



CYTAL-ALACCTA 2019

Buenos Aires, 20 – 22 noviembre 2019

---

## **EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE SALES Y PAPAÍNA Y EL TRATAMIENTO DE COCCIÓN-PASTEURIZACIÓN *SOUS VIDE* SOBRE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS, CROMÁTICOS Y DE TEXTURA DE MÚSCULO *Superficial pectoralis* BOVINO**

P. Perdomo<sup>1</sup>, P. Ormando<sup>2</sup>, A. M. Sancho<sup>2</sup>, S. Vaudagna<sup>2,3</sup>, V. Gelvez<sup>1</sup>,  
N. Szerman<sup>2,3</sup>

1. *Universidad de Pamplona, Grupo de investigación INNOVA, Colombia.*

2. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto Tecnología de Alimentos, Argentina*

3. *CONICET, Argentina*

*E-mail: [szerman.natalia@inta.gob.ar](mailto:szerman.natalia@inta.gob.ar)*

### RESUMEN

La terneza es considerada por los consumidores como uno de los atributos más importantes en el momento de la compra. Sin embargo, la falta de uniformidad, debido a factores intrínsecos (características zootécnicas y anatómicas del animal, edad, manejo, alimentación) y extrínsecos (madurado, método de cocción), es un problema prioritario en la industria cárnica. Para su mejora se pueden emplear diversos métodos mecánicos, químicos, físicos y/o enzimáticos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la incorporación de sales y papaína y el tratamiento de cocción-pasteurización *sous vide* sobre los parámetros tecnológicos, cromáticos y de textura de músculo *Superficial pectoralis* bovino. Se utilizó un diseño factorial (2x3x2) completamente aleatorizado, siendo los factores estudiados: incorporación de KCl/NaCl (0 y 1%p/p), incorporación de papaína (0; 0,001 y 0,002g/100g carne inyectada) y tratamientos térmicos equivalentes para lograr 6D reducciones de *L. monocytogenes* (65°C-9min y 70°C-2min). De acuerdo con el diseño experimental, las muestras (100x30x20mm) se marinaron en una salmuera de KCl/NaCl 3%(p/p) durante 2h a 4°C; posteriormente, se inyectaron al 5%p/p con una dispersión de papaína (P3375-25G, Sigma; 0,02 y 0,04%p/p para alcanzar una concentración final de 0,001 y 0,002g/100g carne inyectada. Luego, las muestras se envasaron al vacío en bolsas *cook-in*, trataron térmicamente (autoclave Steriflow Barriquand mod. Microflow, Francia), y refrigeraron a 2°C hasta su análisis.

Las muestras con sales y papaína tratadas a 70°C-2min presentaron los valores de ΔpH significativamente (p<0,05) más altos. Los valores de pérdida de peso por cocción significativamente (p<0,05) superiores se obtuvieron en las muestras con papaína, con o sin adición de sales, sometidas al tratamiento a 70°C-2min; mientras que los menores se obtuvieron en las muestras sin adición de papaína, independientemente de la adición de sales o del tratamiento de cocción aplicado. Los valores de rendimiento total fueron significativamente (p<0,05) superiores en las muestras con sales y papaína (0 y 0,001%p/p) tratadas a 65°C-9min. El parámetro L\* presentó valores más altos en las

muestras adicionadas con sales y papaína, independientemente del tratamiento térmico aplicado. El parámetro  $a^*$  no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) respecto a la adición de sales y/o papaína y los tratamientos de cocción. Las muestras adicionadas con sales tuvieron valores significativamente ( $p < 0,05$ ) mayores para el parámetro  $b^*$  que las que no fueron adicionadas. En relación a los parámetros de textura, las muestras con papaína (0,001 y 0,002%p/p), con o sin adición de sales, tratadas a 65°C-9min presentaron los menores valores de resistencia al corte, dureza y masticabilidad. En general, la elasticidad y la cohesividad presentaron valores más elevados en las muestras sin papaína, independientemente de la adición de sales y del tratamiento térmico. El tratamiento que presentó los valores de los parámetros más adecuados a los esperados (mayor rendimiento total y menores valores de resistencia al corte, dureza y masticabilidad) fue el que combinó la incorporación de KCl/NaCl 1%, papaína 0,001%p/p y cocción *sous vide* 65°C-9min. Este resultado se obtuvo del perfil conjunto de todas las variables observado mediante un análisis de componentes principales.

