

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciada en Ingeniería de  
Alimentos

**Efecto de la sustitución parcial o total de almidón de papa con fibra de soya en las  
características fisicoquímicas y sensoriales de un salchichón**

Elaborado por:  
Michelle Herrera Corella  
Carné: B33354

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Agosto, 2020

**Tribunal Examinador**

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

Elaborado por:

Michelle Herrera Corella

Aprobado por:



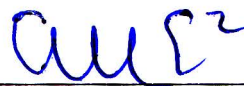
PhD. Elba Cubero Castillo

Presidente del tribunal



M.G.A. Yorleny Araya Quesada

Directora del proyecto



Licda. Edel Solís Solís.

Asesora del proyecto



Licda. Eliana Mora Peraza

Asesora del proyecto



M.Sc. Adriana Araya Morice

Profesora designada

## Agradecimientos

Agradezco a mi familia por su constante apoyo en este proceso. A mami, por sus palabras de aliento, por motivarme a seguir adelante siempre, recordarme que puedo hacerlo y decirme que cuento con ella; pero sobre todo ser ejemplo de lucha, perseverancia y fuerza. Y junto a ella, a mis hermanos: Cami y Marco por soportar mis días de estrés y por creer en mí. A papi por su aporte intelectual en el tema de mi tesis. Y a mis hermanos por estar para mí. A mi hermana Stephanie, por siempre decirme lo orgullosa que se siente de mí con su “que carga, Mich” y mis amadas sobrinas: Bri y Jime, que con su amor me motivan a ser ejemplo para ellas.

A Yorle por ser excelente directora de tesis, por presionarme cuando lo necesitaba pero también siempre ofrecerme que la buscara si sentía que no lo estaba logrando. Por ayudarme en todas las pruebas, por motivarme a hacerlo y acompañarme en el proceso. No podría haber tenido mejor directora de tesis.

A Xime, por su ayuda y compañía durante el proceso de elaboración y pruebas físicas de este proceso. Por siempre recordarme que tengo la capacidad de hacerlo y de una excelente manera. Y por ser pañuelo de lágrimas, juntas en este proceso agotador.

A Cris, mi primera amiga de la U, por estar siempre conmigo, por escucharme y apoyarme. Por alegrarse, incluso hasta por mi tema de tesis. Por ayudarme en los dos paneles, por siempre ofrecerme ayuda y de verdad estar dispuesta a hacerlo, por ser mi modelo de manos en la tesis.

A Lu, Mari y Mari, por siempre estar pendientes de mí, por apoyarme, por sentirse orgullosas de mi trabajo y querer saber sobre él.

A doña Edel y doña Eliana, por el tiempo, la paciencia y la guía durante este tiempo.

A Geova por ayudarme en el laboratorio de química, por siempre ofrecer una conversación para distraerse, y por curarme siempre las quemaduras de mano y dolores de panza. A Luis también por su ayuda en el laboratorio.

A Luis David, por ayudarme siempre en las madrugadas cuando llegaba a la escuela.

A la profe Elba por su ayuda en el panel entrenado y a la profe María Lourdes por su ayuda con el texturómetro.

## Índice General

<b>Tribunal Examinador .....</b>	<b><i>i</i></b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b><i>ii</i></b>
<b>Índice General .....</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>Índice de cuadros.....</b>	<b><i>vi</i></b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b><i>viii</i></b>
<b>Resumen .....</b>	<b><i>x</i></b>
<b>1. Justificación .....</b>	<b><i>1</i></b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b><i>4</i></b>
2.1 Objetivo general.....	<b><i>4</i></b>
2.2 Objetivos específicos .....	<b><i>4</i></b>
<b>3. Marco teórico .....</b>	<b><i>5</i></b>
3.1 Salchichón: ¿qué es? .....	<b><i>5</i></b>
3.2 Ingredientes y sus usos .....	<b><i>5</i></b>
3.2.1 Ingredientes cárnicos.....	<b><i>6</i></b>
3.2.2 Ingredientes no cárnicos .....	<b><i>7</i></b>
3.2.2.1 Agua.....	<b><i>7</i></b>
3.2.2.2 Sal .....	<b><i>7</i></b>
3.2.2.3 Fosfatos .....	<b><i>8</i></b>
3.2.2.4 Sal de cura .....	<b><i>8</i></b>
3.2.2.5 Agentes reductores .....	<b><i>9</i></b>
3.2.2.6 Proteína no cárnica .....	<b><i>9</i></b>
3.2.2.7 Rellenos .....	<b><i>10</i></b>
3.3 Pruebas fisicoquímicas para la caracterización de embutidos .....	<b><i>15</i></b>
3.3.1 Análisis proximal.....	<b><i>15</i></b>
3.3.2 Color.....	<b><i>16</i></b>

3.3.3	$a_w$ .....	17
3.3.4	Textura.....	18
3.3.4.1	Textura instrumental.....	18
3.3.4.2	Textura sensorial .....	19
3.3.5	Análisis sensorial.....	20
4.	<i>Materiales y métodos</i> .....	<b>22</b>
4.1	Localización.....	<b>22</b>
4.2	Materia Prima .....	<b>22</b>
4.3	Proceso de elaboración de salchichón .....	<b>22</b>
4.3.1	Molienda.....	23
4.3.2	Mezclado .....	24
4.3.3	Embutido .....	24
4.3.4	Cocción .....	24
4.3.5	Enfriamiento .....	24
4.3.6	Almacenamiento.....	25
4.4	Pruebas preliminares.....	<b>25</b>
4.4.1	Determinación de la capacidad de retención de agua .....	25
4.5	Determinación del efecto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya en las propiedades fisicoquímicas. ....	<b>25</b>
4.5.1	Diseño experimental.....	25
4.5.2	Métodos de análisis.....	27
4.5.3	Análisis de resultados .....	28
4.6	Evaluar el impacto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya sobre el agrado general de los consumidores y la textura sensorial para saber si hay diferencia entre los salchichones.....	<b>29</b>
4.6.1	Diseño experimental.....	29
4.6.2	Métodos de análisis.....	29

4.6.3	Análisis de datos .....	34
4.7	Determinación del costo de los salchichones con sustitución de almidón por fibra y del control .....	<b>34</b>
5.	<i>Discusión de Resultados</i> .....	<b>35</b>
5.1	Determinación del efecto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya en las propiedades fisicoquímicas .....	<b>35</b>
5.1.1	Textura.....	35
5.1.2	Análisis proximal.....	36
5.1.3	Análisis de $a_w$ .....	38
5.1.4	Análisis de color instrumental .....	40
5.2	Evaluar el impacto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya sobre el agrado general de los consumidores y la textura sensorial para saber si hay diferencia entre los salchichones.....	<b>43</b>
5.2.1	Textura sensorial .....	43
5.2.2	Agrado .....	45
5.3	Determinación del costo de los salchichones con sustitución de almidón por fibra y del control .....	<b>48</b>
6.	<i>Conclusiones</i> .....	<b>50</b>
7.	<i>Recomendaciones</i> .....	<b>52</b>
8.	<i>Bibliografía</i> .....	<b>53</b>
9.	<i>Anexos</i> .....	<b>65</b>

## Índice de cuadros

<b>Cuadro I.</b> Tipos de fibra que se han usado en productos cárnicos y efecto alcanzado .	12
<b>Cuadro II.</b> Composición de macronutrientes de la fibra dietética del cotiledón de soya marca Wilmar .....	22
<b>Cuadro III.</b> Ingredientes de los salchichones y su cantidad respectiva según el porcentaje de sustitución.....	26
<b>Cuadro IV.</b> Referencias utilizadas para el entrenamiento de los jueces para el panel entrenado de dureza.....	31
<b>Cuadro V.</b> Análisis proximal de los salchichones según el porcentaje de sustitución...	37
<b>Cuadro VI.</b> Análisis de varianza del efecto del porcentaje de sustitución de fibra en la textura instrumental del salchichón .....	65
<b>Cuadro VII.</b> Resultados obtenidos de la medición de la dureza con Texturómetro TA.XTPlus para cada porcentaje de sustitución, en cada lote y por cada réplica.....	65
<b>Cuadro VIII.</b> Valor F y P obtenido del análisis de varianza de los resultados de $a_w$ entre los salchichones con diferente porcentaje de sustitución con fibra de soya .....	66
<b>Cuadro IX.</b> Resultados de la medición del $a_w$ con $a_w$ metro AquaLab para cada porcentaje de sustitución por cada lote. ....	66
<b>Cuadro X.</b> Valor F y P del análisis de varianza del efecto de sustituir almidón de papa por fibra de soya en diferentes porcentajes sobre el color del producto final .....	66
<b>Cuadro XI.</b> Resultados de la medición de color por medio de colorímetro de las variables $L^*$ y $a^*$ por cada salchichón, su repetición y réplica.....	67
<b>Cuadro XII.</b> Valor F y P del análisis de varianza del efecto de sustituir almidón de papa por fibra de soya en diferentes porcentajes sobre la dureza de los salchichones medida sensorialmente.....	67
<b>Cuadro XIII.</b> Resultados de la medición de la dureza sensorial por cada repetición, juez y porcentaje de sustitución .....	68
<b>Cuadro XIV.</b> Resultados de ANDEVA del análisis de agrado de los prototipos de salchichón por conglomerado.....	69

<b>Cuadro XV.</b> Resultados de la medición de agrado mediante un panel sensorial de todos los salchichones.....	69
<b>Cuadro XVI.</b> Resultados del análisis de la capacidad de retención de agua del amidón de papa y de la fibra de soya.....	73



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Reacciones de curado en productos cárnicos (adaptado de Xiong 2012) ....	9
<b>Figura 2.</b> Reacciones de reducción del ácido nitroso usando un agente reductor (Rd) convirtiéndolo en óxido nítrico (tomado de Lugo, 2008).....	9
<b>Figura 3.</b> Flujo de proceso para la elaboración de salchichón .....	23
<b>Figura 4.</b> Espesor de las rodajas de salchichón .....	27
<b>Figura 5.</b> Escala lineal estructura del 0 al 10, la cual fue anclada con distintas referencias .....	30
<b>Figura 6.</b> Vista superior y frontal de la forma escogida para el corte de salchichón para una persona que su mano más fuerte es la derecha. ....	31
<b>Figura 7.</b> Dureza de salchichón con diferentes porcentajes de sustitución de almidón de papa por fibra de soya, expresada en Newton, medida con texturómetro.....	36
<b>Figura 8.</b> Medias de las mediciones de $a_w$ para cada uno de los salchichones con diferentes porcentajes de sustitución de fibra .....	40
<b>Figura 9.</b> Medias de la variable $a^*$ según la escala CIELab del color para cada salchichón .....	41
<b>Figura 10.</b> Medias de la variable $b^*$ según la escala CIELab del color para cada salchichón .....	41
<b>Figura 11.</b> Medias de la variable $L^*$ según la escala CIELab del color para cada salchichón .....	43
<b>Figura 12.</b> Medias de la dureza de cada salchichón medida sensorialmente.....	44
<b>Figura 13.</b> Agrado general de los salchichones con sustitución del almidón de papa por fibra de soya evaluado por el conglomerado 1 .....	45
<b>Figura 14.</b> Agrado general de los salchichones con sustitución del almidón de papa por fibra de soya evaluado por el conglomerado 2 .....	46
<b>Figura 15.</b> Diferencia porcentual de la reducción del costo con respecto al salchichón patrón de cada salchichón con un porcentaje de sustitución con fibra de soya diferente .....	48

**Figura 16.** Resultados del último panel de reproducibilidad hecho antes de empezar con la medición de la textura sensorial..... 68

## Resumen

Michelle Herrera Corella

### **Efecto de la sustitución parcial o total de almidón de papa con fibra de soya en las características fisicoquímicas y sensoriales de un salchichón**

Tesis en Ingeniería de Alimentos, San José, CR;

M.; Herrera, 2020. 74 Pag. 15 il. 85 refs

En este estudio se evaluó el efecto de sustituir almidón de papa por fibra de soya y agua en un salchichón sobre sus características fisicoquímicas y sensoriales.

Se elaboraron 5 formulaciones de salchichón, uno que se utilizó como control, el cual contenía un 9,5 % de almidón de papa de la formulación total y no se le adicionó fibra de soya, por esta razón se le nombró como el de 0 %. Los otros 4 eran los posibles porcentajes de sustitución de almidón por fibra evaluados: 25, 50, 75 y 100 % con respecto a la cantidad de fécula del control. Se evaluó el efecto de hacer este cambio sobre la textura instrumental, el análisis proximal incluyendo fibra dietética, el agua disponible ( $a_w$ ), el color en las variables  $L^*$ ,  $b^*$  y  $a^*$ , la textura medida sensorialmente, el agrado general, y el costo.

Se obtuvo diferencias significativas en la medición de dureza utilizando un texturómetro para su medición ( $P < 0,0001$ ) para los porcentajes de 75 % y 100 % de sustitución, pero siendo entre ellos iguales. En cuanto al análisis proximal, la humedad y fibra dietética aumentaron con el aumento del porcentaje de sustitución, ya que se aumentó la cantidad añadida para cada formulación. Del mismo modo la proteína y la grasa aumentaron con respecto al control, esto se debe al contenido de estos macronutrientes presentes en la fibra de soya utilizada. El  $a_w$  no se vio afectado significativamente ( $P = 0,100$ ) por el uso de este ingrediente en ninguno de los niveles. En cuanto al color, el parámetro de luminosidad es diferente significativamente del control únicamente entre los porcentajes de sustitución de 25% y 100 % ( $P = 0,003$ ); mientras que el tono rojizo ( $P = 0,291$ ) y amarillo ( $P = 0,44$ ) no fueron diferentes significativamente.

El efecto de la sustitución en la medición sensorial de la textura no es significativo ( $P = 0,168$ ). Por otro lado, el agrado general se evaluó en dos conglomerados distintos, uno de 77 % y el otro de 23 % de los panelistas. En el primero el agrado fue significativamente menor para el porcentaje de 25, 75 y 100 % ( $P < 0,0001$ ); mientras que el segundo no hubo diferencia de agrado entre ellos ni contra el control ( $P = 0,7950$ ).

En cuanto al costo, sustituir almidón de papa por fibra de soya y agua en salchichón, reduce los costos de este en todos los porcentajes evaluados.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluye que la sustitución es viable; sin embargo, a niveles superiores al 50 % puede tener un efecto de disminución de la luminosidad, agrado general y dureza instrumental. A su vez, se recomienda buscar alternativas para lograr una sustitución de un 100 % sin afectar ninguno de los parámetros.

Palabras claves: salchichón, almidón, fibra

Yorleny Araya Quesada

Escuela de Tecnología de Alimentos

## 1. Justificación

Los embutidos son productos que forman parte de la canasta básica del costarricense, que según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) en el Boletín Estadístico Agropecuario 2014-2017 (Mora Ramírez & Quirós Ballesteros, 2018), tienen un 4,3 % de participación. Según Euromonitor International en su base de datos Passport (2018), del 2004 al 2018 las ventas de embutidos han aumentado y se estima que sigan creciendo. La calidad de estos productos se rige de acuerdo al Reglamento Técnico de Costa Rica RTCR 411-2008, en cuanto a valor nutricional se establece un mínimo de proteína, y valores máximos en el contenido de carbohidratos, humedad, grasa y cenizas; específicamente el valor máximo permitido de carbohidratos en salchichón es 10 %. Este porcentaje proviene de la utilización de una combinación de harina de trigo y fécula de algún tubérculo; siendo el de papa el más utilizado. Estos ingredientes se agregan con el fin de mejorar las características de calidad, puesto que ayudan en la textura del gel, al absorber agua y unir partículas cárnicas (Xiong & Mikel, 2001).

En el año 2018, el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) realizó un estudio de verificación de etiquetado y calidad en productos cárnicos embutidos, muestreados en diferentes carnicerías y supermercados, tanto de cadena como independientes, ubicados en Alajuela, San José, Heredia y Cartago. En el estudio se encontró que, de las 88 muestras tomadas, 59 % incumplen con uno o más de los requisitos establecidos en el RTCR, siendo en el que más infringen el porcentaje de carbohidratos totales (Campos, 2018). Por lo tanto, es de interés de la industria de embutidos, encontrar un agente alternativo que sustituya el almidón, que es el ingrediente que más aporta a esta característica; pero que cumpla la misma función y así disminuir el aporte de este macronutriente.

En este trabajo se plantea hacer la sustitución de almidón de papa con fibra de soya. Una de las principales razones es su capacidad de retención de agua (CRA), ya que la fibra

absorbe agua en razón 1:8-10, según la información de la ficha técnica de su fabricante; es decir por cada parte de fibra se retienen de 8 a 10 partes de agua; mientras que el almidón lo hace en razón 1:2 (Yadav, Kumar, & Yadav, 2016). Lo que implica que, para obtener la misma cantidad de producto final en masa, se necesita agregar menos fibra que almidón. Al hacer pruebas preliminares de esta sustitución y calcular costos, se ha determinado que, a pesar de ser más cara la fibra, al hacer la sustitución en masa final es más rentable utilizar la fibra que solo almidón. También, en muchos estudios se ha investigado la fibra dietética como sustituto de grasa en embutidos, logrando una textura muy similar al control (Choi et al., 2014a), especialmente la firmeza (Schmiele, Nucci Mascarenhas, da Silva Barretto, & Rodrigues Pollonio, 2015) y sin afectar la parte sensorial (García, Cáceres, & Selgas, 2007). En un estudio que se hizo con fibra de soya, al aumentar el porcentaje en que se agrega, aumenta la dureza y la masticabilidad del producto (Cofrades, Guerra, Carballo, Fernández-Martín, & Jiménez Colmenero, 2000).

