



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Efecto de la adición de ingredientes funcionales en el desarrollo y  
estabilidad de hamburguesa de carne de pollo**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A**

**JESSICA ALEJANDRA MORALES OSORIO**

**ASESORAS:**

**DRA. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS  
I.A. MARÍA GUADALUPE LÓPEZ FRANCO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

**Efecto de la adición de ingredientes funcionales en el desarrollo y estabilidad de hamburguesa de carne de pollo.**

Que presenta la pasante: Jessica Alejandra Morales Osorio  
Con número de cuenta: 410082588 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de Noviembre de 2017.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dra. Adriana Llorente Bousquets</u>	
<b>VOCAL</b>	<u>I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	
<b>SECRETARIO</b>	<u>Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz</u>	
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>Dr. Enrique Fuentes Prado</u>	
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>M. en C. Jonathan Coria Hernández</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## **Agradecimientos.**

A la máxima casa de estudios, la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán** que me dieron las herramientas necesarias para mi formación académica.

A la **Doctora Adriana Llorente** por brindarme su apoyo, consejo y comprensión; por compartir sus experiencias, gracias por su paciencia, por el tiempo y dedicación durante el desarrollo de este proyecto, sin usted no hubiera sido posible. Es unas de las personas que más admiro.

A los integrantes del H. Jurado, por el tiempo que invirtieron en la revisión de este proyecto.

*“Happiness can be found, even in the darkest of times, if one only remembers to turn on the light.” — de J. K. Rowling; Harry Potter and the Prisoner of Azkaban*

## Dedicatorias

A mis papás, **Enrique** y **Roció**.

Gracias por confiar en mí, por enseñarme que en esta vida hay que trabajar por lo que quieres y a no darme por vencida, por creer que si podía. **Papá**, gracias por tus consejos; por tu apoyo incondicional; por enseñarme que decir lo que pienso y siento es importante y que a pesar de todo tu siempre estarás ahí. **Mamá**, gracias por ser un ejemplo de esfuerzo diario; por enseñarme que yo sola puedo hacer las cosas, por motivarme siempre, por las risas y regaños, por darme la vida, gracias por ser la peor mamá del mundo. Los quiero mucho.

A mis hermanos **Luis** y **César**, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por ayudarme cuando más lo necesite, por las risas y todos los momentos que he vivido a su lado. Y no olviden que si yo pude ustedes también.

A mis tías **Susi** y **Anita**, gracias por siempre estar ahí conmigo, por su apoyo incondicional, por abrirme las puertas de su casa siempre que lo necesite. Gracias por tanto cariño y por todo lo que me dieron sin esperar nada a cambio, por todo lo que han hecho por mí. Espero algún día poder devolverles tanto amor y cariño.

*“Working hard is important. But there is something than matters even more: Believing in yourself” - J. K. Rowling*

## Índice General

Resumen.....	1
Introducción .....	2
Capítulo I. Marco Teórico.....	4
1. Situación de la avicultura en México .....	5
1.1. Producción.....	5
1.2. Consumo.....	6
1.3. Carne .....	7
1.3.1. Estructura .....	7
1.3.2. Composición química.....	9
1.3.2.2. Proteínas.....	10
1.3.2.2.1. Proteínas miofibrilares .....	11
1.4. Parámetros de la calidad de la carne .....	12
1.4.1. Capacidad de retención de agua (CRA) .....	12
1.4.2. pH.....	13
1.4.3. Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	13
1.5. Clasificación de los cortes de pollo.....	14
1.6. Clasificación productos cárnicos.....	16
1.7. Ingredientes funcionales.....	16
1.7.1. Almidón.....	17
1.7.1.1. Almidón modificado .....	18
1.7.1.2. Gelatinización del almidón.....	19
1.7.1.3. Interacción del almidón con otros constituyentes .....	20
1.7.2. $\kappa$ -carragenina.....	21
1.7.2.1. Gelificación .....	23
1.7.2.2. Interacción con proteínas.....	24
1.7.3. Huevo .....	25
1.7.4. Pan molido.....	25
1.8. Otros ingredientes .....	25
1.8.1. Sal.....	25
1.8.2. Especies y condimentos .....	26
Justificación.....	27

Capítulo II. Desarrollo Experimental .....	28
2.1. Diagrama experimental .....	29
Objetivo general .....	30
Objetivos particulares.....	30
Hipótesis.....	30
2.2. Actividades preliminares.....	30
2.2.1. Acondicionamiento de materia prima .....	30
2.2.2. Rendimiento de la canal de pollo .....	31
2.2.3. Selección tipo de molienda .....	31
2.2.4. Uso y selección de equipos y análisis .....	32
2.2.5. Desarrollo de las formulaciones para la elaboración de hamburguesa control .....	33
2.2.6. Elaboración de lotes de hamburguesa control y adicionadas con AMM y $\kappa$ -carragenina ...	34
2.2.6.1. Descripción del proceso .....	34
2.3. Rendimiento por pérdida en cocción.....	38
2.4. Rendimiento en diámetro(dimensiones físicas) .....	39
2.5. pH.....	39
2.6. Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	40
2.7. Capacidad de retencion de agua (CRA) .....	41
Capítulo III. Análisis y Discusión de Resultados.....	43
3.1. Rendimiento de la canal de pollo .....	44
3.2. Tamaño de partícula en la molienda.....	44
3.3. Concentraciones de AMM y $\kappa$ -carragenina .....	44
3.4. Orden de adición de los ingredientes .....	45
3.5. Rendimientos en cocción y diámetro de los lotes .....	46
3.6. Capacidad de retención de agua (CRA) .....	49
3.7. Determinación de pH .....	51
3.8. Actividad de agua ( $a_w$ ).....	52
Conclusiones .....	55
Bibliografía .....	56
ANEXOS.....	60

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Composición de diferentes carnes .....	10
Cuadro 2. Propiedades de los tipos de carragenina .....	23
Cuadro 3. Formulación de hamburguesa control (sin almidón) .....	33
Cuadro 4. Formulación para los lotes (1, 2 y 4%) .....	33
Cuadro 5. Rendimiento de la canal despiezada .....	44
Cuadro 6 ANOVA de una vía para porcentaje de pérdida durante cocción.....	46
Cuadro 7. ANOVA para rendimiento en dimensiones de hamburguesas de pollo .....	48
Cuadro 8. ANOVA de una vía para CRA de hamburguesas de carne de pollo .....	49
Cuadro 9. ANOVA de una vía para pH.....	51
Cuadro 10. ANOVA de una sola vía para actividad de agua .....	53

## Índice de figuras

Figura 1. Producción de carne de pollo en México, 2005-2016 (Millones de toneladas) .....	5
Figura 2. Consumo per cápita de carne en México .....	6
Figura 3. Aspecto al microscopio de un corte longitudinal del músculo estriado.....	7
Figura 4. Representación de un músculo esquelético y sus componentes: fibras (células) y envolturas de tejido conjuntivo .....	9
Figura 5. Canal de pollo diseccionada en sus piezas de mayor valor comercial.....	15
Figura 6. a) Enrollamiento helicoidal de la amilosa; b) Estructura de amilopectina.....	17
Figura 7. Gelatinización del almidón .....	20
Figura 8. Estructura de la carragenina .....	22
Figura 9. Estructuras idealizadas de las unidades de carragenano de tipo kappa, iota y lambda .....	22
Figura 10. Mecanismo de Gelificación de la carragenina .....	24
Figura 11. Secuencia Experimental .....	29
Figura 12. Despiece de la canal de pollo .....	31
Figura 13 Molino eléctrico Marca Torrey modelo MF-12SF.....	32
Figura 14. a) Vista frontal cedazo ACTOOL 10 b) vista frontal cedazo ACTOOL 10/6 a1) vista superior ACTOOL 10 b1) Vista superior ACTOOL 10/6 .....	32



Figura 15. Diagrama de proceso para hamburguesas de carne de pollo.....	34
Figura 16. Deshuese de la canal .....	35
Figura 17. Molienda de la carne de pollo .....	35
Figura 18. Cedazo ACTOOL 10/16 vista lateral.....	35
Figura 19. Cedazo ACTOOL 10/16 vista superior.....	36
Figura 20. Almidon modificado de maíz dispersado en agua .....	36
Figura 21. Pasta cárnica.....	37
Figura 22. Moldeado de las hamburguesas de pollo .....	37
Figura 23. Termómetro digital .....	38
Figura 24. Hamburguesa cocida .....	38
Figura 25. Potenciómetro Orión Modelo 5-Star.....	39
Figura 26. Higrómetro de punto de rocío .....	40
Figura 27. Centrífuga Scientific modelo K215R.....	41
Figura 28. Tubos de centrífuga con muestra cárnica.....	42
Figura 29. Carrageninas Aubigel y Satiagel.....	45
Figura 30. ANOVA de una vía para Rendimiento perdidas en cocción.....	47
Figura 31. ANOVA de 1 vía para Reducción en tamaño .....	48
Figura 32. ANOVA de una vía para CRA.....	50
Figura 33. ANOVA de una vía para pH .....	52
Figura 34. ANOVA de una vía para $a_w$ .....	53

## Abreviaturas

<b>%</b>	Porcentual		Pesca y Alimentación
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Calcio	<b>T</b>	Temperatura
<b>a<sub>w</sub></b>	Actividad de Agua	<b>t</b>	Tiempo
<b>°C</b>	Grados Celsius	<b>TIF</b>	Tipo Inspección Federal
<b>AMM</b>	Almidón Modificado de Maíz	<b>UNA</b>	Unión Nacional de Avicultores
<b>AMSA</b>	American Meat Science Association	<b>α</b>	Alfa
<b>ANOVA</b>	Análisis de Varianza	<b>κ</b>	Kappa
<b>AOAC</b>	Association of Official Agricultural Chemists	<b>λ</b>	Lambda
<b>cm</b>	Centímetros		
<b>CRA</b>	Capacidad de Retención de Agua		
<b>CV</b>	Coeficiente de Variación		
<b>g</b>	Gramos		
<b>H</b>	Entalpía		
<b>i</b>	Iota		
<b>kcal</b>	Kilocalorías		
<b>kg</b>	Kilogramos		
<b>kJ</b>	Kilo Joules		
<b>ln</b>	Logaritmo natural		
<b>M</b>	Molaridad		
<b>mg</b>	Miligramo		
<b>mL</b>	Mililitro		
<b>MTM</b>	Millones de Toneladas Métricas		
<b>NaCl</b>	Cloruro de Sodio		
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana		
<b>PC</b>	Porción comestible		
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto		
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno		
<b>R</b>	Constante de Gases Ideales		
<b>R%</b>	Rendimiento		
<b>RC</b>	Rendimiento en cocción		
<b>RD</b>	Rendimiento en diámetro		
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto		
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,		

## Resumen

El sector avícola tiene un papel muy importante en la alimentación del mexicano ya que la carne de pollo es la de mayor consumo en México, con el 60% en el consumo de carne. La carne de ave es versátil, ya que se encuentra disponible en el mercado durante todo el año con precios competitivos frente a otras carnes, como la de res y el cerdo. Los niveles de consumo de productos cárnicos son diversos debido a los hábitos y tradiciones alimentarias, factores como la disponibilidad, los precios, los niveles socioeconómicos y las estaciones, son determinantes en la configuración de las respectivas dietas. La demanda masiva de estos productos industrializados, lleva a exigir a los mercados requerimientos específicos, tales como, textura, color, jugosidad, en donde se ven involucrados parámetros de calidad que favorecen su preferencia por el consumidor. Para lograr esto, la industria cárnica utiliza aditivos alimentarios, que son sustancias o mezclas de sustancias, ya sean naturales o sintéticas, que se adicionan intencionalmente al alimento durante las etapas de producción, envasado y conservación. Entre estos aditivos se incluyen también a los ingredientes funcionales, que ayudan a disminuir los costos y a aumentar los rendimientos en la producción. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo identificar la influencia que tiene la adición de Almidón de Maíz Modificado (AMM) como agente ligante a 3 diferentes concentraciones sobre hamburguesas de carne de pollo, así mismo, la adición de  $\kappa$ -carragenina como agente estabilizante, con el fin de determinar que combinación de estos aditivos permite el desarrollo y estabilidad de una pasta cárnica tipo hamburguesa, mediante la evaluación de sus rendimientos, así como de sus propiedades físicas y fisicoquímicas. Se utilizaron canales de pollo de 2-2.5 kg. Se deshuesaron las canales y se obtuvo la pulpa de pollo, sin piel, fascias, ni grasa, la pulpa de pollo, se cortó en cubos de 6 cm aproximadamente y se almacenó en refrigeración a 4°C y se molió en un molino de carne marca TOR-REY, con cedazo de 10/6. Se elaboraron 4 diferentes lotes, a 3 se adicionaron 1, 2 y 4% AMM y un control sin adición, a todos los lotes se les adicionó 0.7% de  $\kappa$ -Carragenina, 9% de huevo fresco y 6% de pan molido. El AMM y  $\kappa$ -Carragenina se hidrataron previamente, posteriormente se mezclaron todos los ingredientes con la carne molida. Se moldearon hamburguesas de cada lote con las siguientes dimensiones: 6 cm de diámetro y 1 cm de grosor y se almacenaron en refrigeración a 4°C durante 24 horas. Las hamburguesas se cocinaron en sartén eléctrico a 175°C durante 8 minutos y 71°C de temperatura interna. Posteriormente se dejaron enfriar a 28°C, y se realizaron las siguientes determinaciones: a) Rendimiento durante la cocción, a través del pesado de cada uno de los lotes adicionados con AMM y  $\kappa$ -carragenina, y la muestra control. b) pH con un potenciómetro Orión 5-Star, con electrodo de punción c) Actividad de Agua ( $a_w$ ) mediante un higrómetro marca Decagon modelo Pa<sub>w</sub>kit. d) Capacidad de retención de agua (CRA), a través de centrifugación controlada, con centrífuga Centurion Scientific modelo K2015R. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. El análisis de resultados con el software Minitab 16 demostró que la experimentación indicó que los tratamientos que presentaron mejor condición de estabilidad del sistema cárnico durante la cocción y la refrigeración a 4°C fueron los adicionados con la combinación de 4% AMM y 0.7%  $\kappa$ -carragenina donde se obtuvieron mayores porcentajes de CRA,  $a_w$ , pH, rendimiento en cocción y diámetro comparados con el lote testigo.



## Introducción

El sector avícola tiene un papel muy importante en la alimentación del mexicano ya que la carne de pollo es la de mayor consumo en México, con el 60% en el consumo de carne. Según estadísticas de la Unión Nacional Avicultores 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta la carne de pollo, esto es debido a que combina el factor nutricional y el económico. La carne de ave es versátil, ya que se encuentra disponible en el mercado durante todo el año en el mercado, con precios competitivos frente a otras carnes, como la de res y cerdo. Su porción comestible es 70% del pollo entero, además posee alto contenido de proteína de buena calidad y bajo contenido de grasa, cuyas propiedades nutricionales son óptimas para la dieta del ser humano y la convierten en la materia prima perfecta para la elaboración de nuevos productos frescos y congelados.

En términos del consumo aparente de carne de pollo en México, éste creció a una tasa promedio anual de 3.1% entre 2004 y 2014, es decir, a un ritmo mayor que el crecimiento de la oferta nacional. Así, durante 2014, el consumo aparente de éste producto se ubicó en un nivel máximo histórico de 3.48 millones de toneladas. Dicho volumen significa un crecimiento de 3.0 por ciento a tasa anual (Avicultura carne, 2015).

Los niveles de consumo de productos cárnicos son diversos debido a los hábitos y tradiciones alimentarias, factores como la disponibilidad, los precios por kilogramo, los niveles socioeconómicos y las estaciones del año, son determinantes en la configuración de las respectivas dietas (SAGARPA, 2012). La demanda masiva de estos productos industrializados, lleva a los mercados a exigir requerimientos específicos, tales como, textura, color, jugosidad, en donde se ven involucrados parámetros de calidad que favorecen su preferencia por el consumidor. Para lograr esto, la industria cárnica utiliza aditivos alimentarios, que son sustancias o mezclas de sustancias, ya sean naturales o sintéticas, que se adicionan intencionalmente al alimento durante las etapas de producción, envasado y conservación. Entre estos aditivos se incluyen también a los ingredientes funcionales, que ayudan a disminuir los costos y a aumentar los rendimientos en la producción (Badui, 2006).

Por lo antes mencionado, en este trabajo se propone la elaboración de una hamburguesa de carne de pollo, a la cual se adicionarán ingredientes funcionales: almidón modificado de maíz (AMM) en diferentes concentraciones, según recomendaciones del proveedor y con base en la



Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, como agente ligante. Así mismo, la adición de kappa carragenina como agente estabilizante, con el fin de determinar que combinación de estos aditivos permite el desarrollo y estabilidad de una pasta cárnica, mediante la evaluación de sus rendimientos, así como de sus propiedades físicas y fisicoquímicas.



# Capítulo I. Marco Teórico

## 1. Situación de la avicultura en México

En el 2014, la Union Nacional de Avicultores (2014) El sector avícola mexicano participa con el 63% de la producción pecuaria; 34.6% aporta la producción de pollo, 27.9% la producción de huevo y 0.10% la producción de pavo.

Al cierre del 2014, la industria avícola mexicana registró un crecimiento de 2.8%, respecto a lo obtenido en 2013. En ese sentido la avicultura produjo el año pasado 5, 574,554 toneladas de alimento, de las cuales 2, 994,254 toneladas corresponden a la producción de pollo, y 2, 572,300 toneladas a huevo para plato. Es oportuno mencionar que al cierre del 2014, la producción de carne de pollo creció 3%, respecto a lo logrado en 2013.