**Palabras clave:** *sous vide*, papaína, sales, textura, carne vacuna.

## 1. Introducción

La terneza es considerada por los consumidores como uno de los atributos más importantes en el momento de la compra. Sin embargo, la falta de uniformidad, debido a factores intrínsecos (características zootécnicas y anatómicas del animal, edad, manejo, alimentación) y extrínsecos (madurado, método de cocción), es un problema prioritario en la industria cárnica. Para su mejora se pueden emplear diversos métodos mecánicos, químicos, físicos y/o enzimáticos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de sales y papaína y el tratamiento de cocción-pasteurización *sous vide* sobre los parámetros tecnológicos, cromáticos y de textura de músculo *Superficial pectoralis* bovino.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materia prima

Para realizar este ensayo se utilizaron músculos *Superficial pectoralis* bovino (48 h post-faena). Luego de retirarles la grasa superficial, se envasaron al vacío en bolsas (Cryovac BB2800CB) y almacenaron (2,0±1,0°C) hasta su procesamiento. La salmuera de marinado se preparó utilizando una mezcla de cloruro de potasio y de sodio comercial (KCl/NaCl 66:33; Celusal light, Argentina). La enzima proteolítica que se utilizó fue papaína (*papaya latex*, P3375-25G, Sigma).

## 2.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial de 2x3x2 (Tabla 1). Los factores estudiados fueron: adición de KCl/NaCl [0 y 1% (p/p)] y de papaína [0; 0,001 y 0,002% (p/p)] y los tratamientos de cocción-pasteurización *sous vide* (65°C-9 min y 70°C-2min). El ensayo completo se realizó por duplicado.

**Tabla 1.** Diseño factorial (2x3x2) para el estudio de la adición de sales y papaína y el tratamiento de cocción-pasteurización.

<b>Factores</b>		<b>Tratamiento de cocción-pasteurización <i>sous vide</i></b>					
		65 °C - 9 min			70 °C - 2 min		
		<b>Concentración de papaína % (p/p)</b>			<b>Concentración de papaína % (p/p)</b>		
		0	0,001	0,002	0	0,001	0,002
<b>KCl/NaCl % (p/p)</b>	0	$Y_{111n}$	$Y_{112n}$	$Y_{113n}$	$Y_{121n}$	$Y_{122n}$	$Y_{123n}$
	1	$Y_{211n}$	$Y_{212n}$	$Y_{213n}$	$Y_{221n}$	$Y_{222n}$	$Y_{223n}$

$Y_{ijkn}$ : corresponde al valor medio de las muestras para cada variable respuesta, donde i: 1, 2 (0, 1% p/p); j: 1, 2, 3 (0; 0,001 y 0,002% p/p); k: (65°C-9 min; 70°C-2 min) y n: número de replicado (1, 2).

## 2.3. Preparación de las muestras

Las piezas de carne se cortaron en forma de paralelepípedos (100x30x20 mm), con dirección de la fibra perpendicular a la superficie de corte, y se pesaron (Vibra mod. AJ-4200E, Japón). Las muestras asignadas al tratamiento de marinado se colocaron en bandejas plásticas conteniendo una salmuera de KCl/NaCl (2:1) al 3%(p/p). La relación carne:salmuera fue de 1:3. Las bandejas se colocaron a 2,0±1,0°C durante 2 h. Posteriormente, las muestras se retiraron de la salmuera, y se secaron con papel. La concentración final en las muestras fue de aproximadamente 1% (p/p). Las muestras no marinadas (KCl/NaCl 0%) se mantuvieron refrigeradas a 2,0±1,0°C hasta su posterior procesamiento. Luego, las muestras correspondientes fueron inyectadas al 5% (p/p) con una dispersión de papaína utilizando una jeringa. Las muestras a las cuales no se les inyectó la dispersión de papaína se mantuvieron refrigeradas. A continuación todas las muestras se envasaron al vacío en bolsas *cook-in* y almacenaron a 2,0±1,0°C.

