



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**ÁREA ACADÉMICA DE QUÍMICA**

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE  
JAMÓN COCIDO ADICIONADO CON ALMIDÓN  
RESISTENTE**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA DE QUÍMICA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**KENIA YARETH BARRERA TÉLLEZ**

**DIRECTORAS:**

**DRA. EVA MARÍA SANTOS LÓPEZ  
DRA. ESMERALDA RANGEL VARGAS**



**MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO**

**MAYO 2018**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería**  
*Institute of Basic Sciences and Engineering*  
**Dirección**  
*Dean*

Mineral de la Reforma, Hgo., a 18 de mayo de 2018

Número de control: ICBI-D/441/2018  
 Asunto: Autorización de impresión.

**M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO**  
**DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**

Por este medio le comunico que el Jurado asignado a la Pasante de Licenciatura en Química en Alimentos **Kenia Yareth Barrera Téllez**, quien presenta el trabajo de titulación **“Evaluación fisicoquímica y sensorial de jamón cocido adicionado con almidón resistente”** después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación firman de conformidad los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	Dr. Carlos Alberto Gómez Aldapa	
PRIMER VOCAL:	Dra. Eva María Santos López	
SEGUNDO VOCAL:	Dr. José Antonio Rodríguez Ávila	
TERCER VOCAL:	Q. A. Andrés García Guerrero	
SECRETARIO:	Dra. Iraís Sánchez Ortega	
PRIMER SUPLENTE:	Dra. Fabiola Araceli Guzmán Ortiz	
SEGUNDO SUPLENTE:	Dra. Esmeralda Rangel Vargas	

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente  
 “Amor, Orden y Progreso”

Dr. Oscar Rodolfo Suárez Castillo  
 Director del ICBI



ORSC/SEPC



Ciudad del Conocimiento  
 Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5  
 Colonia Carboneras  
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184  
 Tel. +52 771 7172000 exts 2231, Fax 2109  
 direccion\_icbi@uaeh.edu.mx

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

## *Agradecimientos.*

*“Superarse a uno mismo o perder. No hay más opciones.”*

*–Haruki Murakami.*

Quiero dar gracias a todas las personas que hicieron posible esta meta más en mi vida.

Gracias a mis padres Petra y Javier por el apoyo incondicional, emocional, escolar y económico, por siempre animarme a estudiar y ser mejor cada día, por enseñarme a nunca rendirme por más oscuro que se torne el camino, por estar conmigo en los desvelos, por comprender mis caprichos y berrinches. Por enseñarme a brillar con mi propia estrella. Gracias por enseñarme el valor de la educación y sus beneficios.

Gracias a mi hermana Samanta por sus consejos, por compartir sus experiencias de vida conmigo para que no cometiera los mismos errores o los superará, siempre darme ánimos, por ser uno de mis modelos a seguir, por enseñarme a ser independiente y salir de mi zona de confort.

Gracias a la Dra. Eva por ser mi guía durante estos años en la universidad, por ver en mí una gran capacidad para realizar las cosas, por confiar en mí, por animarme a hacer cosas diferentes (nunca cambies tu ser je, je), por todo el apoyo para realizar mis trámites, en especial cuando realice mi movilidad académica en Argentina y a Estados Unidos. Gracias por los conocimientos, sabiduría, experiencia y las horas de clases que compartió conmigo, es usted una gran profesionalista y la admiro mucho.

También gracias a todos los catedráticos que me formaron durante estos 6 años, el camino parecía largo e inalcanzable, pero al final todo paso tan rápido que ni si quiera note lo mucho que había aprendido. Gracias a los doctores de los cuales me llevó un gran recuerdo por todas sus enseñanzas, gracias a los doctores y doctoras, Giián Álvarez, Alejandro, Elizabeth, Andrés, Javier Castro, Javier Añorve, Guillermo, Gabriela.

Un especial agradecimiento a los doctores que conforman mi jurado, a la Dra. Esmeralda Rangel, Dra. Iraís Sánchez, Dra. Fabiola Guzmán, Dr José Antonio y al Dr. Carlos Gómez, por su tiempo, aportaciones y consejos para escribir mi tesis.

A mis amigas y amigos, por el apoyo cuando más débiles nos sentíamos, por las risas, los desvelos, las mal pasadas, las aventuras, por las charlas, por todo el tiempo que pasamos juntos en este camino universitario.

Por último, pero no menos importante, gracias a Dios, por poner a todas estas personas en mi camino para lograr mi meta, por la paciencia y amor por mí.

*“Believe in yourself”*

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
1. RESUMEN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
2.1 Carne y sus productos.....	2
2.2 Relevancia Socio- Económica de la carne y los productos cárnicos en México	3
2.3 Productos cárnicos.....	6
2.3.1 Jamón cocido.....	9
2.3.2 Problemas asociados al consumo de carne y productos cárnicos.....	26
2.3.2.1 Ventajas del consumo de carne y productos cárnicos .....	26
2.3.2.2 Desventajas del consumo de carne y productos cárnicos .....	27
2.4 Almidón .....	29
2.4.1 Definición y características .....	29
2.4.2 Clasificación del Almidón .....	30
2.4.3 Clasificación del almidón resistente .....	31
2.4.4 Propiedades del almidón resistente .....	34
2.4.5 Aplicación en alimentos .....	35
3. JUSTIFICACIÓN .....	37
4. OBJETIVOS .....	38
4.1 Objetivo general .....	38
4.2 Objetivos específicos.....	38
5. MATERIAL Y MÉTODOS .....	39
5.1 Materia Prima .....	39
5.2 Métodos.....	39

5.2.1 Caracterización del almidón.....	39
5.2.1.1 Determinación de humedad del almidón resistente .....	39
5.2.3 Elaboración de jamón cocido .....	41
5.2.4 Merma.....	42
5.2.4 Evaluación de parámetros fisicoquímicos en jamón cocido .....	43
5.2.5 Análisis Sensorial (Prueba triangular).....	48
5.2.6 Perfil de Textura.....	49
5.2.7 Análisis estadístico .....	49
6. RESULTADOS .....	50
6.1 Pruebas Fisicoquímicas al almidón resistente.....	50
6.2 Viscosidad de la salmuera.....	51
6.3 Evaluación fisicoquímica del jamón.....	52
6.3.1 Determinación de la composición proximal.....	53
6.3.2 Determinación de Aw, pH y CRA.....	55
6.3.3 Determinación de color .....	56
6.4 Análisis sensorial.....	58
6.4.1 Análisis de textura.....	59
7. CONCLUSIONES.....	64
8. REFERENCIAS.....	65
APENDICE 1 .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Producción Nacional de carne en México (Hernández, 2016). .....	3
Figura 2 Volumen de la producción de carne del año 2016 con datos del SIAP (ANETIF, 2017). .....	4
Figura 3 Consumo per cápita de carne en México 2006 -2017, expresado en kilogramos por persona por año USDA Y CONAPO (FIRA , 2017).....	5
Figura 4 Participación del gasto en carne procesada por tipo de producto y preferencia del lugar de compra (Consejo Mexicano de la carne , 2016).....	6
Figura 5 Diagrama del proceso de elaboración de jamón cocido. Fuente: (Toldrá, 2010). .....	18
Figura 6 Tipos de cocción de jamón donde a=constante, b= decreciente, c= escalonada, d= Delta T son comportamientos del proceso térmico (Landares, 2015) .....	21
Figura 7 Gráfica general del análisis del perfil de textura.....	49
Figura 8 Apariencia de los jamones luego de la cocción y el reposo de 72 h. ....	57
Figura 9 Gráfica de resultados de la prueba triangular realizada a 20 catadores. Donde C= jamón control, A= jamón A, B= jamón B.....	58
Figura 10 Gráfica del análisis de perfil de textura de las muestras de jamón cocido. .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Denominación comercial de jamón.....	10
Tabla 2. Especificaciones técnicas del jamón .....	10
Tabla 3. Parámetros medidos por un análisis de perfiles de textura (TPA).....	25
Tabla 4. Resumen de las características de los tipos de almidón resistente.....	33
Tabla 5. Formulaciones para la elaboración de jamones. ....	42
Tabla 6. Resultados de los análisis del almidón resistente. ....	51
Tabla 7. Valores de viscosidad de las salmueras mPa*s (12rpm/LV/Factor 5) .....	52
Tabla 8. Composición proximal de las muestras de jamón. ....	53
Tabla 9. Características fisicoquímicas de las muestras de jamón. ....	56
Tabla 10, Parámetros de color CIELab* de las muestras de jamón .....	57
Tabla 11. Análisis del perfil de textura de las muestras de jamón cocido.....	61

---

## 1. RESUMEN

Se elaboraron tres formulaciones de jamón cocido, a las que se adicionó almidón resistente (0, 4.5 y 7 %), esto para mejorar su perfil nutricional, mediante el aumento del contenido de fibra dietética. El uso del almidón resistente (RS) es equiparable con la fibra dietética vegetal, debido a su resistencia a la hidrólisis por las enzimas presentes en la saliva y los ácidos del estómago, pudiendo ser degradado en el intestino delgado y en el colon. Su ingesta produce compuestos que ayudan a disminuir el pH del colon y el índice glucémico en la sangre, por mencionar algunos efectos. La temperatura de gelatinización del almidón resistente fue de 75.9 °C, por consecuencia se modificó la temperatura de cocción de los jamones a 75 °C. La influencia del almidón resistente se evaluó en los productos mediante análisis fisicoquímicos como actividad de agua (Aw), pH, capacidad de retención de agua (CRA), color, así como su composición proximal: humedad, grasa, proteína, cenizas y fibra dietética. Los resultados mostraron que al aumentar el porcentaje de almidón resistente a 7%, el contenido de fibra dietética final fue de 4.42%, incluso al aumentar el almidón en un 4.5% los valores de fibra dietética alcanzaron un porcentaje de 2.80 %, valor suficiente para declararlo como un producto con fibra. Los demás valores sufrieron modificaciones mínimas. Finalmente, la prueba sensorial no mostró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), la mayoría de los catadores no identificaron la muestra diferente. Sin embargo, el análisis de perfil de textura (TPA), mostró diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre el jamón control y el jamón con 4.5% RS, en los parámetros de dureza, cohesividad, resistencia, gomosidad, masticabilidad y diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre el jamón control y el jamón 7% RS en los parámetros de adhesividad y elasticidad. Con estas formulaciones se consiguió el aumento del contenido de fibra dietética en el alimento, con ligeras modificaciones en la parte sensorial, como la textura, además de variaciones en el color.



---

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Carne y sus productos**

La carne y los productos cárnicos representan uno de los grupos alimentarios más relevantes en un número importante de dietas (Domingo, 2017). La carne es la organización estructural más compleja de todos los alimentos (Hui et al., 2012) y es considerada uno de los elementos más importantes en el desarrollo evolutivo del ser humano, así como el producto pecuario de mayor valor (COMECARNE, 2016). Posee proteínas, aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos (Lorenzo et al., 2017).

El contenido medio (en peso), de la carne, oscila entre un 70% de agua, un 21% de proteína, un 8% de grasa y 1% de minerales, lo cual variará, dependiendo del corte, de la especie de animal, de la raza y de su régimen alimentario. El contenido de grasa de la carne, depende en gran medida, de la especie, así como del corte elegido y de los métodos de cocción (COMECARNE, 2016).

Desde el punto de vista nutricional, la importancia de la carne deriva de sus proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, así como de sus minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad (FAO, 2016).

Se sabe que en los países de primer mundo, el consumo de carne no ha registrado variaciones importantes, el consumo anual per cápita de carne en los países en desarrollo se ha duplicado desde 1980 (González, 2016). El crecimiento demográfico y el incremento de los ingresos, junto con los cambios en las preferencias alimentarias, han producido un aumento en la demanda de productos pecuarios (González, 2016).

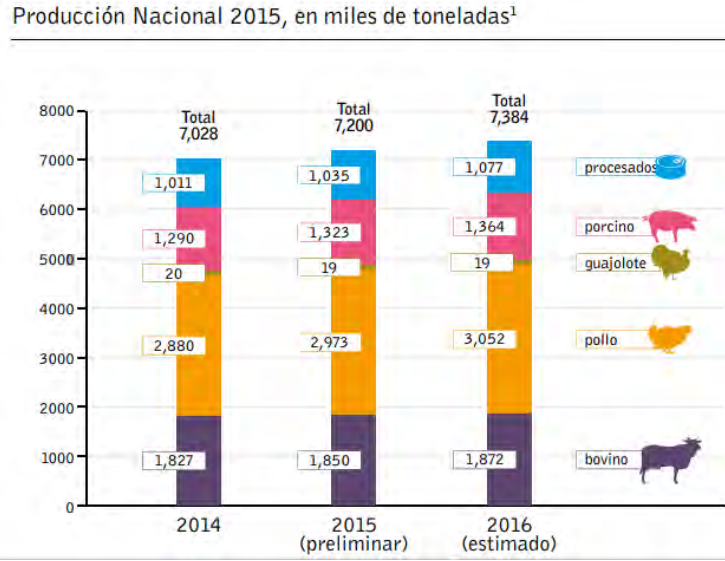
Según proyecciones, la producción mundial de carne se habrá duplicado para el año 2050 y se prevé que la mayor parte del crecimiento se concentrará en los países en desarrollo. El creciente mercado de la carne representa una importante oportunidad para los productores pecuarios y los procesadores de carne en estos

países. No obstante, el incremento de la producción ganadera, la elaboración de productos cárnicos más saludables y su comercialización de forma inocuas supone un serio desafío (FAO, 2016).

**2.2 Relevancia Socio- Económica de la carne y los productos cárnicos en México**

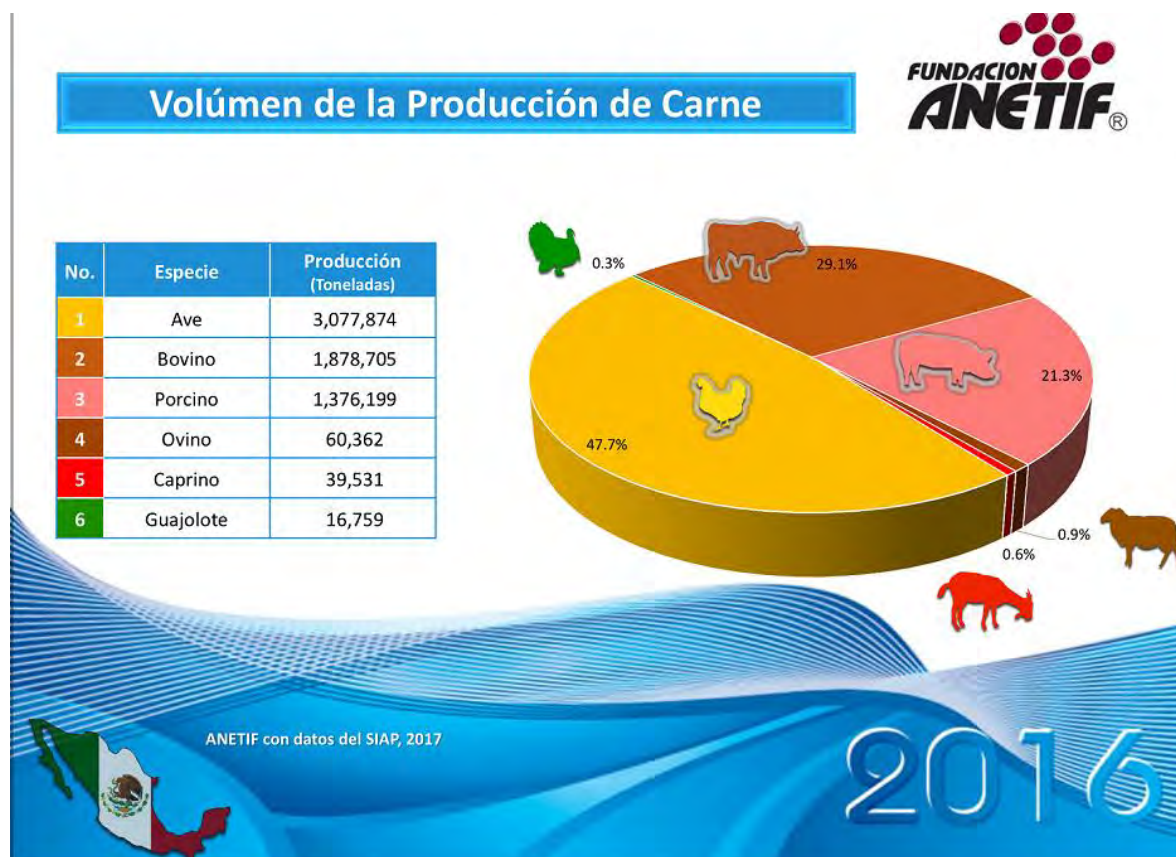
En México, la carne se clasifica en carne de bovino, aves y porcina, principalmente. La carne de bovino se consume como carne fresca, al igual que la de ave y la porcina, solo que estas últimas dos también se utilizan para la elaboración de diferentes productos cárnicos.

En el 2015, México ocupó el 5to lugar como productor de aves a nivel mundial, el 6to como productor de carne de bovino y el 15to, como productor de carne de cerdo. En la Figura 1 se muestran los datos reportados por Hernández (2016) para el año 2015, donde se observa que la mayor producción del país, se centra en la carne de ave, seguida de bovino, porcino y por último, los productos cárnicos. De igual forma se muestran los valores de otros años y se observa el ligero aumento que se tiene año con año en la producción (Agroalimentario, 2017; FIRA, 2016, 2017; Hernández, 2016).



