



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES IDÓNEAS EN  
UN PROCESO DE TENDERIZADO (PRESIÓN DE  
INYECCIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL INGREDIENTE  
ACTIVO), PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓPTIMO  
RENDIMIENTO EN EL POLLO ENTERO FRESCO, EN  
UNA INDUSTRIA PROCESADORA**

**Alejandra Francisca Bonilla Barreda**

Asesorada por: Ing. Edgar Teófilo Vásquez Cobón

Guatemala, marzo de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES IDÓNEAS EN UN  
PROCESO DE TENDERIZADO (PRESIÓN DE INYECCIÓN Y  
CONCENTRACIÓN DEL INGREDIENTE ACTIVO), PARA LA  
OBTENCIÓN DEL ÓPTIMO RENDIMIENTO EN EL POLLO  
ENTERO FRESCO, EN UNA INDUSTRIA PROCESADORA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**ALEJANDRA FRANCISCA BONILLA BARREDA**

ASESORADA POR EL ING. EDGAR TEÓFILO VÁSQUEZ COBÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE :

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, MARZO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO :	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I :	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II :	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III :	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV :	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V :	
SECRETARIA :	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO :	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR :	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdéz
EXAMINADOR :	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR :	Ing. Otto Raúl De León De Paz
SECRETARIO :	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presenté a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES IDÓNEAS EN UN PROCESO DE TENDERIZADO (PRESIÓN DE INYECCIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL INGREDIENTE ACTIVO), PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓPTIMO RENDIMIENTO EN EL POLLO ENTERO FRESCO, EN UNA INDUSTRIA PROCESADORA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 19 de julio de 2006.



**ALEJANDRA FRANCISCA BONILLA BARREDA**

Guatemala, 10 de septiembre de 2007

Ing. Williams Álvarez  
Director de Escuela  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

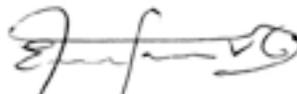
Estimado Ing. Álvarez :

Por este medio hago constar que asesoré y aprobé el informe final del Trabajo de Graduación de la estudiante de Ingeniería Química **ALEJANDRA FRANCISCA BONILLA BARREDA**, CARNET No. 95-17012, que se titula :

**"DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES IDÓNEAS EN UN PROCESO DE TENDERIZADO (PRESIÓN DE INYECCIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL INGREDIENTE ACTIVO) PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓPTIMO RENDIMIENTO EN EL POLLO ENTERO FRESCO EN UNA INDUSTRIA PROCESADORA"**

Para los usos que a la Srta. Bonilla convengan, extendiendo la presente nota.

Atentamente,



Ing. Edgar Teófilo Vásquez Cobón  
Colegiado No. 5466



Guatemala 12 de Noviembre del 2007

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ing. Álvarez:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación que me fue solicitado por la Dirección de Escuela, de la estudiante Alejandra Francisca Bonilla Barreda, quien se identifica con el No. de carnet 95-17012, trabajo que se titula: **"Determinación de las Variables Idóneas en un Proceso de Tenderizado (Presión de Inyección y Concentración del Ingrediente Activo) para la Obtención del Óptimo Rendimiento en el Pollo Entero Fresco en una Industria Procesadora"**.

Luego de haberse revisado, modificado y corregido el cuerpo del trabajo de graduación de la estudiante Bonilla Barreda, doy mi aprobación como revisor nombrado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, tal como lo exigen los procedimientos y reglamentos internos.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me suscribo de Ud.

Atentamente,

Ing. Hilda Palma de Martini  
Ingeniera Química  
Colegiada 453  
Catedrática Titular



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación de la estudiante **Alejandra Francisca Bonilla Barreda** titulado: "DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES IDÓNEAS EN UN PROCESO DE TENDERIZADO (PRESIÓN DE INYECCIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL INGREDIENTE ACTIVO), PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓPTIMO RENDIMIENTO EN EL POLLO ENTERO FRESCO, EN UNA INDUSTRIA PROCESADORA", procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, marzo de 2,008

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 073.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES IDÓNEAS EN UN PROCESO DE TENDERIZADO (PRESIÓN DE INYECCIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL INGREDIENTE ACTIVO), PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓPTIMO RENDIMIENTO EN EL POLLO ENTERO FRESCO, EN UNA INDUSTRIA PROCESADORA,** presentado por la estudiante universitaria **Alejandra Francisca Bonilla Barreda**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, marzo de 2008

/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### ***DIOS***

Por haberme dado el mayor de los regalos, la vida y permitirme culminar esta meta.

### ***MIS HIJOS***

Rodrigo Leonel y bebé, todo lo que hago lo hago por ustedes, son mi inspiración y mi mayor legado en esta vida.

### ***JOSÉ CRUZ Y ANA MARÍA***

Mis amados padres, agradecimiento por el apoyo moral y económico y por formar en mí a un ser humano con valores y responsable, esto era algo que se los debía.

### ***CHICHY Y LUISA***

Mis queridas hermanitas, son dos de las mujeres que más admiro, por su fortaleza ante las adversidades de la vida, pero sobre todo, porque siempre han sido el más grande ejemplo a seguir.

### ***MIS COMPADRES***

Tito y Chiqui, por siempre tener sonrisas y palabras de aliento para mí y para mi hijo. Henry, Alba, Flavio y Fabiola, por ser más que amigos, mis hermanos.

### ***MIS AMIGOS***

Juan Miguel, Elia, Carmen, Lili, Sergio y Jaimito, tía Flor, por todas las sonrisas compartidas.

***FAMILIA RODRÍGUEZ VICENTE***

Por todo su apoyo y por adoptar a mi peque como de la familia, eso no tiene precio.

***MI ASESOR***

Teófilo, gracias por apoyarme en la búsqueda de la excelencia.

***INDUSTRIA AVÍCOLA DEL SUR,  
S.A. Y AVÍCOLA VILLALOBOS  
S.A.***

Por darme la oportunidad de realizarme no sólo profesionalmente sino personalmente y fomentar en mí el hecho de que la productividad no radica en números solamente sino también en el bienestar de nuestros colaboradores.

***DON ALVARITO NOLASCO E  
ING. EDGAR HERNÁNDEZ***

Por motivarme y darme retos y nunca dudar de mi capacidad, gracias, son una fuente de inspiración para mí.

***COLABORADORES DE  
PROCESAMIENTO INDUSTRIAL***

Gudiel, Ardón, Alex, Panchito, Elias y todos aquellos que me auxiliaron en la parte experimental.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>III</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. PROCESO DE BENEFICIADO DEL POLLO</b>	
1.1 Pollo .....	1
1.2 Áreas de procesamiento .....	2
1.2.1 Área de muelle de pollo en pie y área caliente .....	2
1.2.2 Área fría .....	3
1.2.3 Almacenaje y despachos .....	4
<b>2. BIOQUÍMICA MUSCULAR DEL AVE</b>	
2.1 Reacciones a nivel muscular .....	6
2.2 Tipos de músculos .....	8
2.3 Rigor mortis en las aves .....	9
<b>3. TENDERIZADO DE POLLO ENTERO FRESCO</b>	
3.1 Descripción del proceso .....	11
3.2 Equipo de tenderizado .....	12
3.3 Preparación del marinado .....	14
3.3.1 Ingredientes .....	14
3.3.2 Procedimiento de elaboración de marinado .....	19
3.4 Variables en el proceso de tenderizado .....	20
3.4.1 Presión de inyección .....	20
3.4.2 Niveles de inyección .....	20

3.4.3	Concentración de los ingredientes en el marinado ....	20
3.4.4	Temperatura del pollo .....	21
3.4.5	pH del pollo .....	21
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
5.1	Desviaciones de resultados esperados .....	31
5.2	Pruebas organolépticas .....	34
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>39</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>41</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>43</b>
	<b>APÉNDICES</b> .....	<b>45</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Diagrama de flujo del proceso de beneficiado de pollo entero .....	4
2	Transformación de la glucosa .....	7
3	Equipo de tenderizado, vista frontal .....	13
4	Estructura general de los polisacáridos .....	17
5	Dos mecanismos de interacción carragenina-proteína .....	19
6	Máquina tenderizadora vista lateral .....	32
7	Gráfica de resultados con presión de 1.5 bar y tipo de inyección 1 .....	23
8	Gráfica de resultados con presión de 1.5 bar y tipo de inyección 2 .....	23
9	Gráfica de resultados con presión de 2.5 bar y tipo de inyección 1 .....	24
10	Gráfica de resultados con presión de 2.5 bar y tipo de inyección 2 .....	24
11	Gráfica de resultados con presión de 3.5 bar y tipo de inyección 1 .....	25
12	Gráfica de resultados con presión de 3.5 bar y tipo de inyección 2 .....	25

## TABLAS

I	Composición del tejido muscular del pollo .....	5
II	Ingredientes con las diferentes concentraciones utilizadas .....	14
III	pH en las diferentes partes del pollo .....	22
IV	Descripción de los parámetros a evaluar en las características organolépticas .....	36
V	Resultados en pruebas organolépticas en producto crudo .....	37
VI	Resultados en pruebas organolépticas en producto cocinado .....	38
VII	Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 1.5 bar.....	49
VIII	Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 2.5 bar.....	50
IX	Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 3.5 bar.....	51
X	Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 1.5 bar.....	52
XI	Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 2.5 bar.....	53
XII	Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 3.5 bar.....	54
XIII	Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 1.5 bar.....	55
XIV	Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 2.5 bar.....	56
XV	Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 3.5 bar.....	57

XVI	Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 1.5 bar.....	58
XVII	Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 2.5 bar.....	59
XVIII	Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 3.5 bar.....	60
XIX	Fórmula: 0.5 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 1.5 bar.....	61
XX	Fórmula: 0.5 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 2.5 bar.....	62
XXI	Fórmula: 0.5 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 3.5 bar.....	63
XXII	Fórmula: 0.5 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 1.5 bar.....	64
XXIII	Fórmula: 0.5 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 2.5 bar.....	65
XXIV	Fórmula: 0.5 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 3.5 bar.....	66
XXV	Análisis económico para la concentración de 0.3% de carragenina .....	67
XVI	Análisis económico para la concentración de 0.4% de carragenina .....	68
XVII	Análisis económico para la concentración de 0.5% de carragenina .....	69



## GLOSARIO

<b>Área caliente</b>	Sección del área del proceso en donde las operaciones se realizan a una temperatura superior a la temperatura ambiente, lugar donde son separados los restos comestibles y no comestibles.
<b>Área despachos</b>	Sección del proceso, donde el grupo de carga suministra la materia prima a los furgones.
<b>Área embolsado</b>	Sección del proceso donde se empaca el pollo entero listo para cocinar y las operaciones se realizan a una temperatura menor al ambiente
<b>Área fría</b>	Sección del área del proceso en el cual las operaciones se realizan a una temperatura menor a la del ambiente, inicia con el descenso de la temperatura de la materia prima.
<b>Área muelle de pollo en pié</b>	Área del proceso donde el pollo permanece vivo.
<b>Área tenderizado</b>	Subárea física dentro del área fría, en la cual se realiza el tenderizado.
<b>Beneficiado de pollo</b>	Proceso mediante el cual el ave viva se transforma en un producto apto para consumo humano.

<b>Cadena de frío</b>	Pasos subsecuentes al pollo que una vez es enfriado, debe mantener la temperatura de 4°C o menos.
<b>Calidad</b>	Conjunto de normas y características de un producto tomando como referencia la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) página 9, inciso 3.7.
<b>Cámara fría</b>	Recinto en el que se establece artificialmente una temperatura próxima a los 0 °C y sirve para conservar materias perecederas mediante el frío.
<b>Canal caliente</b>	Carcasa en área fría.
<b>Canal fría</b>	Carcasa en área caliente.
<b>Carcasa</b>	Materia prima sin vísceras.
<b>Chiller</b>	Depósito de acero inoxidable con sistema de agitación por medio de blowers y transporte de materia prima, mediante un tornillo sin fin, en donde el pollo es enfriado por el intercambio de calor pollo-agua.
<b>Clasificación por calidad</b>	Acción de clasificar de acuerdo a criterios basados en las especificaciones de calidad.
<b>Condiciones insuladas</b>	Aislado.

<b>Crecimiento bacteriano</b>	Proliferación de organismos inherentes al ave.
<b>Drenaje de la materia prima</b>	Acción de eliminar parte de la humedad de la materia prima.
<b>Embolsado</b>	Acción de introducir la materia prima dentro de una bolsa de polietileno de baja densidad.
<b>Enganchado</b>	Acción de colgar el pollo en los ganchos que forman la línea.
<b>Especificaciones de producto</b>	Conjunto de cualidades que la materia prima debe reunir para su consumo. Que no lleve restos de vísceras comestibles y no comestibles, restos de pluma, traumas, hematomas, fracturas, dislocaciones y lesiones en la piel y que esté debidamente desangrado y lavado.
<b>Eviscerar</b>	Acción de extraer el paquete visceral de la cavidad torácico y abdominal de la materia prima.
<b>Faenado</b>	Proceso mediante el cual se designa al sacrificio o muerte del ave.
<b>Furgón</b>	Contenedor aislado con equipo de refrigeración, dependiente de un cabezal para su movilidad.
<b>Materia prima</b>	Ave/Pollo.

<b>Merma</b>	Producto descartado que no genera utilidad, pérdida o drenaje de humedad del pollo entero después de ser tenderizado.
<b>Pollo en pié</b>	Pollo vivo, ave antes de su sacrificio.
<b>Salmuera y/o marinado</b>	Solución elaborada a base de agua y aditivos para saborizar y conservar la carne.
<b>Sistema de aguas rojas</b>	Sistema de enfriamiento en el cual el agua es recirculada y enfriada nuevamente.
<b>Tomblor</b>	Máquina con forma cilíndrica donde el pollo es introducido y mediante un movimiento circular, el exceso de humedad es retirada del pollo por fuerza centrífuga.

## RESUMEN

Día con día la industria avícola se ha convertido en una fuente importante de ingreso económico y genera la proteína cárnica necesaria en la dieta alimenticia del ser humano y es económica.

Un producto en el mercado debe de estar en constante mejora, ya que la satisfacción del cliente rige la ventaja sobre la competencia.

Al mejorar un producto se le da un valor agregado; el tenderizado de carnes representa la herramienta útil para mejorar la textura, sabor y consistencia, a la vez se reduce hay más rendimiento en el peso con la retención de humedad y de esta manera podemos enfocarnos en una mejor presentación al más bajo precio.

El tenderizado es el proceso de inyección de salmuera mediante agujas, a la carne fresca.

Un rendimiento óptimo, depende de la absorción del canal, y este proceso depende de las siguientes variables: el pH, la temperatura, la presión de inyección y la concentración de los ingredientes en el marinado.

Se determinó que la combinación de variables idóneas, para la obtención del óptimo rendimiento a 24 horas en el pollo entero fresco fueron de presión de inyección 2.5 bar y concentración del ingrediente activo de 0.4 % en un nivel de inyección de 2 en la máquina tenderizadora, ya que en esta combinación se obtuvo un ahorro de \$106.22 por cada 1000 libras de pollo, optimizando de esta manera los costos en el proceso de tenderizado.



