

**Medición de textura de jamón de cerdo  
Zamorano con los texturómetros Brookfield  
CT3 e Instron 4444**

**Helmut Welzsacker Delgado Canales**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Medición de textura de jamón de cerdo  
Zamorano con los texturómetros Brookfield  
CT3 e Instron 4444**

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

Presentado por

**Helmut Welzsacker Delgado Canales**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2013

# **Medición de textura de jamón de cerdo Zamorano con los texturómetros Brookfield CT3 e Instron 4444**

Presentado por:

Helmut Welzsacker Delgado Canales

Aprobado:

---

Francisco Javier Bueso, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Adela María Acosta, Dra. C.T.A.  
Asesora

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Flor de María Núñez, M.Sc.  
Asesora

## Medición de textura de jamón de cerdo Zamorano con los texturómetros Brookfield CT3 e Instron 4444

Helmut Welzsacker Delgado Canales

**Resumen:** El jamón de cerdo Zamorano no posee un método preciso y específico para su análisis textural. El objetivo de este estudio fue comparar la precisión de dos texturómetros en el jamón en fuerza (N) y trabajo (J) bajo esfuerzo de corte (100%) y compresión (30%). Los texturómetros utilizados fueron el Brookfield CT3 e Instron 4444, las dimensiones de los bloques de jamón fueron 20 × 20 × 20 mm, se utilizaron los acoples de corte por cizalla (Warner Bratzler) y los yunques de compresión con velocidades de 5 mm/s y 10 mm/s. El arreglo factorial evaluado fue 2 (texturómetros) × 2 (acoples) × 2 (velocidades) con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar evaluando ocho tratamientos y cinco repeticiones. Se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en fuerza de compresión entre el Instron (61.2 N) y el Brookfield (41.5 N). También se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en fuerza de corte entre el Instron (14.1 N) y el Brookfield (22.7 N). Los coeficientes de variación del Instron (%CV=0.99-1.95) fueron similares a los del Brookfield (%CV=2.69-3.37) en corte y compresión. Las velocidades de las sondas no fueron factores influyentes en precisión. El equipo adecuado para realizar el análisis textural del jamón de cerdo Zamorano puede ser tanto el Instron como el Brookfield con el acople de compresión por su alta precisión. El Brookfield con el acople de compresión a la velocidad de 5 mm/s fue el que mejor correlación tuvo con el parámetro sensorial descriptivo de jugosidad.

**Palabras clave:** Análisis descriptivo, compresión, corte por cizalla, propiedades texturales, reología.

**Abstract:** Zamorano Pork ham has no precise and specific method for texture analysis. The objective of this study was to compare the accuracy of two texture analyzers on ham in terms of force (N) and work (J) when 100% shear and 30% compression stresses were applied. Brookfield CT3 and Instron 4444 texture analyzers were compared. Dimensions of ham blocks were 20 × 20 × 20 mm, two shear cutting couplings (Warner Bratzler) and two compression anvils at two speeds (5 and 10 mm/s) were evaluated. A 2 (texture analyzers) × 2 (links) × 2 (speed) factorial arrangement was evaluated with a randomized complete block experimental design with eight treatments and five replications. Significant differences ( $P < 0.05$ ) in compression force between the Instron 4444 (61.2 N) and Brookfield CT3 (41.5 N) were found, as well as a significant difference ( $P < 0.05$ ) in shear force between the Instron 4444 (14.1 N) and Brookfield CT3 (22.7 N). The variation coefficients of the Instron (%CV=0.99-1.95) were similar to those of the Brookfield (%CV=2.69-3.37) in cutting and compression. Probe speeds were not significant factors in the final results of strength. The adequate equipment in terms of accuracy for the textural analysis of pork ham Zamorano can be either the Instron as Brookfield with compression fitting. The Brookfield with the compression fitting to the speed of 5 mm/s had the best correlation with the sensory descriptive parameter of juiciness.

**Key words:** Compression, descriptive analysis, shearing, textural properties, rheology.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
Índice de anexos.....	vi
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>18</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Tratamientos evaluados en el análisis de textura de jamón.....	3
2. Lotes y fechas de elaboración y caducidad del jamón de cerdo Zamorano. ....	4
3. Acoples utilizados en los texturómetros para el análisis de textura del jamón de cerdo Zamorano. ....	4
4. Sesiones, temas, productos, especificaciones y horas utilizadas en el entrenamiento del panel descriptivo para jamón de cerdo.....	8
5. Resumen del ANDEVA para fuerza (N).....	10
6. Resumen del ANDEVA para precisión (% CV) de la fuerza aplicada. ....	11
7. Medias de fuerza aplicada (N) para comprimir a 30% y cortar a 100%. ....	11
8. Diferencias en los coeficientes de variación (%) en las fuerzas (N) aplicadas.	11
9. Análisis ANDEVA para trabajo aplicado para corte y compresión. ....	12
10. Análisis ANDEVA para los coeficientes de variación en el trabajo aplicado en corte y compresión. ....	12
11. Medias de trabajo aplicado (J) para comprimir a 30% y cortar a 100%. ....	13
12. Coeficientes de variación (%) en el trabajo (J) aplicado al jamón de cerdo entre equipos.....	14
13. Separación de medias de resultados del panel por descriptor de textura de jamón de cerdo Zamorano. ....	15
14. Correlación de los texturómetros con el panel sensorial capacitado.....	15

Figura	Página
1. Parámetros para el análisis de compresión del jamón de cerdo Zamorano en el texturómetro Brookfield CT3 con la sonda TA25/1000.....	5
2. Parámetros utilizados para el análisis de corte del jamón de cerdo Zamorano en el texturómetro Brookfield CT3 con la sonda TA-SBA. ....	6
3. Parámetros para el análisis de compresión en el texturómetro Instron 4444..	7
4. Parámetros para el análisis de corte en el texturómetro Instron 4444. ....	7

1. Toma de muestra del jamón de cerdo Zamorano.....	20
2. Acople Warner Bratzler TA-SBA (Brookfield CT3).....	21
3. Acople Yunque TA25/1000 -50.8 mm O/-20 mm L (Brookfield CT3).....	22
4. Acople Warner Bratzler (Instron 4444).....	23
5. Acople de Compresión Crosshead Speed Yunque 57mm O (Instron 4444).....	24
6. Panel sensorial describiendo parámetros de textura percibidos en el jamón de cerdo.....	25
7. Descriptores de textura obtenidos por el panel sensorial capacitado.....	25
8. Capacitación del uso de escalas sensoriales descriptivas.....	26
9. Alimentos de referencias utilizados en las capacitaciones.....	26
10. Panelistas realizando el análisis descriptivo de textura en jamón de cerdo Zamorano.....	27
11. Curva de compresión de jamón de cerdo Zamorano con el Brookfield CT3 con el acople TA25/1000.....	28
12. Curva de corte de jamón de cerdo Zamorano con el Brookfield CT3 con el acople TA-SBA.....	28
13. Curva de compresión de jamón de cerdo Zamorano con el Instron 4444 con el acople Crosshead Speed Yunque 57 mm O/.....	29
14. Curva de corte de jamón de cerdo Zamorano con el Instron 4444 con el acople Compression Warner Bratzler.....	29

## 1. INTRODUCCIÓN

Las variables que influyen en la calidad de los cortes de músculos son: la edad, la raza, condición sexual, el tratamiento *antemortem* y *postmortem*, el enfriamiento, el almacenamiento, el pH final del músculo, la cantidad de tejido conectivo, grasa y los métodos de cocción. Estas variables definen la aceptación del consumidor a partir de la percepción de la textura visual, táctil y bucal (Exchel 2001). La textura de un jamón reestructurado va a depender de varios factores como: el contenido de humedad, proteólisis y cantidad de tejido conectivo que posee. También intervienen factores de procesamiento como por ejemplo los métodos de enfriamiento que afectan la textura del jamón reestructurado en general (Desmond *et al.* 2000). La textura es la manifestación sensorial y funcional de la estructura, propiedades mecánicas y de la superficie de los alimentos detectada a través de los sentidos de la vista, el oído, el tacto y la cinestesia (Szczeniak 2002). La Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) define la textura de un producto alimenticio como todas las cualidades reológicas y estructurales (geométricas y de superficie) del producto perceptible por medio de receptores mecánicos, táctiles y en su caso visual y auditivo (ISO 1981).

La dureza es la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión, se refiere a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar. Es la resistencia a la penetración, donde varios procedimientos son utilizados para medir la dureza, y estos dependen del material con el que está hecho el alimento, su espesor y la carga aplicada (Demonte 1995). La medida de la dureza puede ser afectada por muchos factores tales como la temperatura, tamaño y forma cuando se realiza la medición (Demonte 1995). La fuerza que se aplica cuando cortamos un trozo de jamón con un cuchillo o cuando ejercemos presión al masticarlo con la boca está ligada a la dureza del mismo.