**Figura 1** Producción Nacional de carne en México (Hernández, 2016).

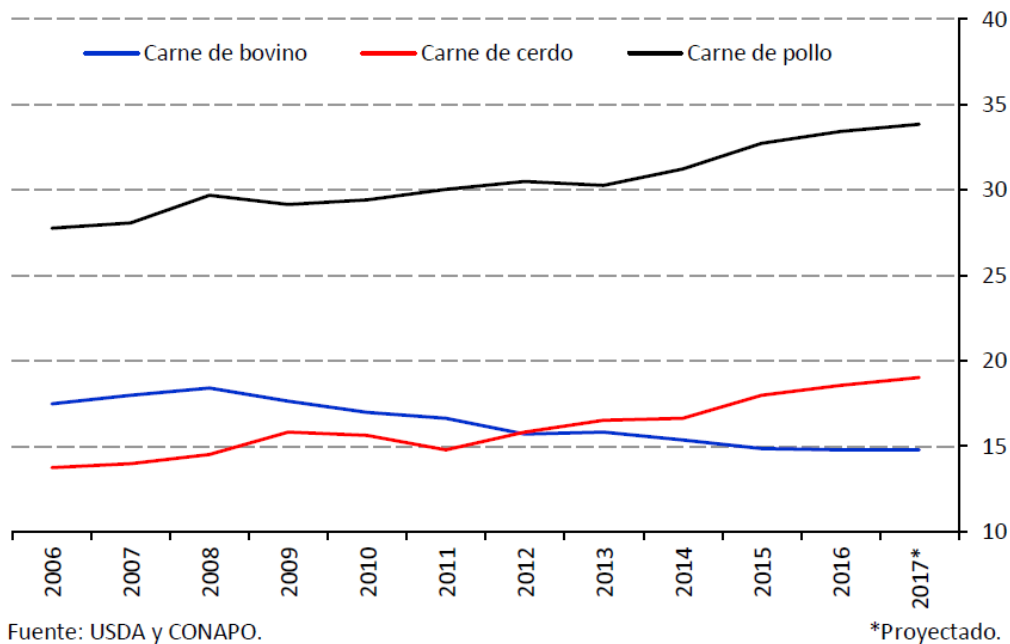
Los datos del 2016, reportados en el 2017, por la Asociación Nacional de Establecimientos TIF, no muestran cambios notables en el consumo de carne con respecto a los del 2015 (Figura 1 y 2). La carne de ave se mantiene en primer lugar con un 47.7%, seguida de bovino y porcino con un 29.1% y 21.3%, respectivamente (ANETIF, 2017).



**Figura 2** Volumen de la producción de carne del año 2016 con datos del SIAP (ANETIF, 2017).

En México, el consumo *per cápita* de carne de bovino (Figura 3) se ha reducido, entre 2007 y 2016, a una tasa media anual del 2.1%, al pasar de 18.0 a 14.8 kg por persona, por año (FIRA, 2017). Mientras que el de carne de cerdo, ha aumentado de manera consistente durante la última década. En el mismo periodo que la carne bovina, la carne de cerdo creció a una tasa promedio anual de 3.1%, para ubicarse en 18.6 kg por persona, por año. Por último, la carne de ave, registró una tasa de crecimiento promedio anual de 1.9%, al ubicarse en 33.4 kg en 2016 (FIRA, 2017).

**Consumo per cápita de carne en México, 2006-2017**  
(Kilogramos por persona por año)



**Figura 3** Consumo per cápita de carne en México 2006 -2017, expresado en kilogramos por persona por año  
USDA Y CONAPO (FIRA , 2017).

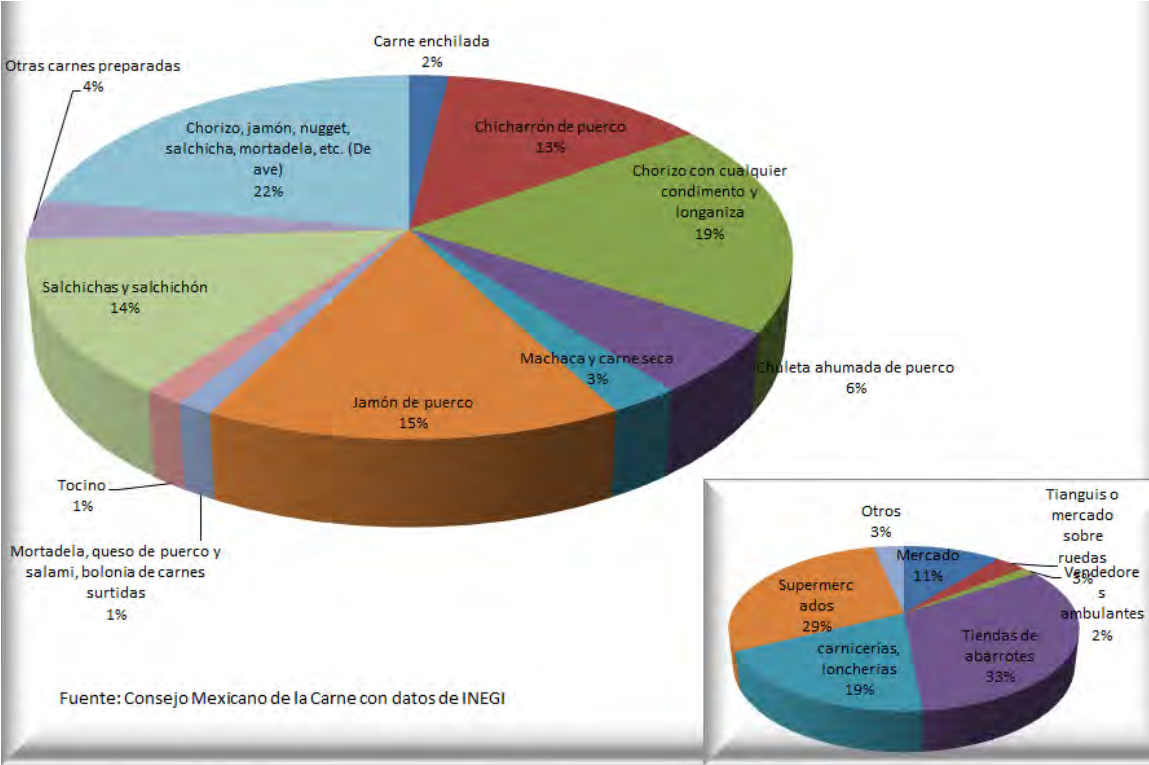
La carne de cerdo sigue siendo una alternativa de menor costo, en comparación con la de bovino, pero compite con la de aves de corral, como una fuente asequible de proteína de origen animal (FIRA, 2017).

En lo que se refiere a productos cárnicos, el jamón y la salchicha, fueron los embutidos más populares y consumidos en México durante el 2014. La producción de salchicha y jamón, representó 90% del total de los embutidos elaborados ese año; mientras que el 10% restante, correspondió a productos como queso de puerco, chorizo, longaniza, tocino y mortadela, principalmente (MANUFACTURA, 2015).

Durante el 2017, la Comisión Mexicana de Carne (COMECARNE), reportó en que se reparte el gasto de los productos cárnicos y el lugar preferente de su adquisición. En la figura 4 obtenida en la página web COMERCARNE (Consejo Mexicano de la carne, 2016) se observan los porcentajes de cada producto, donde se aprecia que

el consumo de jamón de pierna, es solo de un 15%, en comparación con los productos elaborados a partir de aves, que ocupan un 22%.

En general, se observa una gran diversidad en la adquisición de productos cárnicos en la población mexicana. De igual manera se observa que los lugares de adquisición con mayor frecuencia, son las llamadas “tienditas de la esquina” o tiendas de abarrotes y supermercados, con porcentajes de 33% y 29%, respectivamente. Estos son datos importantes para la industria, ya que ayudan a entender el comportamiento de compra y el tipo de producto que el consumidor prefiere, y poder utilizarlo como estrategia para mejorar los productos y satisfacer sus demandas.



**Figura 4** Participación del gasto en carne procesada por tipo de producto y preferencia del lugar de compra (Consejo Mexicano de la carne, 2016).

### 2.3 Productos cárnicos

Además de consumir la carne en fresco, otra opción es en forma procesada, donde se encuentra una amplia variedad de productos cárnicos.

---

De forma general la norma oficial mexicana (NOM-213-SSA1-2002) define como productos cárnicos procesados *a los elaborados a partir de carne, vísceras, estructuras anatómicas, sangre o sus mezclas, provenientes de mamíferos o aves, que pueden someterse a ahumado, cocción, curación, desecación, maduración, salado, entre otros*" (NOM-213-SSAI-2002, 2002).

La elaboración de productos cárnicos tiene los siguientes objetivos:

- ✓ Conservarlos por mayor tiempo.
- ✓ Desarrollar sabores diferentes
- ✓ Utilizar partes del animal que son difíciles de comercializar en estado fresco (Paltrinieri, 2007)

La clasificación de los productos cárnicos son diversas y se basan en criterios tales como los tipos de materias primas que los componen, la estructura de su masa, si están o no embutidos, si se someten o no, a la acción del calor o algún otro proceso tecnológico en su elaboración, la forma del producto terminado, su durabilidad o cualquier otro criterio o nombres derivados de usos y costumbres tradicionales (Martínez y López, 2004). En México, los productos cárnicos se pueden clasificar en base a su método de preparación, la NOM-213-SSAI-2002 los clasifica de la siguiente manera:

- a. **Cocidos**, a los elaborados con carne, vísceras, sangre o sus mezclas, curados o no, que son sometidos a proceso térmico. Pueden presentarse enteros, en cortes, emulsionados o troceados.
- b. **Crudos**, a los elaborados con carne, vísceras o sus mezclas, que pueden ser o no curados o madurados, y que no son sometidos a algún tratamiento térmico.
- c. **Curados**, a los que se agregan por vía húmeda o seca, sal o azúcares, nitratos o nitritos, independientemente de que sean sometidos a algún tratamiento térmico, a maduración o se manejen crudos.
- d. **Desecados, secos o salados**, a los sometidos a reducción de la humedad por medio de aire, calor o sal hasta llegar a un valor no mayor de 25%.

- 
- e. **Empanados o rebozados congelados**, a los elaborados con carne molida o picada o en piezas, con adición o no de tejido graso, subproductos y aditivos, que pueden recibir un tratamiento térmico durante su elaboración, pero que necesitan ser cocinados para consumirlos.
  - f. **Fritos**, a los elaborados a partir de carne o piel y que son sometidos a freído en aceite o grasa, con o sin sal, curados o no.
  - g. **Madurados**, a los que son sometidos a deshidratación parcial, pudiendo ser ahumados o no, sometidos durante cierto tiempo a la acción de cultivos microbianos o enzimas o microorganismos propios de la carne y su acción sobre azúcares añadidos o no. Pueden ser en cortes enteros o troceados.
  - h. **Marinados o en salmuera**, a los adicionados de sal u otros aditivos por vía seca o húmeda, excepto nitratos o nitritos, pudiendo ser cocidos o no.

Los productos cárnicos incluyen también muchos subproductos derivados del sacrificio de los animales, entre ellos se denotan las tripas empleadas como envolturas para salchichas; la grasa que se convierte en sebo y manteca; pieles y lana; restos animales, huesos y sangre empleados en alimentos para pollo y otros animales (Potter, 1983; Martínez y López, 2004).

En México, se usa principalmente carne de pollo o pavo y cerdo, para la elaboración de embutidos. El sector del embutido en México se puede dividir en dos grandes grupos: los embutidos estándar o regulares, y los embutidos Premium, también conocidos como productos gourmet. Como embutidos estándar, se refiere a productos principalmente cocidos, tales como jamón cocido, salchichas cocidas a mortadelas, entre otros. Suelen ser de calidad variable y se posiciona a un precio accesible para el consumo diario. Dentro de los embutidos Premium se encuentran los productos curados de alta gama, tales como el jamón serrano, el jamón ibérico o el lomo curado entre otros. Sus precios son más elevados y se dirigen a un segmento más exclusivo de los consumidores (ICEX, 2013).

---

## 2.3.1 Jamón cocido

### 2.3.1.1 Definición y clasificación

El jamón cocido, como producto cárnico, está elaborado con trozos enteros de carne de músculo, pertenece a la categoría de carne cocida curada que, después del proceso de curado de la carne cruda, se somete a un tratamiento térmico para lograr la palatabilidad deseada (Barbieri et al., 2016) y asegurar que se mantenga inalterado en condiciones de almacenamiento y conservación (Paltrinieri, 2007). En México la denominación para este producto es regida por la norma oficial mexicana NOM-158-SCFI-2003, la cual define de manera general al jamón de dos formas dependiendo de la carne con la que haya sido elaborado:

- a. **Jamón o jamón de pierna** Conceptos que pueden ser utilizados indistintamente para denominar al producto alimenticio, elaborado exclusivamente con la carne de las piernas traseras del cerdo, declarados aptos para el consumo humano por la autoridad responsable, de acuerdo con los criterios y especificaciones generales que se establecen en la norma NOM-158-SCFI-2003. Si bien es cierto, que el jamón de pierna se utiliza exclusivamente cuando lleva carne de cerdo, mientras que la sola palabra jamón puede indicar que ha sido elaborado con otras carnes como pollo.
- b. **Jamón de pavo** Producto alimenticio, elaborado exclusivamente con la carne de los muslos del pavo, declarados aptos para el consumo humano por la autoridad responsable, de acuerdo con los criterios y especificaciones generales que se establecen en la norma NOM-158-SCFI-2003.

En la norma anterior, también se puntualiza la denominación comercial del producto, según el tipo de carne utilizada y su proporción, en la Tabla 1 se muestran estas denominaciones. La misma norma establece las especificaciones del producto que están disponibles en el mercado mexicano dependiendo de su grado de calidad (Tabla 2).



---

**Tabla 1. Denominación comercial de jamón.**

Denominación comercial	Definición
Jamón o Jamón de pierna	Los elaborados exclusivamente con carne de la pierna trasera del cerdo (con o sin hueso).
Jamón de Pavo	Los elaborados exclusivamente con carne del muslo del pavo.
Jamón de Cerdo y Pavo	Los elaborados con un mínimo del 55% de carne de cerdo y el resto con carne de pavo.
Jamón de Pavo y Cerdo	Las elaborados con un mínimo del 55% de carne de pavo y el resto con carne de cerdo.

Fuente (NOM-158-SCFI-2003, 2003)

**Tabla 2. Especificaciones técnicas del jamón.**

Clasificación comercial	%PLG*Mínimo	%Grasa	%Humedad	%Proteína adicionada	%Carragenina	%Fécula
		Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Extrafino	18	6	75	0	1.5	0
Fino	16	6	76	2	1.5	0
Preferente	14	8	76	2	1.5	5
Comercial	12	10	76	2	1.5	10
Económico	10	10	76	2	1.5	10

Nota 1.- \* Proteína total libre de grasa, incluyendo en su caso la proteína adicionada

Nota 2.- La proteína y la fécula podrán emplearse mezclados, a condición de que el porcentaje total de dicha mezcla no rebase el máximo permitido para cada uno de ellos.

Fuente (NOM-158-SCFI-2003, 2003)

---

Sin embargo, podemos encontrar otras normas que se complementan entre sí para asegurar la calidad del producto, tales como: la NOM-213-SSAI-2002 para especificaciones sanitarias, la NOM-051-SCFI-1994 para el etiquetado y la NOM-145-SSAI-1995 que considera otros aspectos para productos curados y troceados.

### **2.3.1.2 Materia prima**

El procesado de jamón cocido implica el uso de salmuera inyectada o difundida a través de la inmersión de la carne en la misma, seguido de un tratamiento térmico. Las propiedades del jamón dependen tanto de las materias primas como del tratamiento térmico. Los factores más importantes son el tipo de corte de carne, los ingredientes, el volumen de salmuera inyectado, la velocidad y el movimiento de rotación y el tipo de cocción. (Toldrá, 2010). El objetivo es obtener un producto de alta calidad sensorial que sea microbiológicamente seguro, con tratamientos mínimos de tiempo y temperatura. Los productos de mejor calidad son generalmente obtenidos con una inyección de salmuera mínima y sin adición de polifosfatos y almidones, que facilitan la retención de agua, por lo que entre más agua se inyecta en el jamón, la calidad nutricional del producto decrece (Toldrá, 2010).

Todas las propiedades del jamón, dependen de los diferentes compuestos que se agregan al proceso, para obtener un producto de calidad. En general, los jamones contienen ingredientes, que se agregan con fines tecnológicos u organolépticos. (Freixanet, 2006). Para profundizar en las propiedades funcionales, se describen los ingredientes y aditivos para la elaboración de jamón cocido.

### ***Ingredientes***

*Carne.* La carne usada en la preparación de productos cocidos, como el jamón, será la pierna de cerdo sin piel y sin hueso, troceada, limpia de grasa, tendones y nervios (Freixanet, 2006). Además de esto, debe tomarse en cuenta la calidad inicial de la carne, ya que la carne de cerdo suele presentar defectos como Pálida, Suave o blanda y Exudativa (PSE) y Dura, Firme y Seca (DFD). En el caso de los jamones PSE, tienen un valor de pH bajo y una baja capacidad de retención de agua, que ocasionará mayores pérdidas durante la cocción; normalmente se evita el uso de

---

este tipo de carne. Los jamones DFD pueden ser utilizados; su alto pH, puede facilitar la retención de agua, pero los hace propensos al crecimiento microbiano (Toldrá, 2010).

*Agua.* En la mayoría de los jamones cocidos, el segundo ingrediente en importancia es el agua añadida (Freixanet, 2006). El agua sirve como solvente, transportador y agente dispersante para la sal, el nitrato, el nitrito, el azúcar, los fosfatos y otros ingredientes típicamente incluidos en la carne curada formando la salmuera (Tarté, 2009). La propiedad solvente del agua también es esencial para la extracción de proteína de la carne, un paso crítico para la estabilidad y para las propiedades de textura del producto cocido (Tarté, 2009).

La calidad microbiológica y química del agua es extremadamente importante (Barbut, 2015). El agua dura, por ejemplo, puede tener contaminantes que causan pérdidas de color, cambios de sabor y una vida útil más corta. Las fuentes de agua dentro de una planta de procesamiento, también pueden contaminarse con bacterias. En consecuencia, la calidad del agua es importante para el proceso de curado de la carne y debe controlarse tanto, el contenido mineral (dureza), como la contaminación química y microbiológica (Tarté, 2009).

*Sal.* Es el ingrediente más común que se agrega a los productos cárnicos, esto por tres principales contribuciones:

1. Proporciona el típico sabor salado, que hace una contribución sustancial en los alimentos procesados (Barbut, 2015).
2. Favorece la extracción de proteína de la fracción soluble en sal (principalmente miosina y actina), indispensable en la fabricación de productos cárnicos procesados, ya que estas proteínas unen los pedazos de carne cuando se calientan. Más tarde, estas proteínas extraídas coagulan y unen tanto las partículas de carne, (para mantener unido el producto), como la humedad, para minimizar las pérdidas por cocción y aumentar la capacidad de retención de agua (CRA), y para formar una matriz cohesiva, importante

---

para la textura y la retención de grasa, durante el procesamiento térmico (Barbut, 2015).

3. Reduce el crecimiento microbiano, ya que muchos microorganismos son sensibles a los altos niveles de sal. La alta concentración de sal puede detener o ralentizar sustancialmente el crecimiento de microorganismos. Sin embargo, hoy en día, en muchos mercados, se usan niveles de sal inferiores (por ejemplo, 1.0 a 2.5%) y solo se puede garantizar la seguridad del producto junto con otros aditivos (por ejemplo, nitrito, ácido láctico) y un almacenamiento apropiado en condiciones de refrigeración (Barbut, 2015).