### 1.1. Producción

En el Informe Anual cárnico y avícola (2017) describe que dentro del sector cárnico en México el segmento avícola continúa siendo el líder en producción y exportación. Apoyado en gran parte por el menor costo tanto de compra como de producción y apoyado en un consumo doméstico importante, en 2015 representó el 1,79% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Conformando también el 22% del PIB agropecuario y el 37% del PIB pecuario. Se prevé que la producción de carne de pollo en México alcanzó para este año 2016 alrededor de las 3,051,843 toneladas en el país (figura 1), con lo que el país se consolida como el quinto productor a nivel mundial (SAGARPA, 2017).

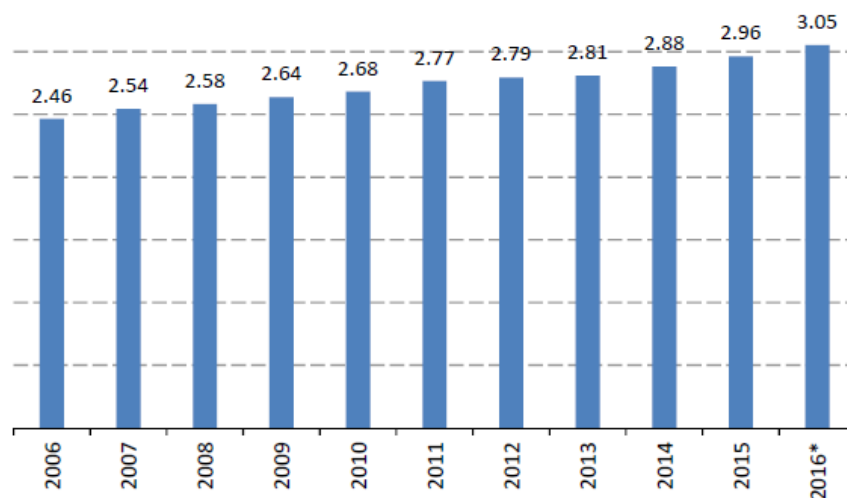


Figura 1. Producción de carne de pollo en México, 2005-2016 (Millones de toneladas)

\*proyección

Fuente: SIAP-SAGARPA



## 1.2. Consumo

El consumo per cápita franquista al año es de 27 kilogramos. Por su precio, esta carne es más consumida que la de cerdo y res. Es tan importante la avicultura en el peculio mexicano, que de 10 kilos de productos pecuarios, 6.3 son de carne de pollo y huevo, así como de sus derivados, indicó la coordinadora académica del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la FMVZ en Tláhuac, Ciudad de México (El sitio avícola, 2017).

Se estima que, aunque los precios no sean tan bajos como en el pasado, la carne de pollo continúa siendo la fuente de proteína animal más accesible, especialmente para los consumidores de bajo y medio ingreso.

Como se puede observar en la figura 2 el consumo per cápita de carne de pollo en México ha aumentado, entre 2006 y 2015, a una tasa media anual de 1.5 por ciento. Asimismo, el consumo per cápita de la carne de cerdo, muestra un comportamiento similar, creciendo a tasa media anual de 2.8 por ciento, mientras que el consumo de carne de res en el mismo periodo ha disminuido a una tasa media anual de 2.0 por ciento (USDA-FAS, 2016).

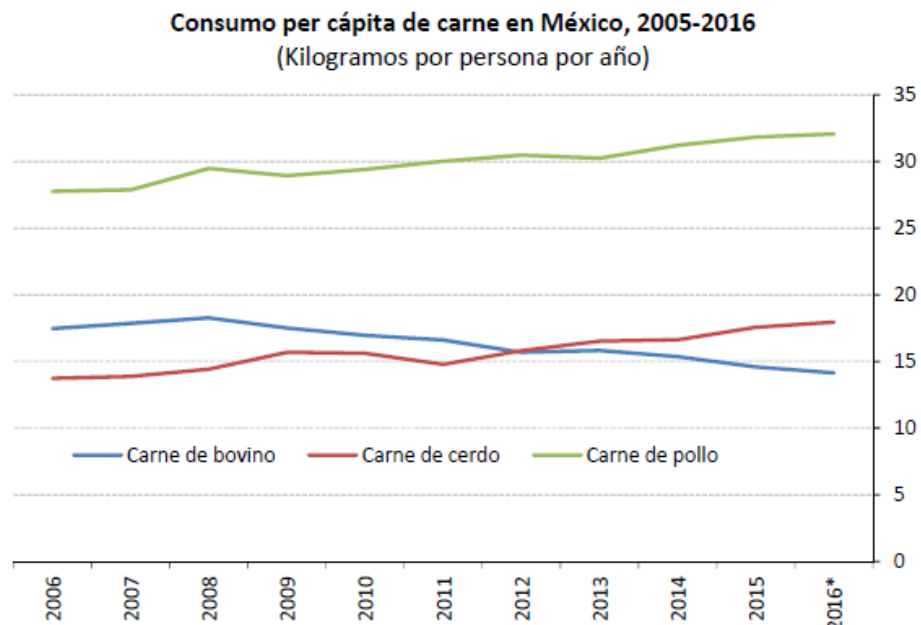


Figura 2. Consumo *per cápita* de carne en México

\*proyección

Fuente: USDA y CONAPO



### 1.3. Carne

De acuerdo a la NOM-194-SSA1-2004, la carne es definida como la estructura muscular estriada esquelética acompañada o no de tejido conectivo, hueso y grasa además de fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, proveniente de los animales de abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas, se incluyen las refrigeradas y congeladas.

Desde una perspectiva práctica se entiende por carne todas las partes animales de sangre caliente, propias para el consumo humano; la masa muscular de los animales de sangre caliente; es la fibra muscular de todo músculo o parte comestible del animal que se encuentra en condiciones sanitarias aptas para el consumo humano; todos los productos procesados o manufacturados que se prepararan a partir de los tejidos se pueden emplear como alimento (Bernal et al., 2000).

#### 1.3.1. Estructura

La carne se compone principalmente tres tipos de músculos: músculo estriado voluntario o esquelético; músculo estriado involuntario o cardíaco y músculo liso involuntario, donde el tejido muscular esquelético representa alrededor del 35-65% del peso de la canal (Lawrie, 1985; Prändl, 1994).

Como se puede observar en la figura 3 los músculos esqueléticos y cardíacos se denominan también estriados debido a que al observarlos al microscopio presentan bandas transversales.

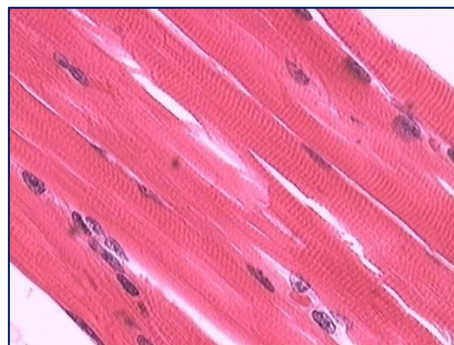


Figura 3. Aspecto al microscopio de un corte longitudinal del músculo estriado  
Fuente: Paniagua, 1998

El músculo esquelético está constituido por células filamentosas altamente especializadas, llamadas fibras musculares, que dispuestas una sobre otras dan lugar al músculo. Las fibras musculares constituyen el 72-95% del volumen total del músculo (Judge et al., 1989).

Las fibras musculares son, pues, células filamentosas alargadas, cilíndricas, con aspecto estriado, que se estrecha en los extremos, están formadas de albúmina. Estas fibras engloban el jugo muscular en él se halla, a su vez, una disolución de albúmina y materia extractiva (sarcoplasma). Se agrupan con ayuda del tejido conectivo (perimisio) formando el haz muscular o fascículo en cuya interacción se alojan tejidos grasos, nervios, tendones y vasos sanguíneos (figura 4)(Bedolla et al., 2000). Estas fibras musculares pueden estar rodeadas de una película fina llamada de tejido conjuntivo a la que se denomina endomisio, esta estructura proporciona soporte y estructura al músculo.

La cantidad y constitución de las fibras musculares determinan la buena calidad de la carne; estas deben sobrepasar cualitativamente el tejido conectivo.

Las fibras pueden ser rojas o blancas. El color rojo de la fibra se debe principalmente a una proteína conjugada llamada mioglobina (Bedolla et al., 2000). La función de esta proteína es almacenar oxígeno en el músculo del animal vivo. El color rojo de la carne depende del estado químico de la molécula. Su concentración depende de la especie, tipo del músculo, edad y ejercicio del animal. Según su contenido se puede clasificar en carnes rojas (vacunos, cabras y cerdos) y carne blanca como aves de corral (Araneda, 2016).

Según el origen, las proteínas del músculo se clasifican en sarcoplásmicas, miofibrilares y del tejido conectivo, de las cuales la mioglobina, la actina-miosina y el colágeno, entre otras, son las más importantes en relación a la estructura y calidad de la carne, así como para su transformación industrial.

Muchas propiedades nutricionales de la carne, durante su conservación y procesamiento, están ligadas a su estructura y composición química, las cuales son similares en todas las especies pecuarias para consumo humano (Bedolla et al., 2000)

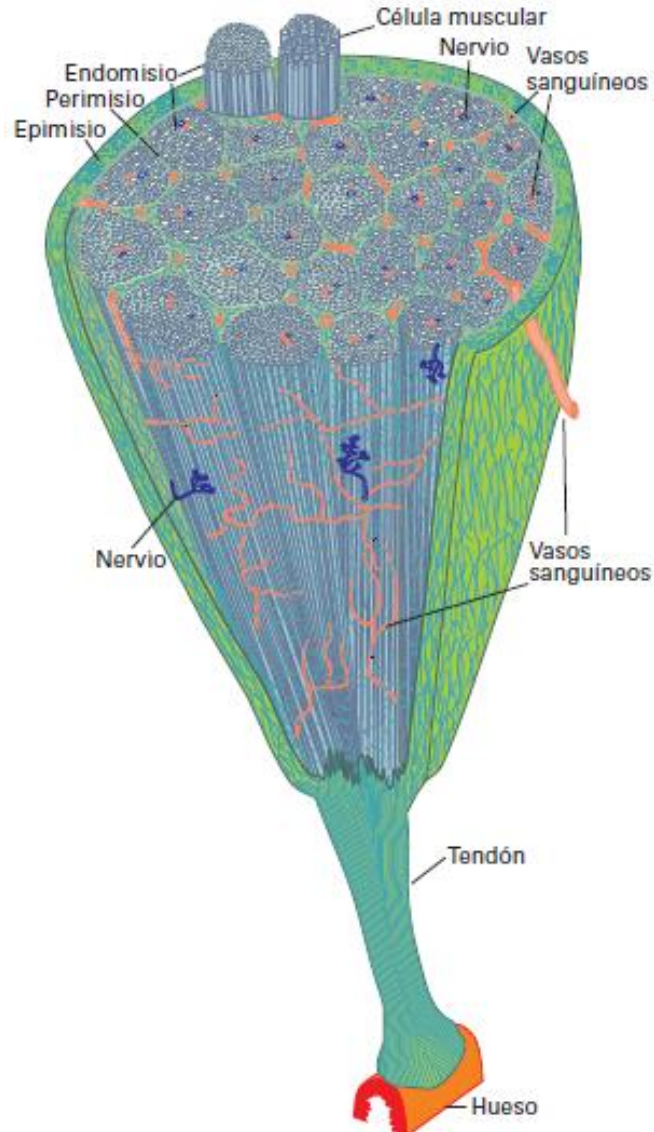


Figura 4. Representación de un músculo esquelético y sus componentes: fibras (células) y envolturas de tejido conectivo

Fuente: Paniagua, 1998

### 1.3.2. Composición química

La carne no tiene una composición uniforme en cada animal, dependiendo de la especie y de la nutrición, el músculo forma del 45 al 60% del peso total del organismo. Donde los tres componentes principales de la carne son el agua, la proteína y la grasa, se muestra en el cuadro 1. En general las especies de menor categoría, como en el caso del pollo, contienen más agua y menos proteínas (Rodríguez, 1990).



Cuadro 1. Composición de diferentes carnes

Producto	Agua	Prot.*	Grasas	Cenizas	kJ*
Carne de vacuno (magra)	75.0	22.3	1.8	1.2	485
Canal de vacuno	54.7	16.5	28.0	0.8	1351
Carne de cerdo (magra)	75.1	22.8	1.2	1.0	469
Canal de cerdo	41.1	11.2	47.0	0.6	1975
Carne de ternera (magra)	76.4	21.3	0.8	1.2	410
Carne de pollo	75.0	22.8	0.9	1.2	439

\*\* Meat processing technology for small- to medium-scale producers (FAO 2007).

\* Proteínas

\* Kilojoules

Fuente: FAO, 2007

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. La carne es rica en vitamina B12 y hierro, los cuales no están fácilmente disponibles en las dietas vegetarianas.

### 1.3.2.1. Agua

La carne contiene alrededor de un 70-70% de agua en forma de agua libre. La cantidad de agua unida a la proteína (agua ligada) se cifra en aproximadamente un 5%. En el componente acuoso de la carne se encuentran, en disolución, ciertas proteínas, así como sales, carbohidratos y otras sustancias. El jugo de la carne, debido a esa carga de sustancias hidrosolubles, tiene una fuerza iónica aproximadamente de 0.2 (Prändl, 1994).

### 1.3.2.2. Proteínas

Las proteínas constituyen del 16-22% de la masa muscular y son el componente principal de la materia sólida (Forrest et al., 1979). El músculo estriado esquelético contiene tres tipos de proteínas: las miofibrilares (actina, miosina, tropomiosina, actiomiosina, troponina actinina), las del sarcoplasma (mioglobina, enzimas hidrosolubles,) y las del tejido conectivo (colágena, elastina y reticulina) (Lawrie, 1985).

#### **1.3.2.2.1. Proteínas miofibrilares**

Constituyen del 55 al 60% del total de la proteína del músculo. Basadas en sus funciones biológicas dentro del músculo, las proteínas miofibrilares pueden clasificarse en proteínas contráctiles y reguladoras (Forrest et al., 1979).

En las proteínas contráctiles se encuentra la miosina y la actina, las cuales están directamente relacionadas con el ciclo de contracción-relajación del músculo. La miosina es la más abundante, constituye más de una tercera parte de la proteína del músculo (Lawrie, 1985). La actina es la segunda más abundante comprendiendo un 20% del total del músculo, tiene una estructura globular con menos del 30% (Price y Schweigert, 1987).

Las proteínas reguladoras juegan un papel importante en el ciclo de contracción y relajación del músculo, se dividen en dos grupos; a) las proteínas reguladoras mayores, como lo son la tropomiosina y la troponina; b) proteínas reguladoras menores: cuantitativamente la mayor parte de ellas no son importantes, pero se cree que tienen conexión con la estructura de los filamentos miofibrilares.

#### **1.3.2.2.2. Proteínas sarcoplásmicas**

Las proteínas sarcoplásmicas constituyen el 35% del total de las proteínas, son solubles en agua y se encuentran en el citoplasma celular, en su mayoría son globulinas y albuminas que constituyen los sistemas enzimáticos que modulan el metabolismo celular. En este grupo también se encuentra la mioglobina que es una proteína globular que está unida a un grupo prostético hemo que contiene un átomo de hierro. Esta proteína retiene al oxígeno dentro del tejido muscular que se consume durante el metabolismo; además es responsable del color de la carne, debido a que en presencia de oxígeno forma oximioglobina de color rojo brillante y a bajas presiones de oxígeno el hierro se puede oxidar formando metalglobulina de color pardo (Forrest et al., 1975).

#### **1.3.2.2.3. Proteínas del tejido conectivo**

Las proteínas del tejido conectivo llamadas también proteínas del estroma son: colágeno, elastina y reticulina. El tejido conectivo tiene 3 funciones principales: proporcionar fuerza mecánica a los órganos, mejorar la estructura del movimiento y promover el crecimiento y proliferación celular, sus propiedades físicas están determinadas principalmente por su

composición y organización macromolecular. La principal propiedad funcional de esta macromolécula es que es capaz de formar fibras, filamentos y redes con propiedades mecánicas indispensables en la estructura organizacional de un organismo (Bailey y Ligth, 1989).

El colágeno contiene un 30% de glicina y un 25% de prolina e hidroxiprolina. Cuanto más abunden estos aminoácidos, más rígido y resistente es el colágeno. El colágeno es la proteína más abundante de los mamíferos. Sólo en los músculos forma el epimisio, endomisio y perimisio (Carballo y López de Torre, 1991).

#### **1.4. Parámetros de la calidad de la carne**

El termino calidad de la carne se refiere a las propiedades deseables que posee un producto, de dichas propiedades dependerá de la percepción por parte del consumidor.

Las características fisicoquímicas son importantes para determinar la calidad de la carne (pH, capacidad de retención de agua, color, textura y rendimiento (Bautista et al., 2016).

##### **1.4.1. Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua se puede definir como la aptitud de la carne para mantener ligada su propia agua, incluso bajo la influencia de fuerzas externas (presión, calor, etc.), o también como la aptitud para fijar agua añadida (Swatland, 1991).

Muchas de las propiedades sensoriales propias de la carne como lo son el color, la textura y la dureza, están relacionadas con la cantidad de agua que se tiene contenida o retenida. Nutricionalmente, una baja capacidad de retención de agua resulta en pérdidas importante de agua, que acarrear, proteínas, minerales y vitaminas hidrosolubles. Desde el punto de vista industrial la capacidad de la carne para retener el agua originalmente contenida, así como el agua que se añade durante los procesos industriales, influye en la eficiencia del sistema y dicta en parte el rendimiento final del producto.

La CRA es influenciada por el pH del músculo, mientras más alejado este el pH del punto isoelectrico de las proteínas del músculo, más agua retendrá. Otros factores que influyen en esta propiedad son la especie de la que proviene la carne, el tipo de fibra, la estabilidad

oxidativa de sus membranas, el proceso de la maduración, y de ser el caso, el sistema utilizado para congelar y descongelar las carnes.

