



## Influencia de la concentración de cloruro de sodio y de extracto de corazón de piña (*Ananas comosus* – var roja trujillana) inyectados como solución en la textura (resistencia a la penetración) y capacidad de retención de agua (CRA) en carne de vacuno (*Bos taurus*)

Influence of sodium chloride concentration and pineapple's heart extract (*Ananas comosus* - Trujillo red var) injected as a solution in the texture (penetration resistance) and water holding capacity (WHC) in beef (*Bos taurus*)

**Thelmo David Montoya Terrones<sup>a,\*</sup>, Alberto Claudio Miano Pastor<sup>a,\*</sup>**

*a. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú*

Recibido 11 Mayo 2011; Aceptado 9 Junio 2011

### RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la influencia de la concentración de cloruro de sodio (0 g/L a 100 g/L) y la concentración de extracto de corazón de piña (20% a 100%) como solución inyectada, en la textura (resistencia a la penetración  $\text{kg/cm}^2$ ) y CRA en carne de vacuno (*Bos taurus*), utilizando un diseño compuesto central rotacional (DCCR), obteniendo como resultados que la concentración de cloruro de sodio afecta negativamente al ablandamiento de la carne y que mayor concentración de extracto de corazón de piña, como solución, afecta positivamente a ésta. Además se halló que con concentraciones de hasta 50 g/L, el cloruro de sodio no afecta en el ablandamiento de la carne. A partir de este valor, la carne se va endureciendo, necesitando mayor porcentaje de corazón de piña para ablandarla. También se percibió que las variables estudiadas no afectan significativamente la capacidad de retención de agua de la carne, ya que el valor de la probabilidad  $p$  fue mayor a 0,05%.

**Palabras clave:** Carne de vacuno, piña, bromelina, ablandamiento, capacidad de retención de agua.

### ABSTRACT

In the present study was evaluated the influence of sodium chloride concentration (0 g/L to 100g/L) and the concentration of pineapple heart extract (20% to 100%) as an injected solution, in the texture (resistance to penetration  $\text{kg/cm}^2$ ) and water holding capacity of beef (*Bos taurus*) using a central composite rotational design (CCRD), obtaining as results that the sodium chloride concentration affects negatively the softening of the beef and that the more concentration pineapple heart extract concentration, softer the meat is. Also, it was found that sodium chloride concentrations up to 50g/L, has no effect on the softening of the beef, since this value, the meat is going hard, needing a higher percentage of pineapple heart extract to soften. Also it was perceived that the variables do not significantly affect the water holding capacity of meat, since the value of the probability  $p$  was greater than 0.05%.

**Keywords:** Beef, pineapple, bromelain, softening, water-holding capacity.

### 1. Introducción

Hace 40 años que se comenzaron a estudiar a las enzimas en forma dirigida

y científica. Por un lado, las enzimas extraídas de vegetales como la bromelina y la papaína; por otro lado,

las enzimas extraídas de animales mamíferos, tales como la tripsina, la quimotripsina y la pancreatina que tienen un efecto proteolítico sobre el sistema muscular (Solórzano, 2000).

Según Schwimmer (1998), las enzimas más usadas en el ablandamiento de la carne son papaína y bromelina derivadas de la fruta de la papaya y de la piña, respectivamente. Además se han usado, para el ablandamiento de la carne, enzimas obtenidas del *Bacillus subtilis*, del *Aspergillus oryzae*, e incluso pancreatina derivada del páncreas (típicamente del cerdo).

Las enzimas procedentes de bacterias y de hongos afectan únicamente a la proteína actomiosina en la carne, pero no degradan el colágeno ni la elastina. Sin embargo, las enzimas de origen vegetal tienen efecto tanto sobre la actomiosina como sobre las proteínas del tejido conjuntivo (colágeno y elastina). Estas necesitan acompañarse de un tratamiento térmico después de su adición, para ejercer su actividad. El colágeno es reducido a moléculas solubles que contienen hidroxiprolina. El efecto sobre la elastina se debe a que en estos preparados enzimáticos existe la enzima elastasa (Solórzano, 2000).

