

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE COCCIÓN DE LA CARNE
SOBRE LOS RESULTADOS DE DUREZA DE LA PRUEBA DE WARNER
BRATZLER”**

AUTOR:

AQUILES ALEJANDRO ENCALADA PELÁEZ

TUTOR:

MSc. BYRON HERRERA

Riobamba - Ecuador

Año 2019

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “Efecto del tiempo y temperatura de cocción de la carne sobre los resultados de dureza de la prueba de Warner Bratzler” presentado por Aquiles Alejandro Encalada Peláez y dirigida por el Msc. Byron Herrera.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Dr. Dario Baño Phd

Presidente del tribunal



Firma

MSc. Byron Herrera

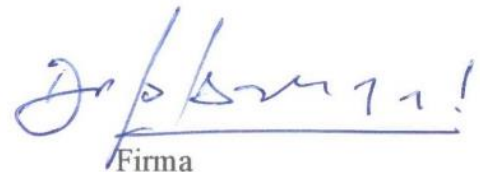
Director del proyecto de Investigación



Firma

Dr. Mario Salazar

Miembro del Tribunal



Firma

MSc Paúl Ricaurte

Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a Aquiles Alejandro Encalada Peláez y Director del Proyecto Msc. Byron Herrera, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en este trabajo, excepto las que contienen su propia fuente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Aquiles Alejandro Encalada Peláez.

C.I. 1721380531

Autor del proyecto.



MSc. Byron Herrera.

C.I. 0603228834

Director del Proyecto de Investigación

DEDICATORIA

Dedico esta tesis al grupo de investigación de Producción Animal e Industrialización PROANIN por ayudarme en mi formación académica, a mis padres Mario Encalada y Pilar Peláez por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria, a mis compañeros de trabajo y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de este proyecto va dirigido principalmente a Dios, a mi familia que me a sabido guiar en toda mi formación profesional y me apoyaron en todo momento.

De manera especial al MSc. Byron Herrera y a la Dra. Davinia Sánchez Macías por dirigir este trabajo de investigación y en este transmitir sus conocimientos, por ser un gran ejemplo para muchos estudiantes, por todo el apoyo para cumplir este objetivo en mi vida.

A los docentes y estudiantes miembros del grupo de investigación de Producción Animal e Industrialización PROANIN de la Universidad Nacional de Chimborazo que han sido un gran apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

Aquiles Alejandro Encalada Peláez.

ÍNDICE

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	I
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
1.INTRODUCCIÓN	10
2.OBJETIVOS	13
2.1.Objetivo General	13
2.2.Objetivos Específicos.....	13
3.ESTADO DEL ARTE RELACIONADO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN	13
3.1.Carne	13
3.2.Calidad de la Carne	14
3.3.Factores que interfieren la calidad de la carne	14
3.4.Cocción de la carne	17
3.5.Prueba de Warner Bratzler	17
3.6.Texturómetro.....	18
4.METODOLOGÍA	19
4.1.Tipo de estudio.....	19
4.2.Población y muestra	19
4.3.Procedimiento	20
4.3.1.Preparación de las muestras	20

4.4.Análisis de textura.....	20
4.5.Análisis estadístico.....	21
5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1.RESULTADOS.....	22
5.1.1.Dureza	22
a.Efecto temperatura de cocción	22
b.Efecto tiempo de cocción.....	23
5.1.2.Trabajo terminado.	24
a.Efecto temperatura de cocción	24
5.1.3.Trabajo total	25
5.2.DISCUSIÓN	27
5.2.1.Efecto temperatura tiempo de cocción.....	27
6.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
6.1.CONCLUSIONES	30
6.2.RECOMENDACIONES	30
7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
8.ANEXOS	35
8.1.FOTOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de muestras	19
Tabla 2 Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TexturePro CT Brookfield.....	21
Tabla 3 Valores medios de dureza efecto temperatura aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler	22
Tabla 4 Valores medios de dureza efecto tiempo aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.	23
Tabla 5 Valores medios de trabajo terminado efecto temperatura aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.....	24
Tabla 6 Valores medios de trabajo total efecto temperatura aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.....	25
Tabla 7 Valores medios de trabajo total efecto tiempo aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.	26