El jamón de cerdo es uno de los productos cárnicos cocidos más populares y consumidos a nivel mundial, factores como las características de la materia prima, tecnologías de elaboración (Válková *et al.* 2007) y las relaciones que se producen entre la composición química de la carne, proteína, agua, grasa, sal y atributos físicos propios de los productos cárnicos como la dureza, ternura, cohesión, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Qiaofen y Da-Wen 2007) tienen influencia en la calidad del jamón de cerdo.

El análisis de textura se refiere a la medición de las propiedades mecánicas de un producto alimenticio, estas propiedades son relacionadas a las propiedades sensoriales detectadas por los seres humanos. Los analizadores de textura como el Brookfield CT3 y el Instron 4444 en conjunto con sus acoples pueden realizar estas pruebas mediante la aplicación de fuerzas controladas al producto simulando las acciones de masticación y

proporcionándonos parámetros como la fuerza realizada (N), la distancia a la máxima fuerza (mm) y trabajo a la máxima fuerza (J).

El Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) cuenta con dos texturómetros que se encuentran equipados con celdas de carga con diferentes resoluciones de detección por ejemplo el Instron 4444 tiene una celda de carga de 2 kN y detecta cada 20 N mientras que el Brookfield CT3 tiene una celda de carga de 0.044 kN y detecta cada 0.5 N.

Motzer *et al.* (1998), evaluaron la calidad de jamones reestructurados y fabricados con carne de cerdo PSE y como estos eran afectados por la cantidad de agua de aglutinantes. Tomaron cuatro núcleos de 19 mm de diámetro tomados aleatoriamente, cada uno tenía 12.7 mm de grosor. La dureza se midió como la fuerza (kg) necesaria para comprimir, utilizaron un texturómetro TA-XT2 Texture Analyzer, (Texture Technologies Corp. Scarsdale, NY) dotado de célula de carga de 25 kg y una sonda de 20 mm de diámetro. Las muestras fueron comprimidas a una velocidad de cruceta de 1.7 mm/s con un grado de compresión de 75%.

Los análisis sensoriales descriptivos son las más sofisticadas herramientas en el arsenal del científico sensorial, estas técnicas permiten obtener al científico sensorial descripciones sensoriales completas de productos, también ayudan a identificar ingredientes y a determinar que atributos sensoriales son los más importantes para la aceptación del producto. El análisis descriptivo es una herramienta sensorial que mejora las habilidades de detección y descripción de los aspectos cuantitativos y cualitativos que se pueden producir (Meilgaard *et al.* 2007).

El estudio de la correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales de los alimentos es utilizado para investigar la relación que existe entre ambos tipos de medidas, así como comprender qué es percibido exactamente por los catadores en los estudios sensoriales (Paoletti *et al.* 1993). Según (Ruiz *et al.* 2005) los parámetros texturales tales como la dureza, cohesividad, elasticidad y jugosidad en jamones de cerdo se han relacionado con el contenido de humedad y el pH final. Estos mismos autores encontraron una correlación positiva entre el contenido de humedad y el pH ( $r = 0.282$ ,  $P < 0.05$ ).

Basándose en lo expuesto anteriormente los objetivos del estudio fueron:

- Comparar la precisión de dos texturómetros en el jamón de cerdo Zamorano en términos de fuerza (N) y trabajo (J) para los parámetros de corte y compresión.
- Determinar la precisión de dos acoples para cada equipo a velocidades de 5 mm/s y 10 mm/s para un bloque de jamón de cerdo con dimensiones de 20 × 20 × 20 mm.
- Determinar el método de análisis de textura que mejor correlaciona con la evaluación sensorial de textura.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El estudio se desarrolló en el Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana que se encuentra localizada en el departamento de Francisco Morazán, 30 km al Este de Tegucigalpa, Honduras. La producción del jamón de cerdo se realizó en la Planta de Cárnicos Zamorano. Los análisis de textura se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), la capacitación del panel se realizó en los salones de conferencias de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA) y las evaluaciones sensoriales descriptivas se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Sensorial.

**Diseño experimental.** Se evaluó un arreglo factorial de 2 texturómetros  $\times$  2 acoples  $\times$  2 velocidades de la sonda mediante un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con ocho tratamientos y cinco repeticiones para un total de 40 unidades experimentales (Cuadro 1). Los resultados fueron analizados haciendo uso del programa “Statistical Analysis System” (SAS<sup>®</sup> versión 9.1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el análisis de textura de jamón.

Velocidad	Brookfield CT3		Instron 4444	
	Compresión	Corte	Compresión	Corte
5 mm/s	T1	T2	T3	T4
10 mm/s	T5	T6	T7	T8

T1: Brookfield Compresión 5 mm/s      T5: Brookfield Compresión 10 mm/s

T2: Brookfield Corte 5 mm/s              T6: Brookfield Corte 10 mm/s

T3: Instron Compresión 5 mm/s          T7: Instron Compresión 10 mm/s

T4: Instron Corte 5 mm/s                  T8: Instron Corte 10 mm/s

**Elaboración de jamones.** El jamón de cerdo evaluado fue procesado en la Planta de Cárnicos Zamorano. Al obtener las muestras de cada lote fueron almacenadas a temperatura de refrigeración (4 °C).

**Medición de textura.** En este estudio un total de cuatro lotes de jamón de cerdo Zamorano fueron analizados, los lotes utilizados y sus fechas de elaboración y caducidad se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Lotes y fechas de elaboración y caducidad del jamón de cerdo Zamorano.

<b>Lote</b>	<b>Fecha de Elaboración</b>	<b>Fecha de Caducidad</b>
50	18-09-2013	18-10-2013
51	24-09-2013	24-10-2013
52	24-09-2013	24-10-2013
53	30-09-2013	30-10-2013

Los texturómetros utilizados fueron el Brookfield CT3 y el Instron 4444 con dos sondas por equipo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Acoples utilizados en los texturómetros para el análisis de textura del jamón de cerdo Zamorano.

	<b>Brookfield CT3</b>	<b>Instron 4444</b>
Compresión	Yunque TA25/1000 -50.8 mm O/-20 mm L	Crosshead Speed Yunque 57 mm O/
Corte	Warner Bratzler TA-SBA	Compression Warner Bratzler

**Toma de la muestra del jamón de cerdo.** Los jamones permanecieron en refrigeración (4 °C), previo al corte fueron equilibrados a 21 °C dentro de una bolsa Ziploc® para evitar la deshidratación y cambios en la textura de las muestras. Para alcanzar precisión en los cortes de las muestras se utilizó un molde de 20 × 20 × 40 mm (las muestras posteriormente se cortaron a la mitad de su longitud para obtener la muestra con los 20 mm de largo que se requería para el estudio) obteniendo cuadrados de la parte de en medio del jamón de manera que las muestras fueran lo más homogéneas en su dimensión. El coeficiente de variación de las muestras fue de 0.5 mm.

En la Figura 1 se muestran los límites establecidos para el Brookfield CT3 en los análisis de compresión (30%).