#### *Carbohidratos.*

*Azúcares.* Los oligosacáridos o azúcares se usan en el jamón cocido básicamente como depresores de la actividad de agua, además de tener un efecto sobre el sabor del producto. Los azúcares se suelen usar en forma de mezclas de distinta composición según los efectos buscados en el producto terminado (Freixanet, 2006). Algunos de los más utilizados son sacarosa, dextrosa, lactosa, fructosa, jarabe de glucosa y dextrinas, se usan en concentraciones muy pequeñas de entre 1-3 %, con respecto al peso total del producto.

*Almidones.* En productos de alto rendimiento se usan, para mejorar la retención de agua. Estos aditivos, suelen ser utilizados en jamón cocido sin modificaciones químicas, son polisacáridos que gelifican por acción del calor formando una red tridimensional, que retiene abundantes cantidades de agua. En general, los almidones no soportan temperaturas excesivamente elevadas, además de tener el problema de la retrogradación. Para solventar estos inconvenientes se han desarrollado almidones modificados, en los cuales se ha modificado su estructura química nativa, para mejorar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales y conseguir así, productos térmicamente más estables y menos frágiles, con el fin de minimizar los fenómenos de retrogradación (Freixanet, 2006).

---

*Proteínas no cárnicas.* Las proteínas e hidrolizados no cárnicos, son usados en jamón cocido por dos razones: para incrementar el contenido proteico del producto terminado y por su capacidad para retener agua. Su uso está limitado legislativamente y por el sabor que pueden conferir al producto (Freixanet, 2006).

Las proteínas vegetales, se utilizan para reemplazar las propiedades funcionales y nutricionales de las proteínas del músculo esquelético en una variedad de productos cárnicos procesados. Las proteínas de soya, son ampliamente utilizadas en la industria cárnica por sus propiedades de emulsificación, gelificación, estructurales, ligantes de agua y nutricionales (Tarté, 2009). Las proteínas de trigo, también se usan con frecuencia, en aplicaciones cárnicas procesadas; las propiedades funcionales de las proteínas del trigo incluyen dar estructura, emulsificación y unión de agua (Tarté, 2009).

*Saborizantes.* Los tipos de saborizantes usados, son muy variados e incluyen, hidrolizados de proteína vegetal, condensados de Maillard, oleoresinas de especias naturales, infusiones de especias, verduras y frutas, extractos de humo, entre otros (Freixanet, 2006).

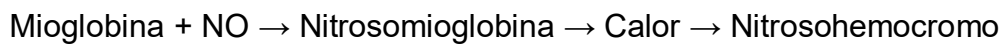
*Colorantes.* El carmín de cochinilla, es el colorante más utilizado universalmente en la fabricación de jamón cocido, ya que el tono rosado que confiere al jamón es natural. El principal colorante presente en el carmín es el ácido carmínico ( $C_{22}H_{20}O_{13}$ ). Su mejor característica es la gran estabilidad a la luz, a la variación de pH y al tratamiento térmico (Freixanet, 2006). También hay colorantes para simular los sucedáneos de humo, como el caramelo. Por otro lado, el uso de los colorantes artificiales, es cada vez más restringido, dada la tendencia existente en todo el mundo a prohibir su uso en jamón cocido.

*Nitritos y Nitratos.* También conocidos como sales de curado, se agregan a niveles muy bajos, este aditivo tiene su uso regulado por la norma mexicana NOM-213-SSA1-2002, la cual permite 156 ppm de la mezcla de ambos compuestos en producto terminado en jamón cocido (en los Estados Unidos generalmente se permiten 120-200 ppm) y tienen cuatro funciones principales:

---

1. Prevenir la germinación de la espora de *Clostridium botulinum*. El compuesto activo es óxido nítrico (NO) e inactiva las esporas de *C. botulinum*. Solo se necesita una cantidad muy pequeña de sal, la cual proporciona una manera fácil y eficiente de introducir el compuesto activo en la carne (Barbut, 2015).

2. Contribuir al desarrollo típico del color rosado en la carne curada. Nuevamente, el compuesto activo es NO (Toldrá, 2010). La formación de color empieza con la reacción del óxido nítrico con la mioglobina para formar nitrosomioglobina, que se descompone posteriormente en globina y nitrosomiocromógeno, verdadero responsable del color rosado (Freixanet, 2006).



Este pigmento es en sí inestable, siendo atacado por acción de la luz y del oxígeno del aire. Su estabilidad se verá incrementada por una cocción a temperatura elevada (se requiere un mínimo de 65 °C, para que sea mínimamente estable), con un pH del producto terminado no excesivamente elevado y por la presencia de antioxidantes en la salmuera (Freixanet, 2006).

3. Protege contra la oxidación de lípidos. El nitrito tiene capacidades antioxidantes que pueden ayudar a prolongar la vida útil de los productos cárnicos (Barbut, 2015).

4. Agrega un poco de sabor; la adición de nitrito resulta en el desarrollo de ciertas notas de sabor únicas (Barbut, 2015).

*Fosfatos.* Las sales de ácido fosfórico, pueden funcionar junto con el cloruro de sodio, para mejorar la extracción de proteína muscular, lo que a su vez mejora la capacidad de retención de agua y reduce la contracción durante la cocción (Barbut, 2015).

---

Según Barut (2015), la mayoría de los fosfatos utilizados por la industria ayudan a mejorar las propiedades físicas y sensoriales de los productos cárnicos, por ejemplo:

- a. Ayuda a extraer las proteínas solubles en sal, lo que aumenta la capacidad de retención de agua y la unión de partículas de carne.
- b. Desvía el pH del punto isoeléctrico de las proteínas del músculo, permitiendo así más cargas en las cadenas laterales de los aminoácidos. Esto puede provocar una mayor repulsión entre las proteínas, lo que crea más espacio para las uniones con las moléculas de agua, aumentando la retención de la misma.
- c. Ayuda en la estabilización de las emulsiones de la carne, debido al carácter anfifílico de la molécula.
- d. Disminuye la oxidación, debido al efecto quelante del fosfato.

El resultado neto del aumento de la retención de agua, no es solo se evidencia en los rendimientos de cocción, sino también en una mejor textura del producto, suavidad y jugosidad (Tarté, 2009).

*Antioxidantes.* El ascorbato sódico tiene tres funciones básicas en su aplicación durante la fabricación de jamón cocido, las cuales derivan de su comportamiento químico como potente reductor.

1. Destaca su actuación como reductor frente al nitrito. El ascorbato reduce el nitrito a óxido nitroso, facilitando la formación de nitrosomioglobina y por tanto, acelerando la formación del color rosado.
2. El ascorbato contribuye decisivamente en la estabilidad del color del producto terminado. Su efecto acelerador de la formación de óxido nitroso contribuye a retardar la descomposición del pigmento, por simple desplazamiento del equilibrio de esta reacción, que se produce con liberación de óxido nitroso.

---

3. Contribuye también a evitar la formación de las ya mencionadas nitrosaminas cancerígenas, bloqueando la formación de agentes nitrosantes ( $N_2O_3$ ) a partir del óxido nitroso.

*Hidrocoloides.* Los más usados en la fabricación de jamón cocido son las carrageninas. Las mezclas de carrageninas, se usan tanto en salmueras de inyección, como adicionándose durante el masaje. El motivo principal de su uso es su efecto estabilizante. Las carrageninas gelifican, reteniendo gran cantidad de agua en los geles formados. La composición de la mezcla, afecta de forma decisiva las características del gel, afectando su dureza, flexibilidad, transparencia, color y sinéresis (Freixanet, 2006).

### **2.3.1.3 Proceso de elaboración del jamón cocido**

Para la elaboración del jamón se realizan las siguientes etapas: la recepción de materia prima, la inyección de salmuera, tenderización, masajeado, cocción y refrigeración. El esquema para las principales etapas de procesamiento se muestra en la figura 5. A continuación se describe cada una de ellas.

1. Recepción y control: Se seleccionan las piezas que cumplan con los estándares. Se evita aquellos que presente PSE.
2. Acondicionamiento: Cada pierna de cerdo se deshuesa y se elimina el cuero. Luego se elimina la grasa sobrante, para proporcionar una apariencia agradable al producto. Pueden ser cortados en piezas más pequeñas para facilitar la inyección y la extracción de proteínas. Los jamones deben estar fríos al momento del curado.
3. Inyección de salmuera: La salmuera se inyecta en jamones deshuesados. La velocidad de bombeo y el volumen de inyección están controlados. La salmuera favorece la unión de los músculos y la solubilización de proteínas, y proporciona un mejor rendimiento y un peso final más elevado.  
Después de la inyección de salmuera, se reposan los jamones durante un breve período de tiempo para ayudar a la difusión de la sal y los aditivos a lo largo de toda la pieza.





*Figura 5 Diagrama del proceso de elaboración de jamón cocido (Toldrá, 2010).*

Dependiendo del porcentaje de salmuera que se inyecte se puede tener distintos tipos de calidad en el jamón (Feiner, 2006).

- Productos de alta calidad consisten en trozos grandes de carne de cerdo, pollo, pavo o ternera. El nivel de inyección es generalmente entre 25% y 40%.
- Productos de calidad media se elaboran con trozos más pequeños de carne magra picada, en su mayoría cortes magros, y se utiliza comúnmente una cuchilla de picadora de 2-4 mm de diámetro. Este tipo de producto comúnmente se inyecta en un 50-100%.
- Productos de calidad económica se inyecta comúnmente entre 70% y 140% y las materias primas utilizadas son una combinación de guarniciones de carne magra, emulsión de piel de cerdo o pollo, duro o blando (Feiner, 2006).

- 
4. Tenderizado: son cortes superficiales para aumentar superficie de extracción de proteína.
  5. Masajeado o malaxado: Esta es una operación mecánica operada en condiciones de refrigeración que tiene como objetivo distribuir la salmuera a través de toda la pieza y extraer las proteínas de la carne. El masaje consiste en colocar los jamones en mezcladores o bombos rotatorios durante unas horas bajo agitación suave (paletas de baja velocidad). Durante el malaxado, los jamones se ubican dentro de vasos giratorios que operan al vacío para evitar oxidaciones indeseadas y mejorar la difusión de la sal. De esta manera, se puede lograr una distribución uniforme de ingredientes (Toldrá, 2010).
  6. Embutido o moldeado: Se embute una cantidad de jamón, correspondiente al tamaño del molde en un envase de plástico definitivo o no, el cual puede ser termo-retráctil para evitar pérdidas de producto. Luego se introduce el jamón enfundado en un molde para asegurar su forma final.
  7. Vacío: Una vez embutido el producto, se genera vacío dentro de la bolsa con el producto, para eliminar las burbujas de aire dentro del mismo, que luego se reflejaran como defectos en el jamón.
  8. Cocción: La carne con salmuera, es sometida a un tratamiento térmico. El objetivo del tratamiento térmico, es llevar a cabo una serie de fenómenos fisicoquímicos, bioquímicos y microbiológicos. Los cambios fisicoquímicos y bioquímicos son responsables del desarrollo de las características sensoriales como color, sabor, textura, y estructura. Mientras que los cambios microbiológicos juegan un papel importante en la destrucción microbiana y en la inactivación enzimática; asegurando así la calidad final del producto (Landares, 2015).

El tratamiento térmico se calcula con el fin de combinar la inactivación máxima de microorganismos deterioradores y patógenos, para una prolongada vida útil del producto, con un efecto mínimo sobre las características sensoriales (Guerrero y Legarreta, 2001; Toldrá, 2010). Las dos maneras más comunes de llevar a cabo la cocción son: cocción en agua y cocción en horno de vapor, ambas tienen ventajas y desventajas. La cocción en agua, lleva menos tiempo,

---

pero el producto es propenso a contaminación, ya que el agua está en contacto directo con el producto. Mientras que la cocción con vapor, puede tomar más tiempo, debido a que la temperatura no es tan homogénea dentro del horno. Por lo cual, alcanzar la temperatura deseada en el centro de la pieza requiere de ajustes en el tiempo y en la temperatura de cocción. Sin embargo, es de fácil mantenimiento e ideal para los productos de merma cero, los cuales se cuecen en su empaque definitivo (Landares, 2015).

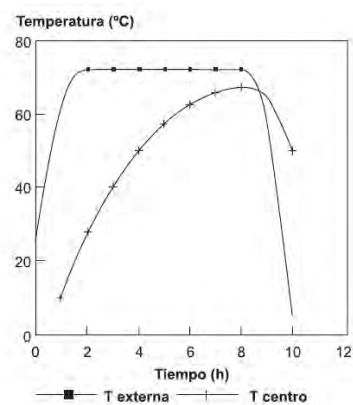
Se pueden considerar cuatro tipos de cocción, los cuales tienen como propósito asegurar un buen desarrollo de las características sensoriales de los productos, la obtención de una temperatura interna adecuada y un valor de pasteurización suficiente (Landares, 2015), tal como se muestra en la Figura 6:

-*Cocción constante*: La temperatura del medio (aire o agua) o temperatura externa se mantiene constante, a un valor máximo, a lo largo de todo el tratamiento térmico. El punto final de cocción está supeditado a la llegada a una temperatura determinada en el centro de la pieza, denominada temperatura interna. Este tipo de cocción es el más extensamente utilizado, dando resultados del todo aceptables (Figura 6a) (Landares, 2015).

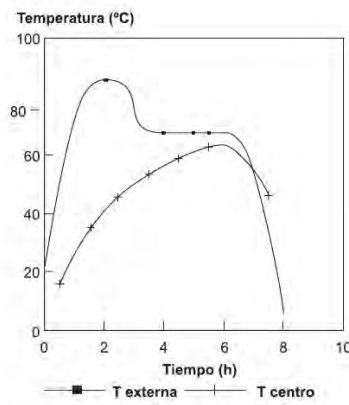
- *Cocción decreciente*: Es el método de cocción tradicional o artesanal. Se parte de una temperatura externa inicial elevada (p.ej. entre 80–90 °C) y se mantiene durante un cierto tiempo hasta que el centro térmico de la pieza llega a una temperatura prefijada con anterioridad (p. ej. entre 50–55 °C). Seguidamente, la temperatura externa es regulada a una temperatura inferior (70-75 °C) hasta el final de la cocción (Figura 6b) (Landares, 2015).

-*Cocción escalonada*: En este tipo de cocción, la temperatura externa se va aumentando de forma escalonada, en varios pasos sucesivos, hasta obtener la temperatura deseada en el centro térmico de la pieza (Figura 6c). Este tipo de cocción da buenos resultados, sobre todo para productos de merma cero, aunque los tiempos de cocción son superiores que en los métodos anteriormente nombrados (Landares, 2015).

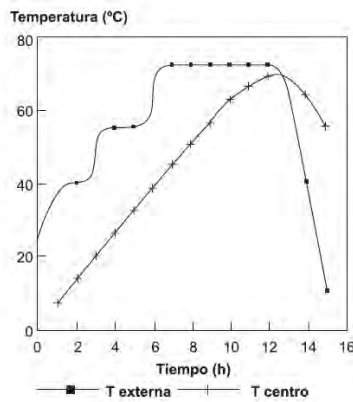
-*Cocción Delta T*: Se entiende por cocción Delta T, al tratamiento térmico en el que la temperatura externa se incrementa continuamente, en línea, con el aumento de la temperatura en el centro térmico de la pieza cárnica. Al final del tratamiento, la temperatura externa se mantiene constante, al igual que en el método de calentamiento a temperatura constante descrito anteriormente (Figura 6d). Se ha comprobado que un calentamiento Delta-T de 25 °C, da resultados óptimos, tanto desde el punto de vista de rendimiento, así como con los aspectos organolépticos del producto acabado (Landares, 2015).



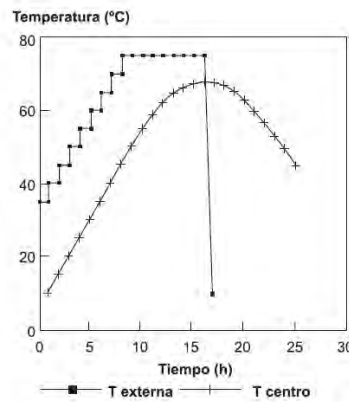
a.



b.



c.



d.

**Figura 6** Tipos de cocción de jamón donde a=constante, b= decreciente, c= escalonada, d= Delta T son comportamientos del proceso térmico (Landares, 2015)

9. Enfriamiento: Después de la cocción, cada molde se deja escurrir y enfriar. Luego cada molde se vuelve a prensar, porque durante la cocción el jamón y la presión de la tapa disminuyen. Los moldes se refrigeran durante 72 h.

---

10. Operaciones adicionales: re-embalado si no es merma cero, rebanado o directamente al mercado

- Rebanado (Opcional): Luego del enfriamiento, los jamones pueden ser rebanados para su distribución comercial, según lo elija el productor. Se deben mantener las condiciones de higiene para evitar una contaminación posterior.
- Embalado: Los jamones se embuten en fundas de plástico o se conservan en sus embalajes de cocción en caso de ser termorretráctiles. Si los jamones fueron rebanados se embalan en bandejas de plástico con termosellado. Se etiquetan según las normas mexicanas oficiales NOM-051-SCFI-1994

11. Producto final: El producto se comercializa bajo refrigeración, hasta llegar al consumidor final.

#### **2.3.1.4 Propiedades del jamón cocido**

El jamón cocido, es considerado un producto de alto valor nutricional, que posee una vida de anaquel mayor que la carne sin procesar, debido a la calidad de sus materias primas (Los et al., 2014; Pérez y Ponce, 2013).

Son ricos en proteínas, poseen un porcentaje de proteína libre de grasa (PLG), incluyendo en su caso la proteína adicionada, que varía desde el 10% para el jamón más económico hasta el 18% para el jamón extrafino según la legislación mexicana (NOM-153-SCFI-2002) y puede llegar hasta un 20%. Es bajo en grasa, dependiendo del grado de calidad puede tener un porcentaje de 2% -10%, con un 10% como máximo de carbohidratos. Su componente mayoritario es el agua, pero debe respetar valores permisibles de 75-76% de humedad. (Pérez y Ponce, 2013).

Poseen un color rosado característico como consecuencia de la adición de nitrito (Toldrá, 2010). El nitrito de sodio es el principal compuesto para la formación de estos pigmentos en presencia de otras sustancias reductoras. En la formación están involucrados dos procesos: la reducción bioquímica del nitrito a óxido nítrico y del hierro del grupo hemo al estado ferroso, y posteriormente la desnaturalización de la

---

proporción proteínica de la molécula, cuando los productos se someten a tratamientos térmicos de 50 a 60 °C o superiores convirtiéndose en la hemocromógeno de la globina desnaturalizada de color rosado (Pérez y Andújar, 2000).