## OBJETIVOS

- **General:**

Determinar la combinación idónea de variables en un proceso de tenderizado (presión de inyección y concentración del ingrediente activo) para la obtención del óptimo rendimiento, apariencia y sabor en el pollo entero fresco en una industria procesadora.

- **Específicos:**

1. Determinar la existencia de parámetros adicionales en la retención de humedad en el proceso de tenderizado de pollo entero fresco.
2. Encontrar la relación entre las propiedades organolépticas del pollo entero tenderizado y el porcentaje de retención de humedad.
3. Optimizar los costos en el proceso de tenderizado de pollo entero fresco.
4. Dar recomendaciones para medidas adicionales de control de merma en el pollo entero fresco tenderizado.



## INTRODUCCIÓN

El sector avícola en la industria alimenticia del país, representa un gran aporte a la economía nacional y está a la vanguardia en cuanto a sistemas de manejo de alimentos, se cuentan con plantas procesadoras con tecnología de punta y para garantizar la inocuidad alimentaria es un proceso cerrado desde incubación hasta distribución de pollo beneficiado y partes, de esta manera la calidad del proveedor se avala.

El proceso de marinado en el pollo entero representa una alternativa viable como resaltador de sabor y mejoramiento en la textura de la carne además del valor agregado en la retención de humedad. Hay diversos procesos de marinado, se evaluará el tenderizado, el cual es mediante agujas de inyección, éstas son el vehículo mediante el cual, la salmuera penetra la carne de pollo.

Se determinó que la combinación de variables idónea, para la obtención del mejor rendimiento a 24 horas en el pollo entero fresco es de Presión de inyección 2.5 bar y concentración del ingrediente activo de 0.4 %, ya que en esta combinación se obtuvo el mayor ahorro por cada 1000 libras de pollo tenderizadas.

Además, en pruebas organolépticas, esta combinación también representa una mejor opción para el consumidor.



# **1. PROCESO DEL BENEFICIADO DEL POLLO**

La cadena productiva comienza desde la importación de aves de postura y sigue con las granjas de crecimiento, postura, incubación y engorde; de donde estas últimas se convierten en los proveedores de la planta procesadora.

## **1.1 Pollo**

Ave que puede ser criada mediante diversos procesos y de diferentes razas.

Las razas más comerciales en cuanto a rendimientos de carnes son: arbor acres, hubart, cobb.

La crianza de las diferentes razas varía según las necesidades que se tenga, ya que un deficiente plumaje mejoraría los requerimientos de calidad en cuanto a que todo pollo beneficiado debe de estar exento de pluma, pero al estar en estas condiciones, está expuesto a la descomposición natural, por lo que se debe de lograr un balance de estos factores desde la cosecha hasta la mesa del consumidor de un pollo inocuo y de calidad.

El pollo es fuente de proteína baja en grasa, su precio es razonablemente más cómodo por lo que la industria avícola representa una fuente económica para nuestro país.

## **1.2 Áreas de procesamiento:**

La mejor manera de explicar el proceso de beneficiado del pollo entero es imaginando un proceso artesanal con la diferencia que a nivel de planta es un trabajo en línea, volumen de producción y con procesos bajo control.

La planta procesadora de aves esta conformada por 5 áreas principales (en términos de infraestructura):

- Área Muelle de pollo en pié
- Área Caliente
- Área Fría
- Almacenaje y Despachos
- Área de Tratamiento de Agua. (2)

### **1.2.1 Área de muelle de pollo en pié y área caliente**

Es un proceso continuo e inicia con el enganchado del pollo vivo en la línea de proceso. El ave es colocada en ganchos de acero inoxidable suspendida por medio de las patas quedando la cabeza hacia abajo. Posteriormente, el ave pasa por el aturdidor, que no es mas que un sistema mediante el cual el pollo cierra un circuito eléctrico, recibiendo una descarga controlada que inmoviliza al ave. Esto da como resultado el sacrificio de un ave relajada.

El proceso de faenado ocurre en el área caliente, donde el pollo es sacrificado, mediante el degollado, posteriormente es desangrado, desplumado y eviscerado; aquí adquiere el nombre de canal caliente. (2)

### 1.2.2 Área fría

La canal caliente cae a los enfriadores de pollo, el enfriamiento es mediante un sistema de aguas rojas; la temperatura del canal disminuye de 40 °C a 4°C a la salida de los enfriadores. (2)

Es importante resaltar que la CADENA DE FRÍO, es vital para la vida anaquel del producto, es decir una vez enfriado nunca debe de subir la temperatura (hasta antes de su cocción), siendo la zona segura una temperatura menor o igual a 4°C de esta manera el producto permanece con un efecto bacteriostático e inocuo. (2)

En el área fría, el pollo es clasificado por calidad descartando todo aquello que no clasifique por las normas para su venta como pollo entero fresco listo para cocinar; y por peso de acuerdo a la demanda del cliente. (2)

En ésta área se da el proceso de MARINADO del pollo, mediante la inyección de una salmuera que contiene tripolifosfato, sal, carragenina y agua. (2)

También en esta área se encuentra el proceso de preparación de salmuera, la cual consta de dos tanques, uno de almacenaje y otro para la preparación, ambos con un sistema de enfriamiento de chaqueta mediante amoníaco.

El pollo ya tenderizado, sale de la máquina y pasa se pasa a través de un tompler donde se elimina el exceso de humedad, mediante la fuerza centrífuga, utilizando movimientos rotativos.

El pollo sale del tomblor y es nuevamente enganchado en la línea de proceso, se clasifica por peso, se coloca en canastas y es llevado al área de embolsado.

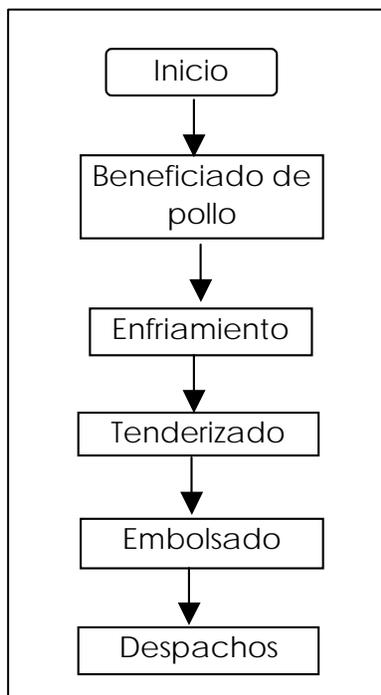
El pollo es empacado en bolsa plástica y cerrado con cinta del día, de esta forma la trazabilidad del producto queda establecida.

### 1.2.3 Almacenaje y despacho

El pollo ya embolsado es trasladado hacia cámaras de almacenajes donde es retenido hasta su despacho en furgones.

Tanto las cámaras como los furgones mantienen un ambiente controlado para no perder la cadena de frío, bajo condiciones insuladas.

**Figura 1. Diagrama de Flujo del Proceso de Beneficiado de Pollo Entero**



## 2. BIOQUÍMICA MUSCULAR DEL AVE

Sabemos que el tenderizado de pollo es directamente al músculo, para comprender la interacción de la carne del pollo con la salmuera, se debe de conocer lo que se va a tenderizar, ya que el pollo consta de diferentes tipos de músculos de acuerdo a su composición. El tenderizado se da en el músculo estriado.

**Suave/Liso:** Músculo de entrañas, útero y vasos capilares, actúan lenta y en forma involuntaria.

**Cardíaco:** Músculo especializado, asociado con la acción del corazón.

**Estriado:** Involucrado con el movimiento, conformado por fibras. El músculo estriado es el que esta formado en su mayoría por fibras musculares, las cuales se ubican a lo largo del músculo y se juntan con los tendones. (4)

**Tabla I. Composición del tejido muscular del pollo**

Agua	74.0 %
Proteína	20.0 %
Miofibrilar (solubles en sal 11.5%)	
Sarcoplásmicas (solubles en agua 5.5 %)	
Tejido conectivo (isolubles 2.0%)	
Lípidos	2.5 %
Carbohidratos	1.2 %
Vitaminas, Minerales, etc.	2.3 %

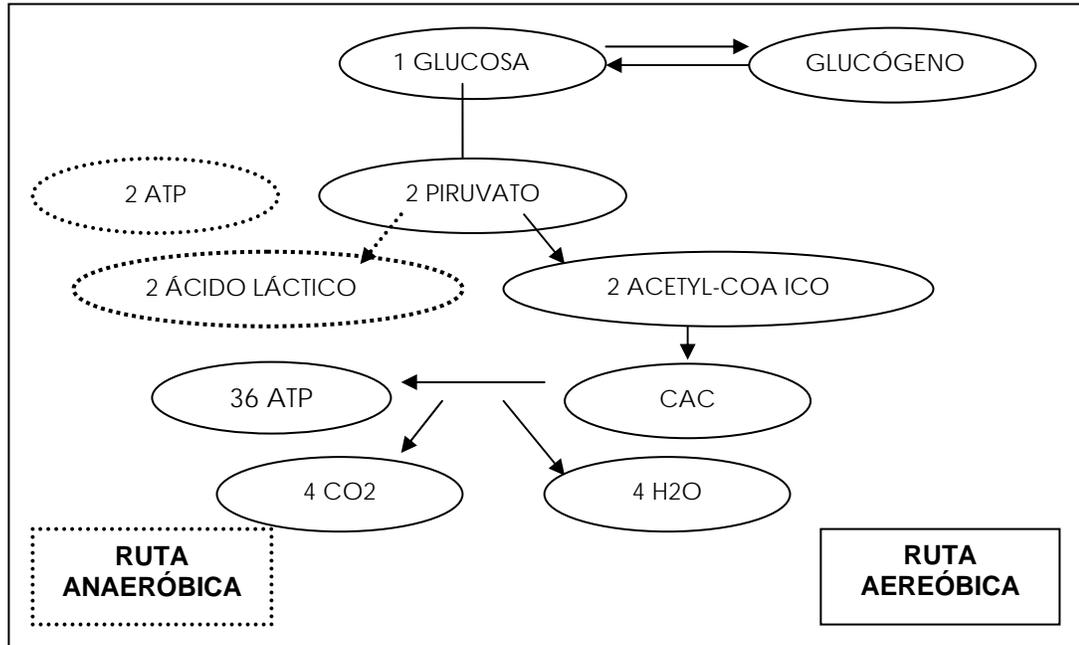
## 2.1 Reacciones a Nivel Muscular

En un animal sacrificado ocurren diversas reacciones a nivel muscular, la más importante es la generación de ácido láctico que radica en la conversión de la glucosa en éste, pasando por el ácido pirúvico. Entre mas tiempo pase el ave después de su sacrificio mas generación de ácido láctico se dará por lo que el pH de la carne descenderá, y el punto isoelectrico, lugar donde se igualan cargas positivas y negativas, se verá afectado con la generación de iones hidrógeno.

El carbohidrato del flujo sanguíneo es la glucosa, que es usada para formar los carbohidratos de las células, o puede ser usada como energía y para la formación de glucógeno y grasa. (4)

El glucógeno es formado en el hígado, cuando hay un excedente de glucosa. Es almacenado en muchas partes del organismo y es convertido en glucosa cuando sea requerido. La Adenosina Trifosfato (ATP) es la fuente de energía para la contracción muscular, el glucógeno es partido en glucosa – 1 – fosfato y por último en ácido pirúvico o en el caso de glucólisis anaeróbica en ácido láctico el cual puede ser convertido de regreso a glucógeno en el hígado de un animal vivo. La energía libre de la descomposición de la glucosa es conservada como ATP. En el segundo paso del proceso metabólico (CCA) compuestos derivados del ácido pirúvico son desdoblados para formar dióxido de carbono así como iones de hidrógeno. Un músculo contraído requiere altos niveles de ATP para relajarse. (4)

**Figura 2. Transformación de la glucosa**



## 2.2 Tipos de Músculos

Una vez el ave ha sido sacrificada y se da la generación de ácido láctico, el pH (potencial de hidrógeno) de la carne inicia su descenso. Los músculos estriados se clasifican de acuerdo al pH que desarrollan después de su sacrificio.

La importancia del pH es que en sustancias polares como las proteínas y el agua, las cargas eléctricas juegan un papel importante en la ligación de estas. (3)

En el punto isoelectrico, el cual se identifica en el pollo cuando este alcanza el pH = 5.5, las cargas están balanceadas, tanto los iones + como los - tienen poca o nula atracción entre ambos, esto da como resultado una pobre absorción de humedad. (3)

Fuera del punto isoelectrico (carne con pH alcalino o ácido) hay una baja atracción entre la proteína muscular y el agua. Por lo que entre mas se aleje el pH de la carne del punto isoelectrico mayor retención tendrá de humedad. (3)

Un pH arriba del punto isoelectrico da una mejor retención que un pH bajo. (3)

### *Tipos de Músculos:*

Tipo A: Músculo con PH entre 6.9 – 7.1 una hora después de haber sido sacrificado; estos músculos se logran con pollos que fueron bien alimentados, descansados y tuvieron un mínimo esfuerzo lo que da como resultado un músculo más suave. (4)

Tipo B: Músculos con pH menor a 6.9, esto se logra con pollos que tuvieron mucha actividad y esfuerzo durante su muerte, lo que da como resultado músculos con altas concentraciones de ácido láctico y de una dureza mayor. (4).

De aquí la necesidad de un buen aturcido, como se mencionada anteriormente esto daría un ave relajado y un músculo suave.

### **2.3 Rigor mortis en las aves**

Es la rigidez muscular que el ave alcanza minutos después de su sacrificio.

Cuando el ave es sacrificada la circulación sanguínea cesa y por lo tanto no hay circulación de oxígeno para una glucólisis aeróbica. Esto resulta en una producción baja de ATP y producción de ácido láctico, por lo que el pH del tejido empieza a descender. (4)

Se forma el complejo actimiosina, el cual es inextensible y rígido. El músculo esta ahora en rigor mortis. (4)

El pH del músculo cae hasta 4.7-5.9 donde las enzimas necesarias para la glucólisis anaeróbica son desactivadas. (4)

Después del rigor mortis comienza el proceso de suavización. Un lento añejamiento del ave es beneficioso para la suavidad en combinación con el tamaño y la temperatura del añejamiento, la cual tiene un efecto sobre las reacciones químicas que toman lugar en la carcasa, la temperatura óptima de

suavización es 0 – 2°C; la congelación causa cambios irreversibles llevando a un incremento en la dureza después del descongelado. (4)

El pollo pasa a través del rigor mortis en 4 – 6 horas por lo que es deseable que el consumidor final lo reciba después de este período de tiempo. (4)

La actividad previa al sacrificio y estrés resultan en el aumento de la producción hormonal, lo que en conclusión lleva a desdoblar el glucógeno a glucosa y luego a ácido láctico, esto conduce a incrementar la dureza de la carne. (4)

### **3. TENDERIZADO DE POLLO ENTERO FRESCO**

#### **3.1 Descripción del Proceso**

Existen diversos mecanismos para la incorporación de salmuera al pollo, entre ellos están:

- Inmersión,
- Masaje,
- Maceración y
- Tenderización.

