

**Efecto de tres presiones de inyectado y tres
concentraciones de salmuera sobre el
porcentaje de retención de líquidos en cinco
cortes de carne de cerdo**

Paul Andrés Reyes Jurado

Honduras
Diciembre, 2006

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Efecto de tres presiones de inyectado y tres
concentraciones de salmuera sobre el porcentaje
de retención de líquidos en cinco cortes de carne
de cerdo**

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agroindustrial en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Paul Andrés Reyes Jurado

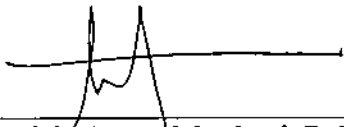
Honduras
Diciembre, 2006

Efecto de tres presiones de inyectado y tres concentraciones de salmuera sobre el porcentaje de retención de líquidos en cinco cortes de carne de cerdo

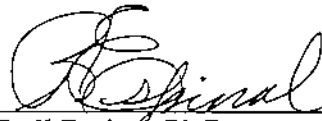
Presentado por:

Paúl Andrés Reyes Jurado

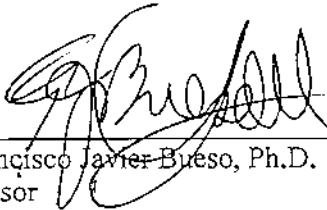
Aprobado:



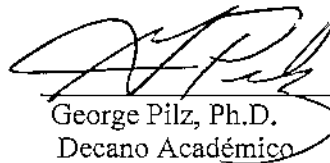
Adela Acosta Marchetti, D.C.T.A.
Asesora Principal




Raúl Espinal, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria



Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor



George Pilz, Ph.D.
Decano Académico



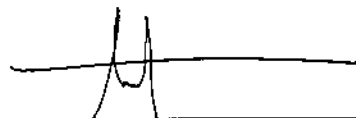
Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Reyes, P. 2006. Efecto de tres presiones de inyectado y tres concentraciones de salmuera sobre el porcentaje de retención de líquidos en cinco cortes de carne de cerdo. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”, Honduras. 25 p.

La producción de carne mejorada de cerdo es un sector en crecimiento dentro del mercado mundial de carne debido al valor agregado dado al músculo fresco y el mejoramiento de las características de la carne fresca (jugosidad, terneza, sabor). La industria cárnica utiliza salmueras de proteínas de soya, fosfatos y sales para lograr este propósito. El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto de tres concentraciones de salmuera y tres presiones de inyectado en cinco músculos de cerdo con el porcentaje de retención de líquidos. Los objetivos específicos fueron determinar el músculo con mayor retención de líquido y evaluar si existe una relación entre el pH inicial del músculo y el porcentaje de retención de líquido del músculo. Los músculos de cerdo seleccionados fueron costillar, psoas mayor, longissimus dorsi, músculos de la paleta y músculos de la pierna. Estos fueron sometidos a tres presiones de inyectado (112.4, 113.8, 115.1 kPa) utilizando concentraciones de salmuera preparada con marinador GELMAX I® a 5.0, 6.5 y 7.25% del peso total de músculo a inyectar. Se compararon los tratamientos utilizando un diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo de parcelas subdivididas. Se realizaron análisis estadísticos de covarianza (ANCOVA) con el fin de encontrar una relación entre el pH inicial y el porcentaje de retención del músculo y un análisis de varianza (ANDEVA), con una separación de medias (Tukey), fijando un nivel de significancia de $P < 0.05$. No se encontró correlación entre el pH inicial del músculo y el porcentaje de retención de líquidos. No existen diferencias significativas entre las presiones de inyectado utilizadas ni en la concentración de salmuera inyectada. Únicamente existieron diferencias significativas entre los cortes de cerdo inyectados ($P < 0.05$), siendo los músculos de la paleta, pierna y psoas mayor los que presentaron un mayor porcentaje de retención de líquido.