## 2.4. Cocción *sous vide*

Las muestras fueron cocidas en un autoclave con ducha de agua (Steriflow Barriquand mod. Microflow, Francia) por lotes con las combinaciones de temperatura-tiempo establecidas por el diseño experimental. En cada lote se registraron las curvas de penetración de calor de 5 muestras utilizando termopares flexibles tipo T colocados en el punto de mínimo tratamiento a través de dispositivos stuffing-box (Ecklund-Harrison

Technologies mod C-5.2, Inc., USA). Además, se registró la evolución de la temperatura en el interior de la cámara del autoclave. Los datos se registraron con un multímetro digital (Fluke Hydra 2625A, Everett, USA) y se almacenaron en el disco rígido de una PC conectada mediante una placa RS232. Las lecturas de las temperaturas fueron tomadas a intervalos de 30 s y la precisión de la medición fue de 0,1°C.

### **2.5. Determinación de pH**

Se midió el pH en las muestras antes de su procesamiento y después del tratamiento de cocción-pasteurización utilizando un pH-metro portátil con electrodo de punción (TESTO mod. 230, Argentina). La variación del pH ( $\Delta\text{pH}$ ) se calculó como la diferencia entre los valores de pH cocido y pH crudo.

### **2.6. Pérdidas de peso por cocción y rendimiento total**

El porcentaje de pérdida de peso por cocción se calculó como:  $\text{PPC} = (m_1 - m_2) * 100 / m_c$ ; siendo  $m_1$  el peso de la muestra antes de la cocción y  $m_2$  el peso de la muestra cocida y  $m_c$  el peso de la muestra cruda. El rendimiento total se calculó como:  $\text{RT} = m_1 * 100 / m_c$ , siendo  $m_1$  el peso de la muestra cocida y  $m_c$  el de la muestra cruda.

### **2.7. Humedad expresable**

Las muestras cocidas se cortaron en cubos de aprox.  $1,5 \pm 0,2$  g y se colocaron en tubos de centrífuga de 50 ml, conteniendo un capirote, formado por papel de filtro Munktell 1003 (retención de partícula: 6 mm) rodeado con un segundo papel de filtro Munktell 1F (retención de partícula: 3mm). Luego, las muestras se centrifugaron a 4800g por 20 min a 4°C (Hermle, mod. Z383K). La humedad expresable se calculó como:  $\text{HE} = (m_1 - m_2) * 100 / m_1$ , siendo  $m_1$  y  $m_2$  los pesos de las muestras antes y después de la centrifugación, respectivamente.

### **2.8. Parámetros cromáticos**

Los parámetros cromáticos se midieron utilizando un colorímetro Minolta portátil (mod. CR400), con un iluminante D65 y un ángulo de observador de 2°. Los parámetros se midieron en el sistema CIELab obteniéndose los valores de  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (amarillo/azul). Cada parámetro de color fue medido en el centro interno de cada pieza, obtenida de las muestras cortadas en piezas de 2 cm de espesor.

### **2.9. Parámetros relacionados con la textura**

Las mediciones de resistencia al corte (RC) se realizaron sobre 6 tarugos (2,0 cm altura; 1,27 cm de diámetro) obtenidos de las muestras cocidas. La preparación y el acondicionamiento refrigerado de las muestras y el procedimiento de medición se

realizaron siguiendo las pautas generales establecidas por AMSA (1995). Se utilizó una celda de Warner-Bratzler con cuchilla triangular, acoplada a un analizador de textura Stable Micro Systems modelo TA.XTplus.

Las mediciones del perfil de textura se realizaron sobre 6 tarugos obtenidos de las muestras cocidas (1,6 cm altura; 1,27 cm de diámetro), equilibrados a 20°C. Los parámetros de textura fueron evaluados mediante una prueba de doble compresión utilizando una sonda cilíndrica (35 mm de diámetro) acoplada a un analizador de textura (Stable Micro Systems mod. TA.XTplus). Las muestras se comprimieron hasta un 70% de su altura original con una velocidad de compresión de 0,5 mm/s. Los parámetros dureza (N), elasticidad, cohesividad y masticabilidad (N) fueron calculados con el software Texture Exponent 32 (v 5.1.1.0).