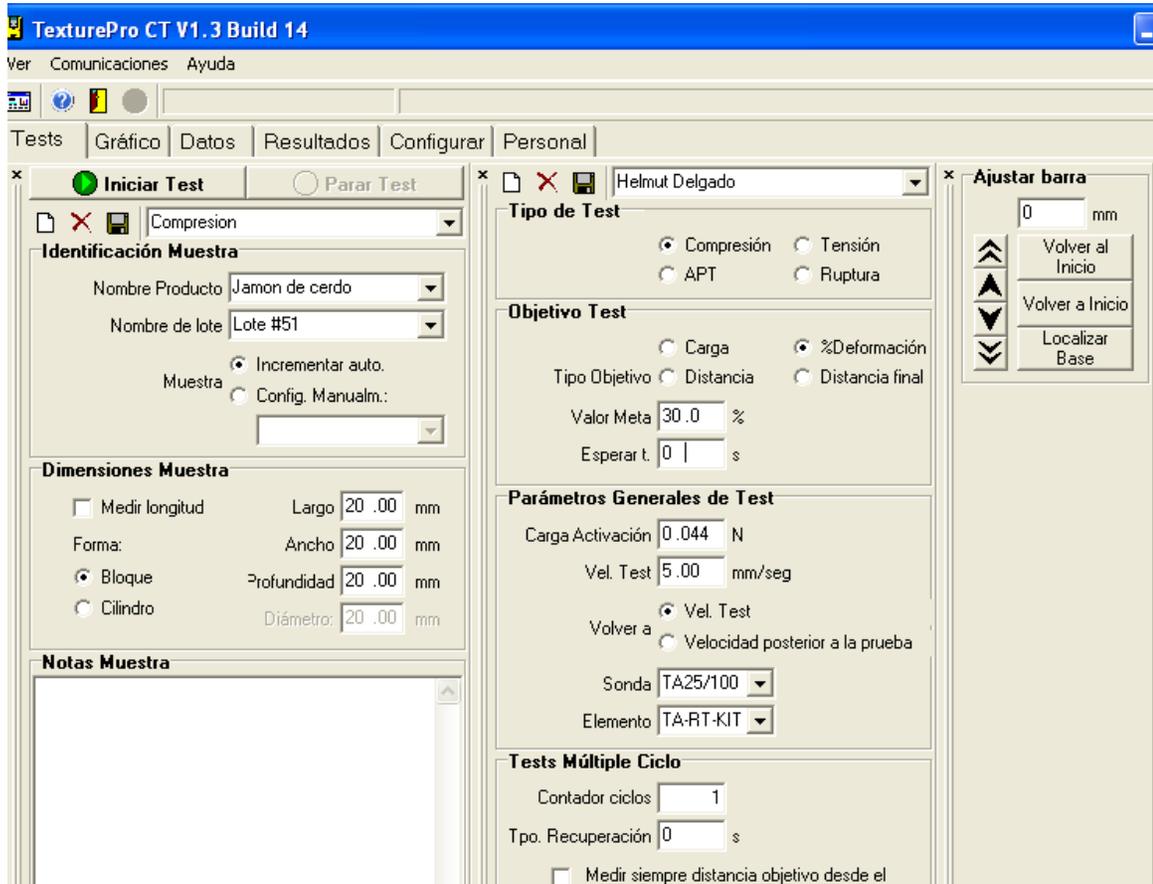


Figura 1. Parámetros para el análisis de compresión del jamón de cerdo Zamorano en el texturómetro Brookfield CT3 con la sonda TA25/1000.

Los parámetros establecidos para los análisis de corte del jamón de cerdo se muestran en la Figura 2.

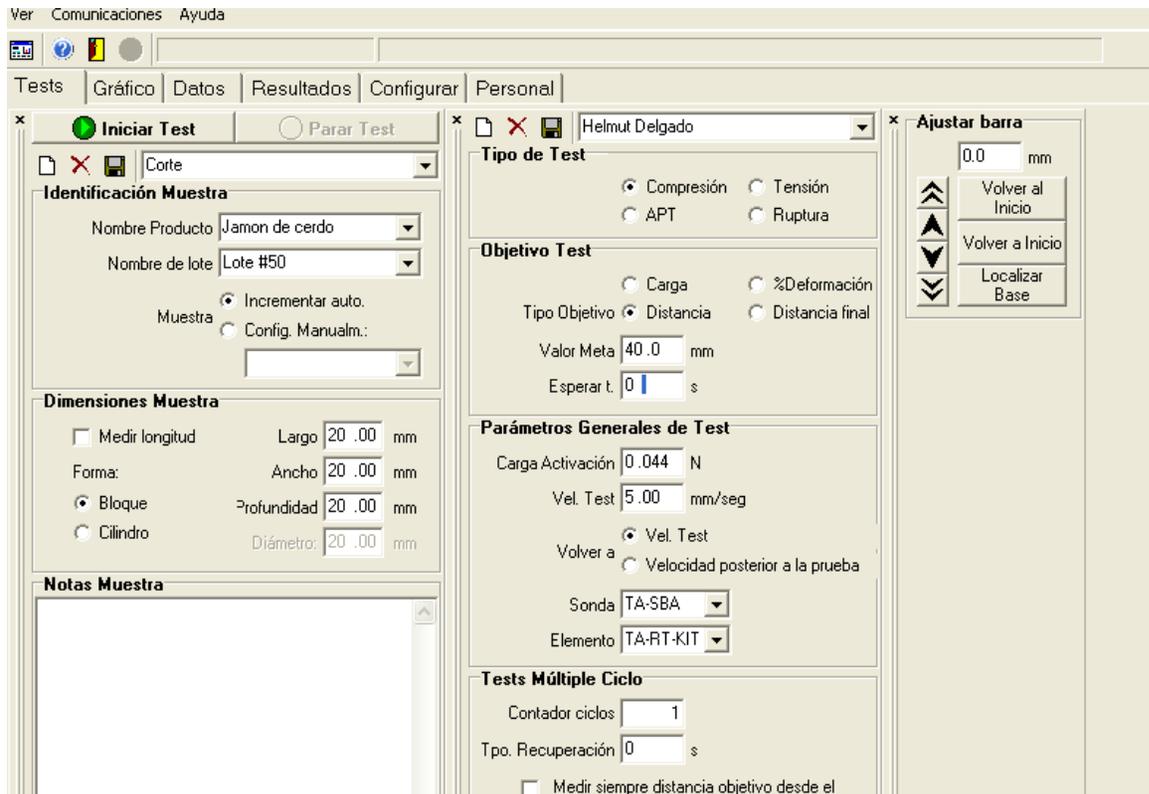


Figura 2. Parámetros utilizados para el análisis de corte del jamón de cerdo Zamorano en el texturómetro Brookfield CT3 con la sonda TA-SBA.

Se obtuvo un total de 40 muestras cuadradas de  $20 \times 20 \times 20$  mm (Figura 2) con la ayuda de una hoja ASTRA Superior Platinum, un molde con dimensiones de  $20 \times 20 \times 40$  mm y un cuchillo de acero inoxidable. Se destinaron 20 muestras para el análisis de corte y 20 muestras para el análisis de compresión. Las muestras fueron cortadas y comprimidas a velocidades de 5 mm/s y 10 mm/s con grado de compresión de 30% y un grado de corte de 100% (Válková *et al.* 2007). Los parámetros medidos en la evaluación fueron la fuerza realizada por los equipos (N), la distancia a la máxima fuerza (mm) y el trabajo a la máxima fuerza (J) para compresión y corte.

En la Figura 3 se muestran los límites establecidos para el Instron 4444 en los análisis de compresión (30%). Los parámetros establecidos para los análisis de corte del jamón de cerdo se muestran en la Figura 4.

Aplicación de ensayo de materiales Series IX de INSTRON

Tabla de dimensiones						Aceptar
Dimensión	Valor predet	Método de	Límites	Límite inferior	Límite superior	Cancelar
Anchura	20.00000 mm	Predeterm.	<input type="checkbox"/>	N/D	N/D	Ayuda
Espesor	20.00000 mm	Predeterm.	<input type="checkbox"/>	N/D	N/D	
Dist inicial probeta	70.00000 mm	Predeterm.				
Distancia del plato	100.0000 mm					

Información sobre la muestra		Etiqueta		MAP	
Forma geométr.	Rectangular	<input type="checkbox"/> Activar		Número de lecturas	<input type="text"/>
Tipo	ASTM	Texto	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Sonda dual	
Entrada datos	<input type="text"/>	Entrada	<input type="text"/>		
Tipo de fijaciones	<input type="text"/>				

Figura 3. Parámetros para el análisis de compresión en el texturómetro Instron 4444.

Aplicación de ensayo de materiales Series IX de INSTRON

Tabla de dimensiones						Aceptar
Dimensión	Valor predet	Método de	Límites	Límite inferior	Límite superior	Cancelar
Anchura	20.00000 mm	Predeterm.	<input type="checkbox"/>	N/D	N/D	Ayuda
Espesor	20.00000 mm	Predeterm.	<input type="checkbox"/>	N/D	N/D	
Dist inicial probeta	70.00000 mm	Predeterm.				
Distancia del plato	100.0000 mm					

Información sobre la muestra		Etiqueta		MAP	
Forma geométr.	Rectangular	<input type="checkbox"/> Activar		Número de lecturas	<input type="text"/>
Tipo	ASTM	Texto	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Sonda dual	
Entrada datos	<input type="text"/>	Entrada	<input type="text"/>		
Tipo de fijaciones	<input type="text"/>				

Figura 4. Parámetros para el análisis de corte en el texturómetro Instron 4444.

**Análisis sensorial descriptivo.** Se evaluó sensorialmente el jamón con un panel descriptivo de estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana. Los panelistas fueron elegidos tomando en cuenta sus habilidades descriptivas, su capacidad para discriminar y la sensibilidad mediante pruebas de pre-selección (Meilgaard 2007). Inicialmente se contaba con 20 candidatos, de los que se seleccionaron los ocho mejores. Los panelistas seleccionados tenían un rango de edad entre 18 y 23 años.

