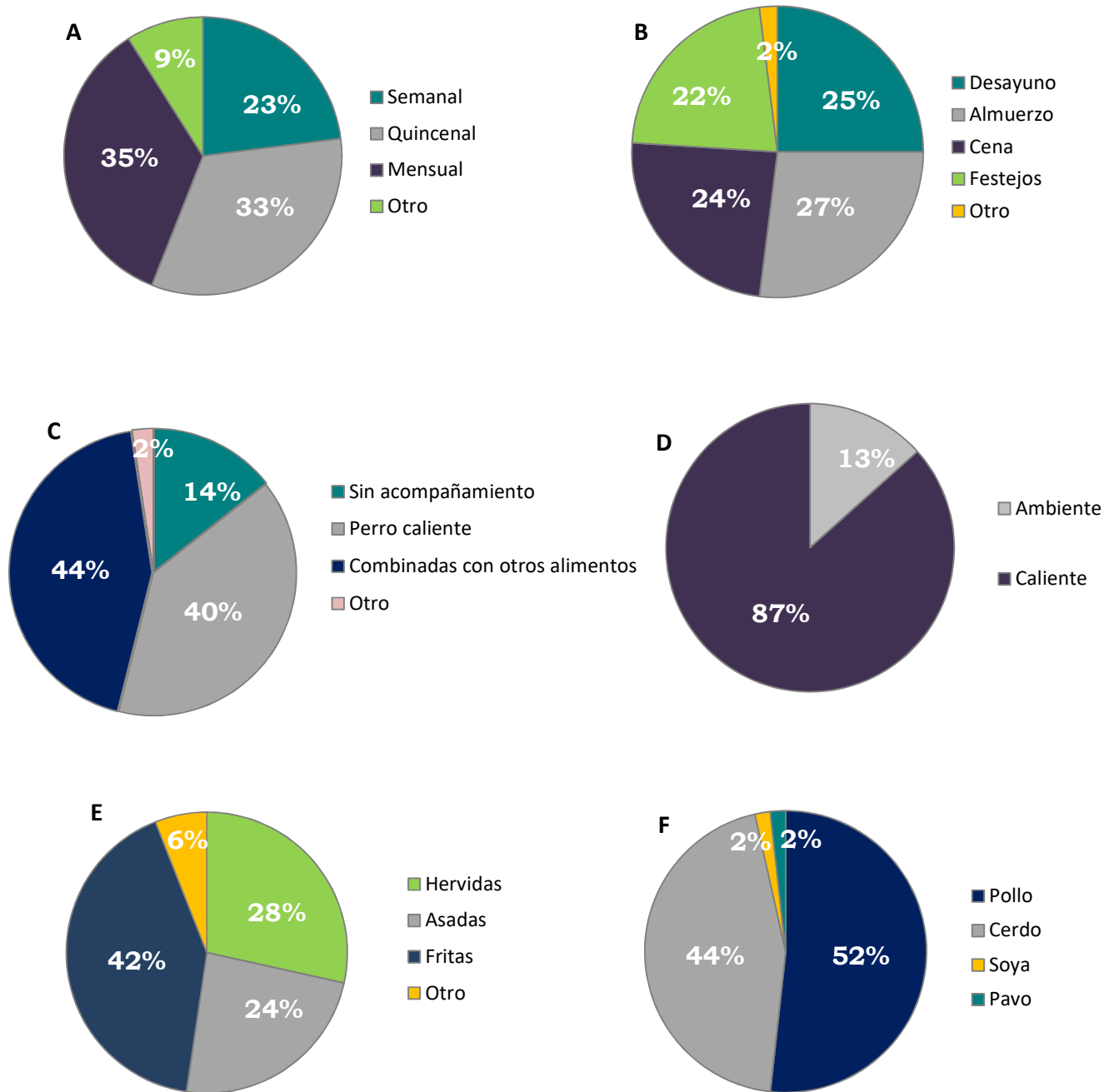
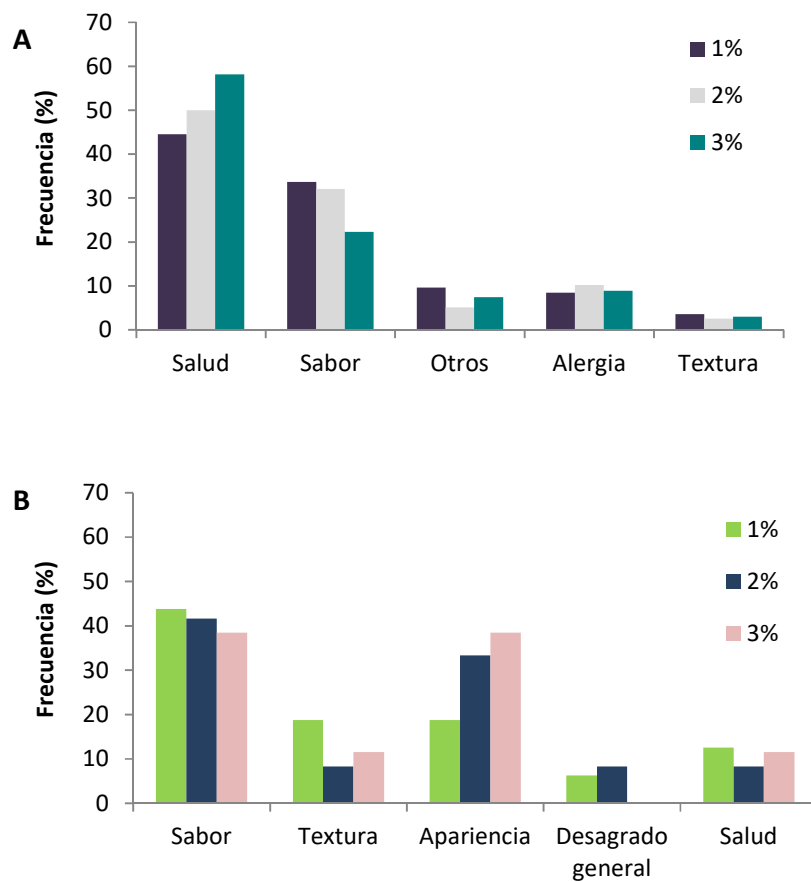