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield USA	20
Ilustración 2. Obtención de la muestra 2mm x 1mm x 1mm.....	35
Ilustración 3. Texturómetro Brookfield de corte y cizallamiento	35
Ilustración 4. Sondas de corte del texturómetro Brookfield	36
Ilustración 5. Gráfico de corte del texturómetro.....	36

RESUMEN

La textura es un parámetro que nos ayuda a determinar la ternura de la carne y productos cárnicos. La prueba de Warner Bratzler es uno de los análisis más conocidos para determinar textura en carne, donde interfieren factores como el tiempo y temperatura de cocción. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tiempo y temperatura de cocción, y tipo de sonda aplicado en muestras de lomo de carne vacuno empleando la prueba del análisis de Warner- Bratzler. A partir de cuatro lomos *Longissimus dorsi*, que se les aplicó 4 combinaciones de temperatura (70 °C y 80 °C) y tiempo de cocción (20 min y 40 min), aplicando la prueba de Warner Bratzler para tres sondas (cuadrada, V y VO), donde se repitió 12 veces la prueba, teniendo 576 muestras. Se comparó tanto el efecto temperatura y tiempo, mediante un procedimiento de análisis de la varianza de medidas repetidas (SAS v. 11). Las variaciones de temperatura y tiempo dentro de la prueba de Warner Bratzler al comparar tres tipos de sondas, reflejaron resultados donde son factores que afectan directamente a los parámetros de textura instrumental en carne. El tipo de sonda cuadrada afecta directamente en el parámetro de dureza presentando resultados muy superiores a diferencia de las otras dos sondas. Al analizar las variaciones de temperatura se evidenció diferencias significativas claras. La temperatura y tiempo de cocción interfieren de manera directa en la prueba de Warner Bratzler.

Palabras claves: Warner Bratzler, temperatura, tiempo de cocción.

Abstract

The texture is a parameter that helps us determine the tenderness of meat and meat products. The Warner Bratzler test is one of the best-known analyses to determine the composition in meat, where factors such as cooking time and temperature interfere. The objective of this investigation was to evaluate the effect of cooking time and cold, and the type of probe applied in beef tenderloin samples using the Warner-Bratzler analysis test. From four loins Longissimus dorsi, which were applied four combinations of temperature (70 °C and 80 °C) and cooking time (20 min and 40 min), using the Warner Bratzler test for three probes (square, V and VO), where the experiment was repeated 12 times, taking 576 samples. Both the temperature and time effect were compared, using a procedure of analysis of the variance of repeated measures (SAS v. 11). The variations in temperature and time within the Warner Bratzler test when comparing three types of probes, reflected results where they are factors that directly affect the parameters of instrumental texture in the meat. The type of square investigation directly affects the hardness parameter, presenting very superior results, unlike the other two probes. When analyzing temperature variations, apparent significant differences were evident. The temperature and cooking time directly interfere with the Warner Bratzler test.

Keywords: Warner Bratzler, temperature, cooking time.



Reviewed by: Chávez, Maritza

Language Center Teacher



1. INTRODUCCIÓN

Según detalla el Codex Alimentarius se define la carne como “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin”. La carne se compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos (CODEX, 1973).

La carne se ofrece al consumidor como un producto de base y ha venido formando parte de la alimentación del hombre desde siempre. La evolución del consumo de este producto a lo largo de la historia nos lleva a recordar los pretéritos episodios de caza hasta los modernos sistemas de producción de los animales domésticos. Así, los actuales sistemas de producción permiten que el mundo disponga de una provisión de consumo de carne estimada de 37kg anuales per capita en 2030 (FAO, 2015).

En términos generales, la calidad puede definirse como la medida en que un producto o un servicio satisface a lo largo del tiempo las expectativas del usuario o consumidor. En el caso de la carne resulta cuando menos complicado definir el concepto de “calidad de carne” ya que se trata de un producto muy heterogéneo y existe un importante componente subjetivo sobre los criterios que determinan su calidad (color, la textura, jugosidad).

Un parámetro importante dentro de un control de calidad en carnes y productos cárnicos es la textura, donde intervienen varios factores por los que se podrá determinar su calidad. A la hora de establecer la calidad en la carne hay que tener en cuenta los componentes intrínsecos de esta, como por ejemplo el colágeno. Este es el principal componente del tejido conectivo, y se encuentra de manera abundante en el organismo, sobre todo en la piel y los huesos, así como en los músculos formando fascias. El tejido conectivo posee una contribución apreciable a la dureza de la carne, y se encuentra constituido por dos fracciones principales: el colágeno y la elastina (Acevedo, 2012).