La piña ha sido usada como una planta medicinal en varias culturas nativas y la bromelina se conoce químicamente desde 1876. La bromelina fue introducida por primera vez como un compuesto terapéutico en 1957. Se encontró en altas concentraciones en la piña y puesto que la bromelina se deriva de una fuente natural, exhibe gran variabilidad en su actividad fisiológica, aún cuando su actividad proteolítica sea la misma. La bromelina no es estable al calor, por tanto su actividad fisiológica puede ser afectada por un procesamiento inadecuado o por las condiciones de almacenamiento (Solórzano, 2000).

Actualmente se experimenta sistemáticamente con enzimas de plantas, bacterias y hongos como forma idónea de proceder al ablandamiento artificial de la carne. Para ello, tienen gran importancia las enzimas proteolíticas vegetales: papaína, bromelina y ficina. La papaína es extraída de la papaya, la bromelina procede de la piña y la ficina del jugo lechoso del ficus (Martín, 1999).

La carne vacuna es la tercera carne más consumida después del pollo y pescado, por la población peruana. El problema es que la calidad de la carne no siempre es buena en cuanto a la textura, siendo la mayoría de las partes de la carcasa duras y muy pocas de textura suave como el lomo fino.

Por otro lado, hoy en día, existen métodos artificiales para ablandar la carne y volverla más agradables al consumidor. Esto se logra empleando enzimas procedentes de algunas bacterias y hongos como las hidrolasas; pero estas enzimas no pueden ser fácilmente obtenidas. Es por ello que el presente trabajo de investigación busca una forma de ablandar la carne de manera viable para las personas usando sustancias naturales, tal es el caso de las enzimas de algunos vegetales como la bromelina de la piña, papaína de la papaya, etc.

La piña es una fruta de la cual se aprovecha mayormente la pulpa en jugos, néctares, frutas en almíbar, etc., pero la cáscara y en especial el corazón son eliminados sin darle ningún valor adicional. El corazón de la piña es la parte que contiene la mayor concentración de bromelina que podría ser empleado para el ablandamiento de las carnes, y así aprovechar esa parte que es considerada como desperdicio biológico de muchas empresas.

Esta investigación se realizó con el fin de conocer:

¿Cómo influye la concentración de cloruro de sodio (0 g/L a 100 g/L) y la concentración de extracto de corazón de piña inyectados (20% a 100%) como solución en la textura (resistencia a la penetración) de carne de vacuno (*Bos taurus*)?

Teniendo como objetivo general:

Encontrar la influencia de la concentración de cloruro de sodio (0 g/L a 100 g/L) y la concentración de extracto de corazón de piña (20% a 100%) como solución, en combinado, en la textura (resistencia a la penetración  $\text{kg/cm}^2$ ) y CRA de carne de vacuno (*Bos taurus*).

Y objetivos específicos:

Evaluar la influencia individual de la concentración de cloruro de sodio (0 g/L a 100 g/L) en la textura (resistencia a la penetración  $\text{kg/cm}^2$ ) y CRA de carne de vacuno (*Bos taurus*).

Evaluar la influencia individual de la concentración de extracto de corazón de piña (20% a 100%) como solución en la textura (resistencia a la penetración  $\text{kg/cm}^2$ ) y CRA de carne de vacuno (*Bos taurus*).

Encontrar la mejor concentración de cloruro de sodio y de pulpa de piña para obtener una carne con la misma textura (resistencia a la penetración  $\text{kg/cm}^2$ ) que una carne de alta calidad (lomo fino de vacuno).