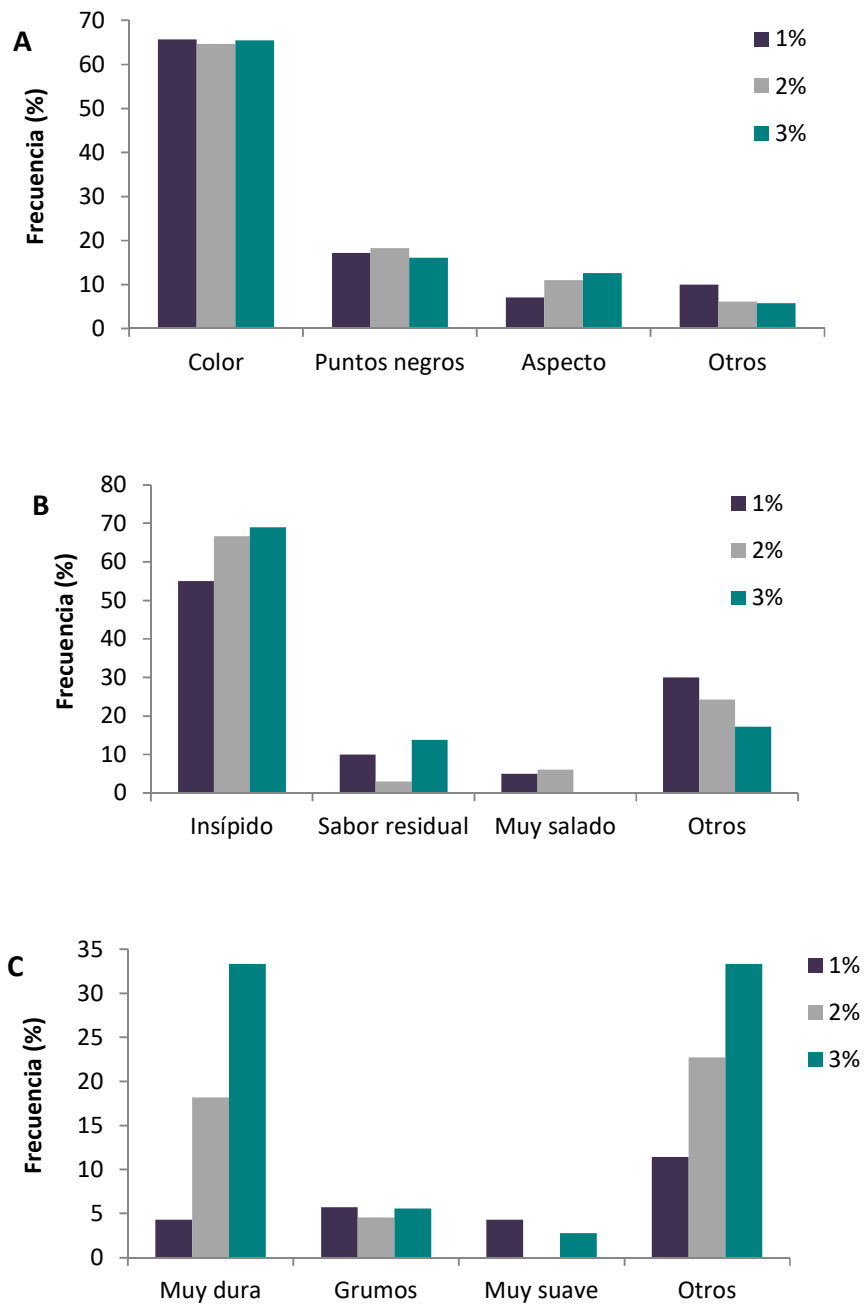
Figura 16. Información demográfica de los consumidores de salchichas utilizados como panelistas para el análisis sensorial.