La textura es un parámetro que nos ayuda a determinar la terneza de la carne y productos cárnicos. Al momento de establecer la calidad en la carne se debe tener en cuenta varios factores. Efecto endurecedor de las fibras y el ablandador del colágeno

dependen del tiempo y de la temperatura de cocinado (Dransfield, 1977). Es el factor tiempo el más importante en el caso del colágeno, mientras que para las fibras lo es la temperatura. Por ejemplo, para músculos o trozos de carne que poseen sólo pequeñas cantidades de tejido conectivo (por ejemplo, el lomo) se usan métodos de cocinado que combinan calor seco y tiempos cortos para minimizar el efecto endurecedor sobre las fibras musculares (Resurreccion, 2004)

Al momento de cocinar la carne se debe tomar en cuenta la temperatura a la que se va a someter la carne. La temperatura de cocción es un factor que determina la calidad de los productos cárnicos; altas temperaturas pueden acortar el tiempo de vida del producto y el tiempo de procesamiento, pero también pueden producir pérdida de la calidad textural de la carne. Este incremento en la temperatura final está asociado con el aumento de pérdidas por humedad, la concentración de lípidos, proteína y ciertos ácidos grasos, así como la disminución de la jugosidad, el color rosado y sabores metálicos (Cheftel, 1997).

La textura se puede evaluar mediante métodos sensoriales o instrumentales. El método instrumental se trata de un ensayo de corte que mide la fuerza máxima para cortar una muestra de carne con dimensiones estándares, (Holman, 2017). La prueba de Warner-Bratzler se trata de una medida imitativa de la fuerza de corte durante la masticación, que se utiliza principalmente en muestras de carne (Roudot, 2004). Esta prueba nos permite medir la ternura de la carne mediante un corte de las muestras. Se han establecido estándares de prueba de esfuerzo de corte para determinar la mejor ternura de la carne para diversos tipos de carne.

Existe gran cantidad de información bibliográfica aplicando la prueba de Warner Bratzler, el mayor problema radica en el tiempo y temperatura de cocción. Los cambios más drásticos en las proteínas del músculo son debidos al calentamiento. Los mayores efectos se observan en las proteínas miofibrilares entre 30 y 50°C y se completan a 60°C (Paul D. Jolley, 1981). En el rango de temperatura entre 50 y 55°C los cambios son inapreciables estos parecen ser debidos a la desnaturalización del colágeno (Gilbert, 1976).

El cocinado de la carne es un factor de gran importancia pues influye en muchas características de su calidad. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor. Durante el cocinado se producen dos cambios fundamentales: las fibras musculares se hacen más duras por coagulación, y el tejido conectivo se hace más blando, por conversión del colágeno en gelatina (J. Lepetit, 1994).

Sin embargo, se ha observado que no existe un protocolo estandarizado para determinar el tiempo y temperatura de cocción en la prueba de Warner-Bratzler que sirva de guía, o trabajos bien definidos en este ámbito que establezcan un procedimiento concreto. Además para la prueba de Warner Bratzler, se cuenta con varios tipos de sondas, que difiere entre ellos, por lo cual ofrecen resultados diferentes. Por lo tanto, se crea la necesidad de estandarizar un protocolo para determinar el tiempo, temperatura de cocción, y sonda Warner Bratzler para obtener información sobre las características de textura instrumental de la carne que puedan ser utilizadas por otros investigadores.

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto del tiempo y temperatura de cocción, y tipo de sonda aplicado en muestras de carne de lomo vacuno empleando la prueba del análisis de Warner- Bratzler.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de cocción, y tipo de sonda aplicado en muestras de carne de lomo vacuno empleando la prueba del análisis de Warner- Bratzler.

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las muestras de carne de lomo vacuno aplicando la prueba de Warner- Bratzler por medio de un texturómetro variando tiempo y temperaturas de cocción de las muestras.
- Evaluar el efecto de los tres tipos de sondas de Warner- Bratzler sobre los parámetros individuales de la prueba de textura instrumental de la carne.
- Proponer un protocolo instrumental de la carne de lomo vacuno basándose en las diferencias y similitudes encontradas según protocolos de cocción y sondas de Warner- Bratzler.