Para efecto de análisis de estudio es el tenderizado el proceso utilizado en producciones en línea, ya que se puede manejar de forma continua sin necesidad de batch o lotes.

Es la inyección de salmuera a la carne por medio de agujas.

El pollo sale del enfriador y cae a la mesa de entrada de la máquina tenderizadora, El pollo se introduce en la máquina manualmente, es colocado con la pechuga hacia arriba para mejorar la retención de humedad aumentando el área de transferencia de masa.

El sistema de transporte lleva el pollo hasta debajo del cabezal de agujas, donde es inyectada. Después de la inyección la carne es transportada al lado de descarga.

La bomba de salmuera bombea la salmuera a través del filtro de succión desde el tanque abastecedor hasta el cabezal de agujas.

Un dispositivo mecánico realiza el accionamiento para el movimiento ascendente y descendente del cabezal de agujas.

Cuando las agujas tocan la carne durante la carrera descendente del cabezal de agujas, se elevan 7 mm hasta que tocan la placa de cierre de las agujas y empiezan a inyectar, cuando una aguja toca hueso deja de inyectar, por retracción en el cabezal neumático. Al final de la carrera descendente todas las agujas dejan de inyectar y el cabezal de agujas sube con las agujas cerradas. La salmuera de retorno vuelve al tanque abastecedor a través de una serie de filtros. (1)

Las agujas bajan e inyectan la salmuera en el músculo del pollo, este se mueve mediante la faja transportadora y cae al otro extremo de la máquina, donde es transportado por medio de un elevador a un tomblor con revoluciones constantes de 10 RPM, para retirar el exceso de humedad al pollo.

El pollo sale del tomblor, es enganchado en la línea y sigue a su proceso de embalaje y despachos.

### **3.2 Equipo de Tenderizado**

El equipo de tenderizado es un sistema de inyección situado en el área fría de la planta de procesamiento, su ubicación es posterior al enfriamiento y anterior al embolsado.

Cuenta con la máquina tenderizadora, la cual está equipada con un cabezal de 153 agujas idénticas de un diámetro de 5 mm cada una y una faja que transporta el pollo durante el proceso de tenderizado y la bomba para inyectar presión al sistema.

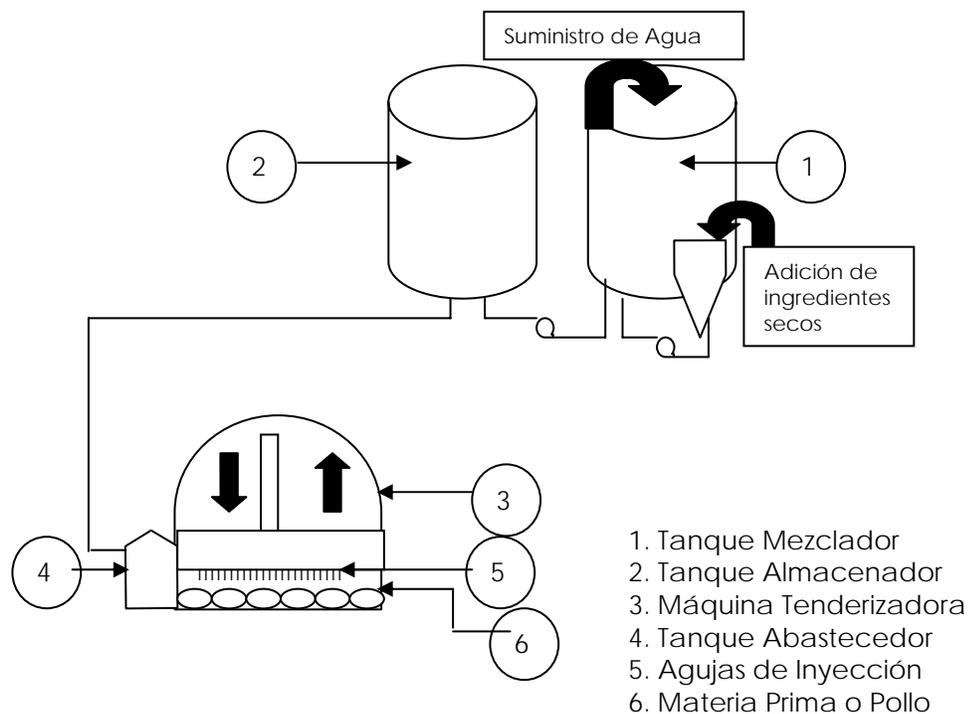
Además se encuentran los tres tanques:

**Abastecedor:** que como su nombre lo indica abastece de salmuera al sistema.

**Mezclador:** Lugar donde se efectúa la adición y mezcla de ingredientes líquidos y secos.

**Almacenador:** Tanque donde se almacena la salmuera ya preparada previo a enviarla al abastecedor.

**Figura 3. Equipo de tenderizado, vista frontal**



### 3.3 Preparación del marinado

La preparación de la salmuera y/o marinado es la clave para la obtención de altos rendimientos en el producto final, es de suma importancia seguir el procedimiento establecido por el fabricante de la materia prima, y dar el tiempo de mezclado requerido ya que una disolución deficiente representa altos costos en el aumento de la merma. (2)

#### 3.3.1 Ingredientes

Dentro del estudio de este tema, fue necesario realizar comparaciones de soluciones de salmuera en diferentes concentraciones de carragenina y manteniendo constante el resto de los componentes.

**Tabla II. Ingredientes con las Diferentes Concentraciones Utilizadas**

<b>Ingrediente</b>	<b>Concentración (% en peso)</b>		
Carragenina	0.3%	0.4%	0.5%
Fosfato de Sodio	2.5%		
Cloruro de Sodio	3.0%		
Agua	94.2%	94.1%	94%

Para lograr una retención de humedad en el pollo se deben de agregar los ingredientes idóneos para tal proceso, por lo que necesitamos aumentar el pH para que las condiciones de retención sean viables.

Tal y como se describió anteriormente, en el aumento del pH se da la movilización del punto isoeléctrico.

### **CLORURO DE SODIO:**

- Solubiliza las proteínas miofibrilares, prepara la carne para la adición de agua, ya que al separar las fibras permite la incorporación del agua.(4)
- Aumenta la vida anaquel, algunos microorganismos no pueden crecer en un ambiente salino ya que la actividad en el agua es reducida. (4)
- Cambia el punto isoeléctrico. (4)
- Mejora el sabor. (4)

### **FOSFATOS (Tri – Poly):**

- Trabaja en sinergia con la sal, aumentando la ligación del agua ya que ayuda a solubilizar la proteína miofibrilar. (4) (3)
- Aumenta el pH. (4)
- También trabaja como antioxidante disminuyendo la oxidación de la grasa y mejorando la estabilidad del color. (4)

### **CARRAGENINA:**

La carragenina es un agente gelificante extraído de ciertas especies de algas marinas rojas mediante un proceso. Es ampliamente usado en la industria de alimentos por sus particulares efectos de estabilización y provisión de textura en productos tan variados como helados, leche chocolatada, postres,

gelatinas y flanes bajos en azúcar, entre otros. La carragenina ha sido usada por muchos años en productos de jamón en Europa, Canadá y México.

En los Estados Unidos es habitual que una gran proporción de productos con carne de aves tales como pechuga de pavo y rollos de carne de pollo se elaboren usando carrageninas tanto en el músculo completo como en trozos y formas procesadas. En todas estas áreas las carrageninas han desarrollado una excelente reputación para el mejoramiento del rendimiento del producto y la aceptación del consumidor. (3)

Las carrageninas son producidas a partir de una amplia variedad de algas marinas rojas de la clase *Rhodophyceae*. El término carragenina originalmente describe extractos de especies *Chondrus* y *Gigartina* recolectadas a lo largo de la línea costera de Irlanda. Estas algas marinas rojas fueron únicas a causa de su capacidad para producir gelificación en leches. Sin embargo, no fue hasta después de la segunda guerra mundial que la carragenina comenzó a producirse industrialmente y que se expandió su uso en otros sistemas alimenticios. (3)

Hay tres tipos principales de carrageninas:

- Carragenina Kappa (k) que tienen características de geles firmes.
- Carragenina Iota (i) que produce geles más elásticos.
- Carragenina Lambda (l) que no gelifican pero en su lugar funcionan como agente espesante. (3)

Con frecuencia se usan dos tipos de algas marinas rojas en la elaboración de carrageninas para productos cárnicos y estas son *Euचेuma cottonii* y *Euचेuma spinosum*. Estas son ricas en carrageninas tipo Kappa y

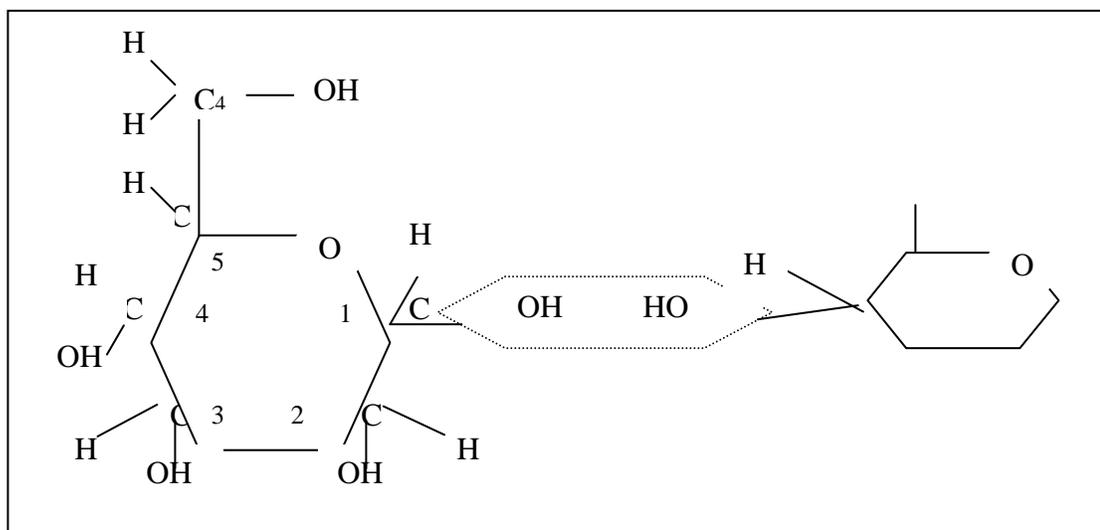
lota respectivamente. (3) Tradicionalmente las carrageninas que se usan en la industria cárnica se elaboran a través del proceso de extracción alcalino. Las carrageninas son extraídas, purificadas y recuperadas como un coagulo. Ese material es deshidratado y molido al tamaño de malla deseado antes de la estandarización y de aplicar las estrictas pruebas de aseguramiento de calidad. (3)

### Funcionamiento de las Carrageninas:

Puede entenderse cómo funcionan las carrageninas en los productos cárnicos por medio del examen de las características estructurales y como estas permiten la interacción con los componentes del sistema. (3)

Las carrageninas son un grupo de polisacáridos conformado de azúcar galactosa sustituida formando bloques arreglados en cadenas largas. Estas moléculas lineales funcionan muy bien como ligantes y pueden interactuar entre sí y con otros componentes del sistema para formar estructuras tridimensionales o geles. (3)

**Figura 4. Estructura General de los Polisacáridos**



La carragenina Kappa tiene muy pocos grupos cargados y por tanto requiere calentamiento para su solubilización. Puede formar geles firmes ya que la repulsión de la cadena es minimizada y esto permite la interacción para formar redes tridimensionales. (3)

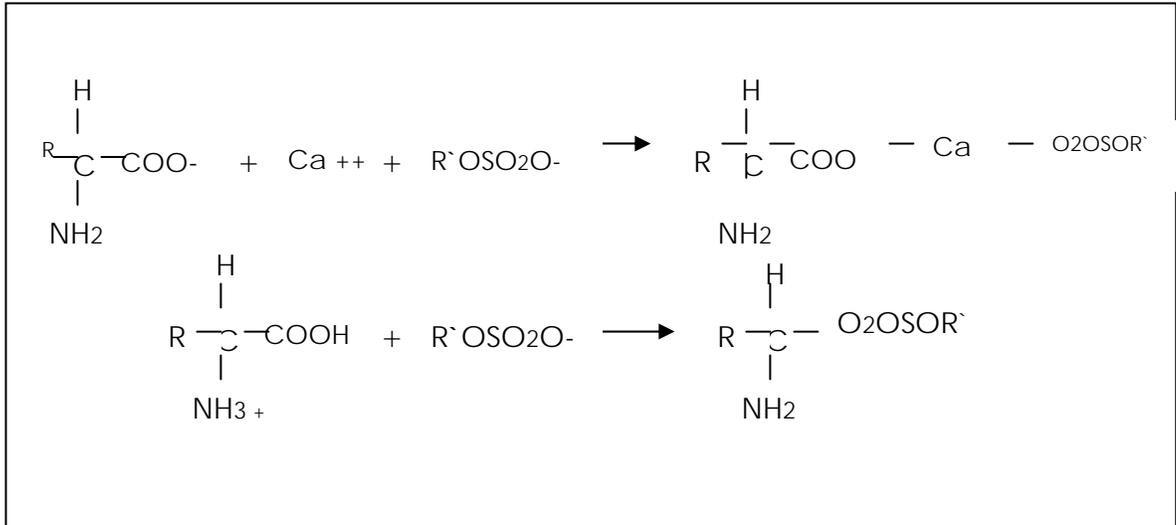
La carragenina Iota es un tipo intermedio en términos de densidad de carga y requiere menos calentamiento que la kappa para solubilizar. Forma geles más suaves y elásticos. (3)

La carragenina Lambda tiene un alto nivel de grupos cargados y así es soluble en agua fría y no forman gel. (3)

En la práctica, las carrageninas se usan como polvos secos, que son dispersados en salmueras o adicionados directamente durante las operaciones en tomblor o en masajeadora. (3)

Las interacciones entre las moléculas de la carragenina y las de las proteínas dentro del sistema cárnico se piensa que tienen poca influencia sobre las características del producto terminado y pueden involucrar dos posibles mecanismos. Las moléculas de carragenina pueden interactuar con grupos cargados negativamente en la superficie proteínica. Ciertamente todos, el pH, los iones específicos y las proteínas presentes en el sistema jugarán un papel en las dinámicas de las interacciones carragenina-proteína. (3)

**Figura 5. Dos mecanismos de interacción carragenina – proteína**



### 3.3.2 Procedimiento de elaboración de marinado

Base 3000 litros de marinado o salmuera

- A 1,500 litros de agua (T: 25°C – 30°C), se añade la carragenina.
- Agitar durante 10 minutos.
- Aplicar hielo hasta aforar a 2900 litros y alcanzar la temperatura mínima de 3.5°C.
- Añadir el tripolifosfato.
- Agitar durante 10 min.
- Añadir el cloruro de sodio.
- Agitar durante 10 min.
- Aforar a 3000 litros con agua.

### **3.4 Variables en el proceso de tenderizado**

#### **3.4.1 Presión de inyección**

Es la presión con la cual la salmuera penetra la carne, la unidad de medida es el bar y se puede variar de acuerdo a los requerimientos del usuario de la máquina tenderizadora.