#### **1.4.2. pH**

El pH afecta varias cualidades de la carne como son la capacidad de retención de agua y también tiene influencia indirecta o directa sobre el color, la terneza, el sabor. De esta manera el pH es importante tanto para el aspecto sensorial como para la aptitud en la transformación de la carne (Hoffman, 1988).

El pH está definido como el logaritmo negativo de la concentración de protones Tiene una escala de 0 y 14. Un valor de pH por debajo de 7 es considerado como ácido, y por encima de éste, es considerado alcalino o básico.

El pH del músculo de animales sanos y vivos es alrededor de 7.04 (Johnson, 1994). Este valor disminuye tras la muerte del animal, esto se debe a la degradación del glucógeno a ácido láctico. Una reacción en la que el músculo trata de producir energía en ausencia de oxígeno. Esta reacción, depende de la actividad de una serie de enzimas que son sensibles a la temperatura, por lo que es relevante considerar la temperatura del músculo a la hora de hacer la medición.

El descenso del pH depende del tipo de fibras que predominan en el músculo y de la actividad muscular antes del sacrificio. Así, los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5.5 mientras que los músculos de fibras de contracción lenta (rojas) el pH no bajará de 6.3. (Warris, 2003).

El tiempo que haya pasado entre la matanza del animal y el momento en se midió el pH, es un factor relevante, ya que la acumulación del ácido láctico normalmente continua hasta cerca de las 24 h posteriormente de la muerte.

El pH de la carne se mide empleando un potenciómetro con un electrodo in situ, usualmente en los músculos semimembranosos y lumbar (Carballo y López, 2001).

#### **1.4.3. Actividad de agua ( $a_w$ )**

El contenido de humedad de un alimento es el agua total que contiene sin considerar que en la mayoría de los alimentos existen zonas o regiones microscópicas que, debido a su



composición química, no permiten la presencia del agua, lo cual provoca una distribución heterogénea a través del producto.

El término de actividad de agua establece el grado de interacción con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetas estas sustancias químicas o para el desarrollo microbiano.

Se ha observado que diferentes tipos de alimentos con el mismo contenido de agua difieren significativamente en su estabilidad o vida útil. En consecuencia el contenido de agua por sí solo no es un indicador real de estabilidad de un alimento. Esta situación se atribuye, en parte, a diferencias en la intensidad con que el agua se asocia con los constituyentes acuosos; el agua implicada en asociaciones fuertes es menos susceptible o propensa para las actividades degradativas, tales como el crecimiento de microorganismos y las reacciones químicas de hidrólisis, que el agua débilmente asocia (Fenemma, 2010).

El término de actividad de agua establece el grado de interacción con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetas estas sustancias químicas o para el desarrollo microbiano.

La estabilidad, sanidad y otras propiedades de los alimentos puede predecirse de forma más realista a partir de la  $a_w$  que en función del contenido de agua. Aun así, la  $a_w$  no es un índice totalmente exacto. A pesar de la falta de perfección el  $a_w$  es un indicador útil y práctico de la estabilidad del producto y de la seguridad microbiana (Fenemma, 2010).

### **1.5. Clasificación de los cortes de pollo**

Una canal de pollo puede ser cortada de muchas maneras y estos cortes dependen del tipo de mercado al que va dirigido el producto. El corte de la canal se considera una de las maneras en las que se agrega valor al producto, debido a que el costo de la canal es menor que cuando las diversas piezas son vendidas por separado. Es importante recordar que algunas piezas, como la pechuga, tienen un costo más alto, y por lo tanto generan mayores ganancias que otros. El objetivo del corte de la canal en piezas es facilitar su manejo ante el consumidor y



maximizar el porcentaje de la canal en las piezas de mayor valor comercial (figuras 4 y 5) (SAGARPA, 2013).

La NMX-FF-080-SCFI-2006 define a las partes anatómicas del pollo de la siguiente manera:

- a. **Cabeza.** Es la parte anatómica superior de pollo que está articulada a las vértebras del cuello o pescuezo.
- b. **Cuello o pescuezo (1).** Es la estructura que tiene como base las vértebras cervicales que sostiene la cabeza hasta la entrada del tórax.
- c. **Alas o alones (2).** Son las extremidades superiores del ave, articuladas a la cavidad torácica, las cuales están conformadas por una base ósea de tres secciones.
- d. **Pechuga (3 y 4).** Región de la canal formada por los músculos pectorales alojados sobre el esternón.
- e. **Piernas (5).** Se denomina así a la región de la canal que tiene como base la tibia, comprendida entre la articulación de la rodilla hasta el corvejón.
- f. **Muslos (6).** Es la región de la canal que tiene como base el fémur y se ubica entre la pantorrilla y la parte superior de la pierna.
- g. **Rabadilla (7).** Región en la que predominan estructuras óseas, está formada por las vértebras lumbares, huesos coxales y el sacro.
- h. **Huacal (8).** Llamado también espinazo, forma la parte superior de la canal, su base ósea son las vértebras torácicas y costillas.
- i. **Menudencias.** Representan aproximadamente el 15% del peso vivo e incluyen cortes y órganos internos: mollejas: hígado, corazón. Patas y pescuezo con cabeza.



Figura 5. Canal de pollo diseccionada en sus piezas de mayor valor comercial



## 1.6. Clasificación productos cárnicos

Conforme a la NOM-213-SSA1-2002 los productos cárnicos se clasifican de acuerdo a las materias primas utilizadas y al tipo de proceso al que se someten para su elaboración:

- ❖ **Productos cárnicos cocidos** son definidos como aquellos 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.
- ❖ **Productos cárnicos frescos/crudos** son definidos como aquellos que son elaborados con vísceras, sangre o sus mezclas, que pueden ser o no curados o madurados, y que no son sometidos a algún tratamiento térmico.

Por otro lado la NOM-034-SSA1-1993 define a los productos cárnicos crudos molidos de la siguiente manera:

- ❖ **Carne molida envasada:** al producto obtenido de la carne fresca de animales de los géneros *Bos*, *Suis*, *Ovis*, *Gallus*, procedente de rastros que cumplan con lo establecido en el Reglamento, que es cortada y pasada por un molino o picadora, envasada y refrigerada o congelada para su venta al público.
- ❖ **Carne molida moldeada envasada,** al producto obtenido de la carne fresca de animales de los géneros *Bos*, *Suis*, *Ovis*, *Gallus*, procedente de rastros que cumplan con lo establecido en el Reglamento (Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios), que es cortada y pasada por un molino o picadora, adicionada de otros ingredientes, moldeada, envasada y conservada para su venta al público.

## 1.7. Ingredientes funcionales

Son aquellas sustancias que aportan a los alimentos propiedades específicas, tales como textura, hidratación, y sabor. Cubren una amplia gama de productos encargados de estabilizar o estandarizar las características de los alimentos. Estos permiten a las industrias procesadoras de alimentos elaborar nuevos alimentos de manera eficiente, mejorando así, las formulaciones para la elaboración de estos alimentos ya que se producen de manera controlada y productiva.

### 1.7.1. Almidón

Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha$ -(1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una  $\alpha$ -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa (figura 6) (Badui, 2006).

Mientras que, la amilopectina contiene ramificaciones, éstas están unidas al tronco central por enlaces  $\alpha$ -D- (1-6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa.

En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa y el resto es amilopectina. Algunos cereales, como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas ceras que están constituidas casi únicamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa (Badui, 2006).

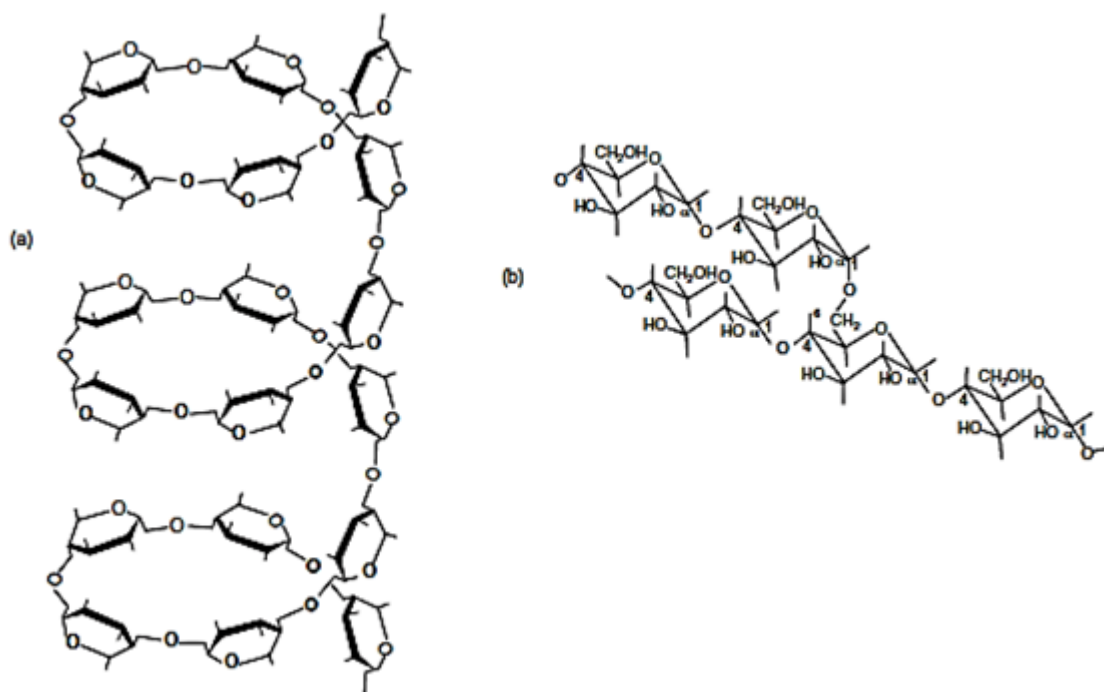


Figura 6. a) Enrollamiento helicoidal de la amilosa; b) Estructura de amilopectina

Fuente: Badui, 2006



Tanto la amilosa como la amilopeptina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización. En ciertos casos, cuando una de estas fracciones está en exceso, puede traer consigo algunos inconvenientes; esto se observa en el arroz cocido, cuya calidad mejora cuando se reduce el contenido de amilosa, pues resulta menos pegajoso (Badui, 2006).

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopeptina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (e.g. temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (Bello et al., 2002).

#### **1.7.1.1. Almidón modificado**

Las limitaciones de los almidones nativos se pueden superar modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos, dando como resultado un almidón modificado; se incluye a los almidones hidroxipropilados, de enlaces cruzados y acetilados. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-deshielo. El almidón acetilado se obtiene por la esterificación de almidón nativo con anhídrido acético y el número de grupos acetilo incorporados en la molécula depende de la concentración del reactivo, tiempo de reacción, pH, y la presencia de catalizador (Bello et al., 2002).

Un método más comercial para la obtención de almidón consiste en la llamada molienda húmeda de maíz, en la que intervienen los siguientes pasos:

Se limpian los granos y se maceran en agua de 24 a 48 horas a 50°C (se puede añadir entre 0.1 y 0.2% de anhídrido sulfuroso como agente microbiano); en esta etapa el maíz absorbe agua hasta alcanzar un contenido de 45 a 50%, con lo cual se ablanda el grano y se facilita su trituración; durante este proceso se desprende el germen, que se recupera por flotación o mediante un sistema de hidro-ciclones. La suspensión resultante se muele y se filtra, y el

almidón se separa de las proteínas por diferencia de densidades. La fracción que contiene el polisacárido se purifica hasta reducir su contenido de proteínas a un valor menor de 0.3%; posteriormente se concentra y se seca por métodos como el de tambor rotatorio o el de aspersión.

Los subproductos también tienen un alto valor comercial, ya que el germen se usa para la extracción de aceite comestible, y el gluten, rico en proteínas, para el consumo humano y animal (Badui, 2006).

### **1.7.1.2. Gelatinización del almidón**

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, sin embargo, cuando se calientan empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas inter-micelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y a aumentar de volumen; una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante, pero para esto se requiere más energía (figura 7) (Badui, 2006).

Al llegar a temperaturas cercanas a 65°C (aunque dependen de cada tipo de almidón), el gránulo alcanza su volumen máximo y pierde su patrón de difracción de rayos X y de birrefringencia; si se administra más calor, el gránulo hinchado, incapacitado para retener el líquido, se rompe parcialmente y la amilosa y la amilopectina, fuertemente hidratadas, se dispersan en el seno de la disolución. En este punto se pierden la estructura original y la birrefringencia del gránulo; esto va aunado a un aumento de la viscosidad. Aproximadamente 30% de la amilosa se encuentra en solución. A todo este proceso se le llama gelatinización. Este proceso transforma los gránulos de almidón insolubles en una solución de las moléculas constituyentes en forma individual.

Una vez que los gránulos se rompen, la viscosidad se reduce hasta alcanzar un valor estable en el que se genera un gel cuyas características físicas y químicas son diferentes según el almidón de que se trate. La temperatura de gelatinización es aquella en la que se alcanza el máximo de viscosidad y se pierden la birrefringencia y el patrón de difracción de rayos X; esta temperatura es en realidad un intervalo, ya que los gránulos tienen diferente composición y

grado de cristalinidad aunque provengan de la misma fuente botánica, lo que provoca que unos sean más resistentes que otros. Por esta razón se llega a presentar una diferencia de 8 a 12°C, teniendo como promedio 10°C entre la temperatura de gelatinización de los primeros gránulos y la de los últimos. Este parámetro también se ve muy afectado por la presencia de diversos compuestos químicos que favorecen o inhiben los puentes de hidrógeno.

Cabe indicar que al final de este fenómeno se genera una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los agregados, también hidratados, de los restos de los gránulos. La solubilización y la destrucción total de dichos gránulos se consiguen cuando se someten a temperaturas de autoclave y se acelera considerablemente con una agitación violenta.

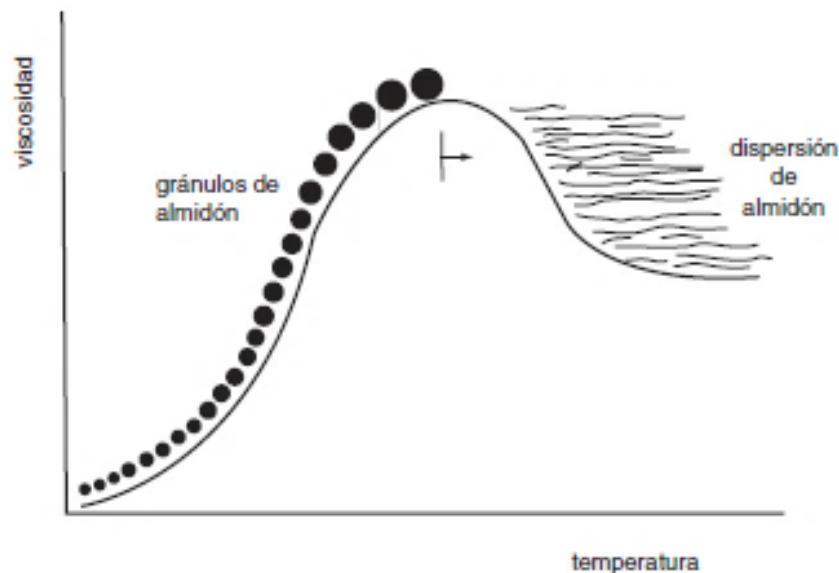


Figura 7. Gelatinización del almidón

Fuente: Baduí, 2006

La cantidad de agua que absorben los diferentes almidones varía, pero se puede considerar que va de 40 a 55 g de agua por cada 100 g de sólido.

### 1.7.1.3. Interacción del almidón con otros constituyentes

- ❖ **Agua.** Uno de los principales factores que afectan las propiedades funcionales del almidón, es la cantidad de agua con la que pueden reaccionar; la intensidad y el grado de hinchamiento están en función directa de la concentración de este disolvente, de manera que la adsorción se facilita a medida que aumenta la concentración.

- ❖ **Proteínas:** Las proteínas de la leche se emplean conjuntamente con el almidón para la elaboración de diferentes alimentos en los que se requieren ciertas propiedades funcionales; la temperatura de gelatinización en presencia de proteínas lácteas depende, en gran medida, de los tratamientos térmicos previos a los que se somete la leche, ya que esto determina el grado de desnaturalización, mismo que influye en las propiedades del almidón. Sin embargo, se ha encontrado que en la manufactura de geles de almidón-leche no se produce una verdadera interacción, de forma que las micelas de caseína y los gránulos de almidón se pueden observar separadamente al microscopio.
- ❖ **Emulsionantes y lípidos.** Los emulsionantes que contienen ácidos grasos de cadena larga forman complejos con la amilosa a través de un mecanismo que parece ser muy similar al descrito para el de yodo-amilosa; cuando contienen más de 16 átomos de carbono reducen la velocidad de hinchamiento de los gránulos y aumentan su temperatura de gelatinización; se ha encontrado que, independientemente del tipo de emulsionante utilizado, la viscosidad máxima de las pastas de almidón es muy similar, y lo único que varía es la temperatura a la cual se alcanza la reacción. Por otra parte, los hidrocarburos de cadena corta y los triacilglicéridos reducen la temperatura de gelatinización, sin importar el tipo de ácido graso que contengan
- ❖ **pH.** Los valores de pH menores de 5 o mayores de 7 tienden a reducir la temperatura de gelatinización y acelerar el proceso de cocción. En condiciones muy alcalinas ésta decrece considerablemente, mientras que en condiciones muy ácidas se favorece la hidrólisis del enlace glucosídicos con la consecuente pérdida de la viscosidad.

### 1.7.2. $\kappa$ -carragenina

Es un polímero sulfatado, ocupa el primer lugar en cuanto a uso en la industria alimentarla, aunque no es la única que contiene grupos sulfato, proviene de la pared celular de las algas marinas rojas *Rhodofceae*.