Por otro lado, la fibra es un carbohidrato no digerible y por ésta y otras de sus características, se ha encontrado que tiene beneficios en la salud de las personas (Afman & Muller, 2006). Dentro de los estudios se ha encontrado que el consumo de fibra ejerce un efecto de disminución de colesterol en el suero sanguíneo, al aumentar la excreción de sales biliares fecales, y por lo tanto, se transforma el colesterol en sales biliares. Lo anterior tiene un efecto positivo en la prevención del riesgo de enfermedades cardiovasculares. También tiene un bajo índice glicémico, lo que provoca que se reduzca la absorción de glucosa en el intestino delgado, que a su vez, induce a un menor incremento de insulina y lípidos en la circulación. Esta reducción de la insulina hace que haya una supresión de ácidos grasos libres (Kendall, Esfahani, & Jenkins, 2010).

Se ha reportado que el consumo de fibra tiene un efecto positivo en la pérdida de peso, y control de la obesidad (Kendall et al., 2010). Lo anterior ha mostrado beneficio en personas con diabetes tipo 2. Se ha encontrado un efecto positivo en personas que tienen esta enfermedad y llevan una dieta alta en fibra, al mejorar los niveles de glucosa en

sangre (Anderson, Randles, Kendall, & Jenkins, 2004). Además, el consumo de este carbohidrato, especialmente si proviene de legumbres, reduce de forma significativa la glucosa en sangre y las proteínas glicadas (Sievenpiper et al., 2009). Tanto la obesidad como la diabetes tipo 2, aumentan la posibilidad de enfermedades coronarias, así que en consecuencia, el consumo de fibra reduce la posibilidad de padecer de estas enfermedades (Barrett-Connor & Wingard, 1983; Lopez, Mathers, Ezzati, Jamison, & Murray, 2006).

Lo anterior es otra razón por la que se busca sustituir un porcentaje de almidón con fibra de soya, puesto que se puede obtener un producto más saludable y de esta forma se aumenta el consumo de fibra en personas que ingieren embutidos de manera regular. Según el Ministerio de Salud, en la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2011-2021, el consumo de legumbres, frutas y vegetales ha disminuido en las zonas rurales, por lo que el porcentaje de fibra aportado por la dieta de los costarricenses también.

A nivel mundial se dio un aumento en el precio del almidón de papa debido a que, tanto en regiones como Europa y China (CCM. Data & Business Intelligence, 2019), hubo una reducción en el rendimiento de la cosecha de papa por el cambio climático, y como consecuencia, disminuye también la producción de los derivados de este tubérculo (BOGK, 2018). Esta situación genera que aumenten los costos de venta por el efecto de demanda, así que esta es una causa más que alienta a buscar otras alternativas al almidón.

Por otro lado, la empresa nacional H.S. Representaciones S.A. tiene interés en buscar opciones para emplear esta fibra dentro de la industria cárnica, y de este modo, promover su venta en este mercado. Esta motivación, sumada a todas las anteriores, es porque se busca determinar el efecto de la sustitución del almidón de papa en salchichón por fibra de soya y agua, sobre las características sensoriales y fisicoquímicas.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y costo en un salchichón como alternativa de reducción de almidón de papa.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya en las propiedades fisicoquímicas de un salchichón.
- Evaluar el impacto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya sobre el agrado de los consumidores y la textura sensorial de un salchichón.
- Comparar el costo de los salchichones con sustitución de almidón por fibra con respecto al salchichón con solo almidón.



### 3. Marco teórico

#### 3.1 Salchichón: ¿qué es?

Según el RTCR un salchichón es un producto cocido a base de carne de animales autorizados, con grasa agregada, que han sido trituradas y mezcladas, emulsionado o no, con ingredientes permitidos, los que incluye: ingredientes para curado (nitrito de potasio y sodio), sal, subproductos cárnicos comestibles, harinas y almidones modificados, proteínas de origen vegetal o animal, proteínas hidrolizadas, leche, derivados lácteos, especias, aderezos y condimentos, vegetales frescos o deshidratados.

Un salchichón es un producto cárnico emulsificado embutido. En este caso el agente emulsificante son las proteínas miofibrilares (solubles) de la carne, que se solubilizan en presencia de una sal monovalente, siendo el NaCl el más comúnmente utilizado, y la fase dispersa los glóbulos de grasa. Para comenzar a preparar la emulsión la carne se pica con sal y agua, con el fin de abrir las miofibrillas y liberar las proteínas miofibrilares. El ión Cl<sup>-</sup> aumenta las cargas negativas de la disolución, haciendo que se abra la cadena y pueda retener más agua. Además, la porción hidrofílica de la proteína se acomoda de forma tal que rodea los glóbulos de la grasa (McClements, 2015).

Esta emulsión se realiza en un “cutter” u homogenizador, que cuenta con cuchillas giratorias con el objetivo de mezclar todo perfectamente bien, primero se agrega la carne, la sal y el hielo para mantener la temperatura baja, ya que, debido a la fricción, la temperatura tiende a subir. Luego se agrega la grasa y otros agentes emulsificantes. Por último, los demás ingredientes secos. Cuando esta pasta está lista, se embute en fundas naturales o sintéticas. Y se procede a cocinar ya sea en hornos o marmita (Ugalde-Benítez, 2012).

#### 3.2 Ingredientes y sus usos

Los ingredientes principales de estos productos son de origen cárnico; sin embargo, también los hay no cárnico.

### 3.2.1 Ingredientes cárnicos

Los ingredientes cárnicos, deben ser de animales de abasto (bovinos, equinos, ovino, porcinos, aves de corral, conejos y otras especies) aptos para el consumo, también se encuentra la carne mecánicamente deshuesada, la piel de pollo y grasa, que puede ser de otra especie. No debe contener algún tejido animal, como cartílagos o intestino, no permitido para el consumo (RTCR, 2009). Y, como ya se mencionó, la carne y la grasa son los que forman la emulsión. No obstante, un porcentaje de grasa también puede ser de origen vegetal.

Generalmente, para estos productos se utilizan los cortes de carne de uso industrial, que pueden ser altos en tejido conectivo, grasos, duros producto de animales estresados o viejos y CDM. No por esto se debe descuidar la calidad sensorial y microbiológica. Se debe asegurar de que sean carnes frescas y con bajos recuentos microbianos. Por otro lado, la selección del tipo de carne que se utilice depende del uso para el que se escogió. Por ejemplo, el músculo esquelético de res y cerdo son buenos para formar la emulsión; mientras que los que son altos en grasa son malos para esto. También la piel y tejidos de animales pueden ser utilizados como rellenos cárnicos (Xiong & Mikel, 2001).

El problema de utilizar cortes altos en grasa es que interfieren en la extracción de proteínas y las que contienen una cantidad considerada de tejido conectivo tienen bajo poder emulsificante, y pueden afectar la calidad del producto (Alvarez et al., 2007).

Otro factor importante que debe ser tomado en cuenta es el tipo de carne según su calidad. La carne pálida, suave y exudativa (PSE, por sus siglas en inglés) tiene una cantidad de proteína menor, por ende, se reduce la capacidad de emulsificar y la capacidad de retención de agua (CRA). Esto podría afectar el color, la textura y aumentar la sinéresis del producto final. Mientras que en el caso de la carne de res oscura, firme y seca (DFD), a diferencia de la otra, tiene excelente solubilidad proteínica, tiene mayor CRA y no tiene impacto en la estabilidad de la emulsión. Sin embargo, impacta negativamente la

formación del color en el curado y en la vida útil del producto por su alto pH (Feiner, 2006).

### 3.2.2 Ingredientes no cárnicos

La adición de ingredientes no cárnicos es importante para la calidad de los embutidos, y su funcionalidad tecnológica se encuentra debidamente establecida. Algunas de sus funciones son realzar las características de la carne y aumentar vida útil, afectando parámetros como la textura, terneza, capacidad de retención de agua, rendimiento en la cocción, unión de partículas de carne y propiedades sensoriales. También cumplen funciones antimicrobianas, evitar oxidación lipídica y estabilizar el color. Dentro de los ingredientes no cárnicos se encuentran los condimentos, los de relleno, los extensores, sales, nitritos, fosfatos, antioxidantes, antimicrobianos, proteína no animal (generalmente hidrolizada), entre otros. A continuación se detallan sus funciones (O'Grady & Kerry, 2010).

#### 3.2.2.1 Agua

El agua se utiliza con el fin dispersar los ingredientes no cárnicos, así como de aumentar los rendimientos. Se añade en forma de hielo para mantener la temperatura baja durante el proceso y evitar el crecimiento de microorganismos (Xiong & Mikel, 2001). En productos bajos en grasa se utiliza en conjunto de otros productos para sustituirla (Leyva-Mayorga, Ramírez, Martín-Polo, Hernández, & Vázquez, 2002).

#### 3.2.2.2 Sal

La sal más común utilizada en la industria alimentaria es el cloruro de sodio (NaCl). Su principal función es dar sabor, sin embargo; también se utiliza para solubilizar las proteínas de la carne para que puedan cumplir sus funciones dentro de la emulsión cárnica, además, cuando se abre la cadena de la proteína, el ión  $\text{Cl}^-$  aumenta la repulsión entre ellas, por lo tanto aumenta la capacidad de retención de agua de las proteínas (Leyva-Mayorga et al., 2002). Otra función es como inhibidor del crecimiento microbiano

al cambiar la presión osmótica. Se puede adicionar en forma sólida o en salmuera (Xiong, 2012).

#### 3.2.2.3 Fosfatos

Los fosfatos son un ingrediente funcional utilizado para mejorar la capacidad de ligar agua de las proteínas cárnicas al interactuar con las miofibrillas y extraer la miosina, aumentando la retención de agua y el rendimiento (Xiong, 2012). Permite regular el pH manteniendo la alcalinidad del medio y disminuye la sinéresis en el producto final. Además, algunos como el tripolifosfato de sodio ayudan a mantener la emulsión, actuando como agente estabilizante (Leyva-Mayorga et al., 2002).

#### 3.2.2.4 Sal de cura

Este ingrediente, como su nombre lo dice, se utiliza para curar las carnes. Los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2$ ) son los más utilizados. Aunque el primero, tiempo atrás, fue el más usado para fijar el color rosado de este tipo de productos, hoy en día, el segundo es el más utilizado. Esto se debe a que el  $\text{NO}_3$  debía ser reducido por microorganismos o agentes reductores, así que para tener un proceso más controlado se agrega directamente su versión reducida (Xiong, 2012). El nitrito se reduce en el medio básico de la emulsión cárnica ( $\text{pH} = 5,5 - 6,5$ ) generando óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), que va a reaccionar con el grupo hemo (que va a ser explicado con mayor detalle en esta misma sección, en el apartado de color) de las proteínas cárnicas para formar nitrosilmioglobina (Figura 1), fijando el color rosado de las carnes (Lugo, 2008).

Este es un agente muy importante con múltiples funciones; como la que ya se mencionó. La más importante es que funciona como bactericida contra bacterias patógenas, especialmente porque inhibe el crecimiento de la bacteria *Clostridium botulinum*, formadora de la espora botulina que produce botulismo, y que solo crece en ambiente anaerobios, como el interior de un salchichón (Lugo, 2008); además, retardar la rancidez oxidativa de los lípidos y da mayor firmeza (Xiong, 2012).

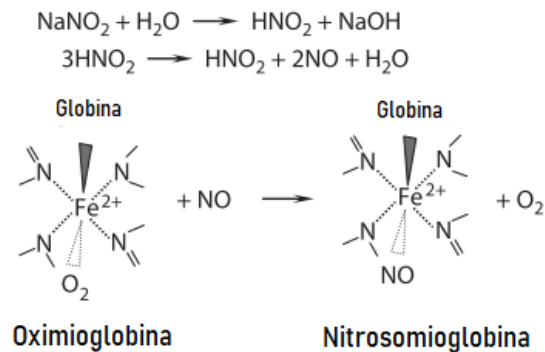


Figura 1. Reacciones de curado en productos cárnicos (adaptado de Xiong 2012)

### 3.2.2.5 Agentes reductores

Los agentes reductores ayudan a disminuir las reacciones de oxidación lipídica, especialmente en este tipo de productos que son altos en grasa. El eritorbato de sodio y el ácido ascórbico son de los más comunes en esta industria (Stekelenburg & Kant-Muermans, 2001). Además, ayudan en las reacciones de reducción del nitrito (Lugo, 2008) (Figura 2).

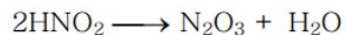


Figura 2. Reacciones de reducción del ácido nitroso usando un agente reductor (Rd) convirtiéndolo en óxido nítrico (tomado de Lugo, 2008).

### 3.2.2.6 Proteína no cárnica

Las proteínas no cárnicas pueden ser de origen animal o vegetal, y cumplen la función de ser agentes extensores, de relleno, o para ligar agua; y su principal propósito es disminuir costos pero cumpliendo con el mínimo establecido por RTCR. Las más comunes son las que provienen de la soya, por su costo y composición química; en pocas ocasiones se utilizan las lácteas, y también se han usado las del huevo. Debido a que la temperatura de

desnaturalización de las primeras es 90 °C, se les suele aplicar tratamientos térmicos previos con el fin de garantizar su funcionalidad (Xiong 2012); (Colmenero, 2014).

#### 3.2.2.7 Rellenos

Los ingredientes que se designan rellenos, en su mayoría, no aportan proteína y son de origen vegetal. Se utilizan en este tipo de productos por la principal razón de abaratar costos, puesto que aumentan el volumen por un menor precio que la carne. Sin embargo, este término no les hace justicia puesto que también aportan la funcionalidad de ligar agua. Los más usados son la fécula de papa y la harina de trigo (Heinz & Hautzinger, 2007).

Desde hace más de 30 años se ha estudiado el uso de diferentes fuentes de fibras dietéticas como ingrediente de relleno en embutidos y otros productos cárnicos. Esto debido a que la industria se ha visto en la necesidad de diversificar sus productos, que han sido considerados dañinos por ser altos en grasa, NaCl, y contener carbohidratos. De forma tal, se ha buscado añadir ingredientes funcionales que cumplan con las expectativas de sus clientes; que recientemente las tendencias apuntan que buscan productos más saludables (Balestra, Bianchi, & Petracci, 2019).

La fibra dietética, cumple a cabalidad la función de mejorar la reputación de estos productos, debido a sus características nutricionales y sus características técnicas. Esto último es muy importante porque aunque se tenga la disposición de involucrar un ingrediente funcional en una matriz, si este no interacciona bien puede afectar la calidad final. Esta se ha usado con diversos fines: como un extensor sin aporte calórico, para aumentar la capacidad de retención de agua y grasa, modificar la textura, mejorar la estabilidad de la emulsión y reducir los porcentajes de grasa (Jiménez-Colmenero & Delgado-Pando, 2013). Por otro lado, al introducirla le aporta a los consumidores una parte del porcentaje diario que se debe consumir de este nutriente para tener una dieta saludable; además, en un producto en el que no es usual encontrar fibra (Balestra et al., 2019).

## Almidón de papa

La papa tiene como principal carbohidrato el almidón, es por eso que se extrae de este tubérculo. Es utilizado como ingrediente en gran cantidad de productos. El almidón es una combinación de dos polisacáridos: amilosa y amilopectina. Los dos son cadenas largas formadas  $\alpha$ -1,4 glucanos; se diferencian porque la segunda tiene ramificaciones con enlaces  $\alpha$ -1,6 (Manthey, 2016). Generalmente, contiene de un 30-33 % de amilosa y el resto de amilopectina; sin embargo, existen variedades que se han modificado para cambiar e incluso invertir estos porcentajes. La temperatura de gelificación dependen del porcentaje de cada uno de estos y su distribución (Dupuis & Liu, 2019). El más utilizado en embutidos es el almidón nativo de papa, debido a que su temperatura de gelificación es muy parecida a la temperatura de cocción de estos que es 72 °C y es más barato que los modificados (Totosaus, 2009).

Para producir almidón se utilizan las papas que salen de la eliminación selectiva para papas enteras u otros productos, por ejemplo, que sean muy pequeñas, muy grandes, deformes o dañadas. El proceso de extracción empieza por lavar y desinfectar las papas, generalmente se utiliza una máquina de tambor que tiene poca agua para que las papas no floten. Durante este proceso también se pelan debido al roce entre ellas y con los tambores. Seguido de esto se trituran hasta formar una pasta; esto se puede hacer con una cuchilla rotatoria o con un triturador de martillos. Esta se centrifuga para separar el almidón de la fibra, proteína y material soluble en agua. Esta pulpa se presiona contra un colador o tamiz para separar el almidón libre. Es posible que se necesiten hacer varios lavados con agua, seguidos de una centrifugación, para asegurar una extracción completa y pura. Por último, se escurre con un secador rotatorio al vacío, y luego con aire caliente hasta obtener una humedad final de 17 % (Manthey, 2016).

## Fibra dietética

Según la Comisión del Codex Alimentarius, se define como fibra dietética a los polímeros de carbohidratos de tres o más monómeros, que no se digieren o absorben en el intestino delgado (Codex Alimentarius Commission, 2009).

En los últimos años, se ha buscado incorporar la fibra dietética en diversos productos alimenticios como pan, pastas, galletas, sopa y bebidas, debido a sus efectos positivos en la salud del consumidor. En general sus aplicaciones pueden ser como espesantes, estabilizantes, emulsionantes, agentes de gelatinización y agentes que aportan textura (Ahmad & Kaleem, 2018; Nakashima et al., 2018). En los productos cárnicos, como ya se mencionó, no son la excepción.

Algunos ejemplos de tipos de fibra que se han utilizado en carne fresca o productos cárnicos, el producto en el que se utilizaron, los efectos encontrados dentro de los que se encuentran las mejoras tecnológicas que aportan se muestran a continuación en el cuadro I (Mehta et al., 2018).