**Figura 17.** Hábitos de consumo de salchichas de los consumidores utilizados como panelistas para el análisis sensorial. A) Frecuencia de consumo B) Ocasiones de consumo C) Modo de consumo D) Temperatura de consumo E) Modo de cocción F) Tipo de salchicha consumida.



**Figura 18.** Justificación de decisión de compra de salchichas con distintos porcentajes de semilla de chan (1%, 2% y 3%) por parte de panelistas evaluadores. A) Comprarían el producto B) No comprarían el producto.



**Figura 19.** Cambios sugeridos por los panelistas sobre los atributos de las salchichas con distintos porcentajes de semilla de chan (1%, 2% y 3%) A) Apariencia B) Sabor C) Textura.

### 9.3 Herramienta de evaluación utilizada en el análisis sensorial con consumidores.

Laboratorio Análisis Sensorial, CITA

**Prueba de aceptación  
Salchichas "saludables"**

Consumidor N°: 100 99 Fecha: 9/02/07

Antes de iniciar la prueba favor de completar la siguiente información y responder las siguientes preguntas.

Rango de Edad (en años): señale con X (equis)  
(17 a 25) (26 a 35) (36 a 45) (46 a 55) (56 a 65) (Mayor a 65)

Género: 1. Femenino \_\_\_ 2. Masculino \_\_\_

**Primera parte: Hábitos de consumo de salchichas. Marque con X o complete la pregunta por favor**

1. ¿Con qué frecuencia consume usted salchichas? Anote el número de veces que lo hace en la opción seleccionada.

Semanal \_\_\_ Quincenal \_\_\_ Mensual \_\_\_ Otro: \_\_\_

2. ¿En que ocasiones las consume?

