



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**  
**CUAUTITLÁN**

**Efecto de la adición de almidón pregelatinizado en la estabilidad de una emulsión de  
carne de pollo tipo salchicha**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**César Iván Romero Zamora**

**ASESORAS:**

Dra. Adriana Llorente Bousquets

I.A. María Guadalupe López Franco

Cuautitlán Izcalli, Estado de México. 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
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 almidón pregelatinizado en la estabilidad de una emulsión de carne de pollo tipo salchicha.

Que presenta el pasante: César Iván Romero Zamora  
Con número de cuenta: 308281053 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 25 de Mayo de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. Adriana Llorente Bousquets	
<b>VOCAL</b>	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Patricia Muñoz Aguilar	
<b>1er. SUPLENTE</b>	I.A. Evangelina Hernández Granada	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en C. Jonathan Coria Hernández	

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

LMCF/mmgm\*

**Esta tesis forma parte de los proyectos del Taller  
Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos: Procesos  
Tecnológicos de Productos Cárnicos  
Laboratorio 7 de Bioconservación en la Unidad de Investigación  
Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores  
Cuautitlán**

**Se agradece al Proyecto DGAPA-PAPIIT IT202312  
"ESTRATEGIAS DE BIOCONSERVACIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE LA CARNE Y SUS PRODUCTOS" por  
el apoyo recibido para este proyecto de tesis  
Y al Proyecto PIAPI 1635 "PROCESOS TECNOLÓGICOS  
DE PRODUCTOS CÁRNICOS"**

## AGRADECIMIENTOS

*Al destino, a la vida y a dios*, agradezco por todas las situaciones que me han sucedido malas y buenas que ha hecho de mí una mejor persona y sé que gracias a todo lo que ha pasado he llegado hasta este punto de mi vida.

*A la Dra. Adriana Llorente*, Gracias por todo, por las enseñanzas, los jalones de orejas, por todo el apoyo que me ha brindado en esta etapa, a pesar de todas las actividades que tiene me apoyó en este proyecto para poder culminar con este ciclo.

*Al M. en C. Jonathan Coria*, de verdad te agradezco lo amable que fuiste conmigo y mis compañeros en el taller, por el apoyo en la revisión de tesis para poder terminar esta etapa.

*A mi familia, mi papá Javier* te agradezco por todo el apoyo que me diste desde el inicio de mis estudios nunca olvidare que pasara lo pasara siempre me diste mis pesos para mis pasajes libros, uniformes etc. Gracias jefe.

*A mi hermano Javier*, Sin duda es interminable el apoyo que me haz brindado desde siempre, gracias por el apoyo moral, económico, las pláticas, los regaños y todo, se perfectamente que siempre ha sido por mi bien. De hecho nunca terminaría de agradecerte tantas cosas de verdad no hay palabras para poder explicar lo que siento pero lo que si te puedo decir es que te agradezco infinitamente tu apoyo y tu cariño por eso mismo te dedico esta meta cumplida y espero no sea la única.

*A mi hermana Claudia*, Gracias hermana por todo el apoyo que me diste cuando era pequeño las tareas del kínder, llevarme a la escuela darme de comer, cuidarme. Muchas gracias carnala sé qué veces se te va el avión pero de verdad muchas gracias por todo.

*A mi mamá Rosa*, jefa se perfectamente que no ha sido lo mejor, siempre haz estado ocupada y cosas así pero si hay algo que siempre te agradeceré y es que siempre hay o habrá algo de comer en la mesa por ti y no solo algo cualquiera si no algo rico, me haz demostrado que eres una muy buena madre. De verdad muchas gracias.

*A Brennda*, la persona indicada en el momento correcto, llegaste en el mejor momento para hacer las cosas bien, gracias por todo el apoyo que me haz dado por estar siempre en la buenas y en las malas es tan gratificante que me acompañes en esta etapa tan especial de verdad muchas gracias. Eres mi regalito.

*A mis amigos Eduardo y Héctor* (Goma y Kbzn), pff lo mejores vales gracias por todo siempre el apoyo incondicional sin importar cuantas veces los deje plantados ja gracias por siempre estar ahí en todo.

*A Walter y a Luis (Viejón)*, Gracias por la amistad desde el primer semestre espero sigamos más tiempo así.

***“El coraje no es tener la fortaleza de seguir adelante; es seguir adelante cuando no tienes la fuerza”.***

(Theodore Roosevelt)

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE CUADROS .....	9
ABREVIATURAS .....	10
RESUMEN .....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
Capítulo 1 MARCO TEÓRICO .....	13
1.1 Carne .....	14
1.1.1 Pechuga de pollo .....	14
1.2 pH de la carne .....	15
1.3 Factores que afectan la calidad de la carne de pollo .....	16
1.3.1 Factores <i>ante mortem</i> .....	17
1.3.2 Factores <i>post mortem</i> .....	19
1.4 Emulsiones .....	21
1.4.1 Emulsión cárnica .....	22
1.4.2 Desarrollo de emulsión cárnica .....	22
1.5 Productos cárnicos procesados NOM-213-SSA1-2005 .....	23
1.5.1 Productos cárnicos cocidos .....	24
1.5.2 Salchichas .....	24
1.5.3 Funcionalidad de ingredientes .....	24
1.6 Almidón .....	29
1.6.1 Almidón Pregelatinizado .....	29
1.6.2 Gelatinización .....	30
1.7 Estabilidad de Emulsión .....	31
1.7.1 Capacidad de retención de agua .....	31
1.7.2 Resistencia a la deformación .....	32
1.7.3 Rebanabilidad .....	33
JUSTIFICACIÓN .....	34
OBJETIVOS .....	35
Objetivo General .....	35

Objetivo particular 1 .....	35
Objetivo particular 2 .....	35
Objetivo particular 3 .....	35
Hipótesis .....	35
Capítulo 2. Metodología experimental .....	36
2.1 Materia prima cárnica .....	37
2.1.1 Acondicionamiento .....	37
2.1.2 Determinación pH materia prima .....	37
2.1.3 Concentración de almidón para lotes experimentales .....	37
2.1.4 Determinación del centro térmico del producto .....	38
2.2 Desarrollo de formulaciones .....	39
2.3 Diagrama de proceso.....	40
2.4 Elaboración de lotes experimentales.....	41
2.4.1 Descripción del proceso .....	41
2.5 Evaluación de lotes experimentales .....	44
2.5.1 Rendimientos.....	45
2.5.2 Capacidad de retención de agua (CRA) .....	45
2.5.3 Resistencia a la deformación.....	46
2.5.4 Rebanabilidad.....	47
2.6 Análisis estadístico.....	48
Capítulo 3. Análisis de resultados .....	49
3.1 Actividades .....	50
3.1.1 pH Materia prima cárnica.....	50
3.1.2 Proceso de elaboración del producto.....	50
3.1.3 Temperatura centro térmico del producto .....	51
3.3 Rendimiento de lotes experimentales .....	52
3.3 Capacidad de retención de agua.....	54
3.4 Resistencia a la deformación .....	57
3.5 Rebanabilidad .....	59
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS .....	65



ANEXOS .....	68
--------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cortes comerciales de pollo .....	15
Figura 2. Transporte de aves a la planta de procesamiento .....	18
Figura 3. Micela aceite en agua .....	21
Figura 4. Gelatinización del Almidón .....	30
Figura 5. Monitoreo Temperatura del centro térmico .....	38
Figura 6. Diagrama de proceso.....	40
Figura 7. Acondicionamiento Materia Prima .....	41
Figura 8. Molienda en cutter.....	42
Figura 9. Pasta terminada .....	42
Figura 10. Cocción del producto .....	43
Figura 11. Enfriamiento por inmersión de agua .....	44
Figura 12. Envasado del producto a presión al vacío .....	44
Figura 13. Centrifuga Centurión, K2015R .....	45
Figura 14. Pesado de muestras de CRA .....	46
Figura 15. Resistencia a la deformación.....	47
Figura 16. Rebanadora Torrey.....	48
Figura 17. Producto estallado por exceso de hidratación .....	51
Figura 18. Temperatura del centro térmico .....	52
Figura 19. Rendimiento de Lotes experimentales .....	54
Figura 20. Gráfica de caja de CRA.....	56
Figura 21. Gráfica de caja de resistencia a la deformación .....	59
Figura 22. Gráfica de caja de rebanabilidad .....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Formulación porcentual de lotes experimentales.....	39
Cuadro 2. Valores de pH materia prima.....	50
Cuadro 3. Resultado de rendimiento de lotes.....	53
Cuadro 4. Promedios de resultados CRA.....	54
Cuadro 5. Análisis de varianza para CRA.....	55
Cuadro 6. Promedio de resultados de resistencia a la deformación en kg <sub>f</sub> .....	57
Cuadro 7. Análisis de varianza de la resistencia a la deformación.....	57
Cuadro 8. Resultados promedio de Rebanabilidad.....	59
Cuadro 9. Análisis de Varianza Rebanabilidad.....	60

## ABREVIATURAS

**BPF** Buenas Prácticas de Fabricación

**CRA** Capacidad de Retención de Agua

**cm** Centímetros

**C.V.** Coeficiente de variación

**D.S.** Desviación estándar

**°C** Grado Celsius

**g** Gramo

**h** Hora

**k** Kilogramo

**kgf** Kilograos fuerza

**Lbf** Libra fuerza

**µm** Micrómetro

**mm** Milímetro

**ppm** Partes por millón

**%** Porcentual

## RESUMEN

La innovación y desarrollo de nuevos productos es un área que siempre está buscando nuevas tecnologías para mejorar, optimizar y garantizar la calidad en los productos alimenticios. El área de cárnicos implementa nuevas tecnologías, como, la utilización de diferentes ingredientes y materias primas para la elaboración de embutidos; para mejorar sus características y propiedades como lo es, la estabilidad en almacenamiento durante su comercialización.

En el presente proyecto se estudió el efecto que produce la adición de un almidón pregelatinizado de maíz en la estabilidad de una emulsión cárnica de pollo tipo salchicha, para lo cual se desarrollaron tres lotes experimentales de salchichas de pechuga de pollo a las cuales se adicionaron diferentes concentraciones de almidón (0, 5 y 7.5%), los productos fueron almacenados durante 14 días en refrigeración, durante los cuales se realizaron análisis de capacidad de retención de agua (CRA), resistencia a la deformación y rebanabilidad en los días (1, 7,14) para estudiar su comportamiento en la estabilidad de este sistema.

Se obtuvieron resultados donde el rendimiento de los lotes experimentales de 5 y 7.5% de almidón fueron mayores al lote control con un porcentaje de 80.4% y el lote adicionado con 7.5% de almidón obtuvo un 93.3% de rendimiento.

El lote 3 con 7.5% de almidón tuvo diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en la CRA obteniendo un menor porcentaje de pérdida de agua que va de 12.29 a 13.15% en comparación con el control.

El lote control, sin adición de almidón obtuvo valores mayores de resistencia a la deformación de 0.73 a 0.78 kg<sub>f</sub>, Por lo contrario en lotes adicionados de almidón sus valores fueron menores de 0.42 a 0.69kg<sub>f</sub>.

La rebanabilidad no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en todos los lotes experimentales a lo largo de los 14 días de almacenamiento a 4°C.

## INTRODUCCIÓN

Existe una diversidad de productos cárnicos, crudos, desecados, empanados, fritos madurados etc. Hablando específicamente de la salchicha es un producto cocido que lleva un proceso térmico, en especial de una emulsión cárnica se considera que la estructura y propiedades de las pastas empleadas en la elaboración de embutidos de pasta fina son muy parecidas a las de las emulsiones verdaderas. Así, la fase continua sería el agua, la discontinua la grasa y el agente emulsor las proteínas solubles en solución salina (miofibrilares). Su formación se plantea que durante el picado de la carne en la cutter con las sales y el agua se extraen gran parte de la proteínas miofibrilares, emulsionan las partículas de grasa molida, después que han sido dispersadas y picadas finamente por la *cutter*, cubriéndolas como una fina película al situarse en la superficie de separación de las dos fases, e impidiendo así su coalescencia.

Para obtener una mejor estabilidad en este tipo de productos se pueden emplear ingredientes funcionales como el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina ambas unidas por uniones glucosídicas. La amilosa forma una red tridimensional cuando se asocian las moléculas al enfriarse y la responsable de la gelificación de las pastas cocidas de almidón. Los almidones naturales se pueden modificar químicamente con cambios físicos que contribuyen a la estabilidad, uno de ellos es el almidón pregelatinizado de maíz tiene la característica de dispersar más fácil y absorber más agua en comparación con su respectivo no modificado, formando un gel a temperatura ambiente, lo que puede crear una capa protectora alrededor de otras moléculas. Por esta razón que se emplea este tipo de ingredientes para el desarrollo de este sistema ya que se forma a temperaturas por debajo de los 5°C y después se trata térmicamente a temperaturas mayores de los 70°C para que este alcance su completa gelatinización. Favorece a la estabilidad viéndose reflejada en mayor tiempo de almacenamiento y comercialización sin tener una alteración significativa en sus propiedades. Por lo anterior descrito se plantea en este proyecto la evaluación del efecto de la adición de almidón pregelatinizado de maíz en la estabilidad de una emulsión de pechuga de pollo.