Para este estudio se utilizaron presión 1.5, 2.5 y 3.5 bares.

#### **3.4.2 Niveles de inyección**

Inyección 1: La salmuera sale de las agujas cuando éstas van hacia abajo.

Inyección 2: La salmuera sale de las agujas cuando éstas van hacia abajo y hacia arriba.

Se compararon los dos tipos con concentraciones y presiones diferentes.

#### **3.4.3 Concentración de los ingredientes en el marinado**

El porcentaje de carragenina requerido para alcanzar resultado en rendimiento es más bajo que otros productos disponibles para uso como ligantes o estabilizadores. El nivel actual de uso depende del nivel de inyección objetivo, método de adición de salmuera, tipo de músculo y calidad, equipo de procesamiento empleado, métodos de cocción usados y, por supuesto, las características finales deseadas del producto. (3)

El único ingrediente que se varió su concentración fue la carragenina. Ya que un porcentaje mayor representa una mayor absorción pero a la vez un mayor costo. Los porcentajes a manejar son 0.3 %, 0.4 % y 0.5 %

#### **3.4.4 Temperatura del pollo**

A menor temperatura hay un menor drenaje ya que la fibra muscular se encuentra compacta debido al descenso de temperatura, al aumentar la misma, la fibra se abre y la salmuera es drenada hacia el exterior.

Además de que la temperatura aprobada por la norma COGUANOR para el pollo entero fresco es 4.4 °C, de esta forma se mantiene la inocuidad.

Tanto la temperatura de la salmuera como la del pollo se mantiene menor que 4.4°C.

#### **3.4.5 pH del pollo**

El pH como se analizó anteriormente rige la movilidad del punto isoeléctrico, el pollo generalmente mantiene un pH ligeramente ácido o neutro por lo la salmuera debe de reunir los factores para obtener un pH alcalino, de esta forma el punto isoeléctrico se mueve y obtenemos una interacción entre el músculo y la humedad. Los fosfatos mueven el pH a un punto alcalino de 9.

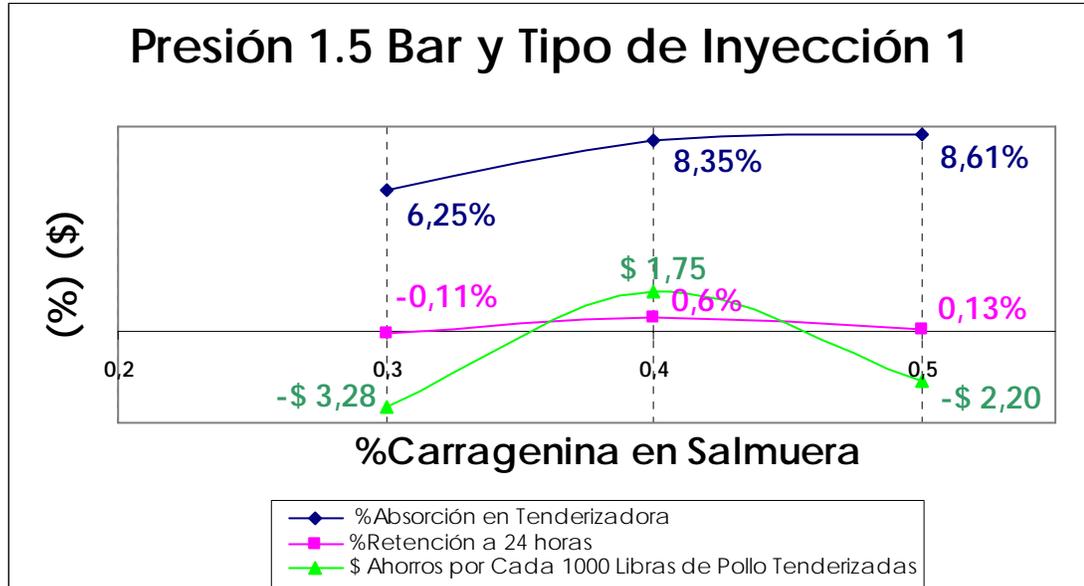
El pH puede variar dependiendo de las condiciones del sacrificio pero generalmente se mantienen de la siguiente manera: (4)

**Tabla III. pH en las diferentes partes del pollo**

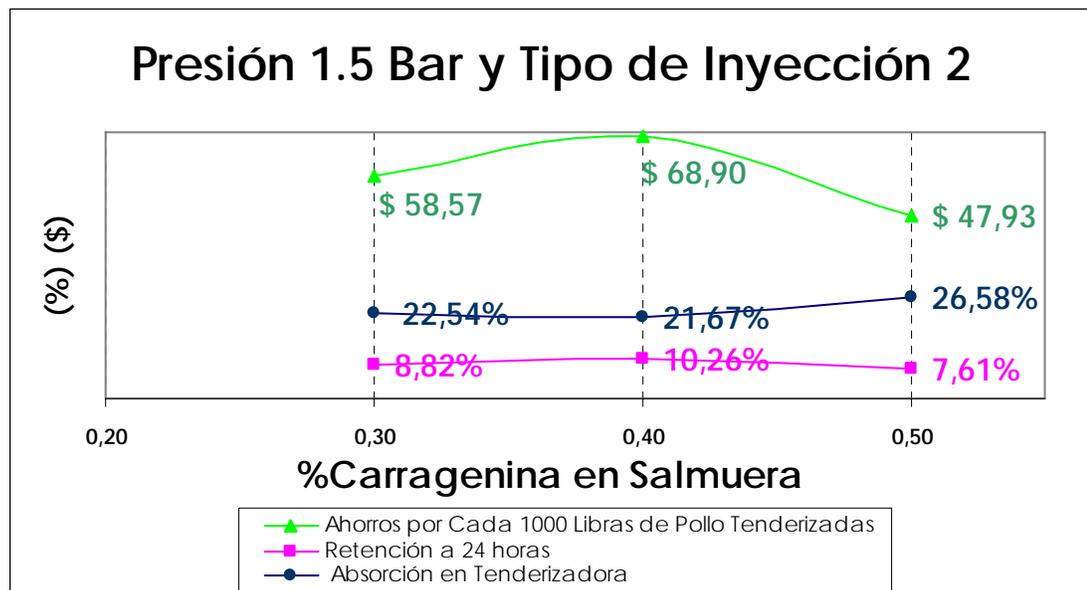
Pechuga	
Mínimo	5.80 - 5.94
Máximo	6.14 - 6.24
Muslo	6.34 - 6.43
Cuadril	6.45 - 6.61

## 4. RESULTADOS

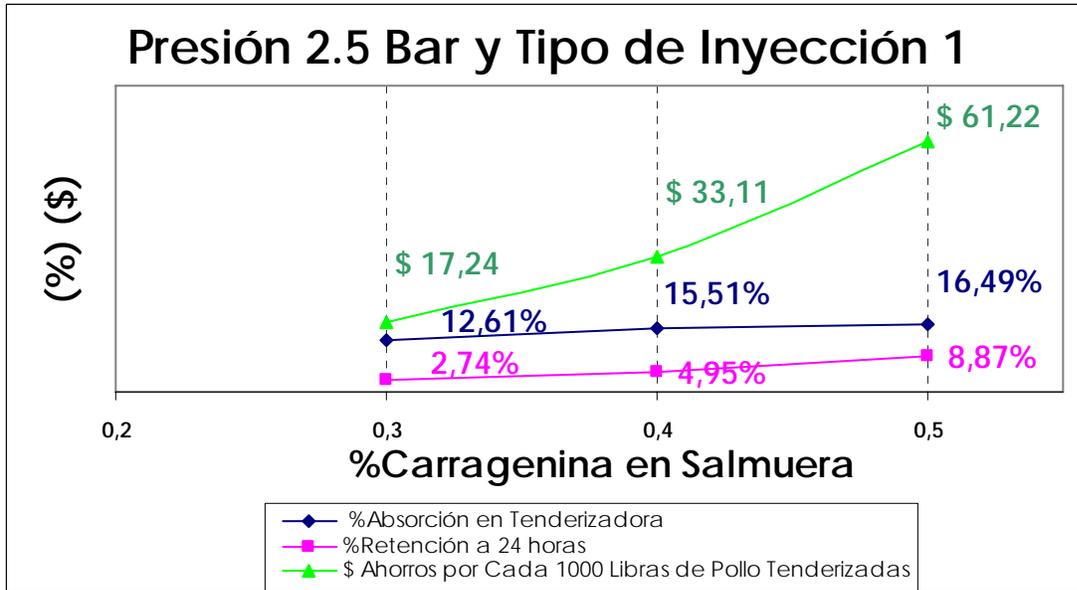
### 7. Gráfica de Resultados con Presión de 1.5 Bar y Tipo de Inyección 1



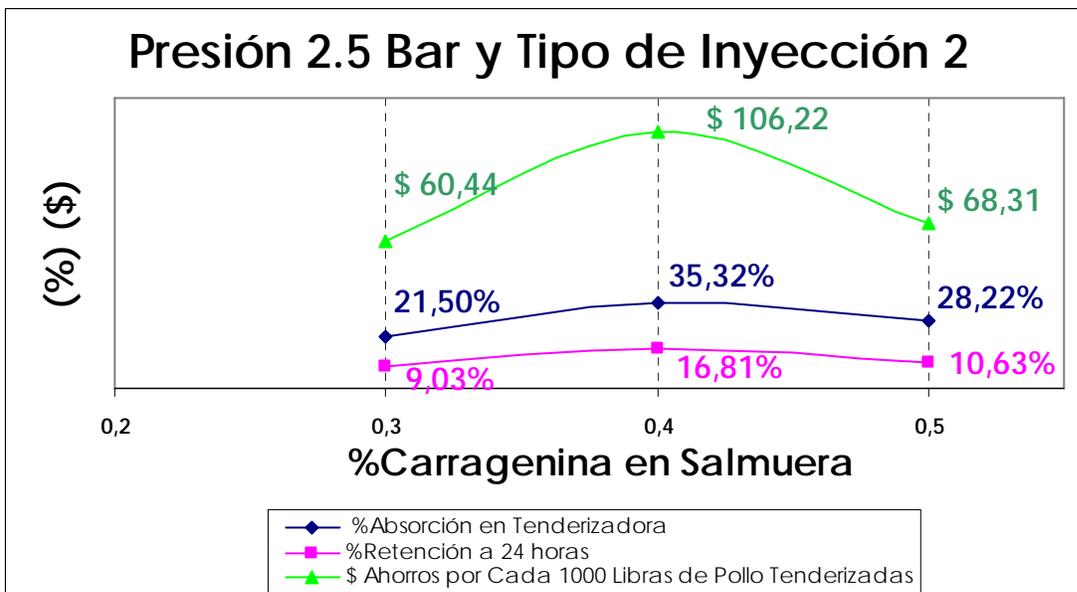
### 8. Gráfica de Resultados con Presión de 1.5 Bar y Tipo de Inyección 2



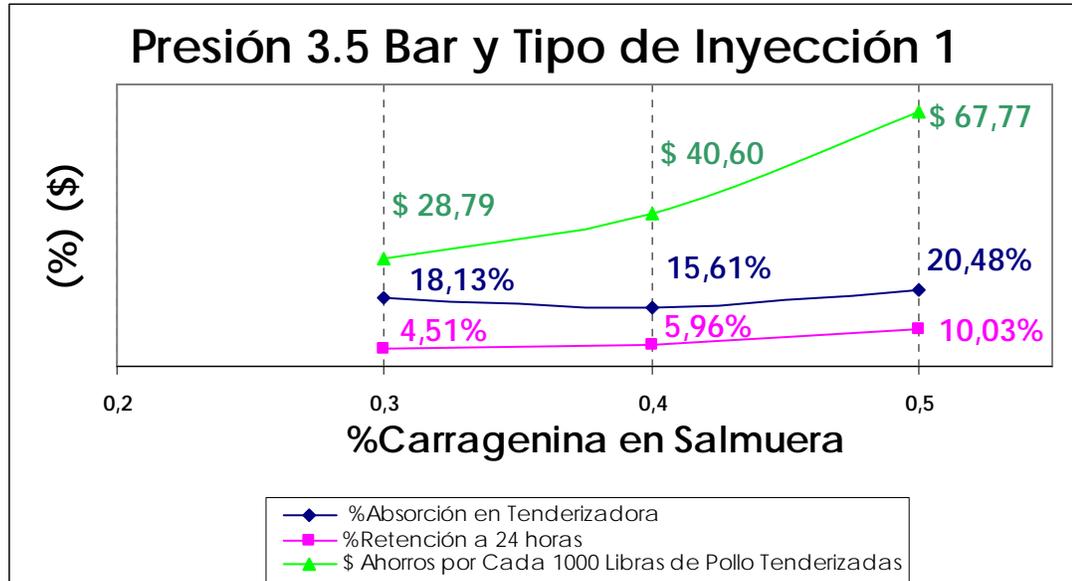
9. Gráfica de Resultados con Presión de 2.5 Bar y Tipo de Inyección 1



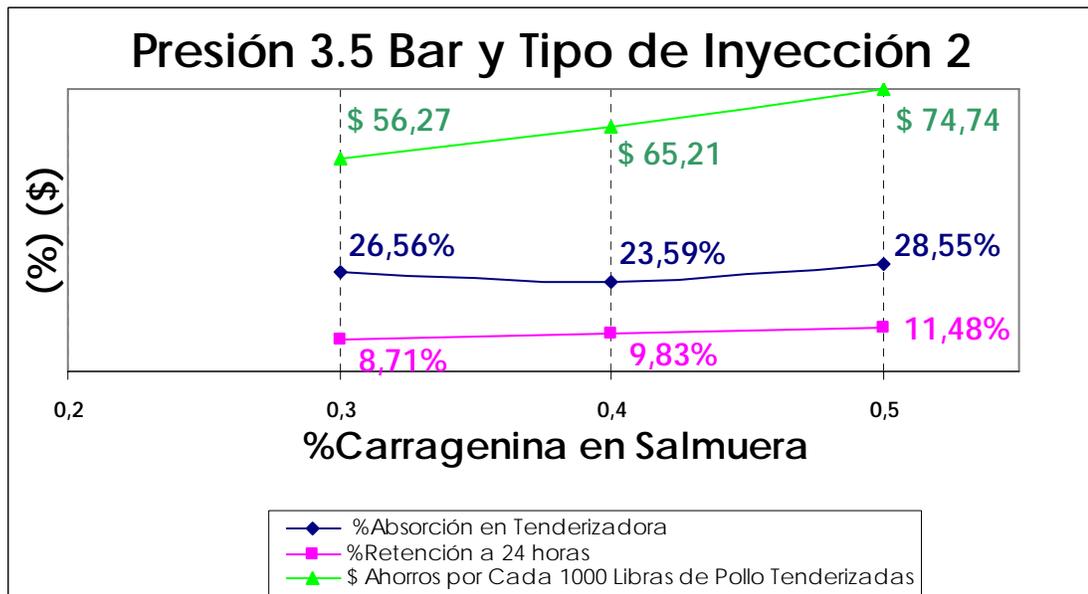
10. Gráfica de Resultados con presión de 2.5 Bar y tipo de inyección 2



11. Gráfica de Resultados con Presión de 3.5 Bar y Tipo de Inyección 1



12. Gráfica de Resultados con Presión de 3.5 Bar y Tipo de Inyección 2





## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tenderizado ofrece sabor y textura al consumidor final y la absorción de humedad genera ganancias, sin sacrificar calidad lo que se convierte en un beneficio mutuo.