Cuadro I. Tipos de fibra que se han usado en productos cárnicos y efecto alcanzado

<b>Fibra</b>	<b>Producto cárnico</b>	<b>Efecto</b>
<b>Inulina</b>	Mortadella	Aumento de la dureza
	Albóndigas	Disminución de grasa, la humedad, sal y los valores de rojo.
<b>Pectina</b>	Jamón cocido	Aumento en la aceptabilidad con el aumento de la fibra
<b>Salvado de trigo</b>	Albóndigas	Color más claro
	Tortas de carne de res	Aumento de dureza
	Tortas de carne de pollo	Aumento de la capacidad de la retención de agua y estabilidad de la emulsión, firmeza y fibra. Disminución de los atributos sensoriales



Continuación cuadro I. Tipos de fibra que se han usado en productos cárnicos y efecto alcanzado

<b>Salvado de arroz</b>	Salchichas	Aumento de grasa, humedad y pH. Y disminución de pérdidas por cocción.
	Tortas de carne de pollo	Disminución en los atributos sensoriales
<b>Salvado de avena</b>	Tortas de carne bajas en grasa	Disminución en la fuerza de corte
	Salchichas	Aumento en la luminosidad y la dureza y disminución en tonos rojos
<b>Fibra de uva</b>	Tortas de carne de pollo	Reducción de rojo. Mejora la estabilidad oxidativa
<b>Fibra de naranja</b>	Salchichas fermentadas	Reducción de valores energéticos y propiedades sensoriales y de textura
<b>Cascarilla de soya</b>	Tortas de carne camello	Reducción de grasa, retención de agua, y fuerza de corte
<b>Fibra de arveja</b>	Tortas de carne de res	Aumento en la ternura sin afectar el sabor

#### Fibra dietética de soya

La soya es una legumbre originaria de Asia. Es una de las cosecha más valiosas a nivel mundial debido a que es uno de los alimentos básicos de la dieta en la mayoría de los países asiáticos, siendo una importante fuente de proteína, además por la cosecha de la semilla para la obtención de aceite, alimento para ganado y acuicultura, y para producir biocombustibles (Chen et al., 2012). Según datos de la FAO, en 2018, un área de aproximadamente 125 millones de hectáreas están dedicadas a la cosecha de la soya,

alcanzando una producción de 348 millones de toneladas a nivel mundial, siendo los principales productores Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e India, respectivamente.

Como ya se mencionó, el frijol de soya es rico en proteína y grasa, que en base seca son el 60 %, el resto lo constituyen 5 % cenizas y 35 % de carbohidratos (Henkel, 2000); de estos, la porción insoluble es la fibra dietética. Y está constituida por una mezcla de hemicelulosa, celulosa y pectina. Según el método de producción existen tres tipos: Okara, que es la pulpa residual que queda después de extraer la “leche” de soya; el salvado, que son las cutículas molidas; y la fibra de soya aislada, que se obtiene del proceso de producción de proteína de soya aislada mediante una filtración (Shurtleff & Aoyagi, 2013).

En este estudio se utiliza el tercer tipo. El proceso para su obtención comienza con la selección de los frijoles, sigue con la limpieza, quebrado y decascarillado, una vez que estén así, se aplastan y se forman hojuelas, estas se sumergen en un solvente que elimina la grasa, luego se elimina el material soluble mediante una lixiviación acuosa. Luego se hace la extracción de la proteína a pH alcalino, se centrifuga, y la parte que no se solubiliza es la fibra. Por último, esta se seca y se empaca. Se ha utilizado en distintos productos, como barritas, panadería, pasta, bebidas, pudines y sopas. El resultado es una fibra en su mayoría insoluble y un pequeño porcentaje es soluble, sin embargo, según estudios muestra bastante bien las propiedades de ambas (Riaz, 2005).

A la soya se le han encontrado muchos beneficios para la salud de sus consumidores. De estos, los se deben a la fibra, son que ayuda a controlar la diabetes, gracias a que disminuye la absorción de carbohidratos, y como aumenta la excreción de ácidos biliares por las heces reduce la absorción de grasa (Rubio, 2002; Jenkins et al., 2003; Chandalia et al., 2000). Además, ayuda con los problemas menopaúsicos relacionados a la diabetes tipo 2 (Jayagopal et al., 2002). Por otro lado, al ser una fibra fermentable también mejora la salud gastrointestinal al funcionar como prebiótico para los microorganismos (Chow, 2002).

### 3.3 Pruebas fisicoquímicas para la caracterización de embutidos

Como se desarrolló anteriormente, los embutidos son complejos por la amplia gama de materias primas que estos contienen, asimismo, la forma en que se realiza el procesamiento impacta la calidad. Es por esta razón que la evaluación de diferentes parámetros fisicoquímicos permite evaluar si el producto es conforme a lo esperado.

La mayor fuente de error aleatorizado en el análisis de estos productos es la variabilidad inherente de la carne. Es por esto que un correcto muestreo, que sea aleatorio y representativo es importante y ayuda a minimizar este error (Young, Frost, & Agnew, 2012).

#### 3.3.1 Análisis proximal

El RTCR 411-2008 define el porcentaje máximo o mínimo, según corresponda, de: humedad, proteína, ceniza, grasa y carbohidratos permitidos en estos productos. Estos funcionan como estándares de calidad, y son de acatamiento obligatorio. Con el fin de saber que el producto final cumple con este, se debe realizar un análisis proximal; que es el que se encarga de cuantificar los macronutrientes. Para hacerlo se siguen los métodos de la AOAC: Officially Methods of Analysis, y se requiere separar cada analito o al menos diferenciarlo (Young et al., 2012).

Este análisis empieza por la preparación de la muestra, generalmente se reduce el tamaño en pedacitos, de forma tal que aumente el área del que se puede extraer el analito y segundo reducir la heterogeneidad de la muestra. La humedad es el único parámetro a medir que es volátil, por esto se mide de primero, y se hace secando la muestra a 100 °C. Luego de que la materia esté seca se miden los demás, excepto los carbohidratos que se calculan por diferencia, debido a lo complicado que es su separación. La proteína es el mayor componente de estos productos que contiene nitrógeno, y el contenido de este en carne es casi constante, por lo tanto, la medición de este analito se realiza cuantificando la cantidad de N. En cuanto a la grasa, es el único compuesto soluble en solventes orgánicos, de esta forma se separa, para poder ser cuantificado. Y las cenizas se extraen a

temperaturas mayores a 500°C puesto que son los únicos que no se oxidan ni evaporizan a estas temperaturas, y posteriormente se pesan (Young et al, 2012). La fibra dietética no está incluida en los macronutrientes que define el RTCR sobre salchichón, pero en este estudio en particular, es importante, porque se está adicionando un ingrediente con fibra. Existen diversos métodos descritos por la AOAC para cuantificar la fibra dietética, y pueden ser enzimático-gravimétrico, enzimático-colorimétrico, enzimático y HPAEC, y enzimático-gravimétrico con cromatografía líquida (McClearly et al., 2010).

### 3.3.2 Color

El color es uno de los primeros parámetros evaluado por los consumidores al consumir por un producto, por esto es importante evaluar el efecto de hacer algún cambio en la formulación de un producto (Markovic, Ilic, Markovic, Simonovic, & Kosanic, 2013). En la carne, según el tipo de músculo, el color depende entre un 50 y 80 % de la mioglobina. Esta es una proteína soluble, que participa muy poco en la formación de la emulsión. Esta tiene en la parte hidrofílica un grupo hemo, formado por cuatro anillos de pirrol plano y en el centro de ellos un hierro. En la carne fresca, el estado de oxidación de este átomo define el color de la carne. Estando como  $Fe^{+2}$  puede ser de dos colores: rojo brillante, si está en presencia de oxígeno y pasa a llamarse oximioglobina, y de un tono púrpura, si está en un ambiente anaerobio y a este se le nombra mioglobina. Mientras que si este se encuentra como  $Fe^{+3}$  se denomina metamioglobina y tiene una coloración café (Hasenhuettl & Hartel, 2019).

La mioglobina también es responsable por el color de las carnes procesadas, en este caso el hierro del grupo hemo reacciona con el óxido nítrico (NO), que proviene del nitrito de sodio ( $NaNO_2$ ), que como ya se mencionó se usa para curar y como antimicrobiano (Hasenhuettl et al, 2019).

El color puede ser medido instrumentalmente. El colorímetro es uno de los instrumentos más utilizados para dicho fin. Lo que hace es medir y expresar el color, a partir de diferencias que hace con estándares previamente medidos que son brindados por el

fabricante. Esta medición puede ser afectada por la iluminación utilizada, el grado de lectura y el detector; por esta razón debe hacerse siempre bajo las mismas condiciones. Los resultados pueden ser expresados según las escalas Hunter L, a, b, CIE (Commission d'Eclairage, France)  $L^*a^*b^*$  y CIE XYZ (Castigliego, Armani, & Guidi, 2012).

La CIELAB tiene tres ejes:  $L^*$  que expresa luminosidad, va de 0 (negro) a 100 (absolutamente blanco);  $a^*$  que va de  $-a$  (verde) hasta  $+a$  (rojo); y  $b^*$  en el extremo negativo los azules y en el positivo los amarillos (Totosaus, 2009).

Por otro lado, también puede ser medida sensorialmente, utilizando personas como el instrumento de medición. Sin embargo, por esta razón se convierte en un análisis subjetivo, influenciada por diferentes características del observador, que pueden ser físicas o psicológicas. Esta forma es muy utilizada en muchos análisis de este tipo de productos (Castigliego et al., 2012).

### 3.3.3 $a_w$

El agua es uno de los constituyentes más importantes en los alimentos, durante la elaboración y almacenamiento muchos procesos físicos en los ingredientes y en los productos se dan a través o gracias a ella. Algunos de estos cambios son la formación de estado vítreo, cristalización, oxidación, formación de poros y el colapso de la estructura. También, tiene efecto en el crecimiento microbiano. La actividad de agua ( $a_w$ ) se entiende como la cantidad de agua, en equilibrio, disponible para la hidratación de materiales. Desde hace más de 70 años, se tiene conocimiento de que esta se relaciona con el deterioro de los alimentos, puesto que cuanto más grande sea el valor de  $a_w$ , mayor será su disponibilidad para los microorganismos y la movilización de enzimas encargadas de ciertas reacciones de deterioro. Se calcula al dividir la presión de vapor de agua en una matriz, entre la presión de vapor de agua pura, y sus valores van de 0 a 1. Las bacterias patógenas no crecen por valores debajo de 0,85-0,86, mientras que los mohos y levaduras que son más resistentes crece a  $a_w$  de 0,62 (Rahman, 2007).

Hay muchas técnicas para medirla, pueden ser directas como la medición de la presión de vapor del aire que rodea el alimento con instrumentos manométricos, o dispositivos eléctricos que tienen sensores a la humedad relativa o punto de rocío, estos son mejores porque no hay que hacer un cálculo después; o indirectas como: el higrómetro y el termómetro de bulbo húmedo (Mohos, 2017).

#### 3.3.4 Textura

Los estudios que aplican el análisis de textura sensorial e instrumental han sido muy abundantes desde 1960 (Nishinari & Fang, 2018). La textura de alimentos es definida desde diferentes vertientes:

- 1) es una propiedad sensorial, y por ende solo los seres humanos pueden percibirla y describirla
- 2) es un atributo definido por múltiples parámetros como masticabilidad, jugosidad, cohesividad y otros
- 3) que proviene de la estructura del alimentos
- 4) que es detectada por todos los sentidos.

Por lo tanto, su definición engloba estas cuatro convergidas en una sola como *“la textura es la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y superficiales de la comida detectadas por los sentidos de la visión, oído, tacto y kinestésicos”* (Szczesniak, 2002). Existen dos métodos para el análisis de textura: el instrumental y la medición mediante el uso de humanos (Kohyama, 2015)

##### 3.3.4.1 Textura instrumental

Los métodos para medir textura instrumental están categorizados en tres. Los fundamentales, que se basan en la ciencia de los materiales, la reología y de proveer propiedades físicas bien definidas. Sin embargo, los resultados de esta fallan en la correlación con los resultados de lo que experimentan los humanos. También están los

empíricos, que en comparación con los anteriores, los datos obtenidos son más similares a los que se miden sensorialmente; la deficiencia es que no están bien definidos, y para poder hacer comparaciones entre investigaciones se tendría que medir con los mismos instrumentos que son muy específicos; por ejemplo: el penetrómetro de Magness-Taylor para medir la dureza de las frutas. Mientras que los imitativos, buscan simular la forma en que el humano sentiría el alimento, por lo tanto, los resultados pueden ser relacionados en mayor medida a lo que percibe un panelista. Se utiliza un texturómetro, al que se le pueden adaptar distintos instrumentos para medir diferentes grupos de alimentos (Kohyama, 2020).

#### 3.3.4.2 Textura sensorial

El método de textura sensorial ha sido descrito desde los años 60 y ha sido modificado a través de los años. Los pasos principales: 1) seleccionar el panel, 2) entrenar el panel, 3) establecer las anclas de la escala con productos estándar, 4) determinar el tipo de escala que se va a utilizar y las categorías a analizar y 5) comparar los resultados. Se deben utilizar términos seleccionados y la manera de como tocar y manipular la muestra debe ser siempre igual para todos en todos los momentos (Kohyama, 2020)

La textura sensorial que se mide a través de la mano, "hand-feel", puede ser evaluada a través de instrumentos (cortar o esparcir con un cuchillo, entre otras) o directamente con la mano (cortar una galleta la mitad con las manos). Este mide, subjetivamente, la cantidad de esfuerzo requerida para alcanzar un objetivo, como alguno de los mencionado anteriormente. Algunos de los atributos que pueden ser medidos mediante esta técnica son firmeza (compresión), firmeza (corte), fracturabilidad, dureza, untabilidad. Ha sido ampliamente utilizado en la industria textil, sin embargo, ha dado excelentes resultados en el estudio de alimentos (Lawless & Heymann, 2010b). Y como se mencionó anteriormente, correlaciona bastante bien con el análisis de textura instrumental (Pramudya & Seo, 2019).

Este se ve afectado, a grandes rasgos, por tres factores:

- relacionados con el producto: Se refiere a como los ingredientes o proceso pueden afectar directamente la textura del producto evaluado
- relacionado con el consumidor: estos pueden incluir fisiológicos (edad, sexo, enfermedades físicas) y psicológicos (estado de ánimo, patologías)
- factores externos relacionados con superficies: Estos pueden incluir instrumentos como: cuchillo, cuchara, tabla de picar, plato plástico

### 3.3.5 Análisis sensorial

Cuando el ser humano ingiere un alimento, lo percibe y evalúa con los cinco sentidos, por esta razón es que el análisis sensorial ha adquirido una gran importancia. El análisis sensorial de alimentos ha venido creciendo rápidamente desde la segunda mitad del siglo XX. Utiliza una combinación de técnicas que permiten medir, de manera más acertada, las respuestas de los humanos ante alimentos, minimizando los sesgos; de manera que brinda información importante a científicos de alimentos, desarrolladores de nuevos productos, y gerentes de esta industria. Se define como un método científico para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas percibidas a través de los sentidos. Ejemplos de las mediciones que se pueden hacer, es saber si los consumidores son capaces de discriminar una pequeña diferencia en un producto, también la preferencia entre dos productos o el nivel de agrado o aceptación (Lawless et al, 2010b).

Estas utilizan los 5 sentidos de los humanos para evaluar muestras. Los dos principales son: el gusto para saborear las sustancias químicas solubles que se encargan de dar dulzor, acidez, amargo, salado y umami; el olfato que permite, mediante inhalación o efecto retronasal después de tragar, detectar compuestos volátiles. Los otros tres no dejan de ser igual de importantes. La visión puesto que es la primera impresión que tiene el consumidor del producto y puede tener influencia en la percepción del sabor; la audición puede dar una idea de la calidad de la textura en alimentos crujientes, y el tacto como ya se explicó (Rousseau, 2004).



## Pruebas de agrado

El agrado es un método que está categorizado dentro de las pruebas con consumidores. Estas se conocen como afectivas o hedónicas y se utilizan para evaluar el nivel atracción o desagrado que siente un consumidor por un producto (Lawless & Heymann, 2010a).

Para la evaluación generalmente se utiliza una escala hedónica que mide cuanto es el gusto del consumidor. Existen escalas de 7 puntos, de 9 o 10, híbrida entre la escala lineal numérica y la hedónica y la escala de justo-correcto, estas han sido evaluadas y comparadas en distintos estudios. Este análisis es altamente utilizado en la industria puesto que da información de si vale la pena producir, y vender el producto que se tiene desarrollado. Además, si se evalúan distintos prototipos, se puede deducir la preferencia de uno sobre otro (Lawless et al, 2010a).

## 4. Materiales y métodos

### 4.1 Localización

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en la planta de Embutidos la Ideal S.A., los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), los físicos y sensoriales en los laboratorios de química y análisis sensorial, respectivamente, de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.

### 4.2 Materia Prima

Se utilizaron los siguientes ingredientes para elaborar el salchichón: recorte de cerdo, recorte de res, carne deshuesada mecánicamente (CDM), agua, piel de pollo, almidón de papa y fibra dietética del cotiledón de la soya marca Wilmar, concentrado proteico de soya (CSP), paquete de sales y condimentos (cloruro de sodio, condimentos, y eritorbato y sorbato de sodio) y sal de dura. Estos los aportó la empresa H.S. Representaciones S.A., ubicada en Río Segundo, de Alajuela.

A continuación se muestra la información de la fibra de soya obtenida de la ficha técnica del proveedor

Cuadro II. Composición de macronutrientes de la fibra dietética del cotiledón de soya marca Wilmar

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Proteína	20,0
Agua	8,0
Grasa	0,8
Ceniza	6,5
Fibra dietaria	65,0

(Wilmar, n.d.)

### 4.3 Proceso de elaboración de salchichón

A continuación, en la figura 3, se presenta el flujo de proceso que se siguió para elaborar el salchichón, que es de estilo de pasta gruesa, muy heterogénea.