### **2.10. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se aplicó un diseño factorial de tres factores (A: marinado con KCl/NaCl, B: inyección de papaína y C: tratamiento de cocción *sous vide*). Para cada uno de los parámetros se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey para las comparaciones múltiples de medias ( $p=0,05$ ). El estudio se complementó con un Análisis de Componentes Principales (APC) con el objetivo de describir el comportamiento de todas las variables dependientes evaluadas en conjunto.

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Parámetros tecnológicos**

En relación a la  $\Delta pH$ , los valores significativamente ( $p<0,05$ ) más altos se obtuvieron en las muestras adicionadas con sales y papaína tratadas a 70°C-2 min (Tabla 2). Por otra parte, los valores más bajos se observan en las muestras no adicionadas con sal tratadas a 65°C-9 min. La desnaturalización de las proteínas cárnicas que ocurre durante la cocción ocasiona un incremento del pH, siendo este proporcional a la temperatura (Ledward, 1979). La adición de sales también incrementa el valor de pH de la carne cocida (Szerman et al., 2012).

Los valores de PPC significativamente ( $p<0,05$ ) más bajos se observaron en las muestras sin adición de papaína, independientemente de la adición de sales o el tratamiento de cocción (Tabla 2). Al contrario, los valores significativamente ( $p<0,05$ ) mayores de PPC se obtuvieron para las muestras adicionadas con papaína, con o sin adición de sales, sometidas al tratamiento de 70°C-2 min.

**Tabla 2.** Valores de la variación de pH ( $\Delta$ pH), la pérdida de peso por cocción (PPC), rendimiento total (RT) y humedad expresable (HE) de músculos *Superfical pectoralis* bovino adicionadas con sales y papaína cocidas-pasteurizadas *sous vide*.

KCl/NaCl %(p/p)	Papaína %(p/p)	Tratamiento térmico	$\Delta$ pH	PPC (%)	RT (%)	HE (%)
0	0	65 °C - 9 min	0,27±0,07 <sup>e</sup>	30,2±2,4 <sup>e</sup>	69,9±2,4 <sup>bcd</sup>	25,43±3,79 <sup>ab</sup>
1	0		0,32±0,07 <sup>cde</sup>	31,0±2,0 <sup>e</sup>	72,7±2,0 <sup>ab</sup>	26,51±2,48 <sup>a</sup>
0	0,001	65 °C - 9 min	0,29±0,05 <sup>de</sup>	38,2±2,3 <sup>bcd</sup>	66,7±2,3 <sup>ef</sup>	21,48±3,26 <sup>cd</sup>
1			0,33±0,07 <sup>cde</sup>	35,4±3,3 <sup>d</sup>	72,9±3,1 <sup>a</sup>	24,17±3,43 <sup>abc</sup>
0	0,002	65 °C - 9 min	0,27±0,07 <sup>e</sup>	36,5±2,3 <sup>cd</sup>	68,5±2,2 <sup>de</sup>	23,20±3,67 <sup>abcd</sup>
1			0,36±0,04 <sup>bcd</sup>	40,3±4,4 <sup>ab</sup>	68,9±3,2 <sup>cde</sup>	23,53±3,70 <sup>abcd</sup>
0	0	70 °C - 2 min	0,31±0,08 <sup>cde</sup>	30,6±1,5 <sup>e</sup>	69,4±1,5 <sup>cde</sup>	20,94±2,06 <sup>cd</sup>
1	0		0,38±0,04 <sup>bc</sup>	32,0±1,7 <sup>e</sup>	71,5±1,4 <sup>abc</sup>	25,49±1,78 <sup>ab</sup>
0	0,001	70 °C - 2 min	0,32±0,05 <sup>cde</sup>	38,3±1,8 <sup>bcd</sup>	66,7±1,8 <sup>ef</sup>	20,83±2,08 <sup>cd</sup>
1			0,47±0,05 <sup>a</sup>	40,7±2,7 <sup>ab</sup>	68,0±2,0 <sup>def</sup>	22,15±1,91 <sup>bcd</sup>
0	0,002	70 °C - 2 min	0,38±0,03 <sup>bc</sup>	39,6±2,8 <sup>abc</sup>	65,2±2,7 <sup>f</sup>	21,31±1,24 <sup>cd</sup>
1			0,41±0,09 <sup>ab</sup>	42,0±1,8 <sup>a</sup>	66,8±1,6 <sup>ef</sup>	20,09±2,12 <sup>d</sup>
<i>p</i>			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<i>CV</i>			17,85	6,92	3,27	11,97