La intensidad del color depende del contenido inicial de mioglobina, asociada al tipo de musculo, la edad del animal, etc. Además de los colorantes que se pueden agregar para potenciar el color (Toldrá, 2010). El color es un factor muy importante de los productos cárnicos durante su almacenamiento, es un factor para que los clientes muestren preferencia hacia ellos, por lo que una alteración de color puede ser una causa que defina la durabilidad de los productos preempacados (Pérez y Andújar, 2000). El color como parámetro de calidad, se ha estudiado tanto en las carnes frescas, como en los productos procesados (Hui et al., 2012).

Por otro lado, los cambios y reacciones bioquímicas a causa de las enzimas, principalmente proteasas y lipasas contribuyen con la generación de aminoácidos y ácidos grasos libres los cuales tiene influencia en el sabor y aroma del jamón. De igual manera, estas enzimas tienen un tiempo corto de acción pues son térmicamente susceptibles y se inactivan con el calor.

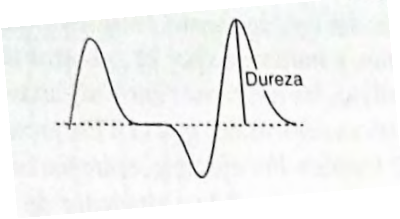
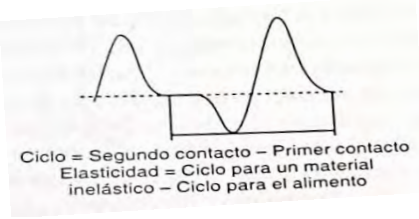
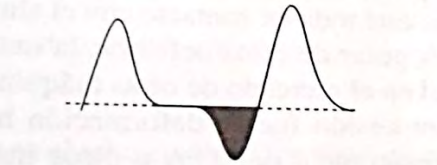
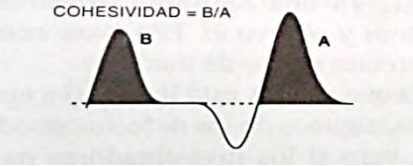
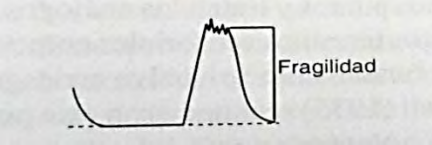
Estas reacciones dependen del tiempo que se deje reposar la salmuera con el jamón, antes de la cocción para favorecer todos los cambios bioquímicos especialmente cuando el pH es neutral. Uno o dos días son ideales para el desarrollo de compuestos y sustratos para reacciones químicas posteriores responsables de los compuestos volátiles y de aquellos que otorgan aromas y sabores, aunque no es una práctica habitual. Las condiciones del proceso, la salmuera y la adicción de especias son los responsables directos del flavor del jamón (Toldrá, 2010). Guillard et al. (1997) describieron varios compuestos responsables del aroma en jamón cocido, como terpenos (1,8 - cineol, linalol, L - carvona, cinamaldehído, mentol) derivados de las especias; también, compuestos de azufre (metional, dimetil disulfuro, alil isotiocianato) y un ácido ramificado (ácido 3 - metil - butanoico) originados por la degradación de aminoácidos de Strecker.

---

En relación con la textura, la de los jamones depende de varios factores, tales como el calor, el contenido de humedad, la proteólisis y el contenido de tejido conectivo. Además, existen diferentes tipos de almidones que pueden ser agregados a los jamones para mejorar la capacidad de retención de agua. Estos almidones comerciales, usualmente son modificados por pregelatinización para ser hinchables en agua fría y que formen redes para impartir estabilidad en el proceso de jamón cocido (Toldrá, 2010).

Para entender mejor con se lleva a cabo el análisis de textura en el jamón cocido, a continuación se describe información sobre en análisis de perfil de textura y los parámetros que estudia, mejor conocido como TPA por sus siglas en inglés Texture Profile Analysis (Rosenthal, 2001). Es un ensayo imitativo, también llamado como prueba de doble compresión, el cual pretende proporcionar valores estándar de la textura, y fue desarrollado para obtener varios parámetros de textura (Alvarado y Aguilera, 2001). Los parámetros del análisis del perfil de textura que pueden obtenerse para jamón son: dureza, fracturabilidad, elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticalibilidad (Rosenthal, 2001), los cuales se definen en la Tabla 3.

**Tabla 3. Parámetros medidos por un análisis de perfiles de textura (TPA).**

<i>Parámetro</i>	<i>Definición sensorial</i>	<i>Definición instrumental</i>
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares.	
Elasticidad	La extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza	 Ciclo = Segundo contacto - Primer contacto Elasticidad = Ciclo para un material inelástico - Ciclo para el alimento
Adhesividad	El trabajo requerido para retirar al alimento de la superficie.	
Cohesividad	La fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento.	
Fragilidad	La fuerza a la que material se fractura. Los alimentos frágiles nunca son adhesivos.	
Masticabilidad	La energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado.	=Dureza x Cohesividad x Elasticidad
Gomosidad	La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado	= Dureza x Cohesividad

Fuente. (Rosenthal, 2001)



---

### **2.3.2 Problemas asociados al consumo de carne y productos cárnicos**

La carne es frecuentemente asociada con aspectos negativos, debido a sus altos contenidos en sodio y en algunos casos de grasa, en el caso de las carnes rojas son vistas como promotores de cáncer. Sin embargo, esta discusión pasa por alto el hecho de que la carne es una fuente importante de algunos micronutrientes como hierro, selenio, vitaminas A, B12 y ácido fólico. Estos micronutrientes no están presentes en alimentos derivados de plantas o tiene poca biodisponibilidad. (Biesalski, 2004)

#### **2.3.2.1 Ventajas del consumo de carne y productos cárnicos**

La carne como componente de la dieta humana proporciona una fuente de proteína nutricional, aminoácidos esenciales y, en la mayoría de los casos, una fuente superior a la media de vitamina B12, fósforo, hierro y su contenido en zinc tiene una mayor biodisponibilidad que en vegetales (Bohrer, 2017; Djinic-Stojanovic et al., 2017). La carne es baja en carbohidratos y no contiene fibra dietética. Si bien muchas cosas que influyen en la calidad del producto pueden variar entre las carnes, el contenido proteínico, las vitaminas y los minerales disponibles son generalmente consistentes (Bohrer, 2017).

Además la carne es una fuente de grasas poliinsaturadas omega-3 de cadena larga, riboflavina, ácido pantoténico, selenio y, posiblemente, también vitamina D, Posee un contenido relativamente bajo en grasa y sodio (Djinovic-Stojanovic et al., 2017; Williams, 2007). Es también una fuente de una gama de antioxidantes endógenos y otras sustancias bioactivas, que incluyen taurina, carnitina, carnosina, ubiquinona, glutatión y creatina (Williams, 2007).

Desde el punto de vista tecnológico el alto contenido de sodio en productos cárnicos puede ser una ventaja debido a su papel en la funcionalidad, la estabilidad microbiana y las propiedades sensoriales. Por ejemplo, el cloruro de sodio mejora las características de unión de agua y grasa, que contribuyen a la formación de estructuras de gel estables dentro de los productos. También actúa como conservante reduciendo la actividad del agua y, por lo tanto, disminuyendo la oportunidad de crecimiento microbiano. Además, el sabor salado mejora la

---

percepción del sabor de la carne, que es un factor importante en la aceptabilidad general de los productos cárnicos (Pietrasik y Gaudette, 2015; Ruusunen y Puolanne, 2005).

### **2.3.2.2 Desventajas del consumo de carne y productos cárnicos**

En general los sistemas convencionales de producción de carne requieren una proporción relativamente alta de tierra, energía y agua, además contribuyen significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero y en muchos países a la contaminación del agua y el suelo (Bhat et al., 2015). Se espera que el consumo mundial de carne se duplique con un aumento del 50% en la población mundial durante los próximos 40 años y si no se toman medidas, se acompañará con casi el doble de las emisiones de gases de efecto invernadero y se agravarán las repercusiones ambientales de la cría de ganado (Bhat et al., 2015).

Además de que el tratamiento de subproductos es una gran preocupación de la industria de procesamiento de alimentos. En el caso de la industria cárnica, tiene como residuos subproductos que contiene proteínas, sales y agua, que se consideran de poco valor. Por otro lado estos residuos se rechazan como efluentes en agua residuales, pues tiene restricciones legales, lo que provoca un costo extra debido a que debe tratarse para poder verse como efluentes (Ursu et al., 2016).

Por otro lado, el 26 de octubre de 2015, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer emitió un comunicado de prensa informando la reciente evaluación de la carcinogenicidad del consumo de carne roja y procesada (Domingo, 2017). Se sugirió que las sustancias responsables de la potencial carcinogenicidad (N-compuestos nitrosos, HAP y aminas aromáticas heterocíclicas) se generarían principalmente durante el procesamiento de la carne, como el curado y el ahumado, o cuando la carne se calienta a altas temperaturas (Bouvard et al, 2015; Domingo, 2017). El uso de nitritos conduce a la formación de estas nitrosaminas cancerígenas en productos cárnicos bajo las condiciones actuales de su proceso (Zhang et al., 2018). Por lo tanto, su consumo está relacionado con el incremento en riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon (McAfee et al., 2010).

---

Por otro lado, varios estudios han realizado asociaciones al contenido de sal en los productos cárnicos con una dieta alta en sodio y como consecuencia un aumento en el riesgo de ciertas afecciones, incluidas la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares (Pietrasik y Gaudette, 2015). La Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés), sugiere el continuo desarrollo de alimentos bajos en sal.

La reducción de sodio en los productos cárnicos es posible, pero la sustitución implica afecciones tecnológicas que perjudican la calidad del producto final. Tal es el caso de KCl, el cual puede realizar la sustitución del NaCl, pero el uso de KCl causa modificaciones en el sabor dejando un regusto amargo y metálico en los productos cárnicos (Pietrasik y Gaudette, 2015; Pretorius y Schönfeldt, 2018; Tamm et al., 2016). Otros factores de riesgo son el empleo de nitritos en la elaboración de productos cárnicos, pues están relacionados con enfermedades de carácter nutricional, como enfermedades cardiovasculares, riesgo de cáncer y problemas gástricos. Su uso conduce a la formación de nitrosaminas cancerígenas (Zhang et al., 2018).

Por otra parte, la carne y los productos cárnicos son bajos en fibra por naturaleza, pues solo aportan en su mayor parte proteínas, colocándolos en desventaja ante otros alimentos o sustitutos de carne con un mejor valor nutricional. La incorporación de fibra dietética en los productos cárnicos mejora su valor nutricional y su atractivo al consumidor. Hay un aumento en la demanda de productos de origen animal fortificados en fibra, pues su consumo está relacionado con la protección a la salud humana y prevención en contra de varias enfermedades como cáncer de colon, obesidad y enfermedades cardiovasculares (Ammar, 2017).

Sin embargo, no todas las potenciales causas de enfermedad provocadas por la carne y los productos cárnicos han sido bien definidas. Algunos estudios recientes muestran que la contaminación del ambiente es un factor que podría influir en el aumento de compuestos tóxicos en la carne. Debido a que muchos de estos compuestos son liposolubles, pueden ser fuentes de exposición humana en aquellos alimentos con un contenido de grasa considerable. Kim (2012) revisó los

---

orígenes, ocurrencia y transferencia a través de la cadena alimentaria, así como la importancia para la salud humana de una serie de contaminantes y residuos (PCDD / Fs, PCB, PBDE, PFC (PFOS y PFOA), pesticidas, metales tóxicos y medicamentos veterinarios) en carnes rojas. Sobre la base de los resultados de esa revisión, se concluyó que la prevención y la reducción de la liberación de contaminantes químicos en el medio ambiente deberían ser pasos importantes para reducir los niveles de estos contaminantes en las carnes rojas y, en consecuencia, reducir los riesgos para la salud, incluidos los carcinógenos riesgos para los consumidores (Domingo, 2017).

Por todo lo anterior, se busca mejorar el perfil nutricional de estos productos como el jamón introduciendo nuevos aditivos que compensen la falta de componentes nutrimentales importantes para la salud humana, que además de aportar o enriquecer los productos, ayude a disminuir el uso de otros aditivos con efecto negativo a la salud. El almidón resistente es una gran opción para incrementar el contenido de fibra en los alimentos, debido a su naturaleza química puede ser usado como un reemplazo de la fibra dietética.

## **2.4 Almidón**

### **2.4.1 Definición y características**

El almidón es el polisacárido de almacenamiento más abundante en las plantas y es el principal componente de la dieta. Los almidones son polímeros naturales que se producen en todos los órganos de las plantas y son una de las principales formas de hidratos de carbono (Raigond et al., 2015). Después de la celulosa, es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. Se encuentra en los cereales, los tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética. Su concentración varía según el estado de madurez de la fuente (Badui, 2006).

El almidón se presenta en forma de gránulos en los que los carbohidratos se almacenan de manera insoluble y compacta. Se unen entre sí varias moléculas de monosacáridos o azúcar (glucosa) con enlaces  $\alpha$ -1,4 y  $\alpha$ -1,6 para formar los

---

gránulos de almidón, los cuales se compone de amilosa y amilopectina. (Raigond et al., 2015)

#### **2.4.2 Clasificación del Almidón**

La clasificación de los carbohidratos se basa en sus propiedades químicas y fisiológicas. Basándose en la acción de las enzimas y la velocidad y extensión de la digestión, los almidones se pueden clasificar en tres tipos: almidón rápidamente digerible (RDS), almidón de digestión lenta (SDS) y almidón resistente (RS). Estos tres tipos de almidón difieren en el tiempo necesario para la digestión en el intestino delgado (Raigond et al., 2015).

1. RDS Almidón rápidamente digerible: La mayor proporción de almidón dietético se digiere rápidamente. Se encuentran altos niveles de RDS en alimentos con almidón cocinados con calor húmedo (pan y patatas). RDS se define como un 'tipo de almidón que se convierte rápidamente (en 20 min) en moléculas de glucosa por digestión enzimática'. Si el RDS está presente en altas proporciones en los alimentos, liberará rápidamente glucosa en la sangre y, por lo tanto, elevará la glucosa en sangre y la respuesta a la insulina, lo que puede ser perjudicial para la salud. RDS se correlaciona significativamente con el índice glucémico, basado en la respuesta glicémica *in vivo* (Raigond et al., 2015).
2. SDS Almidón de lenta digestión: Es la proporción de almidón que tarda mucho tiempo para la digestión, pero se digiere por completo en el intestino delgado. La SDS se define como un tipo de almidón que se convierte en glucosa después de 120 min de digestión enzimática. La SDS es básicamente un almidón amorfo físicamente inaccesible. La gelatinización de los almidones durante el procesamiento/cocción de los alimentos con calor y humedad disminuye la propiedad de digestión lenta de los almidones de cereales nativos. Los alimentos ricos en SDS son beneficiosos y retrasan la aparición del síndrome metabólico, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares (Raigond et al., 2015).
3. RS Almidón resistente: es la fracción de almidón que no se hidroliza a D-glucosa en el intestino delgado dentro de los 120 min de consumirse, pero que se fermenta en el colon (Raigond et al., 2015). RS incluye la porción de almidón

---

que puede resistir la digestión de la amilasa pancreática humana en el intestino delgado y, por lo tanto, llegar al colon. El comportamiento general de RS es fisiológicamente similar al de la fibra soluble y fermentable como la goma guar. Los resultados más comunes incluyen mayor volumen fecal y menor pH colónico y mejoras en el control glucémico, salud intestinal y factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, por lo que se ha demostrado que se comporta más como compuestos que tradicionalmente se conocen como fibra dietética (Fuentes et al., 2011).

### **2.4.3 Clasificación del almidón resistente**

El almidón resistente (RS por sus siglas en inglés) ha sido clasificado en cinco categorías nombradas RS1-RS5, las cuales se describe a continuación (Fuentes et al., 2011):

- RS1: Incluye al almidón físicamente inaccesible para la digestión, se almacena en las paredes celulares intactas en granos, semillas o tubérculos. En tales casos, el almidón se vuelve inaccesibles a las enzimas amilolíticas y digestivas. Por lo tanto, el almidón pasa al intestino delgado solo si está bien molido. Es estable al calor, por consiguiente no se descompone durante la cocción normal (Fuentes et al., 2011; Raigond et al., 2015).
- RS2: Este tipo de almidón se presenta en forma granular nativa no gelatinizada, resiste la digestión debido a su naturaleza. Se encuentra en algunas legumbres, plátanos verdes, papas crudas, maíz con alto contenido en amilosa, esta última conserva su estructura y resistencia durante el procesamiento y preparación de los alimentos. Además, debido al alto grado de cristalinidad, RS2 es menos susceptible al hidrólisis. Por lo tanto, la resistencia se atribuye a la región cristalina (Fuentes et al., 2011; Murphy et al., 2008; Raigond et al., 2015; Slavin, 2013).
- RS3: Almidones físicamente modificados entran en esta categoría. RS3 es almidón retrogradado, principalmente amilosa recristalizada / retrogradada, formada durante el enfriamiento del almidón gelatinizado y en alimentos cocidos que se mantienen a temperatura baja o ambiental. Es térmicamente muy estable

---

y se forma en alimentos calentados en húmedo. Al ser térmicamente estable, es una importante fracción de almidón y también se utiliza como ingrediente en una amplia variedad de alimentos convencionales. Tiene una mayor capacidad de retención de agua que el almidón granular (Raigond et al., 2015) Durante el procesamiento de alimentos, en la mayoría de los casos en que el calor y la humedad están involucrados, RS1 y RS2 pueden destruirse, pero se puede formar RS3 (Fuentes et al., 2011). Este almidón se encuentra en alimentos cocidos y enfriados, como papas, pan y copos de maíz (Murphy et al., 2008; Slavin, 2013)

- RS4: Almidón producido por modificaciones químicas repolimerizados (por ejemplo, dextrinas, éteres o ésteres alterados por enlaces de cadena) utilizados por los fabricantes de alimentos para alterar las características funcionales del almidón. Pueden producirse mediante reacciones químicas, como conversión, sustitución o reticulación, que pueden evitar su digestión bloqueando el acceso a las enzimas y formando enlaces atípicos (Fuentes et al., 2011; Slavin, 2013). El grado de modificación química y el nivel de resistencia son directamente proporcionales, así mismo la modificación química cambia la estructura y la composición de los gránulos de almidón y, por lo tanto, aumenta su resistencia a las enzimas amilolíticas (Raigond et al., 2015).

RS5: es un tipo de RS que surge de la formación de complejos de amilosa-lípidos. Estos complejos se pueden formar durante el procesado de alimentos y también se pueden preparar bajo condiciones controladas. Los complejos de amilosa-lípidos se forman generalmente a partir de almidones con alto contenido de amilosa. La estructura y la formación dependen de la fuente botánica. RS5 comprende polisacáridos de poli- $\alpha$ -1,4-glucano lineal insoluble en agua y resistente a la degradación por  $\alpha$ -amilasa (Raigond et al., 2015). También encontraron que los poli- $\alpha$ -1,4-D-glucanos promueven la formación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), particularmente butirato, en el colon y, por lo tanto, son adecuados para su uso como suplementos nutricionales para la prevención de enfermedades colonorrectales (Fuentes et al., 2011).