**Entrenamiento.** Los panelistas fueron familiarizados con una metodología sensorial descriptiva híbrida que combinaba principios de las metodologías QDA<sup>®</sup> y Spectrum<sup>®</sup>, con el uso de escalas numéricas de descripción. En la metodología QDA<sup>®</sup> se definen descriptores para cada análisis que se realiza, por otro lado en la metodología de Spectrum<sup>®</sup> se usan referencias cuantitativas con varios productos alimenticios. El entrenamiento se realizó con el fin de mejorar la habilidad individual, reconocer, identificar y cuantificar los atributos sensoriales del jamón de cerdo mejorando la sensibilidad y la memoria frente a los distintos atributos para conseguir juicios precisos y consistentes.

Se realizaron cuatro sesiones de capacitación de 1.5 horas cada una, para un total de 6 horas de entrenamiento (Cuadro 4). Se decidió capacitar el panel por 6 horas de entrenamiento basándose en resultados obtenidos por Ramos (2012) quien obtuvo pequeñas diferencias significativas en atributos como la dureza interna y jugosidad en embutidos a partir de las 4 horas de capacitación de un panel descriptivo. Chambers (*et al.* 2004) mencionan que en pocas horas de capacitación (4 horas) se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la evaluación de productos y a medida que el tiempo de capacitación aumenta la variabilidad del panel disminuye.

Cuadro 4. Sesiones, temas, productos, especificaciones y horas utilizadas en el entrenamiento del panel descriptivo para jamón de cerdo.

No. Sesión	Tema principal	Productos	Horas	Especificaciones
1	Introducción	Ninguno	1.5	Metodología, escalas y procedimientos
2	Definición de atributos	Ninguno	1.5	Definición de terminología (léxico)
3	Definición de terminología	Ninguno	1.5	Discusión del léxico
4	Desarrollo de terminología	Jamones de cerdo (Delicia, Toledo, Picnic y Zamorano)	1.5	Familiarización de desarrollo de términos sensoriales

Los panelistas fueron sometidos a una sesión de introducción de principios generales, donde se impartieron términos referentes a la metodología, escalas y los procedimientos que se iban a seguir durante el entrenamiento (Anexo 8). En la segunda sesión de capacitación los panelistas definieron (por medio de una lluvia de ideas) una lista de descriptores percibidos con el objetivo de crear una terminología con el fin de familiarizarse con cada atributo (Anexo 6) siguiendo la metodología QDA<sup>®</sup> (Meilgaard *et al.* 2007). Estudios han demostrado que la formación de conceptos puede requerir la exposición a muchos productos similares, si se desea el resultado final para alinear un concepto entre un grupo de personas (Ishii y O'Mahony 1991). Las referencias se establecieron utilizando la metodología Spectrum<sup>®</sup> o en consenso con el grupo. Durante

la lluvia de ideas no se tuvo ninguna dificultad para establecer descriptores al atributo de textura.

En la tercera sesión, en un consenso grupal, se definió o conceptualizó cada uno de los atributos descritos por cada uno de los panelistas. El atributo de hulosidad fue el que presentó un mayor debate al momento de establecer su definición. En la cuarta sesión se realizó una familiarización de atributos y características básicas con diferentes marcas comerciales de jamón de cerdo con el fin de reconocer las diferencias y similitudes entre los productos, los panelistas crearon sus propias definiciones para comprender mejor el significado de cada atributo definido.

Una vez fueron seleccionados los atributos de textura a evaluar se obtuvo una lista final a utilizar en la boleta para el análisis descriptivo con los descriptores percibidos por la mayoría de los panelistas. En consenso se definió la lista final para la evaluación de textura del jamón de cerdo Zamorano. Una vez terminadas las cuatro sesiones de entrenamiento se prosiguió a la realización de la evaluación descriptiva, para poder correlacionar con las medidas instrumentales.

**Análisis estadístico.** Una vez se concluyó con la toma de datos instrumentales y sensoriales los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente haciendo uso del programa “Statistical Analysis System” (SAS<sup>®</sup> versión 9.1).

Se realizó una separación de medias LSMeans y TUKEY con una probabilidad menor a 0.05 ( $P < 0.05$ ). Si existió interacción significativa se realizó una separación de medias por la prueba LSMeans para discutir diferencias entre niveles de tratamientos. Si no existió interacción se realizó una separación de medias por la prueba TUKEY.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Fuerza aplicada en el jamón de cerdo Zamorano.** Al realizar los análisis de corte y compresión se pudo observar (Cuadro 5) que la diferencia de acoples entre los equipos fue significativa ( $P < 0.05$ ). También existieron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en precisión en la interacción de los texturómetros y los acoples (Cuadro 6). Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la interacción texturómetro\*acople como lo muestra la prueba TUKEY. Las diferencias fueron dadas por parte de los análisis de corte y compresión a las velocidades de 5 mm/s y 10 mm/s como lo muestra la prueba de LSMEANS (Cuadro 7). En esta misma prueba también se pudo observar que para los análisis de corte y compresión no hubo diferencia significativa entre las velocidades ( $P > 0.05$ ). Entre cada una de las repeticiones sí existió variación para los resultados de fuerza, lo que se ve reflejado en el rango de los coeficientes de variación (0.98% a 10.70%) que el jamón de cerdo Zamorano presentó en el análisis (Cuadro 8).

Los texturómetros fueron un factor que influyó en la fuerza aplicada en los análisis de corte y compresión ( $P < 0.05$ ). Por otro lado, los acoples tuvieron una menor influencia en la aplicación de fuerza, por lo que no fueron el factor que hizo la mayor diferencia ( $P < 0.05$ ). La interacción entre los texturómetros y los acoples fue el factor determinante o el factor que hizo la mayor diferencia en la fuerza aplicada entre el análisis de corte y compresión ( $P < 0.05$ ), lo cual indica que la fuerza aplicada tiene una relación directamente proporcional a la interacción del texturómetro con el acople.

Cuadro 5. Resumen del ANDEVA para fuerza (N).

<b>Fuente</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Texturómetros	293.52	<0.01*
Acoples	97.68	<0.01*
Texturómetros × Acoples	337.37	<0.01*
Repeticiones	0.21	0.99

\* Factor estadísticamente significativo a ( $P < 0.05$ ).

La interacción de los texturómetros con los acoples fue el factor que influyó ( $P < 0.05$ ) en la precisión de las mediciones de fuerza para los análisis de corte y compresión del jamón de cerdo Zamorano.

Cuadro 6. Resumen del ANDEVA para precisión (%CV) de la fuerza aplicada.

<b>Fuente</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Texturómetros	0.32	0.59
Acoples	39.19	0.08
Velocidades	0.01	0.92
Texturómetros × Acoples	27.33	0.04*

\* Factor estadísticamente significativo a (P<0.05).

El Instron 4444 obtuvo valores con promedios de fuerza de 61 a 64 N. Estos valores concuerdan con Frontela *et al.* (2006) quienes reportaron en jamones cocidos y reestructurados fuerzas de análisis de compresión de 69 N. Al comparar las medias obtenidas para los análisis de fuerza en corte y compresión se pudo observar que si existió diferencia estadísticamente significativa (P<0.05) entre los equipos.

Cuadro 7. Medias de fuerza aplicada (N) para comprimir a 30% y cortar a 100%.

<b>Texturómetro</b>	<b>Corte</b>		<b>Compresión</b>	
	5mm/s Media±DE <sup>‡</sup>	10mm/s Media±DE	5mm/s Media±DE	10mm/s Media±DE
Instron 4444	14.18±2.66 <sup>aX</sup>	12.32±1.91 <sup>aX</sup>	63.54±1.22 <sup>bX</sup>	61.26±1.36 <sup>bX</sup>
Brookfield CT3	22.70±3.56 <sup>aY</sup>	19.35±3.77 <sup>aY</sup>	31.97±2.89 <sup>bY</sup>	41.53±2.57 <sup>bY</sup>

<sup>a-b</sup> Medias seguidas de diferentes letras minúsculas en filas son significativamente diferentes (P<0.05)

<sup>X-Y</sup> Medias seguidas de diferentes letras mayúsculas en columnas son significativamente diferentes (P<0.05).

<sup>‡</sup> Desviación Estándar.

Los datos del análisis estadístico mostraron que la precisión del Instron 4444 fue similar a la del Brookfield CT3 en fuerza para los análisis de corte y compresión del jamón de cerdo Zamorano. Todos los tratamientos presentaron precisión óptima (<10%) pero para compresión fue mejor sin importar el equipo.

Cuadro 8. Diferencias en los coeficientes de variación (%) en las fuerzas (N) aplicadas.