En el proceso de tenderizado existen una diversidad de variables, tratar de controlarlas o mantenerlas en niveles constantes es una finalidad para la determinación de la combinación de variables idóneas para la obtención del máximo rendimiento en el pollo entero fresco.

Se varió la presión de inyección en tres parámetros, 1.5, 2.5 y 3.5 bar, y se varió la concentración del ingrediente activo carragenina en 0.3, 0.4 y 0.5 %, además se evaluó los dos tipos de inyección de la máquina.

En la gráfica 7, se observa que para una presión de 1.5 bar y tipo de inyección 1 el % de absorción es directamente proporcional a la concentración de carragenina, sin embargo una mayor absorción no representa una mayor ganancia, ya que en 8.61% de absorción se obtiene una pérdida equivalente a -\$2.20 por cada 1000 lb de pollo tenderizadas. En la retención a 24 horas se observa un comportamiento directamente proporcional de 0.3 a 0.4% de carragenina pero un descenso en 0.5%.

Para estas condiciones se determinó que el mayor ahorro que se obtuvo fue de \$1.75 en concentración de 0.4% y el menor fue de -\$3.28, para 0.3%, esto significa que en estas condiciones para una concentración de 0.3% es más viable no tenderizar ya que si se tenderiza se obtiene pérdida, ya que el pollo pierde además de la salmuera, el agua retenida en el enfriador, porque las

perforaciones hechas al pollo sirven de medio para expulsar dicha humedad, la salmuera no penetra demasiado porque la presión es muy baja.

Para la gráfica 8, las condiciones fueron presión de 1.5 bar y tipo de inyección 2, se observa que tanto la retención a 24 horas como las ganancias por cada 1000 libras de pollo tenderizadas tiene un máximo en la concentración de 0.4 % y los puntos mínimos para el 0.3% y el 0.5%, ya que en estas condiciones una mayor viscosidad se obtiene en concentración de 0.5 % y dicha viscosidad afecta la penetración de la salmuera en la carne al igual que la baja viscosidad, por lo que en 0.4% obtenemos las condiciones ideales para la obtención de una mayor ganancia. Aunque la absorción en tenderizadora haya sido mas baja 21.67% comparado con 22.54% y 26.63%, lo que indica que se pueden lograr buenas retenciones con absorciones relativamente bajas.

Comparando la gráfica 7 con la gráfica 8, ya que son las mismas condiciones de presión pero dos tipos de inyección diferentes, se determinó que para una presión de 1.5 bar la mayor ganancia la encuentra en el tipo de inyección 2 con una concentración de carragenina del 0.4%.

Para la gráfica 9, las condiciones son presión 2.5 bar y tipo de inyección 1, aquí se observa comportamiento directamente proporcional para todos los parámetros evaluados, absorción en tenderizadora, retención a 24 horas y las ganancias por cada 1000 libras de pollo tenderizadas.

En la gráfica 10 observamos comportamiento directamente proporcional en concentraciones de 0.3% y 0.4% de carragenina pero hay un descenso en la concentración de 0.5% porque la salmuera tiene una viscosidad ligeramente mayor y tiene una menor fluidez dentro del tejido muscular.

Comparando la gráfica 9 con la gráfica 10, ya que son las mismas condiciones de presión pero dos tipos de inyección diferentes, se determinó que para una presión de 2.5 bar la mayor ganancia se encuentra en el tipo de inyección 2 con una concentración de carragenina del 0.4%, al igual que para la presión de 1.5 bar.

En la gráfica 12 se observa el comportamiento directamente proporcional en todos los parámetros, la mayor ganancia ahora se encuentra en la concentración de 0.5% de carragenina.

En la gráfica 12 se repite el comportamiento de menor absorción en tenderizadora para la concentración de 0.4% al igual que en la gráfica 8, aunque esta gráfica difiere de las gráficas 8 y 10 de que la mayor ganancia en dólares se encuentra en la concentración de 0.4%, en este caso a una presión de 3.5 bar la mayor ganancia se encuentra en 0.5% de carragenina, por lo que con una presión mayor, la viscosidad mayor resulta en una mejor retención en la carne.

Se determinó que la mayor ganancia en dólares por cada 1,000 libras de pollo tenderizadas se obtiene al combinar las siguientes variables idóneas:

Concentración de carragenina: 0.4 %

Presión de Inyección: 2.5 bar

Tipo de Inyección: 2

Siendo la ganancia de \$106.22.

Al combinar estas dos variables se debe de obtener un 35 % de absorción en la tenderizadora y una retención del 16 % a las 24 horas de ser tenderizado el pollo.

Resulta evidente que no siempre se obtienen la absorción y por ende la retención deseada, a pesar de manejar la concentración de la carragenina y la presión de inyección constantes, para lo cual, en el área desviaciones de resultados, que se describe a continuación, se esbozan las posibles causas de dicho fenómeno.

Esta ganancia es debido a que la presión es intermedia, o sea ni muy alta que perfora demasiado la carne del pollo y que posterior a la inyección la salmuera sea drenada hacia el exterior debido a que la perforación fue hecha con demasiada presión y el agujero en la carne sea demasiado grande, ni muy baja que no permita la penetración de la salmuera.

Además, el tipo de inyección 2 indica una inyección de salmuera a la entrada y a la salida de las agujas de la carne, este tipo de inyección también tiene la desventaja de que suele aumentar el drenaje, ya que la canal va demasiado cargada con salmuera, pero regulando la presión a 2.5, esto es controlable y hasta beneficioso.

La concentración de carragenina del 0.4% es otra opción viable, ya que aunque el costo se incrementa al incrementar la concentración desde 0.3%, compensa ese incremento en la retención a las 24 horas.

El resultado donde en vez de obtener ganancia, al contrario se obtuvo pérdida, o sea que es mejor no tenderizar en dichas condiciones fueron de:

Concentración de carragenina: 0.3% y 0.5%.

Presión de Inyección: 1.5 bar

Tipo de Inyección: 1

Obteniendo un 6.25 % y 8.61 % de absorción en tenderizadora para 0.3% y 0.5% de concentración de carragenina respectivamente pero una retención de de -0.11% y 0.13% a las 24 horas.

Lo anterior indica que, al tenderizar en estas condiciones, el pollo drena además de la salmuera, el agua que absorbió en el enfriador para la concentración de 0.3% y para la de 0.5% indica que aunque retenga el 0.13% no compensa el costo de la salmuera. Debido a una presión de inyección tan baja las agujas solamente hacen agujeros y la absorción es mínima, por lo que la invasión que producen las agujas solamente crean un canal o vehículo para que drene la salmuera y el agua del enfriador.

### **5.1 Desviaciones de resultados esperados**

En todo experimento, la lógica muestra un resultado esperado, en el tenderizado de pollo entero algunas condiciones propician una desviación de resultados deseados, a continuación se enlistan los mismos, esto para poder conocer las recomendaciones para medidas adicionales de control de merma.

Al utilizar una presión de inyección de 2.5 bar y una concentración de carragenina igual a 0.4% y utilizando la inyección 2, con el mismo equipo, la expectativa es de \$106.22 ahorrados por cada 1000 libras de pollo tenderizadas, con una absorción en tenderizadora del 35% y una retención del 16% a las 24 horas, si estos resultados no se alcanzan, las posibles causas se esbozan a continuación.

- **% de Absorción en máquina menor al esperado:**

Si el % de absorción es menor al esperado puede ser debido a:

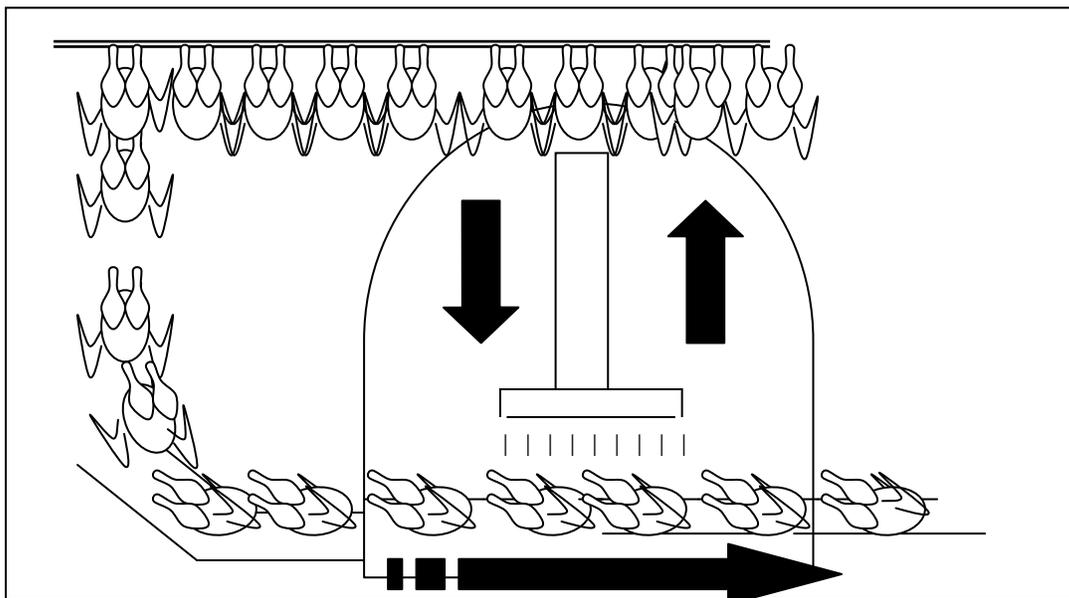
La posición del ave.

Velocidad lineal del ave en la máquina durante el tenderizado.

La posición del ave es relevante, ya que la salmuera debe penetrar la pechuga, si el ave entra a la máquina con el dorso hacia arriba, esto produce una deficiencia en la absorción debido a que en la pechuga se concentra la cantidad de carne mayor por lo que el área de transferencia de masa es crucial para lograr una buena absorción.

Además, la máquina maneja una faja transportadora la cual debe de estar regulada de acuerdo al proceso, ni muy rápida que el pollo pase sin ser tenderizado ni muy lenta que se tenderice demasiado y destruya las fibras.

**Figura 6. Máquina tenderizadora vista lateral**



El pollo viene suspendido en la línea, cae a una mesa en donde el colaborador lo ubica “pechuga hacia arriba”, el pollo entra en la máquina

tenderizadora y las agujas de inyección bajan y suben cuando se encuentran con el hueso, en un proceso dinámico, inyectando salmuera a la entrada y a la salida de la aguja de la carne para el caso de la inyección 2, e inyectando a la entrada solamente para el caso de la inyección 1.

- **% de Absorción en máquina mayor al esperado:**

La causa principal:

El tamaño del ave.

Si las condiciones son las mismas, el tamaño del ave representa otro factor importante en la absorción ya que a mayor tamaño mayor absorción debido a que el área de transferencia de masa aumenta.

Este informe esta hecho con pollo sexo hembra o sea un peso promedio de vivo no mayor a las 4.00 lb, por lo que las condiciones para un pollo sexo macho podrían variar.

- **% Retención de salmuera o marinado menor al esperado:**

Causa principal:

Forma de la aguja.

Temperatura de almacenaje del pollo tenderizado.

Con una absorción del 35% en la tenderizadora la expectativa para la retención a las 24 horas es de por lo menos el 50 % del valor inicial o sea alrededor del 15%, si el resultado obtenido es menor suele deberse en la forma de la aguja de inyección ya que esta debe de estar afilada y no dejar agujeros ovalos sino redondos y pequeños de aproximadamente 2 mm de diámetro,

cuando la aguja por el uso se despunta, el agujero que hace es demasiado grande y lo que provoca es un mayor drenaje ya que el agujero se vuelve un conducto por donde se extrae la salmuera.

Además la temperatura de almacenaje del pollo después de ser tenderizado es de suma relevancia ya que la temperatura es directamente proporcional al drenaje además de que un aumento en la temperatura resulta en la pérdida de inocuidad del pollo. La temperatura a la cual se debe de almacenar el pollo después de ser beneficiado es de 4.4 °C. (6)

Esta prueba se realizó almacenando el pollo en un rango de temperatura de 2 – 4.4 °C.

- **% Retención de salmuera o marinado mayor al esperado:**

Como la retención de salmuera es directamente proporcional a la temperatura, lo que indica que debajo de 0°C el pollo inicia proceso de congelación por lo que la retención puede aumentar ya que los cristales de la salmuera quedan entre la carne y no drenan, esto sería ideal si se quiere manejar el producto en estas condiciones.

## **5.2 Pruebas organolépticas**

Se determinó que el mayor ahorro en dólares por cada 1000 libras de pollo tenderizadas se obtiene al combinar las siguientes variables idóneas:

Concentración de carragenina: 0.4 %

Presión de Inyección: 2.5 bar

Tipo de Inyección: 2

Al trabajar bajo estas condiciones se obtiene un 35 % de absorción en la tenderizadora y una retención del 16 % a las 24 horas de ser tenderizado el pollo.

Se realizó una prueba organoléptica para el producto con las características arriba mencionadas.

Prueba organoléptica es la evaluación de un producto mediante los sentidos: vista, gusto, olfato y tacto.

El efecto visual, de sabor, olor y textura en el consumidor es de relevancia a la hora de la elección, esto como una confirmación adicional que aunada al ahorro, represente una opción viable y bilateral, de valor agregado tanto al vendedor como para el consumidor.

Se tomó una muestra de 10 pollos y se mostraron a 20 personas para la evaluación de producto crudo, posteriormente se cocinaron.

El proceso de cocción fue horno a 350°F durante ½ hora, tapado, sin adición de condimentos.

La carne cocinada se mostró a las 20 personas para su evaluación, los puntos a evaluar se muestran en la tabla IV y los resultados se resumen en las tablas V y VI que a continuación se presentan.