3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Carne

El Codex Alimentarius define la carne como la parte comestible de los músculos de animales sacrificados en condiciones higiénicas, incluye vaca, oveja, cerdo, cabra, caballo y camélidos sanos y se aplica también a animales de corral, caza, de pelo y plumas y mamíferos marinos, declarados aptos para el consumo humano (Llana 1996), con un contenido promedio de 18 % de acuerdo a Libby, J. (1986), Hart y Fisher (1987).

Según Kirk, R. (1999), las especies convencionales para carne en el mundo incluyen el ganado vacuno, los búfalos, el ganado ovino, los cerdos, las cabras, los venados, los caballos y diversas especies de ave de corral y de caza. Tradicionalmente, se considera que la carne es una de las principales fuentes de proteína y, en opinión de la mayoría de los consumidores occidentales, es fundamental para la salud y el bienestar. La carne se

compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos.

Según detalla el Código Alimentario Español (2017), se entiende por carne a la parte muscular comestible de los animales de abasto sacrificados y faenados en condiciones higiénicas. Se incluyen las porciones de grasa, hueso, cartílago, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos linfáticos y sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de él en los procesos de manipulación, preparación y transformación.

3.2. Calidad de la Carne

En términos generales, la calidad puede definirse como la medida en que un producto o un servicio satisfacen a lo largo del tiempo las expectativas del usuario o consumidor. En el caso de la carne resulta cuando menos complicado definir el concepto de “calidad de carne” ya que se trata de un producto muy heterogéneo y existe un importante componente subjetivo sobre los criterios que determinan su calidad (color, la textura, jugosidad). A esta dificultad se añade también que, a la hora de valorar el color, la textura, la jugosidad, el sabor y el aroma de la carne no existen métodos objetivos (instrumentales) de fácil aplicación en el mercado que permitan medir estos atributos (Allen, 1970).

Desde otro punto de vista, el término “calidad de carne” puede interpretarse atendiendo a aspectos higiénicos durante su producción, a su valor nutritivo o a las características organolépticas o tecnológicas (Mohino, 1993)

3.3. Factores que interfieren la calidad de la carne

Entre algunos de los principales factores tenemos los siguientes: composición química, pH, color, textura, jugosidad, color, por el sexo, la raza, o no dependientes del propio animal, como pueden ser la alimentación, el transporte o el sistema de producción.

pH

El pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta varias de sus cualidades (color, capacidad de retención de agua, etc.). El pH es definido como el logaritmo negativo de la concentración de protones. Tiene una escala entre 0 y 14. Un valor de pH por debajo de 7 es considerado como ácido, y por encima de un valor de 7 se considera alcalino o también denominado básico. El pH del músculo de animales sanos y vivos es de alrededor de 7.04 (Johnson, 1994).

Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua se puede definir como la aptitud de la carne para mantener ligada su propia agua, incluso bajo la influencia de fuerzas externas (presión, calor, etc.), o también como la aptitud para fijar agua añadida (Swatland, 1991). Hamm (1960), define el término CRA se define como la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración. Otros autores distinguen la CRA como capacidad de retener el agua propia y la CLA (capacidad de ligar agua) como capacidad para retener el agua añadida (Carballo y López de Torre, 1991).

A partir de esta propiedad dependen otras propiedades entre ellas el color, la dureza y la jugosidad de la carne y de los productos cárnicos (Hamm 1960, 1977b; Offer y col., 1989). Determina dos importantes parámetros económicos: las pérdidas de peso y la calidad de los productos obtenidos. Las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación y pueden alcanzar al 4-5% del peso inicial, siendo corrientes pérdidas del 1,5 al 2%. Por ello, el estudio de esta propiedad es muy importante a la hora de caracterizar la calidad de una carne.

Color

El color de la carne fresca es el principal atributo que influye en la decisión de compra, dado que el consumidor asocia el color con el grado de frescura y calidad (Brewer et al., 2002).

En la carne, al igual que otros materiales no metálicos, al incidir un rayo de luz en su superficie se produce una reflexión difusa, esa reflexión es lo que se define como el color. Así, al incidir una luz blanca sobre una sustancia, ciertas longitudes de onda que componen esa luz blanca, serán absorbidas por la muestra, el color estará formado por la combinación de aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas por la sustancia.