<b>Texturómetro</b>	<b>Corte</b>		<b>Compresión</b>	
	5mm/s	10mm/s	5mm/s	10mm/s
Instron 4444	10.70 <sup>aX</sup>	9.173 <sup>aX</sup>	1.95 <sup>bX</sup>	0.99 <sup>bX</sup>
Brookfield CT3	8.14 <sup>aX</sup>	9.027 <sup>aX</sup>	2.69 <sup>bX</sup>	3.37 <sup>bX</sup>

<sup>a-b</sup> Medias seguidas de diferentes letras minúsculas en filas son significativamente diferentes (P<0.05)

<sup>X-Y</sup> Medias seguidas de diferentes letras mayúsculas en columnas son significativamente diferentes (P<0.05).

**Trabajo aplicado en el jamón de cerdo Zamorano.** Al realizar los análisis de corte y compresión se pudo observar que tanto para el texturómetro Brookfield CT3 como para el Instron 4444 el trabajo aplicado fue significativamente diferente ( $P < 0.05$ ). Para el caso de compresión a la velocidad de 5 mm/s la mayor fuerza aplicada tuvo una variación entre los 5 mm a 6 mm, sin embargo para el Instron 4444 las fuerzas reportadas fueron a la distancia de 71 mm a 73 mm, estas distancias entre los resultados fueron las causantes de las diferencias en los coeficientes de variación.

Se pudo observar (Cuadro 9) que la diferencia de acoples entre los equipos es significativa ( $P < 0.05$ ) y fue el factor determinante en los trabajos aplicados para corte y compresión del jamón de cerdo. La diferencia en los coeficientes de variación mostradas en el Cuadro 10 se deben a la interacción de los texturómetros con los acoples, los cuales mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Las diferencias fueron dadas por parte de la interacción de los texturómetros con los acoples de corte y compresión como lo muestra la prueba de LSMEANS en el Cuadro 11. Los coeficientes de variación del Instron 4444 fueron menores que los del Brookfield CT3 pero no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los equipos ni para corte ni para compresión (Cuadro 12).

Los texturómetros fueron un factor que tuvo mucha influencia en los trabajos aplicados en corte y compresión ( $P < 0.05$ ). Por otro lado, los acoples tuvieron una significancia menor en la aplicación de los trabajos medidos, por lo que no fueron el factor que hizo la mayor diferencia. La interacción entre los texturómetros y los acoples fue el factor determinante en los trabajos aplicados para corte y compresión del jamón de cerdo Zamorano ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 9. Análisis ANDEVA para trabajo aplicado para corte y compresión.

<b>Fuente</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Texturómetros	3832.70	<0.01*
Acoples	15.49	0.03*
Texturómetros × Acoples	6321.63	<0.01*

\* Factor estadísticamente significativo a ( $P < 0.05$ ).

Los acoples y la interacción entre texturómetros y acoples fueron los causantes de las diferencias en los coeficientes de variación para el trabajo aplicado en los análisis de corte y compresión del jamón de cerdo Zamorano.

Cuadro 10. Análisis ANDEVA para los coeficientes de variación en el trabajo aplicado en corte y compresión.

<b>Fuente</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Texturómetros	0.45	0.52
Acoples	27.43	0.01*
Velocidad	0.23	0.65
Texturómetros × Acoples	19.71	0.07

\* Factor estadísticamente significativo a ( $P < 0.05$ ).

Los promedios de los valores de trabajo mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los equipos ( $P < 0.05$ ), estas diferencias en el trabajo aplicado se debieron a que la matriz del jamón no es homogénea aún dentro de un mismo lote de producción. Por ejemplo, existen partes más duras que otras a diferentes distancias por la unión de las proteínas de la carne, también hay presencia de partículas grandes de músculo entero. La dureza del jamón es influenciada por diversos factores tales como la tecnología utilizada en los procesos, composición de la salmuera inyectada, masajeo, tiempos y temperaturas de cocción, las condiciones y el tiempo de almacenamiento (Delahunty *et al.* 1997). Durante el tratamiento térmico se producen dos cambios fundamentales: endurecimiento de las fibras musculares por la coagulación de las proteínas y el ablandamiento del tejido conectivo que se debe a la transformación del colágeno a gelatina (Lawrie 1998).

El Instron 4444 tiene una celda de carga de 2 kN y un límite de detección de 20 N mientras que el Brookfield CT3 tiene una celda de carga de 0.044 kN y un límite de detección de 0.5 N. Por esta razón la resolución de detección del Brookfield es más sensible en comparación al Instron 4444. Por otro lado la del Instron 4444 tiene una menor resolución debido a que fue creado para realizar pruebas en materiales de construcción no para alimentos, por lo que necesita estar provisto de una fuerza mayor.

Cuadro 11. Medias de trabajo aplicado (J) para comprimir a 30% y cortar a 100%.

Texturómetro	Corte		Compresión	
	5mm/s	10mm/s	5mm/s	10mm/s
	Media±DE <sup>‡</sup>	Media±DE	Media±DE	Media±DE
Instron 4444	0.28±0.07 <sup>aX</sup>	0.27±0.07 <sup>aX</sup>	4.56±0.11 <sup>bX</sup>	4.39±0.09 <sup>bX</sup>
Brookfield CT3	0.41±0.09 <sup>aY</sup>	0.33±0.06 <sup>aX</sup>	0.10±0.01 <sup>bY</sup>	0.13±0.06 <sup>bY</sup>

<sup>a-b</sup> Medias seguidas de diferentes letras minúsculas en filas son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

<sup>X-Y</sup> Medias seguidas de diferentes letras mayúsculas en columnas son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>‡</sup> Desviación Estándar.

Los datos del análisis estadístico mostraron que la precisión del Instron 4444 fue similar a la del Brookfield CT3 en los trabajos aplicados para los análisis de corte y compresión del jamón de cerdo Zamorano. Al realizar una comparación de los coeficientes de variación del Instron 4444 con los del Brookfield CT3 se puede observar que todos fueron óptimos ( $< 10\%$ ), pero para compresión fue mejor sin importar el equipo.

Cuadro 12. Coeficientes de variación (%) en el trabajo (J) aplicado al jamón de cerdo entre equipos.

Texturómetro	Corte		Compresión	
	5mm/s	10mm/s	5mm/s	10mm/s
Instron 4444	5.07 <sup>aX</sup>	2.79 <sup>aX</sup>	0.48 <sup>aX</sup>	0.98 <sup>aX</sup>
Brookfield CT3	2.67 <sup>aX</sup>	6.72 <sup>aX</sup>	1.71 <sup>aX</sup>	2.07 <sup>aX</sup>

<sup>a-b</sup> Medias seguidas de diferentes letras minúsculas en filas son significativamente diferentes (P<0.05)

<sup>X-Y</sup> Medias seguidas de diferentes letras mayúsculas en columnas son significativamente diferentes (P<0.05).

**Atributos de textura evaluados por el panel descriptivo.** Los parámetros de textura evaluados por el panel fueron jugosidad, dureza, hulosidad y grasosidad (Cuadro 13). La jugosidad se refiere a la cantidad de líquido obtenido al masticar un producto, mientras que la dureza es la resistencia que ofrece el alimento a ser fraccionado. Por otra parte la hulosidad se refiere a resistencia a la masticación hasta poder degluir el alimento y la grasosidad es una sensación de llenura en el paladar. Los promedios obtenidos en el atributo de dureza (3.86-3.44) concuerdan con (Fernández *et al.* 2009) quienes obtuvieron medias de 3.11 y 4.10 para este atributo en la evaluación sensorial de jamones a diferentes concentraciones de salmuera inyectada (50 y 80% respectivamente).

Al evaluar los promedios obtenidos por el panel sensorial descriptivo a las cero horas se puede observar que no existía precisión en el panel lo que se ve reflejado en los coeficientes de variación para cada atributo descriptor de textura (Cuadro 13). La sensibilidad sensorial se ve afectada por varios factores tales como las diferentes deformaciones, las velocidades de deformación, y la heterogeneidad intrínseca y biológica de los alimentos (Spadaro *et al.* 2002). A las seis horas de entrenamiento el panel mostro una reducción en la variabilidad para la jugosidad fue de 31.14%, para la dureza fue de 30.92%, en la hulosidad 35.79% y en la grasosidad fue de 24.66%. A pesar de que la variabilidad del panel sensorial descriptivo se redujo, no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) entre horas de entrenamiento para los parámetros de jugosidad, dureza y hulosidad. Sin embargo en el parámetro de grasosidad el panel si encontró diferencia significativa (P<0.05). Los panelistas entrenados pueden encontrar más diferencias que los consumidores, esto es explicado por el hecho de que un panel entrenado descriptivo está capacitado para ser mucho más sensible a las diferencias sensoriales que el consumidor promedio (Drake 2007).