a-f Medias con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

En la Tabla 2 se presentan los valores de RT, donde se observa que los valores significativamente mayores ( $p < 0,05$ ) se obtuvieron para las muestras adicionadas con sal, sin papaína o con 0,001%(p/p), tratadas a 65°C-9 min. En general, la adición de sales incrementó levemente el RT; mientras que la de papaína lo disminuyó. En relación a la HE, las muestras adicionadas con las mismas concentraciones de sal y papaína tratadas a 65°C-9 min presentaron valores más altos que las tratadas a 70°C-2 min. La adición de sales incrementó la HE, mientras que la incorporación de papaína la disminuyó. La acción de las proteasas exógenas produce cambios en la estructura de las proteínas cárnicas, a mayor nivel de fragmentación de las proteínas estructurales menor capacidad de retención de agua (Istrati, Vizireanu, Dima, & Dinică, 2012). También, existe mayor movimiento de agua desde los miofilamentos hacia la región extracelular del músculo (Botinestean et al., 2018). Esto ocasiona mayores pérdidas de agua lo cual se ve reflejado en los parámetros RT y la HE.

### 3.2. Parámetros cromáticos

El parámetro L\* presentó los valores más elevados en las muestras adicionadas con sales y papaína, independientemente del tratamiento térmico aplicado. En relación al parámetro a\* no se observaron efectos significativos de la adición de sales y/o papaína, ni de los tratamientos de cocción *sous vide*. Las muestras adicionadas con sales tuvieron

valores significativamente mayores para el parámetro  $b^*$  que las que no fueron adicionadas. Además, la adición de papaína y el tratamiento térmico presentaron una interacción significativa ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 3.** Valores de los parámetros cromáticos,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  medidos en las muestras de carne bovina adicionadas con sales y papaína cocidas-pasteurizadas *sous vide*

KCl/NaCl %(p/p)	Papaína %(p/p)	Tratamiento térmico	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	0	65 °C - 9 min	55,08±1,46 <sup>d</sup>	12,41±0,84	12,77±0,66 <sup>Y ABC</sup>
1	0		56,62±1,77 <sup>bcd</sup>	12,62±1,43	12,68±0,68 <sup>Z ABC</sup>
0	0,001		58,56±2,19 <sup>ab</sup>	12,09±1,38	12,65±0,38 <sup>Y BC</sup>
1	0,001		58,90±1,91 <sup>ab</sup>	11,83±1,26	12,28±0,29 <sup>Z BC</sup>
0	0,002		58,69±1,85 <sup>ab</sup>	12,46±1,84	12,51±0,55 <sup>Y C</sup>
1	0,002		59,59±2,52 <sup>a</sup>	11,79±2,23	12,28±0,54 <sup>Z C</sup>
0	0	70 °C - 2 min	58,85±3,02 <sup>ab</sup>	12,25±1,25	12,90±0,65 <sup>Y AB</sup>
1	0		55,62±2,22 <sup>cd</sup>	12,27±1,46	12,64±0,51 <sup>Z AB</sup>
0	0,001		58,94±1,91 <sup>ab</sup>	12,08±0,53	12,41±0,35 <sup>Y BC</sup>
1	0,001		57,91±2,38 <sup>abc</sup>	11,79±1,08	12,47±0,50 <sup>Z BC</sup>
0	0,002		58,66±2,80 <sup>ab</sup>	11,63±1,51	12,81±0,37 <sup>Y A</sup>
1	0,002		59,61±2,44 <sup>a</sup>	11,59±1,25	12,85±0,35 <sup>Z A</sup>
	<i>p</i>		<0,05	0,65	0,18
	CV		3,87	11,56	3,99