Palabras clave: marinador, masajeado, polifosfatos, proteína aislada de soya.



Adela Acosta Marchetti, D.C.T.A
Asesora Principal

CONTENIDO

| | | |
|-------|---------------------------------------|-----------|
| | Portadilla..... | i |
| | Auditoría..... | ii |
| | Página de firmas..... | iii |
| | Dedicatoria..... | iv |
| | Agradecimientos..... | v |
| | Resumen..... | vi |
| | Contenido..... | vii |
| | Índice de Cuadros..... | viii |
| | Índice de Figuras..... | ix |
| | Índice de Anexos..... | x |
| 1. | REVISIÓN DE LITERATURA..... | 1 |
| 2. | INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 4 |
| 3.1 | UBICACIÓN..... | 4 |
| 3.1.1 | Músculos de cerdo..... | 4 |
| 3.1.2 | Formulación de salmuera..... | 4 |
| 3.1.3 | Proceso de inyectado y masajeado..... | 4 |
| 3.2 | DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 5 |
| 3.3 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 6 |
| 4. | RESULTADOS..... | 7 |
| 4.1 | pH..... | 7 |
| 4.2 | MÚSCULO DE CERDO..... | 7 |
| 4.3 | CONCENTRACIÓN DE LA SALMUERA..... | 9 |
| 4.4 | PRESIÓN DE INYECTADO..... | 9 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 10 |
| 6. | RECOMENDACIONES..... | 11 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA..... | 12 |
| 8. | ANEXOS..... | 13 |

1. REVISIÓN DE LITERATURA

La cantidad de carne de cerdo consumida ha aumentado de 53% a un 77% en los últimos 40 años (U.S. Pork Association 2004). La carne mejorada de cerdo, contiene muy poca grasa y no es perjudicial para la salud, es un alimento nutritivo, muy equilibrado en su composición, y por su riqueza en nutrientes, debería ocupar un importante espacio en la mesa del consumidor.

La carne mejorada es definida como el músculo fresco y entero inyectado con una solución de agua y otros ingredientes que pueden incluir sal, fosfatos, antioxidantes y saborizantes. Es un alimento que atiende a las exigencias del consumidor moderno como ser sabor, ternura, jugosidad y enriquece las comidas de manera sustancial y sabrosa.

Las salmueras utilizadas para el mejoramiento de la carne usualmente contienen polifosfatos y proteína vegetal. Debido al incremento en la solubilización de la miosina por el proceso de inyectado de polifosfatos, su nivel original de pH aumenta, las características organolépticas y sensoriales de la carne mejoran junto con la calidad de la carne, además de elevar el porcentaje de retención de agua. De acuerdo a Bartkowiak (2005), cuando son utilizados a niveles permitidos (0.5% máximo) ayudan a prevenir rancidez, solubilizan las proteínas de la carne, aumentan la jugosidad y ternura y por sobre todo aumentan el nivel de rendimiento muscular al final del proceso de inyectado.

La soya es una fuente excelente de proteínas y fibra, rica en isoflavonas saludables. Para los fabricantes de alimentos y proveedores de servicios de alimentación, la soya es increíblemente versátil y sobresaliente en efectividad de costos. La demanda de soya de los consumidores continúa convirtiéndola en una de las categorías de ingredientes de más rápido crecimiento de la industria de los alimentos (ADM 2006).

Estudios previos realizados por Wajdzik (2005) muestran que existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) en el porcentaje de retención de líquidos de varios músculos de cerdo inyectados a diferentes presiones. El inyectado fue realizado a presiones de 144.5 y 159.26 kPa, obteniendo porcentajes del 45-56 en los músculos longissimus dorsi y abdominus profundis, con porcentajes de 30-38 en el músculo psoas y bíceps femoris. Un masajeado al vacío (65 kPa) posterior al inyectado aumentó el nivel de retención de líquidos de todos los músculos en general. Según Pico (2003), mientras la carne es inyectada, hay que llevar un control de la velocidad de la banda continua del equipo; sin embargo, la presión de inyección es una variable que se toma en cuenta debido a su importancia en la uniformidad del inyectado y la correcta absorción del marinador.