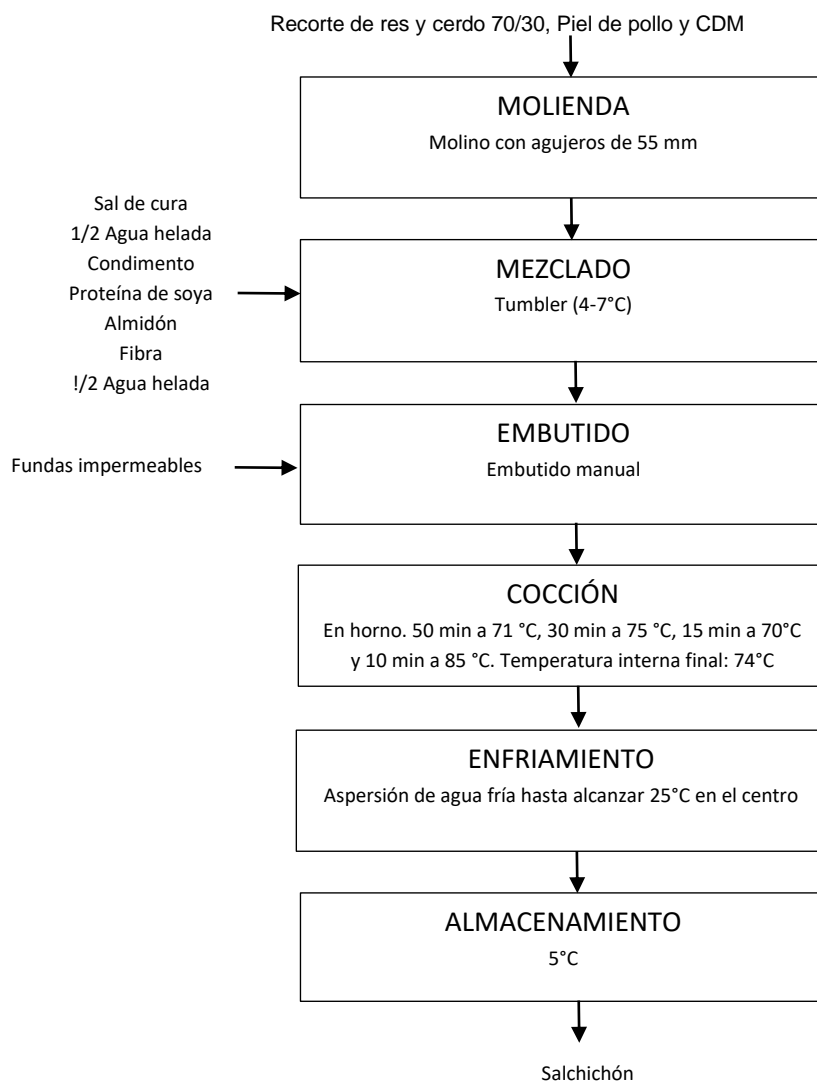


Figura 3. Flujo de proceso para la elaboración de salchichón

#### 4.3.1 Molienda

Se agregó los recortes de carne, la piel de pollo, el CDM a la moledora para obtener carne picada.

#### 4.3.2 Mezclado

Se colocó la carne molida, el CDM y la piel de pollo previamente picados y la mitad del agua con hielo en el tumbler y se mezcló por 2 minutos, se adicionaron las sales y los condimentos y se mezcló por 5 minutos, después se agregó el concentrado proteico de soya y se siguió moviendo por la máquina durante 4 minutos. Por último, dependiendo del caso, se añadió el almidón, la fibra o ambos y la segunda mitad del agua con hielo, según correspondía, esto se definió así ya que en una sustitución debería no incluir un cambio en el procedimiento sino cambiar un ingrediente por otro, además, según pruebas preliminares realizadas por la empresa H.S S.A. si la fibra se añade con el concentrado proteico de soya absorbe agua muy rápido y afecta el proceso normal de mezclado y formación de la emulsión. Se continuó mezclando por aproximadamente 5 minutos hasta que se observó una pasta compacta. Se aseguró, con termómetro, que la temperatura de la pasta no superara a más de 7 °C y que no quedaran encapsulamientos de fibra o almidón.

#### 4.3.3 Embutido

Se pasó la mezcla a la embutidora. El producto se embutió en funda plástica impermeable.

#### 4.3.4 Cocción

La cocción se realizó en hornos por etapas, cumpliendo diferentes funciones. Primero calentar por 23 min a 71 °C, luego secar a la misma temperatura por 27 min, siguen dos ahumados, uno por 30 min a 75 °C y el segundo por 15 min a 70 °C, y por último se cocina a 82 °C por 10 min. De este proceso, el salchichón sale del horno a una temperatura de 74 °C en el centro geométrico del mismo, con el fin de asegurar la inocuidad. Este proceso está validado para esta empresa.

#### 4.3.5 Enfriamiento

Se realizó con baños de agua, rociando agua fría hasta que la temperatura en el centro del salchichón fue de 25°C medidos con termómetro.

#### 4.3.6 Almacenamiento

Después del proceso de enfriamiento se almacenó en refrigeración a 5 °C.

#### 4.4 Pruebas preliminares

##### 4.4.1 Determinación de la capacidad de retención de agua

Esta prueba se realizó con el fin de conocer el valor real de CRA del almidón de papa como de la fibra de soya, y con esto poder caracterizarlas mejor, puesto que lo que se tiene es un valor teórico. Con lo anterior para confirmar que se acerca al valor dado por el productor.

La CRA se determinó mediante el método modificado de Lin y Zayas (1987) y se realizaron cuatro repeticiones. En el que se pesaron 5 g del ingrediente de relleno correspondiente y se dispersan en 90 mL de agua destilada, con agitador magnético por 20 min, a 25 °C, se trasvasan a 3 tubos de centrifuga y se centrifugan a 1074 g por 30 min. Luego se vertió el sobrenadante en otro recipiente y se mide la masa de ambos. La CRA se calculó mediante la siguiente formula (Heywood, Myers, Bailey, & Johnson, 2002):

$$CRA = \frac{(m_{decantado} - m_{carbohidrato})}{m_{carbohidrato}}$$

Los resultados de esta prueba preliminar se muestran en el anexo F cuando XVI.

#### 4.5 Determinación del efecto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya en las propiedades fisicoquímicas.

##### 4.5.1 Diseño experimental

En este estudio se evaluaron diferentes porcentajes de sustitución de almidón de papa por fibra de soya en una formulación base de interés de la empresa H.S Representaciones S.A, la cual fue tomada como control. Seguidamente se realizaron 4 formulaciones más que corresponden a la sustitución de 25, 50, 75 y al 100 % del almidón en la formulación control manteniendo la masa total. Estos porcentajes se definieron con respecto a

pruebas preliminares llevadas a cabo por la compañía, en la que intentaron hacerla al 50 %, no se evaluó ningún parámetro, pero según la experiencia definieron que era viable y por eso se tomó como porcentaje medio. La sustitución se realizó con fibra de soya y agua cuyas proporciones se definieron con base en la capacidad de retención de agua teórica. En el cuadro II se muestra, parcialmente, la propuesta de formulación; esto con el fin de mantener la confidencialidad, porque se está usando la fórmula de un salchichón comercializado por una empresa embutidora nacional.

Cuadro III. Ingredientes de los salchichones y su cantidad respectiva según el porcentaje de sustitución

Ingredientes	Cantidad añadida de cada ingrediente (%)				
	0	25	50	75	100
H <sub>2</sub> O	17,81	19,65	21,48	23,54	25,15
Fibra de soya	0,00	0,59	1,08	1,40	2,16
Almidón de papa	9,50	7,13	4,75	2,38	0,00
El resto de los ingredientes	72,69	72,67	72,72	72,69	72,69

Con base en esto se tiene un diseño experimental irrestricto aleatorio con arreglo unifactorial de 5 niveles, donde cada porcentaje de sustitución, incluido el 0 %, es un nivel y las variables respuesta son: fuerza de corte instrumental, composición proximal,  $a_w$  y color. El experimento se repitió en tres ocasiones, utilizando en cada una lotes distintos de recorte de cerdo y res, y eso se tomó como tres bloques en el experimento. No fue posible realizar los bloques con distintos lotes de la fibra de soya, a pesar de que esto hubiera sido lo ideal, porque esta materia prima es importada, y se trae al país un lote cada cierto tiempo puesto que el volumen es muy grande, por lo que no fue posible tener tres distintos en el momento de la investigación. Para la determinación del contenido de humedad, grasa, proteína, carbohidratos, ceniza y fibra esto se realizó a un solo lote de

producto con el fin de disminuir el costo de la investigación, porque lo que se desea saber es si todos los tratamientos cumplen con el RTCR- 411-2008.

#### 4.5.2 Métodos de análisis

##### Análisis de textura

Se realizó un análisis de textura con el texturómetro TA.XTPlus de Stable Micro Systems y los datos se capturaron con el software Exponent versión 6.1.10.0. propiedad de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Se aplicó la prueba de fuerza de corte, con el fin de conocer si existe diferencia entre los salchichones al hacer la sustitución. Para llevarla a cabo se utilizó el aditamento conocido como cuchilla plana, una distancia de penetración de 30 mm y una velocidad de compresión y de retorno de 2,0 mm/s y 10 mm/s, respectivamente. Para la medición se cortaron muestras en forma de rodaja que tenían una altura de 1,5 cm, como se observa en la figura 4, y la cuchilla cortó verticalmente en la sección plana. Se hicieron 6 réplicas por cada tratamiento y cada lote.



Figura 4. Espesor de las rodajas de salchichón

##### Análisis proximal

Se realizó un análisis proximal a cada uno de los tratamientos, a solo uno de los lotes procesados, con el fin de saber que los salchichones cumplen con lo estipulado en el RTCR 411-2008. Los análisis los realizó el laboratorio del CITA-UCR, mediante los métodos de análisis: porcentaje de humedad: 950.46 AOAC (AOAC, 2005) (P-SA-MQ-002), porcentaje de cenizas: 920.153 AOAC (AOAC, 2005) (P-SA-MQ-004), porcentaje de grasa: 960.39 AOAC (AOAC, 2005) (P-SA-MQ-005), porcentaje de proteína: 928.08 AOAC (AOAC, 2005) (P-SA-MQ-003), porcentaje de fibra dietética: 985.29 AOAC (AOAC-AACC, 2005) (P-SA-MQ-

007M), y porcentaje de carbohidratos totales:  $100\% - (\%H + \%C + \%G + \%P)$ , donde H=humedad, C=cenizas, G=grasa y P=proteína.

#### Análisis de $a_w$

El  $a_w$  se midió mediante el uso del instrumento Aqualab water activity meter en el laboratorio de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Las muestras se cortaron en pedacitos muy pequeños, y se colocaron en la cápsula del equipo, de forma tal que quedara completamente llena, y no se dejaran espacios vacíos que afectarían la medición; se posiciona en el espacio designado en el equipo y se procedió a ejecutar el análisis (Cámara et al., 2020). Se realizó a cada lote para cada porcentaje de sustitución.

#### Análisis de color instrumental

El color se midió mediante un colorímetro Hunter Lab modelo ColorFlex®, que se encuentra en el laboratorio de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos, con un ángulo de observación de  $10^\circ$  y el iluminante D65 (HunterLab, 2013). A las muestras se cortaron manualmente con un cuchillo en pedacitos pequeños, luego se trituraron en licuadora hasta obtener una pasta homogénea, seguidamente se colocaron en cápsulas de poliestireno claro, evitando dejar espacios vacíos para que entrara la luz y alterara la medición. Se realizó por triplicado para cada lote de todos los porcentajes de sustitución.

#### 4.5.3 Análisis de resultados

Los resultados de los análisis de fuerza de corte instrumental,  $a_w$  y color se analizaron mediante un ANDEVA con un nivel de significancia de 0,05, los que dieron diferencia se aplicó una prueba de LSD. Y Los resultados de los análisis proximales se presentan con estadística descriptiva.



4.6 Evaluar el impacto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya sobre el agrado general de los consumidores y la textura sensorial para saber si hay diferencia entre los salchichones.

#### 4.6.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño unifactorial a 5 niveles que corresponden a los porcentajes de sustitución propuestos en la sección 4.5.1 Las variables respuesta son el agrado general y la textura sensorial. Para el agrado general se determinará con un lote de producto elaborado, mientras que la textura sensorial, se harán 3 repeticiones.

#### 4.6.2 Métodos de análisis

##### Análisis de textura sensorial

Del mismo modo que la textura instrumental, la variable analizada en este caso fue la dureza, pero esta vez la experimentada a través de cortar con cuchillo un salchichón. Se midió mediante un panel de 11 panelistas, que fue entrenado para dicho fin empleando el método descrito por Araya Vargas (2018), el cual incluye la escogencia del panel, el entrenamiento, la medición de la reproducibilidad entre los jueces y la evaluación de las muestras. A los jueces se les pidió que evaluaran el grado de dureza que sintieron al cortar rodajas de 1,5 cm de espesor de salchichón. Se compraron 11 cuchillos iguales para esta investigación, uno por cada participante, asegurándose que fueran todos de la misma marca, tamaño y estilo, de este modo se aseguró que todos tuvieran el mismo filo y este factor no interfiriera el resultado.

##### Escogencia del panel

Se escogió a 11 estudiantes de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Costa Rica debido a su disponibilidad de tiempo, interés en el estudio, y entendimiento en el tema a evaluar para agilizar el proceso de entrenamiento.

##### Entrenamiento

El entrenamiento se llevó a cabo en la sala de entrenamiento de la Escuela de Tecnología de Alimentos, involucró reunir a los 11 panelistas en este lugar al mismo tiempo, de forma tal que pudieran verse los unos con los otros, se pudiera discutir y llegar a un consenso. Se llevó a cabo en dos sesiones de una hora cada una, los días martes y jueves de la misma semana.

En la primera sesión se les presentó a todos tres tipos de escala: la abierta, semiestructurada y estructurada, para que por consenso escogieran con cuál se sentían más cómodos para evaluar. La ganadora fue la estructurada de 10 puntos, como se muestra en la figura 5. También, en conjunto los 11 jueces discutieron la forma de partir el salchichón, que debía ser estandarizada para todos los panelistas y que de ahí en adelante siguieran haciéndolo igual el resto del proceso, de forma tal que esto no afectara la percepción de dureza entre unos y otros. Llegaron al consenso de tomar el cuchillo con la mano dominante, colocar el dedo índice entre el inicio de la hoja y el final del mango para dar soporte, mientras que con la otra mano sostiene la muestra utilizando los dedos índice y pulgar contra el azafate, en dirección con las horas del reloj 10:30 y 4:30 para derechos y 1:30 y 7:30 para los zurdos, respectivamente como se muestra en la figura 6.

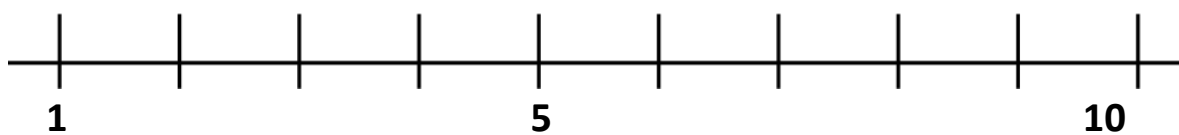


Figura 5. Escala lineal estructura del 0 al 10, la cual fue anclada con distintas referencias



Figura 6. Vista superior y frontal de la forma escogida para el corte de salchichón para una persona que su mano más fuerte es la derecha.

El objetivo principal del entrenamiento fue lograr que todos los jueces llegaran a un consenso sobre cómo se siente, a través del cuchillo, un producto suave, medio y duro. Esto con el fin de que al funcionar como instrumento de evaluación de dureza los panelistas tienen que estar alineados en estos términos para que estas diferencias de percepción no afectaran los resultados de las mediciones. Para lograrlo, se les presentó una serie de productos de diferentes niveles de dureza, que involucraban productos del mercado como: mantequilla, quesos, salchichas, salchichón y chorizo, los productos y marcas utilizadas se detalla en el cuadro IV. Se les solicitó que los cortaran según lo acordado y los evaluaran en la escala de forma individual, una vez que los evaluaron, discutieron el resultado que cada uno otorgó a cada muestra. Decidieron que la mantequilla, los quesos y las salchichas de soya no eran buenas referencias por su textura distinta a los productos cárnicos.

Cuadro IV. Referencias utilizadas para el entrenamiento de los jueces para el panel entrenado de dureza

Producto	Marca
Queso fresco tipo Turrialba	DosPinos
Queso Tico	DosPinos
Queso Gouda	DosPinos

Continuación cuadro IV. Referencias utilizadas para el entrenamiento de los jueces para el panel entrenado de dureza

Salchichón Jamonado de Pollo	FUD
Salchichas de Soya	Embutidos SoyaLight
Salchichas Bienestar Reducidas en Sodio y Grasa	Cinta Azul
Margarina	Mazola
Salchicha Alemana. Tipo Ahumado	Castillo del Roble
Salchichón Italiano	Zar
Salchichón Especial	Cinta Azul
Chorizo Cocido	Zar
Gelatina	SABEMAS

Para la segunda sesión, se comenzó con recordar la forma correcta de cortar. Se les presentó a los integrantes del panel un grupo de muestras que evaluaron individualmente, luego conversaron sobre los resultados otorgados, hasta llegar a un acuerdo de cuáles de esas muestras iban a ser la referencia de suave, medio y duro, calificación de 1, 5 y 10 respectivamente. A los panelistas que calificaron de manera distinta a la mayoría de los jueces alguna de las referencias, se les dio más muestras hasta que estuvieran alineados con el resto. De estos escogieron como referencia de suave el salchichón jamonado de pollo, como medio las salchichas Bienestar reducidas en sodio y grasa, y como duro el chorizo cocido.

#### Evaluación de reproducibilidad

Una vez que se concluyó el entrenamiento se evaluó la reproducibilidad de los jueces, con el fin de saber que son consistentes de forma individual y con respecto al resto del panel. Esto se realizó en el laboratorio de análisis sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos, en cabinas individuales, luz roja, se sirvió las muestras en rodajas de 1,5 cm de espesor y de forma aleatorizada y balanceada, utilizando la escala definida previamente, y recordando a cada uno la forma correcta de hacer el corte. Se utilizaron dos muestras comerciales de salchichón, que se parecían bastante visualmente pero diferentes en

dureza. Estas fueron presentadas a los jueces como si fueran 4 muestras a evaluar, de forma tal que las muestras iguales debían evaluarlas con una dureza similar entre ellas, pero diferentes al otro par. Los resultados se recolectaron mediante el software Fizz y se analizaron mediante gráficos, como el que se muestra en la figura 16 del anexo D, en el que se debía observar un comportamiento como el descrito anteriormente. Al existir panelistas que estaban un poco desviados entre ellos o con respecto al resto del grupo, se repitió esta prueba dos días después.