En la Tabla 4 se muestra un resumen de estas características.

**Tabla 4. Resumen de las características de los tipos de almidón resistente.**

Tipo de RS	Descripción	Alimentos fuente	Resistencia minimizada por.	Digestión en el intestino delgado.
RS 1	Físicamente protegido	Granos total o parcialmente molidos, semillas y legumbres.	Molienda, masticar.	Tasa lenta; degradado parcial, totalmente digerido si se muele adecuadamente.
RS 2	Gránulos resistentes no gelatinizados con cristalinidad tipo B, lentamente hidrolizado por $\alpha$ -amilasa	Papas crudas, plátanos verdes, algunas legumbres, maíz alto en amilosa	Procesos y cocción de alimentos.	Tasa muy lenta; poco degradación; totalmente digerido cuando recién cocinado
RS 3	Almidones retrogradados.	Papas cocidas y enfriadas, pan, copos de maíz, productos con tratamiento térmico húmedo repetido	Condiciones del proceso	Tasa lenta; degradación parcial; digestión reversible; digestibilidad mejorada por recalentamiento
RS 4	Almidones químicamente modificados	Alimentos en los cuales se ha usado almidón modificado	Menos susceptible <i>para</i> la digestibilidad <i>in vitro</i>	Resultado de la modificación química, puede resistir la hidrólisis.
RS 5	Complejos Amilosa-Lípidos	Alimentos con alto contenido en amilosa	No susceptible a la hidrólisis por $\alpha$ -amilasa	Puede resistir la digestión.

Fuente : (Raigond et al., 2015)



---

#### **2.4.4 Propiedades del almidón resistente**

El almidón resistente ha destacado su importancia debido a sus propiedades funcionales. Tiene muchas propiedades fisicoquímicas deseables, por ejemplo, hidratación, aumento de la viscosidad, formación de gel y capacidad de retención de agua, lo que lo hace útil en una variedad de alimentos (Raigond et al., 2015).

El RS está presente de forma natural y es suave en sabor, tiene un color blanco y tamaño de partícula fino. Debido a su tamaño de partícula, el RS no afecta la textura de los alimentos. Por el contrario, imparte características especiales junto con la fortificación de fibra dietética en alimentos ricos en fibra o en aquellos que no contienen fibra. El contenido calórico de RS también es bajo ( $1.6-2.8 \text{ kcal.g}^{-1}$ ), por lo que se puede utilizar para complementar formulaciones de alimentos reducidos en grasas y reducidas en azúcar. Así mismo tiene una alta temperatura de gelatinización, buenas cualidades de extrusión y formación de película (Raigond et al., 2015).

Por otro lado puede ser fermentado por la microbiota intestinal humana, proporcionando una fuente de carbono y energía para las 400-500 especies de bacterias presentes en este ambiente anaeróbico, alterando la composición de la microbiota y sus actividades metabólicas (Fuentes et al., 2011).

Además el consumo de productos con almidón no digerible en el intestino delgado, provoca una disminución de los niveles sanguíneos de glucosa e insulina (necesarios para el metabolismo de la glucosa), en comparación con los productos con la misma cantidad de almidón completamente digerible (Leszczynski, 2004).

Otros efectos del consumo de RS son el aumento de la frecuencia de excreción y el volumen fecal, la prevención del estreñimiento y las hemorroides, la disminución de la producción de compuestos tóxicos y mutagénicos, un pH colónico más bajo y menores niveles de amoníaco. Teniendo en cuenta que en la actualidad varias enfermedades son el resultado de una alimentación inadecuada y que algunas pueden estar relacionadas con la ingesta insuficiente de fibra, es razonable suponer

---

que sería importante un mayor consumo de componentes no digeribles (Fuentes et al., 2011)

#### **2.4.5 Aplicación en alimentos**

Actualmente la conciencia sobre la salud y la creciente demanda de alimentos funcionales por parte de los consumidores va en aumento. Esta situación está impulsando a la industria alimentaria a nivel internacional, para buscar nuevas formas de producir alimentos innovadores con beneficios para la salud. Es por eso que muchos nutricionistas y procesadores de alimentos han centrado su atención en el RS, debido a sus potenciales beneficios fisiológicos y propiedades funcionales únicas (Fuentes et al., 2011; Raigond et al., 2015).

A medida que las dietas se vuelven cada vez más "procesadas", con menos frutas y verduras crudas se reduce el consumo natural de RS. Por lo tanto, la incorporación de RS a los alimentos procesados es cada vez más importante (Fuentes et al., 2011).

Una de las opciones para aumentar el contenido de almidón resistente en los productos alimenticios, es con la ayuda de preparaciones especiales de almidón utilizadas como aditivo en la materia prima, durante el proceso tecnológico. Tal es el caso de su uso en una gama de productos horneados y extruidos. Además su uso es especialmente adecuado para sistemas alimentarios basados en granos, baja humedad y humedad moderada (Raigond et al., 2015).

Hay que mencionar además que, gracias a su estructura química, los almidones proporcionan una serie de ventajas desde el punto de vista tecnológico, como una buena capacidad de retención de agua y una mejora en la textura de los productos. Actualmente están siendo utilizadas en productos cárnicos como sustitutos de materia grasa, para reducir el aporte calórico (Freixanet, 2006).

Así mismo, el almidón resistente reduce el valor calórico de los productos alimenticios, como ya se había mencionado anteriormente el nivel de glucosa en la sangre disminuye. Además, actúa de forma similar a los componentes de fibra dietética, se fermenta en el intestino grueso, lo que da como resultado la producción

---

de componentes favorables a la composición de la microflora intestinal. Los productos de fermentación también afectan el metabolismo de los compuestos lipídicos orgánicos. Por lo tanto, el almidón resistente se trata como un componente de la fibra dietética (Leszczynski, 2004).

---

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La tendencia actual en la industria cárnica es el desarrollo de nuevos productos con mejores propiedades o mejora de las existentes, que además de proporcionar adecuadas características organolépticas, tengan mejores características nutricionales. Un ejemplo de estas tendencias son los productos cárnicos, ya que actualmente encontramos en los mercados productos bajos en grasa y sodio principalmente.

A pesar de que la carne y productos cárnicos representan una buena fuente de proteína, en la actualidad empiezan a considerarse un riesgo a la salud y un incremento en las enfermedades crónicas. Lo anterior significa un gran reto a la industria de los cárnicos, impulsándola a innovar productos que sean benéficos a la salud. Para ello se ha optado por reducir, eliminar y/o incorporar nuevos ingredientes que potencialicen los perfiles nutricionales de los alimentos y satisfagan las demandas del mercado.

En este trabajo se pretende incrementar el contenido de fibra dietética de un jamón cocido a través de la incorporación de almidón resistente, mejorando así el perfil nutricional de un producto cárnico de gran consumo.

---

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la adición de almidón resistente en jamón cocido mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos y sensoriales, para mejorar las propiedades nutricionales.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el almidón resistente mediante parámetros fisicoquímicos.
- Elaborar tres formulaciones diferentes de jamón cocido con la incorporación de almidón resistente.
- Evaluar las formulaciones mediante el análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

---

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1 Materia Prima

Para la elaboración de los jamones se utilizó carne de pierna de cerdo, la cual fue deshuesada y limpiada manualmente para obtener trozos de carne lo más magro posible. La carne se compró a un distribuidor local que comercia con pernils congelados. Los demás ingredientes fueron proporcionados por la empresa EMPACADORA MURGATI, S.A de C.V., así como el almidón resistente que se utilizó para las pruebas.

El almidón resistente fue suministrado por la empresa para su adición en la formulación de los jamones y por cuestiones de confidencialidad se llamará RS. El RS no sustituyó a ningún otro aditivo. Se empleó de la siguiente manera, se elaboró una salmuera general para todas las formulaciones, donde contenía todos los aditivos a excepción del RS, luego se dividió en tres partes iguales, la primera parte correspondía al control, por lo tanto, no se agregó RS, en la segunda y tercera parte se agregó 4.5 % y 7.0 % de RS respectivamente.

### 5.2 Métodos

#### 5.2.1 Caracterización del almidón

##### 5.2.1.1 Determinación de humedad del almidón resistente

Se determinó el contenido de humedad en las muestras de almidón por el método 925.10 de la AOAC (2006). Se colocaron 3 g de muestra en una charola de aluminio y se introdujeron en una estufa a 105 °C por 4 h. Luego se dejaron en un desecador para alcanzar una temperatura ambiente, por último, se procedió a pesar la muestra. El análisis se realizó por triplicado.

El cálculo del porcentaje de humedad se determinó de la siguiente manera:

$$\%Humedad = \frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial} \times 100$$

---

### 5.2.1.1 Índice de absorción de agua e índice de sólidos solubles en agua (WAI y WSI)

Tras la determinación del contenido de humedad, se determinó el índice de absorción de agua (WAI) e índice de sólidos solubles en agua (WSI) de acuerdo a la técnica descrita por Anderson et al. (1969) también utilizado por Ortega et al. (2015).

Para determinar WAI se tomaron 5 g de muestra a los cuales se les adicionó 30 mL de agua desionizada, se homogenizaron y se dejó en reposo por 30 min exactos. Transcurrido el tiempo de reposo las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm durante 15 min (HERMILE, Alemania). El WAI se determinó como el peso de la muestra obtenido luego de remover el sobrenadante, con respecto al peso inicial de extracto seco.

Luego de pesar y evaporar el sobrenadante a una temperatura de 105 °C, hasta un peso constante. El parámetro WSI se calculó como el porcentaje de sólidos presentes en el sobrenadante respecto al peso inicial en extracto seco de la muestra. Cada uno de los análisis se realizó por triplicado.

WAI y WSI fueron calculadas con las siguientes ecuaciones.

$$WAI \left[ \frac{g}{g} \right] = \frac{\text{Peso de gel}}{\text{Peso inicial extracto seco}}$$

$$\%WSI = \frac{\text{Peso del sobrenadante seco} - \text{Peso inicial extracto seco}}{\text{Peso inicial extracto seco}} \times 100$$

### 5.2.1.2 Temperatura de Gelatinización del almidón

Basado en el método de Grace (1977) y Torres et al. (2013), se analizó la temperatura de gelatinización de almidón resistente antes de iniciar el proceso de elaboración del jamón. Para ello se pesaron 10 g de almidón y se hidrataron con 100 mL de agua destilada por 5 min, posteriormente, la solución se dividió a la mitad y se sometió a un calentamiento a baño maría a 85 ° C. La temperatura de gelatinización se tomó cuando se formó una pasta y mantuvo la temperatura constante por unos segundos.

---

### **5.2.2 Viscosidad de las salmueras**

Se elaboró una salmuera general para todas las formulaciones, con agua purificada a 4 °C donde contenía todos los aditivos a excepción del RS, se mezcló todo y luego se dividió en tres partes iguales, la primera parte correspondía al control, por lo tanto, no se agregó RS, en la segunda y tercera parte se agregó 4.5% y 7.0% de RS respectivamente. Esta prueba se realizó para observar el efecto que tenía el almidón resistente en la viscosidad de la salmuera en conjunto con los demás aditivos.

Se analizó la viscosidad a través del equipo viscosímetro Brookfield (Brookfiel Model LVT, USA) a 12 rpm/ LV 61/25 °C. Fue necesario multiplicar las lecturas que se obtuvieron por el factor Finder con un valor de 5, para calcular el resultado correcto de acuerdo a los parámetros con los que se midió la muestra. La muestra se mantuvo a 4 °C de temperatura durante el análisis y se midió un volumen de 200 cm<sup>3</sup> (Molina et al., 2013).

### **5.2.3 Elaboración de jamón cocido**

La formulación usada para la elaboración de los jamones fue proporcionada por la empresa Murgati (Tabla 5). En la Tabla 5 se muestran las formulaciones para la elaboración de los jamones modificados que corresponde a las muestras A y B con un contenido de almidón resistente de 4.5% y 7.0% respectivamente. Además, se elaboró un jamón control, el cual no contenía almidón resistente.

Se realizó la mezcla de los ingredientes secos, en el siguiente orden: sal, nitritos y fosfatos, proteínas no cárnicas, almidón resistente y aditivos. Se disolvieron en agua fría con agitación constante para formar la salmuera. Al igual que la carne, la salmuera se mantuvo a 4 °C, hasta el momento de la inyección. Previamente la carne fue troceada en pedazos y se realizaron pequeños cortes superficiales (tenderización) para una mejor extracción de proteína y retención de la salmuera. Una vez realizado el tenderizado se procedió a la inyección manual, procurando la distribución homogénea de la salmuera. Enseguida se realizó el proceso de malaxado o masajeado el cual se llevó a cabo de forma manual. Consistió básicamente en masajes de 3 min con descansos de 10 min durante 5 h, entre cada



descanso se regresaba al refrigerador para mantener la temperatura de 4 °C. Se dejó en refrigeración hasta antes de la cocción, aproximadamente por 12 h. Las mezclas se pusieron en bolsas termoencogibles y se colocaron en moldes con una capacidad de 1.5 kg de peso. Posteriormente se realizó un proceso de vacío (5 ciclos al 80%), con el fin de eliminar los huecos y el aire entre los trozos de carne.

La cocción se llevó a cabo en horno Rational® en tres rangos de temperatura: 50 °C Centro Pieza (CP)/150 min, 65 °C CP/150 min y 75 °C CP /10 min. Pasado este tiempo de cocción, se retiró el producto del horno. Los jamones fueron sumergidos en agua fría para provocar un choque térmico. Los embutidos cocidos y fríos se almacenaron a 4 °C durante 3 días y trascurrido este tiempo, los jamones fueron desmoldados y pesados para determinar la merma del producto.

**Tabla 5. Formulaciones para la elaboración de jamones.**

Muestra	(Control)	A	B
Ingredientes	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
	%	%	%
<i>Carne</i>	66.39	63.53	62.05
<i>Agua</i>	29.44	28.17	27.51
<i>Sal</i>	1.23	1.18	1.15
<i>Nitritos</i>	0.053	0.051	0.050
<i>Proteína no cárnica.</i>	0.72	0.69	0.675
<i>Aditivos</i>	2.17	2.07	2.03
<i>Almidón resistente</i>	0	4.50	7.00

*\*Las materias primas fueron proporcionadas por Murgati a excepción de la carne.*

#### 5.2.4 Merma

La merma nos indica la pérdida que el jamón ha tenido durante el proceso de cocción. Normalmente es por la pérdida de agua, la cual no fue retenida en el gel, o por un exceso de cocción.

---

Inicialmente los jamones fueron embutidos y pesados en empaques termoencogibles. Posterior a la cocción y luego de un reposo de 72 h, los jamones fueron pesados para determinar las pérdidas del producto.

El porcentaje de merma se calculó de la siguiente manera:

$$\%Merma = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

## **5.2.4 Evaluación de parámetros fisicoquímicos en jamón cocido**

### **5.2.4.1 Determinación de color**

Para la determinación de color se procedió a cortar transversalmente las piezas. Se midió el color superficial con un colorímetro *Mini Scan XE PLUS* (Hunter Lab, USA), previamente calibrado con dos placas, uno de color negro y otro blanco. Cada medición se realizó en la superficie del jamón por triplicado. Se determinaron los parámetros CIELab con una iluminación D65 y un ángulo observador 10° (Schmiele et al., 2015).

Se registraron las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , donde la coordenada  $L^*$  representa la claridad o luminosidad, y puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  forman un plano perpendicular a la luminosidad. La coordenada  $a^*$  define la desviación del punto acromático hacia el rojo si  $a^*$  es positiva y hacia el verde si  $a^*$  es negativa. Mientras que la coordenada  $b^*$  define la desviación hacia el amarillo si  $b^*$  es positiva y hacia azul si  $b^*$  es negativa (Hui et al., 2012).

### **5.2.4.2 pH**

El pH se determinó por el método de homogeneización y para ello se colocó en un vaso de precipitados 30 mL, 3 g de muestra previamente homogenizada. Se añadieron 15 mL de agua destilada. Se mezcló con una varilla de vidrio hasta homogenizar. Se realizó la lectura del pH con un potenciómetro provisto de un electrodo (HANNA Instruments HI 2211, EU) que previamente se encontraba calibrado con buffers de pH 7 y 4. Cada muestra se analizó por triplicado.

---

#### **5.2.4.3 Aw**

Para la medición de actividad de agua se utilizó el equipo AquaLab 3TE (EU) siguiendo la metodología de los sensores de punto de rocío. En este tipo de instrumentos la muestra se equilibra dentro de una cámara sellada que contiene un espejo que permite detectar la condensación en el mismo. En el punto de equilibrio la humedad relativa del aire en la cámara es el mismo que la aw de la muestra. Una célula fotoeléctrica y un termistor detectan el punto exacto en el que se produce la condensación y la temperatura, respectivamente.

Se colocó la muestra en cápsulas específicas del equipo, la muestra previamente molida, se distribuyó por la cápsula sin dejar huecos y se procedió al análisis por triplicado.

#### **5.2.4.4 Capacidad de retención de agua.**

La capacidad de retención de agua (CRA) fue determinada por el método de compresión propuesto por Méndez et al. (2015) con algunas modificaciones. Se tomó 1 g de cada jamón y se colocó entre dos papeles filtro de 5 x 5 cm, luego se colocaron entre dos placas de acrílico, y se les aplicó una fuerza de 5.0 Kg por 10 min. Debido a la fuerza ejercida sobre la muestra, los líquidos liberados se quedaron impregnados en el papel, y se consideró como el agua expulsada (Méndez-Zamora et al., 2015). Luego la CRA fue obtenida por diferencia, según las siguientes ecuaciones. Cada muestra se midió por triplicado.

$$\% \text{ agua expulsada} = [(I_w - F_w) / I_w] \times 100$$

$$\text{WHC} = 100 - \% \text{ agua expulsada}$$

Donde:  $I_w$  es el peso inicial de la muestra (1 g) y  $F_w$  es el peso final.

#### **5.2.4.5 Composición proximal**

Se realizó la evaluación de diferentes parámetros como humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra dietética.

---

#### ❖ Humedad

Se determinó el contenido de humedad en las muestras de almidón por el método 925.10 de la AOAC (2006). Se colocaron 3 g de muestra en una charola de aluminio y se introdujeron en una estufa a 105 °C por 4 h. Luego se dejaron en un desecador para alcanzar una temperatura ambiente, por último, se procedió a pesar la muestra. El análisis se realizó por triplicado. El cálculo del porcentaje de humedad se determinó con la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{P_o - P_f}{m} \times 100$$

Donde:  $P_f$ = peso final muestra seca (g);  $P_o$ =Peso de la muestra inicial (g);  $m$ = peso de la muestra fresca (g).