## 2. Materiales y métodos

### Ablandamiento de la carne de vacuno

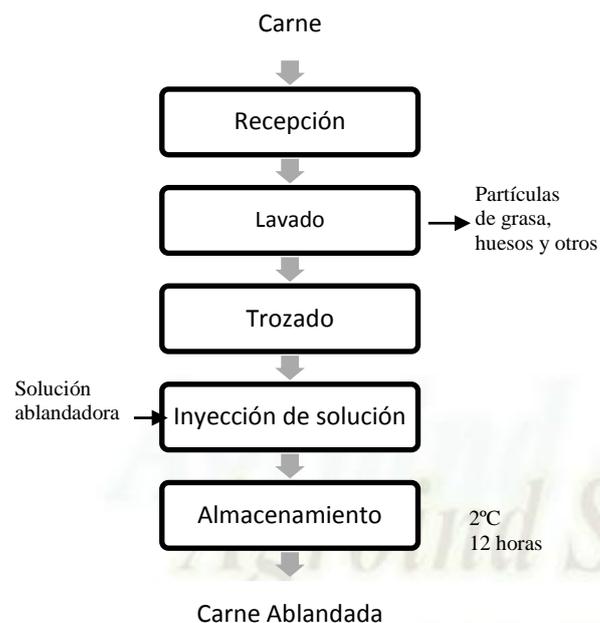
**Recepción:** Se recibió la carne de vacuno proveniente de una carnicería que garantizó la buena calidad del producto.

**Lavado:** Se lavó la carne con el fin de remover ciertas partículas como trozos de grasa, huesos, otros.

**Trozado:** La carne se cortó en 11 trozos de un mismo peso (50 g).

**Inyección de solución:** A cada muestra se le inyectó 3% del peso del trozo de carne de la solución preparada (extracto de corazón de piña y cloruro de sodio en agua destilada) de la forma más uniforme posible.

**Almacenamiento:** Las muestras fueron almacenadas en refrigeración ( $2^\circ\text{C}$ ) por 12 horas.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de ablandamiento de carne de vacuno con solución ablandadora.

### Preparación de la solución ablandadora

**Recepción:** La piña de la variedad roja trujillana se adquirió de un mercado de abastos local.

**Selección:** Se seleccionaron las piñas exentas de signos de contaminación y/o magulladuras.

**Lavado y desinfección:** Se lavaron las piñas con el fin de remover partículas de polvo, hojas, tallos, etc. Luego se desinfectaron por inmersión en una solución con 100 ppm de hipoclorito de sodio.

**Pelado:** Se removió la cáscara de la piña mediante pelado normal, utilizando cuchillos con el fin de dejar la pulpa libre.

**Descorazonado:** Se separó la pulpa hasta dejar libre el corazón para el proceso posterior.

**Licuada:** El corazón de la piña se trozó y licuó con el propósito de obtener el extracto del corazón de la piña.

**Filtrado:** Se filtró el extracto para quedar con la parte líquida y facilitar la elaboración de la solución ablandadora.

**Mezclado:** El jugo filtrado del corazón de la piña se diluyó con agua destilada de acuerdo a la concentración del tratamiento y se adicionó la cantidad de cloruro de sodio establecida para cada muestra.

### Caracterización del extracto de corazón de piña

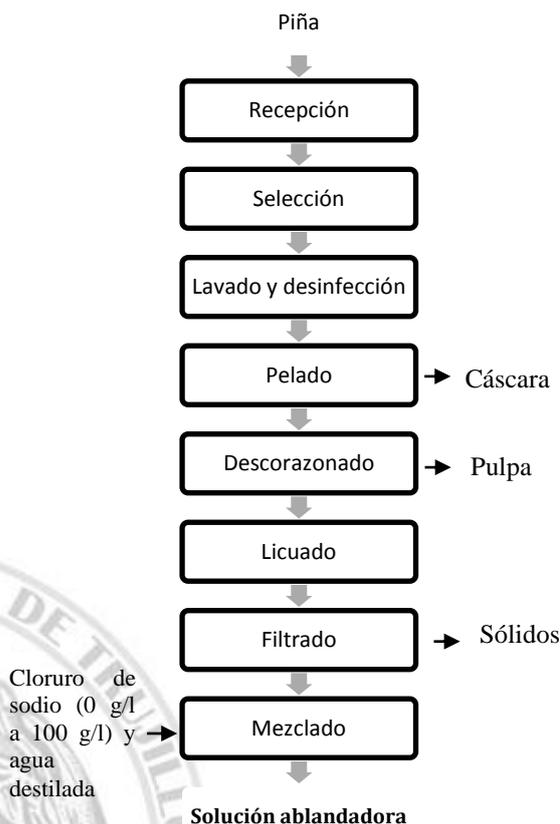
**Determinación de pH:** El pH se midió introduciendo el pH-metro en 30 g de la extracto de corazón de piña colocada en un vaso de precipitados.