**Tabla IV. Descripción de los parámetros a evaluar en las características organolépticas**

Parámetro a Evaluar	Producto Crudo	Producto Cocinado
Olor	<p><b>Característico:</b> Refiérase al olor del pollo fresco, no rancio.</p> <p><b>No Característico:</b> Refiérase a un olor rancio o diferente a carne de pollo fresca.</p>	<p><b>Característico:</b> Refiérase al olor del pollo cocinado.</p> <p><b>No Característico:</b> Refiérase a un olor rancio o nauseabundo o diferente a carne de pollo cocida.</p>
Vista	<p><b>Bueno:</b> Refiérase a una buena apariencia, apetitoso que es bueno para adquirir o comprar, con un color de piel blanca y carne rosada, sin dislocaciones ni fracturas visibles, fresco.</p> <p><b>Malo:</b> Refiérase a una apariencia un tanto opaca, poco apetitoso, habría que pensar si se adquiere o no, fracturas y dislocaciones visibles.</p>	<p><b>Bueno:</b> Refiérase a una buena apariencia, apetitoso que es bueno para adquirir o comprar, con un color de piel blanca y carne blanca.</p> <p><b>Malo:</b> Refiérase a una apariencia un tanto opaca, poco apetitoso, habría que pensar si se adquiere o no con trazos cafés característicos de la sangre cocinada producto de posibles fracturas .</p>
Tacto	<p><b>Bueno:</b> Sin ligosidad aparente, firme.</p> <p><b>Malo:</b> Ligoso.</p>	<p><b>Bueno:</b> Firme.</p> <p><b>Malo:</b> Carne floja.</p>
Sabor	No Aplica	<p><b>Bueno:</b> Refiérase a un un buen sabor, con textura de masticación suave, carne blanda.</p> <p><b>Malo:</b> Refiérase a un sabor característico sin mayor gusto, con textura de masticación dura, carne resistente al corte de los dientes.</p>

**Tabla V. Resultados de pruebas organolépticas en producto crudo**

No. De Persona	Producto Crudo			
	Olor	Vista	Tacto	Sabor
1	Característico	Bueno	Bueno	NA
2	Característico	Bueno	Bueno	NA
3	Característico	Bueno	Bueno	NA
4	Característico	Bueno	Bueno	NA
5	Característico	Bueno	Bueno	NA
6	Característico	Bueno	Bueno	NA
7	Característico	Bueno	Bueno	NA
8	Característico	Bueno	Bueno	NA
9	Característico	Bueno	Bueno	NA
10	Característico	Bueno	Bueno	NA
11	Característico	Bueno	Bueno	NA
12	Característico	Bueno	Bueno	NA
13	Característico	Bueno	Bueno	NA
14	Característico	Bueno	Bueno	NA
15	Característico	Bueno	Bueno	NA
16	Característico	Bueno	Bueno	NA
17	Característico	Bueno	Bueno	NA
18	Característico	Bueno	Bueno	NA
19	Característico	Bueno	Bueno	NA
20	Característico	Bueno	Bueno	NA

**Tabla VI. Resultados de Pruebas Organolépticas en Producto Cocinado**

No. De Persona	Producto Cocinado			
	Olor	Vista	Tacto	Sabor
1	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
2	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
3	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
4	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
5	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
6	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
7	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
8	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
9	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
10	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
11	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
12	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
13	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
14	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
15	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
16	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
17	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
18	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
19	Característico	Bueno	Bueno	Bueno
20	Característico	Bueno	Bueno	Bueno

## CONCLUSIONES

1. Se determinó que la combinación de variables idóneas, para la obtención del óptimo rendimiento a 24 horas en el pollo entero fresco fueron de presión de inyección 2.5 bar y concentración del ingrediente activo de 0.4 % en un nivel de inyección de 2 en la máquina tenderizadora, ya que en esta combinación se obtuvo un ahorro de \$106.22 por cada 1000 libras de pollo, optimizando de esta manera los costos en el proceso de tenderizado.
2. Se determinó que la combinación de variables de presión de inyección 1.5 bar y concentración del ingrediente activo de 0.3 % en un nivel de inyección de 1 en la máquina tenderizadora, da como resultado una pérdida en el tenderizado por lo que es mas viable no tenderizar en estas condiciones.
3. En el tipo de inyección 1, los parámetros evaluados, % de absorción en tenderizadora, % Retención a 24 horas, y las ganancias en dólares por cada 1000 libras de pollo tenderizadas, Obtuvieron un comportamiento directamente proporcional a la concentración de carragenina utilizada, a excepción de la retención con presión de 1.5 en la cual se observa un ligero descenso de 0.6% a 0.13% en 0.4% y 0.5% de concentración de carragenina respectivamente.
4. En el tipo de inyección 2, la mayor ganancia en dolares se obtuvo en la concentración de 0.4% de carragenina para las presiones de 1.5 y 2.5 bar y de ahí desciende para el 0.5% de carragenina, al contrario de la presión

de 3.5 bar donde el comportamiento fue directamente proporcional respecto a la concentración de carragenina.

5. Se encontró que hay parámetros adicionales que determinan que afectan la retención de humedad, estos son: la posición del pollo a la entrada de la maquina, ya que a mayor área de transferencia de masa mayor absorción de salmuera, la temperatura de almacenaje del pollo después de ser tenderizado ya que tiene un comportamiento directamente proporcional con el drenaje y la forma de la aguja de inyección, debido a que una aguja no afilada solamente rompe la fibra de la carne y ocasiona un conducto mas para el drenaje de la salmuera inyectada.
  
6. Un mayor presión de inyección no significa una mayor absorción de salmuera en la carne, ya que a presiones de 3.5 bar se inicia el rompimiento de fibras que se traduce en un aumento en el drenaje, obteniéndose retenciones máximas de 11.51% para la inyección 2 con una concentración de 0.5% de carragenina.

## RECOMENDACIONES

1. Las pruebas de absorción se deben de llevar a cabo en un procedimiento de producción normal, ya que al verse afectada por la posición del pollo en la tenderizadora, no es lo mismo someter 10 pollos en la máquina que 35 ya que se encuentran comprimidos en un mismo espacio, por lo que para determinar datos cercanos a la realidad se deben de elaborar las pruebas en un ambiente con características normales de producción.
2. El tamaño de la materia prima representa otro factor importante en la determinación de la parámetros óptimos para la mayor retención de salmuera en el pollo entero, ya que la materia prima es dividida en dos grandes ramas, macho y hembra, éstas difieren entre si por las características genéticas de peso y rendimiento de canal, siendo las siguientes, para el macho rendimiento de canal del 70% y 4.50 lb de pollo beneficiado, para la hembra de 68% y 3.00 lb, estos resultados están basados en pruebas exclusivamente con hembra, para el macho los resultados suelen diferir debido a la cantidad de masa ya que el área de transferencia es de suma importancia en la retención de salmuera.
3. La temperatura de almacenaje debe ser homogénea en todo la cámara de enfriamiento, ya que de eso depende el drenaje a las 24 horas.
4. Es importante realizar las pruebas organolépticas antes de sustituir un ingrediente por otro o antes de hacer algún cambio en la fórmula, porque el gusto del cliente va aunado con la ganancia en la retención, ya que se

puede hacer eficaz el proceso de tenderizado pero el sabor, la textura y el color son los que marcan la posición en el mercado de un producto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de Instrucciones. Inyectora. 1999, Wolfking Belam B.V.
2. Manual de Procedimientos de Operación Estándar. Avícola Villalobos, S.A. Actualizado 2007.
3. Norma COGUANOR. Comité Guatemalteco de Normas. Edición 1999.
4. [www.CFS.com](http://www.CFS.com) Convenience Food Systems. Conferencia Basic Meat Technology. 25 de octubre 2006.
5. [www.thesolaecompany.com](http://www.thesolaecompany.com) Tecnología de Aves. Conferencia. 25 de octubre 2006.
6. [www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia.com](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia.com). Aditivos de Uso en Procesamiento de Carnes. 25 de octubre 2006.



## APÉNDICES

### *Muestra de Cálculo*

#### 1. Determinación del % de Absorción/Drenaje:

$$\%A = \frac{(PYT - PNT)}{PNT} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

%A= Porcentaje de absorción/Drenaje

PNT= Peso Inicial

PYT= Peso Final

Sustituyendo datos, tomando como referencia la tabla VII de datos calculados:

$$\%A = \frac{(1.30 \text{ kg} - 1.23 \text{ kg})}{1.23} * 100$$

$$\%A = 5.69$$

Los siguientes resultados se encuentran en las Tablas VII a la XXIV del apéndice de datos calculados.

#### 2. Determinación de la Ganancia por cada 1000 libras de Pollo

##### **Tenderizadas:**

Costo del Pollo + Salmuera:

$$C = \frac{(LP * CLP + LP * \%A * CS)}{LP * (LP + LP * \%A)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

C= Costo del Pollo + Salmuera

LP= Libras de Pollo (100 libras)

CLP=Costo por libra de pollo en dólares (\$0.825, tomado como el valor experimental del mercado actual).

%A= %Retención de la salmuera en el pollo a las 24 horas de ser tenderizado.

CS=Costo de Salmuera en dólares (\$0.038, tomado como valor experimental del mercado actual, este puede variar de acuerdo a marca de insumo).

Sustituyendo los datos de las tablas de Datos calculados, tomando como ejemplo la referencia el porcentaje de retención de salmuera a las 24 horas de la Tabla VII:

$$C = \frac{(100*0.825 + 100* - 0.001*0.038)}{100+(100* - 0.001)}$$

$$C = \$ 0.826$$

Los siguientes resultados se encuentran en las tablas No. VII a la XXIV de la sección de Datos Calculados.

2.2. Pérdida de Salmuera:

$$PS = \%A - \% A24$$

Ecuación No. 3

Donde:

PS = Pérdida de Salmuera

%A= % de Absorción en Tenderizadora

%A24 = % de Retención a 24 horas.

Sustituyendo los datos de la tabla VII de la sección de Datos Calculados:

$$PS = 0.063\% - (-0.01\%)$$

$$PS = 0.064$$

Los siguientes resultados se encuentran en las tablas VII a la XXIV de la sección de datos calculados.

2.3. Costo de Salmuera que se Pierde:

$$\mathbf{CSP = PS * CS} \quad \text{Ecuación 4}$$

Sustituyendo los datos de la tabla No. VII para la pérdida de salmuera de la sección de Datos Calculados:

$$CSP = 0.064 * \$ 0.038$$

$$\mathbf{CSP = \$ 0.002}$$

Los siguientes resultados se encuentran en las tablas VII a la XXIV de la sección de datos calculados.

2.4. Ahorros Mensuales:

Tomando como base una producción de 1000 libras de pollo al mes.

$$\mathbf{AM = 1000 lb * (CLP - CP)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Sustituyendo los datos de la tabla VII de la sección de datos calculados:

$$AM = 1000 lb * (\$0.825 - \$ 0.826)$$

$$AM = - \$0.867$$

Los siguientes resultados se encuentran en las tablas VII a la XXIV de la sección de datos calculados.

2.5. Pérdida de Salmuera al Mes:

Tomando como base una producción de 1000 libras de pollo al mes.

$$\mathbf{PSM = 1000 lb * CSP} \quad \text{Ecuación 6}$$

Sustituyendo los datos de la tabla VII de la sección de datos calculados:

$$\text{PSM} = 1000 \text{ lb} * \$0.002$$

$$\text{PSM} = \$ 2.42$$

Los siguientes resultados se encuentran en las tablas VII a la XXIV de la sección de datos calculados.

2.6. Ganancia por Cada 1000 lb de Pollo Tenderizadas:

Tomando como base una producción de 1000 libras de pollo al mes.

$$\text{G} = \text{AM} - \text{PSM} \quad \text{Ecuación 7}$$

Sustituyendo los datos de la tabla No. VII de la sección de Datos Calculados:

$$\text{G} = \$2.42 - (-\$ 0.867)$$

$$\text{G} = - \$3.28$$

Los siguientes resultados se encuentran en las tablas VII a la XXIV de la sección de datos calculados.

### **Datos Calculados**

**Tabla VII.** Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 1.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tómbola (Kg)	% Retención salida Tómbola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,23	1,30	5,69	1,29	4,88	1,22	-1,22
2	1,04	1,11	6,25	1,09	4,81	1,03	-1,44
3	1,25	1,33	6,00	1,30	4,00	1,22	-2,80
4	1,23	1,29	4,90	1,27	3,27	1,19	-2,86
5	1,23	1,30	5,28	1,29	4,88	1,22	-1,22
6	1,09	1,18	7,80	1,15	5,05	1,09	-0,46
7	1,24	1,32	6,45	1,30	4,84	1,25	0,40
8	1,08	1,11	2,78	1,10	1,85	1,03	-5,09
9	1,23	1,29	4,90	1,27	3,67	1,20	-2,04
10	1,08	1,16	7,41	1,13	4,17	1,07	-1,39
11	1,08	1,13	5,12	1,12	4,19	1,06	-1,40
12	1,18	1,27	7,63	1,26	6,36	1,23	4,24
13	1,11	1,18	6,33	1,16	4,98	1,10	-0,45
14	1,13	1,20	6,19	1,18	3,98	1,10	-2,65
15	1,27	1,34	5,93	1,33	4,74	1,25	-1,58
16	1,14	1,23	7,93	1,22	7,05	1,17	2,64
17	1,46	1,56	6,51	1,55	5,82	1,49	1,71
18	1,27	1,34	5,93	1,34	5,53	1,38	8,70
19	1,24	1,34	8,06	1,30	4,84	1,26	1,61
20	1,07	1,16	7,94	1,13	5,61	1,09	1,87
Sumatorias	23,62	25,09		24,74		23,59	
%			<b>6,25</b>		<b>4,74</b>		<b>-0,11</b>

**Tabla VIII.** Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 2.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,16	1,31	13,42	1,28	10,39	1,23	6,49
2	1,10	1,27	15,53	1,22	10,96	1,15	5,02
3	1,22	1,31	7,82	1,28	5,35	1,19	-2,47
4	1,45	1,64	13,49	1,56	7,96	1,51	4,15
5	1,25	1,41	12,80	1,40	11,60	1,31	4,40
6	1,17	1,28	8,97	1,24	5,56	1,11	-4,79
7	1,01	1,10	8,42	1,07	5,94	1,01	-0,50
8	1,43	1,69	18,18	1,63	13,64	1,54	7,34
9	1,18	1,35	14,41	1,32	11,86	1,26	6,78
10	0,97	1,05	8,81	1,02	5,70	0,96	-0,52
11	1,14	1,28	12,33	1,26	10,57	1,20	5,29
12	1,05	1,19	13,88	1,16	11,00	1,10	4,78
13	1,13	1,33	17,26	1,29	13,72	1,20	5,75
14	1,40	1,57	12,14	1,52	8,21	1,42	1,43
15	1,16	1,30	12,55	1,26	9,09	1,21	4,33
16	1,55	1,77	14,19	1,69	8,71	1,55	0,00
17	1,21	1,35	12,03	1,32	9,54	1,22	1,24
18	1,19	1,32	10,97	1,30	9,70	1,20	1,27
19	1,16	1,32	13,36	1,27	9,05	1,19	2,16
20	1,18	1,29	9,32	1,28	8,05	1,21	2,12
Sumatorias	24,06	27,10		26,32		24,72	
%			<b>12,61</b>		<b>9,37</b>		<b>2,74</b>