Están conformadas por varias estructuras en grupos de polisacáridos de galactosa. Estas estructuras son de varios tipos diferentes, y se designan con las letras griegas  $\kappa$ ,  $\lambda$ ,  $\theta$ ,  $\iota$ ,  $u$  y  $j$ . Su fórmula química consiste en unidades de D-galactosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -(1,3) y  $\beta$ -(1,4) alternadamente; se diferencian entre ellas por la concentración de los azúcares

anhidros 3,6- anhidro-D-galactosa que contengan, y por la posición en que se encuentren los grupos sulfato, así como por la cantidad de estos últimos en la molécula D-galactosa (figuras 8 y 9) (Badui, 2006).

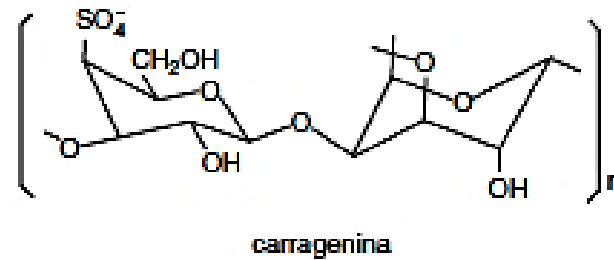


Figura 8. Estructura de la carragenina

Fuente: Fennema, 2010

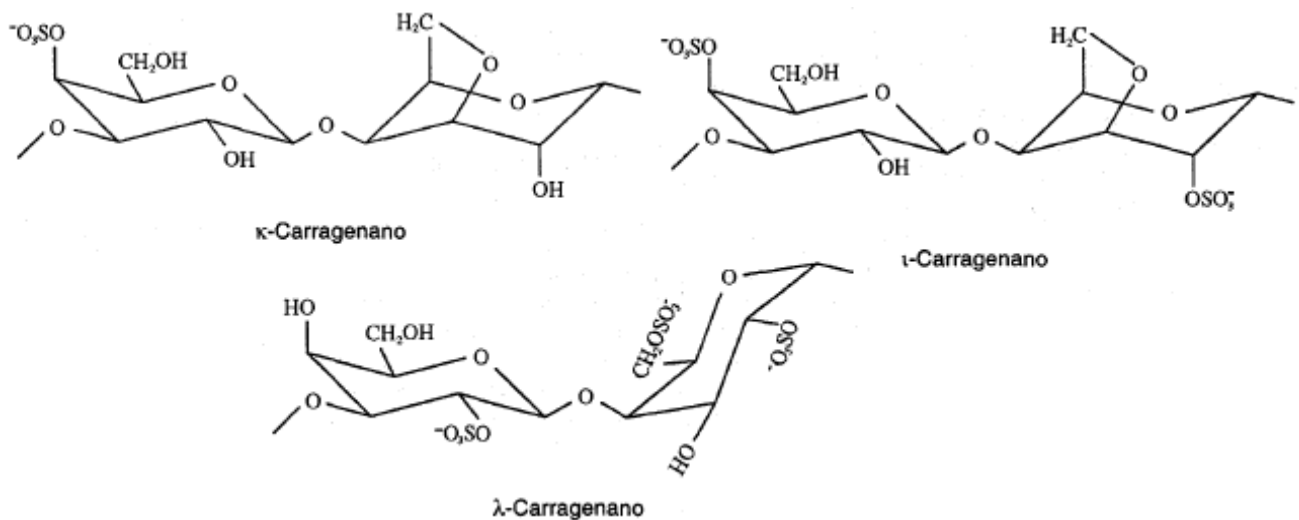


Figura 9. Estructuras idealizadas de las unidades de carragenano de tipo kappa, iota y lambda  
Fuente: Fennema, 2010

De los dos tipos principales son el k-carragenano insoluble en presencia de potasio, y él λ-carragenano, soluble en las mismas condiciones (Belitz y Grosch, 1997).

Las propiedades de estos polímeros sulfatados dependen en gran medida de los cationes asociados. Por ejemplo si el catión es potasio se forman geles firmes, mientras que, si son sodio, el polímero es soluble en agua fría y no forma geles. Los carragenanos interaccionan sinérgicamente con muchas otras gomas, en especial con el algarrobo (Fennema, 2010)



Las propiedades gelificantes de las carragenina se ven afectadas por la riqueza en grupo sulfato y su localización en el polisacárido. De acuerdo con el número y la localización de los grupos sulfato en la cadena, se distinguen 3 tipos  $\kappa$ ,  $\iota$  y  $\lambda$ , en el cuadro 2 se describen sus características (Defreitas et al., 1997).

Cuadro 2. Propiedades de los tipos de carragenina

Tipo de carragenina	Ión necesario para la Gelificación	Textura del gel	Sinéresis	Estabilidad frente a la descongelación	Estabilidad frente al medio ácido
Kappa ( $\kappa$ )	$K^+$	Fuerte Rígido Opaco	+	-	+
Iota ( $\iota$ )	$Ca^{2+}$	Elástico y claro	-	+	+
Lambda ( $\lambda$ )	No gelifica	No gelifica	-	+	+

Fuente: Wong, 1995

### 1.7.2.1. Gelificación

La carragenina al dispersarse en agua, se hincha y requiere un ligero calentamiento para su dispersión completa; la dispersión resultante presenta una viscosidad baja a temperaturas superiores a 60°C, pero al enfriarse establece un gel, cuya calidad y rigidez dependen de la concentración del polímero y de la cantidad de iones potasio, amonio o calcio que contengan. El potasio es especialmente necesario para que la fracción  $\kappa$  gelifique.

El mecanismo de Gelificación no se conoce totalmente; sin embargo, se sugiere que las moléculas de la carragenina desarrollan estructuras helicoidales que a veces reaccionan entre sí, creando una red tridimensional. A temperaturas superiores a las del punto de fusión del gel, se produce una agitación térmica que impide que se formen las hélices, por lo que la conformación del polímero en solución es al azar (figura 10). Posteriormente, cuando se enfría, se induce una transición de sol a gel que origina la formación de una estructura tridimensional, en la cual las dobles hélices son los puntos de unión de las cadenas de los polímeros; al seguir enfriándose se favorece la agregación de las moléculas, lo cual da como resultado el establecimiento final del gel; la rigidez del gel depende de la rapidez con la que estas transiciones ocurren.

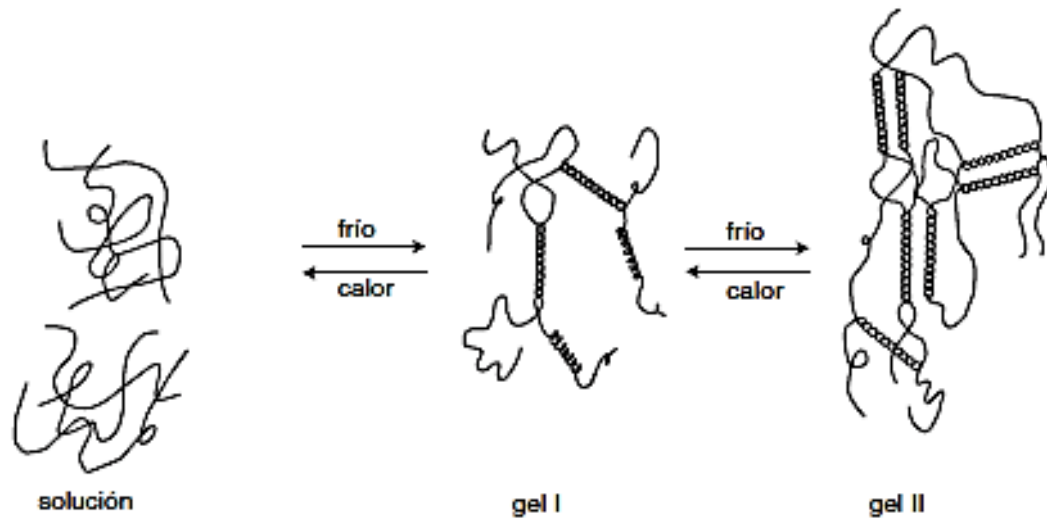


Figura 10. Mecanismo de Gelificación de la carragenina

Fuente: Badui, 2006

Se ha visto que la carragenina k tiene la capacidad de estabilizar las caseínas a y b contra su precipitación por iones calcio, tal como lo hace la caseína k de manera natural. Debido a que sus grupos sulfato se orientan hacia el exterior de la cadena de galactosas, tiene la capacidad de reaccionar con polipéptidos, según se muestra en la figura. Existen interacciones de los iones sulfato con los grupos cargados de la proteína, ya sea de manera directa o a través de iones divalentes como el calcio; la interacción depende de la carga neta del complejo y, por lo tanto, está en función del punto isoeléctrico de la proteína: cuando la relación de la carga entre la carragenina y la proteína es igual a 1, el complejo precipita, puesto que el grado de interacción es el máximo. Este tipo de asociación se llega a utilizar para recuperar proteínas y enzimas o para clarificar la cerveza (Badui, 2006).

#### 1.7.2.2. Interacción con proteínas

Estas interacciones se presentan como Gelificación o no Gelificación; sin embargo, es importante determinar su grado de reacción, lo cual involucra las interacciones entre los grupos sulfatados no ionizados de la carragenina con los grupos con cargas positivas de proteínas. Esta interacción depende de la proporción de carga neta, y esto es una función del punto isoeléctrico de la proteína, el pH del sistema, y la proporción peso carragenina-proteína.



Las proteínas miofibrilares presentan iones cargados positivamente, los cuales atraen a los grupos sulfatos de la carragenina cargados negativamente para formar enlaces. Esta reacción en combinación con la capacidad de ligar agua de la carragenina incrementa sinérgicamente la fuerza del gel (Porto, 2003).

### **1.7.3. Huevo**

Los huevos son utilizados como aglutinantes o emulsificante, porque permiten que se ligen los ingredientes sólidos como las grasas con los líquidos. Las proteínas de la clara de huevo (Ovoalbúmina, conalbúmina) se desnaturalizan con facilidad y tienen la capacidad de formar espumas, esta propiedad se ve afectada por procesamientos térmicos, congelamiento, deshidratación o por tratamientos mecánicos de alta velocidad de agitación, por otra parte, la yema de huevo se emplea ampliamente como emulsificante y también tiene la propiedad de estabilizar dispersiones de grasa en agua, puede atribuirse en parte a la presencia de lipoproteínas y en parte a fosfolípidos combinados.

### **1.7.4. Pan molido**

El pan molido se agrega para lograr la integración de la pasta cárnica dándole mayor consistencia y logrando así facilitar el moldeado de las hamburguesas.

## **1.8. Otros ingredientes**

### **1.8.1. Sal**

La sal cumple varias funciones en los productos cárnicos: ayuda a su conservación y seguridad y ayuda a mejorar su textura, ternura y estabilidad.

En cuanto a sabor, la sal, aumenta la palatabilidad de los alimentos, dado que además de aportar sabor salado, resalta y potencia el sabor de otros ingredientes en los alimentos; también, puede modificar la percepción de otros sabores. Con respecto a la textura en los productos cárnicos, tales como salchichas, hamburguesas y jamón cocido: permite que las proteínas de la carne de diferentes estructuras moleculares se disuelvan, favoreciendo el mezclado y la liga de los componentes del producto. De esta forma, se evita el exudado de grasa y la pérdida de agua.



No obstante, uno de los puntos fuertes de la sal en el producto cárnico es su sabor inconfundible y su capacidad para extraer las proteínas miofibrilares, lo cual favorece una mayor interacción con los ingredientes de la formulación, de esta forma, toda la masa cárnica será más homogénea y podrá adquirir la forma que se desee darle en el moldeado (RENAPRA, 2017).

### **1.8.2. Especias y condimentos**

Son sustancias vegetales que se usan en pequeñas cantidades para dar sabor fuerte, picante o excitante a las comidas. Las especias proceden de raíces aromáticas secas, cortezas, brotes, semillas, bayas y demás frutos.

Las especias o condimentos aromáticos se definen como “plantas o partes de las mismas, frescas o desecadas, enteras, troceadas o molidas, que por su color, aroma o sabor característicos se destinan a la preparación de alimentos y bebidas, con el fin de incorporarles estas características, haciéndoles más apetecibles y sabrosos y, en consecuencia, consiguiendo un mejor aprovechamiento de los mismos”.



### **Justificación**

La producción y el consumo de la carne de ave en México han ido en aumento en las últimas décadas, asimismo la demanda de productos alimenticios de bajo costo y de fácil acceso.

Tan solo la producción mexicana de carne de pollo comercial para 2015 se estima en 3.01 millones de toneladas métricas (MTM), gracias a que el sector está pasando por un momento de consolidación, además de estar mejorando las medidas de bioseguridad (UNA, 2014).

La creación de productos de alto valor agregado, bajo costo y fácil preparación, presentan una solución a la creciente demanda de productos cárnicos, por lo que en este proyecto se propone la elaboración de hamburguesas de carne de pollo, adicionadas con almidón modificado de maíz y evaluar cómo afecta esto, su estabilidad en términos de sus propiedades físicas y fisicoquímicas.

A continuación se presenta la secuencia metodológica, describiéndose paso a paso la forma en la que se llevó a cabo el desarrollo experimental de este proyecto.



# Capítulo II. Desarrollo Experimental

**Problema:** Efecto de la adición de almidón modificado de maíz en la elaboración de hamburguesas de carne de pollo.

## 2.1. Diagrama experimental

**Objetivo General:** Evaluar el efecto de la adición de almidón modificado de maíz (AMM) y k.carragenina en la elaboración de hamburguesas de carne de pollo para establecer el impacto que tiene sobre sus propiedades físicas y fisicoquímicas.

**Hipótesis:** Al adicionar AMM en la formulación de hamburguesas de carne de pollo como agente ligante y κ-carragenina como estabilizante en la pasta cárnica, entonces se aumentará la capacidad de retención de agua del sistema cárnico, lo que se verá reflejado en mayor contenido de agua después de la cocción aumentando el rendimiento en peso y medidas físicas del producto, asimismo la estabilidad del sistema.

### Actividades

- 1.- Acondicionamiento de carne pollo.
- 2.- Selección de tipo de molienda.
- 3.- Uso de equipos de elaboración y análisis.
- 4.- Desarrollo de formulaciones para la elaboración de hamburguesa testigo y adicionadas con almidón.
- 5.- Elaboración de lotes de hamburguesa testigo y adicionada con almidón modificado de maíz.

**Objetivo particular 1:** Fundamentar el efecto de la adición de AMM como agente ligante en la formulación de hamburguesas de carne de pollo, para lograr la estabilidad del sistema cárnico mediante la medición de los rendimientos en cocción y mediciones físicas de peso y diámetro.

VI: % de almidón y molienda de la materia prima  
VD: Volumen de agua y T°  
VR: CRA, rendimiento en cocción y diámetro

Cálculo de rendimiento  

$$\%RC = \frac{\text{Peso } H \text{ cruda}}{\text{peso } H \text{ cocida}} \times 100$$

$$\%RD = \frac{\text{Diámetro } H \text{ cruda} - \text{Diámetro } H \text{ cocida}}{\text{Diámetro de } H \text{ cruda}} \times 100$$

**Objetivo particular 2:** Estimar el efecto de la adición de AMM en la estabilidad del sistema cárnico de hamburguesas de carne de pollo mediante la verificación de las propiedades fisicoquímicas de a<sub>w</sub> y pH

VI: % de almidón, molienda de materia prima  
VD: agua y T°  
VR: a<sub>w</sub> y pH.

Determinación de a<sub>w</sub> (AOAC 978.18)  
Equipo: Pa<sub>w</sub>kit  
Determinación de pH (González et al., 2010)  
Equipo: Potenciómetro  
Determinación de CRA (Guerrero, 2006)  
Equipo: Centrífuga Centurión Sci. K2015R

Contrastación de hipótesis

ANOVA de 1 vía

Análisis y discusión de resultados

Conclusiones

Figura 11. Secuencia Experimental

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la adición de almidón modificado de maíz (AMM) y  $\kappa$ -carragenina en hamburguesas de carne de pollo para fundamentar la estabilidad de sus propiedades físicas y fisicoquímicas.

### **Objetivos particulares**

1. Fundamentar el efecto de la adición de AMM como agente ligante en la formulación para hamburguesas de carne de pollo para lograr la estabilidad del sistema cárnico mediante la medición de los rendimientos en cocción y mediciones físicas de peso y diámetro.
2. Estimar el efecto de la adición de AMM en la estabilidad del sistema cárnico de hamburguesas de carne de pollo mediante la verificación de las propiedades fisicoquímicas de y pH.

### **Hipótesis**

Al adicionar AMM en la formulación de hamburguesas de carne de pollo como agente ligante y  $\kappa$ -carragenina como estabilizante en la pasta cárnica, entonces se aumentará la capacidad de retención de agua del sistema cárnico, lo que se verá reflejado en mayor contenido de agua después de la cocción aumentando el rendimiento en peso y medidas físicas del producto, asimismo la estabilidad del sistema.

\*En la figura 11 se presenta la secuencia experimental que se siguió para el desarrollo del presente proyecto y que se describe a continuación.

## **2.2. Actividades preliminares**

Se realizaron nueve actividades preliminares, estas permitieron llevar a cabo los objetivos planteados en la metodología y por ende poder realizar éste proyecto.

### **2.2.1. Acondicionamiento de materia prima**

Se obtuvieron canales de pollo de un rastro localizado en Tultepec, Estado de México. Para el acondicionamiento de la materia prima cada una de las piezas que conforman a la canal de pollo fueron despojadas de piel, fascias y grasa (figura 12), se trocearon en cubos de 6 cm aproximadamente, y se almacenarpn en refrigeración en cámara a 4°C.