En la segunda sesión se les recordó a todos la forma correcta de agarrar el cuchillo y hacer el corte, con mayor énfasis a aquellos que en la primera sesión no estaban alineados. El procedimiento fue igual a la anterior pero cambiando las muestras comerciales. En esta ocasión, al evaluar los resultados en un gráfico (figura 16, del anexo D), se observó que la mayoría era consistente, por esta razón comenzó la evaluación definitiva de los salchichones de este estudio.

#### Evaluación definitiva

La evaluación definitiva se realizó con los 3 lotes de los 5 tratamientos. Utilizando la escala lineal estructurada de 0 a 10, en cabinas con luz roja, las muestras rebanadas con un espesor de 1,5 cm de espesor, de manera aleatorizada y balanceada, y se les presentó también las anclas determinadas en el entrenamiento. Mediante el software FIZZ se recolectaron los datos de cada una de las sesiones.

#### Agrado

Se realizó una prueba de agrado general con 100 consumidores de salchichón. Presentándosele los 5 tratamientos a cada panelista, evaluaron en una escala hedónica híbrida de 10 cm, que incluía palabras como “me agrada mucho” o “me disgusta” (Lawless, 2013). A cada uno se le solicitó que probara cada muestra de izquierda a derecha, entre cada una de ellas se enjuagaran la boca con agua tibia, y la evaluara según lo que ellos esperaban del agrado general de un salchichón. La evaluación se hizo en una cabina

individual con luz blanca, las muestras se colocaron en platos de cartón, codificadas y presentadas de forma balanceada y aleatorizada. Las muestras se sirvieron calientes, después de calentar en sartén por 2,5 min por cada lado manteniendo. Para la recolección de los datos se utilizó el software FIZZ.

#### 4.6.3 Análisis de datos

A los datos de agrado general se les aplicó un análisis de conglomerados para determinar si existen grupos de consumidores con diferentes agrados, a cada conglomerado se le aplicó un ANDEVA con un nivel de significancia de 0,05, y al conglomerado que mostró diferencia significativa entre los tratamientos se le aplicó una comparación de medias LSD.

En el caso de la textura sensorial se utilizó un ANDEVA con un nivel de significancia de 0,05 y en caso de encontrar diferencias significativas se le aplicó una comparación de medias LSD.

#### 4.7 Determinación del costo de los salchichones con sustitución de almidón por fibra y del control

Se calculó el costo por kilogramo de los salchichones de las diferentes formulaciones para determinar el efecto de la sustitución con fibra. Se realizó sumando el costo de materia prima, la carga fabril, mano de obra y empaque. Todos estos costos los brindó la empresa H.S. Representaciones S.A. Los datos se presentaron utilizando estadística descriptiva para comparar entre ellos. Los costos se reportaron como un cambio de costo por motivos de confidencialidad.

## 5. Discusión de Resultados

### 5.1 Determinación del efecto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya en las propiedades fisicoquímicas

#### 5.1.1 Textura

En la figura 7 se muestran las medias del resultado del análisis de textura instrumental. Según la comparación de medias, con al menos un 95 % de confianza, se puede decir que hay una reducción significativa de la dureza (valor  $P < 0,0001$ ) para los salchichones con un 75 y 100 % de sustitución, mientras que para los de 25 y 50 % no hay diferencia contra el control, esto concuerda con otros estudios en la literatura en la que se evalúan distintas fuentes de fibra sobre la dureza de productos cárnicos y la dureza disminuyó (Henning, Tshalibe, & Hoffman, 2016; Santhi, Kalaikannan, & Natarajan, 2019; Carvalho et al., 2019); todos lo atribuyen a que aumenta la cantidad de agua en el producto final. Choi et al (2011), en su estudio, también obtuvieron que la fibra proveniente del trigo disminuye la dureza de estos productos y explican que se debe a la red tridimensional que forma la fibra en la que retiene agua.

Sin embargo, también hay estudios en que reportan el efecto contrario y lo atribuyen a la alta capacidad de retener agua de las fibras (Choi et al., 2014b). No obstante, al analizar las formulaciones de los productos utilizados en estas investigaciones, se encontró que no modifican la cantidad de agua añadida, y debido a que esta materia prima absorbe más cantidad de agua, es probable que esté reteniendo la que debería estar en la emulsión, por ende afecte la textura del producto final aumentando la dureza. Lo anterior se evidencia en un estudio del efecto de la fibra de avena y carragenina sobre esta variable, en el que encontraron que se comportan mejor cuando la adición de agua es alta, puesto que la fibra compensa los cambios que esta produce (Hughes, Cogrades, & Troy, 1997).

Por otro lado, se ha estudiado el efecto de diversas fibras dietarias en geles cárnicos y el resultado obtenido es que dependiendo de la fibra, esta puede aumentar o disminuir la

dureza, según la interacción que tengan con el enrejado proteico (Han & Bertram, 2017). Por lo tanto, se recomienda usar combinación de distintas fibras, por ejemplo, con inulina, que tiende a aumentar la dureza, para alcanzar la textura adecuada sustituyendo el almidón en un 100 %. Por otro lado, también se puede emplear otro ingrediente o aditivo que ayude a alcanzar el parámetro adecuado. Por ejemplo: Choe et al. (2013) encontraron que al usar una combinación de fibra digerible y piel de cerdo en emulsión mejora la dureza del salchichón.

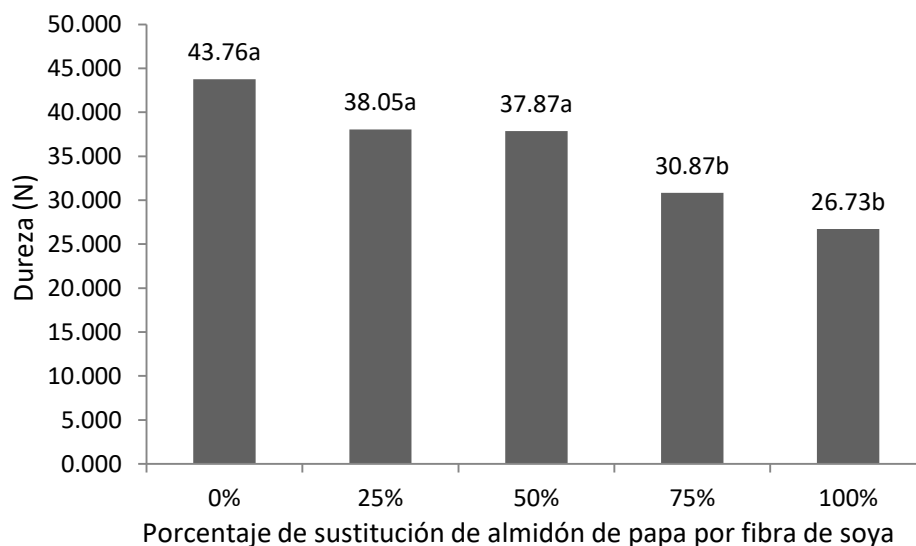


Figura 7. Dureza de salchichón con diferentes porcentajes de sustitución de almidón de papa por fibra de soya, expresada en Newton, medida con texturómetro.

### 5.1.2 Análisis proximal

En el cuadro IV se muestran los resultados del análisis proximal realizado a los distintos tratamientos elaborados.



Cuadro V. Análisis proximal de los salchichones según el porcentaje de sustitución

Porcentaje de sustitución	Humedad (%)	Grasa cruda (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos totales (%)	Fibra dietética (%)	Carbohidratos disponibles (%)
0	63,50 (±8,8)	10,73 (±0,87)	10,79 (±0,63)	3,00 (±0,22)	12,00 (±2,2)	2,15 (±0,37)	9,80 (±2,5)
25	62,30 (±8,7)	12,50 (±1,0)	11,66 (±0,68)	3,01 (±0,22)	10,50 (±2,0)	2,65 (±0,46)	7,90 (±2,0)
50	63,70 (±8,9)	12,80 (±1,0)	11,92 (±0,69)	2,93 (±0,21)	8,70 (±1,6)	3,55 (±0,61)	5,10 (±1,3)
75	65,50 (±9,1)	13,20 (±1,1)	11,58 (±0,67)	3,05 (±0,22)	6,70 (±1,2)	4,12 (±0,71)	2,55 (±0,65)
100	67,50 (±9,4)	12,90 (±1,0)	11,73 (±0,68)	2,87 (±0,21)	4,98 (±0,92)	4,59 (±0,80)	0,39 (±0,10)
Valor permitido*	≤ 75	≤ 25	≥ 11	≤ 3,5	≤ 10	N.A.	N.A.

\* Valores permitidos en el Reglamento Técnico de Costa Rica 411:2008

Al ver los resultados del cuadro IV, con respecto a humedad, grasa y cenizas todos los salchichones cumplen con el reglamento. Mientras que al observar la columna de proteína, todos salchichones cumple excepto el salchichón con 0 % de sustitución. De la misma forma sucede con los carbohidratos totales, sumándose a esta irregularidad el de 25 %. Sin embargo, este valor tiende a disminuir de manera inversa al porcentaje de sustitución, lo que comprueba que su uso en la industria ayudaría a que los productos dejen de incumplir con el reglamento. Lo anterior debido a que, para cumplir con la misma función que el almidón, se necesita adicionar mucho menos cantidad que de este, por lo tanto el porcentaje de carbohidratos en el producto final sería menor.

Debido a que el RTCR 411:2008 no especifica un valor que deben tener los salchichones de fibra dietética, esta se cuantifica como parte de los carbohidratos totales. Sin embargo,

el Reglamento Técnico de Etiquetado Nutricional de los alimentos preenvasados N° 30256-MEIC-S, dice que cuando exista este nutriente debe ser reportado específicamente como tal. Además, en el cuadro IV se puede notar que al cuantificarla, la cantidad de carbohidratos disponibles disminuyen, esto es beneficioso desde un aspecto nutricional. Por lo tanto, al reportarlos juntos, castiga la reputación del producto final, debido a que la fibra le da beneficios a la salud que no da el almidón.

Por otro lado, este mismo reglamento pauta que para declarar un alimento fuente de fibra este debe tener 3 g por cada 100 g del alimento, esto quiere decir que a partir de la sustitución con 25 % y en adelante, se podría poner en la etiqueta que es fuente de fibra. Esto podría ser llamativo para la industria si se pensara en atraer a un público que cuide de su salud según lo que comen.

También es relevante mencionar el aumento del porcentaje de la humedad, esto era lo que se esperaba puesto que se añadió más agua en los salchichones conforme se aumenta el porcentaje de sustitución como se observa en el cuadro III. Del mismo modo sucede con la proteína en todos los que tienen fibra dietética de soya, esto se debe a que este ingrediente contiene un 20 % de proteína. Por otro lado, aunque no se esperaba, se dio un aumento leve en el porcentaje de grasa cruda; lo anterior puede deberse a que este ingrediente tiene un porcentaje de grasa, a pesar de que la ficha técnica dice que es de 0,8 % podría ser más, también por la variabilidad misma de las materias primas, ya que de un mismo lote al tomar porciones para producir podría irse más grasa en uno que en otro. Esto concuerda con otros estudios en los que al no modificar la cantidad de grasa en la formulación, y al agregar fibra dietética, esta aumenta en el producto final (Cofrades et al., 2000; Sariçoban, Yilmaz, & Karakaya, 2009).

### 5.1.3 Análisis de $a_w$

En la figura 8 se muestran los resultados del análisis de  $a_w$  para los salchichones analizados. Según la comparación de medias, para un 95 % de confianza, se puede decir que no se encontraron diferencias significativas de  $a_w$  entre los salchichones analizados

(valor  $P = 0,100$ ). Con una potencia de la prueba de 0,51. Esto concuerda con análisis realizados en tortas de carne preformadas en los que al aumentar la fibra insoluble este parámetro no cambio significativamente (Besbes, Attia, Deroanne, Makni, & Blecker, 2008; Sánchez-Zapata et al., 2010). Es posible notar que hay una tendencia a disminuir conforme disminuye el porcentaje de fibra; a mayor porcentaje de fibra mayor adición de agua, puesto que en la formulación se consideró que la retención de agua de la fibra, este efecto se observó en el porcentaje de humedad de los salchichones que aumentó conforme aumentó el porcentaje de sustitución, al no afectar de manera significativa el valor de  $a_w$  se evidencia que la fibra está cumpliendo su función de ligar agua y hacerla parte de la emulsión cárnica.

A pesar de que el  $a_w$  no es una de las barreras de conservación de este producto, es un factor importante, que no debería verse afectado por el cambio de una materia prima, puesto que podría afectar la calidad del mismo.

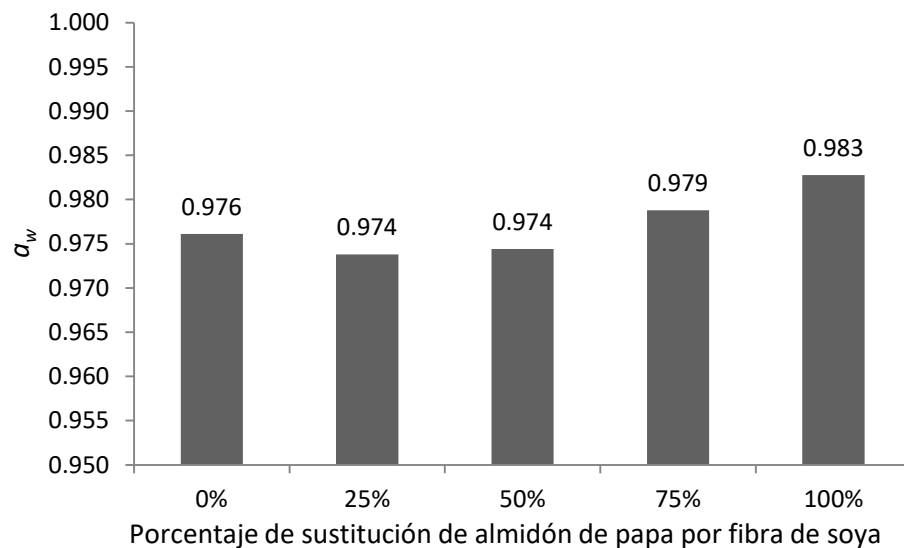


Figura 8. Medias de las mediciones de  $a_w$  para cada uno de los salchichones con diferentes porcentajes de sustitución de fibra

#### 5.1.4 Análisis de color instrumental

A continuación, se muestran los resultados del análisis de color de los diferentes salchichones. Para el valor de  $a^*$  que son los tonos rojos, se puede decir con un 95 % de confianza que no hay diferencias significativas ( $P = 0,291$ ), así como para  $b^*$  que son tonos amarillos ( $P = 0,044$ ); con una potencia de la prueba de 0,35 y 0,69 respectivamente. Mientras que para  $L^*$ , la luminosidad, si se encontró diferencias (valor  $P = 0,003$ ) en los tratamientos de 25 y 100 % de sustitución.

En la figura 9 y 10 se puede observar que la sustitución no tiene un efecto significativo para  $a^*$  ni para  $b^*$ , aunque se puede apreciar una tendencia a disminuir conforme aumenta la fibra de soya y agua en la formulación. Esto concuerda con otros estudios en los que al agregar fibra en productos cárnicos emulsionados se obtuvo que los parámetros de color  $a^*$  y  $b^*$  no cambiaron significativamente conforme aumenta la cantidad de este ingrediente (Salazar, García, & Selgas, 2009; Verma, Rajkumar, & Kumar, 2019; Madane et al., 2020; Felisberto, Galvão, Picone, Cunha, & Pollonio, 2015). Esto es relevante debido a que cuando se reformula un producto cambiando un ingrediente o agregando uno nuevo la apariencia final no debería cambiar, en especial, en un atributo tan importante como lo es el color en la calidad sensorial. Se suele utilizar el valor de  $a^*$  como un parámetro de estabilidad de color en productos cárnicos, además, al ser el color característico es importante que no hayan cambios en éste. Mientras que  $b^*$  se suele utilizar como un indicador de la oxidación lipídica, en este caso esto es positivo, porque indica que aunque los salchichones con fibra de soya son más altos en contenido de grasa este factor de calidad no se ve afectado (Marchetti, Muzzio, Cerrutti, Andrés, & Califano, 2017; Troy, Pearce, Byrne, & Kerry, 2008). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que al ser una matriz tan heterogénea podría ser que no se encuentren diferencias, al calcular el valor de  $F$ , porque son muy grandes.