**Tabla IX.** Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 3.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,42	1,62	14,08	1,60	12,68	1,52	7,04
2	1,42	1,70	19,37	1,55	9,15	1,43	0,35
3	1,49	1,77	18,79	1,64	10,07	1,51	1,34
4	0,92	1,04	13,11	0,99	8,20	0,93	1,64
5	1,16	1,45	25,11	1,34	15,58	1,23	6,06
6	1,07	1,24	15,96	1,16	8,92	1,10	2,82
7	1,44	1,71	18,82	1,30	-9,76	1,52	5,57
8	1,03	1,18	15,12	1,12	9,27	1,05	1,95
9	1,10	1,27	15,00	1,19	8,18	1,09	-1,36
10	1,25	1,50	20,08	1,41	12,85	1,34	7,23
11	1,09	1,31	20,74	1,24	14,29	1,21	11,52
12	1,11	1,30	17,12	1,21	8,56	1,15	3,15
13	1,10	1,30	18,72	1,24	12,79	1,17	6,39
14	1,11	1,30	17,19	1,22	10,41	1,19	7,69
15	1,55	1,79	15,86	1,78	14,89	1,63	5,50
16	1,19	1,42	19,83	1,31	10,55	1,23	3,80
17	1,39	1,59	14,44	1,52	9,75	1,44	3,61
18	1,20	1,45	20,42	1,39	15,83	1,29	7,08
19	1,40	1,76	25,71	1,61	15,00	1,51	7,86
20	1,55	1,80	16,18	1,72	11,33	1,57	1,29
Sumatorias	24,93	29,45		27,51		26,05	
%			<b>18,13</b>		<b>10,37</b>		<b>4,51</b>

**Tabla X.** Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 1.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,18	1,48	25,96	1,37	16,17	1,30	10,64
2	1,20	1,42	18,41	1,36	13,39	1,29	7,95
3	1,44	1,69	17,36	1,55	7,64	1,54	6,60
4	1,21	1,46	20,75	1,38	14,11	1,31	8,71
5	1,48	1,89	28,14	1,73	17,29	1,67	13,22
6	1,44	1,67	16,38	1,61	12,20	1,44	0,00
7	1,19	1,43	20,17	1,33	11,34	1,29	8,40
8	1,23	1,51	23,27	1,35	9,80	1,22	-0,41
9	1,14	1,78	56,39	1,62	42,73	1,51	33,04
10	1,23	1,52	23,17	1,43	15,85	1,32	7,32
11	1,21	1,42	17,84	1,35	12,03	1,27	5,39
12	1,44	1,79	24,31	1,67	15,63	1,58	9,72
13	1,01	1,19	17,33	1,15	13,86	1,08	6,44
14	1,18	1,41	19,07	1,32	11,44	1,26	6,36
15	1,39	1,69	21,58	1,59	14,03	1,47	5,76
16	1,23	1,54	24,80	1,46	18,29	1,36	10,57
17	1,21	1,41	16,60	1,38	14,11	1,33	9,96
18	1,41	1,68	19,22	1,57	11,39	1,51	7,12
19	1,44	1,74	21,25	1,67	16,03	1,60	11,50
20	1,20	1,45	21,34	1,37	14,64	1,32	10,46
Sumatorias	25,40	31,13		29,20		27,64	
%			<b>22,54</b>		<b>14,94</b>		<b>8,82</b>

**Tabla XI.** Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 2.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,48	1,93	30,07	1,76	18,92	1,65	11,15
2	1,48	1,89	27,36	1,73	16,55	1,61	8,78
3	1,40	1,64	17,56	1,57	12,54	1,51	7,89
4	1,58	1,79	13,29	1,73	9,18	1,63	2,85
5	1,38	1,67	21,09	1,58	14,91	1,47	6,91
6	1,49	1,89	26,94	1,74	16,84	1,63	9,76
7	1,09	1,29	18,35	1,21	10,55	1,14	4,59
8	1,22	1,52	25,10	1,42	16,46	1,32	8,23
9	1,67	2,10	25,83	2,00	20,12	1,90	13,81
10	1,55	2,07	33,23	1,82	17,42	1,72	10,97
11	1,18	1,44	21,61	1,36	14,83	1,30	10,17
12	1,48	1,86	26,10	1,70	14,92	1,59	7,80
13	1,56	1,12	-27,97	1,84	18,33	1,76	12,86
14	1,06	1,37	28,77	1,21	14,15	1,12	5,19
15	1,47	1,94	32,42	1,77	20,48	1,68	14,68
16	1,11	1,45	30,77	1,32	19,46	1,24	12,22
17	1,41	1,72	21,99	1,61	14,18	1,53	8,16
18	1,21	1,50	23,97	1,41	16,12	1,31	8,26
19	1,07	1,29	20,09	1,24	15,89	1,14	6,07
20	1,18	1,40	19,15	1,34	14,04	1,26	6,81
Sumatorias	27,02	32,83		31,32		29,46	
%			<b>21,50</b>		<b>15,90</b>		<b>9,03</b>

**Tabla XII.** Fórmula: 0.3 % de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 3.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,19	1,56	31,65	1,39	17,30	1,31	10,55
2	1,06	1,26	19,43	1,20	13,74	1,13	7,11
3	1,11	1,48	33,94	1,31	18,10	1,20	8,60
4	1,20	1,47	22,08	1,38	15,00	1,32	9,58
5	1,07	1,32	23,36	1,21	12,62	1,13	5,61
6	1,47	1,58	7,51	1,48	0,68	1,39	-5,12
7	1,33	1,59	19,17	1,51	13,16	1,41	5,64
8	1,48	1,92	29,73	1,77	19,26	1,67	12,84
9	1,46	1,75	19,93	1,67	14,78	1,55	6,53
10	1,09	1,37	25,81	1,28	17,97	1,19	9,22
11	1,54	1,98	28,66	1,82	18,24	1,66	8,14
12	1,45	1,97	35,86	1,74	20,00	1,63	12,41
13	1,20	1,57	30,96	1,45	21,34	1,36	13,81
14	1,06	1,33	26,07	1,18	11,85	1,11	4,74
15	1,22	1,71	40,16	1,50	22,54	1,42	16,39
16	1,50	1,88	25,00	1,73	15,33	1,63	8,33
17	1,27	1,61	26,88	1,50	18,58	1,40	10,67
18	1,37	1,74	26,64	1,59	16,06	1,51	9,85
19	1,51	2,00	32,89	1,80	19,27	1,72	13,95
20	1,20	1,51	26,36	1,39	16,32	1,26	5,02
Sumatorias	25,72	32,55		29,86		27,96	
%			<b>26,56</b>		<b>16,10</b>		<b>8,71</b>

**Tabla XIII.** Fórmula: 0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 1.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,15	1,25	8,70	1,24	7,39	1,17	1,30
2	1,13	1,23	8,89	1,18	4,89	1,13	0,00
3	1,12	1,20	6,70	1,17	4,02	1,13	0,89
4	1,39	1,52	9,35	1,47	5,40	1,40	0,72
5	1,47	1,63	10,88	1,60	8,84	1,54	4,76
6	1,18	1,32	11,86	1,26	6,36	1,20	1,69
7	1,15	1,24	7,86	1,21	5,68	1,16	0,87
8	1,17	1,27	9,01	1,25	6,87	1,20	3,00
9	1,42	1,53	8,13	1,47	3,89	1,37	-3,53
10	1,10	1,17	5,91	1,16	5,00	1,11	0,45
11	1,08	1,16	6,94	1,15	6,02	1,12	3,24
12	1,51	1,63	7,97	1,59	5,65	1,54	1,99
13	1,19	1,29	8,40	1,17	-1,68	1,14	-4,20
14	1,42	1,56	10,25	1,50	6,01	1,43	0,71
15	1,13	1,22	7,52	1,20	5,75	1,17	3,10
16	1,44	1,53	6,27	1,51	5,23	1,45	1,05
17	1,38	1,52	9,78	1,47	6,52	1,41	2,17
18	1,15	1,20	4,35	1,64	42,61	1,11	-3,48
19	1,05	1,11	5,24	1,07	1,43	0,99	-6,19
20	1,43	1,58	10,88	1,51	5,96	1,45	1,75
Sumatorias	25,02	27,11		26,78		25,17	
%			<b>8,35</b>		<b>7,01</b>		<b>0,60</b>

**Tabla XIV.** Fórmula: 0.4% de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 2.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,43	1,66	16,49	1,49	4,56	1,49	4,21
2	1,49	1,77	18,79	1,61	8,05	1,57	5,37
3	1,48	1,55	5,08	1,65	11,53	1,52	2,71
4	1,41	1,65	17,35	1,61	14,51	1,58	12,02
5	1,48	1,70	14,53	1,66	12,16	1,59	7,09
6	1,50	1,82	21,00	1,75	16,33	1,67	11,33
7	1,41	1,64	15,96	1,55	9,57	1,47	3,90
8	1,53	1,60	4,92	1,56	2,30	1,35	-11,80
9	1,37	1,46	6,96	1,43	4,40	1,36	-0,37
10	1,52	1,78	16,78	1,73	13,82	1,63	6,91
11	1,55	1,83	17,74	1,70	9,68	1,68	8,06
12	1,49	1,74	16,78	1,68	12,42	1,55	4,03
13	1,39	1,60	15,16	1,53	10,47	1,46	5,42
14	1,40	1,58	13,26	1,51	7,89	1,47	5,38
15	1,46	1,78	21,99	1,66	13,75	1,50	3,09
16	1,35	1,54	13,70	1,47	8,52	1,40	3,33
17	1,42	1,77	24,30	1,69	19,01	1,53	7,39
18	1,40	1,66	18,64	1,60	14,34	1,50	7,17
19	1,47	1,71	16,33	1,67	13,27	1,62	10,20
20	1,37	1,57	14,23	1,51	9,85	1,42	3,65
Sumatorias	28,88	33,36		32,01		30,31	
%			<b>15,51</b>		<b>10,84</b>		<b>4,95</b>

**Tabla XV.** Fórmula:0.4 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 3.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,65	1,89	14,55	1,81	9,70	1,71	3,64
2	1,39	1,70	22,38	1,53	10,47	1,46	5,05
3	1,43	1,60	11,89	1,58	10,14	1,50	4,55
4	1,47	1,57	7,17	1,45	-1,37	1,56	6,48
5	1,52	1,76	16,17	1,72	13,20	1,65	8,58
6	1,40	1,56	11,07	1,49	6,43	1,42	1,07
7	1,41	1,57	11,35	1,49	5,67	1,44	1,77
8	1,41	1,67	18,44	1,57	11,35	1,51	6,74
9	1,37	1,67	21,53	1,58	14,96	1,51	10,22
10	1,49	1,76	18,18	1,70	14,14	1,64	10,44
11	1,40	1,59	13,21	1,53	8,93	1,48	5,36
12	1,51	1,71	13,62	1,63	8,31	1,56	3,32
13	1,44	1,63	13,59	1,58	9,76	1,51	4,88
14	1,34	1,62	20,52	1,52	13,06	1,47	9,33
15	1,41	1,69	19,50	1,64	15,96	1,55	9,57
16	1,54	1,86	20,45	1,75	13,31	1,65	7,14
17	1,53	1,82	18,63	1,73	12,75	1,65	7,84
18	1,64	1,85	12,84	1,79	9,17	1,72	4,89
19	1,44	1,66	15,33	1,56	8,71	1,46	1,39
20	1,46	1,65	12,67	1,60	9,25	1,57	7,19
Sumatorias	29,21	33,77		32,19		30,95	
%			<b>15,61</b>		<b>10,18</b>		<b>5,96</b>

**Tabla XVI.** Fórmula: 0.4% de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 1.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,07	1,27	19,25	1,17	9,86	1,14	7,04
2	1,47	1,80	22,11	1,70	15,31	1,62	10,20
3	1,22	1,48	21,81	1,43	17,28	1,39	14,40
4	1,39	1,71	23,10	1,63	17,33	1,56	12,64
5	1,42	1,72	21,13	1,66	16,55	1,58	11,27
6	1,08	1,42	32,09	1,29	19,53	1,26	17,21
7	1,52	1,77	16,50	1,73	14,19	1,66	9,57
8	1,17	1,41	20,09	1,33	13,68	1,28	9,40
9	1,04	1,31	25,96	1,19	13,94	1,12	7,69
10	1,27	1,52	20,16	1,44	13,83	1,39	9,80
11	1,41	1,69	19,93	1,60	13,52	1,50	6,76
12	1,09	1,31	20,28	1,23	12,90	1,12	3,23
13	1,21	1,41	16,60	1,35	11,62	1,30	7,88
14	1,25	1,56	25,30	1,47	18,07	1,43	14,86
15	1,14	1,44	26,87	1,32	15,86	1,25	10,13
16	1,14	1,42	24,67	1,31	14,98	1,23	8,37
17	1,43	1,74	21,75	1,66	16,14	1,55	8,77
18	1,10	1,29	17,81	1,24	13,24	1,23	12,33
19	1,13	1,36	20,44	1,29	14,22	1,25	11,11
20	1,43	1,72	20,35	1,65	15,44	1,60	11,93
Sumatorias	24,90	30,30		28,62		27,45	
%			<b>21,67</b>		<b>14,94</b>		<b>10,26</b>

**Tabla XVII.** Fórmula:0.4% de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 2.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,20	1,61	34,31	1,44	20,08	1,40	17,15
2	1,23	1,61	30,89	1,50	21,95	1,43	15,85
3	1,20	1,60	32,92	1,44	20,00	1,37	14,17
4	1,50	2,13	42,00	1,84	22,33	1,75	16,67
5	1,23	1,69	37,96	1,54	25,31	1,46	18,78
6	1,23	1,70	37,80	1,54	25,20	1,48	20,33
7	1,46	1,90	30,58	1,87	28,18	1,76	20,96
8	1,47	1,98	34,81	1,76	20,14	1,77	20,48
9	1,24	1,73	39,52	1,55	24,60	1,46	17,74
10	1,50	2,15	43,33	1,81	20,33	1,70	13,33
11	1,21	1,58	30,58	1,46	20,66	1,39	14,46
12	1,26	1,63	28,97	1,51	19,84	1,42	12,70
13	1,43	1,93	35,44	1,70	18,95	1,63	14,39
14	1,22	1,70	39,34	1,56	27,46	1,52	24,59
15	1,44	2,04	41,81	1,76	22,30	1,68	16,72
16	1,23	1,67	35,92	1,53	24,49	1,48	20,41
17	1,43	1,99	38,81	1,71	19,58	1,69	18,18
18	1,42	1,83	28,87	1,73	21,48	1,66	16,90
19	1,44	1,92	32,99	1,67	15,63	1,60	10,76
20	1,41	1,80	28,11	1,71	21,71	1,59	12,81
Sumatorias	26,71	36,15		32,57		31,20	
%			<b>35,32</b>		<b>21,94</b>		<b>16,81</b>

**Tabla XVIII.** Fórmula:0.4% de carragenina, tipo de Inyección: 2, presión: 3.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,21	1,45	19,83	1,39	14,46	1,33	9,92
2	1,46	1,82	24,66	1,72	17,81	1,65	13,01
3	1,47	1,77	20,48	1,65	12,29	1,54	4,78
4	1,51	1,87	23,84	1,80	19,21	1,70	12,25
5	1,19	1,43	19,75	1,37	15,13	1,30	9,24
6	1,47	1,77	20,48	1,67	13,99	1,60	8,87
7	1,19	1,47	24,05	1,39	16,88	1,33	11,81
8	1,43	1,77	24,21	1,69	18,60	1,59	11,58
9	1,18	1,47	24,68	1,40	18,72	1,33	13,19
10	1,44	1,86	28,82	1,71	18,75	1,60	11,04
11	1,41	1,76	24,82	1,62	14,54	1,55	9,93
12	1,17	1,47	25,21	1,36	16,24	1,27	8,12
13	1,19	1,49	25,74	1,37	15,61	1,29	8,44
14	1,49	1,84	23,57	1,74	17,17	1,64	10,44
15	1,39	1,71	23,10	1,61	15,88	1,50	8,30
16	1,50	1,82	21,00	1,71	14,00	1,62	8,00
17	1,41	1,81	28,01	1,70	20,21	1,58	12,06
18	1,19	1,48	24,89	1,38	16,03	1,30	9,28
19	1,40	1,73	23,66	1,59	13,98	1,50	7,53
20	1,19	1,43	20,68	1,35	13,92	1,29	8,86
Sumatorias	26,84	33,17		31,18		29,47	
%			<b>23,59</b>		<b>16,19</b>		<b>9,83</b>