**Medición de sólidos solubles:** Se colocó una gota de extracto de corazón de piña en el refractómetro digital.

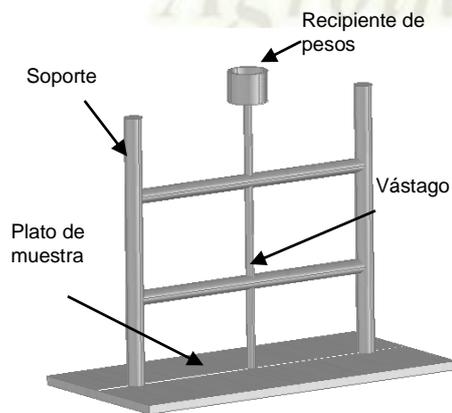
### Caracterización de la carne de vacuno

**Determinación de humedad:** Se colocó 3 pequeños trozos de carne previamente pesados en una placa Petri y se introdujeron en la estufa a 105°C por 4 horas. Luego se calculó la humedad de cada muestra y se sacó promedio. Esto se realizó antes de la experimentación para caracterizar la materia prima adquirida. (AOAC: 925.10, 1990)

$$\%H = \frac{(\text{peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca}) \times 100}{\text{peso muestra húmeda}} \dots(1)$$



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la solución ablandadora



**Figura 3.** Texturómetro de penetración que se empleará en la experimentación

**Determinación de textura (resistencia a la penetración):** Para la medida de la resistencia a la penetración se empleó un texturómetro con el vástago correspondiente. La carne se colocó en la base del equipo, y luego se ubicó el vástago encima de ella. A continuación se agregó diferentes pesos (arena fina)

en aumento encima del vástago hasta que éste penetró la carne. El peso final fue el valor mínimo necesario para que la carne sea penetrada. Este valor puede ser expresado en unidades de presión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA): Para la determinación de la CRA, se colocó 5 gramos de cada muestra en un tubo de ensayo, luego se le agregó 10 mL de NaCl 6M y se dejó reposar en baño de hielo por 15 minutos. A continuación, el tubo fue centrifugado por 15 minutos y se vertió el exudado en una probeta de 10 mL. Finalmente se midió el volumen del exudado y se calculó el CRA usando la siguiente fórmula:

$$\text{CRA} \left( \frac{\text{mL retenidos}}{100 \text{ g carne}} \right) = \frac{10 \text{ mL} - \text{volumen exudado (mL)}}{5 \text{ g carne}} * 100 \dots (2)$$

Este procedimiento se realizó por triplicado tanto a la carne sin tratamiento (inicial) como a las que han pasado por el tratamiento.

### Obtención de la mejor textura

Para saber cuál es la mejor textura para la aceptación del consumidor, se comparó los valores obtenidos de resistencia a la penetración de cada muestra con la que tiene la parte del lomo fino del vacuno.

### Diseño Estadístico

El diseño estadístico utilizado es el Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) de segundo orden con resultados en Superficie de Respuesta. Se realizó un planeamiento factorial completo  $2^k$ , incluido 2.k puntos axiales y cuatro puntos centrales (en este caso  $k=2$  por ser dos variables independientes) totalizando 12 tratamientos.

En la tabla 1 se muestran los niveles de las variables independientes, tiempo y temperatura.