En investigaciones dirigidas por Dolata (2005), dos músculos de cerdo (*longissimus dorsi* y *biceps femoris*) fueron sometidos al inyectado de polifosfatos con una presión constante de 163.4 KPa. Los resultados obtenidos fueron 32.6% de retención en músculos con valores de pH altos (6.0 a 6.3) y 29.8% de retención en músculos con valores de pH bajos (5.3 A 5.6), demostrando diferencias significativas de porcentaje de retención del mismo músculo dependiendo del valor de pH.

Según Wajdzik (2005), la presión de inyectado no se mostró como un factor importante en el proceso al trabajar con músculos de cerdo y res. Sin embargo, el porcentaje de salmuera inyectada en relación al peso total de la carne (0, 6, 12 y 18%) fue la variable que presentó diferencias significativas dentro del estudio ($P < 0.05$), trabajando con *longissimus dorsi* y *biceps femoris*.

Bartkowiak (2005) inyectó y masajéó carne de cerdo (*biceps femoris*) 48 horas después del sacrificio. La salmuera de tripolifosfatos de sodio y cloruro de sodio fue inyectada en el músculo usando rangos de presión de 153.8 a 162 kPa en una inyectora de agujas múltiples, para así alcanzar un porcentaje de retención de líquidos de 60% con base en el peso inicial del músculo a ser inyectado. Posterior al inyectado se efectuó el proceso de masajeado del músculo a una presión de vacío de 88-90 kPa, a un nivel de rotación de 6 rpm durante 6 horas y 40 minutos de masajeado; estas condiciones facilitaron la penetración de la salmuera en el músculo y aumentó la capacidad de retención de la misma (Bartkowiak, 2005).

El estudio realizado por Tyszkiewicz (2005), demostró que el pH inicial del músculo de cerdo tiene efecto en el porcentaje de retención de líquidos ($P < 0.05$). Aquellos músculos (*biceps femoris*, *longissimus dorsi*) con valores de pH cercanos a 5.6-6.0 mostraron un porcentaje de retención mayor (36%) a aquellos (*rectus abdominis*) cuyo pH se encontraba en el rango de 6.1-6.6 con un 32 de porcentaje de retención.

2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la carne de cerdo es el tipo de carne más consumida a nivel mundial y el mercado mundial de la carne de cerdo ha aumentado debido a sus propiedades benéficas y a su diversidad de usos (U.S. Pork Association 2005). The Daily Pork (2005) corroboró que la composición de ácidos grasos y porcentajes de colesterol son menores que la carne de res y pollo, lo cual la posiciona como una opción de reemplazo frente a las demás carnes del mercado. Los costos de la carne de cerdo son menores a los de res, razón por la cual tanto en Europa como en América el consumo de cerdo ha aumentado en los últimos 10 años. Europa ha aumentado sus importaciones de carne de cerdo alrededor de 20,754 TM, mientras que en América el aumento en el consumo de carne de cerdo es de un 41% mayor que en años anteriores (U.S. Meat Export Association 2006).

Con la apertura de mercados esta aumentando la introducción de carne mejorada en los mercados latinoamericanos, por ende la industria cárnica se ve en la obligación de responder a los cambios en el mercado de manera rápida y eficiente para poder continuar con su posición en el mismo. Según Acosta¹ (2006), la industria local debe estar preparada para competir y tener la capacidad de producir carne mejorada de igual o mejor manera que aquella proveniente del extranjero.

La situación actual del mercado de carnes refleja que el consumidor promedio, hoy en día, busca la conveniencia, comodidad y diversidad al momento de seleccionar sus alimentos, incluidos los productos cárnicos (The Daily Pork 2006). Ahora se puede encontrar carne de cerdo inyectada con salmuera en el mercado, proceso que mejora la textura, el sabor y el rendimiento en peso, ofreciendo un producto de valor agregado al consumidor.