# Capítulo 1 MARCO TEÓRICO

## **1.1 Carne**

En la alimentación humana la carne se utiliza en forma directa o procesada. Para la obtención de una materia prima adecuada, se necesita un buen conocimiento de sus modificaciones después de la matanza y de su calidad.

Según la norma NOM-194-SSA1-2004 se le denomina carne a 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 para abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas; se incluyen las refrigeradas o congelada.

### **1.1.1 Pechuga de pollo**

La pechuga o músculos pectorales del pollo pertenecen a la parte de mayor valor en cuanto a cantidad de carne lo cual nos permite utilizar ese musculo con mayor eficacia.

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-FF-080-1992. Productos avícolas. Los músculos pectorales, forman las masas carnosas que se alojan en el esternón y que constituyen la parte de más valor en el pollo; en vista de su tamaño y voluminosidad, que dan la apariencia de redondez y llenura deseables. Por lo anterior, sobre esta región tendrá que aplicarse la clasificación en forma rigurosa.

La pechuga estará totalmente cubierta por la piel y no presentará daño o lesión evidente a la inspección.

El tamaño está íntimamente ligado al peso del animal, ya que la pechuga representa alrededor del 40% del peso total del ave; asimismo, guarda una proporción adecuada respecto a la talla. En la figura 1 se muestra la Pechuga (número 3 y 4). Región de la canal formada por los músculos pectorales alojados sobre el esternón.



**Figura 1. Cortes comerciales de pollo**

**Fuente:** DePerú.com

La calidad de la carne depende de la categoría en la cual el animal ha sido clasificado al momento de su recepción en el matadero uno de los factores determinante de la calidad de la carne es el pH.

### **1.2 pH de la carne**

Los efectos del manejo de los animales sobre el bienestar animal se pueden medir a través de indicadores fisiológicos y de comportamiento, en tanto los efectos cuantitativos y cualitativos sobre la producción de carne se miden en general a través de los cambios de peso vivo y de la canal, los daños en las canales (lesiones) y alteraciones de pH en la carne (Warriss, 1990).

El pH es un valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presentes en una disolución. Es medido en una escala de 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica. Un punto de pH significa una concentración diez veces mayor o menor que la anterior o posterior en la escala. Una vez ocurrido el sacrificio del animal, se lleva a cabo el proceso



bioquímico de transformación del músculo en carne. La carne es el resultado de dos cambios bioquímicos que ocurren en el período *post-mortem*: el establecimiento del *rigor mortis* y la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del *rigor mortis* es la acidificación muscular. En un músculo en reposo, el adenosín trifosfato (ATP) sirve para mantener el músculo en estado relajado. Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que el mismo debe utilizar un metabolismo aeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ATP formado se obtiene a través de la degradación de glucógeno en ácido láctico. Este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va a provocar el descenso del pH muscular (Warris, 1990).

Colmenero, & Santaolalla, (1989). Indican que en condiciones normales, inmediatamente después del sacrificio el músculo presenta valores de pH próximos a 7. A medida que avanzan los procesos *post mortem*, el glucógeno se va degradando dando lugar a la formación de ácido láctico, acidificándose de este modo la carne. El pH final va a depender de numerosos factores, tales como especie, tratamientos *ante mortem*, temperatura, etc. En productos crudos, valores de pH de 5.4-5.8 resultan adecuados; niveles superiores a 6.2 suponen que la carne no debe destinarse a la elaboración de embutidos.

### **1.3 Factores que afectan la calidad de la carne de pollo**

La calidad ha sido definida como todas aquellas características deseables tales como el rendimiento de canales que supere el 70%, la pigmentación cutánea (para algunas zonas geográficas), apariencia, tamaño y peso para los consumidores por las cuales los productores y procesadores enfocan su atención en satisfacerlas.

La industria avícola se ha mantenido competitiva debido a su habilidad de cambiar y evolucionar continuamente de acuerdo a los cambios en las necesidades de los

consumidores. Sin embargo la demanda de calidad en la carne de pollo abarca tanto las características deseables en canales completas, así como en partes o carne deshuesada.

Una planta de beneficio o de procesamiento de aves no se puede definir como el sitio de transformación de los músculos de un pollo en carne para el consumo humano e involucra factores a corto plazo o *ante mortem* y a largo plazo o *post mortem*, éstos serán detallados a continuación.

### 1.3.1 Factores *ante mortem*

Las consecuencias del manejo *ante mortem* de las aves incluyen una pérdida del rendimiento de la canal, así como la depreciación del valor de las piezas dado por la presencia de hemorragias, hematomas, rasguños, huesos dislocados o rotos en las aves, un color no deseado, así como una modificación en las características bioquímicas de la carne, sin embargo los efectos del periodo de la captura al procesamiento es la que causa mayor incidencia de estos defectos.

Estos factores son los que más impacto tienen sobre calidad final de la canal del pollo, éstos son:

**a) Ayuno** El retiro de alimento en las aves de engorda anterior al sacrificio, representa un período de tiempo que permite el vaciamiento del tracto digestivo reduciendo el riesgo de contaminación de la canal durante el procesamiento de la misma. Un adecuado tiempo de ayuno, debe proveer un buen vaciamiento del tracto digestivo sin afectar extremadamente el rendimiento de la canal (Bilgili and Hess, 1997)

**b) Captura** La captura es probablemente la etapa que mayor estrés genera a las aves ya que implica una manipulación directa del animal, además de la pérdida del entorno en que se han desarrollado. Muchos factores intervienen en la presentación del grado de estrés de este manejo. Podemos mencionar por ejemplo el horario de la captura, el cual se recomienda que sea durante la noche o madrugada cuando hay poca luz y calor; el personal de captura

20 independientemente de método manual o mecánico, el tiempo que tarde la captura y el ruido generado por las aves, el personal o el equipo de captura. (Castañeda, 2013)

**c) Transporte,** El transporte de las aves al establecimiento de procesamiento, conlleva a estrés, particularmente térmico debido a la disposición de las jaulas, la falta de ventilación y la duración del viaje en función de las distancias recorridas. Durante el transporte a la planta de proceso, las jaulas se apilan en el camión (Figura 2), respetando una separación mínima de 10 cm entre cada dos columnas para favorecer la ventilación y dispersión de calor, sin embargo, muchas veces esta medida no es suficiente debido a la alta densidad de aves por jaula. (Vecerek et al., 2006)

**d) Descarga y colgado,** El colgado de las aves a la línea de procesamiento provoca aleteo, vocalizaciones e intentos por incorporarse, provoca estrés, lo cual afecta las características finales del músculo y por lo tanto la calidad de la carne (ver más adelante en metabolismo del músculo). Estas respuestas de conducta tienen relación con la estirpe de las aves, ya que las líneas de aves de crecimiento lento son más reactivas que las de rápido crecimiento. Es importante considerar que a mayor actividad muscular, mayor será la acidificación de la carne y por lo tanto la probabilidad de tener carne pálida y de mala calidad. Mientras menos aleteen las aves y más tranquilas estén antes del sacrificio, mejor será la calidad de su carne (Berri, 2005).



**Figura 2. Transporte de aves a la planta de procesamiento**

***Fuente (Castañeda, 2013)***

e) **Insensibilización** El objetivo del aturdido en las aves es inducir la inconsciencia para facilitar su manejo durante el sacrificio. Actividad que tiene relevancia obvia en el bienestar de las aves, debido a que favorece a una muerte sin dolor. (Castañeda, 2013)

### 1.3.2 Factores *post mortem*

#### a) *Desangrado*

Esta fase es la que finalmente causa la muerte del ave y dura aproximadamente 2 a 3 minutos, pero no debe superar los 3,5 minutos y con una pérdida de 30 a 50% del total de la sangre, aunque comercialmente la meta es desanгрarlas aproximadamente un 45%. En contraste, mientras menor sea el contenido de sangre mejor será la calidad de la canal.

Al sobrepasar estos 3,5 minutos de desangrado se provoca el inicio del rigor *mortis*, que tiene sus efectos negativos durante el desplumado debido a la rigidez cadavérica, reflejada en el endurecimiento de los folículos.

Una condición que deben cumplir las aves antes de ingresar al escaldado es que deben estar completamente muertas, de no darse esta situación hará que estas canales salgan enrojecidas luego del desplume; esto se debe a que las aves vivas aumentan su irrigación superficial como una reacción fisiológica al incremento del calor corporal. (Quintana, 2011).

#### b) *Escaldado*

Sumergidas en agua caliente con el objeto de debilitar los folículos de las plumas y así facilitar la extracción de las mismas. Hay dos tipos de escaldado de acuerdo a las variables de tiempo y temperatura que se utilizan y cada uno de ellos depende del tipo de pollo a comercializar:

1) Escaldado suave: Utiliza una temperatura aproximada de 53°C durante 120 segundos. Éste tipo de escaldado permite remover las plumas al momento del desplumado pero sin causar daño a la última capa de la piel llamada cutícula, la cual tiene la característica de ser una capa cerosa; de esta manera no se pierde el pigmento de la piel por lo que se usa para pollo tipo mercado público mexicano.

2) Escaldado fuerte: Utiliza una temperatura de 62°C a 64°C durante 45 segundos y, debido a que se usa una temperatura más alta, permite un retiro de pluma más sencillo, pero la remoción de capas de la piel también es mayor, Figura 15. Escaldado. 31 Figura 17. Evisceradora automática se puede llegar a retirar la cutícula, y por lo tanto el pigmento en caso de aves pigmentadas, ya que parte de éste se deposita en dicha capa de piel (Castañeda, 2013).

### ***c) Desplume***

Este paso consiste en retirar todas las plumas de las aves con máquinas que contienen una serie de dedos flexibles de hule, que giran en diferentes ángulos y direcciones (Castañeda, 2013).

### ***d) Evisceración***

Según el sistema del equipo de procesamiento la evisceración puede ser manual, semiautomática (parte de las vísceras) y automática (todas las vísceras). En el caso de la evisceración semiautomática el retiro del buche y la tráquea don manuales, esto incrementa el esfuerzo que debe realizar el personal de la línea de evisceración debido a la mayor adherencia de estos órganos a la pared abdominal e incluso en algunas ocasiones es necesario colocar personal adicional en el área de clasificación y empaque de las menudencias. (Quintana, 2011).

### ***e) Enfriamiento o “chilling”***

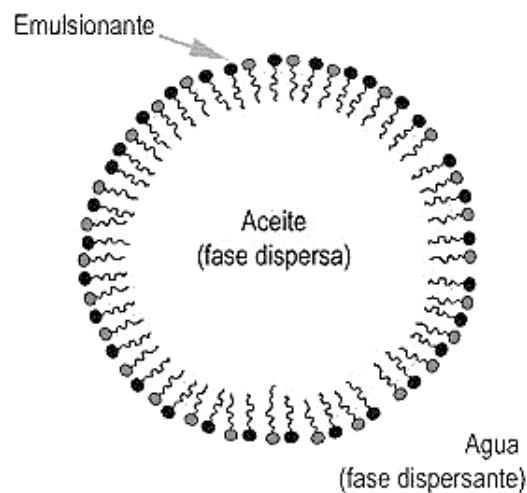
El enfriamiento de las canales se refiere al método para reducir la multiplicación de microorganismos, a través de la reducción de la temperatura de las canales por lo cual se maximiza la vida de anaquel de las mismas.

Actualmente existen dos tipos de enfriamiento, el sistema de inmersión y el sistema de aire. El sistema mayormente utilizado en Latinoamérica y Estados Unidos es el enfriamiento por inmersión (*chiller* de agua), es decir las canales son colocadas en contenedores o tanques con agua a 4°C. Este sistema es un proceso por medio del cual las canales aumentan su peso debido a que absorben agua.

El enfriamiento debe ser aplicado de 1 a 2 horas *post mortem*, durante este tiempo se espera que se inicie y desarrolle el proceso de rigor mortis en las canales. Según las normas norteamericanas, las canales de pollo deben de reducir su temperatura a 40°F (4.4°C) dentro de 4 horas, mientras que las canales de pavos deben reducirla dentro de 8 horas (Sams, 2003; Owens, 2004)

#### 1.4 Emulsiones

Una emulsión es una dispersión coloidal de un líquido dentro de otro, en el cual es normalmente inmisible. La fase dispersa se obtiene al romper uno de los líquidos por medios mecánicos en pequeñas gotas, entre 0.1 y 10  $\mu\text{m}$ , que se distribuyen en la fase continua o dispersante. Sin embargo, esta emulsión es termodinámicamente inestable y al dejarla reposar por algún tiempo, las gotas se agrega pasando primero por el estado conocido como floculación para luego producir la coalescencia y, por último, la separación de dos fases inmiscibles y diferenciables.