*a-d* Medias con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

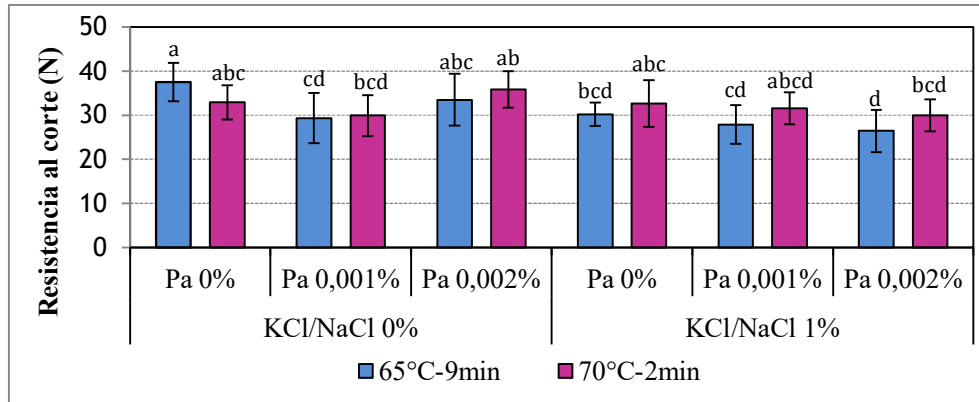
*A-C* Medias del efecto de interacción papaína por temperatura con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

*Y-Z* Medias del efecto de la adición de sales con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

### 3.3. Parámetros asociados a la textura

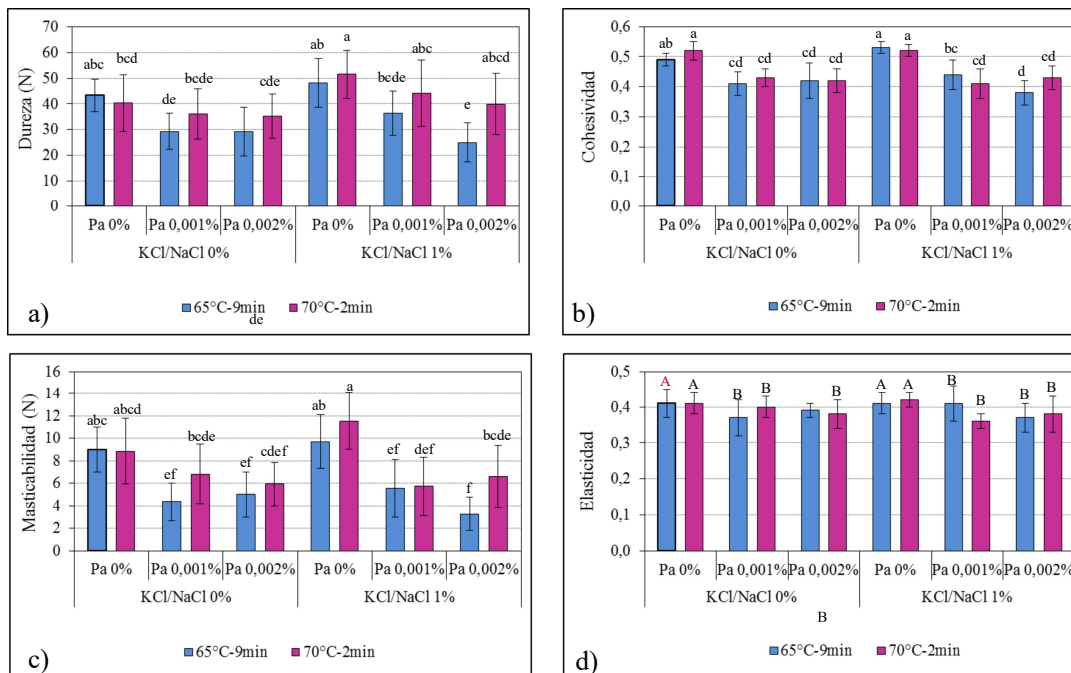
En la Figura 1 se presentan los valores de resistencia al corte (RC). En relación a este parámetro, en las muestras no adicionadas con sales los valores más bajos se obtuvieron en aquellas con 0,001% de papaína. Por otra parte, en las muestras adicionadas con sales se observa que la adición de papaína tiende a disminuir levemente los valores de RC. Además, en estas muestras los valores más bajos de RC se obtuvieron con el tratamiento de 65°C - 9 min. Varios estudios asocian el uso de papaína con una disminución en los valores de resistencia al corte (Ashie, Sorensen, & Nielsen, 2002; Sullivan & Calkins, 2010). Este resultado se atribuye a la disrupción de la microestructura del músculo y la degradación de las proteínas miofibrilares (Bhat).