#### ❖ Cenizas

Para la determinación de cenizas, se utilizó el Método 942.05 de la AOAC, basado en la calcinación de la muestra en mufla a 550 °C/4h (AOAC, 2006).

Previo a la calcinación se hace un proceso de pre-calcinado en los crisoles con las muestras pesadas en una placa de calentamiento, esto es con el fin de retirar la mayoría de los agentes volátiles. Posteriormente se pasa a la mufla a las condiciones dadas. Pasado el tiempo, se retiran los crisoles de la mufla y se ingresan al desecador para finalmente calcular gravimétricamente este parámetro.

$$\%Cenizas = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:  $P_f$ = peso del crisol con la muestra después de incinerada (g);  $P_o$ =Peso del crisol a peso constante (g);  $m$ = peso de la muestra fresca (g).

#### ❖ Grasa

La determinación de grasa se realizó por el método de la AOAC 963.39B (AOAC, 2006), basado en un método gravimétrico. Se ingresó la muestra seca al equipo soxhlet, junto con 150 mL de éter de petróleo, el cual al ser calentado a 65 °C

---

provocó su evaporación y por consiguiente su condensación para arrastrar la grasa de la muestra hacia el matraz. El proceso de extracción tuvo una duración de 5 h, pasado el tiempo se evaporó el solvente y se pesó el matraz para el cálculo de la grasa del producto. El porcentaje se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%Grasa\ cruda = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde: P<sub>f</sub>: peso del matraz con grasa; P<sub>o</sub>: peso del matraz vacío; m: peso de la muestra seca

#### ❖ *Proteína.*

El análisis de proteína se realizó en el equipo Leco FP528 (LECO Instruments, USA) casa comercial, el cual se basa en el método de DUMAS o combustión de la muestra. Este método consiste en una combustión de la muestra seca a 700 °C, mediante el uso de un catalizador metálico y se cuantifica volumétricamente el contenido de N<sub>2</sub> en estado gaseoso. Este valor obtenido se multiplicó por el factor de conversión de 6.25 para productos cárnicos.

Se pesó con precisión 0.1 g de muestra secas, sin grasa y molida, y se colocó en un papel de aluminio y se introdujo al equipo, luego de aproximadamente 4 minutos el equipo registraba en su software el porcentaje de nitrógeno. Cada muestra se analizó por triplicado.

$$\%Proteína = \%Nitrógeno \times 6.25$$

#### ❖ *Fibra dietética*

La metodología para determinar la fibra dietética fue tomada de la AOAC 985.29 (AOAC, 1997) también descrita en el Kit “*Total Dietary Fiber Assay Kit*” (Sigma Aldrich, EU) con el código TDF-100 y TDF-C10 para la determinación de fibra dietética, basadas en un método gravimétrico y la degradación enzimática mediante enzimas específicas que simulan el tracto digestivo del ser humano.

---

Para la determinación de este parámetro, la muestra fue previamente secada y desengrasada. Se tomaron 2 g ± 0.0001 en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se adicionó 0.1 mL α-amilasa en medio neutro y se sometió a un calentamiento de 95 ° C por 15 min con agitación constante. Posteriormente se dejó enfriar la mezcla hasta temperatura ambiente para ajustar el pH a 7.5 con hidróxido de sodio a 0.275 M de cual se usaron aproximadamente 10 mL. Enseguida se adicionó 0.005 g de la enzima proteasa y nuevamente se calentó la mezcla a 60 °C por 30 min manteniendo la agitación suave. Para la última fase enzimática, se enfrió nuevamente el medio, se ajustó el pH a 4-4.6 con 9 mL de ácido clorhídrico a una concentración de 0.325 M y se añadió 0.1 mL de la enzima amiloglucosidasa durante 30 minutos a 60 °C, con agitación suave y constante. Terminado el tiempo de reacción, se añadieron 250 mL de alcohol etílico (precalentado 60 °C), y se dejó reposar por 24 h para precipitar la fibra soluble

Cuando la fase del precipitado estuvo bien definida, con ayuda de un filtro (Fritted-crucible, porosidad No.2, 40-60 μm) al cual se le colocó una capa de Ceolita con un peso aproximado de 0.5 g. Se comenzó a filtrar con ayuda de vacío para recuperar el residuo sólido, al terminar la filtración, se lavó el residuo dos veces con 10 mL de alcohol y una vez con 10 ml de acetona. El filtro se retiró del embudo y se colocó en una estufa para secar la muestra. El residuo se sometió a una calcinación 525 °C/4h, obteniendo el peso de cenizas después del proceso. Para el cálculo de fibra es necesario retirar el peso de proteína y grasa, esta última solo se retira si el valor es mayor al 10 %.

$$\%TFD = \left[ \frac{R_{muestra} - P_{muestra} - A_{muestra} - B}{SW} \right] \times 10$$

Donde:

B = R blanco – P blanco - A blanco

TDF = Fibra dietaría total (en inglés “Total Dietary Fiber”)

R = Peso promedio del residuo (mg)

P = Peso promedio de la proteína (mg)

A = Peso promedio de las cenizas (mg)

SW = Peso promedio de la muestra (mg)

Para esta determinación se utilizó un blanco, para medir cualquier contaminante que pudiera interferir en el análisis.

---

### 5.2.5 Análisis Sensorial (Prueba triangular)

La prueba triangular es una prueba discriminativa la cual permite comparar dos o más productos, e incluso estimar el tamaño de la diferencia. Este ensayo permite determinar si existe una diferencia global sin identificar atributos específicos. Su principal aplicación es para determinar si las diferencias entre productos resultan de un cambio en los ingredientes, el procesamiento, el embalaje o el almacenamiento (The Society of Sensory Professionals, 2018).

Para efectos del estudio se presentaron tres muestras simultáneamente a los catadores: dos de ellas eran iguales y una diferente, el evaluador tuvo que identificar aquella muestra que el considerara diferente.

La prueba se realizó con 20 panelistas semi-entrenados, los cuales compararon los siguientes casos:

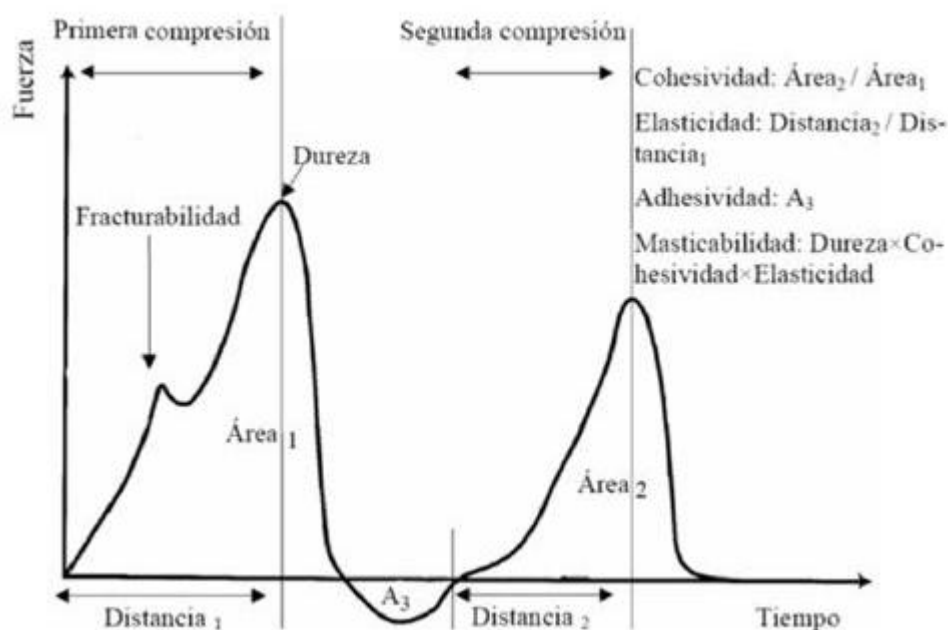
1. Control vs Jamón A (JC/JA)
2. Control vs Jamón B (JC/B)
3. Jamón A vs Jamón B (JA/JB)

Cada uno de los catadores recibió tres fichas para la evaluación de los tres tríos, además se les proporcionó pan tostado y agua para la limpieza bucal. Cabe mencionar que el color de las muestras fue un factor que podía influir en la decisión del panelista, en especial en los jamones A y B, por esta razón se decidió colocar una luz verde en cada cabina para evitar esta situación (Resconi et al., 2016).

En la prueba triangular, se suman el número de panelistas que han identificado correctamente la muestra diferente y el total se somete a la prueba de significancia utilizando la Tabla 1 en el Apéndice 1, descrita por Catania et al. (2007).

### 5.2.6 Perfil de Textura

Se realizó un perfil de textura (TPA) a cada muestra por triplicado, usando un texturometro TA-xt Plus (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), con una sonda cilíndrica P25, velocidad de penetración 5 mm/s, 50 % de compresión. Cada muestra se cortó en piezas de 15 mm x 25 mm x 25 mm por triplicado. Se midieron los parámetros de dureza, resistencia, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. En la Figura 7 se muestra la típica gráfica del análisis del perfil de textura (Hleap et al., 2010).



*Figura 7* Gráfica general del análisis del perfil de textura.

### 5.2.7 Análisis estadístico

Todos los resultados fueron comparados mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un solo sentido, mediante el uso del Software Minitab 17 (EU, 2016) por el método de Fisher. Los resultados comparados fueron considerados significativamente diferente al valor de  $P < 0.05$ .



---

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Pruebas Fisicoquímicas al almidón resistente

Como parte de la caracterización del almidón, se analizaron distintos parámetros fisicoquímicos (Humedad, Temperatura de gelatinización, WSI y WAI), los resultados se muestran en la Tabla 6. Donde se puede observar que el contenido de humedad del almidón resistente corresponde al  $9.56 \pm 0.26$  %, valor que al comparar con la NMX-F-382-1986 está dentro del rango de humedad (Máximo 15%) que se establece para almidón de maíz.

La temperatura de gelatinización del RS se determinó con el fin de establecer parámetros de temperatura adecuados para la cocción de los jamones y de esta manera asegurar la gelatinización del mismo. Debido a su implementación como un nuevo aditivo, era importante asegurar la temperatura de gelatinización para evitar defectos en la calidad sensorial final de los jamones.

La naturaleza del RS es granulosa, por lo tanto, la formación del gel es necesaria para evitar una sensación granulosa al momento de la degustación en el panel sensorial. Generalmente las temperaturas usadas en el jamón van de  $68\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Landares, 2015), dependiendo del tipo de cocción que se use. En este caso el almidón gelatinizó a  $75.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Tabla 6), debido a esto se optó por modificar la temperatura de cocción, logrando una temperatura final de cocción de  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  en centro pieza por 10 min.

En otros artículos donde se modificaron los aditivos, como el contenido de sal, hubo cambios en la temperatura final de cocción. Tamm et al. (2016) realizaron reducciones de sal y aumentaron la temperatura a  $72\text{ }^{\circ}\text{C}$  centro pieza. El aumento de la temperatura centro pieza puede ocasionar pérdidas de producto o agua, debido al aumento en la rigidez del gel, el cual está relacionada con la disminución de la proteína soluble que provoca cambios en las cargas y en la estructura de las proteínas, modificando la densidad de la matriz, que disminuye a medida que aumenta la temperatura (Toldrá, 2010).

---

Además provoca degradaciones en las cualidades sensoriales, afectando a la apariencia, el sabor y la textura (Landares, 2015).

En cuanto a los resultados de WAI y WSI del almidón resistente, se observaron valores de  $1.24 \pm 0.01$  y  $0.55 \pm 0.01$  respectivamente, este tipo de almidones tiene baja capacidad de retención de agua, por esta misma razón se esperaba que su WAI fuera un valor pequeño.

Por otro lado, el bajo índice de solubilidad (WSI) indica que las partículas son muy pequeñas, como se mencionó en la metodología y por lo tanto no son solubles. Además, a diferencia de otros almidones que son sometidos a diferentes procesos para su obtención ya sea por calor o químico, pueden modificar su WSI e incrementar su valor. Sin embargo, a este almidón no fue obtenido por modificaciones químicas sino de un maíz alto en amilosa. En consecuencia este almidón podría ser utilizado como una buena fuente de fibra que tenga como fin ser un prebiótico en el intestino grueso y elevar el contenido de fibra dietética en el producto (Ortega et al., 2015; Raigond et al., 2015).

**Tabla 6. Resultados de los análisis del almidón resistente.**

	Temperatura de gelatinización ° C	% H <sub>2</sub> O	WAI	WSI (%)
Almidón resistente	75.9	$9.56 \pm 0.26$	$1.24 \pm 0.01$	$0.55 \pm 0.01$

± Representa la desviación estándar.

## 6.2 Viscosidad de la salmuera

Al incorporar el RS en la salmuera, fue necesaria la evaluación de la viscosidad. En la Tabla 7 se muestran los valores obtenidos con respecto a la viscosidad de las diferentes salmueras elaboradas, cada una se mantuvo a 4 °C durante su análisis, debido a que es la temperatura a la cual se inyecta la salmuera en los jamones.

En los resultados se observa que conforme aumenta la cantidad de almidón añadido aumenta la viscosidad de la salmuera. La salmuera control, la cual no contiene

almidón agregado es la que presenta un valor de  $7.5 \pm 0$  mPa\*s, mientras que en la salmuera A y B se observó un aumento considerable entre ellas ( $10 \pm 0$  y  $20 \pm 0$  mPa\*s respectivamente), con respecto al control. Reflejando de esta manera el efecto del incremento en la cantidad de almidón resistente (solutos) añadida (4.5% y 7.0% respectivamente).

**Tabla 7. Valores de viscosidad de las salmueras mPa\*s (12rpm/LV/Factor 5).**

	Viscosidad
Control	$7,5 \pm 0$
Salmuera A (4.5% de RS)	$10 \pm 0$
Salmuera B (7.0% de RS)	$20 \pm 0$

**± Representa la desviación estándar.**

Es importante tener en cuenta la viscosidad de la salmuera ya que el incremento en la cantidad de un aditivo nuevo, cuando se habla de procesos a gran escala, por mínimo que sea el cambio, puede significar retos tecnológicos importantes que se pueden ver reflejados en parámetros de procesos como: mayores tiempos de malaxado, obstrucción de agujas de inyección y una difusión más lenta, por mencionar algunos ejemplos.

### 6.3 Evaluación fisicoquímica del jamón

En el proceso de cocción no se registraron mermas, ya que toda la salmuera fue retenida, esto debido al uso de bolsas termoretráctiles, las cuales evitan la pérdida de agua y o producto y al proceso eficiente de extracción y solubilización de proteína miofibrilar. A diferencia de otros empaques de plásticos, los termoretráctiles tienen la característica de adaptarse al producto. Además de proporcionar una barrera que impide o reduce la pérdida de agua o de producto. Debido a lo anterior estos empaques son ideales para producto merma cero o empaque definitivo.

Como producto final se obtuvieron jamones con un peso de 1.6 Kg aproximadamente. Posteriormente se llevaron a cabo los demás análisis correspondientes.

### 6.3.1 Determinación de la composición proximal

Los valores obtenidos de la composición bromatológica de cada jamón se muestran en la Tabla 8, donde se observó que los parámetros afectados por la adición del almidón fueron el contenido de humedad y el contenido de fibra. Mientras que en los demás parámetros como cenizas grasa y proteína a pesar de que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los jamones con almidón y el control, estas fueron mínimas.

**Tabla 8. Composición proximal de las muestras de jamón.**

Contenido porcentual %	Control	Jamón A (4.0%)	Jamón B (7.0%)
Humedad	78.24 ± 0.21 <sup>c</sup>	75.94 ± 0.30 <sup>b</sup>	74.64 ± 0.17 <sup>a</sup>
Cenizas	4.59 ± 0.07 <sup>a</sup>	4.70 ± 0.09 <sup>ab</sup>	4.72 ± 0.01 <sup>b</sup>
Grasa	2.40 ± 0.23 <sup>a</sup>	3.02 ± 0.09 <sup>b</sup>	3.03 ± 0.20 <sup>b</sup>
Proteína	13.79 ± 0.80 <sup>a</sup>	13.36 ± 0.37 <sup>b</sup>	13.77 ± 0.90 <sup>ab</sup>
Fibra dietética	1.98 ± 0.41 <sup>a</sup>	2.80 ± 1.41 <sup>b</sup>	4.42 ± 1.77 <sup>c</sup>

<sup>a, b</sup>: Los valores en la misma fila con diferente letra presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )  
± Representa la desviación estándar.

En el caso de la humedad, conforme aumentó la concentración de RS, el contenido de humedad disminuyó de un valor de 78.24 ± 0.21% correspondiente al control a 74.64 ± 0.17 % correspondiente al jamón B con mayor contenido de almidón resistente, presentando diferencias significativas entre cada muestra. Esto por la presencia de más solutos en la muestra, ya que en composición relativa había una menor cantidad de agua. También afecta a la textura del alimento, pues lo podría hacer menos jugoso y aumentar su dureza. A pesar de esto el contenido de humedad para las muestras se encuentra de los límites establecidos por la norma NOM-158-SCFI-2003 (2003).

En cuanto al contenido de grasa las muestra con almidón presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto al control (2.40 ± 0.23%, control), pero no entre ellas (3.02 ± 0.09% - 3.03 ± 0.20% muestras A y B respectivamente). Estos resultados harían pensar que la adición de almidón modifica ligeramente este valor no obstante dicha modificación no estaría en función de la cantidad de almidón agregada. Sin embargo, lo más probable es que esta mínima diferencia fuese

---

causada por la porción de carne que se usó en cada jamón, ya que alguna pieza pudo haber tenido un mayor contenido de grasa.

Por otro lado, para los jamones con 4.5% y 7.0% de RS presentaron porcentajes de cenizas de  $4.70 \pm 0.09$  y  $4.72 \pm 0.01$  % respectivamente, significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) con respecto al control ( $4.59 \pm 0.07$ ). Si bien no es un gran aumento la adición de RS provoca un aumento en cenizas. Estos resultados concuerdan con los reportados por Alves et al. (2016) quienes observaron un mayor contenido de cenizas en salchichas sustituidas con harina de banana ( $23.41 \pm 0.71$  % de RS) verde en su formulación, conforme aumentaba el contenido de fibra y de harina en las muestras.