**Tabla 1.** Niveles de los factores estudiados.

Variables	Niveles				
	-1,4142	-1	0	1	1,4142
X1	0	14,64	50	85,36	100
X2	20	31,72	60	88,28	100

### Análisis estadístico

Los datos de las variables respuestas (rendimiento y poder calórico) se analizaron estadísticamente, los análisis realizados fueron:

- Coeficientes de regresión del modelo

$$Y \approx \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2$$

**Donde:**  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  = Coeficientes de regresión

**Y<sub>1</sub>:** Rendimiento **Y<sub>2</sub>:** Poder calórico

- Análisis de varianza para el modelo
- Superficies de respuesta

## 3. Resultados y discusión

### Caracterización de la materia prima

En la tabla 2 se aprecia que el contenido de humedad, de la carne empleada, fue de 73,18%. Maher et al., (2005) encontraron un contenido de humedad en el músculo de vacuno de 73,97%; lo cual indica que se trabajó cerca a las condiciones medias de humedad.

**Tabla 2.** Caracterización de la carne de vacuno empleada

Característica	Valores	
<b>Humedad</b>	73,18	%
<b>Resistencia penetración</b>	32,853	$\text{kg}/\text{cm}^2$
<b>CRA</b>	10,25	$\text{mL agua} / 100 \text{ g carne}$

Luego se obtuvo la capacidad de retención de agua y la resistencia a la penetración de la carne inicial para luego compararlas con la carne después de cada tratamiento.

En la tabla 3 se muestran las características que presentaba el extracto de corazón de piña empleado.

**Tabla 3.** Caracterización del extracto de corazón de piña.

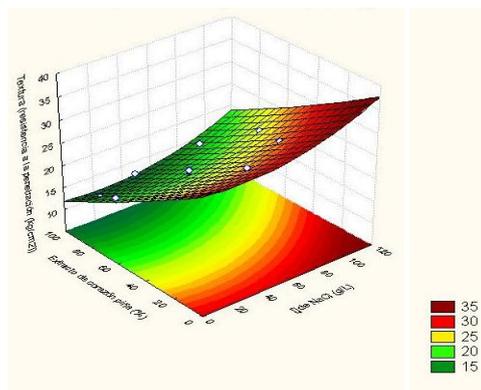
Característica	Valores
pH	3,48
°Brix	8,9

**Ablandamiento de la carne**

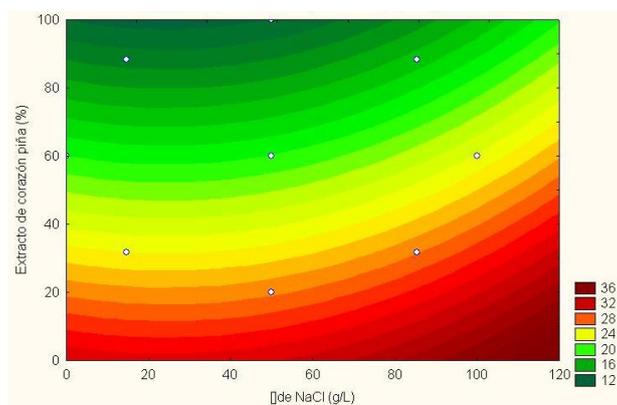
Luego de haber realizado los 12 tratamientos se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados obtenidos de los 12 tratamientos

Ensayo	Extracto de Corazón Piña (%)		Textura (kg/cm <sup>2</sup> )		CRA (mL agua/100 g carne)	
	X1	X2	Y1	Y2		
1	14,64	31,72	23,144	13,333		
2	85,36	31,72	26,932	6,667		
3	14,64	88,28	13,057	11,111		
4	85,36	88,28	16,847	2,222		
5	0	60	19,900	0,000		
6	100	60	22,767	6,667		
7	50	20	27,292	4,444		
8	50	100	12,061	13,333		
9	50	60	18,278	4,444		
10	50	60	20,117	4,444		
11	50	60	18,052	2,222		
12	50	60	19,817	4,444		



**Figura 4.** Superficie de respuesta para la resistencia a la penetración de la carne



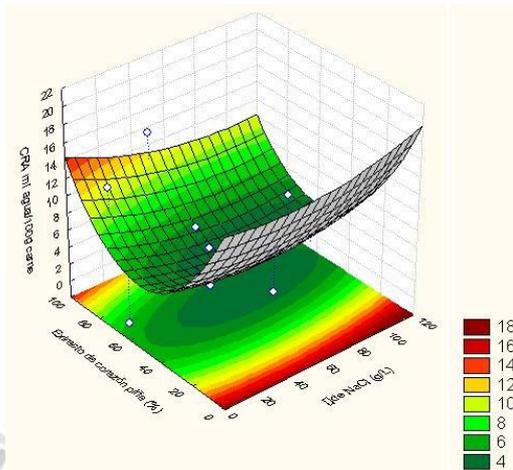
**Figura 5.** Superficie de contornos para la resistencia a la penetración de la carne.