Figura 12. Despiece de la canal de pollo

### 2.2.2. Rendimiento de la canal de pollo

Para determinar que piezas se utilizarían se optó por despiezar la canal y sacar el porcentaje de rendimiento de cada una de las partes que componen la canal (figura 12). Para calcular el rendimiento de cada una de las canales se usó la ecuación 1:

$$\text{Rendimiento}\% = \frac{\text{Peso del producto deshuesado}}{\text{Peso original de la canal o piezas sin deshuesar}} \times 100 \dots [1]$$

### 2.2.3. Selección tipo de molienda

Para la elaboración de las hamburguesas de carne pollo es fundamental el proceso de molienda/picado ya que éste influye en el producto final tanto como en la en textura como en cómo interactúan las proteínas de la carne con los demás ingredientes de la formulación (huevo, pan molido,  $\kappa$ -carragenina y el almidón modificado de maíz).

Se utilizó el molino eléctrico de la marca Torrey modelo M- 12.-FS (figura 13), con él hay un mayor control sobre el tamaño de partícula ya que cuenta con cedazos con diferentes diámetros (figura 14) que es fundamental para el procesos de elaboración de las hamburguesas



Figura 13 Molino eléctrico Marca Torrey modelo MF-12SF

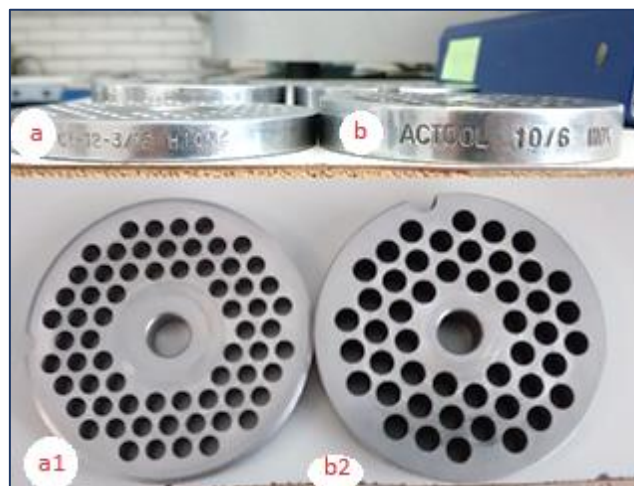


Figura 14. a) Vista frontal cedazo ACTOOL 10 b) vista frontal cedazo ACTOOL 10/6 a1) vista superior ACTOOL 10 b1) Vista superior ACTOOL 10/6

#### 2.2.4. Uso y selección de equipos y análisis

Para el análisis de las propiedades físicas y fisicoquímicas de los lotes tanto de hamburguesa de carne de pollo testigos, como las adicionadas de AMM y de  $\kappa$ -carragenina se usaron como variables de respuesta: a) Rendimiento durante la cocción, a través del pesado de cada una de las muestras (Piñero et al, 2004). b) pH (González et al, 2010), con un potenciómetro Orion 5-Star (Thermo Sci.) y electrodo de punción. c) Actividad de Agua (AOAC 978.18) que se determinó mediante un higrómetro marca Decagon modelo Pawkit. d) Capacidad de retención de agua (Guerrero, 2006), que se realizó a través de centrifugación controlada, con una centrífuga Century Scientific modelo K2015R.

### 2.2.5. Desarrollo de las formulaciones para la elaboración de hamburguesa control

Para la elaboración de hamburguesas de carne de pollo se decidió por partir de una receta convencional y adaptarla para cada una de las concentraciones de almidón modificado de maíz y κ-carragenina que se plantearon para la experimentación. En el cuadro 3 se muestran las proporciones de materia prima e ingredientes que se utilizaron en la formulación de hamburguesa control (sin ingredientes funcionales) y en el Cuadro 4 se muestran las proporciones de materia prima e ingredientes utilizados en las diferentes formulaciones.

Cuadro 3. Formulación de hamburguesa control (sin almidón)

Ingredientes	%
<b>Carne de pollo</b>	80.91
<b>Huevo</b>	9.71
<b>Cebolla</b>	0.81
<b>Ajo</b>	0.81
<b>Perejil</b>	0.40
<b>Sal</b>	0.40
<b>Pimienta</b>	0.49
<b>Pan Molido</b>	6.47
<b>Total</b>	100

Cuadro 4. Formulación para los lotes (1, 2 y 4%)

	Carragenina	AMM 1%	AMM 2%	AMM 4%
<b>Formulaciones</b>				
<b>Ingredientes</b>	%	%	%	%
<b>Carne de pollo</b>	80.91	80.91	80.91	80.91
<b>Huevo</b>	9.71	9.71	9.71	9.71
<b>Cebolla</b>	0.81	0.81	0.81	0.81
<b>Ajo</b>	0.81	0.81	0.81	0.81
<b>Perejil</b>	0.40	0.40	0.40	0.40
<b>Sal</b>	0.40	0.40	0.40	0.40
<b>Pimienta</b>	0.49	0.49	0.49	0.49
<b>Pan Molido</b>	6.47	6.47	6.47	6.47
<b>Carragenina</b>	0.70	0.70	0.70	0.70
<b>AMM</b>		1.00	2.00	3.99

### 2.2.6. Elaboración de lotes de hamburguesa control y adicionadas con AMM y $\kappa$ -carragenina

Se elaboraron 4 diferentes lotes de 120 g, cada uno correspondientes a cada una de las formulaciones planteadas para la experimentación (0.7% de carragenina, 1, 2 y 4%) y un lote control sin adición de polisacáridos. A cada lote se le evaluó: Rendimiento en cocción, reducción de diámetro, CRA,  $a_w$  y pH, cada uno con 3 repeticiones.

En la figura 15 se presenta el diagrama de proceso de elaboración de los lotes de hamburguesa de pollo.

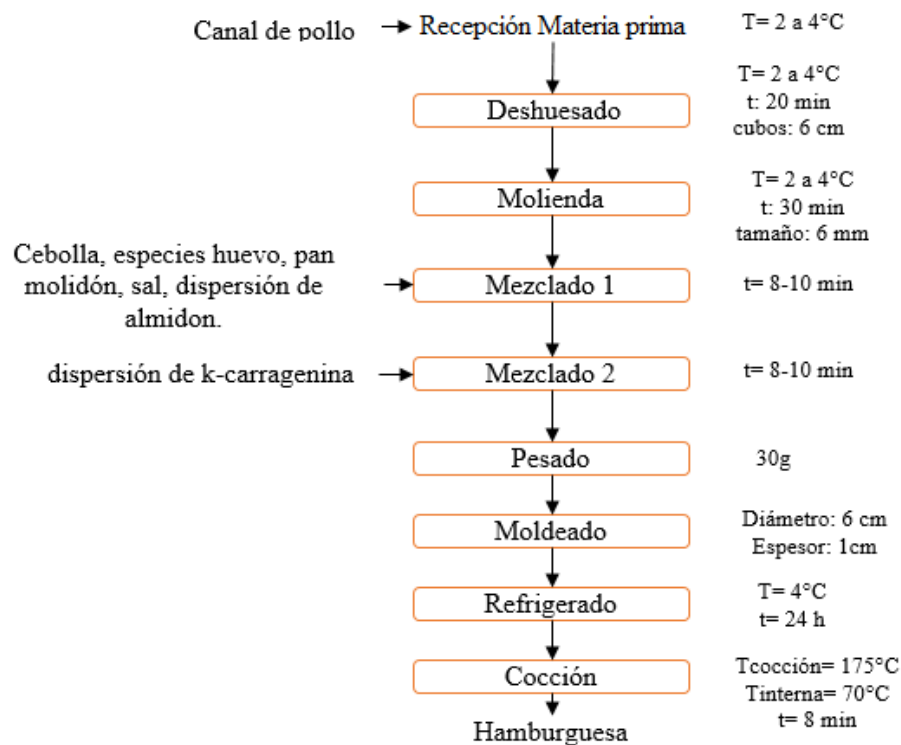


Figura 15. Diagrama de proceso para hamburguesas de carne de pollo

#### 2.2.6.1. Descripción del proceso

Se elaboraron 4 lotes adicionados con diferentes concentraciones de AMM/ $\kappa$ -carragenina y un lote testigo sin adicionar ingredientes funcionales, cada uno de los lotes fue elaborado con los pasos marcados en el diagrama de proceso antes mencionado

**Recepción de la materia prima:** Se tomó la temperatura de la canal con un termómetro. Las canales provienen de machos de 57 días, de entre 2 y 2.5 kg.



**Deshuesado:** La canal de pollo es pesada en una balanza analítica, a la canal se diseccionó, cada una de las partes fue despojada de piel, grasa, fascias y huesos, dejando sólo la pulpa (figura 16).



Figura 16. Deshuese de la canal

**Molienda:** La molienda de la carne de pollo se realizó a temperatura  $> 2^{\circ}\text{C}$  en el molino marca Torrey modelo M-12-FS (Figura 17) con cedazo ACTOOL 10/16 (Figuras 18 y 19).



Figura 17. Molienda de la carne de pollo



Figura 18. Cedazo ACTOOL 10/16 vista lateral



Figura 19. Cedazo ACTOOL 10/16 vista superior

**Mezclado 1:** La carne molida de pollo se colocó en un recipiente para facilitar su mezclado y se adicionaron los ingredientes secos: perejil, pimienta, pan molido y los ingredientes húmedos como el huevo y el AMM (1, 2, 4%), previamente hidratado en agua 1:5, AMM:agua, se mezcló manualmente, hasta obtener una mezcla homogénea (figuras 20 y 21).



Figura 20. Almidon modificado de maíz dispersado en agua

**Mezclado 2:** Se añadió 0.7% de carragenina previamente hidratada con una relación 1:3 carragenina:agua y se mezcló de manera manual hasta su incorporación completa.





Figura 21. Pasta cárnica

**Pesado y moldeado:** Se pesaron porciones de pasta cárnica de 30 gramos aproximadamente y se moldearon en círculos con dimensiones de: 6 cm de diámetro y 1 cm de espesor (Figura 22).



Figura 22. Moldeado de las hamburguesas de pollo

**Cocción:** Cada una de las hamburguesas se llevaron a cocción sobre una parrilla eléctrica de teflón marca T-Fal, a 175 °C durante 8 minutos, previamente se roció la plancha con aceite en aerosol. Se verificó la cocción de las hamburguesas al determinar que la temperatura del centro fuese de 71°C con un termómetro digital (de acuerdo con el manual de AMSA(2012), que corresponde al termino de cocción ‘Bien cocido’) (figuras 23 y 24).



Figura 23. Termómetro digital



Figura 24. Hamburguesa cocida

### 2.3. Rendimiento por pérdida en cocción

Para la evaluación del rendimiento por pérdida en cocción de cada una de las formulaciones desarrolladas, se siguió el método descrito por Piñero et al. (2004). Se pesaron las hamburguesas de cada una de las formulaciones, posteriormente se sometió a cocción en una parrilla eléctrica marca Black and Decker a 175°C durante 8 minutos y 70°C de temperatura interna, posteriormente se dejaron enfriar a 28°C antes y después se volvieron a pesar. Se determinó el % de rendimiento por pérdida en cocción usando la ecuación 1:

$$\%RC = \frac{\text{Peso de la Carne cocida (g)}}{\text{Peso de la carne cruda (g)}} \times 100 [1](\text{Piñero et al., 2004})$$



#### 2.4. Rendimiento en diámetro(dimensiones físicas)

El rendimiento de las dimensiones físicas para cada una de las formulaciones se evaluó siguiendo el método de Piñero et al. (2004). Se midieron las dimensiones físicas de cada una de las muestras antes y después de la cocción, con ayuda de un vernier. Se calculó la reducción en diámetro utilizando la ecuación 2:

$$\%RD = \frac{\text{Diámetro de H cruda} - \text{Diámetro de H cocida}}{\text{Diámetro de la H cruda}} \times 100 [2] (\text{Piñero et al., 2004})$$

Dónde:

H= Hamburguesa

#### 2.5. pH

La determinación del pH se realizó siguiendo el método descrito por Gonzalez et al. (2010). Se utilizó un potenciómetro de puncion de la marca Orión Modelo 5-Star, previamente calibrado con solución de calibración, pH 4 y pH 7. Al electrodo se le retiro el tapón que contiene la solución de calibración y se enjuagó con agua destilad; se inserto en la muestra, una vez que el valor esta fijo en la pantalla, se anota el dato, posteriormente se retiró el electro y se enjuago con agua destilada, esto se hizo cada que se tomó una nueva lectura. Se determinó en cada una de las formulaciones por triplicado y se anotaron las lecturas (figura 25).



Figura 25. Potenciómetro Orión Modelo 5-Star

## 2.6. Actividad de agua $a_w$

La evaluación de actividad de agua ( $a_w$ ) se realizó con el método AOAC 978.18, utilizando un higrómetro de punto de rocío de la marca DECAGON modelo Pa<sub>w</sub>Kit. Las muestras se colocaron en las cápsulas del mismo equipo, procurando cubrir en su totalidad la superficie de la cápsula y sin sobrepasar la mitad de la altura de la capsula, con el fin de tomar lecturas más confiables, se colocó en el equipo y se obtuvieron las lecturas (figura 26).



Figura 26. Higrómetro de punto de rocío

Los datos que se obtuvieron en el higrometro Pa<sub>w</sub>Kit fueron corregidos usando la ecuación 3 de Clausius-Clapeyron :

$$\ln \frac{(a_{w1})T_1}{(a_{w2})T_2} = \frac{h_w^E}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \dots [3]$$

Dónde:

$a_{w1}$  = Actividad de agua del higrometro

$h_w^E$  = Entalpía de vapor J/mol K

$a_{w2}$  = Actividad de agua corregida

$\ln$  = Logaritmo natural

$T_1$  = Temperatura inicial (°K)

$T_2$  = Temperatura corregida (°K)

$R$  = Constante de los gases ideales kJ/kg

Dónde se despejó  $a_w$  2 (corregida):

$$(a_w)T_2 = \frac{(a_w)T_1}{e^{\left(\frac{h_w^E}{R}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}} \dots [4]$$

$\ln$  =Logaritmo natural

$T_2$ = Temperatura corregida (°K)

$a_{w1}$ = Actividad de agua del higrometro

$R$ = constante de los gases ideales kJ/kg

$a_{w2}$ = Actividad de agua corregida

$h_w^E$ = Entalpía de vapor J/mol K

$T_1$ = Temperatura inicial (°K)

$e$  = Exponencia

## 2.7. Capacidad de retención de agua (CRA)

La determinación de la capacidad de retención de agua se realizó siguiendo el método reportado por Guerrero (2002). Se utilizó una centrífuga Centurión Scientific modelo K2015R (figura 27).



Figura 27. Centrífuga Scientific modelo K2015R

Se utilizaron tubos de centrifuga graduados, a cada tubo se le colocaron 5 g de muestra cárnica molida y se le agregaron 8mL de solución de NaCl 0.6M a 4°C y se centrifugaron durante 30 minutos a 5000 rpm a 4°C.

Nota\* Antes de colocar los tubos en la centrifuga, se calibraron en balanza de dos platos (Ohaus) para que cada equilibrar los pesos por pares (figura 28).

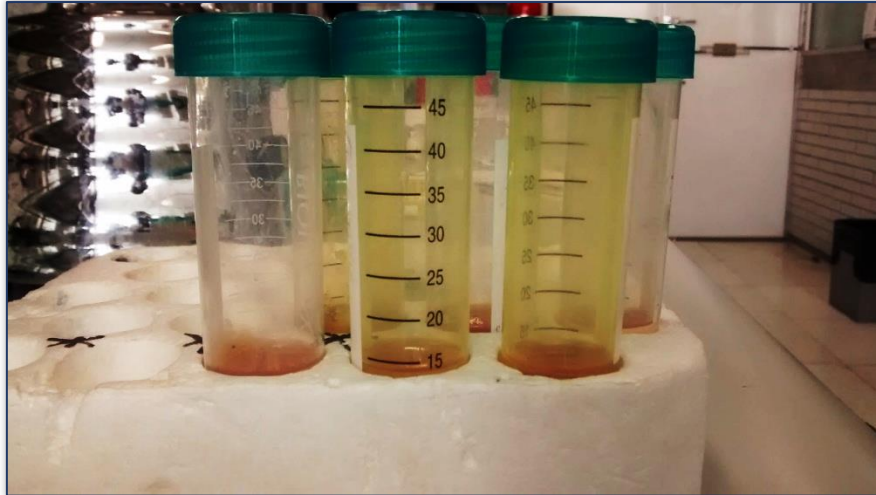


Figura 28. Tubos de centrifuga con muestra cárnica

Para el calculo de %CRA se siguió la ecuación 5 :

$$\%CRA = \frac{V_a - V_s}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \dots [5] \text{ (Guerrero, 2002)}$$

Dónde:

$V_s$  = Volumen añadido (mL)

$V_a$  = Volumen del sobrenadante (mL)



# **Capítulo III. Análisis y Discusión de Resultados**

### 3.1. Rendimiento de la canal de pollo

Los rendimientos de la canal de pollo obtenidos se muestran en el cuadro 5, donde se observa que la pechuga y la pierna/muslo presentaron rendimientos por debajo del 30%, que se consideran bajos, por lo que fue conveniente usar toda la canal para aprovechar toda la materia prima posible, además que la pechuga al tener carne magra presenta menor jugosidad, por lo que usar las demás piezas, que tiene cantidades superiores de grasa aportaron mayor jugosidad y mejoraron la textura de las hamburguesas de pollo.

Cuadro 5. Rendimiento de la canal despiezada

Pieza	Peso solo pulpa (kg)	Porcentaje (%)
<b>Canal</b>	2.860	100
<b>Pechuga</b>	0.850	29.72
<b>Pierna/muslo</b>	0.790	27.62

### 3.2. Tamaño de partícula en la molienda

Al inicio de la experimentación se planteó el uso del cedazo de 10/6 (0.6 mm) haciendo pasar la pulpa de pollo dos veces por el extrusor de carne, se elaboraron cada uno de los lotes correspondientes a cada formulación, al hacer esto, la carne aumento su viscosidad, lo que dificulto el manejo de la pasta cárnica, también provoco que exudara más líquidos con mayor rapidez, dificultando su manejo durante la cocción. Por lo que se descartó esta variable, y la pulpa de pollo solo hizo pasar una vez por el extrusor de carne con el cedazo ACTOOL 10/16.