El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto de tres concentraciones de salmuera y tres presiones de inyectado en cinco músculos de cerdo con el porcentaje de retención de líquidos. Los objetivos específicos fueron determinar el músculo con mayor retención de líquido y evaluar si existe una relación entre el pH inicial del músculo y el porcentaje de retención de líquido del músculo.

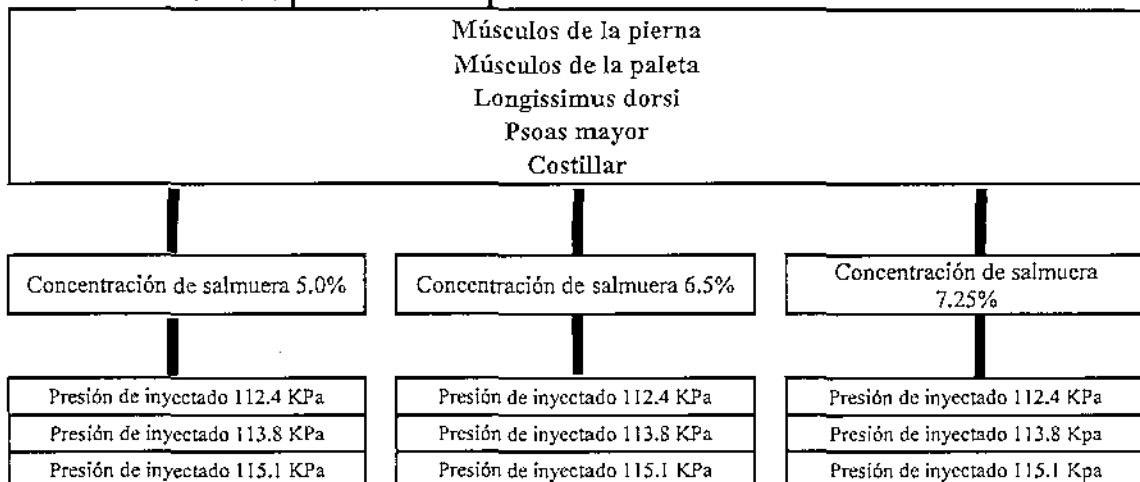
¹ Acosta. Comunicación personal realizada el 25 de septiembre de 2006.

- B) Se tomó la medida del pH inicial del músculo directamente sobre el mismo utilizando el potenciómetro OAKTON EUTECH INSTRUMENT WATERPROOF pH TESTER 2
- C) Se prepararon salmueras con concentraciones de marinador GELMAX I® (5.0, 6.5 y 7.25%) en agua purificada a 25°C. El marinador se incorporó de manera lenta y bajo constante agitación del agua de la salmuera, debido al nivel bajo de solubilidad del producto.
- D) Se procedió al inyectado (112.4, 113.8, 115.1 kPa) de los grupos de músculos de cerdo en la máquina inyectora KOCH PERFECT INJECTING PI-11, con una velocidad de la banda continua de 0.013 m/s., controlando las variables presión de inyectado y concentración de salmuera.
- E) Se continuó con el masajeado de dichos músculos con una presión de vacío de 50 kPa, con 8 minutos de una rotación continua a 9 rpm en la máquina masajeadora HOLLY 200.
- F) Se pesó el músculo en la balanza electrónica UWE modelo AFS para obtener el peso final del producto y su respectivo rendimiento, el cual se calculó a partir de la diferencia del peso anterior y posterior al proceso sobre el peso anterior al proceso.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se usó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo de parcelas sub-divididas, donde el tipo de corte o músculo de cerdo fue la parcela principal (músculos de la pierna, músculos de la paleta, psoas mayor, longissimus dorsi, costillar), con tres sub-parcelas de concentración de salmuera (5.0, 6.5, 7.25%) y tres sub-sub-parcelas de presión de inyectado (112.4, 113.8, 115.1 kPa) como se indica en la Cuadro 1:

Cuadro 1. Diseño experimental de parcelas sub-divididas.