Cuadro 13. Separación de medias de resultados del panel por descriptor de textura de jamón de cerdo Zamorano.

H/C	Jugosidad		Dureza		Hulosidad		Grasosidad	
	Media±DE <sup>¥</sup>	%CV						
0	4.63±1.75 <sup>X</sup>	37.79	3.86±1.74 <sup>X</sup>	45.18	3.88±2.00 <sup>X</sup>	51.37	3.77±1.85 <sup>X</sup>	50.00
6	3.32±0.86 <sup>X</sup>	26.02	3.44±1.07 <sup>X</sup>	31.21	3.50±1.15 <sup>X</sup>	32.98	2.28±0.86 <sup>Y</sup>	37.67

<sup>¥</sup> Desviación Estándar.

<sup>X-Y</sup> Medias seguidas de diferentes letras mayúsculas en filas son significativamente diferentes (P<0.05).

H/C= Horas de capacitación

**Correlación de instrumentos versus panel sensorial descriptivo.** La correlación entre los texturómetros y el panel sensorial entrenado se realizó para determinar si existía una relación entre los atributos de textura percibidos por el panel y los datos obtenidos para cada uno de los tratamientos con los texturómetros. El análisis muestra (Cuadro 14) que el atributo de jugosidad tuvo una correlación significativa (P<0.05) y alta (r = 0.97) con el texturómetro Brookfield CT3 y el acople de compresión (Yunque TA25/1000 - 50.8mmO/-20mm L) a la velocidad de 5 mm/s. Esto se debió a que los parámetros texturales de un jamón de cerdo tales como la jugosidad tienen relación con el contenido de humedad y es de los atributos texturales más fáciles de identificar (Ruíz *et al.* 2005). También el Brookfield CT3 puede calcular a través de los datos de compresión un número de propiedades físicas que han demostrado ser altamente correlacionadas con la evaluación sensorial de alimentos (Brookfield CT3 2012).

Cuadro 14. Correlación de los texturómetros con el panel sensorial capacitado.

Parámetro de textura	Trt1	Trt2	Trt3	Trt4	Trt5	Trt6	Trt7	Trt8
Jugosidad	0.97 <sup>∞</sup> 0.01 <sup>€</sup>	0.69 0.19	0.44 0.46	0.15 0.80	0.04 0.94	0.84 0.07	-0.34 0.58	-0.68 0.21
Dureza	-0.80 0.10	-0.84 0.08	-0.12 0.85	-0.26 0.68	0.06 0.92	-0.63 0.25	0.09 0.88	0.46 0.44
Hulosidad	0.26 0.68	0.83 0.08	-0.27 0.66	0.04 0.99	-0.17 0.80	0.05 0.94	0.35 0.56	-0.04 0.10
Grasosidad	0.08 0.90	-0.58 0.31	0.54 0.35	0.63 0.25	0.67 0.22	-0.03 0.96	0.03 0.97	-0.49 0.40

€= Probabilidad (P)

∞= valor R

#### **4. CONCLUSIONES**

- Los texturómetros Brookfield CT3 e Instron 4444 no mostraron diferencia significativa en precisión para los análisis de corte y compresión en el jamón de cerdo Zamorano.
- El acople más preciso del Instron 4444 fue el de compresión Crosshead Speed Yunque 57mm O/ y para el Brookfield CT3 fue el Yunque TA25/1000 50.8 mm O/-20 mm L.
- El parámetro de jugosidad fue el único que mostro una correlación altamente positiva entre el panel sensorial descriptivo y análisis de textura instrumental del jamón de cerdo Zamorano.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Medir la exactitud del método de medición de textura de jamón por compresión con Instron utilizando materiales certificados de referencia.
- Realizar estudios similares con el resto de productos elaborados en la planta de cárnicos de Zamorano para medir métodos estándares.

## 6. LITERATURA CITADA

Chambers, D., Allison, A., y Chambers, E. 2004. Training effects on performance of descriptive panelists. The sensory analysis center 139-A, Kansas State University, Manhattan, KS 66506-1407. *Journal of Sensory Studies* 19 (2004) 486-499.

Delahunty, C.M., McCord, A.O., Neill, E., Morrissey, P.A. 1997. Sensory characterization of cooked hams by untrained consumers using free-choice profiling. *Food Qual prefer.* 8:381-388.

Desmond, E.M., P. Kenny, P. Ward. y D.W. Sun. 2000. Effect of rapid and conventional cooling methods on the quality of cooked ham joints. *Meat Science* 56:271-277.

Demonte, P. 1995. Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. Cali, Colombia. Memorias. Cali: Universidad del Valle. p. 8-20.

Drake, M.A. 2007. Sensory analysis of dairy foods. *J Dairy Sci* 90:4925-37.

Exchel, M. 2001. Nuevas tecnologías para medir la suavidad de la carne. *Carnetec.* p 22-24.

Fernández Ramírez, M. V., J. Morales Munguía., A. Montiel Cota y M. Mendivil Morales. 2009. Composición proximal y atributos sensoriales de jamón preparado con tres niveles de inyección de salmuera. *Biotecnia.* 3: p 48-58.

Frontela, C., López, G., Ros, G., and Martínez, C. 2006. Relationship between sensory, physico-chemicals and instrumental characteristics in cooked ham. *AN. VET. (MURCIA)* 22: p 67-78.

Ishii, R. y O'Mahony, M. 1991. Use of multiple standards to define sensory characteristics for descriptive analysis: aspects of concept formation. *Journal of food science*, 56, 838-842 p.

ISO. 1981. Sensory analysis vocabulary, part 4. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.

Lawrie, R.A. 1998. Ciencia de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Meilgaard, M.C., G.V. Civille y B.T. Carr. 2007. Sensory evaluation techniques. 4ta edición, Taylor and Francis Group, Estados Unidos, capítulos 5 y 7.

Motzer, E. A., Carpenter, J.A., Reynolds A. E. y Lyon, C.E. 1998. Quality of Restructured Hams Manufactured with PSE Pork as Affected by Water Binders. *Journal of Food Science* 63: p 1007-1011.

Paoletti, F., Moneta, E., Bertone, A. and Sinesio, F. 1993. Mechanical properties and sensory evaluation of selected apple cultivars. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 26, p 264-270.

Qiaofen, C., Da-Wen S. 2007. Effect of cooking bag and netting packaging on the quality of pork ham during water cooking. *Meat Science*. 75 (2): p 243-247.

Ruiz Ramírez, J. Arnau, J. Serra, X. and Gou, P. 2005. Relationship between water content, NaCl content, pH and texture parameters in dry-cured muscles. *Meat Sci* 70: p 579-587.

Ramos, G. F. 2012. Efecto del tiempo de entrenamiento en el desempeño de un panel descriptivo para la evaluación de embutidos. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria. El zamorano, Honduras, Escuela agrícola panamericana. p 34.

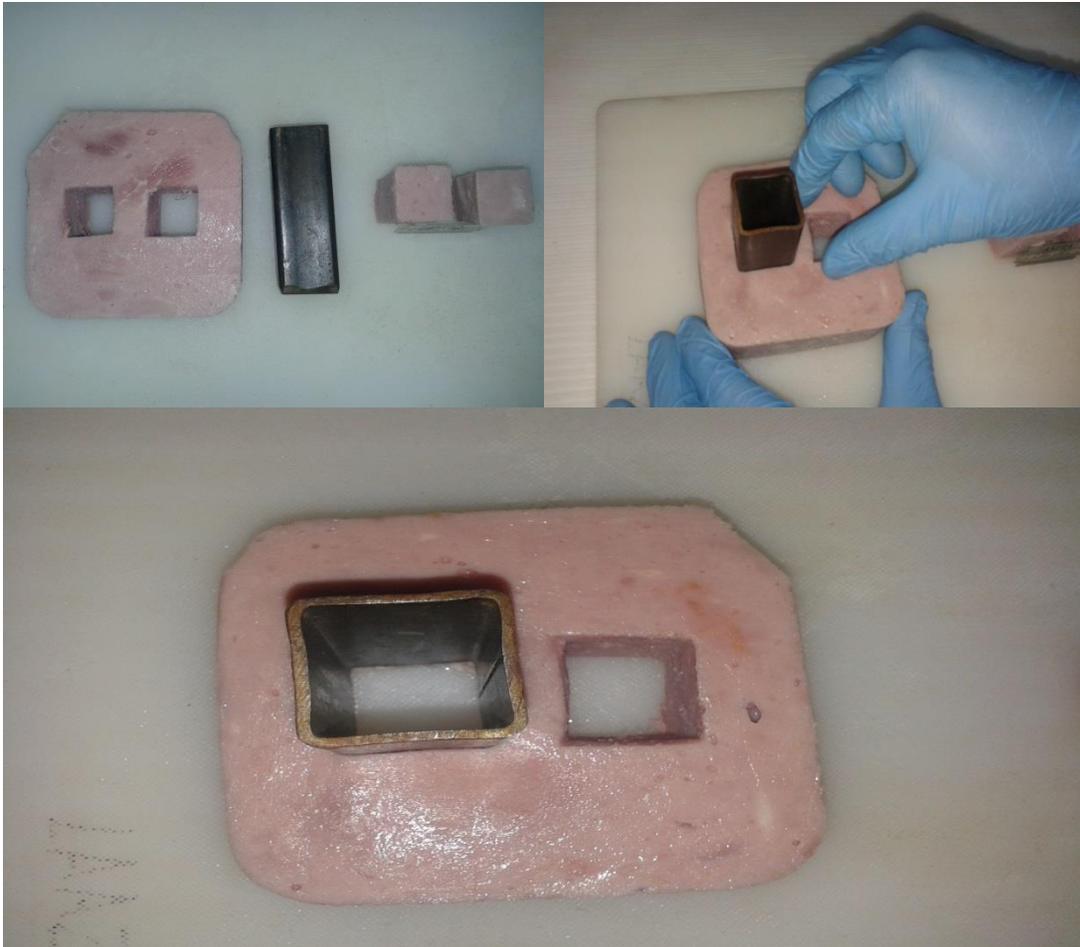
Spadaro V., Allen DH, Keeton JT, Moreira R, Boleman RM. 2002. Biomechanical properties of meat and their correlation to tenderness. *J Texture Stud* 33:59-87.

Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Qual and Prefer* 13: p 215-225.

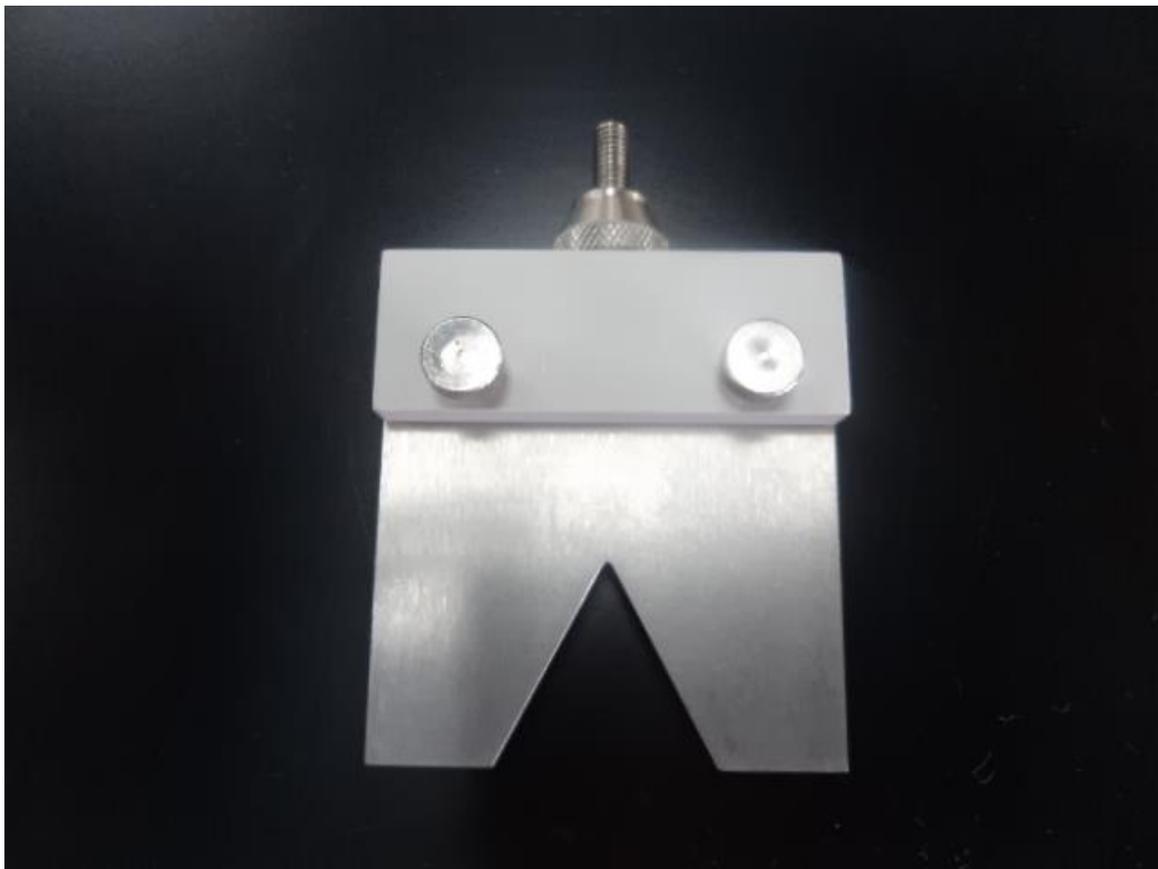
Texturómetro Brookfield CT3. 2012. Consultado el 12 de noviembre de 2013. Disponible en: <http://www.brookfieldengineering.com>

Válková A, Saláková H, Buchtová B, Tremlová. 2007. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. *Meat Science*. 77 (4): 608-615.

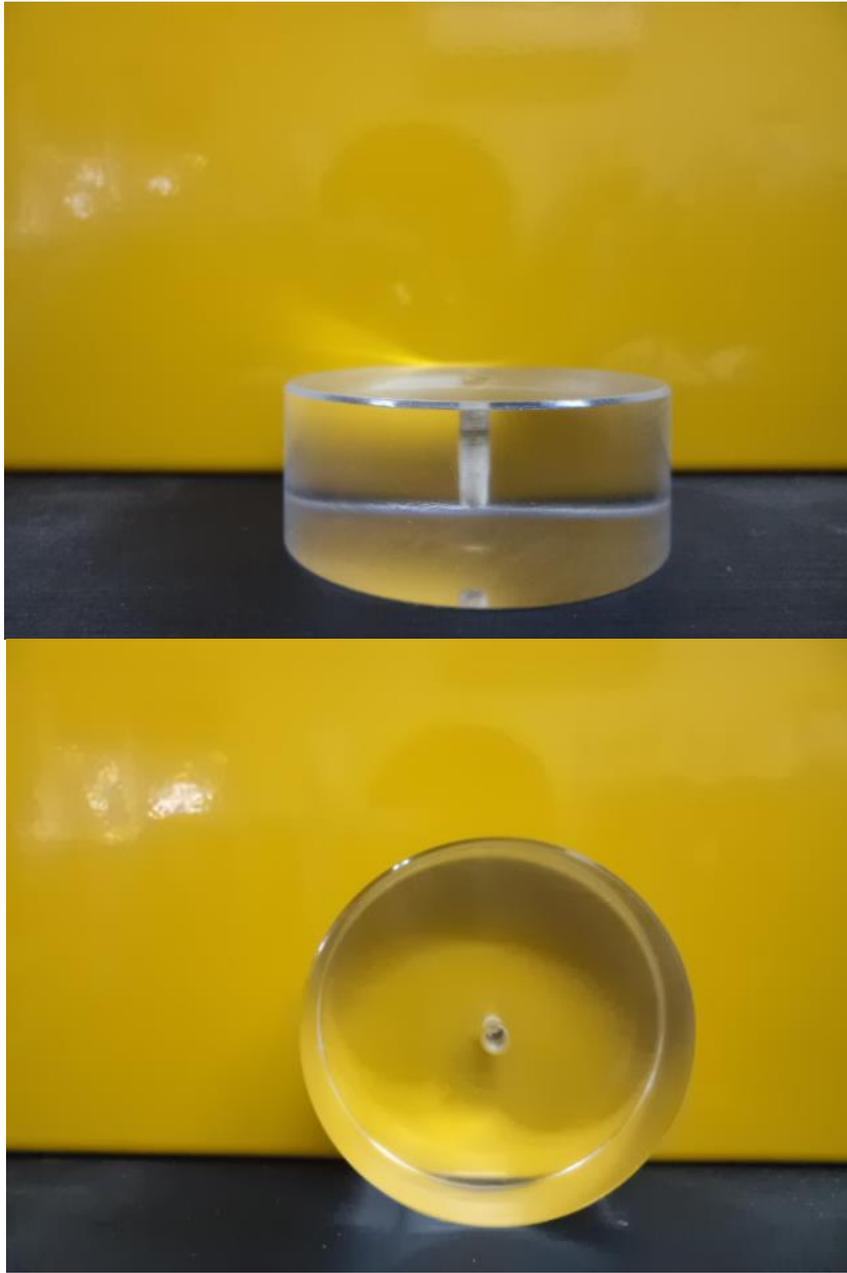
## 7. ANEXOS



Anexo 1. Toma de muestra del jamón de cerdo Zamorano.