El color percibido ha sido definido por CIE (Comisión Internationale de L'Éclairage) como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de componentes cromáticos y acromáticos (Alberti et al., 2005).

Textura

Según la norma ISO 5492:2 la textura se define como “todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos” (Rosenthal, 1999). La textura de los alimentos es un conjunto de sensaciones distintas, un parámetro multidimensional, y por ello es complicado obtener una definición válida de la misma consultando el diccionario. Por este motivo, diversos autores han propuesto sendas definiciones (Scott-Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa-Morales, 1994) de las que se podría escoger como la más adecuada la siguiente: “textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.” No se puede hablar de la textura de un alimento como una propiedad única de éste, sino que hay que referirse a los atributos o a las propiedades de textura de ese alimento (Anzaldúa-Morales, 1994).

Han existido muchos intentos de estandarizar las metodologías para medir objetivamente la textura. En el ámbito internacional destacan los trabajos de Boccard y col. (1981) y Hönikel (1997). En general, los métodos instrumentales para medir la textura de los alimentos se pueden clasificar en tres tipos: fundamentales, empíricos e imitativos (Beltrán y Roncalés, 2000).

3.4. Cocción de la carne

El cocinado de la carne es un factor de gran importancia pues influye en muchas características de su calidad. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor. Por ejemplo, para músculos o trozos de carne que poseen sólo pequeñas cantidades de tejido conectivo (por ejemplo, el lomo) se usan métodos de cocinado que combinan calor seco y tiempos cortos para minimizar el efecto endurecedor sobre las fibras musculares (Resurreccion, 1994).

El color también se ve afectado por el cocinado. A medida que progresa el calentamiento, el color de la carne se convierte en marrón, y la intensidad de este color depende de la temperatura y de la cantidad de azúcares reductores presentes (Sharp, 1957; Pearson y col., 1962, 1966). Parte del cambio de color observado durante el calentamiento es resultado de la desnaturalización de la mioglobina y de la hemoglobina residual (Kramlich y col., 1973; Hultin, 1985). Debido al calentamiento también se produce una fusión de la grasa, que junto con los cambios en la CRA de la carne dan lugar a variaciones en propiedades sensoriales como la jugosidad (Resurreccion, 1994). El desarrollo del flavor de la carne se produce a temperaturas superiores a los 70°C (Cross y col., 1986).

Dentro de los métodos de cocinado, el calentamiento en seco se caracteriza por usar tiempos cortos y temperaturas altas, pero produce un endurecimiento excesivo y, generalmente, no se recomienda. Por su parte, los valores de pérdidas por cocinado son menores para filetes asados al horno que para los asados a la plancha (McCrae y Paul, 1974; Resurreccion, 1994). Un método muy utilizado en los últimos tiempos, el cocinado con microondas, produce mayores pérdidas por goteo que los métodos de asado convencionales (McCrae y Paul, 1974; Howat y col., 1987).

3.5. Prueba de Warner Bratzler

El dispositivo Warner-Bratzler utilizado con un Texturómetro posibilita medir la fuerza requerida para cortar un trozo de carne. El dispositivo consiste en un bastidor de acero

que tiene una cuchilla de corte triangular. Para probar una muestra de carne, la muestra de carne se cocina, se enfría y luego se corta en muestras lo más precisas para hacer el ensayo. Aunque no sea posible obtener las muestras exactas.

3.6. Texturómetro

El analizador de textura ha cobrado gran auge entre los especialistas de textura, así como en diversas empresas productoras de alimentos y materias primas para la industria de alimentaria (Delgado, 2013).