### 3.3. Concentraciones de AMM y $\kappa$ -carragenina

Al inicio de la experimentación se planteó solo el uso del almidón modificado de maíz INGREDION Nacional E-1317, ya que promueve el aumento de la CRA, y muestra estabilidad durante el almacenamiento en refrigeración y congelación, que son necesarios para el objetivo general de este proyecto, que es la estabilidad de las hamburguesas de carne de pollo.

En la primera etapa de la experimentación para la elaboración de las hamburguesas de carne de pollo se plantearon 3 concentraciones: 2%, 4% y 8% (la NOM- 213-SAA1 marcada como límite máximo de uso el 10% sobre la formulación); para la incorporación del AMM se plantearon dos opciones a) agregar el polvo directo a la pasta cárnica y b) agregar el AMM previamente disperso en agua en una relación 1:5 (AMM:agua) sugerida por el proveedor, estas concentraciones provocaron que la pasta cárnica estuviera saturada de agua, presentando consistencia viscosa, casi líquida, dificultando el moldeado de las hamburguesas.

Posteriormente se replantearon las concentraciones, marcando límite 5% por formulación, marcando: 1%, 2% y 4%, sin embargo, las hamburguesas de pollo presentaron sinéresis durante la refrigeración, por lo que se planteó el uso de un segundo polisacárido, la  $\kappa$ -carragenina que captara el agua que el almidón no.

### 3.4. Orden de adición de los ingredientes

Para que en la pasta cárnica se captara toda el agua, el orden de adición de los ingredientes funcionales fue importante. A través de una serie de pruebas primero se agregó AMM disperso en una relación 1:5 (AMM:agua) y la  $\kappa$ -carragenina en una relación 1:3 ( $\kappa$ -carragenina: agua) siendo una mezcla 50:50 de Satiagel RPI 740 y Aubigel RPI 1035 (figura 29)



Figura 29. Carrageninas Aubigel y Satiagel

La formación del sistema cárnico se vio favorecido mediante la interacción de las proteínas miofibrilares de la carne de pollo, que están cargadas positivamente formando enlaces con las cargas negativas de los grupos sulfato de la carragenina, el agua adicionada a la formulación promueve así los enlaces que en combinación con la capacidad de ligar el agua, forman el sistema cárnico, ya que aumenta sinérgicamente la fuerza del gel.

### 3.5. Rendimientos en cocción y diámetro de los lotes

Una vez obtenidos los valores del rendimiento por pérdida en cocción (cuadro 8) para cada lote (Hamburguesa control, adicionada con  $\kappa$ -carragenina y combinación  $\kappa$ -carragenina-AMM) se realizó el análisis estadístico ANOVA de una vía con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) con en el programa MINITAB versión 16, dónde se plantearon prueba de hipótesis para los tratamientos:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.7k} = \mu_{1\%AMM\ 1\%k} = \mu_{2\%AMM1\%k} = \mu_{4\&AMM1\%k}$$

$$H_1 = \text{Al menos una } \mu \text{ es diferente}$$

Los datos obtenidos del análisis de varianza fueron se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6 ANOVA de una vía para porcentaje de pérdida durante cocción

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	22.01	5.50	3.77	0.026
Error	15	21.91	1.46		
Total	19	43.92			

De acuerdo al análisis estadístico, ANOVA de una vía, Ase observa que el nivel de significancia para los tratamiento es de  $P=0.26$ , por lo que se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se afirma que existe diferencias en cada uno de los lotes.

Cómo se puede observar en la figura 30 las medias de los rendimientos por pérdida en cocción es estadísticamente diferentes para cada uno de los lotes elaborados.



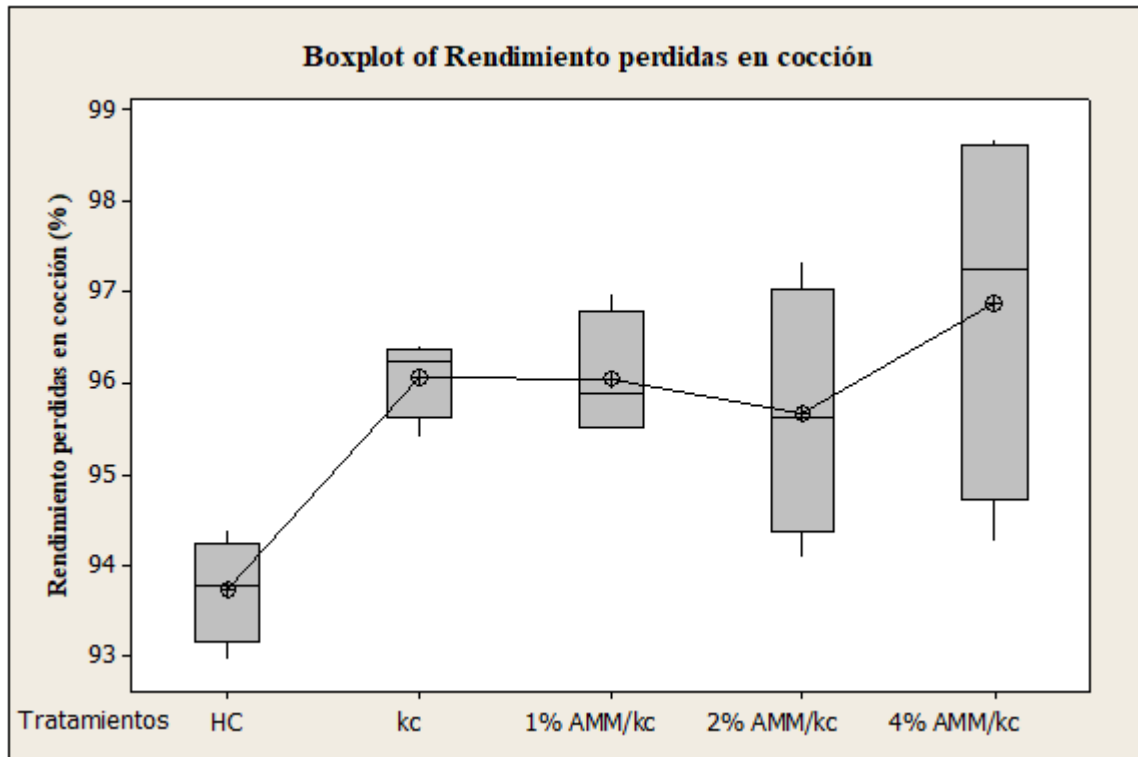


Figura 30. ANOVA de una vía para Rendimiento perdidas en cocción

Se observa que el rendimiento de 4%AMM/kc (4% AMM y 0.7%  $\kappa$ -Carragenina) presenta mayor rendimiento a comparación de HC (Hamburguesa control). Este aumento se explica ya que la  $\kappa$ -carragenina tiene la capacidad de formar geles cohesivos y el AMM tiene a la capacidad de interactuar con el agua que se encuentra en el sistema, atrapa dicha agua cuando los gránulos del almidón se hinchan durante la cocción mejorando así la estabilidad al sistema.

Por otro lado las hamburguesas testigo, aquellas que no fueron adicionadas con polisacáridos presentaron los rendimientos bajos, esto se debe a que durante la cocción las proteínas se extienden y ya que no hay presencia de polisacáridos con los cuales formar puentes de hidrógeno y que capturen el agua que se encuentra en la pasta cárnica, se desjugan.

De igual modo, después de obtener los valores del rendimiento en dimensiones para las hamburguesas de carne de pollo (Control,  $\kappa$ -carragenina y combinación de AMM/ $\kappa$ -carragenina), se realizó el análisis estadístico ANOVA en el programa de una vía con MINITAB versión 16 con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) donde se plantearon las pruebas de hipótesis para los tratamientos:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.7k} = \mu_{1\%AMM\ 1\%k} = \mu_{2\%AMM\ 1\%k} = \mu_{4\%AMM\ 1\%k}$$

$$H_1 = \text{Al menos una } \mu \text{ es diferente}$$

De acuerdo a la ANOVA (cuadro 7) que se realizó, se rechaza la hipótesis nula, ya que  $P=0.006$  y al ser  $P<0.01$  se demuestra que hay diferencias altamente significativas. Como se muestra en la figura 31 las medias de los valores del rendimiento de las dimensiones no son iguales estadísticamente.

Cuadro 7. ANOVA para rendimiento en dimensiones de hamburguesas de pollo

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	140.75	46.92	6.78	0.006
Error	12	83.00	6.92		
Total	15	223.75			

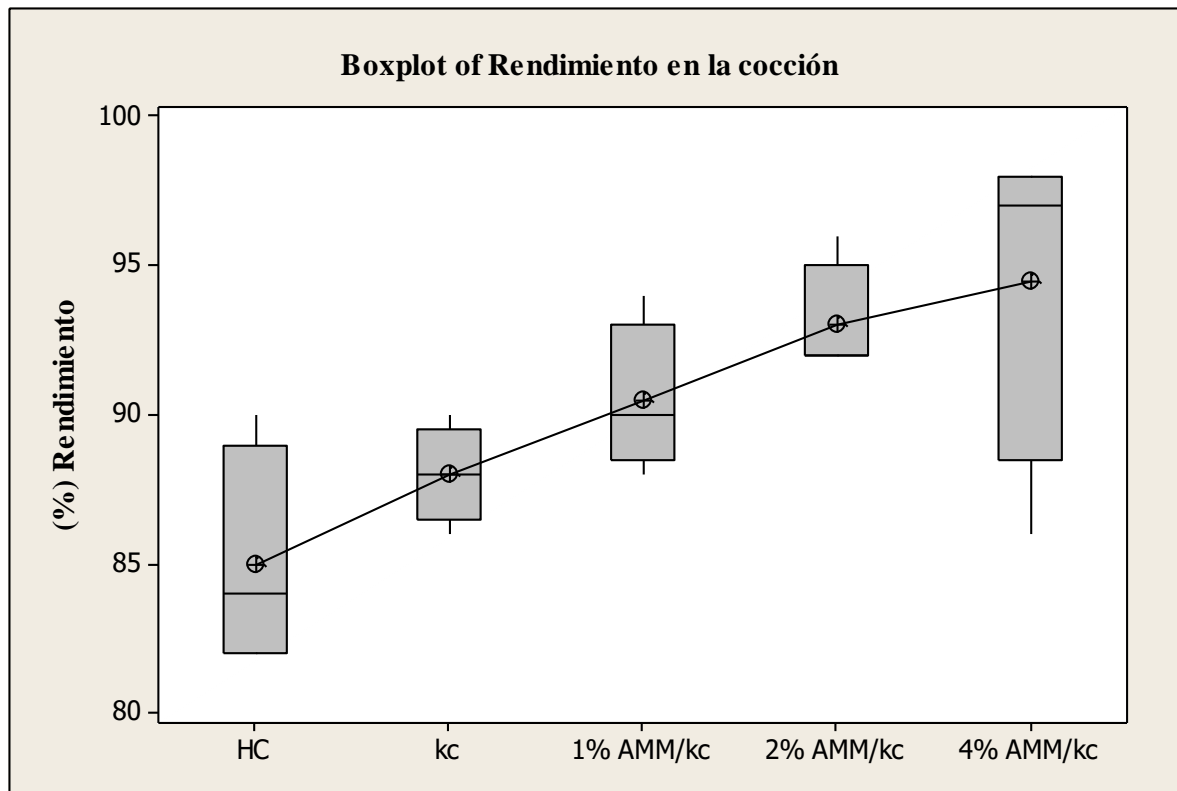


Figura 31. ANOVA de 1 vía para Reducción en tamaño

En la figura 30 se observan los rendimientos de cada una de los lotes elaborados, donde 4%AMM/kc (4%AMM y 0.7% κ-carragenina) muestra que sus dimensiones tienen mayor estabilidad con un 93% en comparación con HC (hamburguesa control) con valores de 85%, lo que representa un aumento del 7% en la estabilidad, este aumento es debido a que el almidón y la carragenina aumentan las interacciones proteína-agua, proteína-carragenina y agua-almidón, que ayudan a que el agua que se encontraba en el sistema sea capturada, formando así un sistema multi-disperso, este sistema gelifica durante la cocción lo que ocasiona que el agua que está en el sistema es retenida en las redes de la κ-carragenina que forman el gel.

### 3.6.Capacidad de retención de agua (CRA)

Una vez que se determinó la capacidad de agua para cada uno de los lotes (hamburguesa control, κ-carragenina y combinaciones de AMM/κ-carragenina), con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico, una ANOVA de una sola vía, con nivel de significancia del 5% ( $\alpha= 0.05$ ), donde se plantearon pruebas de hipótesis para cada uno de los tratamientos (lotes) que quedaron de la siguiente forma:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.7k} = \mu_{1\%AMM\ 1\%k} = \mu_{2\%AMM1\%k} = \mu_{4\&AMM1\%k}$$

$$H_1 = \text{Al menos una } \mu \text{ es diferente}$$

Los datos de la ANOVA de una vía realizado en el programa MINITAB versión 16 se muestran a continuación.

De acuerdo a la ANOVA (cuadro 8) se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  debido a que el valor de  $P= 0.000$  que es inferior al de  $\alpha= 0.05$ , lo que demuestra (Figura 32) que existe una diferencia altamente significativa entre las medias de la capacidad de retención de agua de cada uno de los lotes.

Cuadro 8. ANOVA de una vía para CRA de hamburguesas de carne de pollo

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	4	1387.7	346.9	18.86	0.000
Error	10	184	18.4		
Total	14	1571.7			

Como se observa en la figura 32 los valores de Capacidad de Retención del lote de 2% AMM y  $\kappa$ -carragenina aumentaron considerablemente en comparación a los de HC (hamburguesa control), este aumento es atribuido a la adición del AMM debido a que contiene los gránulos que, al calentarse comienzan un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermusculares amorfas, que son las menos organizadas y más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas, a medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse.

También, por otra parte, los grupos sulfato de la  $\kappa$ -carragenina que están cargados negativamente reaccionan con las cargas positivas de las proteínas miofibrilares que se encuentran en la carne como se debe a la carragenina que se encuentra en el sistema y absorbe el agua que el AMM no captó.

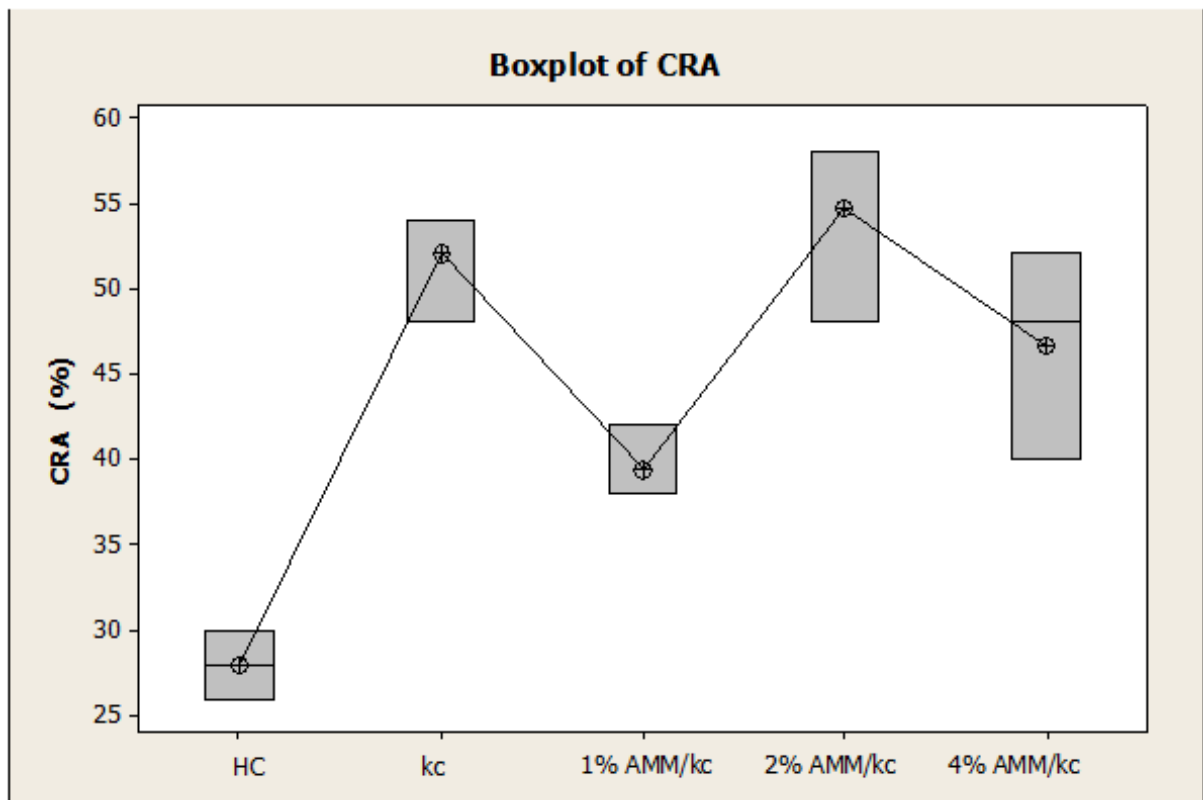


Figura 32. ANOVA de una vía para CRA

### 3.7. Determinación de pH

Una vez determinado los valores de pH para cada uno de los lotes obtenidos (Hamburguesa control, adicionada con  $\kappa$ -carragenina y combinación  $\kappa$ -carragenina-AMM) se realizó un análisis estadístico (ANOVA de una vía) con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) con en el programa MINITAB versión 16, donde se planteó la prueba de hipótesis para los tratamientos:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.7k} = \mu_{1\%AMM\ 1\%k} = \mu_{2\%AMM1\%k} = \mu_{4\&AMM1\%k}$$

$$H_1 = \text{Al menos una } \mu \text{ es diferente}$$

Dónde los datos obtenidos del análisis estadístico ANOVA de una sola vía, que muestra un valor de significancia para los valores de pH de  $P=0.046$  se presentan en el cuadro 9, por lo que la hipótesis nula  $H_0$  se acepta, ya que todos los lotes de hamburguesa de pollo fueron iguales.