Anexo 2. Acople Warner Bratzler TA-SBA (Brookfield CT3).



Anexo 3. Acople Yunque TA25/1000 -50.8 mm O/-20 mm L (Brookfield CT3).



Anexo 4. Acople Warner Bratzler (Instron 4444).



Anexo 5. Acople de Compresión Crosshead Speed Yunque 57mm O (Instron 4444).



Anexo 6. Panel sensorial describiendo parámetros de textura percibidos en el jamón de cerdo.

<b>Descriptor</b>	<b>Definición del panel</b>
Jugosidad	Cantidad de líquido obtenido al masticar el producto.
Dureza	Resistencia del producto a ser fraccionado.
Hulosidad	Resistencia a la masticación hasta poder degluir.
Grasosidad	Sensación de llenura en el paladar.

Anexo 7. Descriptores de textura obtenidos por el panel sensorial capacitado.



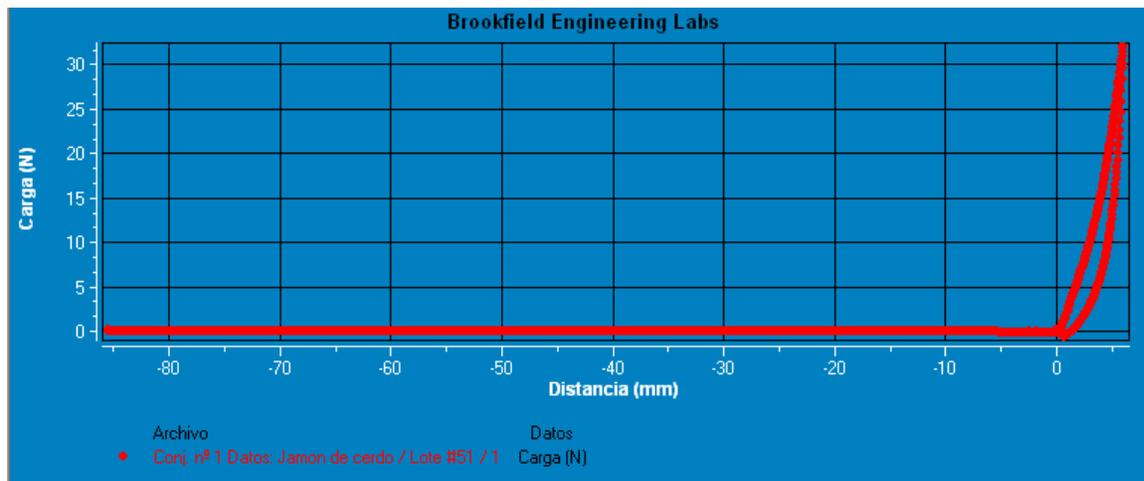
Anexo 8. Capacitación del uso de escalas sensoriales descriptivas.



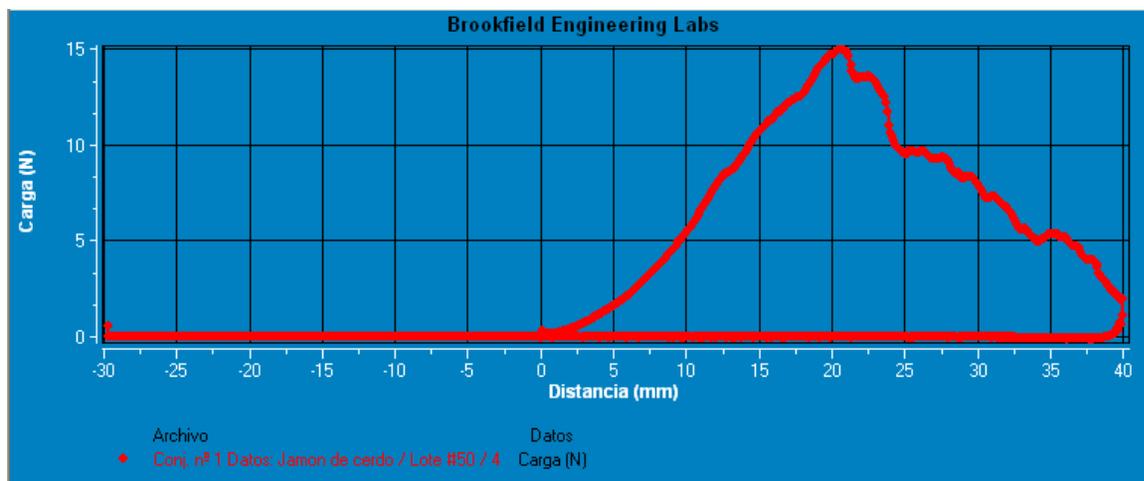
Anexo 9. Alimentos de referencias utilizados en las capacitaciones.



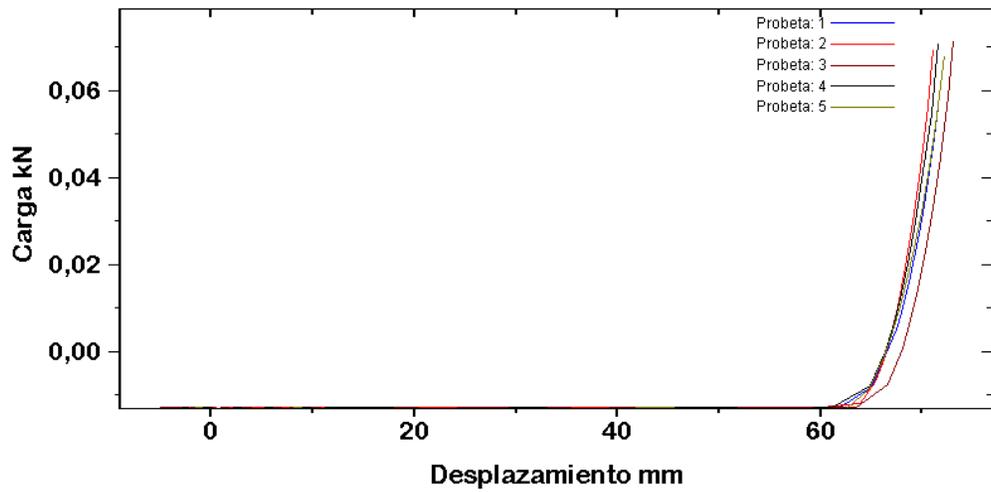
Anexo 10. Panelistas realizando el análisis descriptivo de textura en jamón de cerdo Zamorano.



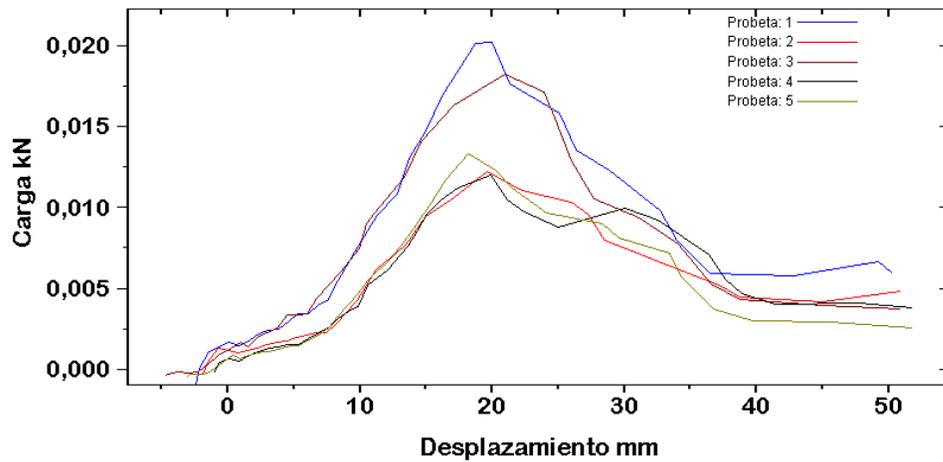
Anexo 11. Curva de compresión de jamón de cerdo Zamorano con el Brookfield CT3 con el acople TA25/1000.



Anexo 12. Curva de corte de jamón de cerdo Zamorano con el Brookfield CT3 con el acople TA-SBA.



Anexo 13. Curva de compresión de jamón de cerdo Zamorano con el Instron 4444 con el acople Crosshead Speed Yunque 57 mm O/.



Anexo 14. Curva de corte de jamón de cerdo Zamorano con el Instron 4444 con el acople Compression Warner Bratzler.