Cuando hablamos de un producto cárnico, un parámetro significativamente importante es el contenido de proteína, en este estudio se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los valores de proteína de los jamones A y B ( $13.36 \pm 0.37$  y  $13.77 \pm 0.90$  % respectivamente) con respecto al control ( $13.79 \pm 0.80$ ), sin embargo, las diferencias para fines prácticos son mínimas.

Respecto al contenido de fibra dietética, se observó un aumento proporcional a la cantidad añadida de almidón resistente, con lo cual logró alcanzarse el objetivo principal del trabajo. Como se mencionó anteriormente el RS es una fibra dietética que escapa a la digestión y absorción en el intestino delgado y se fermenta en el intestino grueso de los humanos, con la producción de ácidos grasos de cadena corta (Raigond et al., 2015). Además, desde el punto de vista de la salud humana, RS reduce el riesgo de cáncer de colon, diabetes, formación de cálculos biliares, complicaciones relacionadas con la obesidad y aterosclerosis (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

En el caso del jamón control observamos el valor más bajo de fibra 1.98%, por otra parte, las muestras A y B (4.5 % y 7.0 % de almidón resistente añadido respectivamente), mostraron valores de  $2.80 \pm 1.41$  % y  $4.42 \pm 1.77$  % de fibra dietética, respectivamente, donde claramente se observa el incremento debido a la cantidad agregada de almidón resistente. Estos valores pueden permitir clasificar al

---

producto como producto con fibra. La NOM-086-SSA1-1994 (1996), especifica que los productos adicionados con fibra deben presentar un contenido igual o mayor de 2.5 g/porción en relación con el contenido del original o de su similar, considerando una porción de 100 g. La FDA estipula que al menos un producto debe tener 2.5 % de fibra dietética para considerarse con fibra, esto basado en una dieta de 2000 calorías al día (United States Food and Drug Administration, 2013). Por lo tanto, los jamones A y B cumplen con el parámetro para entrar en esta categoría de alimentos con fibra.

A pesar de haber añadido concentraciones de 4.5 % y 7.0 % de almidón resistente, los resultados de fibra fueron menores con respecto a las concentraciones mostradas en las muestras, debido a que se utilizó un RS derivado del almidón de maíz de alta amilosa, con un contenido aproximado de 50% de fibra dietética (Sanz et al., 2009).

Con respecto a los valores obtenidos en la composición proximal, los jamones producidos con almidón A y B podrían ser clasificados como “comerciales”, de acuerdo a la NOM -158-SCFI-2003 (2003) además de que podrían etiquetarse como “adicionado con fibra” según las normas NOM-086-SSA1-1994 y NOM-051-SCF1/SSAI-2010, (2010)

### **6.3.2 Determinación de Aw, pH y CRA**

De acuerdo con la Tabla 9 los parámetros actividad de agua y pH, no mostraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) con el incremento del almidón resistente. Incluso luego de adicionar más RS, la actividad de agua no disminuye en los jamones y no hay diferencias significativas en los valores de pH. Por otro lado, estadísticamente se observó una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la capacidad de retención de agua de los jamones A y B con respecto al control, mientras que entre ellas no hay diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

Sin embargo, al adicionar el almidón resistente en la formulación hay una modificación en los porcentajes de la composición (Tabla 4) y se evidencia que hay un menor contenido de carne (que es la que retiene humedad), además el uso del

RS disminuye la CRA, debido a la baja capacidad de retención de agua del almidón resistente (Raigond et al., 2015). Provocando la disminución en la CRA de los jamones A y B y aumentando los valores de agua expulsada de los productos.

**Tabla 9. Características fisicoquímicas de las muestras de jamón.**

Parámetro	Control	Jamón A (4.0%)	Jamón B (7.0%)
Actividad de agua (Aw)	0.988 ± 0.002 <sup>a</sup>	0.988 ± 0.002 <sup>a</sup>	0.988 ± 0.001 <sup>a</sup>
Agua expulsada (%)	11.53 ± 0.4 <sup>a</sup>	21.16 ± 0.02 <sup>b</sup>	20.90 ± 0.02 <sup>b</sup>
CRA (%)	88.47 ± 0.4 <sup>b</sup>	78.84 ± 0.02 <sup>a</sup>	79.1 ± 0.02 <sup>a</sup>
pH	6.62 ± 0.02 <sup>a</sup>	6.63 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.64 ± 0.005 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup>: Los valores en la misma fila con diferente letra presentan diferencia significativa (P < 0.05)  
 ± Representa la desviación estándar.

### 6.3.3 Determinación de color

El color es una característica muy importante, debido a que es un factor principal en el que un consumidor basa su criterio para la posterior compra del producto (Hui et al., 2012). Por lo cual al realizar esta determinación se observaron modificaciones en el color en los jamones A y B con respecto al control (Tabla10).

La adición de RS provocó un incremento en el valor de luminosidad (L, que va de 0 a 100, donde 0 es opaco y 100 es luminoso) en el jamón B el valor significativamente (P<0.05) más alto (67.27 ± 01.26) mientras que el jamón control y A presentaron valores más bajos (62.87± 0.34 y 64.88 ± 2.41 respectivamente), que no presentaron diferencia significativa (P>0.05) entre ambos. El aumento de la luminosidad se debe al color blanco característico de este tipo de almidón RS adicionado (Raigond et al., 2015).

Otro factor es que el almidón resistente no es soluble en agua (salmuera), causando una distribución menos homogénea al momento de la inyección, lo cual produce un color rosa más claro en la rebanada de jamón (Figura 8) correspondiente al jamón B con la mayor cantidad de RS añadido. Fizman et al. (2009), reportó que en el caso de los muffins con RS mostraron una diferencia significativa en el valor de L\* con respecto al control, ya que se incrementaba este valor con la adición de RS, por lo cual era más luminoso.

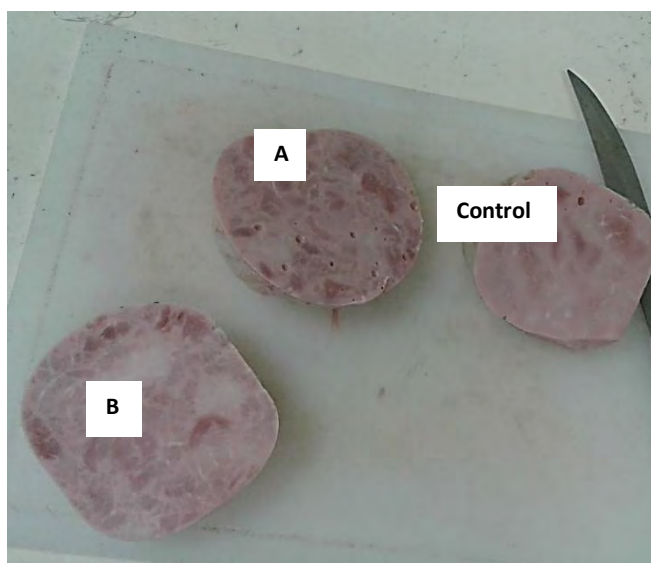
Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  (donde tiende a rojo si  $a^* > 0$ , o verde si  $a^* < 0$ ; donde tiende a amarillo si  $b^* > 0$ , o azul si  $b^* < 0$ ) indicaron que la adición del almidón resistente, reduce significativamente ( $P < 0.05$ ) el enrojecimiento conforme aumenta la cantidad de RS ( $13.18 \pm 0.23$  en el jamón control,  $11.91 \pm 0.29$  en el jamón B). Respecto al color amarillo se observó un aumento significativo ( $P < 0.05$ ) del parámetro de  $9.25 \pm 0.15$  en control a  $10.46 \pm 0.33$  y  $10.38 \pm 0.13$  en 4.5 y 7.0% de RS respectivamente, pero no hay diferencia entre las muestras con RS.

**Tabla 10. Parámetros de color CIELab\* de las muestras de jamón.**

	Control	Jamón A 4.5%	Jamón B 7.0%
.L	$62.87 \pm 0.34^a$	$64.88 \pm 2.41^a$	$67.27 \pm 1.26^b$
$a^*$	$13.18 \pm 0.23^b$	$12.05 \pm 0.71^{ab}$	$11.91 \pm 0.29^a$
$b^*$	$9.25 \pm 0.15^a$	$10.46 \pm 0.33^b$	$10.38 \pm 0.13^b$

<sup>a, b</sup>: Los valores en la misma fila con diferente letra presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )  
 $\pm$  Representa la desviación estándar.

Estas diferencias de color también se apreciaron visualmente tal y como se muestra en la Figura 8, donde resulta más evidente las uniones de la carne en el jamón B comparado con los otros dos jamones (A y control), por lo cual podemos concluir que al afectarse el valor  $a^*$  que es el encargado del enrojecimiento se hacen evidentes dichas uniones.



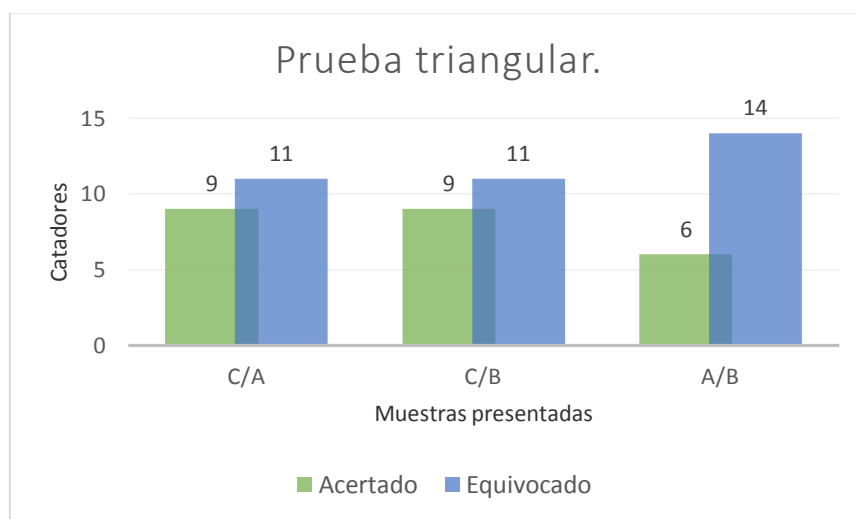
**Figura 8** Apariencia de los jamones luego de la cocción y el reposo de 72 h.



## 6.4 Análisis sensorial

Debido a que se observó en la determinación de color que hubo variaciones en la luminosidad y en intensidad del color rosado del jamón por la cantidad de RS agregado, para el análisis sensorial, se colocó una luz verde en cada cabina donde se llevó a cabo el análisis para evitar que la diferencia de color influyera en su juicio durante la prueba triangular, la cual es recomendada cuando se realizan cambios en la formulación o en el proceso de un producto (Espinosa, 2007).

En la Figura 9 se muestran los aciertos y errores de los panelistas. A continuación, se evaluó su significancia utilizando la tabla de Roessler et al. (1978), la cual determinan el número de panelistas que deben acertar para que la prueba sea significativa ( $p < 0.05$ ). Varios artículos hacen uso de estas tablas, además el INTA (Catania, et al., 2007), en Argentina, se basa en estas tablas para las catas de vino (Apéndice 1).



**Figura 9** Gráfica de resultados de la prueba triangular realizada a 20 catadores. Donde C= jamón control, A= jamón A, B= jamón B.

Para el primer caso donde se evaluaron control vs jamón A se obtuvo un valor de 9 respuestas acertadas por el catador, para jamón control vs jamón B se obtuvo el mismo valor (9) y en el caso de jamón A vs jamón B se obtuvo un valor de 6 respuestas correctas. Por lo tanto, según la Tabla de Roessler et al. (1978), no existe una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los jamones A y B con respecto al

---

control y entre ellas, pues para 20 catadores se necesitan 11 pruebas correctas para ser significativas. Esto quiere decir que el cambio en la formulación no fue detectado por los panelistas. Como parte de la ficha de cata se les pidió a los panelistas que escribieran comentarios acerca de la prueba. Muchos de los comentarios que coincidieron en que al probar las muestras con almidón notaba un ligero aumento en el sabor salado, aquellos que acertaron en la prueba comentaron que no sabían con exactitud cuál era lo que las hacía diferentes.

Por otra parte, todos los demás comentarios fueron positivos y nadie mostró disgusto hacia los jamones. En otra investigación Resconi et al. (2016), encontraron que el uso de RS en jamón cocido afectaba la jugosidad, adhesividad y el sabor salado. Este último pudo ser un factor, y que ciertamente el almidón resistente modificó ligeramente el sabor salado de las muestras de jamón cocido, siendo detectado por los panelistas que acertaron la prueba. Como resultado de esto podría sugerirse que el uso de RS ayuda a mejorar el sabor salado de los jamones y que por consecuencia se puede reducir la cantidad de sal en la formulación. Cabe mencionar que la cantidad de sal en los jamones A y B eran menores al control (Tabla 4.), y aun así algunos catadores percibieron más salado los jamones.

Así pues, se puede decir que el almidón resistente no modifica las características sensoriales del producto, al igual que lo descrito por Raignod et al (2015), donde menciona que los RS no afectan la textura de los alimentos. Por otro lado el uso de este almidón resistente también se utilizó en muffins por Fiszman et al. (2009), donde reportaron que el uso de RS (en un 11% en la mezcla) tenía efectos sensoriales muy neutrales y eran similares al control, debido a esto, su aceptabilidad era positiva ante los consumidores.

#### **6.4.1 Análisis de textura**

En los productos cárnicos, se considera la dureza el factor más importante que determina la calidad de la carne (Torres et al., 2015). En esta investigación se puede señalar, con respecto a los resultados (Tabla 11), que no hubo diferencias significativas entre el control y el jamón B el cual contenía la mayor cantidad de

---

almidón, en todos los parámetros a excepción de la adhesividad, donde hubo una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el jamón control y el jamón B ( $-0.451 \pm 1.47$  y  $0.196 \pm 0.12$  respectivamente). Anteriormente se mencionó que el uso de RS puede afectar la adhesividad y por lo tanto una cantidad mayor de RS en la formulación del jamón aumenta el valor de la adhesividad.

Esto según Hleap et al. (2010), quiere decir que el alimento es menos pegajoso con la adición de RS, pues los valores positivos significan que el alimento necesita menos trabajo para ser despegado del paladar. Aunque en realidad estos valores podrían ser subjetivos ya que la adhesividad puede confundirse en este tipo de análisis. Debido a que la secuencia de TPA implica poner en contacto un producto, comprimirlo, retirarlo al punto de contacto original y luego repetir todo el ciclo por segunda vez. La adherencia se mide como el trabajo negativo entre los dos ciclos, sin embargo, en muchos casos el producto se ha adherido a la sonda y no se separa cuando el punto más alto entre los dos ciclos vuelve a la altura original del producto. La métrica tampoco funciona para muchos productos (por ejemplo, algunos quesos) que son sensibles a la presión (Texture Technologies, 2018).

En esos casos, un producto más duro también crea más presión entre el producto y la base y, por lo tanto, también puede crear una unión mejorada (adhesión aparente). No es sorprendente que el método TPA sugiera que esos productos son más adhesivos. Por lo tanto, se deben mirar con escepticismo los datos en los cuales los productos más duros también parecen tener una mayor adhesividad (Texture Technologies, 2018).

Los datos de elasticidad mostraron que su valor aumenta significativamente ( $p < 0.05$ ) conforme se aumenta la cantidad de RS en la formulación, los valores van de  $89.69 \pm 1.51$  en el jamón control a  $90.59 \pm 0.08$  y  $91.93 \pm 0.54$ , jamones A y B respectivamente.

Por otro lado, la textura del jamón A presenta diferencia significativa en los parámetros ( $P < 0.05$ ) de dureza, resistencia, cohesividad, gomosidad y masticabilidad, por el contrario, los datos adhesividad y elasticidad no mostraron

diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con respecto al control. Debido a la adición del RS en la formulación, los porcentajes de carne, agua y otros aditivos disminuyeron sus valores, afectando así la composición de los jamones. En el caso del jamón A, la disminución de la carne fue de 2.86% al adicionar 4.5% de almidón RS, dejando un margen de 1.64% de almidón que sustituiría a la carne. Por otro lado, la disminución de la carne en el jamón B fue de 4.34% al adicionar 7.0% de almidón resistente, dejando un margen de 2.66% de RS que sustituiría a la carne, casi el doble que en el jamón A, lo que hace pensar que la reducción de carne en la formulación A (Tabla 4), no fue completamente sustituida por la adición de RS afectando a la textura, dando un jamón más blando, menos resistente menos cohesivo y con menor masticabilidad.

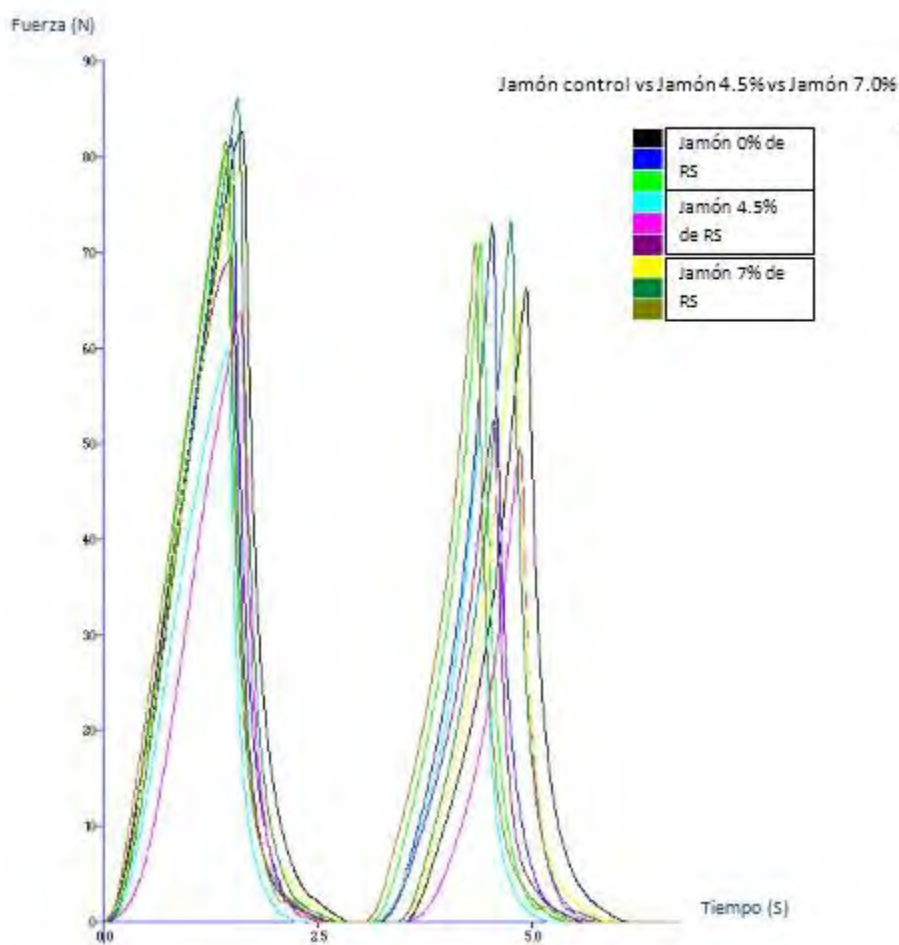
Otro factor que es importante mencionar son los parámetros con los cuales se realizó el TPA, el porcentaje de compresión puede afectar directamente a la interpretación de los valores como dureza, una compresión mayor o igual a 50% genera picos más altos los que puede tomarse como mayor dureza, pero al momento de realizar una prueba sensorial no habría una correlación con los resultados, esto quiere decir que los resultados de dureza en el TPA, podría no ser detectado por catadores al momento de la evaluación sensorial. (Texture Technologies, 2018).