Cuadro 9. ANOVA de una vía para pH

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	4	0.04360	0.01090	3.59	0.046
Error	10	0.03040	0.00304		
Total	14	0.07400			

A pesar de que la en análisis estadístico ANOVA de 1 vía no demostró que existiera diferencia significativas, en la figura 33 se observa que hay una variación en los niveles de pH encontrándose entre los intervalos de 5.85-6.0

Cabe señalar que el pH juega un papel importante para el desarrollo de un producto carnico, en este caso las hamburguesas de carne de pollo, ya que si las proteínas miofibrilares que se encuentren en el sistema estan por encima de su punto isoeléctrico aumentarán su capacidad de retener agua, ya que se aumentan las cargas negativas, las moléculas de la proteína se repelenentre si y la matriz proteica se ensancha y al mismo tiempo se hay un aument en las fuerzas de atracción eléctrica de los diposlos de agua lo que ocasiona un aumento en la CRA (Bachman, 2009), porovocando aumento en la  $a_w$  y que se vera reflejado en la jugosidad durante la masticación del producto final.

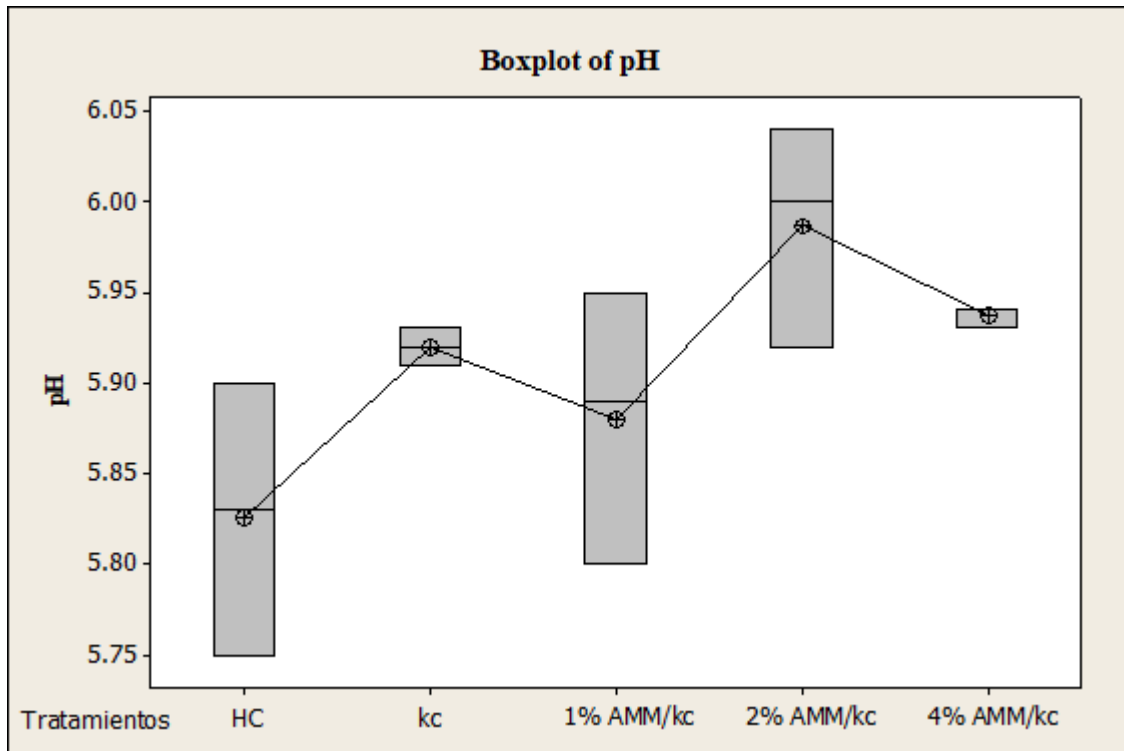


Figura 33. ANOVA de una vía para pH

### 3.8. Actividad de agua ( $a_w$ )

Se realizó la determinación de actividad de agua ( $a_w$ ) para hamburguesa control y las adicionadas con las diferentes combinaciones de AMM y  $\kappa$ -carragenina, una vez obtenidos los valores se realizó el análisis estadístico, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), posteriormente se planteó la prueba de hipótesis, quedando de la siguiente manera:

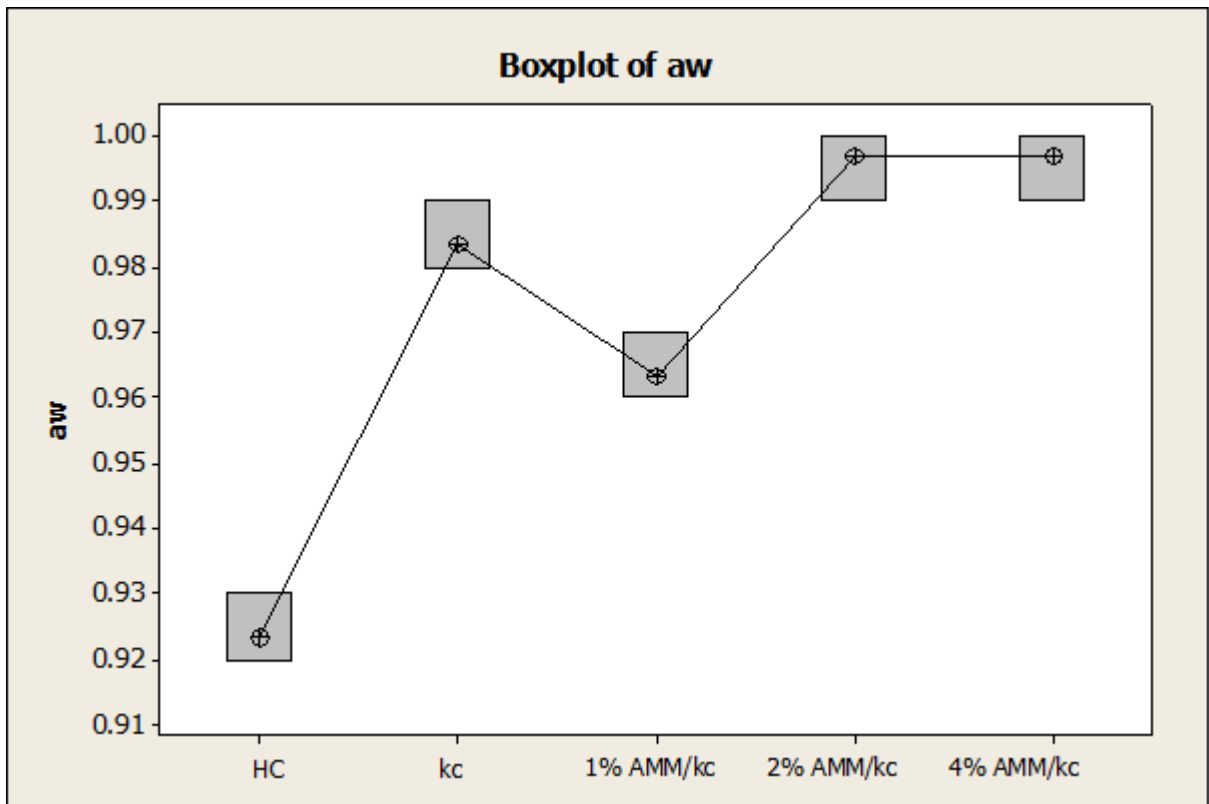
$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.7k} = \mu_{1\%AMM\ 1\%k} = \mu_{2\%AMM\ 1\%k} = \mu_{4\%AMM\ 1\%k}$$

$$H_1 = \text{Al menos una } \mu \text{ es diferente}$$

Dónde los datos obtenidos del análisis estadístico de una sola vía (cuadro 10) muestra que el valor de significancia para cada uno de los lotes es de  $P= 0.001$ , por lo que se acepta la hipótesis  $H_1$ , lo que indica que entre los lotes elaborados existen diferencias altamente significativas en los valores de actividad de agua ( $a_w$ )

Cuadro 10. ANOVA de una sola vía para actividad de agua

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	4	110.32	27.58	10.14	0.001
Error	10	26.41	2.64		
Total	14	136.73			


 Figura 34. ANOVA de una vía para  $a_w$ 

Los productos cárnicos tiene pH de 0.93 y 0.98 (Dignan, D. M., & Gavin, A. 2007) y en la figura 34 se observa que el valor de HC (hamburguesa testigo) obtuvo 0.92 de  $a_w$  que está un por debajo del intervalo señalado, esto nos indica que el agua ligada que se encuentra en el sistema es menor, provocando que la jugosidad del producto disminuyera.

Por otro lado los lotes 1 % de AMM/ $\kappa$ -carragenina (1% de AMM y 0.7%  $\kappa$ -carragenina) y 2 % de AMM/ $\kappa$ -carragenina (2% de AMM y 0.7%  $\kappa$ -carragenina) tuvieron un incremento al 0.99 y 0.98 respectivamente, donde se refleja que hubo sinergismo entre el AMM y  $\kappa$ -carragenina, podemos decir que la combinación de concentración de AMM del 2% y  $\kappa$ -carragenina es la combinación óptima, ya que durante la cocción las proteínas de la carne de



pollo se desnaturalizan y es donde la formación del gel se ve favorecida por la interacción entre las proteínas de la carne, el AMM y la  $\kappa$ -carragenina, formándose puentes de hidrógeno en donde el agua y la grasa que se encuentran en el sistema quedan atrapadas dentro de la hamburguesa en una especie de matriz y no se libera durante la cocción ya que las proteínas se coagulan.



## Conclusiones

En éste trabajo se planteó como principal objetivo evaluar el efecto de la adición AMM y  $\kappa$ -carragenina en la estabilidad de hamburguesas de carne de pollo para fundamentar la estabilidad en sus propiedades físicas y fisicoquímicas. Con base en los análisis de resultados de la investigación se concluye lo siguiente:

- En cuanto al rendimiento por pérdida durante la cocción, presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para las combinaciones de 4% AMM y  $\kappa$ -carragenina mientras que para los rendimientos en las dimensiones de carne de pollo se presentaron diferencias altamente significativas para la misma combinación de polisacáridos .
- La evaluación de la CRA presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) tanto para las combinaciones de 4% AMM y  $\kappa$ -carragenina y 2% AMM y  $\kappa$ -carragenina, siendo esta última la más alta, con una diferencia menor al 5%.
- La  $a_w$  presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ) para las combinaciones de 4% AMM y  $\kappa$ -carragenina y 2% AMM y  $\kappa$ -carragenina, siendo esta última la más alta.
- Mientras que los resultados de pH de las hamburguesas elaboradas sólo con carne de pollo, no presentaron diferencias ( $P > 0.05$ )

De acuerdo a lo antes mencionado se demostró que la adición de AMM a las formulaciones mejoró los rendimientos del producto cárnico, aunque no fue suficiente ya que el AMM no tuvo la capacidad de atrapar el agua que se encontraba en el sistema por lo que fue necesario agregar  $\kappa$ -carragenina, demostrando que actuaron de forma sinérgica, haciendo a la hamburguesa mas estable, elevando así la CRA y promoviendo un mayor rendimiento en la cocción y el diámetro; en consecuencia presentó una mejor textura, jugosidad y consistencia.

La hipótesis es aceptada ya que los resultados obtenidos durante la experimentación demuestran que al adicionar de 4% AMM y  $\kappa$ -carragenina tanto los parámetros físicos (CRA, Rendimiento en cocción y diámetro) como físicoquímicos (pH y  $a_w$ ) aumentan, haciendo que las hamburguesas de carne de pollo sean mas estables.



## Bibliografía

- AOAC. Official methods of analysis. Washington DC USA: Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 17<sup>th</sup> ed. 2000.
- Bachmann, M. P. U. (2009). Efecto de la Adición de Lactato de Sodio Sobre la Conservación de la Carne de Bovino de Corte Oscuro Envasada al Vacío, Almacenada a 4° C.
- Badui, D. S. (2006). Química de alimentos. 4<sup>a</sup> Ed. Pearson Educación, México.
- Bailey, A. J., & Light, N. D. (1989). Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied Science.
- Bautista, Y., Narciso, C., Pro, A., Hernández, A. S., Becerril, C. M., Sosa, E., & Velasco, J. (2016). Efecto del estrés por calor y tiempo de espera ante mortem en las características fisicoquímicas y la calidad de la carne de pollo. Archivos de medicina veterinaria, 48(1), 89-97.
- Bedolla Bernal, S., Duenas Gallegos, C., Esquivel Ibarra, I, Favela Torres, T., Guerrero Huerta, R., Mendoza, E., & Quiroz Bravo, M. (2000). Introducción a la Tecnología de Alimentos. Academia del Area de Plantas Piloto de Alimentos.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). Química de los alimentos. Acribia, Zaragoza.
- Bello Pérez, L. A., Contreras Ramos, S. M., Romero Manilla, R., Solorza Feria, J., & Jiménez Aparicio, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano Musa paradisiaca L. (Var. Macho). Agrociencia, 36(2).
- Bernal, B., Gallegos, s. D., Ibarra, C. E., Torres, I. F., Huerta, T. G., Mendoza, R.,... & Bravo, O. Q. (2000). Introducción a la tecnología de alimentos. Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos
- Carballo B., López de Torre G., y Madrid A., (2001). Tecnología de la carne y de los productos cárnicos, Mundi-Prensa, España, pp.321.
- Carballo, B. y López de torre, G. (1991). Manual de bioquímica y tecnología de la carne, ed. Madrid Vicente. Madrid.
- DeFreitas, Z., Sebranek, J. G., Olson, D. G., & Carr, J. M. (1997). Carrageenan Effects on Salt-Soluble Meat Proteins in Model Systems. Journal of Food Science, 62(3), 539-543.
- Fennema, O. R. (2010) Química de los alimentos. España. Acribia
- Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.B. Hedrick, M. D. Judge y R. Merkel. 1979. Fundamentos de ciencia de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza (España).



- González-Redondo, P., Horcada, A., Valera, M., and Alcalde, M. J. (2010). Water holding capacity and pH of meat from the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) hunted Specimens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(11), 1560-1564.
- Guerrero Legarreta, I. (2006). *Ciencia y tecnología de carnes* (No. 664.9 C569c). México, MX: Limusa.
- Hofmann, K. (1988). El pH, una característica de la calidad de la carne. *Fleischwirtsch, español*, 1, 13-18.
- Johnson, J. L. (1994). Pathogenic Microorganisms and Microbial Toxins Associated with Muscle Foods. In *Muscle Foods* (pp. 248-287). Springer, Boston, MA.
- Judge, M. D.; Aberle, L. D.; Forrest, J. C. y Hedrick, H. B. (1989). En Dutson, T. R. y Carter, A. (1984). *Microstructure and Biochemistry of Avian Muscle and its relevance to meat Processing Industries. Symposium: Body growth and avian muscle.*
- Lawrie, R. A. (1985) *Meat Science*, 4ta Edición, Pergamon, Oxford.
- Norma Mexicana NMX-FF-080-SCFI-2006 Productos avícolas-Carne de pollo de Engorda en canal y en piezas-Clasificación
- Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA1-1993, bienes y servicios. Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias.
- Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Paniagua, R., Nistal, M., Sesma, P., Álvarez, U. M., Fraile, B., Anadón, R., y De Miguel, M. P. (1998). *Citología e histología vegetal y animal*. McGraw-Hill Interamericana.
- Piñero, C., Patricia, M., Ferrer, M., Ann, M., Arenas de Moreno, L., Huerta Leidenz, N., y Barboza, Y. (2004). Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesas de res “bajas en grasas” elaboradas con  $\beta$ -glucano. *Revista Científica*, 14(006).
- Barbut, S. (2011). Reducing fats in processed meat products. *Processed Meats*, Volume 65, Pp 346-371. Marzo
- Prandl, O., Fisher, A., Schmidhofer, T., y Sinell, H. (1994). *Tecnología e higiene de la carne*, Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Price, J. F. y Schweigert, B.S. (1987). *The science of meat and meat producís*. W.H. Freeman and Company. San Francisco, E.U. pp 1-77

Rodríguez, M. E. (1990). Industria de la alimentación. Librería Editorial Bellisco. Madrid. España

Swatland, H. J. (1991). Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

Warris, P.D. (2003). Ciencia de la carne. Ed Acribia, S.A. Zaragoza (España).

Wong, D. W. (1995). Química de los alimentos: mecanismos y teoría. Acribia, Zaragoza.

### **Páginas de Internet.**

Araneda, M. (2016). Carnes y derivados. Composición y propiedades. Recuperado de: <http://www.edualimentaria.com/carnes-cecinas-composicion-propiedades> Visitado diciembre de 2017

Avicultura carne. (2015). Panorama Agroalimentario. México. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61946/Panorama\\_Agroalimentario\\_Avicultura\\_Carne\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61946/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2015.pdf) Visitado en diciembre 2017

CONAPO. (2016). Estimados de población en México. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61946/Panorama\\_Agroalimentario\\_Avicultura\\_Carne\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61946/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2015.pdf) Visitado diciembre de 2016

El sitio Avícola. (2017). México, séptimo productor de pollo de engorda en el mundo. Recuperado de: <http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/32274/maxico-saptimo-productor-de-pollo-de-engorda-en-el-mundo/> Visitado en diciembre de 2017

El Sitio Avícola. (2014). Producción avícola mexicana en la última década. Recuperado de: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2613/produccion-avicola-mexicana-en-la-ultima-dacada/> Abril de 2016

FAO. (2007). Composición de la carne. Recuperado de: [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_composition.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html) Visitado diciembre 2010

Industria Alimenticia. (2017). Informe anual cárnico y avícola. Recuperado de: <https://www.industriaalimenticia.com/articles/88696-informe-anual-c%C3%A1rnico-y-av%C3%ADcol> Visitado abril de 2016.