4. RESULTADOS

4.1 pH

El análisis de covarianza mostró que no existió una relación entre el pH inicial del músculo previo al inyectado y el porcentaje de retención de líquido final como se observa en la figura 1.

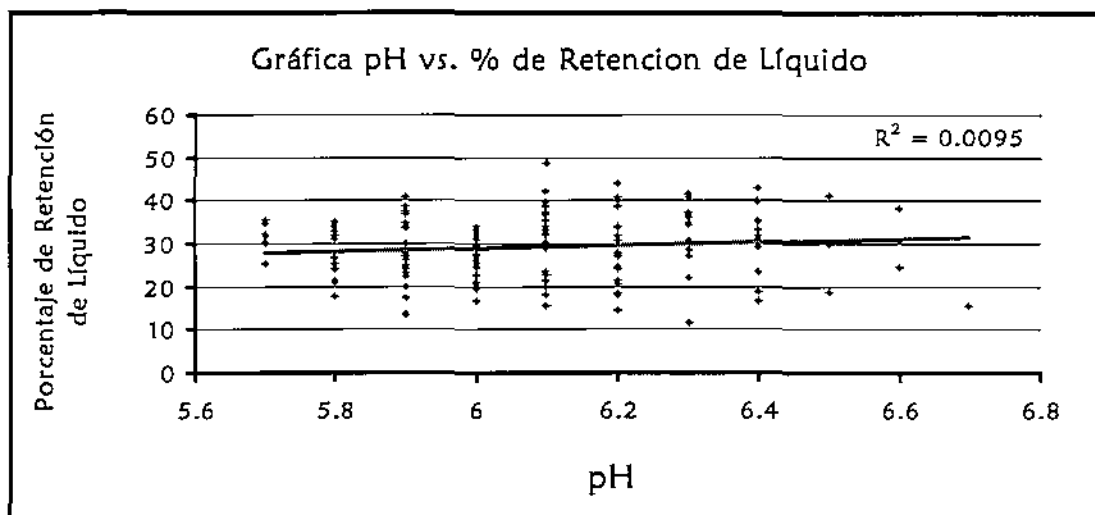


Figura 1. Porcentaje de retención de líquido vs. pH.

Esta ausencia de relación entre el pH y el porcentaje de retención de líquido pudo deberse a que el pH se tomó antes de la inyección. Debido al contenido de fosfatos de la salmuera, el pH se desplazó del punto isoeléctrico de la carne, aumentando la retención de líquido del músculo.

4.2 MÚSCULO DE CERDO

Las combinaciones de presiones de inyectado y concentraciones de salmuera obtuvieron diferencias significativas para los diversos cortes de carne de

cerdo; la prueba del rango estandarizado de Tukey indicó las diferencias en porcentaje de retención según los músculos, como nos muestra la separación de medias entre los mismos.

Cuadro 2. Porcentaje de retención promedio para los cinco cortes de carne de cerdo.¹

| Cortes | Porcentaje de Retención |
|-----------------------|----------------------------|
| Músculos de la pierna | 33.10 ± 6.33 ^a |
| Músculos de la paleta | 32.00 ± 6.55 ^a |
| Psoas mayor | 31.29 ± 3.56 ^{ab} |
| Longissimus dorsi | 28.50 ± 3.72 ^b |
| Costillar | 21.51 ± 5.13 ^c |

¹Valores con letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

Como se observa en el Cuadro 2, la separación de medias no demuestra diferencias significativas en los porcentajes de retención obtenidos en el inyectado de los músculos de la pierna, paleta y psoas mayor, siendo éstos los que presentaron el mayor porcentaje de retención. Estos resultados no se esperaban ya que los músculos de la paleta y pierna, por su porcentaje de fibras musculares rojas en su estructura, deberían haber retenido mayor porcentaje de líquido que el músculo psoas mayor. Esto pudo deberse al tiempo de purga establecido.