Desayuno \_\_\_ Almuerzo \_\_\_ Cena \_\_\_ En festejos \_\_\_ Otro: \_\_\_

3. ¿Cómo le gusta comer las salchichas?

Sin acompañamiento (solas) \_\_\_ Tipo perro caliente (con pan y aderezos) \_\_\_  
Combinadas con otros alimentos \_\_\_  
Otro: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué tipo de salchicha compra usted con mayor frecuencia?

Pollo \_\_\_ Cerdo \_\_\_ Soya \_\_\_

5. ¿A que temperatura come las salchichas?

Frias (al ambiente) \_\_\_ Calientes \_\_\_

6. ¿Cuando cocina salchichas cómo lo hace?

Hervidas \_\_\_ Asadas: \_\_\_ Fritas: \_\_\_ Otro: \_\_\_\_\_

**Segunda Parte: Evaluación de agrado en general**

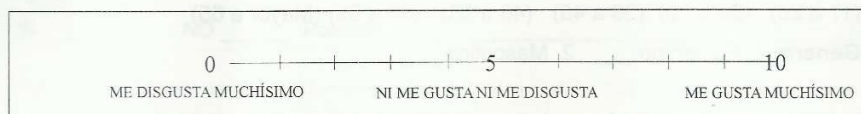
Muchas gracias por su colaboración

1



A continuación pruebe y **califique por su agrado general** cada una de las **muestras de salchicha**. Siga la secuencia indicada en la hoja de evaluación de acuerdo a la numeración de las muestras de salchicha. Califique las muestras con la escala de agrado que se le presenta. **Señale su respuesta con una línea vertical sobre la línea horizontal de la escala, puede ubicar su respuesta en cualquier lugar de la línea.** Se debe tomar agua y galleta de soda entre muestras para limpiar la boca antes de continuar con la siguiente muestra.

Muestra: 896



¿Compraría usted este tipo de “salchicha” sabiendo que es un alimento “más saludable” al haberle sustituido un ingrediente que podría causar alergia en personas susceptibles por otro ingrediente que no lo es? Indique la razón de su respuesta.

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Porqué? \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse el aspecto / color de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse el sabor de la salchicha?

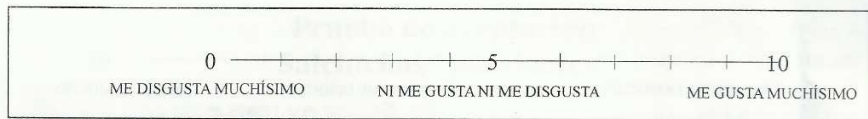
No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse la textura de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

Muestra: \_\_\_\_\_

Muchas gracias por su colaboración



¿Compraría usted este tipo de “salchicha” sabiendo que es un alimento “más saludable” al haberle sustituido un ingrediente que podría causar alergia en personas susceptibles por otro ingrediente que no lo es? Indique la razón de su respuesta.

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Porqué? \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse el aspecto / color de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse el sabor de la salchicha?

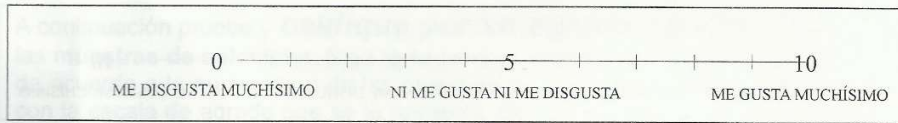
No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse la textura de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

Muestra: \_\_\_\_\_

Muchas gracias por su colaboración



¿Compraría usted este tipo de "salchicha" sabiendo que es un alimento "más saludable" al haberle sustituido un ingrediente que podría causar alergia en personas susceptibles por otro ingrediente que no lo es? Indique la razón de su respuesta.

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Porqué? \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse el aspecto / color de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse el sabor de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

¿Considera usted qué debe mejorarse la textura de la salchicha?

No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Explique: \_\_\_\_\_

Muchas gracias por su colaboración