**Tabla 11. Análisis del perfil de textura de las muestras de jamón cocido.**

Muestra Parámetro	Control	Jamón A (4.5%)	Jamón B (7.0%)
<b>Dureza (N)</b>	82.060 ± 0.07 <sup>a</sup>	<b>64.422 ± 0.49<sup>b</sup></b>	82.423 ± 0.36 <sup>a</sup>
<b>Adhesividad (g.sec)</b>	-0.451 ± 1.47 <sup>a</sup>	-0.494 ± 0.14 <sup>a</sup>	<b>0.196 ± 0.12<sup>b</sup></b>
<b>Resistencia (%)</b>	25.81 ± 0.70 <sup>a</sup>	<b>21.55 ± 0.86<sup>b</sup></b>	25.15 ± 1.22 <sup>a</sup>
<b>Cohesividad</b>	0.622 ± 0.04 <sup>a</sup>	<b>0.552 ± 0.02<sup>b</sup></b>	0.613 ± 0.03 <sup>a</sup>
<b>Elasticidad (%)</b>	89.69 ± 1.51 <sup>b</sup>	90.59 ± 0.08 <sup>ab</sup>	<b>91.93 ± 0.54<sup>a</sup></b>
<b>Gomosidad</b>	5.200 ± 0.26 <sup>a</sup>	<b>4.213 ± 0.84<sup>b</sup></b>	5.159 ± 0.40 <sup>a</sup>
<b>Masticabilidad</b>	4.66 ± 0.29 <sup>a</sup>	<b>2.27 ± 0.14<sup>b</sup></b>	4.74 ± 0.34 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup>: Los valores en la misma fila con diferente letra presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )  
± Representa la desviación estándar.

Debido a los dos ciclos de compresión que se realizaron se pueden observar dos zonas de picos, donde el primer pico representa la dureza y el segundo nos ayuda a determinar los otros parámetros relacionados con las áreas bajo la curva y sus distancias entre ellas, como la cohesividad, elasticidad y masticabilidad. En las gráficas de jamón B (4.5% de RS) se observan alturas de ambos picos diferentes a las del jamón control y el jamón B. Estas diferencias quedan reflejadas en el cálculo de los parámetros de textura (Tabla 11).



**Figura 10** Gráfica del análisis de perfil de textura de las muestras de jamón cocido.

Así pues estos resultados se suman a otras investigaciones donde se declara que el añadir almidón resistente no altera en gran medida las propiedades de textura de los alimentos, sino que al contrario los mejora (Raigond et al., 2015). Tal es el caso de Fiszman (2009), donde la implementación de RS en muffins no afectó

---

significativamente los parámetros de textura, en especial dureza, gomosidad y cohesividad.

En la investigación de Alves et al. (2016), se elaboraron salchichas con almidón resistente proveniente de bananas verdes, en ellas encontraron que al aumentar la cantidad de almidón resistente la dureza de las salchichas disminuía significativamente ( $p < 0.05$ ) donde su control presenta una dureza de 84.90 N cuando se agregaba un 4.72% de almidón resistente, la dureza disminuía a 61.18 N, estos valores son muy similares a los que se obtuvieron cuando se agregaba 4.5% de almidón resistente, la dureza disminuyó a 64.42 N.

Es por eso que el efecto del almidón resistente en la textura del jamón, depende de la cantidad que se agregue a la formulación y la cantidad de carne que haya en formulación, es necesario procurar no sustituir la carne por el almidón pues afectaría directamente en varios parámetros como dureza, resistencia, cohesividad, gomosidad y masticabilidad; como se observó en el caso del jamón A. Debe procurarse el equilibrio entre la carne y el RS para que se logre la textura óptima del producto.

Para finalizar la inclusión de un nuevo elemento a una formulación, debe ser cuidadosa y estudiada previamente, pues en el caso de esta investigación fue necesario determinar y caracterizar el almidón resistente que se añadió a la formulación para hacer las modificaciones necesarias en el proceso de elaboración a fin de evitar defectos en el producto y lograr que todos los elementos se homogenizaran correctamente.

Los resultados de las evaluaciones fisicoquímicas indicaron que el uso de almidón resistente en jamón puede ser una gran estrategia para añadir fibra dietética en un alimento que no lo contiene. Sin embargo, la cantidad usada debe ser evaluada, ya que su uso puede modificar algunas características fisicoquímicas como la humedad, la capacidad de retención de agua, el color y algunas características de textura.

---

## 7. CONCLUSIONES.

1. La adición de almidón resistente obligó a modificar los parámetros del proceso térmico del producto a desarrollar, debido a la temperatura de gelatinización.
2. La adición de almidón resistente modificó significativamente el color del jamón, haciéndolo un poco más claro, al igual que influyó en algunos parámetros fisicoquímicos como la humedad y la CRA que disminuyeron.
3. En el resto de parámetros las modificaciones fueron mínimas. Sin embargo, hubo un aumento significativo del contenido de fibra dietética que permitiría la comercialización de este producto como 'Enriquecido con fibra mejorando el valor nutricional del mismo.
4. Aunque se observaron diferencias significativas en cuanto a los parámetros de textura, en especial la muestra con 4% de RS, sensorialmente además de la modificación del color, las diferencias entre los productos no fueron apreciadas por los catadores.
5. Se desarrolló un producto con mejor perfil nutricional mediante la incorporación de RS sin modificar en gran medida las propiedades sensoriales, lo que permite poner a disposición del consumidor un producto más saludable.

---

## 8. REFERENCIAS.

- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. y Griffin, E. L. (1969). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today* 14, 4-12-
- Alvarado, J. d., & Aguilera, J. M. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en la industria*. Zaragoza: ACRIBIA.
- Alves, L. A. A. dos S., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., Santos, B. A. dos, Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*, 121, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
- ANETIF. (2017). *Volumen de la producción de carne*. Recuperado el 22 de Enero de 2018, de Asociación Nacional de Establecimientos TIF: [http://www.anetif.org/pages/view/volumen\\_de\\_la\\_produccion\\_de\\_carne](http://www.anetif.org/pages/view/volumen_de_la_produccion_de_carne)
- AOAC Authors. Official methods of analysis Proximate Analysis and Calculations Total Fat Meat - item 25. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, 17th edition, 2006.
- AOAC Authors. Official methods of analysis Proximate Analysis and Calculations Ash Determination (Ash) - item 51. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, 17th edition, 2006.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (Cuarta ed.). México: Pearson.
- Barbieri, S., Soglia, F., Palagano, R., Tesini, F., Bendini, A., Petracci, M., ... Gallina Toschi, T. (2016). Sensory and rapid instrumental methods as a combined tool for quality control of cooked ham. *Heliyon*, 2(11), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00202>
- Barbut, S. (2015). *Science Poultry and Meat Processing*. Ontario: University of Guelph.
- Biesalski, H. K. (2004). Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science* , 509-524.
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 241–248. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X)
- Bohrer, B. M. (2017). Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science and Technology*, 65, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.016>
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K.Z., Grosse, Y., Ghissassi, F.E., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Mattock, H., Straif, K., International Agency For Research on Cancer Monograph Working Group, 2015. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *Lancet Oncol.* 16, 1599e1600
- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). El análisis sensorial. *Curso Superior de Degustación de Vinos*, 21



- 
- COMECARNE. (2016). *Historia de la Carne* . Obtenido de Consejo Mexicano de la Carne : <http://www.comecarne.org/historia-de-la-carne/>
- Consejo Mexicano de la carne . (2016). *Participación del gasto en carne procesada por tipo de producto y preferencia del lugar de compra*. Recuperado el 22 de Enero de 2018, de Compendio estadístico 2016 de la industria cárnica mexicana: <http://infocarne.comecarne.org/compendio/visualizar?comp=9&componente=502>
- Djinovic-Stojanovic, J. M., Nikolic, D. M., Vranic, D. V., Babic, J. A., Milijasevic, M. P., Pezo, L. L., & Jankovic, S. D. (2017). Zinc and magnesium in different types of meat and meat products from the Serbian market. *Journal of Food Composition and Analysis*, 59, 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.02.009>
- Domingo, J. L. (2017). Concentrations of environmental organic contaminants in meat and meat products and human dietary exposure: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.032>
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación sensorial de los Alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.
- FAO. (2016). *Producción y Sanidad Animal. Carne y Productos cárnicos*. . Obtenido de Departamento de Agricultura y Protección al Consumidos : <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook. Practical science and tecnology*. Cambrige: Woodhead Publishing Limited.
- FIRA . (Marzo de 2017). *Panorama Agroalimentario Carne de Bovino 2017* . Recuperado el 8 de Enero de 2018, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200639/Panorama\\_Agroalimentario\\_Carne\\_de\\_bovino\\_2017\\_\\_1\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200639/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_bovino_2017__1_.pdf)
- FIRA. (2017). *Panorama Agroalimentario Carne de Porcino2017*. Estadístico , Mexico.
- Freixanet, L. (2006). Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero. *Metalquimia*, 27-41.
- Fuentes, E., Sánchez, E., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Fernández-López, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2011). Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch/Staerke*, 63(7), 406–415. <https://doi.org/10.1002/star.201000099>
- González, S. (1 de Septiembre de 2016). *México es importador de carne y embutidos de cerdo, afirma Cepal*. Obtenido de La Jornada en línea : <http://www.jornada.unam.mx/2016/09/01/economia/029n2eco>
- Grace M. (1977). Elaboración de la yuca. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. p 116.
- Greaser, M. L., & Pearson, A. M. (2001). Alimentos de carne y sus análogos. En A. J. Rosenthal, *Textura de los alimentos. Medida y percepción*. (págs. 223, 242-245). Zaragoza: ACRIBIA.

- 
- Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE TEXTURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE SALCHICHAS ELABORADAS A PARTIR DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) / ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF TEXTURE DURING THE STORAGE OF SAUSAGE MADE FROM RED TILAPIA (*Oreochromis sp.*) / ANALISE DA. *Rev.Bio.Agro*, 8(2), 46–56. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00296-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00296-5)
- Hui, Y., Guerrero, I., & Rosmini, M. (2012). *Ciencia y Tecnología de Carnes*. Ciuda de México: LIMUSA.
- ICEX. (2013). *El mercado del jamón y el embutido curado en México*. España: Oficina Económica y Comercial del a Embajada de España en México.
- Ingredion. (2017). Proven health benefits in one easy-to-use ingredient
- Kim, M., 2012. Chemical contamination of red meat. In: Schrenk, D. (Ed.), *Chemical Contaminants in Residues and Food*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, No.235 Woodhead Publishing Limited, Philadelphia, USA, pp. 447-468
- Landares, J. (2015). Proceso de fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero V: Cocción. *Metalquimia Tecnología de Procesamiento*, 161–169. Retrieved from <https://www.google.com.co/#q=cocción+metalquimia>
- Leszczynski, W. (Wroclaw A. U. (Poland) D. of F. S., & Technology). (2004). Resistant starch – classification, structure, production. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences (Poland)*, 13, 37–50. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PL2005000378>
- Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B., ... Franco, D. (2017). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, (December 2017). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.005>
- Los, F. G. B., Granato, D., Prestes, R. C., & Demiate, I. M. (2014). Characterization of commercial cooked hams according to physicochemical, sensory, and textural parameters using chemometrics. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(3), 577–584. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6423>
- MANUFACTURA. (13 de Julio de 2015). *Crece la producción de embutidos en 7 años*. Recuperado el Enero de 22 de 2018, de MANUFACTURA: <http://www.manufactura.mx/industria/2015/07/10/crece-la-produccion-de-embutidos-en-7-anos>
- Martínez, N., & López, J. (2004). *Evaluación de cuatro niveles (1.25, 2.5, 3.75 y 5.0 %) de fécula de maíz en la elaboración de salchicha vienesa*. Riobamba: ESPOCH-FAC. CC. PECUARIAS .
- McAfee, A. J., Mc Sorley, E. M., Cuskelle, G. J., Moss, B., & Wallace, J. (2010). Red Meat consumption: An overview of the risk and benefits. *Meat Science*, 1-13.
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L. A., Silva-Vázquez, R., ... Quintero-Ramos, A. (2015). Fat

---

reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1), 25–31. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6417>

Murphy, M. M., Douglass, J. S., & Birkett, A. (2008). Resistant Starch Intakes in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(1), 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.10.012>

Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-información comercial y sanitaria. Publicado en el Diario Oficial de la Nación el día 5 de abril del 2010. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. Publicada en el Diario Oficial de la Nación el día 26 de junio de 1996. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-158-SCFI-2003. Jamón-Denominación y clasificación comercial especificaciones fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas, información comercial y métodos de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Nación el 14 de agosto del 2003. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios. Producto cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de pruebas. Publicada en el Diario Oficial de la Nación el día 11 de julio del 2005. México.

Ortega, S., Entalpías, C. D. E., Con, D. E. G., Indices, C. O. N. L. O. S., En, S., Emolas, A. D. E. S., & Iz, Y. H. D. E. M. A. (2015). Whitaker WATER SOLUBLE INDEX IN GRITS , CORN MEALS, 303–310.

Paltrinieri, G. (2007). *Elaboración de productos cárnicos*. México: TRILLAS.

Pérez, D., & Andújar, G. (2000). Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Rev Cubana Aliment Nutr*, 114-123.

Potter, N. (1983). *La Ciencia de los Alimentos*. México: Edición México.

Pietrasik, Z., & Gaudette, N. J. (2015). The effect of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of turkey sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1845–1851. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6885>

Pretorius, B., & Schönfeldt, H. C. (2018). The contribution of processed pork meat products to total salt intake in the diet. *Food Chemistry*, 238, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.078>

Raigond, P., Ezekiel, R., & Raigond, B. (2015). Resistant starch in food: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(10), 1968–1978. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6966>

Resconi, V. C., Keenan, D. F., Barahona, M., Guerrero, L., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. (2016). Rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams: Sensory analysis and consumer preferences.

---

*LWT - Food Science and Technology*, 66, 284–292.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.048>

Roessler, E. B., Pangborn, R. M., Sidel, J. L., & Stone, H. (1978). Expanded Statistical Tables For Estimating Significance In Paired-Preference, Paired-Difference, Duo-Trio And Triangle Tests. *Journal Of Food Science*, 43(3), 940–943.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb02458.x>

Rosenthal, A. J. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. En A. J. Rosenthal, *Textura de los alimentos. Medida y Percepción*. (págs. 1-16). España: ACRIBIA.

Ruusunen, M., & Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70(3), 531- 541. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2004.07.016>

Sanz, T., Salvador, A., Baixauli, R., & Fiszman, S. . (2009). Evaluation of four types of resistant starch in muffins . II . Effects in texture , colour and consumer response, 197–204. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1040-1>

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>

Slavin, J. L. (2013). Carbohydrates, Dietary Fiber, and Resistant Starch in White Vegetables: Links to Health Outcomes. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4(3), 351S–355S. <https://doi.org/10.3945/an.112.003491>

Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., & Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 294–302.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.010>

Tarté, R. (2009). *Ingredients in Meat Products. Properties, Functionality and Applications*. Wisconsin: Springer.

Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). *Ciencias E Ingeniería Al Día*, 8(2), 29–38.

Texture Technologies. (2018, 04 30). Overview of Texture Profile Analysis. Récupéré sur Texture Technologies: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#select-characteristics>

Toldrá, F. (2010). *Handbook of Meat Processing*. Iowa: Blackwell Publishing

Torres, J., González-Morelo, K., & Acevedo, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas , Productos Cárnicos y Quesos. *ReCiTeIA*, 14(2), 63–75.

United States Food and Drug Adminitstration. (2013). *Food Labeling Guide: Guidance for Industry. Office of Nutrition, Labeling, and Dietary Supplements*.

Universidad Nacional de Colombia. Facultad Nacional de Agronomía, C. A., Restrepo

- 
- Molina, D. A., & Ciro Velásquez, H. J. (2013). *Effect of Addition of Hydrocolloids on Rheological Properties of the Brines Used to Prepare Cooked Ham*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* (Vol. 66). Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472013000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472013000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Ursu, A. V., Marcati, A., Michaud, P., & Djelveh, G. (2016). Valorisation of industrial cooked ham by-products as functional ingredients. *Journal of Food Engineering*, 190, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.06.013>
- WILLIAMS, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64(s4), S113–S119. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>
- Zhang, H., Sun, C., Han, W., Zhang, J., & Hou, J. (2018). Analysis of the monitoring status of residual nitrite in meat products in China from 2000 to 2011. *Meat Science*, 136(April 2017), 30–34. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.10.009>

---

## APENDICE 1

### TABLA 1

Tabla de interpretación estadística de las pruebas dúo- trío y triangular para niveles de significancia del 5%, 1% y 0,1% (según Roessler y otros 1948).

Cantidad de jueces	Cantidad de respuestas correctas para que la prueba sea significativa					
	DÚO -TRÍO			TRIANGULAR		
	5%	1%	0,10%	5%	1%	0,10%
5	-	-	-	4	5	-
6	-	-	-	5	6	-
7	7	7	-	5	6	7
8	7	8	-	6	7	8
9	8	9	-	6	7	8
10	9	10	10	7	8	9
11	9	10	11	7	8	10
12	10	11	12	8	9	10
13	10	12	13	8	9	11
14	11	12	13	9	10	11
15	12	13	14	9	10	12
16	12	13	14	9	11	12
17	13	14	16	10	11	13
18	13	15	16	10	12	13
19	14	15	17	11	12	14
20	15	17	18	11	13	14
21	15	17	18	12	13	15
22	16	17	19	12	14	15
23	16	18	20	12	14	16
24	17	19	20	13	15	16
25	18	19	21	13	15	17
26	18	20	22	14	15	17
27	19	20	22	14	16	18
28	19	21	23	15	16	18
29	20	22	24	15	17	19
30	20	22	24	15	17	19
40	26	29	30	19	21	24
50	32	34	37	23	26	28

Fuente: (Catania et al., 2007)