Se encontró similitud en el porcentaje de retención de salmuera de los cortes psoas mayor y longissimus dorsi, siendo este porcentaje mayor al del costillar. Debido a que ambos músculos son músculos de soporte y contienen miofibrillas blancas en mayor proporción a las rojas. Según Cárdenas (2004), con la presencia de fibras musculares blancas, el músculo posee una actividad enzimática mayor que acelera la glicólisis y afecta de manera directa en el porcentaje de retención de líquidos, reduciéndolo debido a la cercanía del valor de pH (5.4 - 5.6) con el punto isoelectrico que impide la repulsión total de las cargas negativas en las proteínas, sin permitir que el agua con cargas positivas ocupe el espacio provocado por la repulsión de cargas previamente mencionada.

Por su parte, el costillar mostró diferencias significativas con el resto de músculos en porcentaje de retención de líquidos debido al contenido óseo del mismo.

4.3 CONCENTRACIÓN DE LA SALMUERA

Al momento de analizar el efecto de la concentración de la salmuera con el porcentaje de retención en el músculo, no se obtuvieron diferencias significativas entre las tres concentraciones utilizadas, como se observa en el Cuadro 3. Esto nos indica que el porcentaje de retención de líquido es igual si se usa 5.0% de concentración en la salmuera que si se usa 7.25%.

Cuadro 3. Concentración promedio de salmuera y porcentaje de retención.¹

| Concentración de Salmuera | Porcentaje de Retención |
|---------------------------|---------------------------|
| 5.0% | 28.48 ± 4.53 ^a |
| 6.5% | 30.78 ± 3.97 ^a |
| 7.25% | 28.57 ± 5.01 ^a |

¹Valores con letra igual significativamente iguales (P>0.05)

4.4 PRESIÓN DE INYECTADO

En relación a la presión utilizada en el inyectado, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre presiones de 112.4, 113.8 y 115.1 kPa como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Presión de inyectado y porcentaje de retención.¹

| Presión de Inyectado | Porcentaje de Retención Media |
|----------------------|-------------------------------|
| 112.4 kPa | 29.65 ± 4.87 ^a |
| 113.8 kPa | 29.51 ± 3.76 ^a |
| 115.1 kPa | 28.68 ± 5.24 ^a |

¹Valores con letra igual son significativamente iguales (P>0.05)

Dentro del rango de presiones utilizadas no se encontró efecto significativo de la presión utilizada. Estos resultados concuerdan con aquellos obtenidos por Krzywdzińska-Bartkowiak (2005), donde las presiones utilizadas (167.5, 171.6, 159.2 y 150.9 kPa) en el inyectado de músculos de cerdo (bíceps femoris, latissimus dorsi, infraespinatus y semitendinosus) no tuvieron efecto significativo en el estudio del porcentaje de retención de salmuera.

5. CONCLUSIONES

La presión de inyectado no presentó efecto significativo sobre el porcentaje de retención del músculo.

La concentración de marinador en la salmuera inyectada no presentó efecto significativo sobre el porcentaje de retención del músculo.

No se encontró una relación entre el pH inicial y el porcentaje de retención de líquido del músculo de cerdo.

Los músculos con mayor retención de líquido significativa fueron los de la paleta, pierna y psoas mayor.

6. RECOMENDACIONES

Ampliar el rango de presiones de inyectado para futuras investigaciones del efecto de la misma sobre el porcentaje de retención final de la carne de cerdo.

Ampliar el rango de concentraciones de salmuera de marinador GELMAX I® para estudios posteriores y así lograr diferencias significativas en el análisis, tomando en cuenta los costos unitarios del producto.

Realizar un estudio bajo las mismas condiciones, parámetros y procedimientos en carne de res.