**Figura 3. Micela aceite en agua**

Fuente [navarrof.orgfree.com](http://navarrof.orgfree.com)

La floculación es la unión de las gotas pequeñas de fase dispersa con sus bordes distintivos, y la coalescencia es la formación de una gota mayor sin los bordes de las gotas individuales

que han flocculado. La estabilidad de una emulsión sólo se logra si se incorpora una tercera sustancia que actúa en la interface de los líquidos y que se denomina emulgente.

Por lo tanto, toda emulsión estable debe estar formada por tres sustancias, dos líquidos inmiscibles entre sí y un agente emulsionante apropiado que se adiciona a una de las fases antes de la formación de la emulsión. Por lo general, los emulsionantes son sustancias cuyas moléculas contienen una parte no polar y otra polar, por lo que es posible que se disuelvan tanto en agua o en disoluciones acuosas como disolventes orgánicos y aceites. De acuerdo con el predominio de una de las partes de la molécula sobre la otra, el emulsionante (figura 3) tendrá un carácter lipófilo o lipófilo, y por consiguiente, presentará una mayor afinidad por el agua o por los aceites; esta característica se conoce como balance hidrófilo-lipófilo, o BHL (HLB, en inglés), y es una propiedad importante que debe tomarse en cuenta al seleccionar un emulsionante. (Badui, 2006)

#### **1.4.1 Emulsión cárnica**

Una emulsión cárnica es un sistema bifásico consistente en partículas de grasa (la fase sólida) suspendidas en una matriz de proteínas solubles en sales y agua (la fase líquida), dispersas en esta fase líquida se encuentran también algunas proteínas insolubles, tejido conectivo, partículas de carne, etc., la fase líquida es realmente un líquido viscoso (De Torre, & Garcia, 1991).

#### **1.4.2 Desarrollo de emulsión cárnica**

Las emulsiones cárnicas son mezclas de carne finamente troceadas compuestas de agua, proteína, grasa y sal, pudiendo aparecer también productos no cárnicos tales como soja, suero y almidón (Mercasa, 2005). La obtención de una emulsión homogénea supone el troceado fino de todos los ingredientes hasta la formación de un producto de textura pastosa, capaz de fluir durante el embutido, y de transformarse en un producto semirrígido

tras el cocinado, como consecuencia de la desnaturalización de la proteína y su gelificación (Xiong, 1997). El proceso de corte está diseñado para reducir el tamaño de la carne y partículas grasas, y de este modo mejorar la extracción de proteínas solubles en sal principalmente la miosina, reducir la tendencia a la separación de la grasa y obtener un producto cárnico estable que resista la etapa de cocinado sin sufrir la separación agua-grasa (Gordon & Barbut, 1992). La duración de este proceso influye decisivamente sobre la estabilidad de la emulsión cárnica y la calidad del producto final al condicionar tanto la grasa-proteína como la tendencia a la exudación de agua y grasa durante la cocción.

En la práctica, suele ser habitual el aporte de grasa, almidón y proteínas no cárnicas para mejorar el rendimiento y las propiedades texturales de la emulsión cárnica. En general, el uso de almidones tiene la habilidad de retener mayor cantidad de líquidos ayudando a mejorar la jugosidad y la ternura de los productos cárnicos, y en definitiva, a estabilizar la emulsión (Crehan et al., 2000). El almidón gelifica durante el tratamiento térmico, aumentando la viscosidad de la emulsión y reduciendo la movilidad de los glóbulos grasos. Por su parte, el uso de cantidades inadecuadas de grasa está asociado con pérdidas de calidad de la emulsión. Así, el uso de grasa en exceso tiende a hacer inestable la emulsión ya que se necesita mayor energía para reducir el tamaño de la grasa, generando con ello un exceso de calor que funde la grasa antes de la gelificación de la proteína. (Foegeding et al., 2000)

### **1.5 Productos cárnicos procesados NOM-213-SSA1-2005**

Existe una variedad muy extensa de productos cárnicos los cuales se definen como los productos elaborados a partir de carne, vísceras, estructuras anatómicas, sangre o sus mezclas, provenientes de mamíferos o aves, que pueden someterse a cocción, ahumado, curación, desecación, maduración, salado, entre otros. En mayor importancia se habla de productos cocidos a los que pertenecen las salchichas.



### **1.5.1 Productos cárnicos cocidos**

Los productos cárnicos cocidos son los elaborados con carne, vísceras, sangre o sus mezclas, curados o no, este tipo de productos en especial se someten a un tratamiento térmico lo que caracteriza en comparación con otros productos cárnicos. Pueden presentarse enteros, en cortes, emulsionados o troceados. Las salchichas son un producto cárnico cocido previamente embutido.

### **1.5.2 Salchichas**

De acuerdo a la norma NMX-F-065-1984. Las salchichas se definen como producto alimenticio embutido de pasta semi firme de color característico, elaborado con la mezcla de carne (60 % mínimo) de ternera o res y cerdo y grasas de las especies antes mencionadas, adicionando de condimentos, especias y aditivos para alimentos, de los cuales cada uno de ellos confiere una función en especial .

### **1.5.3 Funcionalidad de ingredientes**

Cada ingrediente juega un papel importante en el desarrollo de la emulsión cárnica, se utilizó proteína proveniente de la pechuga de pollo, recorte de cerdo el cual proporciona la mayor cantidad de lípidos así cada ingrediente confiere una propiedad importante para el desarrollo del embutido como se describe a continuación:

#### **A. Agua**

El agua es el componente predominante en los embutidos cocidos, donde alcanza aproximadamente el 45-55% del peso total. Las proteínas cárnicas deben estar solubilizadas y dispersadas para funcionar eficazmente. El agua sirve como solvente de la sal que forma la salmuera necesaria para extraer las proteínas solubles en disoluciones salinas. Si no hay suficiente agua en una emulsión, limitamos la capacidad emulsificante potencial de la carne (De Torre, L., & Garcia, g. 1991).

El agua influye en la palatabilidad disminuyendo la dureza y la jugosidad del producto final. El agua y la grasa son los determinantes más importantes de estos dos parámetros

de calidad. Aumentando el contenido de humedad, aumentan la jugosidad y disminuye la dureza del embutido.

Durante la preparación del embutido, el batido y la mezcla en el cutter generan calor. Un calentamiento excesivo favorece la inestabilidad de la emulsión. Para permitir el tiempo necesario para que ocurra la adecuada desintegración, de modo que el embutido final tenga la textura deseada, se añade hielo picado. El agua también sirve para impartir las características reológicas apropiadas a la emulsión. Las emulsiones muy viscosas son más sensibles a la disrupción física durante el procesado que emulsiones similares de menor viscosidad (Ambrosiadis y Klettner, 1984).

### **B. Grasa**

La grasa contribuye en gran medida a la palatabilidad de los embutidos, pero también es el origen de muchos problemas de procesado. Es necesario un estricto control en todo el proceso de elaboración para que la coalescencia de la fracción grasa sea mínima. La grasa también influye en la dureza y la jugosidad de los embutidos cocidos.

La grasa se añade a las emulsiones en forma de recortes grasos de vacuno o cerdo. Como la grasa de cerdo es más blanda y funde a temperaturas más bajas que la de vacuno, son más fáciles de picar. Durante el picado, la grasa de vacuno requiere una temperatura más alta que la grasa de cerdo (De Torre, L., & GARCIA, G. 1991).

### **C. Proteína**

Son consideradas como las componentes más importantes por su función biológica y en la carne se constituyen en la principal fuente de alta calidad de la dieta humana.

Las proteínas son moléculas complejas constituidas por cadenas de aminoácidos, unidos entre sí mediante enlaces peptídicos, formando polímeros llamados polipéptidos. Todo polipéptido tiene un extremo terminal amino y otro carboxilo. Las propiedades y funciones de toda proteína dependen del número y posición relativa del amino-ácidos que posee y de la naturaleza química de sus grupos laterales. (Restrepo D., Arango C. 2001)

Las proteínas, al ser moléculas anfifílicas, llevan a cabo la estabilización de la emulsión cárnica al migrar espontáneamente a la interfase agua-aceite puesto que su energía libre es menor en la interfase que en la zona acuosa. Las proteínas en la interfase forman películas

altamente viscosas porque se concentran en esa zona y confieren resistencia a la coalescencia de las partículas de la emulsión durante el almacenamiento y el manejo por esta razón las proteínas tienen una gran importancia en la formación de la emulsión.

Además de proporcionar la función de estabilizar la emulsión (en este caso la pasta del producto a embutir) también confiere la función de gelación de esto se refiere a la transformación de una proteína en el estado “sol”, que en este caso en singular se trata de una emulsión, dispersión compleja formada por una fase dispersa de grupos de moléculas (micelas) dentro de una fase dispersante, a un estado “gel”, que se facilita por la aplicación de calor, e inducen la formación de una estructura de red, cuyos mecanismos de formación pueden diferir considerablemente. La mayoría de los geles de proteínas se preparan calentando la solución de proteína, lo que induce una desnaturalización que puede ser considerada un estado “progel”, que es un líquido viscoso en el que ocurren algunos eventos de polimerización de la proteína. Ésta se despliega y se exponen numerosos grupos funcionales, como los puentes de hidrógeno y los grupos hidrofóbicos. Un segundo estado es la formación de una red de proteína entre las moléculas desplegadas, a menudo irreversible (Badui, 2006). Cuando el “progel” se enfría, a temperatura ambiente o de refrigeración, baja la energía cinética y esto facilita la formación de uniones estables no covalentes gracias a la exposición de grupos funcionales de varias moléculas, lo que constituye la gelificación.

#### **D. Sal**

La sal común es el ingrediente no cárnico más empleado en embutidos. Cumple una triple función: contribuye al sabor, actúa como conservador retardando el desarrollo microbiano en concentraciones que oscilan en torno al 2 %, fundamentalmente porque reduce la disponibilidad de agua en el medio (actividad de agua) para el desarrollo de reacciones químicas y enzimáticas, y por último, ayuda a la solubilización de las proteínas cárnicas y en la expansión de sus estructuras cuaternarias, ya que supone el principal aporte a la fuerza iónica del producto, debilitando las uniones electrostáticas existentes entre los grupos  $\text{COO}^-$  y  $\text{-NH}_4^+$ , contribuyendo, por tanto, a la retención de agua y a la ligazón entre los músculos en el producto terminado. (Freixanet, L. 2010). lo que favorece la ligazón entre

las distintas materias primas, impartiendo una consistencia más adecuada a la masa embutida, mejora las propiedades emulsionantes, etc. (Colmenero, F. J., & Santaolalla, J. C. 1989).

### **E. Sal cura**

Como el nitrito es tóxico en dosis elevadas (dosis letal en el orden de los 5 g), en general se evita su uso en forma pura, y se añade a los productos cárnicos diluido en sal.

Se utilizan en el proceso de curado con la adición de nitrito y/o nitrato sódico. En el caso en que se use el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), las enzimas microbianas (nitrito-oreductasas) reducen el nitrato a nitrito, por lo que el empleo del nitrito implica una vía más directa de obtención del ingrediente activo que reacciona con los pigmentos de la carne. El nitrito tiene varias funciones en el curado de la carne:

- Estabilizar el color del tejido magro
  - Contribuir a las características de sabor de la carne curada
  - Lograr la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos, y en particular del *Clostridium botulinum*.
- (Andújar, Pérez, 2003)

### **F. Polifosfatos**

La función de estos aditivos está relacionada con la reducción de las mermas por pérdida de fluido de la carne.

Los polifosfatos son productos de condensación química de unidades de ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ), para formar cadenas que contienen dos (pirofosfato), tres (tripolifosfato) y hasta más de 100 átomos de fósforo.

Los polifosfatos actúan de dos formas: elevan el pH del medio, alejándolo del punto isoeléctrico de las proteínas de la carne, lo cual reduce la interacción de las moléculas de proteína entre sí, y coopera a disociar el complejo actina-miosina formado durante el establecimiento del rigor mortis. Ambos efectos tienden a «aflojar» la red de proteínas

miofibrilares que retiene el agua de la carne, ampliando el espacio en que el agua está retenida y evitando la exudación.

Se conoce que el polifosfato realmente efectivo para lograr el resultado antes descrito es el pirofosfato ( $P_2O_7^{4-}$ ). Cuando se usan polifosfatos de mayor grado de condensación, como el tripolifosfato o el hexametáfosfato, estos sufren hidrólisis paulatina en la carne hasta producir pirofosfato, que es el agente activo en el aumento de la capacidad de retención de agua.

Solamente los fosfatos alcalinos son efectivos para aumentar la capacidad de retención de agua de la carne. Los fosfatos ácidos pueden reducir el pH y provocar una mayor exudación (Andújar, Pérez, 2003).