**Tabla XIX.** Fórmula:0.5 % de carragenina, tipo de inyección: 1, presión: 1.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,17	1,22	4,29	1,19	2,15	1,12	-4,29
2	1,29	1,41	8,91	1,39	7,75	1,35	4,65
3	1,36	1,46	7,38	1,43	5,54	1,37	0,74
4	1,12	1,20	6,70	1,18	4,91	1,13	0,89
5	1,47	1,62	10,58	1,58	7,51	1,55	5,46
6	1,16	1,26	8,66	1,23	6,06	1,15	-0,43
7	1,48	1,67	13,22	1,58	7,12	1,50	1,36
8	1,21	1,32	8,68	1,28	5,79	1,23	1,24
9	1,56	1,72	10,61	1,66	6,43	1,56	0,00
10	1,49	1,62	9,09	1,60	7,74	1,55	4,38
11	1,14	1,28	11,84	1,23	7,46	1,15	0,44
12	1,48	1,55	4,75	1,54	4,07	1,45	-2,03
13	1,15	1,23	6,99	1,20	4,37	1,12	-2,62
14	1,47	1,53	4,08	1,53	4,08	1,42	-3,74
15	1,47	1,58	7,85	1,52	3,75	1,48	0,68
16	1,24	1,37	10,93	1,30	5,26	1,25	1,21
17	1,56	1,69	8,01	1,63	4,49	1,50	-4,17
18	1,52	1,70	11,51	1,63	6,91	1,55	1,97
19	1,15	1,27	10,00	1,21	4,78	1,13	-1,74
20	1,44	1,55	7,64	1,51	4,86	1,41	-2,08
Sumatorias	26,88	29,19		28,38		26,91	
%			<b>8,61</b>		<b>5,58</b>		<b>0,13</b>

**Tabla XX.** Fórmula:0.5 % de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 2.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,10	1,27	15,00	1,21	9,55	1,15	4,09
2	1,48	1,73	16,95	1,66	12,20	1,57	6,10
3	1,17	1,38	17,52	1,31	11,97	1,27	8,12
4	1,64	1,90	16,21	1,84	12,54	1,76	7,34
5	1,50	1,77	17,67	1,71	13,67	1,61	7,33
6	1,46	1,77	21,23	1,71	16,78	1,66	13,36
7	1,16	1,34	15,52	1,31	12,93	1,27	9,48
8	1,25	1,39	11,65	1,36	8,84	1,32	5,62
9	1,20	1,46	22,18	1,38	15,06	1,31	9,62
10	1,35	1,56	15,61	1,51	11,90	1,45	7,81
11	1,49	1,74	17,17	1,68	13,13	1,56	5,05
12	1,54	1,84	19,87	1,79	16,29	1,71	11,40
13	1,40	1,63	16,07	1,56	11,43	1,51	7,86
14	1,56	1,78	14,15	1,72	10,29	1,64	5,47
15	1,17	1,34	14,10	1,28	8,97	1,22	3,85
16	1,53	1,79	16,99	1,73	12,75	1,68	9,80
17	1,18	1,34	14,04	1,30	10,21	1,26	6,81
18	1,49	1,69	13,47	1,63	9,76	1,55	4,04
19	1,20	1,44	20,50	1,76	46,86	1,70	41,84
20	1,42	1,61	13,38	1,55	8,80	1,50	5,63
Sumatorias	27,24	31,73		30,93		29,65	
%			<b>16,49</b>		<b>13,57</b>		<b>8,87</b>

**Tabla XXI.** Fórmula:0.5% de carragenina, tipo de Inyección: 1, presión: 3.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,49	1,85	23,83	1,69	13,09	1,58	6,04
2	1,46	1,78	21,99	1,69	15,81	1,62	11,00
3	1,37	1,60	16,79	1,51	9,85	1,42	3,28
4	1,62	1,94	19,81	1,84	13,62	1,74	7,43
5	1,04	1,24	19,23	1,19	13,94	1,16	11,54
6	1,40	1,65	17,50	1,59	13,57	1,52	8,57
7	1,38	1,68	21,82	1,55	12,73	1,53	10,91
8	1,42	1,64	15,55	1,61	13,43	1,56	9,89
9	1,50	1,85	23,00	1,76	17,33	1,68	12,00
10	1,42	1,75	23,24	1,64	15,14	1,59	11,62
11	1,42	1,65	16,61	1,60	12,72	1,54	8,48
12	1,51	1,79	18,94	1,74	15,61	1,70	12,62
13	1,36	1,74	27,57	1,65	20,96	1,57	15,44
14	1,44	1,76	21,88	1,67	15,97	1,59	10,42
15	1,46	1,82	24,74	1,69	16,15	1,64	12,37
16	1,35	1,59	18,22	1,57	16,36	1,50	11,15
17	1,40	1,65	17,50	1,58	12,86	1,51	7,86
18	1,42	1,71	20,49	1,65	16,25	1,58	11,66
19	1,34	1,57	16,79	1,51	12,69	1,45	8,21
20	1,52	1,87	23,03	1,75	15,13	1,68	10,53
Sumatorias	28,28	34,07		32,43		31,11	
%			20,48		14,68		10,03

**Tabla XXII.** Fórmula:0.5% de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 1.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,47	1,89	28,57	1,72	17,01	1,56	6,12
2	1,06	1,25	17,92	1,18	11,32	1,07	0,94
3	1,57	1,88	19,75	1,74	10,83	1,56	-0,64
4	1,49	1,90	27,52	1,78	19,46	1,63	9,40
5	1,46	1,88	28,77	1,76	20,55	1,59	8,90
6	1,49	1,98	32,89	1,86	24,83	1,68	12,75
7	1,50	1,94	29,33	1,75	16,67	1,63	8,67
8	1,48	1,90	28,38	1,74	17,57	1,61	8,78
9	1,52	1,91	25,66	1,70	11,84	1,52	0,00
10	1,49	1,96	31,54	1,80	20,81	1,64	10,07
11	1,49	1,97	32,21	1,85	24,16	1,73	16,11
12	1,44	1,94	34,72	1,77	22,92	1,62	12,50
13	1,49	1,85	24,16	1,76	18,12	1,59	6,71
14	1,61	1,95	21,12	1,88	16,77	1,70	5,59
15	1,57	2,00	27,39	1,84	17,20	1,64	4,46
16	1,17	1,46	24,79	1,35	15,38	1,23	5,13
17	1,48	1,87	26,35	1,77	19,59	1,63	10,14
18	1,49	1,77	18,79	1,69	13,42	1,60	7,38
19	1,43	1,75	22,38	1,69	18,18	1,51	5,59
20	1,49	1,90	27,52	1,80	20,81	1,67	12,08
Sumatorias	29,19	36,95		34,43		31,41	
%			26,58		17,95		7,61

**Tabla XXIII.** Fórmula:0.5% de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 2.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,29	1,65	27,91	1,55	20,16	1,46	13,18
2	1,27	1,67	31,50	1,55	22,05	1,46	14,65
3	1,52	2,08	36,84	1,90	25,00	1,74	14,47
4	1,51	1,97	30,46	1,84	21,85	1,69	11,92
5	1,17	1,50	28,21	1,41	20,51	1,30	11,11
6	1,17	1,50	28,21	1,39	18,80	1,28	9,40
7	1,51	1,90	25,83	1,78	17,88	1,68	11,26
8	1,21	1,60	32,23	1,44	19,01	1,35	11,57
9	1,14	1,45	27,19	1,33	16,67	1,22	7,02
10	1,60	2,00	25,00	1,87	16,88	1,72	7,50
11	1,63	1,94	19,02	1,85	13,50	1,71	4,91
12	1,49	1,99	33,56	1,78	19,46	1,58	6,04
13	1,27	1,55	22,05	1,48	16,54	1,35	6,30
14	1,22	1,57	28,69	1,46	19,67	1,36	11,48
15	1,24	1,54	24,19	1,46	17,74	1,33	7,26
16	1,12	1,41	25,89	1,33	18,75	1,28	14,29
17	1,63	2,15	31,90	1,98	21,47	1,86	14,11
18	1,14	1,43	25,44	1,37	20,18	1,29	13,16
19	1,47	1,97	34,01	1,82	23,81	1,66	12,93
20	1,26	1,57	24,60	1,50	19,05	1,40	11,11
Sumatorias	26,86	34,44		32,09		29,72	
%			28,22		19,47		10,63

**Tabla XXIV.** Fórmula:0.5% de carragenina, tipo de inyección: 2, presión: 3.5 bar

Muestra	Peso No T (Kg)	Peso Ya T (Kg)	% Absorción	Peso Salida Tombola (Kg)	% Retención salida Tombola	Peso 24 horas (Kg)	% Retención 24 Horas
1	1,69	2,04	20,71	1,96	15,98	1,81	7,10
2	1,23	1,52	23,58	1,44	17,07	1,32	7,32
3	1,51	1,90	25,83	1,83	21,19	1,70	12,58
4	1,57	1,96	24,84	1,81	15,29	1,66	5,73
5	1,46	1,99	36,30	1,76	20,55	1,67	14,38
6	1,09	1,39	27,52	1,29	18,35	1,23	12,84
7	1,49	1,95	30,87	1,83	22,82	1,72	15,44
8	1,20	1,44	20,00	1,36	13,33	1,23	2,50
9	1,49	1,99	33,56	1,81	21,48	1,69	13,42
10	1,50	1,98	32,00	1,87	24,67	1,73	15,33
11	1,22	1,53	25,41	1,42	16,39	1,33	9,02
12	1,14	1,52	33,33	1,38	21,05	1,29	13,16
13	1,19	1,57	31,93	1,48	24,37	1,42	19,33
14	1,48	1,79	20,95	1,72	16,22	1,59	7,43
15	1,43	1,79	25,17	1,64	14,69	1,51	5,59
16	1,20	1,82	51,67	1,43	19,17	1,31	9,17
17	1,53	1,94	26,80	1,86	21,57	1,76	15,03
18	1,21	1,61	33,06	1,49	23,14	1,38	14,05
19	1,54	1,92	24,68	1,96	27,27	1,83	18,83
20	1,78	2,28	28,09	2,17	21,91	1,98	11,24
Sumatorias	27,95	35,93		33,51		31,16	
%			28,55		19,89		11,48

**Tabla XXV.** Análisis económico para la concentración de 0.3% de carragenina

Concentración de Carragenina	0.3%					
	1			2		
Tipo de Inyección						
Presión de Inyección (bar)	1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.5
Libras de pollo	100	100	100	100	100	100
Costo por Libra de pollo U.S \$	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Costo por Libra de Salmuera U.S \$	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
%Absorción en tenderizadora	0,063	0,126	0,181	0,225	0,215	0,266
Absorción después de 24 horas	-0,001	0,027	0,045	0,088	0,090	0,087
Costo del pollo (pollo+Salmuera)	0,826	0,804	0,791	0,761	0,760	0,762
Pérdida de salmuera	0,064	0,099	0,136	0,137	0,125	0,179
Costo de la salmuera que se pierde	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,007
Base de mil libras de pollo producidas al mes	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Ahorros mensuales	-0,867	20,989	33,962	63,787	65,180	63,056
Pérdidas de salmuera al mes	2,417	3,751	5,176	5,214	4,739	6,783
Ganancia por cada 1000 libras de pollo tenderizadas	-3,28	17,24	28,79	58,57	60,44	56,27

**Tabla XXVI.** Análisis económico para la concentración de 0.4% de carragenina

Concentración de Carragenina	0.4%					
Tipo de Inyección	1			2		
Presión de Inyección (bar)	1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.5
Libras de pollo	100	100	100	100	100	100
Costo por Libra de pollo U.S \$	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Costo por Libra de Salmuera U.S \$	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
%Absorción en tenderizadora	8,35%	15,51%	15,61%	21,67%	35,32%	23,59%
Absorción después de 24 horas	0,60%	4,95%	5,96%	10,26%	16,81%	9,83%
Costo del pollo (pollo+Salmuera)	0,820	0,788	0,781	0,752	0,712	0,755
Pérdida de salmuera	0,078	0,106	0,097	0,114	0,185	0,138
Costo de la salmuera que se pierde	0,003	0,004	0,004	0,004	0,007	0,005
Base de mil libras de pollo producidas al mes	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Ahorros mensuales	4,694	37,119	44,267	73,233	113,256	70,438
Pérdidas de salmuera al mes	2,945	4,013	3,667	4,336	7,034	5,229
Ganancia por cada 1000 libras de pollo tenderizadas	1,75	33,11	40,60	68,90	106,22	65,21

**Tabla XXVII.** Análisis económico para la concentración de 0.5% de carragenina

Concentración de Carragenina	0.5%					
	1			2		
Tipo de Inyección						
Presión de Inyección (bar)	1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.5
Libras de pollo	100	100	100	100	100	100
Costo por Libra de pollo U.S \$	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Costo por Libra de Salmuera U.S \$	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
%Absorción en tenderizadora	8,61%	16,49%	20,48%	26,63%	28,07%	28,59%
Absorción después de 24 horas	0,13%	8,87%	10,03%	7,54%	10,53%	11,51%
Costo del pollo (pollo+Salmuera)	0,824	0,761	0,753	0,770	0,750	0,744
Pérdida de salmuera	0,085	0,076	0,105	0,191	0,175	0,171
Costo de la salmuera que se pierde	0,003	0,003	0,004	0,007	0,007	0,006
Base de mil libras de pollo producidas al mes	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Ahorros mensuales	1,022	64,120	71,741	55,179	74,976	81,234
Pérdidas de salmuera al mes	3,222	2,896	3,971	7,254	6,665	6,490
Ganancia por cada 1000 libras de pollo tenderizadas	-2,20	61,22	67,77	47,93	68,31	74,74

## Procedimiento

1. En el proceso normal se marcó cada pollo enumerado del 1 al 20, para cada uno de los escenarios.
2. Se utilizó una báscula con capacidad de 2 +/- 0.05 Kg, para todos los registros de pesos.
3. Se tomaron los siguientes datos:

*Peso No Tenderizado:* Es el peso del pollo entero fresco antes de tenderizarlo.

*Peso Ya Tenderizado:* Es el peso del pollo entero después del proceso de tenderizado.

*Peso Salida del Tomblor:* Es el peso del pollo ya tenderizado después de un suave masaje en el tomblor.

*Peso a las 24 horas:* Es el peso del pollo a las 24 horas, colocado en canastas plásticas en la posición de piernas hacia abajo, se almacenó en una cámara con temperatura controlada (-4 a 4 °C)