Establecer un período de tiempo estándar de purga del músculo y tomar el peso después de ese período de tiempo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ADM, Nutrition. (2006) (en línea). Consultado el 9 de agosto de 2006. Disponible en: <http://www.admworld.com/eusp/nutrition/>

Bartkowiak, M. (2005) Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. (en línea). Consultado el 22 de septiembre de 2006. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-39.html>

Cárdenas, F. (2004) Consumir carne de cerdo. (en línea). Consultado el 9 de octubre de 2006. Disponible en: <http://www.norson.net/todoacerca.php>

Dolata, W. (2005) Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. (en línea). Consultado el 22 de septiembre de 2006. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-39.html>

Krzywdzińska, M. (Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. (en línea). Consultado el 22 de septiembre de 2006. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-39.html>

Pico, E. (2003) Inyección en embutidos. PRONACA, Quito, Ecuador. 2005. 5-9.

The Daily Pork (2006). The other white meat, Pork's Revolution (en línea). Consultado el 4 de octubre de 2006. Disponible en: <http://www.theotherwhitemeat.com/>

Tyszkiewicz, S. (2005) Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. (en línea). Consultado el 22 de septiembre de 2006. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-39.html>

U.S Pork Association. "Pork Profile" (2004) (en línea). Consultado el 6 de agosto de 2006. Disponible en: <http://www.agmrc.org/agmrc/commodity/livestock/pork/porkinternationalmarketprofile.htm>

Wajdzik, J. (2005) Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. (en línea). Consultado el 22 de septiembre de 2006. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-39.html>

Anexo 1. Características Físico-Químicas GELMAX I®

Patrón de análisis aproximado.

| | |
|--|-------------------|
| Proteína bruta..... | 23.00% \pm 2.00 |
| Lípidos – máximo..... | 2.00% |
| Humedad – máximo..... | 6.00% |
| Fosfato (Concentración de P ₂ O ₅)..... | 17.00% \pm 2.00 |
| Fibras - máximo..... | 1.00% |
| Concentración de Cloretos (NaCl)..... | 10.00% \pm 1.00 |
| Solubilidad..... | Soluble |

Fuente: Ficha Técnica Gelmax I®, Bremil Ind. de productos alimenticios Ltda., Brasil, 2005.

Anexo 2. Costos de la salmuera de marinador GELMAX I®

Pierna de Cerdo
rectus femoris, vastus (3), pectineus, adductor
bíceps femoris, semitendinosus y semimembranosus

| | Variable | Unidad | X1 | X2 | X3 |
|----------------------------|----------|--------|-------|-------|-------|
| Peso Pierna | X | kg. | 20.45 | 20.45 | 20.45 |
| Concentración de marinador | Y | % | 5.00% | 6.25% | 7.50% |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--|--|--|
| Precio de marinador Gelmax I® | \$/kg. | 1.07 | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--|--|--|

| | | | | |
|--------------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Porcentaje de Inyección | % | 28.48 | 30.72 | 28.57 |
|--------------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|

| | | | | |
|---------------------------------|-----|------|------|------|
| Peso de la salmuera | kg. | 5.83 | 6.28 | 5.84 |
| Cantidad de marinador Gelmax I® | kg. | 1.02 | 1.28 | 1.53 |

| | | | | | |
|------------|---|-----|-------|-------|-------|
| Peso Final | Z | kg. | 26.28 | 26.74 | 26.30 |
|------------|---|-----|-------|-------|-------|

| | | | | |
|----------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| Precio Pierna | \$/kg. | 1.30 | 1.30 | 1.30 |
|----------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|

| | | | | |
|-------------------|----|-------|-------|-------|
| INGRESOS POR Z | \$ | 34.16 | 34.76 | 34.19 |
| EGRESOS POR (X*Y) | \$ | 1.09 | 1.37 | 1.64 |

| | | | | |
|----------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| INGRESO TOTAL | \$ | 33.07 | 33.39 | 32.55 |
|----------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|