El efecto de la cocción a menor temperatura puede estar relacionado con que la enzima estuvo mayor tiempo a su temperatura óptima de trabajo, pudiendo generar una mayor ruptura de las proteínas cárnicas.



**Figura 1:** Valores de resistencia al corte de muestras de músculos *Superficial pectoralis* bovino adicionadas con sales y papaína cocidas-pasteurizadas *sous vide*. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

En relación al estudio de análisis de textura, el parámetro dureza tuvo valores más bajos en las muestras tratadas a 65°C-9 min adicionadas con papaína 0,001% (sin adición de sales) o 0,002% (adicionadas o no con sales) (Figura 2.a). En general, las muestras tratadas a mayor temperatura presentaron valores más elevados para este parámetro. En cuanto al parámetro masticabilidad, se observó un comportamiento similar a la dureza (Figura 2.b).



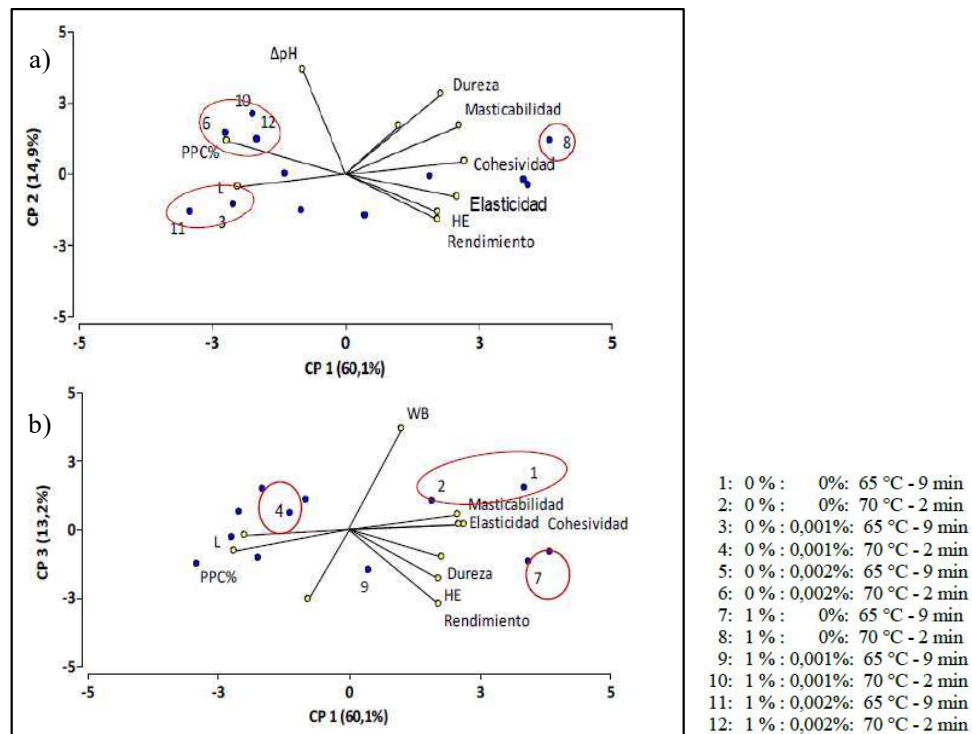
**Figura 2:** Valores de dureza, cohesividad, masticabilidad y elasticidad de las muestras de músculos *Superficial pectoralis* bovino adicionadas con sales y papaína cocidas-pasteurizadas *sous vide*. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



La cohesividad no fue afectada significativamente ( $p>0,05$ ) por el tratamiento térmico. La adición de papaína y sales disminuyeron los valores de este parámetro, no observándose diferencias significativas entre las concentraciones utilizadas. Por último, la elasticidad sol se vio afectada por la incorporación de papaína, disminuyendo los valores con respecto a las muestras no adicionadas (Figura 2.d)

### 3.4. Análisis de componentes principales

El ACP, en el cual se describe el comportamiento de todas las variables estudiadas en conjunto, permitió explicar en 3 componentes el 88% de la variabilidad total de los datos (CP1: 60%, CP2: 15% y CP3: 13%). La Figura 3.a presenta el *Bi-plot* en el cual se ubicaron los distintos tratamientos en función de las dos primeras componentes (CP1 y CP2). El CP1, que correlaciona positivamente con los parámetros de textura, HE y RT, indica que los tratamientos ubicados del lado derecho del *Bi-plot* presentaron mayores valores.