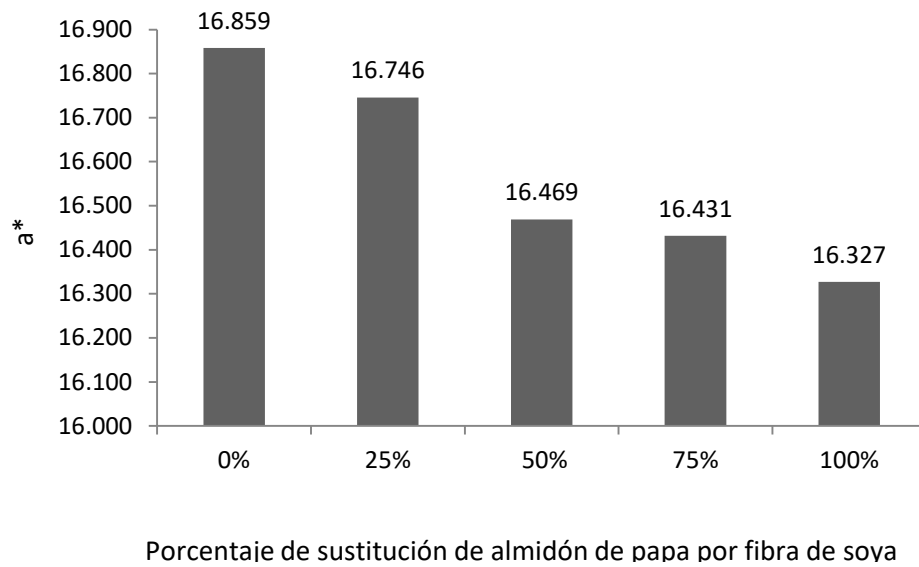


Figura 9. Medias de la variable a\* según la escala CIELab del color para cada salchichón

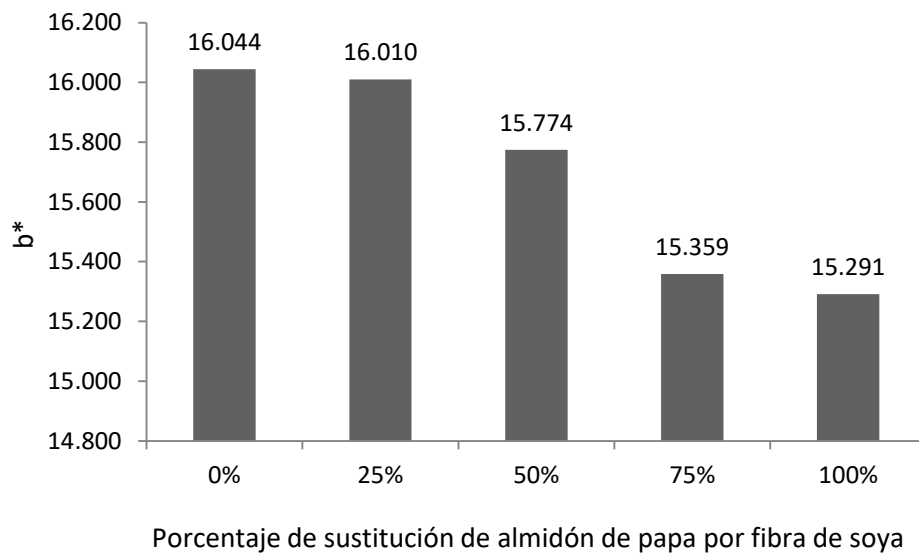


Figura 10. Medias de la variable b\* según la escala CIELab del color para cada salchichón

En la figura 11 es posible observar que el valor L\* (luminosidad) muestra una tendencia a disminuir de manera inversa al aumento de fibra de soya y agua en el salchichón, siendo significativo en los porcentajes de 25 y 100 % contra el control. Esto concuerda con un

estudio que analizaron usar hongo ostra (alto en fibra) en polvo en tortas de pollo, encontraron que se reduce la luminosidad y no afecta significativamente el rojo, pero muestra una tendencia a disminuir según la fibra aumenta; los autores aseguran que el cambio en los valores de  $L^*$  se deben al color de la harina del hongo (Wan Rosli, Solihah, Aishah, Nik Fakurudin, & Mohsin, 2011), en este a pesar de que la fibra es de un color claro, el almidón de papa lo es aún más. El efecto sobre  $L^*$ , también puede ser explicado porque la adición de polisacáridos afecta la transparencia, por ejemplo: la adición de fécula de tubérculos puede aumentar este valor (Prestes et al., 2014). Aunque lo anterior no explica la diferencia en el salchichón con 25 % de sustitución, este se puede atribuir a un error en la medición. El cambio en este parámetro es importante de tomar en cuenta porque se ha encontrado que afecta la intención de compra de los consumidores (Irene, Kubberød, Næs, & Egelandsdal, 2005).

Por otro lado, Cofrades *et al.*, (2000), analizaron el uso de fibra de soya en salchichas y encontraron que los valores para los tonos rojizos y amarillos no se ven afectados por esta fibra y que la luminosidad si, disminuyendo al aumentar la fibra; lo que también concuerda con Pietrasik *et al.*, (2020), que evaluó la sustitución de trigo por fibra de arveja. Es decir que los resultados obtenidos en este estudio eran esperables.

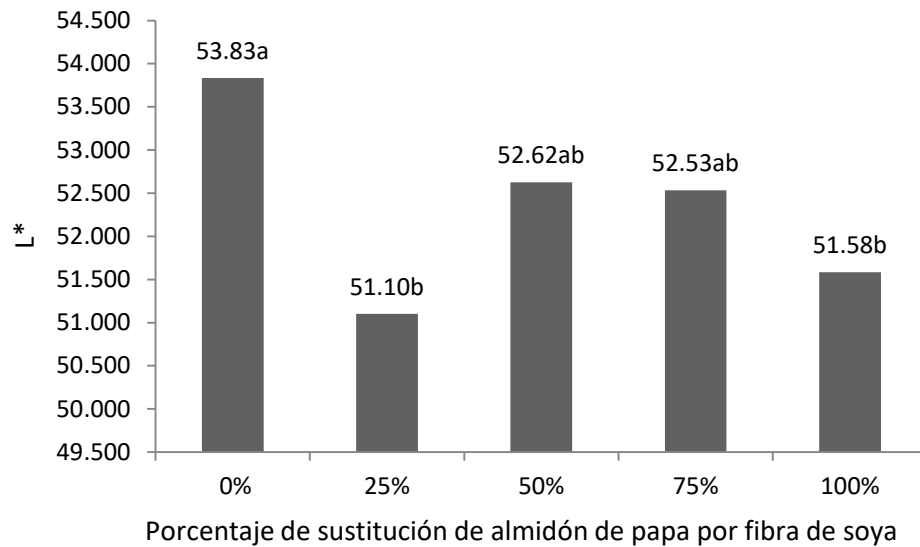


Figura 11. Medias de la variable L\* según la escala CIELab del color para cada salchichón

5.2 Evaluar el impacto de sustituir el almidón de papa con fibra de soya sobre el agrado general de los consumidores y la textura sensorial para saber si hay diferencia entre los salchichones.

### 5.2.1 Textura sensorial

Al evaluar la textura sensorial, por medio de un panel entrenado, se obtuvo como resultado que para un 95 % de confianza no hay diferencias significativas (valor  $P=0,168$ ) con una potencia de la prueba de 0,36, por lo que se deberían hacer más pruebas con el panel para aumentar este valor de potencia y tener mayor seguridad al afirmar que no hay diferencia. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno.

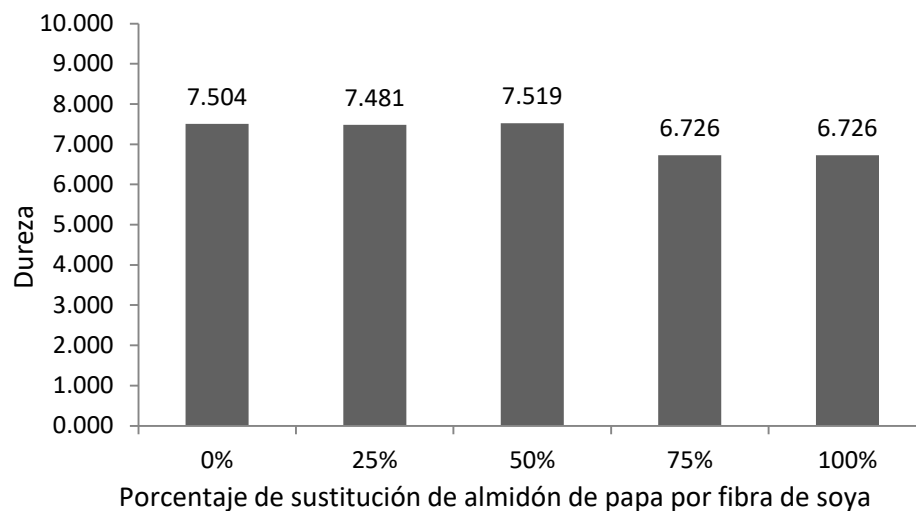


Figura 12. Medias de la dureza de cada salchichón medida sensorialmente

A pesar que la dureza de los salchichones medida sensorialmente no es significativamente diferente, se puede notar una tendencia a disminuir la dureza, siendo más abrupta en los porcentajes de sustitución de 75 y 100 %, como se observa en la figura 12. Esto concuerda con lo que se ha encontrado en otros estudios en los que han analizado el uso de fibras provenientes de leguminosas en matrices cárnicas y encontraron que este parámetro disminuyó conforme aumentó el porcentaje de fibra en el embutido y puede deberse a una disrupción de la matriz provocada por la adición de la fibra (Verma, Banerjee, & Sharma, 2015; Verma, Banerjee, & Sharma, 2012; Mehta, Sharma, Ahlawat, Yadav, & Arora, 2013).

Además, a pesar de que no se hizo este análisis con el objetivo de ser comparado con la textura instrumental, el comportamiento en ambos es muy parecido y concuerda con los resultados obtenidos en la sección 5.1. A pesar de que con el texturómetro si se encontró diferencia de dureza en los porcentajes de 75 y 100 %, en este caso el consumidor, a pesar de estar entrenado, no la detecta. Esto es importante, puesto que la medición instrumental tiene la capacidad de detectar diferencias pequeñas; sin embargo, no necesariamente es un reflejo de lo que es consumidor va a experimentar. No obstante,



podría ser que no se encuentren diferencias debido a que el producto es tan heterogéneo que las diferencias entre medias son muy grandes, por lo tanto, el valor de F al ser calculado no encuentra diferencias.

### 5.2.2 Agrado

Para el análisis de los datos de agrado se realizaron dos conglomerados debido a la variabilidad que existe en la preferencia de las personas. El primer grupo contempla el 77 % y el segundo el 23 % de los panelistas. Según la comparación de medias, en el primero se encontraron diferencias significativas (valor  $P < 0,0001$ ) entre las formulaciones; mientras que para el segundo no (valor  $P = 0,7950$ ). A continuación, se muestran los resultados de las medias obtenidas para cada porcentaje de sustitución en cada conglomerado.

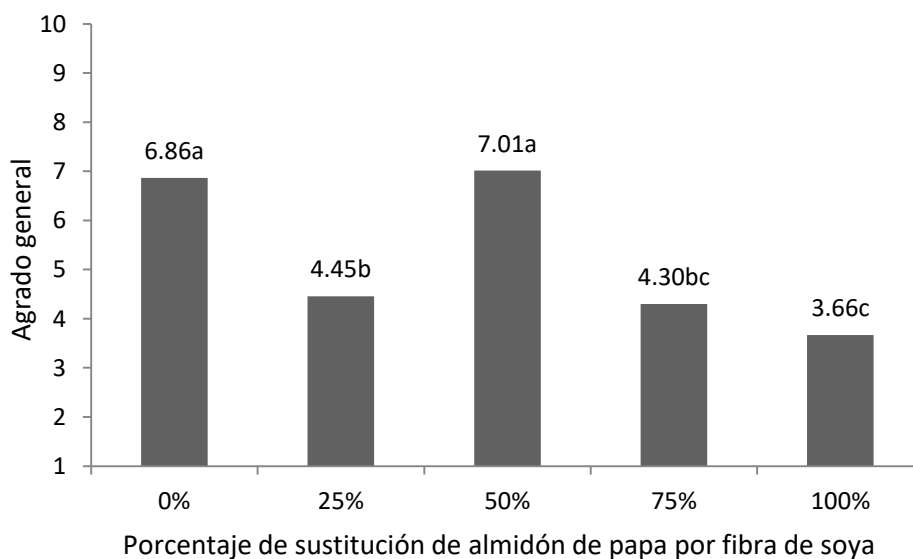


Figura 13. Agrado general de los salchichones con sustitución del almidón de papa por fibra de soya evaluado por el conglomerado I

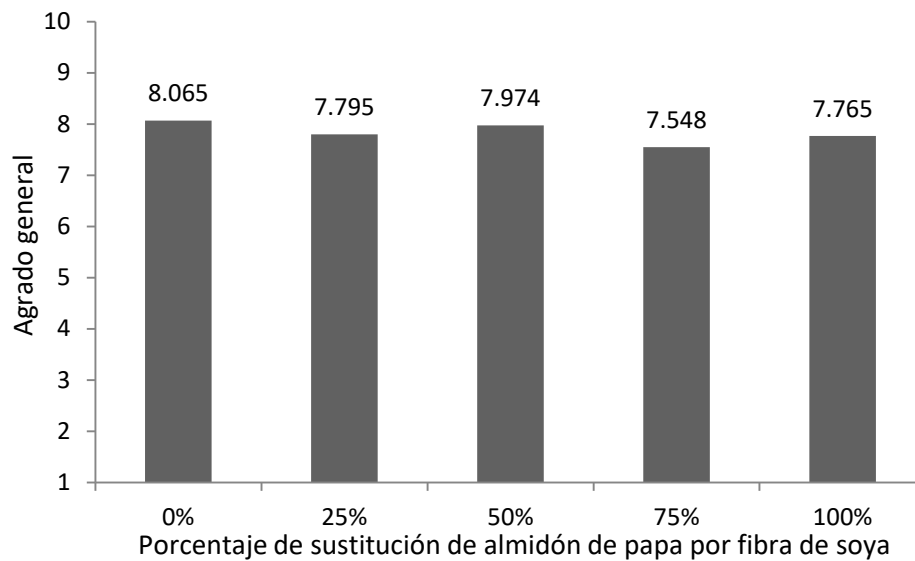


Figura 14. Agrado general de los salchichones con sustitución del almidón de papa por fibra de soya evaluado por el conglomerado II

Debido a que no se tomó información personal de los 100 panelistas con la que se pudiera segregar, estos fueron agrupados según la calificación de agrado asignada al salchichón control; el primero los calificó por debajo de 7 mientras que en el segundo todos lo calificaron por arriba de ese valor. La intención de hacerlo de esta manera es diferenciarlos según el agrado general que sienten por el tipo de producto que están evaluando, ya que, en general, se pidió que fueran consumidores de salchichón, sin embargo, de este producto hay mucha variabilidad en el mercado, por ejemplo, las marcas comerciales que se venden en el supermercado suelen ser de pasta homogénea, mientras que los de este análisis así como los de carnicería, son de pasta gruesa y heterogénea. Hay gente que gusta de ambos, pero también hay quienes prefieren uno sobre el otro, esto pudo haber afectado la variabilidad de los datos totales. Por ejemplo, se pudo notar como ciertos panelistas calificaban mucho mejor el de 100 que el de 0 % de sustitución. También es importante considerar el uso idiosincrático de la escala, ya que las personas que quedaron el primer conglomerado usaban valores más variados de la escala mientras que el segundo se enfocó en usar los más altos.

En el conglomerado I, al comparar contra el control, los salchichones con 25, 75 y 100 % de sustitución de almidón por fibra tuvieron un menor agrado siguiendo una tendencia a reducir el agrado conforme se aumenta la cantidad de fibra, como se puede notar en la figura 13. Lo anterior concuerda con un estudio en el que se sustituye harina de trigo por fibra de arveja en tortas de carne, en el que el agrado disminuyó de manera inversa al aumento del porcentaje de fibra, a pesar de que esto fue significativo solo para el de 100 % (Pietrasik, Sigvaldson, Soladoye, & Gaudette, 2020); también, al utilizar fibra de trigo en tortas de carne de res se obtuvo el mismo resultado (Carvalho et al., 2019). Esto puede deberse a la disminución en la luminosidad del producto con forme aumenta la fibra, como se observa en la sección 5.1.4, puesto que se ha demostrado que el cambio en el color puede afectar la aceptación que un producto tiene en los consumidores (Cavalheiro et al., 2013).

Mientras que en el conglomerado II no se encontró diferencia significativa en el agrado de los salchichones evaluados. Esto concuerda con los resultados encontrados por otro estudio, que no encontró diferencia significativa en el agrado al usar fructooligosacaridos de cadena corta, considerados fibra dietética, en embutidos (Salazar et al., 2009). Lo anterior es importante, puesto que, a pesar de ser un porcentaje pequeño de los panelistas, teóricamente representa al grupo que son consumidores del producto evaluado, y estos no encontrarían diferencia en agrado, incluso en la sustitución del 100 %.

Tomando en cuenta información obtenida por el panel de agrado de los dos conglomerados, si se elabora un salchichón con porcentaje de sustitución del 50 %, tiene probabilidades de éxito, porque no presentó diferencia en el agrado respecto al producto control, sin fibra.

### 5.3 Determinación del costo de los salchichones con sustitución de almidón por fibra y del control

En la figura 15, es posible notar que conforme el porcentaje de sustitución es mayor el porcentaje que se reduce el costo también. Esto se debe a que, para sustituir el almidón, se necesita usar mucho menos cantidad de fibra de soya, debido a su capacidad de retención de agua como se observa en el cuadro XV, de la sección 10 anexo F. Además, la diferencia entre esas cantidades se compensa con agua, que es el ingrediente más barato. Esta tendencia también la mencionan en otros estudios; por ejemplo en uno, al adicionar fibra de arveja a productos cárnicos disminuye el precio (Besbes et al., 2008). Y Ktari, Smaoui, Trabelsi, Nasri, & Ben Salah, (2014), en su estudio encontraron que agregar fibra al 0,5 % en salchichas de res redujo los costos en 150 billones de dólares al año.