### **G. Condimentos y especias**

Se utilizan para conferir a los embutidos ciertas características sensoriales específicas al producto.

Para sazonar los embutidos se emplean, además, mezclas de una amplia variedad de componentes tales como pimentón, canela, pimienta, ajo, orégano, azúcar, etc., de acuerdo con la especificidad del producto de que se trate (Colmenero, F. J., & Santaolalla, J. C. 1989).

### **H. Almidón NATIONAL TM 1317**

Está diseñado para dar beneficios superiores al de 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.

Su principal función es gelificar durante el tratamiento térmico, aumentando la viscosidad de la emulsión y reduciendo la movilidad de los glóbulos grasos. Por su parte, el uso de cantidades inadecuadas de grasa está asociado con pérdidas de calidad de la emulsión. Así, el uso de grasa en exceso tiende a hacer inestable la emulsión ya que se necesita mayor energía para reducir el tamaño de la grasa, generando con ello un exceso de calor que funde la grasa antes de la gelificación de la proteína. (Foegeding, 2000).

## 1.6 Almidón

El almidón proviene de diversas fuentes con diferentes estructuras cristalinas. Los granos de cereal como maíz, trigo o arroz son fuentes de almidón.

El almidón está constituido por dos moléculas, amilosa y amilopectina, y ambas partes están conectadas por uniones glucosídicas. Las moléculas de amilosa suponen aproximadamente la cuarta parte del almidón. La amilosa es una cadena lineal compuesta de miles de unidades de glucosa con uniones entre el carbono 1 y el carbono 4 de las unidades de glucosa y por lo tanto, constituida por uniones glucosídicas  $\alpha$ -1,4.

La amilosa forma una red tridimensional cuando se asocian las moléculas al enfriarse y es la responsable de la gelificación de las pastas cocidas frías de almidón.

Como se menciona antes, sólo la amilosa forma un gel. Los almidones con un porcentaje alto de amilopectina espesarán una mezcla pero no formaran un gel, porque a diferencia de la amilosa, las moléculas de amilopectina no se asocian y forman enlaces químicos. (Vickie A. Vaclavik 1998).

### 1.6.1 Almidón Pregelatinizado

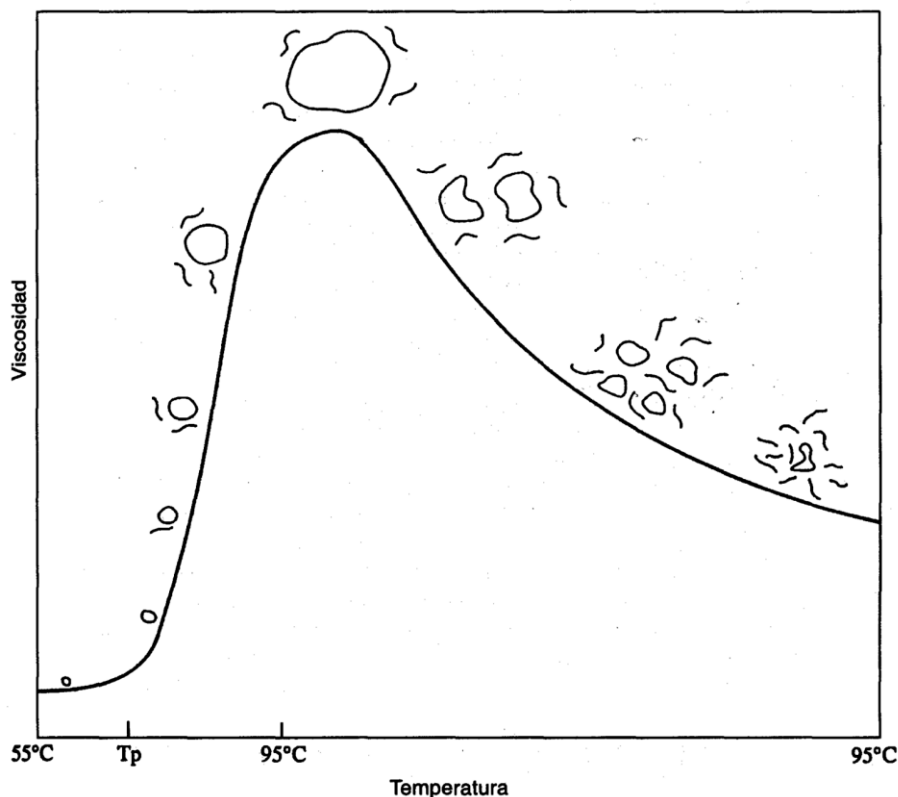
A partir de este hidrato de carbono se obtienen distintos derivados, como la glucosa, las dextrinas y los almidones modificados, todos ellos ampliamente usados en la elaboración de un gran número de alimentos, e incluso en muchas otras industrias de productos no comestibles.

Existen diversos procesos a través de los cuales se pueden obtener almidones modificados, entre éstos: gelatinización, fluidización por ácidos, eterificación, esterificación, enlaces cruzados, fosfatados, acetilados, succinato, hidroxipropilados, oxidados y parcialmente hidrolizados.

La obtención del almidón pregelatinizado consiste en cocer y gelatinizar el almidón, haciéndolo pasar por unos rodillos calientes para después secarlo; el producto se hincha rápidamente en agua fría y forma una pasta estable; es un buen agente espesante y se emplea en alimentos cuyo consumo no requieren calentamiento. (Badui S., 2012).

## 1.6.2 Gelatinización

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, debido a que su estructura está altamente organizada y a que presenta una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes; 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 (Figura 4), fenómeno que puede observarse en el microscopio, sin que se presente un aumento importante en la viscosidad; una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante, pero para esto se requiere más energía.



**Figura 4. Gelatinización del Almidón**

Fuente: (Fennema, 2000)

Al llegar a ciertas temperaturas normalmente cercanas a 65°C, aunque dependen de cada tipo de almidón, el gránulo alcanza su volumen máximo y pierde tanto su patrón de difracción de rayos X como la propiedad 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 de la fase continua. (Badui S., 2012).

## **1.7 Estabilidad de Emulsión**

Se puede evaluar algunos parámetros de estabilidad de la emulsión cárnica mediante la capacidad de retención de agua, resistencia a la deformación y rebanabilidad las cuales se describen a continuación:

### **1.7.1 Capacidad de retención de agua**

La CRA es un parámetro físico-químico importante por su contribución a la calidad de la carne (fue asociada ya por Wierbicki et al., 1957; Wierbicki y Deatherage, 1958 y Hamm, 1960) y la de sus productos derivados. La CRA de la carne está relacionada con la textura, terneza, color de la carne cruda, jugosidad y firmeza de la carne cocinada. Dicha retención de agua se produce a nivel de las cadenas de actino-miosina. La mayor parte de los músculos post-rigor contienen sobre un 70% agua, dependiendo primeramente del contenido lipídico y de la madurez fisiológica del músculo (Kauffman et al., 1964). Los cambios en la CRA afectan al agua que se denomina "inmovilizada" y no tienen ninguna relación con el "agua de constitución" (fuertemente ligada a grupos específicos de la molécula o ubicada en regiones intersticiales) ni tampoco con el "agua de interfase" (Hamm, 1960, 1962, 1972, 1986). El término "agua ligada" incluye tanto el agua de constitución como el agua de interfase próxima a las proteínas y el resto de las fracciones se consideran "agua inmovilizada" (en la superficie de las proteínas, en buena medida fijada a sus cargas) (Flores y Bermell, 1984). Solamente tratamientos muy severos (deshidratación a altas temperaturas) afecta al agua ligada. La CRA se supone es causada en primer lugar por una inmovilización de agua de los tejidos en el sistema miofibrilar (Hamm, 1960, 1972,



1975b, 1984), más específicamente el agua es mantenida o atrapada en el músculo o producto muscular por una acción capilar que es generada por pequeños poros o capilares, teniendo en cuenta además que las miofibrillas ocupan aproximadamente el 70% del volumen total de la masa molecular; esto significa que una notable parte del agua inmovilizada debe estar localizada en los filamentos gruesos y entre los filamentos gruesos y finos de las miofibrillas (Pearson, A. M., 2013).

### **1.7.2 Resistencia a la deformación**

Uno de los métodos más ampliamente utilizados para evaluar la textura de alimentos sólidos consiste en medir su resistencia a la penetración de un dispositivo rígido en el seno del material. De esta forma se mide la cohesión interna del producto, que suele estar relacionada con otras características de interés para su manipulación en el curso de las operaciones industriales y con su calidad para su consumo. Un ejemplo es el penetrómetro Fruit Pressure Tester, donde este instrumento consiste esencialmente de un vástago cilíndrico unido a un dinamómetro (muelle calibrado en libras o en kilogramos), que mide la resistencia mecánica del material al avance del vástago hasta una determinada señal (Aguilera y Alvarado, 2001). Aunque este instrumento se utilizó para frutas, se utilizó para la evaluación de las muestras del producto cárnico, donde en este caso las medidas fueron realizadas con las debidas precauciones, las determinaciones mediante punción, se hicieron alrededor de cada rebanada del producto, con el cuidado de aplicar la misma fuerza y el mismo evaluador. Este método permite cuantificar de alguna manera la textura del producto cárnico en la parte interna de la salchicha por lo que mejora la simple evaluación manual y visual. Los resultados obtenidos son en lb/f o kg/f. (Ríos, 2014).

### **1.7.3 Rebanabilidad**

Los productos cárnicos rebanados facilitan su manejo al procesador tanto en el envasado y almacenamiento, sobre todo al tomar en cuenta el gusto del consumidor, se le ofrecen diferentes tipos de rebanadas, en su presentación envasada o a granel. Es una característica de calidad que busca el cliente para su utilización y que se debe cuidar en estos productos.

Es la capacidad para cortar limpiamente en rebanadas, para resistir la rotura, desmenuzando, pegado o fractura en los bordes del corte al ponerse en contacto con el equipo de embalaje, capacidad de someterse a un alto nivel de flexión antes de romperse (Ramírez 2010).

## JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la industria de alimentos lleva acabo diferentes técnicas para innovar, mejorar, y modificar las propiedades en los alimentos para su elaboración, distribución y consumo. Es por eso que en el presente proyecto se busca la implementación de ingredientes para la elaboración de salchichas, un producto cárnico cocido a partir de materia prima pechuga de pollo y la adición de ingredientes funcionales para su mejora, un ejemplo puede ser los almidones modificados, todos ellos ampliamente usados en la elaboración de un gran número de alimentos, e incluso en muchas otras industrias de productos no comestibles, la aplicación de *National TM 1317* es un almidón modificado de maíz de grado alimenticio. Está diseñado para dar beneficios superiores al de 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 como salchichas de pollo el cual presenta un comportamiento de gelatinización en temperaturas de 70°C que nos proporciona una mejora en las propiedades del sistema en la etapa de cocción en el proceso, así también en el producto terminado la obtención de mayores rendimientos, teniendo como resultado un aumento en la estabilidad del producto durante su almacenamiento en refrigeración. Es por eso que se plantea realizar el proyecto de estudiar el efecto de la adición de almidón pregelatinizado de maíz en la estabilidad de una emulsión cárnica de pollo tipo salchicha.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de la adición de almidón pregelatinizado de maíz en la estabilidad de una emulsión cárnica tipo salchicha mediante la determinación de parámetros físicos y de estabilidad.

### **Objetivo particular 1**

Evaluar la estabilidad a 1, 7 y 14 días de almacenamiento de una emulsión cárnica utilizando dos concentraciones de almidón pregelatinizado (5 y 7.5%) mediante capacidad de retención de agua (CRA) para el análisis de su efecto en el sistema.

### **Objetivo particular 2**

Evaluar la estabilidad a 1, 7 y 14 días de almacenamiento de una emulsión de cárnica utilizando dos concentraciones de almidón pregelatinizado (5 y 7.5%), mediante la resistencia a la deformación para el análisis de su efecto en el sistema.

### **Objetivo particular 3**

Evaluar la estabilidad a 1, 7, 14 días de almacenamiento de una emulsión de cárnica utilizando dos concentraciones de almidón pregelatinizado (5 y 7.5%), mediante el porcentaje de rebanabilidad para el análisis de rendimiento porcentual en el producto terminado.

### **Hipótesis**

La adición de almidón a una concentración de 7.5% al sistema tendrá un efecto positivo en la estabilidad de la emulsión con respecto al control sin adición de almidón reflejado en el aumento de la capacidad de retención de agua, porcentaje de rebanabilidad y resistencia a la deformación tras 14 días de almacenamiento.

# Capítulo 2. Metodología experimental

## **2.1 Materia prima cárnica**

Se realizó la experimentación con pechuga de pollo de 40 a 45 días de edad, se obtendrá de la empresa productora de pollo Tyson, de ahí se procesa en un rastro ubicado en el municipio de Tultepec centro.