**Figura 3:** Gráficos *Bi-plot*. a) CP1 vs. CP2 b) CP1 vs. CP3

Por otra parte, CP1 correlaciona negativamente con PPC y L\*, por esa razón los tratamientos ubicados en el lado izquierdo presentaron mayores valores de estos parámetros. CP2 correlaciona positivamente con la ΔpH. El tratamiento 8,

correspondiente a las muestras adicionadas con sales tratadas a 70°C-2min, presentó los mayores valores de todas las variables y los menores valores de L\* y PPC. Por otra parte, los tratamientos 3 (muestras no adicionadas con sales tratadas a 65°C-9 min) y 11 (adicionadas con sales y papaína (0,002%) tratadas a 65°C-9 min) presentaron características similares respecto a los valores de todas las variables, (excepto el L). Por último, los tratamientos 6 (muestras no adicionadas con sales, con papaína (0,002%) tratadas a 65°C-9 min), 10 y 12 (muestras adicionadas con sales y papaína (0,001 y 0,002%) tratadas a 70°C-2min) presentaron menores valores de RT, HE, elasticidad, cohesividad y masticabilidad y mayores valores de dureza, L\*, PPC y ΔpH.

La Figura 3.b muestra el gráfico *Bi-plot*, el cual permitió ubicar a los distintos tratamientos en función del primer y tercer componente (CP1 y CP3). El CP3 correlaciona positivamente con la RC. Los tratamientos 1 y 2 (muestras no adicionadas con sales o papaína tratadas a 65°C-9 min o 70°C- 2 min) presentaron mayores valores de los parámetros de textura, RT, RC y menores valores de ΔpH y PPC. Por otro lado, el tratamiento 7 (muestras adicionadas con sales tratadas a 65°C-9 min) se destaca por presentar mayores valores de RT, HE, parámetros de textura y menores valores de PPC y L\*, así como valores bajos de RC.

En base al ACP, se puede concluir que el tratamiento 9 (muestras adicionadas con sales y papaína 0,001% tratadas a 65°C-9 min) presenta valores bajos de RC y de los parámetros de textura (asociados a muestras más tiernas) y valores adecuados de RT y HE.

#### **4. Conclusiones**

El tratamiento que presentó los valores de los parámetros más adecuados a los esperados (altos valores de RT y HE y bajos de resistencia al corte, dureza y masticabilidad) fue el que combinó la incorporación de KCl/NaCl 1%, papaína 0,001% p/p y cocción *sous vide* 65°C-9 min. Este resultado se obtuvo del perfil conjunto de todas las variables observado mediante un análisis de componentes principales.

#### **5. Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor – Proyecto Específico 1130033 “Tecnologías de Preservación de Alimentos y de Aprovechamiento de Subproductos” INTA

## 6. Referencias

- Ashie, I. N. A., Sorensen, T. L., & Nielsen, P. M. (2002). Effects of Papain and a Microbial Enzyme on Meat Proteins and Beef Tenderness. *Journal of Food Science*, 67(6), 2138-2142. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb09516.x
- Botinestean, C., Gomez, C., Nian, Y., Auty, M. A. E., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. (2018). Possibilities for developing texture-modified beef steaks suitable for older consumers using fruit-derived proteolytic enzymes. *J Texture Stud*, 49(3), 256-261. doi: 10.1111/jtxs.12305
- Istrati, D., Vizireanu, C., Dima, F., & Dinică, R. (2012). Effect of marination with proteolytic enzymes on quality of beef muscle. *Scientific Study & Research*, 13(1), 81 - 89.
- Ledward, D. A. (1979). Meat. In P. R. J. (Ed.), *Effect of heating on food-stuffs* (pp. 121-157). London: Applied Science Publishers.
- Sullivan, G. A., & Calkins, C. R. (2010). Application of exogenous enzymes to beef muscle of high and low-connective tissue. *Meat Science*, 85(4), 730-734. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.033>
- Szerman, N., Gonzalez, C. B., Sancho, A. M., Grigioni, G., Carduza, F., & Vaudagna, S. R. (2012). Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles. *Meat Science*, 90(3), 701-710.