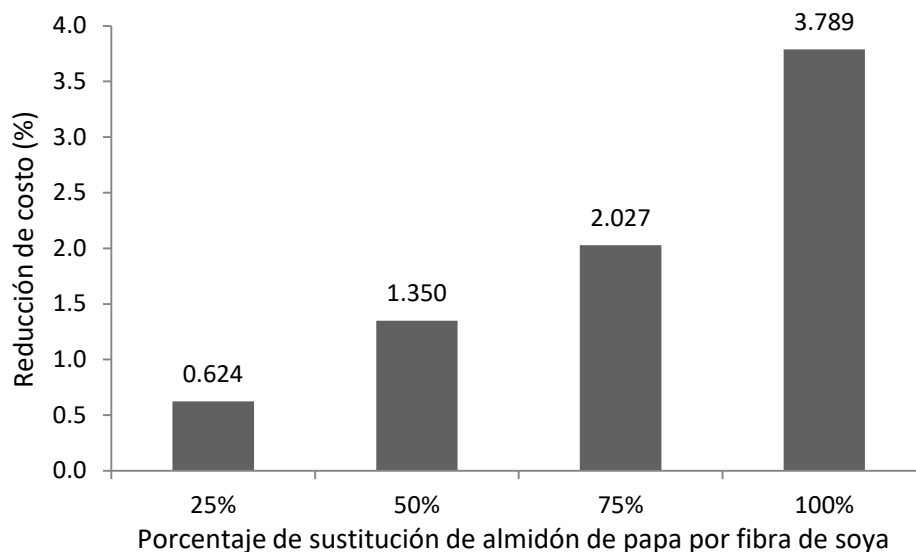


Figura 15. Diferencia porcentual de la reducción del costo con respecto al salchichón patrón de cada salchichón con un porcentaje de sustitución con fibra de soya diferente

Esto es importante porque en la industria siempre se busca lucrar para poder mantener el negocio, por lo tanto, hacer un cambio de ingredientes que suba los costos no va a ser factible, a no ser que se le traslade el costo al consumidor quien debería aceptar pagar

más por el producto. Otro punto importante es que al comparar costos de dos ingredientes posibles a utilizar en un producto, siempre es importante tomar en cuenta que ambos cumplan la misma función, sin cambiar aspectos de calidad en el producto terminado. Por lo tanto, en cuanto a costos, es preferible usar cualquiera de los niveles de sustitución e ideal usar el 100 % fibra.

Según el estudio realizado se puede decir que hacer la sustitución de almidón de papa por fibra de soya es posible. Y tomando en cuenta los análisis que encontraron diferencia significativa contra el control, se puede inferir que hacer una sustitución del 50 % no afecta significativamente el agrado, la dureza instrumental y sensorial y el color; además disminuye el precio y los carbohidratos disponibles, cumple con el contenido de carbohidratos y proteína establecidos en el RTCR 411:2008, además el producto cumple con el contenido de fibra para declararlo como fuente de fibra.

## 6. Conclusiones

Es factible realizar la sustitución de hasta un 50 % de almidón de papa por fibra de soya y agua en salchichón sin afectar propiedades fisicoquímicas y sensoriales, y disminuyendo el costo.

Los carbohidratos totales y disponibles tienden a disminuir de manera inversamente proporcional al aumento de fibra de soya. Y la proteína y grasa tienden a aumentar debido al aporte de estas macromoléculas que hace este ingrediente. La humedad aumentó directamente proporcional a la adición de fibra, debido a que también se agregó más agua, sin embargo, no tiene efecto en el  $a_w$ ; lo que indica que la fibra cumple con su función de aumentar la CRA.

A pesar de que si se obtuvo diferencia significativa a partir del 75 % de sustitución al medirla con un texturómetro esta es no perceptible para los humanos, por lo que se puede asumir que no los consumidores no lo notaran.

El color solo se vió afectado en el parámetro de luminosidad, y fue significativa para el de 25 % y el de 100 % de sustitución respecto al producto sin fibra. Además, el color rojizo, característico de este producto, así como el amarillo no se vieron afectados significativamente. Esto es importante puesto que puede generar un rechazo del consumidor siquiera antes de probarlo.

El agrado general se evaluó en dos conglomerados, uno conformado por el 77 % de los panelistas, y el otro por el 23 %. El primero encontró diferencias significativas en el agrado general para los porcentajes de 25, 75 y 100 %. Mientras que el otro grupo arrojó que no hay diferencia significativa en este parámetro, y además, los calificó con valores altos de agrado que el anterior.

En cuanto a costos, todos los salchichones con sustitución son más baratos que el control. Debido a que, a pesar de que la fibra de soya es más cara que el almidón de papa, se usa

en menor cantidad para obtener el mismo resultado debido a su mayor capacidad de retención de agua.

## 7. Recomendaciones

Según la fuente de la fibra dietética que se utilice tiene diferente efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales en productos cárnicos emulsionados. Por lo tanto, si se quisiera sustituir en un 100% y no encontrar diferencia significativa en las propiedades en que en este estudio se encontró, se puede usar una combinación de fibras. Por ejemplo, la inulina tiende a aumentar la dureza.

Se recomienda hacer un estudio similar, pero analizando el impacto de la sustitución de harina de trigo por fibra de soya, con el fin de saber si también sería factible. Esto debido a que esta también es un carbohidrato digerible con menor capacidad de retención de agua que la fibra, y es muy utilizada en embutidos.

Se recomienda divulgar los datos de este análisis dentro de los productores de embutidos para que conozcan los efectos positivos de incluir fibra de soya dentro de sus productos.

Se recomienda analizar el agrado pero dándole al consumidor información del producto y midiendo la intención de compra al indicarles que son fuente de fibra, característica que no le costará más.

Hacer una prueba de discriminación entre los salchichones con 25 y 50 % de sustitución contra el control para corroborar si los cambios encontrados instrumentalmente los percibiría un humano.

Evaluar la dureza después de cocinar en sartén y compararla con la obtenida analizada en frío para saber si este paso, que realizarán los consumidores en caso, podría afectar la textura final e incidir en el agrado.

Realizar este mismo estudio pero en salchichón de pasta homogénea de forma tal de conocer si se sería factible en todos los salchichones del mercado.



## 8. Bibliografía

- Afman, L., & Muller, M. (2006). Nutrigenomics: From molecular nutrition to prevention of disease. *American Dietetic Association*, 569–576.  
<https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.01.001>
- Ahmad, A., & Kaleem, M. (2018).  $\beta$ -Glucan as a Food Ingredient. In A. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Biopolymers for Food Design* (pp. 351–381).  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00011-6>
- Alvarez, D., Castillo, M., Garrido, M., Bañón, S., Nieto, G., & Payne, F. (2007). Efecto de la composición y el de procesado sobre las propiedades tecnológicas y ópticas de las emulsiones cárnicas. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 23, 25–34.
- Anderson, J. W., Randles, K. M., Kendall, C. W. C., & Jenkins, D. J. A. (2004). Carbohydrate and Fiber Recommendations for Individuals with Diabetes: A Quantitative Assessment and Meta-Analysis of the Evidence. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(1), 5–17. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719338>
- Balestra, F., Bianchi, M., & Petracci, M. (2019). Applications in meat products. In C. Galanakis (Ed.), *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 313–344).  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00010-1>
- Barrett-Connor, E., & Wingard, D. (1983). Sex differential in ischemic heart disease mortality in diabetics: a prospective population-based study. *American Journal of Epidemiology*, 118(4), 489–496.
- Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., Makni, S., & Blecker, C. (2008). Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: Effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers. *Journal of Food Quality*, 31(4), 480–489. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2008.00213.x>
- Câmara, A. K. F. I., Vidal, V. A. S., Santos, M., Bernardinelli, O. D., Sabadini, E., & Pollonio,

- M. A. R. (2020). Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. *Meat Science*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108085>
- Campos, J. M. (2018). *Verificación de mercado: Verificación de etiquetado y calidad en productos cárnicos embutidos: salchicha, salchichón, mortadela y chorizo*. San José.
- Carvalho, L. T., Pires, M. A., Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Rodrigues, I., ... Trindade, M. A. (2019). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, 147(August 2018), 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>
- Castigliero, L., Armani, A., & Guidi, A. (2012). Meat color. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition* (Vol. 2, pp. 89–110). <https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.89>
- Cavalheiro, C. P., Piovesan, N., Terra, L. D. M., Lovato, M., Terra, N. N., & Fries, L. L. M. (2013). Colorimetric and sensory characteristics of fermented cured sausage with Brazilian ostrich meat addition. *Food Science and Technology*, 33(4), 660–665.
- Chandalia, M., Garg, A., Lutjohann, D., Von Bergmann, K., Grundy, S. M., & Brinkley, L. J. (2000). Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *New England Journal of Medicine*, 342(19), 1392–1398. <https://doi.org/10.1056/NEJM200005113421903>
- Chen, K. I., Erh, M. H., Su, N. W., Liu, W. H., Chou, C. C., & Cheng, K. C. (2012). Soyfoods and soybean products: From traditional use to modern applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96(1), 9–22. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4330-7>
- Choi, Y. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Choi, J. H., Lee, M. A., ... Kim, C. J. (2014a).

- Physicochemical properties and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters with pork back fat replaced by dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science*, 892–900. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.033>
- Choi, Y. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Choi, J. H., Lee, M. A., ... Kim, C. J. (2014b). Physicochemical properties and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters with pork back fat replaced by dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science*, 96(2), 892–900. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.033>
- Chow, J. (2002). Probiotics and prebiotics: A brief overview. *Journal of Renal Nutrition*, 12(2), 76–86. <https://doi.org/10.1053/jren.2002.31759>
- Codex Alimentarius Commission. (2009). *Report of the 30th session of the Codex Committee nutrition and foods for special dietary uses* (Vol. 31). Roma.
- Cofrades, S., Guerra, M. A., Carballo, J., Fernández-Martín, F., & Jiménez Colmenero, F. (2000). Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science*, 65(2), 281–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15994.x>
- Colmenero, F. J. (2014). Nonmeat Proteins. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (Vol. 1, pp. 289–295). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00140-9>
- Dupuis, J. H., & Liu, Q. (2019). Potato Starch: a Review of Physicochemical, Functional and Nutritional Properties. *American Journal of Potato Research*, 96(2), 127–138. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09696-2>
- Feiner, G. (2006). Cooked Sausages. In *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.017>
- Felisberto, M. H. F., Galvão, M. T. E. L., Picone, C. S. F., Cunha, R. L., & Pollonio, M. A. R. (2015). Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and

- microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.004>
- García, M., Cáceres, E., & Selgas, D. (2007). Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 624–631. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Han, M., & Bertram, H. (2017). Designing healthier comminuted meat products : Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Science*, 133(June), 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.001>
- Hasenhuettl, G., & Hartel, R. (2019). *Food Emulsifiers and Their Applications*. Suiza: Springer.
- Heinz, G., & Hautzinger, P. (2007). Meat processing technology for small- to medium-scale producers. In *Meat Processing Technology for Small to Medium Scale Producers*. Bangkok: FAO.
- Henning, S. S. C., Tshalibe, P., & Hoffman, L. C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.007>
- Heywood, A. A., Myers, D. J., Bailey, T. B., & Johnson, L. A. (2002). Functional properties of low-fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(12), 1249–1253. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0635-y>
- Hughes, E., Cogrades, S., & Troy, D. J. (1997). Effects of Fat Level , Oat Fibre and Carrageenan on Frankfurters Formulated with 5, 12 and 30 % Fat. *Meat Science*, 45(3), 273–281.

HunterLab. (2013). *Identification of Measurement Parameters*.

Irene, G., Kubberød, E., Næs, T., & Egelandsdal, B. (2005). Critical quality constraints of sensory attributes in frankfurter-type sausages , to be applied in optimization models. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 38, 665–676.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.004>

Jayagopal, V., Albertazzi, P., Kilpatrick, E. S., Howarth, E. M., Jennings, P. E., Hepburn, D. A., & Atkin, S. L. (2002). Beneficial effects of soy phytoestrogen intake in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25(10), 1709–1714.  
<https://doi.org/10.2337/diacare.25.10.1709>

Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C., Marchie, A., Jenkins, A. L., Augustin, L. S. A., Ludwig, D. S., ... Anderson, J. W. (2003). Type 2 diabetes and the vegetarian diet. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 610–616. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.610s>

Jiménez-Colmenero, F., & Delgado-Pando, G. (2013). Fibre-enriched meat products. In J. Delcour & K. Poutanen (Eds.), *Fibre-Rich and Wholegrain Foods: Improving Quality*.  
<https://doi.org/10.1533/9780857095787.4.329>

Kendall, C. W. C., Esfahani, A., & Jenkins, D. J. A. (2010). The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24(1), 42–48.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.08.002>

Kohyama, K. (2015). Oral sensing of food properties. *Journal of Texture Studies*, 46(3), 138–151. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12099>

Kohyama, K. (2020). Food Texture – Sensory Evaluation and Instrumental Measurement. In K. Nishinari (Ed.), *Textural Characteristics of World Foods*.  
<https://doi.org/10.1002/9781119430902.ch1>

Ktari, N., Smaoui, S., Trabelsi, I., Nasri, M., & Ben Salah, R. (2014). Chemical composition,

techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. *Meat Science*, 96(1), 521–525.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.038>

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010a). Acceptance Testing. In H. T. Lawless & H. Heymann (Eds.), *Sensory Evaluation of Food* (pp. 325–347). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010b). *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices* (Second; D. R. Heldman, ed.). Nueva York: Springer.

Leyva-Mayorga, M. A., Ramírez, J. A., Martín-Polo, M. O., Hernández, H. G., & Vázquez, M. (2002). Empleo De Surimi Liofilizado En Emulsiones Cárnicas Con Bajo Contenido En Grasa Use of Freeze-Dried Surimi in Low-Fat Meat Emulsions Empleo De Surimi Liofilizado En Emulsións Cárnicas Con Baixo Contido En Graxa. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 288–294. <https://doi.org/10.1080/11358120209487741>

Lopez, A. D., Mathers, C. D., Ezzati, M., Jamison, D. T., & Murray, C. J. (2006). Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet*, 367(9524), 1747–1757. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68770-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68770-9)

Lugo, E. B. (2008). Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 160–187. Retrieved from <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>

Madane, P., Das, A. K., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Jagtap, P., Shewalkar, A., & Maity, B. (2020). Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1449–1461. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04180-z>

Manthey, F. A. (2016). Starch: Sources and Processing. In B. Caballero, P. Finglas, & T. Fidel (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (1st ed., pp. 160–164).

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00658-9>

Marchetti, L., Muzzio, B., Cerrutti, P., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2017). Impact of Bacterial Nanocellulose on the Rheological and Textural Characteristics of Low-Lipid Meat Emulsions. In A. Oprea & A. Grumezescu (Eds.), *Nanotechnology Applications in Food: Flavor, Stability, Nutrition and Safety* (pp. 345–361).

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811942-6.00017-0>

Markovic, I., Ilic, J., Markovic, D., Simonovic, V., & Kosanic, N. (2013). Color Measurement of Food Products using CIE L \* a \* b \* and RGB Color Space. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 50–53.

McClearly, B., DeVries, J., Rader, J., Cohen, G., Prosky, L., Mugford, D., ... Okuma, K. (2010). Determination of Total Dietary Fiber (CODEX Definition) by Enzymatic-Gravimetric Method and Liquid Chromatography: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, 93(1), 221–233.

McClements, D. (2015). Emulsion Formation. *Food Emulsions*, 245–288.

<https://doi.org/10.1201/b18868-7>

Mehta, N., Chatli, M. K., Kumar, P., Prakash, O., Verma, A. K., Kumar, Y., & Kumar, D. (2018). Development of Dietary Fiber-Rich Meat Products : Technological Advancements and Functional Significance. In J. Mérillo & K. G. Ramawat (Eds.), *Bioactive Molecules in Food* (pp. 2–26). Springer.

Mehta, N., Sharma, D. ., Ahlawat, S., Yadav, S., & Arora, D. (2013). Organoleptic Quality of Chicken Meat Rolls and Patties Added with the Combination Levels of Black Gram Hull and Psyllium Husk. *Journal of Animal Research*, 3(2), 237–243.

Mohos, F. (2017). Water activity , shelf life and storage. In *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications* (pp. 579–603). John Wiley & Sons Ltd.

- Mora Ramírez, S., & Quirós Ballester, Y. (2018). *Boletín Estadístico Agropecuario 2014 - 2017*. (N°28), 230. Retrieved from <http://www.infoagro.go.cr>
- Nakashima, A., Yamada, K., Iwata, O., Sugimoto, R., Atsuji, K., Ogawa, T., ... Suzuki, K. (2018).  $\beta$ -Glucan in Foods and Its Physiological Functions. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, *64*(1), 8–17. <https://doi.org/10.3177/jnsv.64.8>
- Nishinari, K., & Fang, Y. (2018). Perception and measurement of food texture: Solid foods. *Journal of Texture Studies*, *49*(2), 160–201. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12327>
- O'Grady, M. N., & Kerry, J. P. (2010). The effect of non-meat ingredients on quality parameters in meat and poultry. *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*, 701–725. <https://doi.org/10.1533/9781845699260.3.701>
- Pietrasik, Z., Sigvaldson, M., Soladoye, O. P., & Gaudette, N. J. (2020). Utilization of pea starch and fibre fractions for replacement of wheat crumb in beef burgers. *Meat Science*, *161*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107974>
- Pramudya, R. C., & Seo, H.-S. (2019). Hand-Feel Touch Cues and Their Influences on Consumer Perception and Behavior with Respect to Food Products : A Review. *Journal Foods*, *8*(259).
- Prestes, R. C., Silva, L. B., Torri, A. M. P., Kubota, E. H., Rosa, C. S., Roman, S. S., ... Demiate, I. M. (2014). Sensory and physicochemical evaluation of low-fat chicken mortadella with added native and modified starches. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(7), 4360–4368. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1496-2>
- Rahman, M. S. (2007). Food Preservation: Overview. In M. S. Rahman (Ed.), *Handbook of Food Preservation* (pp. 3–18). Boca Ratón: CRC Press.
- Riaz, M. (2005). Processing of Soybeans into Ingredients. In M. Riaz (Ed.), *Soy Applications in Food* (pp. 39–62). <https://doi.org/10.1201/9781420037951.ch3>



- Rousseau, B. (2004). Sensory Evaluation Techniques. In L. Nollet (Ed.), *Handbook of Food Analysis*. Nueva York: CRC Press.
- Rubio, M. (2002). Implicaciones de la fibra en distintas patologías. *Nutrición Hospitalaria*, 17–29.
- Salazar, P., García, M. L., & Selgas, M. D. (2009). Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry fermented sausages with different fat levels. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(6), 1100–1107.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01923.x>
- Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C. M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., ... Pérez-Alvarez, J. A. (2010). Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, 85(1), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.006>
- Santhi, D., KalaiKannan, A., & Natarajan, A. (2019). Characteristics and composition of emulsion-based functional low-fat chicken meat balls fortified with dietary fiber sources. *Journal of Food Process Engineering*, 43(3), 1–12.  
<https://doi.org/10.1111/jfpe.13333>
- Sarıçoban, C., Yilmaz, M. T., & Karakaya, M. (2009). Response surface methodology study on the optimisation of effects of fat, wheat bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties. *Meat Science*, 83(4), 610–619.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.07.010>
- Schmiele, M., Nucci Mascarenhas, M. C. C., da Silva Barretto, A. C., & Rodrigues Pollonio, M. A. (2015). Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1), 105–111.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.037>
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (2013). *History of soy fiber and dietary fiber (1621 to 2013)*: Lafayette: Soyinfo Center.