Industria Alimenticia. (2017). Informe anual México 2017. Recuperado de: <https://www.industriaalimenticia.com/articles/89054-informe-anual-m%C3%A9xico-2017> Visitado en Diciembre del 2017

Porto, S. (2003) Carragenina. Recuperado de: <http://www.argagel.com.br/carragenina-tec.html> Visitado mayo de 2016



- RENAPRA. (2017) El sodio en los alimentos. (2017). Recuperado de: <https://sodioenlosalimentos.wordpress.com/funciones-de-la-sal-en-los-alimentos/> Visitado Mayo 2016.
- SAGARPA. (2012). Aumento 89.5% El consumo de carne por persona en México en dos décadas. [Comunicado de prensa]. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/boletines/Paginas/B0502012.aspx> Visitado diciembre de 2017
- SAGARPA. (2013) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Carne de pollo Mexicana. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/15.%20Carne%20de%20pollo%20mexicana.pdf> Visitado en Diciembre del 2017
- SAGARPA. (2017). México se consolida en quinto lugar como productor de pollo y huevo a nivel mundial. [Comunicado de prensa]. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/queretaro/boletines/Paginas/001b2017.aspx#> Visitado en diciembre 2017.
- SAGARPA. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México. Recuperado en: <http://www.sagarpa.gob.mx> Visitado en Diciembre del 2017
- SAGARPA/SIAP/ASERCA, SE y SHCP/SAT/AGA. (2013). Cosechando números del campo. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/15.%20Carne%20de%20pollo%20mexicana.pdf> Visitado en Diciembre del 2017
- Unión Nacional de Avicultores. (2014). Crecerá 2.5% la avicultura mexicana en 2015. Recuperado de: [www.una.org.mx/index.php/panorama/15-panorama/56-crecera-2-5-la-avicultura-mexicana-en-2015](http://www.una.org.mx/index.php/panorama/15-panorama/56-crecera-2-5-la-avicultura-mexicana-en-2015) Visitado abril de 2016
- Unión Nacional de Avicultores. (2014). Situación de la Avicultura Mexicana. Recuperado de: <http://www.una.org.mx/index.php/panorama/la-afeccion-de-la-influenza-aviar-h7n3-en-las-exportaciones-avicolas/15-panorama/3-avicultura> Visitado mayo de 2016
- USDA-FAS. 2016. Mexico, Poultry and Products Semi-annual.



# ANEXOS



## Anexo A: Carragenina Satiagel RPI 740



# Satiagel™ RPI 740

**DISPERSION**

To disperse the product without lumps:

- premix the powder with the other dry ingredients,
- or, disperse it in a non-solvent medium (oil, alcohol), and pour the preparation into the liquid while stirring. Continue stirring to obtain a complete dispersion.

**DISSOLUTION**

The dissolution of the product depends on the medium and the process : it is improved by heat-treatment (time, temperature), shear-stress (propeller, exchanger, homogenizer).

A complete dissolution can be obtained from 70°C (158°F).

**MEDIA / USES**

The product can be used in aqueous, dairy, or fruit media, with various total solids contents. It is however standardized in water, to ensure a constant reactivity in cooked cured meat products.

**TEXTURE**

The gel sets when cooled to a temperature of between 40 to 45°C (104 - 113°F).

**DESCRIPTION**

SATIAGEL™ RPI 740 is a food additive used as a texturant. It is a gelling agent particularly suited to improve texture and overall appearance of cooked cured meat products. Incorporated during injection at a concentration of between 0.20 to 0.50 % of the final product, it helps to reduce cook out losses, it improves the binding and slicing parameters giving a smoother tasting product.

This product consists of:

- ♦ CARRAGEENANS (extract of red seaweeds) E 407
- ♦ DEXTROSE

**PURITY AND LEGAL STATUS**

Carrageenan contained in Satiagel™ RPI 740 conforms to the definition and specifications from JECFA (FAO/WHO), FDA (21 CFR) and European Community (Directive 96/77/EC as amended). However, we recommend that the user ensures that this product is in compliance with the local regulations in force, particularly in the country where the product is to be consumed.

**CHARACTERISTICS**

Rheology :	Break strength of a gel at 1% in brine : 520 - 630 g measured at 10°C (50°F), on a Penetrometer
pH (gum):	8 to 11 - measured in a 1% aqueous solution
Aspect, Flavor:	A creamy-white to light-brown powder, of neutral odor and flavor
Particle size (gum) :	90 % less than 100 microns (ASTM screen N°140)
Loss on drying:	Not more than 12%
Bacteriological:	Total plate count : Max 5000 CFU/gram Yeast and Molds : Max 300 CFU/gram Pathogenic bacteria (E.Coli in 5 grams, Salmonella in 10 grams) : Negative by tests



## SATIAGEL™ RPI 740

**GMO STATUS**

SATIAGEL™ RPI 740 is not submitted to a specific labelling according to (EC) regulations N° 1829/2003 and 1830/2003.

**ALLERGENS**

Opposite table indicates the presence (as added component) of the following allergens and products thereof.

**KOSHER**

This product is certified as Kosher parve. Passover Quality on request (Special production).

**HALAL**

This product is certified Halal.

**PACKAGING AND STORAGE**

25 kg net cartons lined with a polyethylene bag (other packaging are available on request). Store away from heat and moisture.

**SHELF-LIFE**

This product, when stored in the previously mentioned conditions and in its original unopened packaging, will maintain its initial properties for at least 3 years.

**SAFETY AND HANDLING**

A material safety data sheet is available on request.

E N°	CAS N°	EINECS N°
E 407	9000-07-1	232-524-2
Dextrose	77938-63-7	-----

Allergens (as ingredient)	Yes	No	Information
Cereals containing gluten*		x	
Crustaceans		x	
Eggs		x	
Fish		x	
Peanuts		x	
Soybeans		x	
Milk (incl. Lactose)		x	
Nuts**		x	
Celery		x	
Mustard		x	
Sesame Seeds		x	
Sulphur dioxide and sulphites (> 10 mg/kg)		x	
Lupin		x	
Molluscs		x	

\* Cereals containing gluten (i.e. wheat, rye, barley, oats, spelt, kamut or their hybridised strains)

\*\* Nuts i.e. : Almond, Hazelnut, Walnut, Cashew, Pecan nut, Brazil nut, Pistachio nut, Macadamia nut and Queensland nut.

Nutritional Information			
Average values for 100 grams	US Version	EC Version	Japan Version
<b>Calories/Energy</b>	230 kcal / 950 kJ	5 kcal / 30 kJ	120 kcal / 490 kJ
Calories from fat	0 kcal / 0 kJ	0 kcal / 0 kJ	0 kcal / 0 kJ
<b>Total fat</b>	0 g	0 g	0 g
Saturated fat	0 g	0 g	0 g
Trans fat	0 g	0 g	0 g
Cholesterol	0 mg	0 mg	0 mg
<b>Total carbohydrate</b>	57 g	2 g	2 g
Dietary fiber	55 g	55 g	55 g
Sugars	2 g	2 g	2 g
<b>Protein</b>	0 g	0 g	0 g
<b>Vitamins and minerals</b>			
Vitamin A	0 I.U.	0 I.U.	0 I.U.
Vitamin C	0 mg	0 mg	0 mg
Sodium	1900 mg	1900 mg	1900 mg
Potassium	15100 mg	15100 mg	15100 mg
Calcium	40 mg	40 mg	40 mg
Magnesium	20 mg	20 mg	20 mg
Iron	0 mg	0 mg	0 mg
<b>Moisture</b>	6 g	6 g	6 g
<b>Ash</b>	38 g	38 g	38 g

This nutritional datasheet has been established following the current regulations requirements at the time of edition. The values are based on our best knowledge. They are calculated on the basis of average values obtained from our own measurements or from the literature. These values are given for information only and are not to be considered as specifications. They do not constitute a guarantee as to the properties of the product.





## Anexo B: Ficha técnica Aubysel RP1 1035



# Aubysel™ RPI 1035

Ex Test Product XPR-PI1035

## PROPERTIES

### DISPERSION

To disperse the product without lumps :

- ◆ premix the powder with the other dry ingredients,
- ◆ or, disperse it in a non-solvent medium (oil, alcohol), and pour the preparation into the liquid whilst stirring. Continue stirring to obtain a complete dispersion.

### DISSOLUTION

The dissolution of the product depends on the medium and the process : it is improved by heat-treatment (time, temperature), shear-stress (propeller, exchanger, homogenizer).

A complete dissolution can be obtained from 70°C (158°F).

### MEDIA / USES

The product can be used in aqueous, dairy, or fruit media, with various total solids contents. It is however standardized in brine, to ensure a constant reactivity in cooked cured meat products.

### TEXTURE

The gel sets when cooled to a temperature of between 40 to 45°C (104-113°F).

## DESCRIPTION

AUBYGEL™ RPI 1035 is a Food Additive used as a texturant. It is a gelling agent particularly suited to improve texture and overall appearance of cooked cured meat products. Incorporated during injection and/or tumbling at a concentration of between 0.20 to 0.50 % of the final product, it helps to reduce cook out losses, it improves the binding and slicing parameters giving a smoother tasting product.

Components specifications comply with regulation in force : FDA (Code of Federal Regulations), Food Chemicals Codex standards. However, we recommend that the user ensures that this product is in compliance with the local regulations in force, particularly in the country where the product is to be consumed.

The product consists of :

- ◆ CARRAGEENANS
- ◆ POTASSIUM CHLORIDE

## CHARACTERISTICS

Rheology :	Break strength of a gel at 1 % in brine : 270 - 340 g measured at 10°C (50°F), on a Penetrometer
pH :	8 to 11 - measured in a 1 % aqueous solution
Aspect, Flavour :	A creamy-white to light-brown powder, of neutral odour and flavour.
Particle size :	At least 80 % less than 100 microns (ASTM screen N°140)
Loss on drying :	Not more than 12 %
Bacteriological :	Total plate count : Not more than 2000 per gram Yeasts and Molds : Not more than 200 per gram Pathogenic bacteria (E. coli, salmonella) : Negative by tests

## PACKAGING AND STORAGE

25 Kg net cartons lined with a polyethylene bag (other packagings are available on request). Store away from heat and moisture, preferably at a temperature inferior to 25°C (77°F) and at about 65 % relative humidity. This product, when stored in the previously mentioned conditions and in its original unopened packaging, will maintain its initial properties for at least 2 years.

R - PN 2683 - 21/11/02 - 02



## Anexo C: Ficha Técnica Almidón Modificado de Maíz National 1317

## Boletín técnico

Ingredion México, S.A. de C.V.

**NATIONAL™ 1317**

NATIONAL™ 1317 es un almidón modificado de maíz de grado alimenticio. Está diseñado para dar beneficios superiores a los almidones nativos utilizados actualmente. Puede sustituir parcial o totalmente a los almidones nativos de papa, trigo, maíz y/o tapioca, lo que lo hace particularmente adecuado para su aplicación en productos cárnicos y lácteos.

**PROPIEDADES FÍSICAS**

Color	Blanco a ligero amarillo
Apariencia	Polvo fino
Humedad, (%)	14% máximo
pH (@ 20%)	4.8 – 7.2

**CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS**

**Retenedor de Agua:** NATIONAL™ 1317 tiene buena capacidad de retención de agua, lo que lo hace ideal para la industria de carnes procesadas, especialmente en productos embutidos donde se requiere también de una buena rebanabilidad del producto terminado así como para la manufactura de quesos análogos.

**Reemplazante de Almidones Nativos:** NATIONAL™ 1317 no requiere de modificaciones a las condiciones normales de proceso y se puede llegar a tener un reemplazo de féculas nativas de uno a uno con beneficios superiores.

**Estabilidad bajo refrigeración:** NATIONAL™ 1317 muestra excelente estabilidad durante el almacenamiento en refrigeración y congelación

**Resistencia a condiciones de proceso:** NATIONAL™ 1317 tiene muy buena resistencia a esfuerzos mecánicos y a sistemas ácidos.

**APLICACIONES****CÁRNICOS**

**Rollos de pavo, jamón y productos emulsificados:** NATIONAL™ 1317 se adiciona durante la etapa de preparación de la salmuera o justo antes de la formación de la emulsión. Al aumentar la temperatura interna del producto y alcanzando los 74 – 78 °C en punto frío, NATIONAL™ 1317 alcanza una completa gelatinización, fijando el agua y ayudando a reafirmar la textura del producto final, evitando la generación de sinéresis, y por tanto incrementando la vida de anaquel de producto.

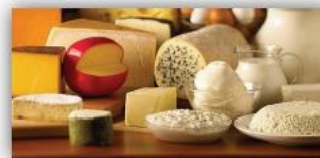
Para productos como jamones y rollos de pavo, los trozos cárnicos pueden ser masajeados o inyectados con la salmuera conteniendo el NATIONAL™ 1317 antes del calentamiento. La subsiguiente refrigeración o congelación de los productos no afectará la textura en forma importante

**LÁCTEOS**

**Quesos procesados (barra, americano, semi madurados):** NATIONAL™ 1317 se adiciona durante el proceso de mezclado, antes de la pasteurización, desarrolla textura de gel por lo que puede sustituir gomas.

NATIONAL™ 1317 alcanza una completa gelatinización, fijando el agua y ayudando a reafirmar la textura del producto final evitando sinéresis e incrementando la vida de anaquel del producto.

Se obtienen buenos rendimientos sustituyendo proteína dependiendo de la cantidad sustituida y las condiciones de proceso.



Fecha Efectiva: Mayo 1, 2013

La Información proporcionada ha sido recabada de diversas fuentes, las cuales Ingredion y sus afiliadas consideran confiables; sin embargo, Ingredion y sus afiliadas no proporcionan ninguna garantía respecto a esta información. No se asume responsabilidad alguna por cualquier daño relacionado con el producto, cada usuario debe determinar y asumir los posibles riesgos en la aplicación del producto y su uso específico.

La marca y logo INGREDION son marcas registradas de la compañía del grupo Ingredion. Todos los derechos reservados. Derechos registrados © 2013.

**Ingredion México, S.A. de C.V.**

Av. Mariano Otero 1249 Piso 9  
Torre Atlántico.  
Col. Rinconada del Bosque, 44530  
Guadalajara, Jalisco, México  
T: +52 (33) 3884 9000

[ingredion.mx](http://ingredion.mx)

ISO  
FPO



Ingredion™

Ingredion México, S.A. de C.V.

**NATIONAL™ 1317****CERTIFICACIONES**

NATIONAL™ 1317 cumple con los requerimientos de las siguientes certificaciones:

- Certificado Kosher
- Certificado Halal
- Certificado ISO 9001
- Certificado ISO 22000

**ETIQUETADO**

"Almidón Modificado de Maíz Grado Alimenticio"

**EMPAQUE**

Saco de papel kraft multicapa, con un peso neto de 25 kg. Se recomienda sea almacenado en lugares limpios, secos y a temperatura ambiente, alejado de la luz solar directa, así como de materiales aromáticos.

**FÓRMULA**

La siguiente fórmula indica el uso de NATIONAL™ 1317 en un jamón de 100% de rendimiento

Ingredientes	CONTROL	NSFI
	%	%
Agua + Hielo	37.11	38.41
Carne	50	50
Almidón Nativo	6	0
Proteína	2.7	2.7
Sal	1.4	1.4
Dextrosa	0.4	0.4
Carragenina	1.34	1.34
NATIONAL™ 1317	0	4.5
Fosfatos	0.3	0.3
Nitratos	0.1	0.3
Eritorbato	0.05	0.05
Sabor	0.6	0.6
Color	c.b.p.	c.b.p.
Total	100	100

**PROCEDIMIENTO**

1. Disolver totalmente los Fosfatos en el agua fría (4°C)
2. Disolver la Sal y la Proteína.
3. Mezclar la Dextrosa y la Carragenina para su disolución.
4. Mezclar los Nitratos y Eritorbato para su disolución.
5. Disolver NATIONAL™ 1317
6. Disolver el color y el sabor (al gusto).
7. La temperatura en la etapa de preparación de la salmuera no debe exceder los 10°C.
8. Moler la carne o picarla finamente.
9. Mezclar la carne con la salmuera ya sea en masajeadora o en batidora por 30 min sin exceder los 10° C promedio.
10. Dejar reposar esta mezcla en refrigeración por 12 horas.
11. Embutir.
12. Colocar en moldes y cocinar por 3 horas en un baño de agua a 79°C (para alcanzar una temperatura en punto frío de 76°C).
13. Desmoldar y dejar enfriar por 12 horas.

Fecha Efectiva: Mayo 1, 2013

La Información proporcionada ha sido recabada de diversas fuentes, las cuales Ingredion y sus afiliadas consideran confiables; sin embargo, Ingredion y sus afiliadas no proporcionan ninguna garantía respecto a esta información. No se asume responsabilidad alguna por cualquier daño relacionado con el producto, cada usuario debe determinar y asumir los posibles riesgos en la aplicación del producto y su uso específico.

La marca y logo INGREDION son marcas registradas de la compañía del grupo Ingredion. Todos los derechos reservados. Derechos registrados © 2013.

**Ingredion México, S.A. de C.V.**

Av. Mariano Otero 1249 Piso 9  
Torre Atlántico,  
Col. Rinconada del Bosque, 44530  
Guadalajara, Jalisco, México  
T: +52 (33) 3884 9000

[ingredion.mx](http://ingredion.mx)

ISO  
FPO