### **2.1.1 Acondicionamiento**

Recepción materia prima (carne y grasa). Corte en cubos de 5cm, envasado en bolsas de plástico, pesados y separados por lotes para su almacenamiento en congelación a -1 °C. Se descongelara 24 h. Previa uso.

### **2.1.2 Determinación pH materia prima**

Se determinó el pH a una muestra de pollo proveniente de la pechuga la cual se realizó con un potenciómetro OAKTON pH 10 series y electrodo de inmersión. Fue calibrado con soluciones buffer de 4, 7 y 10. Se tomaron 10g de muestra de pechuga de pollo por cada replica siguiendo el método 981.12 de la A.O.A.C se realizaron tres réplicas del método en la pechuga de pollo.

### **2.1.3 Concentración de almidón para lotes experimentales**

Se utilizó el almidón NATIONALTM 1317 de la empresa Ingredion, es un almidón modificado de maíz de grado alimenticio. Está diseñado para dar beneficios superiores al de los almidones nativos utilizados actualmente como la adición en frio sin necesidad de pre hidratarlo. 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.

Se propusieron tres concentraciones de almidón basadas de acuerdo la norma Mexicana NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas. La cual indica no utilizar más del 10% de almidón en la formulación de salchichas con este dato se propuso realizar tres formulaciones con una adición de almidón de 5, 7.5 y 10% para determinar la concentración para aplicar en la elaboración de los lotes experimentales.

#### 2.1.4 Determinación del centro térmico del producto

El almidón NATIONAL TM 1317 se adiciona durante la etapa de preparación de la pasta 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 TM 1317 alcanza una completa gelatinización, fijando el agua y ayudando a reafirmar la textura del producto final.

Por esta razón se monitoreo la temperatura del centro geométrico (Figura 5) con termopares tipo K a cada una de las aplicaciones adicionadas con las concentraciones propuestas de almidón del punto 2.1.3 y la formulación control sin adición de almidón en la etapa de cocción para así asegurar que se alcance la temperatura para que se lleve a cabo su completa gelatinización.



Figura 5. Monitoreo Temperatura del centro térmico.

## 2.2 Desarrollo de formulaciones

Se desarrollaron las formulaciones de salchichas de pollo tipo Frankfurt (Cuadro 1) tomando en cuenta los lineamientos marcados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-213-SSA1-2002), Productos y servicios. Productos cárnicos procesados, así también con referencia la formulación de salchichas (Pérez, 2010) y como recomendación el uso de ingredientes como el almidón pregelatinizado de maíz Norma Mexicana NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas.

**Cuadro 1. Formulación porcentual de lotes experimentales**

Ingredientes	Formulación porcentual (%)		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Pulpa pechuga de pollo	40.875	36.99	35.045
Proteína pechuga de pollo (% 22.2)	11.67	10.555	10
Lardo de cerdo	25	25	25
Hielo frappé	20	20	20
Almidón NATIONAL TM 1317	----	<b>5</b>	<b>7.5</b>
Sal común	1.75	1.75	1.75
Sal cura	0.25	0.25	0.25
Tripolifosfato de sodio	0.4	0.4	0.4
Condimento	0.055	0.055	0.055
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*El valor porcentual de proteína en pechuga de pollo es referenciado del autor (Quintana 2011).

Se realizaron tres formulaciones un lote sin adición de almidón y dos más con 5 y 7.5% después de haber realizado aplicaciones con diferentes concentraciones donde se descartó la concentración 10%.



## 2.3 Diagrama de proceso

El diagrama para la elaboración de los lotes experimentales de la emulsión cárnica se presenta en la figura 6.

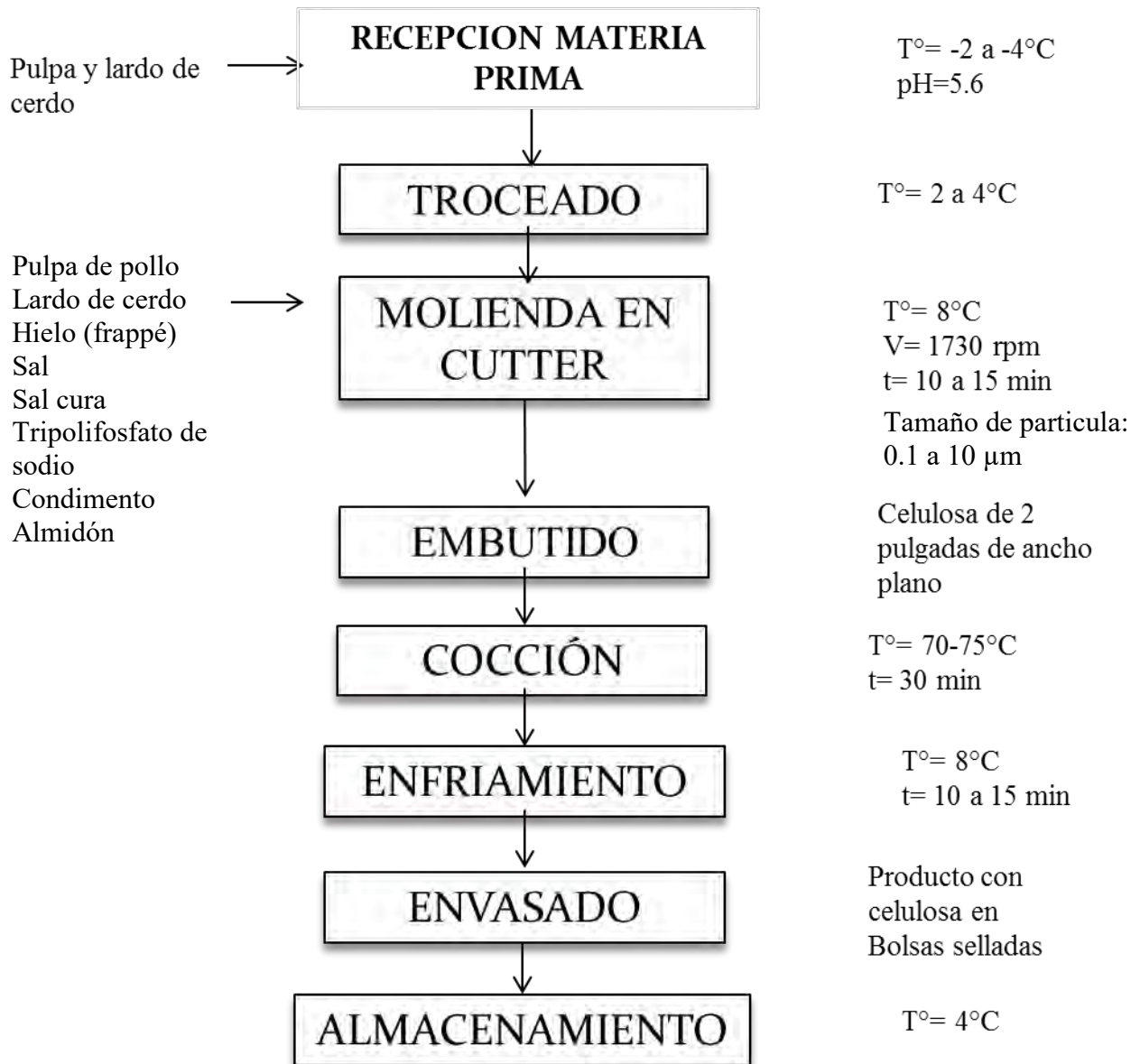


Figura 6. Diagrama de proceso

## 2.4 Elaboración de lotes experimentales

Se elaboraron tres lotes experimentales de 2 K aproximadamente 1) Control sin adición de almidón 2) Adicionado con un 5% 3) Adicionado con 7.5%. Para su análisis.

### 2.4.1 Descripción del proceso

#### 1) Acondicionamiento

Para la elaboración del producto se descongeló la pechuga de pollo y el lardo de cerdo previamente hasta una temperatura de 0°C, se realizó un picado hasta un tamaño de 2cm aproximadamente (Figura 7).



**Figura 7. Acondicionamiento Materia Prima**

#### 2) Molienda en cutter

La molienda y adición de ingredientes se llevó a cabo en una *cutter* marca Hobart modelo 84181 (Figura 8) el cual permite la formación de la emulsión cárnica simultáneamente a la molienda, debido a la actividad envolvente que se lleva en el equipo.



**Figura 8. Molienda en cutter**

El orden de adición de los ingredientes es fundamental, el proceso comienza con la molienda de la carne (pulpa de pollo) y enseguida los ingredientes secos (sales), luego se añade la grasa con una parte del hielo, una vez mezclados completamente se adicionan el resto de los ingredientes secos (Figura 9). (Pérez, 2010) Al final se adiciona el almidón NATIONAL TM 1317 justo antes de la formación de la emulsión.



**Figura 9. Pasta terminada**

### 3) Embutido

Se llevó a cabo el embutido en tripa de celulosa de 2 pulgadas de ancho plano realizando un amarre de 12.5cm de largo con un peso aproximado de 100g.

### 4) Cocción

La cocción se llevó a cabo por inmersión de agua 70°C durante 30 min. Para asegurar que la temperatura haya llegado al centro térmico del producto. (Figura 10).



**Figura 10. Cocción del producto**

### 5) Enfriamiento

Al terminar el tratamiento térmico el producto fue inmerso en agua a temperatura de 5°C durante 15min (Figura 11).



**Figura 11. Enfriamiento por inmersión de agua**

#### 6) Envasado y almacenamiento

Después del enfriamiento las salchichas fueron separadas para su envasado al vacío etiquetadas y almacenadas en refrigeración (4°C) hasta su evaluación (Figura 12).



**Figura 12. Envasado del producto a presión al vacío**

### 2.5 Evaluación de lotes experimentales

Para la evaluación de lotes experimentales se llevó acabo la determinación del rendimiento, capacidad de retención de agua (CRA), resistencia a la deformación y rebanabilidad mediante las metodologías presentadas a continuación.

### 2.5.1 Rendimientos

Para determinar el rendimiento de los lotes se sumó la masa del producto embutido y la masa restante y se dividió entre la masa de ingredientes.

$$\%Rendimiento = \frac{K \text{ de producto terminado} + K \text{ de pasta restante}}{K \text{ de ingredientes}} \times 100 \dots (1)$$

(Ríos, 2014)

### 2.5.2 Capacidad de retención de agua (CRA)

Se evaluó la capacidad de retención de agua (CRA) con una centrifuga modelo Centurión Scientific, K2015R (Figura 13).



**Figura 13. Centrifuga Centurión, K2015R**

Las muestras medida expresable de la humedad se determinó de acuerdo con el método descrito por Karl O. Honikel (1998). Se pesaron piezas de papel de doblado en forma de cuadro y se colocaron en el mismo 1 g de muestra. Los conos de papel con muestra fueron colocados en tubos para centrifugarse a 15000rpm por 15 min. Transcurrido este tiempo se



retiraron las muestras del papel y se pesaron (Figura 14). La capacidad de retención de agua fue reportada como el peso perdido con relación al peso inicial de la muestra, antes de centrifugar, expresada en porcentaje.

Utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{peso papel humedo} - \text{peso papel seco}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \dots (2)$$

(Ros-Polski, 2015)



**Figura 14. Pesado de muestras de CRA**

### **2.5.3 Resistencia a la deformación**

Se determinó la resistencia a la deformación empleando un penetrómetro de la marca Fruit pressure tester ft327, el cual es un cilíndrico de 11mm unido a un resorte calibrado y un indicador de caratula que registra en Lbf o kgf la presión ejercida manualmente para que el dispositivo penetre hasta cierta distancia determinada por un tope.

Se tomó una salchicha envasada al vacío como muestra la cual se tomaron tres rebanadas de un centímetro de espesor en la parte media de la salchicha obteniendo una muestra uniforme de forma circular. Posteriormente para determinar la resistencia a la deformación se coloca en la parte superior de la muestra para determinar la fuerza de penetración (Figura

15), siempre se realiza la medición con la misma posición y con la misma mano. Ya que entre una persona y otra pueden existir variantes en la medición.



**Figura 15. Resistencia a la deformación**

#### **2.5.4 Rebanabilidad**

Se realizó por un método empírico para determinar el porcentaje de rebanabilidad con una rebanadora Torrey (Figura 16) donde se separan las rebanadas integras y las defectuosas pesando las rebanadas integras y el bloque completo del producto.

$$\bullet \text{ \%Rebanabilidad} = \frac{\text{peso rebanadas integras (g)}}{\text{peso de producto (g)}} \times 100 \dots (3)$$

Ramírez (2010)





**Figura 16. Rebanadora Torrey**

## **2.6 Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico ANOVA de dos vías con las variables, concentración de almidón presente en tres niveles (0, 5 y 7.5%) y el tiempo de almacenamiento en (1, 7 y 14 días), para resistencia a la deformación, capacidad de retención de agua y rebanabilidad.