La figura 4 y 5 muestran que a mayor porcentaje de extracto de corazón de piña existe un mayor ablandamiento. Además, se aprecia que la concentración de cloruro de sodio afecta inversamente al ablandamiento. Cabe indicar, que en el ablandamiento con corazón de piña conviene la presencia de cloruro de sodio, debido a que la pulpa de la piña es dulce, y la carne mayormente es consumida con cloruro de sodio. Para ello se podrían tomar concentraciones de cloruro de sodio de hasta 50 g/L, ya que en esa zona no afecta mucho en el ablandamiento.

Para obtener una carne de mayor calidad, como el lomo fino el cual tiene una resistencia a la penetración

promedio de 13 kg/cm<sup>2</sup>, tendríamos que realizar tratamientos con 100% de extracto de corazón de piña y de 0 a 50 g/L de cloruro de sodio.

En la figura 6 y 7 se muestran las superficies de respuesta y de contornos respectivamente para la capacidad de retención de agua, en las cuales se aprecia la curva característica del pH frente a la CRA. López et al. (2001) establece que a pH 5, punto isoelectrico de la mayoría de las proteínas cárnica, no existen en ellas cargas eléctricas netas y no hay, por tanto, atracción por las moléculas de agua (polares), ni repulsión entre las moléculas de proteínas entre sí. A medida que se aumenta el pH por un lado, aumenta la carga y la atracción dipolo dipolo, y, por otro lado, hay repulsión entre las moléculas de proteínas cargadas de igual signo, aumentando el tamaño de la zona H.

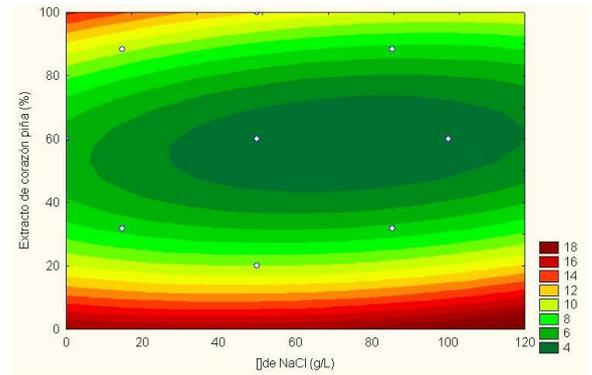


**Figura 6.** Superficie de respuesta para la capacidad de retención de agua

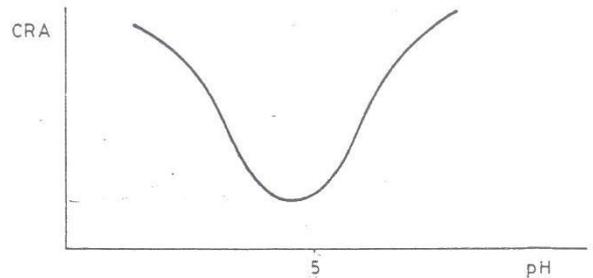
Igualmente se comporta al disminuir de pH. Luego la mínima CRA coincide con el pH 5, aumentando a medida que se aleja del mismo (figura 8).

Debido a que el pH del extracto de corazón de piña fue de 3,48, al ser inyectado en la carne, bajo el pH de esta. A mayor concentración de extracto

de corazón de piña, menor fue el pH, ocasionando la formación de la figura 8.