- Sievenpiper, J. L., Kendall, C. W. C., Esfahani, A., Wong, J. M. W., Carleton, A. J., Jiang, H. Y., ... Jenkins, D. J. A. (2009). Effect of non-oil-seed pulses on glycaemic control: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled experimental trials in people with and without diabetes. *Diabetologia*, *52*(8), 1479–1495. <https://doi.org/10.1007/s00125-009-1395-7>
- Stekelenburg, F. K., & Kant-Muermans, M. L. T. (2001). Effects of sodium lactate and other additives in a cooked ham product on sensory quality and development of a strain of *Lactobacillus curvatus* and *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology*, *197*–203. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00521-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00521-3)
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, *13*(4), 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Totosaus, A. (2009). The use of potato starch in meat products. *Food*, *3*(1), 102–108. Retrieved from [http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/09FOOD\\_3\\_SI1.html](http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/09FOOD_3_SI1.html)
- Troy, D., Pearce, R., Byrne, B., & Kerry, J. (2008). *52nd International Congress of Meat Science and Technology - Harnessing and exploiting global opportunities* (Vol. 80). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.002>
- Ugalde-Benítez, V. (2012). Meat emulsions. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition* (CRC Press, pp. 447–456). Boca Raton.
- Verma, A. K., Banerjee, R., & Sharma, B. D. (2012). Quality of Low Fat Chicken Nuggets : Effect of Sodium Chloride Replacement and Added Chickpea ( *Cicer arietinum* L . ) Hull Flour. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, *25*(2), 291–298.
- Verma, A. K., Banerjee, R., & Sharma, B. D. (2015). Quality characteristics of low fat chicken nuggets: effect of salt substitute blend and pea hull flour. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(4), 2288–2295. <https://doi.org/10.1007/s13197-013->

1218-1

- Verma, A. K., Rajkumar, V., & Kumar, S. (2019). Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 5027–5035. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03975-4>
- Wan Rosli, W. I., Solihah, M. A., Aishah, M., Nik Fakurudin, N. A., & Mohsin, S. S. J. (2011). Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). *International Food Research Journal*, 18(2), 621–627.
- Wilmar. (n.d.). *Wilmar Soy Protein Division*.
- Xiong, Y. (2012). Nonmeat Ingredients and Additives. In Y. Hui (Ed.), *Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition* (pp. 573–588). <https://doi.org/10.1201/b11479-39>
- Xiong, Y. L., & Mikel, W. B. (2001). Meat and meat products. In Y. H. Hui, W.-K. Nip, & R. Rogers (Eds.), *Meat Science and Applications* (pp. 174–249). <https://doi.org/10.1039/9781849737562-00174>
- Yadav, R. B., Kumar, N., & Yadav, B. S. (2016). Characterization of banana, potato, and rice starch blends for their physicochemical and pasting properties. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127873>
- Young, O. A., Frost, D. A., & Agnew, M. (2012). Analytical Methods for Meat and Meat Products. In Y. H. Hui (Ed.), *Meat and meat processing* (pp. 139–160). Boca Raton: CRC Press.



9. Anexos

**Anexo A.** Resultados del análisis la textura medida instrumentalmente

Cuadro VI. Análisis de varianza del efecto del porcentaje de sustitución de fibra en la textura instrumental del salchichón

Efecto	Valor F	Valor P
Porcentaje de sustitución de fibra	14,803	<0,0001

Cuadro VII. Resultados obtenidos de la medición de la dureza con Texturómetro TA.XTPlus para cada porcentaje de sustitución, en cada lote y por cada réplica

Salchichón	Repetición	Dureza (N)					
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Réplica 6
0	1	38.544	36.549	41.555	42.309	48.472	36.537
0	2	48.832	48.022	46.863	49.54	41.792	41.096
0	3	36.846	47.459	47.422	44.73	41.093	49.998
25	1	40.017	43.684	39.768	45.9	D.E.	D.E.
25	2	33.675	22.458	39.868	41.027	D.E.	D.E.
25	3	37.057	36.231	36.423	48.72	37.569	39.402
50	1	44.707	42.844	44.305	37.422	D.E.	D.E.
50	2	34.954	48.38	31.504	32.713	D.E.	D.E.
50	3	28.184	30.666	42.706	38.37	36.015	37.515
100	1	36.788	31.331	29.839	16.271	D.E.	D.E.
100	2	26.583	27.545	20.997	32.849	27.059	D.E.
100	3	22.858	23.224	26.956	24.089	20.77	33.844

**Anexo B.** Resultados del análisis de  $a_w$ 

Cuadro VIII. Valor F y P obtenido del análisis de varianza de los resultados de  $a_w$  entre los salchichones con diferente porcentaje de sustitución con fibra de soya

Efecto	Valor F	Valor P
Porcentaje de sustitución de fibra	2,601	0,1000

Cuadro IX. Resultados de la medición del  $a_w$  con  $a_w$ metro AquaLab para cada porcentaje de sustitución por cada lote.

Lote	$a_w$				
	Salchichón 0%	Salchichón 25 %	Salchichón 50%	Salchichón 75%	Salchichón 100 %
1	0.9797	0.978	0.9736	0.9754	0.9899
2	0.9748	0.9723	0.9729	0.9823	0.9798
3	0.9738	0.9711	0.9767	0.9787	0.9786

**Anexo C.** Resultados del análisis de color

Cuadro X. Valor F y P del análisis de varianza del efecto de sustituir almidón de papa por fibra de soya en diferentes porcentajes sobre el color del producto final

Efecto	Valor F	Valor P
Porcentaje de sustitución de fibra en $a^*$	1,305	0,291
Porcentaje de sustitución de fibra en $L^*$	4,996	0,003

Cuadro XI. Resultados de la medición de color por medio de colorímetro de las variables L\* y a\* por cada salchichón, su repetición y réplica

Salchichón	Repetición	Color					
		L*			a*		
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
0%	1	53,79	54,23	53,87	17,14	17,3	16,88
0%	2	55,17	54	55,08	16,37	16,33	16,33
0%	3	50,7	N,M,	N,M,	17,66	N,M,	N,M,
25%	1	52,51	52,58	52,9	17,23	17,71	16,14
25%	2	49,74	49,34	49,15	16,26	16,46	16,68
25%	3	51,5	N,M,	N,M,	16,74	N,M,	N,M,
50%	1	53,99	52,27	54,28	16,73	16,08	16,41
50%	2	51,87	52,44	52,19	16,71	16,18	16,75
50%	3	51,34	N,M,	N,M,	16,42	N,M,	N,M,
75%	1	52,79	53,17	53,71	16,56	16,81	15,75
75%	2	51,54	51,73	51,92	16,66	17,12	16,72
75%	3	52,88	N,M,	N,M,	15,4	N,M,	N,M,
100%	1	50,71	52,49	52,03	16,64	16,71	17,14
100%	2	49,99	51,5	51,49	15,53	15,9	15,99
100%	3	52,87	N,M,	N,M,	16,38	N,M,	N,M,

**Anexo D.** Resultados de la dureza medida sensorialmente

Cuadro XII. Valor F y P del análisis de varianza del efecto de sustituir almidón de papa por fibra de soya en diferentes porcentajes sobre la dureza de los salchichones medida sensorialmente

Efecto	Valor F	Valor P
Tratamientos	1,415	0,168
Juez	1,523	0,156

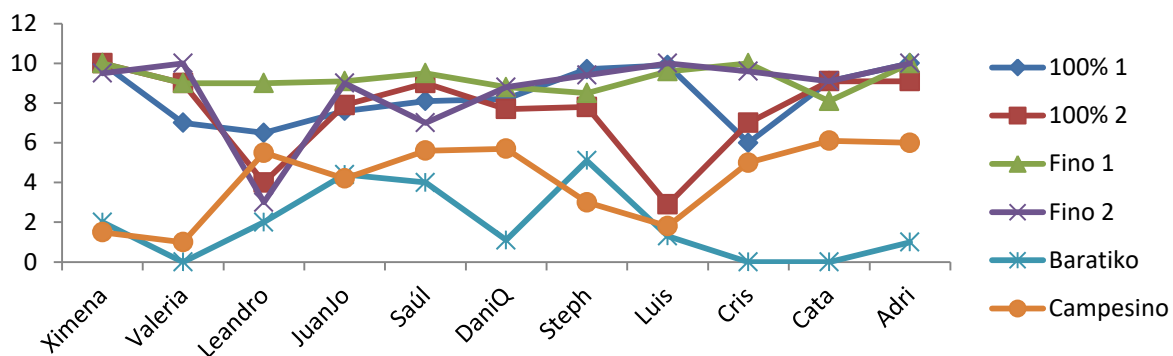


Figura 16. Resultados del último panel de reproducibilidad hecho antes de empezar con la medición de la textura sensorial

Cuadro XIII. Resultados de la medición de la dureza sensorial por cada repetición, juez y porcentaje de sustitución

Repetición	Juez	Dureza				
		Salchichón 0%	Salchichón 25%	Salchichón 50%	Salchichón 75%	Salchichón 100%
1	1	8,5	10	9	8,7	8,6
	2	8	7,1	7,1	3	5
	3	8,1	8,5	8,2	5,5	4,8
	4	9,1	7,5	9	6,5	8,1
	5	7,7	8,9	9,1	9,1	10
	6	9,1	5	8,1	6,5	6
	7	8	9,9	8,4	6,9	6
	8	8,1	10	8,5	3	2
	9	8,5	8,8	10	8,1	9,1
2	1	7	6,6	4	1,4	2
	2	8,1	6	4	7,1	8
	3	8,2	7,6	6,5	2	5,6
	4	8	7,5	6,5	5,6	6
	5	7,5	6,4	4,3	2,6	6
	6	8	8,7	8,1	5	6
	7	10	8	9,6	8,3	9
	8	10	8	9,5	5,3	5
	9	10	8	9,5	5,3	5



Continuación del cuadro XIII resultados de la medición de la dureza sensorial por cada repetición, juez y porcentaje de sustitución

3	1	9	2,6	5,6	8	2,5
	2	6	6,1	8,1	9	7,1
	3	3,3	9,6	5,8	8,6	7,7
	4	4	9	9	10	10
	5	8,1	6	4,4	9,3	7
	6	5,1	7	9	7,5	9
	7	5,9	7,7	6,2	8,6	8,1
	8	5,2	6	7	10	8
	9	7	9	8	9,5	9

Anexo E. Resultados del análisis de agrado general

Cuadro XIV. Resultados de ANDEVA del análisis de agrado de los prototipos de salchichón por conglomerado

Conglomerados	Valor F	Valor P
Conglomerado 1	39,11	<0,0001
Conglomerado 2	0,4185	0,7950

Cuadro XV. Resultados de la medición de agrado mediante un panel sensorial de todos los salchichones

Juez	Agrado				
	Salchichón 0%	Salchichón 25 %	Salchichón 50%	Salchichón 75%	Salchichón 100 %
1	8,1	7,0	9,0	6,1	7,1
2	4,0	1,0	6,5	4,5	6,0
3	9,0	8,5	6,1	5,5	7,1
4	5,0	8,9	9,2	7,9	10,0
5	8,3	6,2	7,7	3,9	5,8
6	5,0	10,0	6,0	8,0	9,1

Continuación del cuadro XV resultados de la medición de agrado mediante un panel sensorial de todos los salchichones

7	8,1	4,0	4,0	5,0	4,0
8	7,1	1,0	9,1	7,1	6,1
9	8,0	6,0	9,1	4,2	6,0
10	5,0	8,0	7,9	6,5	4,0
11	8,6	1,4	7,0	4,5	3,4
12	7,5	5,0	5,0	6,1	2,0
13	9,0	0,9	0,0	1,0	0,0
14	1,3	2,3	4,5	0,1	0,1
15	7,6	4,1	7,6	4,0	1,0
16	5,0	6,0	4,0	3,9	6,0
17	3,0	7,0	8,0	4,0	4,1
18	5,0	8,1	8,0	4,0	9,0
19	7,0	6,4	6,0	4,1	2,0
20	6,0	6,4	7,6	2,0	6,0
21	9,5	7,8	9,6	7,8	6,1
22	6,5	4,0	5,7	3,0	4,8
23	10,0	10,0	4,0	7,0	5,0
24	6,0	4,1	8,0	9,8	2,0
25	10,0	2,0	6,0	8,1	2,9
26	7,5	0,9	10,0	3,0	7,6
27	7,8	3,0	7,0	7,7	9,1
28	7,6	3,5	8,7	2,0	3,3
29	7,0	5,5	8,1	3,0	1,0
30	4,9	0,0	5,0	2,1	0,0
31	7,1	8,0	6,6	5,0	1,6
32	5,0	0,1	9,3	2,2	5,5

Continuación del cuadro XV resultados de la medición de agrado mediante un panel sensorial de todos los salchichones

33	6,1	4,5	4,8	4,0	3,2
34	9,0	7,0	7,0	6,0	6,0
35	10,0	8,0	9,0	10,0	8,0
36	7,2	3,0	7,5	5,0	3,0
37	8,0	8,1	7,0	9,1	8,1
38	5,0	7,9	9,2	5,0	1,7
39	3,7	6,1	9,1	5,7	4,2
40	8,5	5,0	9,5	3,0	5,0
41	8,2	4,1	4,6	7,0	4,5
42	5,6	8,7	7,5	6,1	7,0
43	8,5	4,3	9,7	3,9	3,7
44	6,5	5,3	6,9	3,8	2,9
45	8,0	4,0	6,0	4,0	6,0
46	6,0	4,0	7,1	4,0	3,0
47	7,0	2,0	8,7	5,0	2,0
48	9,1	3,0	8,6	0,0	1,6
49	5,0	9,1	8,0	0,0	1,0
50	4,4	9,2	5,7	6,0	4,4
51	8,3	6,6	8,3	7,8	8,9
52	8,8	6,1	9,7	8,1	10,0
53	9,4	0,0	10,0	4,0	0,4
54	8,5	4,0	8,0	5,0	7,1
55	9,0	6,5	7,6	6,1	3,9
56	5,0	8,1	9,1	9,9	9,1
57	9,9	0,9	9,8	7,0	3,0
58	10,0	9,0	9,0	8,0	7,0

Continuación del cuadro XV resultados de la medición de agrado mediante un panel sensorial de todos los salchichones

59	6,0	4,0	7,0	8,0	7,0
60	9,2	6,3	8,9	8,1	5,6
61	6,7	4,0	4,9	2,4	5,6
62	5,0	4,0	6,1	6,1	5,1
63	7,5	6,6	9,0	9,0	6,0
64	10,0	5,0	7,1	5,0	3,0
65	9,1	8,1	5,0	1,0	6,0
66	9,0	5,6	8,9	6,4	8,1
67	5,0	3,0	9,0	7,6	2,9
68	9,1	3,0	10,0	5,0	3,0
69	8,0	7,1	8,0	6,0	2,8
70	7,0	7,0	8,6	9,3	9,0
71	8,0	5,0	10,0	0,0	0,0
72	7,0	6,0	6,1	5,0	5,4
73	10,0	7,1	8,0	6,0	4,0
74	1,10	1,1	4,0	0,2	2,0
75	2,0	5,6	8,0	8,0	1,0
76	4,0	3,0	8,0	2,0	2,0
77	7,6	6,0	5,0	1,4	4,0
78	9,0	7,0	8,0	2,0	4,3
79	8,6	2,5	6,0	1,6	4,0
80	9,0	4,0	5,0	1,0	6,1
81	5,0	6,0	8,0	6,6	4,0
82	9,1	9,0	7,0	6,0	9,1
83	3,4	4,5	5,0	9,9	2,6

Continuación del cuadro XV resultados de la medición de agrado mediante un panel sensorial de todos los salchichones

84	9,0	0,0	5,0	5,0	2,0
85	4,6	0,1	8,0	4,3	1,9
86	8,0	4,0	8,1	3,0	0,0
87	2,0	5,9	5,0	4,1	6,0
88	9,6	5,0	7,0	0,2	3,5
89	6,5	8,6	6,4	8,4	3,7
90	8,4	5,0	6,7	5,0	3,9
91	7,4	3,3	9,3	4,0	7,5
92	9,0	6,0	5,0	2,0	0,0
93	5,1	6,0	7,1	8,9	3,7
94	9,9	4,1	9,0	3,0	1,4
95	6,7	6,0	6,1	6,1	5,2
96	9,0	6,0	5,0	2,0	8,0
97	8,6	6,6	7,5	6,5	6,8
98	4,9	7,1	4,9	5,0	6,0
99	8,8	7,2	7,1	8,0	7,0
100	10,0	9,1	7,9	9,0	9,5

**Anexo F. Resultados de la prueba preliminar**

Cuadro XVI. Resultados del análisis de la capacidad de retención de agua del almidón de papa y de la fibra de soya

Réplica	CRA	
	Almidón de papa	Fibra de soya
1	1.214	7.49
2	0.790	7.45
3	0.816	7.49

Los resultados obtenidos en el laboratorio son menores con respecto al valor reportado en la literatura o el reportado por el proveedor. A pesar de la diferencia, se decidió formular considerando la CRA que se tenía reportada por el proveedor ya que se consideró que las condiciones de la prueba realizada en el laboratorio no reproducen las que se tienen durante el procesamiento y además en el caso del almidón cuyo uso es estandarizado se tiene la certeza que se obtiene el resultado adecuado.