## Capítulo 3. Análisis de resultados

### 3.1 Actividades

#### 3.1.1 pH Materia prima cárnica

A continuación se muestran los valores de resultados de pH materia prima cárnica, parámetro de control para nuestra materia prima que sirve como indicador para determinar si la carne es apta para la elaboración de los lotes experimentales.

**Cuadro 2. Valores de pH materia prima**

	Replica 1	Replica 2	Replica 3
<b>Promedio</b>	5.79	5.77	5.99
<b>D.S.</b>	0.05	0.01	0.01
<b>C.V.</b>	0.94	0.13	0.20

Observando los valores promedio de pH en las réplicas (Cuadro 2) y el coeficiente de variación (C.V) indica que los datos son confiables al tener un valor inferior a 5%, en cuanto al promedio, podemos ver que el pH de la pechuga de pollo respectivamente se encuentra en promedio de 5.85 donde Colmenero, F. J., & Santaolalla, J. C. (1989). Indican que en condiciones normales, inmediatamente después del sacrificio el músculo presenta valores de pH próximos a 7. A medida que avanzan los procesos *post mortem*, el glucógeno se va degradando dando lugar a la formación de ácido láctico, acidificándose de este modo la carne. El pH final va a depender de numerosos factores, tales como especie, tratamientos *ante mortem*, temperatura, etc. En productos crudos, valores de pH de 5.4-5.8 resultan adecuados debido a que se han finalizado los cambios los cambios *post mortem* sin que se presenten las características de una carne PSE o DFD; niveles superiores a 6.2 suponen que la carne no debe destinarse a la elaboración de embutidos esto es por que presenta la condición DFD Esta carne es de aspecto seco (muy poco exudativa), oscura y pegajosa al corte, al encontrarse en valores de 5.77 a 5.99 nos indica que nuestra materia prima es apta para la elaboración de nuestro producto.

#### 3.1.2 Proceso de elaboración del producto

Al elaborar las formulaciones adicionadas con 0, 5, 7.5 y 10% de almidón se encontró una desviación en la cocción del producto adicionado con 10% de almidón en esta se presentó una alta hidratación a comparación de las otras donde fue de gran notoriedad que los

embutidos estallaron (Figura 17) esto se debe a que al tener una concentración mayor que las otras formulaciones hay más captación de agua e hinchamiento lo cual provoca la ruptura de la celulosa que se utilizó para el embutido.



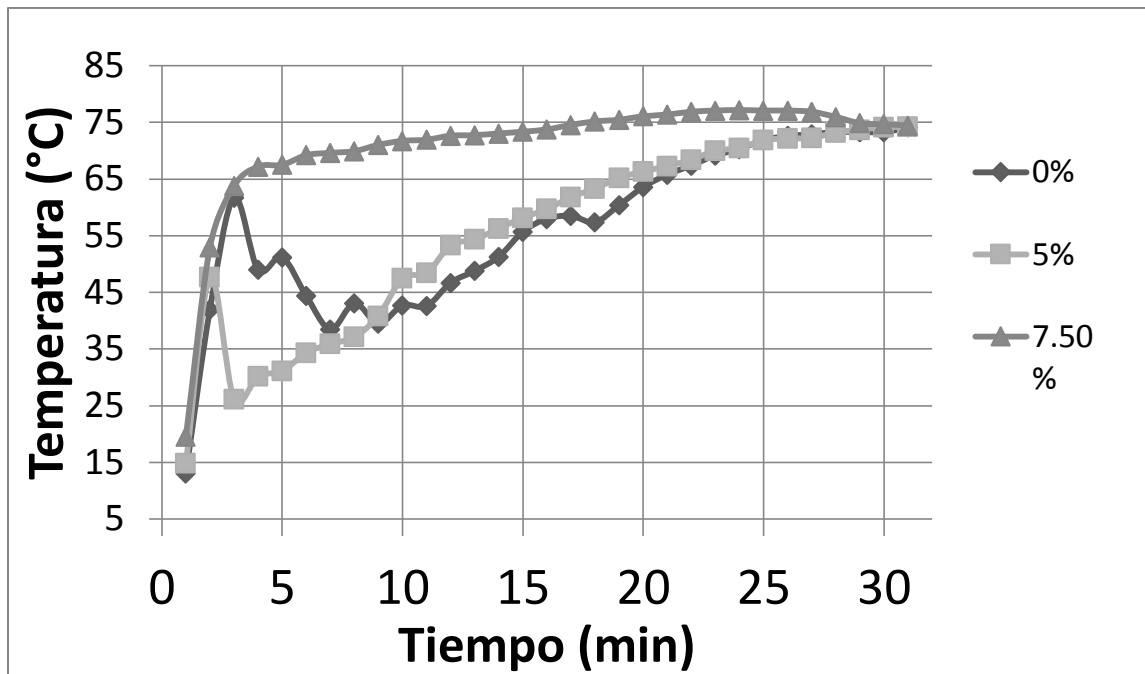
**Figura 17. Producto estallado por exceso de hidratación**

Con este resultado obtenido con una formulación adicionada al 10% de almidón la cual es recomendación máxima de adición de almidones por la norma Mexicana NMX-F-065-1984 se decidió descartar la concentración de un 10% para la elaboración de los lotes experimentales.

Se puede observar que estas salchichas además de que estallaron presentan un color muy blanco debido a que pierde el color amarillo de la pasta por el exceso de agua captada en el almidón de color blanco.

### **3.1.3 Temperatura centro térmico del producto**

Para asegurar la temperatura y determinar el tiempo de cocción de los lotes experimentales se insertó un termopar en el centro del producto en cada uno de los lotes para así monitorear la temperatura y el tiempo para asegurar que en todos los lotes se llegara la temperatura de 70°C. A continuación se muestran los resultados (Figura 18).



**Figura 18. Temperatura del centro térmico**

En la gráfica se observa que hasta los 25 minutos de cocción los tres lotes llegaron a la temperatura de 70°C. Observando también que el lote adicionado con 7.5% de almidón fue el que tardó 10 min en llegar a la temperatura de cocción. Tomando en cuenta los resultados se definió un tiempo de 30 minutos el cual es 5 minutos mayor al tiempo que se detectó en el historial térmico para asegurar que todos los lotes lleguen a la temperatura de 70°C.

Es de importancia determinar este parámetro ya que así se asegura que todo el producto llegue a la temperatura de cocción esta da como resultado que el almidón adicionado alcance su máxima captación de agua, si esto no se lleva a cabo el producto pudiera no llegar a la cocción completa en la parte interna del producto así también si no se llega a la temperatura de cocción el almidón podría no presentar su función de gelatinización.

### 3.3 Rendimiento de lotes experimentales

Se determinó el rendimiento porcentual de los tres lotes experimentales en función a la cantidad de pasta obtenida, producto terminado y la cantidad de ingredientes utilizados por cada lote en kg.

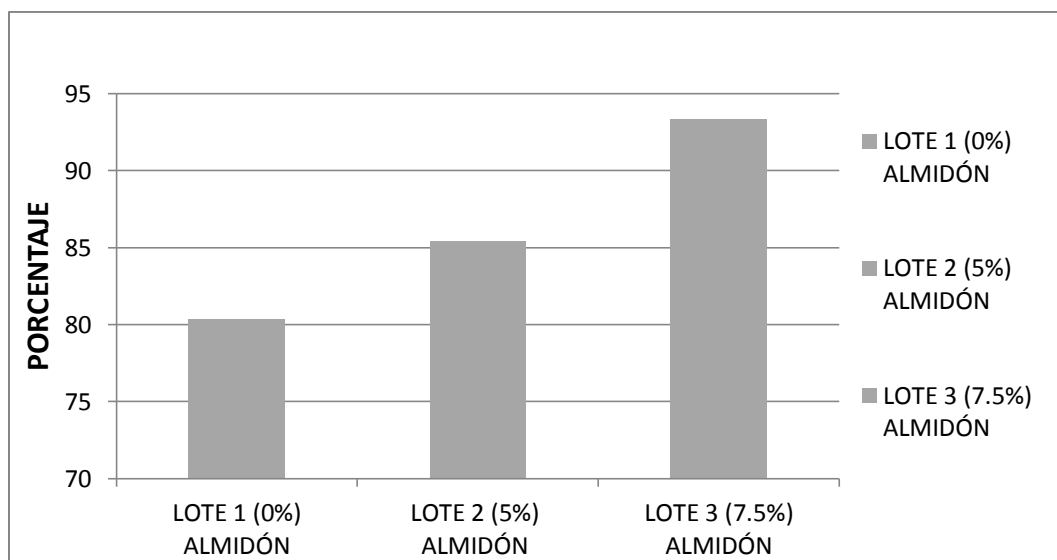
En el cuadro 3 se muestra el resultado en porcentaje de los rendimientos obtenidos de cada uno de los lotes.

**Cuadro 3. Resultado de rendimiento de lotes**

	Masa producto (kg)	Masa pasta sobrante (kg)	Masa de ingredientes (kg)	Porcentaje (%)
LOTE 1 (0%)	1.65	0.185	2.283	80.37
LOTE 2 (5%)	2	0.155	2.523	85.41
LOTE 3 (7.5%)	2.2	0.285	2.663	93.31

En la figura 19 se muestra una gráfica con los rendimientos obtenidos en cada uno de los lotes experimentales, donde el más alto fue donde se adicionó un porcentaje de almidón del 7.5% lo cual nos indica que esto se debe a que los gránulos de almidón se hinchan rápidamente más allá del punto de reversibilidad. Las moléculas de agua penetran entre las cadenas, rompen los enlaces entre las mismas y establecen capas de hidratación alrededor de las moléculas así separadas. Esto plastifica las cadenas, de manera que se separan totalmente y se solvatan. La entrada de grandes cantidades de agua da lugar a que los gránulos se hinchen hasta alcanzar un tamaño varias veces superior al original (Fennema, 2000).

Ya que el rendimiento está dado en porcentaje de los kilogramos de ingredientes en total en relación con los kilogramos de producto final se puede deducir que si hay un aumento en el rendimiento de los lotes experimentales adicionados con almidón en comparación con el lote control sin adición.



**Figura 19. Rendimiento de Lotes experimentales**

### 3.3 Capacidad de retención de agua

En el cuadro 4 se presentan los resultados de CRA, promedio de 5 repeticiones, para cada lote y día de evaluación. Para cada promedio se realizaron tres replicas con 5 mediciones cada una obteniendo un valor promedio por replica con un valor de coeficiente de variación  $> 5\%$  y a la vez se obtuvo un promedio de las tres replicas.

**Cuadro 4. Promedios de resultados CRA**

Tiempo Días	Lote 1, 0% almidón	Lote 2, 5% almidón	Lote 3, 7.5%
1	20.15	19.18	13.15
7	15.48	18.42	12.43
14	17.35	16.76	12.29

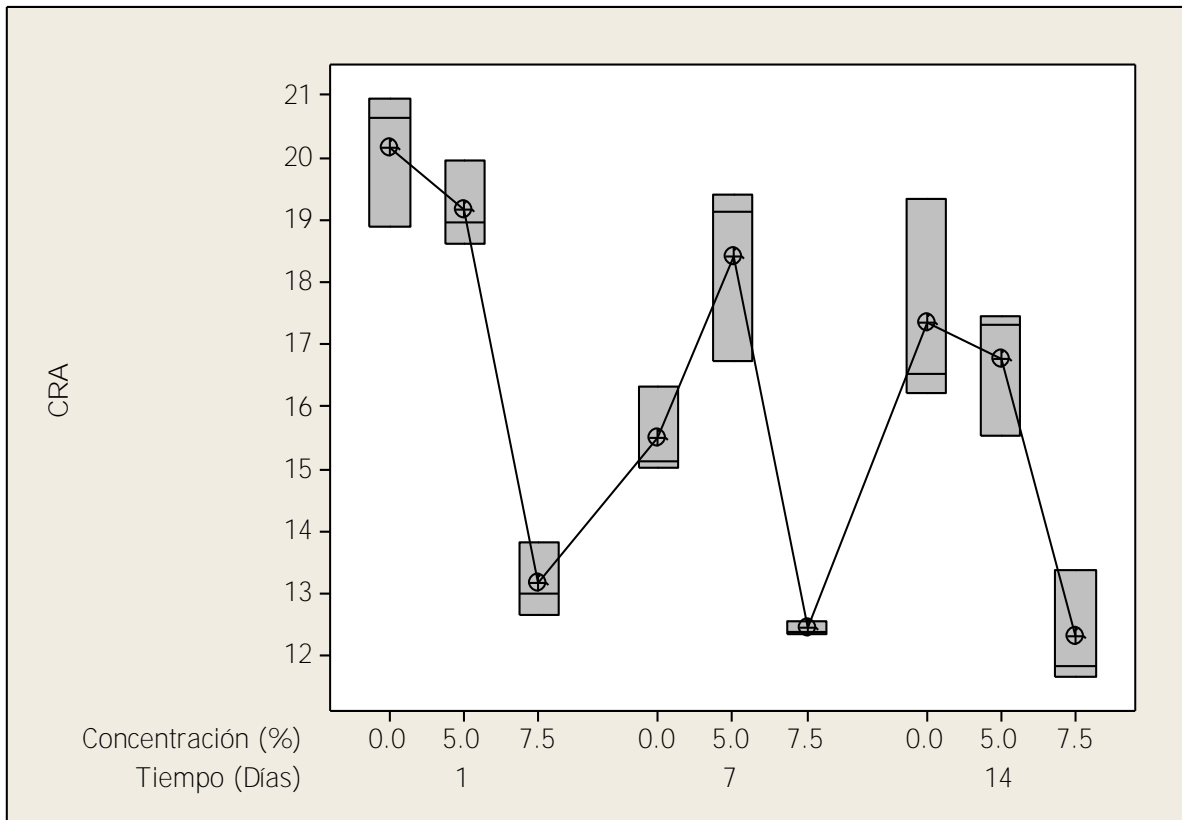
De acuerdo con el análisis de estadístico (Cuadro 5) se muestra que no hay diferencias significativas entre los factores tiempo y concentración debido a que el valor-p es inferior a 0.05%, como se puede apreciar en el cuadro 5 y no hay interacción entre los factores.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para CRA**