**Figura 7.** Superficie de contornos para la capacidad de retención de agua



**Figura 8.** Influencia del pH sobre la CRA de la carne

La tabla 5 muestra los coeficientes del modelo tanto para resistencia a la penetración y CRA. Se aprecia que para la resistencia a la penetración, sólo se consideran los coeficientes de la concentración de cloruro de sodio cuadrático y extracto de piña lineal, al igual que el intercepto por tener un valor p menor a 0,05. Para la CRA, no se tomaría ningún coeficiente ya que no son significativos. En la tabla 6 se muestran los análisis de varianza para ambos modelos, los cuales nos indican que sólo el modelo de la resistencia a la penetración es significativo por tener un valor F calculado mayor al tabulado.

**Tabla 5.** Coeficientes de regresión para los modelos de ambas variables dependientes.

	Resistencia a la penetración (kg/cm <sup>2</sup> )		CRA (mL agua/100g carne)	
	C. de regresión	P	C. de regresión	P
Intercepto	30.884	0.00	17.296	0.207
Concentración de NaCl (g/L) (L)	-0.039	0.39	-0.032	0.887
Concentración de NaCl (g/L) (C)	8.050E-04	0.03	0.0004	0.787
Extracto de corazón de piña (%) (L)	-0.211	0.01	-0.446	0.220
Extracto de corazón de piña (%) (C)	2.223E-04	0.65	0.004	0.141
1L por 2L	5.208E-07	0.99	-0.0005	0.830

**Tabla 6.** Análisis de varianza para el modelo de ambas variables dependientes.

F.V.	SC	gl	CM	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>
<b>Resistencia a la penetración (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
Regresión	241.07	5	48.214	51.4	4.4
Residuos	5.621	6	0.936		
Total	246.50	11			
<b>CRA (mL agua/100g carne)</b>					
Regresión	83.372	5	16.674	0.67	4.4
Residuos	148.98	6	24.829		
Total	230.45	11			

El modelo para la resistencia a la penetración sería:

$$RP = 30,88474 + 8,050 \times 10^{-04} CNaCl_2 - 0,21105 ECP$$

Donde: **RP** es resistencia a la penetración en kg/cm<sup>2</sup>, **CNaCl** es concentración de cloruro de sodio en g/L, **ECP** es extracto de corazón de piña en %.

El cual cuenta con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> de 0,9369, el cual nos indica que las variables concentración de cloruro de sodio y extracto de corazón de piña, explican en un 93,69% la resistencia a la penetración de la carne. Esto nos dice, que el modelo

puede ser aplicado para investigaciones futuras.

Por otro lado, el modelo de la CRA, presenta un R<sup>2</sup> de 0,3536, el cual nos indica que las variables estudiadas explican el 35,36% la CRA. Esto quiere decir, que el modelo no sirve para la predicción de las variables dependientes, ya que no hay diferencia significativa entre tratamientos para la CRA.

#### 4. Conclusiones

Se encontró que la concentración de cloruro de sodio afecta negativamente al ablandamiento de la carne y que la concentración de extracto de corazón de piña como solución la afecta en forma positiva.

Hasta concentraciones de 50 g/L, el cloruro de sodio no afecta en el ablandamiento de la carne.

Para obtener carnes de calidad parecida a la parte del lomo fino de la res, se debe tratar a la carne con 100% de corazón de piña y de 0 a 50 g/L de cloruro de sodio.

#### Referencias

- López, G., Carballo, B., Madrid, A. 2001. Tecnología de carnes y de productos cárnicos. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.
- Maher, S., Mullen, M., Keane, D., Buckley, J. y Moloney, A. 2004. Decreasing variation in the eating quality of beef through homogenous pre and postslaughter management. Meat Science 67:33- 43.
- Martín, J. 1999. Uso y aplicación de enzimas vegetales. Consultado en Abril, 1, 2010 en <http://personal.redestb.es/martin/pfito.htm>

Schwimmer, S. 1998. Fuente de la enzimología del alimento. Enzimología aplicada. Editorial Longman. Chicago: Estados Unidos

Solórzano, J. 2000. Uso y aplicación de enzimas vegetales. Consultado en Abril, 1, 2010 en <http://jesus.Solórzano,.com/naturismo/bromelina.htm>.

*Agroind Sci*  
*Agroind Sci*  
AGROINDUSTRIAL