<b>Factor</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Tiempo</b>	2	24.946	12.4728	11.47	0.001
<b>Concentración</b>	2	167.28	83.64	76.93	0
<b>Interacción</b>	4	18.646	4.6614	4.29	0.013
<b>Error</b>	18	19.57	1.0872		
<b>Total</b>	26	230.441			

Se evaluó a partir de la determinación de los valores de pérdida de peso del producto terminado, tomando en cuenta las afirmaciones de Honikel (1998), quien coincide en asumir la CRA en función por pérdidas de peso de los productos cárnicos ante la aplicación de fuerzas externas (Arango, 2002). La CRA es inversamente proporcional a las pérdidas representadas en la Figura 20. Se puede observar que el lote tres tuvo diferencias significativas en los tres días de evaluación en comparación al lote 1 y 2. Debido al que al tener una mayor cantidad de almidón presente hay mayor captación de agua durante el proceso de elaboración dejando así una menor cantidad de agua disponible y por consiguiente tener la capacidad de retención de agua mayor que la de los lotes 1 y 2.





**Figura 20. Gráfica de caja de CRA**

Una razón importante que explica el comportamiento que se obtuvo en los resultados de CRA es la existencia de sinéresis, es una expulsión de líquido que presentaron las salchichas envasadas al vacío durante el tiempo de almacenamiento perdiendo agua la cual afectó los resultados debido a que las salchichas que fueron evaluadas cuando ya habían tenido una disminución de agua.

Siendo así que las diferencias significativas que se muestran en el lote 3 se deben a la adición de almidón de 7.5 % o bien que en ese lote existió una mayor cantidad de pérdida de agua por sinéresis durante el almacenamiento.

### 3.4 Resistencia a la deformación

Se realizó la prueba en las muestras la cual nos determina la resistencia a la deformación expresada en  $kg_f$  en la estructura interna del producto por la manera que se obtienen las muestras de la parte central de la salchicha para los tres lotes experimentales, evaluados los días 1, 7 y 14 de almacenamiento a  $4^{\circ}C$ , por lo que se realizaron 5 mediciones a cada muestra con tres replicas cada, en el cuadro 6 se presentan los valores promedio de cada una de las réplicas.

**Cuadro 6. Promedio de resultados de resistencia a la deformación en  $kg_f$**

Tiempo Días	Lote 1, 0% almidón	Lote 2, 5% almidón	Lote 3, 7.5% almidón
1	0.98	0.66	0.68
7	0.88	0.69	0.65
14	0.73	0.42	1.07

Con los datos obtenidos de los promedios de cada lote y día de experimentación se procedió a realizar el análisis de varianza de 2 vías, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), para determinar la influencia de los tratamientos y el almacenamiento sobre los valores de resistencia de las muestras.

**Cuadro 7. Análisis de varianza de la resistencia a la deformación**

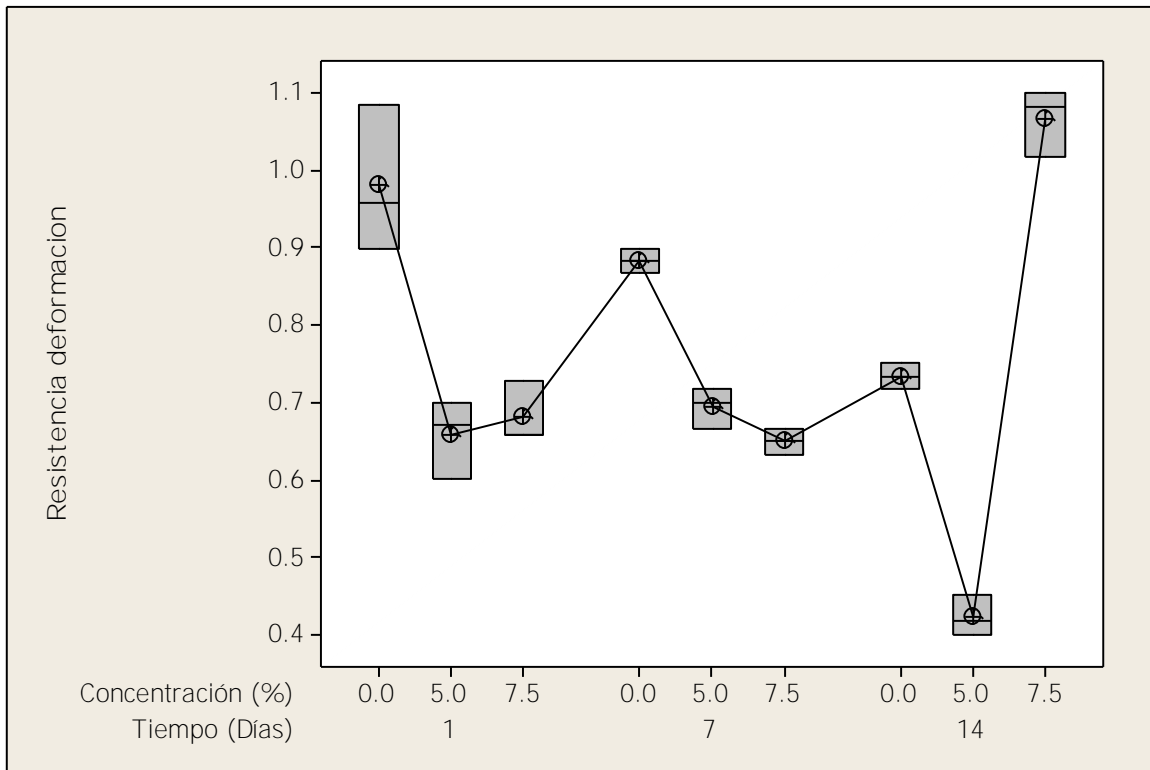
Factor	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tiempo	2	0.005912	0.002956	1.52	0.245
Concentración	2	0.369267	0.184633	95.09	0
Interacción	4	0.541461	0.135365	69.71	0
Error	18	0.034951	0.001942		
Total	26	0.951591			

De acuerdo a los valores de  $P$  presentes en el cuadro 7 se demuestran que existen diferencias significativas en los tratamientos con respecto al tiempo al tener un valor de 0.245 mayor a ( $\alpha= 0,05\%$ ), esto nos indica que el tiempo es un factor que afecta en la resistencia a la deformación de los lotes experimentales.

En la Figura 21 se puede observar que en el lote control sin adición de almidón presentó diferencias significativas ( $P<0.05$ ), a través de los 14 días de almacenamiento a  $4^{\circ}\text{C}$  con valores de 0.9 a 1.1 kgf en cada una de sus evaluaciones, con respecto a los lotes adicionados con 5 y 7,5% de almidón presentado valores de 0.6 a 0.7 kgf. Este comportamiento se debe posiblemente a que los enlaces que se dan por la función de gelación de la proteína muscular de pechuga de pollo a nuestro lote control el cual no tiene una adición de almidón, la proteína forman una red capaz de atrapar agua donde las interacciones involucradas en la formación de la red son principalmente puentes de hidrógeno la que nos muestra que confiere una mayor resistencia a la deformación a comparación con los lotes adicionados de 5 y 7.5% almidón estos tuvieron una disminución en la cantidad de pechuga de pollo en su formulación, el almidón pre gelatinizado a concentraciones de 5 a 15%, según el tipo de almidón forma un gel de un tipo muy distinto al formado por las disoluciones diluidas.

Los gránulos se hinchan hasta que el agua llena virtualmente todo su volumen, deformándose unos a otros en el proceso. Los gránulos hinchados, se entrelazan y entre ellos se dispone una capa fina de una disolución de amilosa gelificada que constituye una especie de cola intergranular. Un gel se puede deformar mucho más y es puramente elástico (como una bola de caucho). Probablemente cada uno de los gránulos tiene características similares a la goma. (Fennema, 1992). Lo que nos indica que la adición de almidón no confiere una mayor resistencia a la deformación como en el lote control.

Sin embargo los lotes con almidón al 5 y 7.5% no tuvieron diferencias en los días 1 y 7 días de almacenamiento en refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$  a comparación que en el día 14, los tres lotes tuvieron una diferencias significativa ( $P<0.05$ ). Lo que nos muestra que en el día 14 de almacenamiento a  $4^{\circ}\text{C}$  la estabilidad en cuando a resistencia a la deformación puede ser muy variable.



**Figura 21. Gráfica de caja de resistencia a la deformación**

### 3.5 Rebanabilidad

Se realizó la prueba de rebanabilidad a 3 salchichas de cada lote en cada uno de los días de almacenamiento en refrigeración, se evaluaron los 3 lotes obteniendo un promedio del porcentaje de rebanabilidad que se muestra en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Resultados promedio de Rebanabilidad**

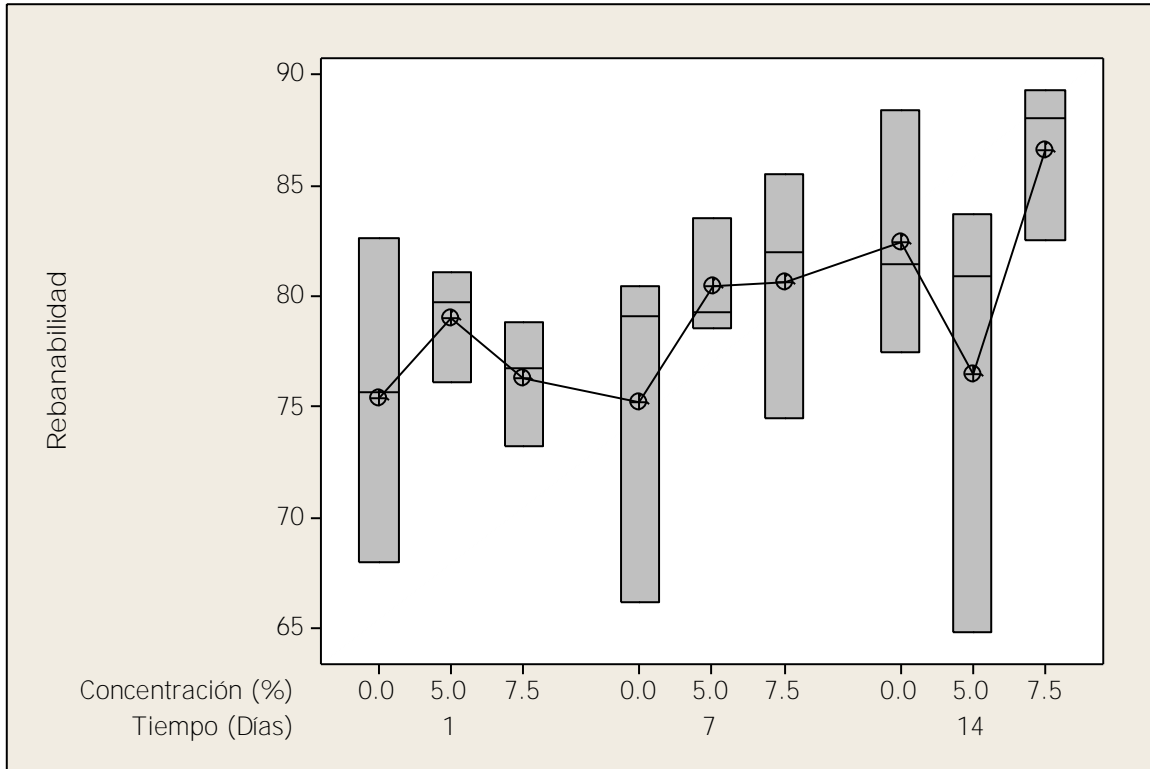
Tiempo Días	Lote 1, 0% almidón	Lote 2, 5% almidón	Lote 3, 7.5% almidón
1	75.40	78.97	76.27
7	75.23	80.45	80.67
14	82.44	76.48	86.61

Con los datos obtenidos de los promedios de cada lote y día de experimentación se procedió a realizar el análisis de varianza de 2 vías, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), para determinar la influencia de los tratamientos y el almacenamiento 4°C sobre los valores de porcentaje de rebanabilidad de las muestras.

**Cuadro 9. Análisis de Varianza Rebanabilidad**

<b>Factor</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Tiempo</b>	2	112.803	56.4017	1.6	0.229
<b>Concentración</b>	2	58.768	29.3838	0.83	0.45
<b>Interacción</b>	4	174.413	43.6032	1.24	0.33
<b>Error</b>	18	633.827	35.2126		
<b>Total</b>	26	979.81			

De acuerdo al análisis de varianza y como se puede apreciar en el Cuadro 9, se concluye que existe diferencia significativa ( $\alpha= 0.05$ ) en los valores de rebanabilidad con respecto al tiempo, concentración e interacción entre estos dos, es decir el tipo de tratamiento (control, 5% y 7.5% de almidón) como el tiempo de almacenamiento (1, 7 y 14 días) influyen mucho en los valores de rebanabilidad del producto, por lo que se puede decir que es una variable muy inestable la cual cambia en cada una de sus evaluaciones esto se debe a que existe una variable de respuesta del producto el cual se comporta como un gel, algunos de ellos liberan parte de su fase líquida, sin importar la presión de vapor que se ejerza sobre ellos. A este fenómeno se le denomina *sinéresis*, se ve influida por varios factores como por ejemplo la naturaleza de la fase dispersa, por ejemplo, al disminuir la concentración de almidón en un gel aumenta su sinéresis (Badui, 2006). Como esta variable no fue evaluada, no se puede controlar y si tuvo un efecto en las evaluaciones reflejado las diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en los factores de tiempo y concentración.



**Figura 22. Gráfica de caja de rebanabilidad**

De acuerdo con los resultados mostrados en la Figura 22 (gráfica de caja) se puede observar que no hay diferencias significativas ( $\alpha=0.05\%$ ) entre cada uno de los tratamientos (control, 5 y 7.5% de almidón) a lo largo de los 14 días de almacenamiento a 4°C. Esto se ve reflejado en la gráfica por la gran diferencia que existe entre los valores de una repetición y otra, que se promedian en cada uno de los tratamientos. Esto se debe a la función del almidón que es gelificar durante el tratamiento térmico, aumentando la viscosidad de la emulsión y reduciendo la movilidad de los glóbulos grasos el almidón esta formado por moléculas de amilosa y amilopectina ordenadas de forma radial. Contienen regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas. Las ramas agrupadas en paralelo de la amilopectina se encuentran plegadas como dobles hélices. Al tener un sistema homogéneo y estable donde se adiciono almidón al 5 y 7.5% muestran un comportamiento muy similar a nuestro lote control sin adición de almidón el cual es positivo por la reducción de proteína en la formulación esta juega un papel similar en su función de gelificación calentando la solución de proteína, lo que induce una desnaturalización que

puede ser considerada un estado “progel”, que es un líquido viscoso en el que ocurren algunos eventos de polimerización de la proteína. Ésta se despliega y se exponen numerosos grupos funcionales, como los puentes de hidrógeno y los grupos hidrofóbicos. Un segundo estado es la formación de una red de proteína entre las moléculas desplegadas, a menudo irreversible (Badui, 2006). Cuando el “progel” se enfría, a temperatura ambiente o de refrigeración, baja la energía cinética y esto facilita la formación de uniones estables no covalentes gracias a la exposición de grupos funcionales de varias moléculas, lo que constituye la gelificación.

Por consiguiente la adición de almidón en las dos concentraciones mejoro su estabilidad del producto.

## CONCLUSIONES

- El rendimiento de los lotes experimentales adicionados con almidón permitieron mayores rendimientos que el lote control (80.4%). El lote adicionado con 7.5% de almidón fue el que obtuvo rendimiento mayor (93.3%).
- El lote 3, adicionado con 7.5% de almidón, tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en cada uno de los días de almacenamiento a 4°C en comparación con el lote control y el adicionado con 5% en cada uno de los días de almacenamiento a 4°C obteniendo un menor porcentaje de pérdida de agua en la evaluación de CRA que va de 12.29 a 13.15%. por lo tanto en el lote control sin adición de almidón va de 15.48 a 20.15%. siendo así más estable el lote con mayor concentración de almidón adicionado.
- El lote control sin adición de almidón obtuvo diferencias significativas en comparación con los lotes adicionados de almidón (5 y 7.5%) obteniendo valores mayores de resistencia a la deformación de 0.73 a 0.78 kgf en los tres días de evaluación a lo largo de los 14 días de almacenamiento a 4°C. Por el contrario en lotes adicionados con almidón sus valores fueron menores de 0.42 a 0.69 kgf. resultando la adición de almidón un efecto negativo en resistencia a la deformación.
- La adición de almidón no tuvo efecto en resultados no significativos ( $P > 0.05$ ) para la variable de rebanabilidad en comparación con el lote control.
- En general la estabilidad del producto adicionado de almidón obtuvo un resultado muy similar al lote control.



## RECOMENDACIONES

- Antes de empezar a experimentar es importante contar con todo el material de laboratorio, materia prima e ingredientes para las actividades a realizar.
- Para realizar la emulsión es importante determinar el tamaño de glóbulo de grasa para asegurar que se la emulsión se halla formado.
- Para el embutido del producto es necesario tener el equipo y la metodología bien implementada antes de llevarlo a cabo.
- Es sumamente importante la evaluación de la propiedad de sinéresis de salchicha por que muestra un comportamiento similar a un gel.
- Es importante tener en cuenta los lineamientos y referencias en las normas mexicanas y normas oficiales para efectuar de manera adecuada el desarrollo del proyecto.

## REFERENCIAS

- A.O.A.C. 1981. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists E.U.A. 14<sup>a</sup> Ed. Washington, D.C.
- Albarracín H, W. (2010). Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (*Phaseolus spp.*). *Vitae*, 17(3), 264-271
- Alvarado, J. D. D., Aguilera, J. M., & Juan de Dios Alvarado, J. M. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos* (No. TX 541. M47 2001).
- Ambrosia Dis, I., Klettner, P.G. (1984). Efecto del proceso con la cutter sobre los embutidos escaldados. *Fleischwirtsch* 2, 23-28.
- Andújar G., Pérez D., Venegas O. (2003) Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Cuba Ed. Universitaria pp. 85-87
- Aranberri, I., Binks, B. P., Clint, J. H., & Fletcher, P. D. I. (2006). Elaboración y caracterización de emulsiones estabilizadas por polímeros y agentes tensioactivos. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 7(3), 211-231.
- Arango C., Restrepo A. (2002), Efectos del uso de diferentes fuentes de fosfatos sobre la capacidad de retención de agua (CRA) y las características de textura de una salchicha. *Rev.Nal.Agr.Medellín.Vol.55.Nol.p.14251440*.
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos. *México: Alhambra Mexicana*. pp 80 - 88,560-562.
- Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Baéza, E., Chartrin, P., Picgirard, L., Jehl, N., ... & Duclos, M. J. (2005). Further processing characteristics of breast and leg meat from fast-, medium-and slow-growing commercial chickens. *Animal Research*, 54(2), 123-134.
- Bilgili, S. F., & Hess, J. B. (1997). Tensile strength of broiler intestines as influenced by age and feed withdrawal. *Journal of Applied Poultry Research*, 6(3), 279-283.

- Castañeda Serrano, M. D. P., Braña Varela, D., Delgado Suárez, E., Tejada Gil, R., Vázquez Delgado, A. S., & Martínez Valdés, W. (2013). Embarque de aves. Programas de ayuno y captura. Pp 20-25
- Castañeda Serrano, M. D. P., & Braña Varela, D. (2013). Carne de pollo mexicana. pp 31-33
- Colmenero, F. J., & Santaolalla, J. C. (1989). *Principios básicos de elaboración de embutidos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias.
- Crehan, C.M., Hughes, E., Troy, D.J., & Buckley, D.J. (2000). Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5%, 12% and 30% fat. *Meat Science* 55, 463-469.
- DePerú.com. “*Cortes de carne de pollo*”. (en línea) Con acceso: 1 de diciembre de 2009. Disponible desde: [http://www.deperu.com/datos\\_utiles/cortes-carne-pollo.php](http://www.deperu.com/datos_utiles/cortes-carne-pollo.php)
- De Torre, L., & GARCIA, G. (1991). *Manual de bioquímica y tecnología de la carne*. A. Madrid Vicente,
- Fennema, O. R. (1992). *Química de los alimentos* (No. 664.07 F335q). Zaragoza, ES: Acribia.
- Foegeding, E.A., Lanier, T.C., Hultin, H.O. (2000). Características de los tejidos musculares comestibles. *Química de los Alimentos*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, Spain.
- Forrest, J. C. J. C. (1979). *Fundamentos de Ciencia de la Carne* (No. 637.5 FOR).
- Freixanet, L. (2010). Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero. *Metalquimia SA Artículos tecnológicos*. Editado por Metalquimia SA Gerona, España
- Gregory, N. G., & Wotton, S. B. (1989). Effect of electrical stunning on somato sensory evoked potentials in chickens. *British Veterinary Journal*, 145(2), 159-164.
- Gordon, A., Barbut, S. (1992). Mechanisms of meat batter stabilization: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 32 (4), 299-332.

- Karl O. Honikel (1998) "Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat" Federal Centre for Meat Research, Kulmbach, Germany, Meat Science, 49, 4, 447-457
- Mercasa (2005). Alimentación en España 2005. Producción, Industria, Distribución y Consumo. Ed. Empresa Nacional MERCASA, Madrid, España
- Norma Mexicana NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas. Especificaciones.
- Norma Mexicana NMX-FF-080-1992. Productos avícolas. Carne de pollo de engorda en canal. Clasificación
- 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.
- Ortolan, F., Brites, L. T. G., Montenegro, F. M., Schmiele, M., Steel, C. J., Clerici, M. T. P.,... & Chang, Y. K. (2015). Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Research International*, 76, 402-409.
- Owens, C. M. (2004). Short course of modern poultry production. *University of Arkansas, Division of Agriculture*. Owens, C. M. (2004). Short course of modern poultry production. *University of Arkansas, Division of Agriculture*.
- Pearson, A. M. (2013). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* (Vol. 9). Springer.
- Pérez Morales Alicia. (2010) "Desarrollo de productos cárnicos como alternativa tecnológica para el procesamiento de la carne de conejo producida en la Fes-Cuautitlán". (Tesis Ing. en Alimentos). UNAM. Cuautitlán Izcalli Edo. Mex.
- Quintana López, J. A., & Quintana, J. A. (2011). *Avitecnia: manejo de las aves domésticas más comunes*. Capítulo XV de la 4ª Edición Editorial Trillas

- Ramírez-Navas, J. S. (2010). *Propiedades funcionales de los quesos: Énfasis en quesos de pasta hilada*. Revista ReCiTeIA.
- Restrepo D., Arango C., Amezquita A., Restrepo R. (2001) *Industria de carnes*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia. ISBN 9352-30-8
- Ríos Reyes T. (2014) Efecto de la adición de proteína de soya en la estabilidad de una emulsión cárnica (tesis Ing. en Alimentos) UNAM. Cuautitlán Izcalli Edo. de México
- Ros-Polski, V., Koutchma, T., Xue, J., Defelice, C., & Balamurugan, S. (2015). Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of white chicken meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 30, 31-42.
- Sams, R. A., & Castañeda, S. M. P. (2003). Procesamiento y su efecto en la calidad y rendimiento. *Memorias del quinto simposium internacional sobre procesamiento de aves y calidad de producto. Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas. León, Guanajuato*.
- Vaclavik, V. A., & Christian, E. W. (2002). *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*. Acribia.
- Vecerek, V., Grbalova, S., Voslarova, E., Janackova, B., & Malena, M. (2006). Effects of travel distance and the season of the year on death rates of broilers transported to poultry processing plants. *Poultry Science*, 85(11), 1881-1884.
- Warriss, P. D. (1990). The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied animal behaviour science*, 28(1-2), 171-186.
- [www.navarrof.orgfree.com/Docencia/FQaplicada/UT4/UT4\\_t2.htm](http://www.navarrof.orgfree.com/Docencia/FQaplicada/UT4/UT4_t2.htm). Recuperado el 25 de febrero de 2017
- Xiong, Y.L. (1997). Structure-Functionality relationships of muscle proteins. In *Food Proteins and Their Applications*, Damoradan, S. and Paraf, A. (Eds.), Chapter 12, pp. 341-392.

## ANEXOS