Hoy en día, el equipo más usado para determinar los parámetros requeridos de textura es el Texturómetro, los texturómetros simulan la evaluación sensorial de la textura durante el consumo (corte, mordisco y/o masticación de los dientes, incisivos y molares) midiendo las fuerzas involucradas cuando se somete una muestra a una compresión. Estos equipos recopilan la mayoría de pruebas que pueden ejecutarse en un solo aparato, de las cuales podemos encontrar:

- 1) Prueba normal: un solo ciclo de compresión, penetración
- 2) Prueba de tiempo de espera: comprimir y mantener
- 3) Prueba de recuento de ciclos: comprimir varias veces
- 4) Prueba de floración: prueba de resistencia a la floración de gelatina
- 5) Prueba de TPA: análisis de perfil de textura
- 6) Prueba de tensión: pruebas de tracción
- 7) Prueba Surimi: fuerza del gel
- 8) Prueba de carga estática: verificación de calibración

Con estos tipos de pruebas se pueden cuantificar las propiedades físicas de cualquier producto alimenticio o no alimenticio, ya sea porque se busca crear un producto innovador, la reformulación de uno ya existente o comparar la textura de nuestro producto con el de nuestros competidores. Se puede analizar desde productos muy blandos como geles, pectinas, hidrocoloides o cremas, hasta productos de extremada resistencia como caramelos duros, almendras, piensos, etc.

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de estudio

El presente trabajo reúne las condiciones metodológicas de una investigación cuantitativa, ya que se recogió datos, para posteriormente identificar, cuantificar y describir las características de los parámetros texturales de la carne. Además, es experimental porque se manejaron variables no comprobadas en condiciones que el investigador pueda controlar. También se realizó una investigación comparativa ya que comparamos parámetros medidos con distintas sondas, tiempos y temperaturas de cocción aplicando la prueba instrumental de Warner- Bratzler para muestras de carne.

4.2. Población y muestra

Este estudio se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Se seleccionó el músculo *Longissimus dorsi*, procedente de bovinos de raza Brahma de 1 año de edad al sacrificio, de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador. Posterior al análisis instrumental la carne fue cocinada a 2 temperaturas y dos tiempos de cocción, la prueba de Warner-Bratzler se realizó con ayuda del texturómetro, con tres diferentes sondas. Se evaluaron 4 lomos a los que se les aplicó 4 combinaciones de temperatura y tiempo de cocción. Por cada tipo de sonda se repitió 12 veces la prueba de Warner-Bratzler. Por tanto tenemos 4 lomos x 3 sondas x 4 combinaciones de temperatura y tiempo de cocción x 12 repeticiones, hacen un total de 576 muestras como se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1 Clasificación de muestras

Variaciones		Sondas Aplicadas		
Temperatura	Tiempo	Cuadrada	V	Vo
70	20min	12 repeticiones	12 repeticiones	12 repeticiones
	40min	12 repeticiones	12 repeticiones	12 repeticiones
80	20min	12 repeticiones	12 repeticiones	12 repeticiones
	40min	12 repeticiones	12 repeticiones	12 repeticiones

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

4.3. Procedimiento

4.3.1. Preparación de las muestras

El lomo fue dividido en 4 partes, estas proporciones fueron empacadas para posteriormente ser cocidas (70°C a 20 min, 70°C a 40 min, 80°C a 20 min y 80°C a 40 min). Para la preparación de las muestras se llevó a cabo según el protocolo del método de Warner Bratzler donde indica que deberán ser muestras rectangulares con dimensiones de 20 mm de largo, ancho 10 mm y una profundidad de 10 mm teniendo en cuenta que la fibra muscular estuviera orientada paralelamente al eje longitudinal del paralelepípedo (Rhodes, 1972).

4.4. Análisis de textura

El análisis de perfil de textura se realizó según en el método de Warner Bratzler (Roudot, 2004). Aplicando este método, la cizalla triangular recorrió una distancia de 25 mm aplicando una fuerza o carga de activación de 0,02 N a una velocidad de 5,00 mm/seg.



Ilustración 1. TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield USA

Para la realización del análisis del perfil de textura se utilizó un texturómetro de prueba universal (ilustración 1) TexturePro CT3 V1.6 Build 26, marca Brookfield, USA Del

TA GENERAL PROBE KIT, se utilizaron sondas comunes para esta prueba denominadas:

- Cuadrada
- V (triangular)
- Vo (triangular con orificio)

Donde se evaluó los parámetros presentados en la tabla 2.

Tabla 2 Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TexturePro CT Brookfield.

Parámetro	Definición sensorial	Definición matemática	Unidades
Dureza	Máxima fuerza requerida para comprimir un alimento entre las muelas.	Valor máximo de carga del ciclo 1 de compresión.	g x cm
Trabajo terminado	Trabajo necesario para vencer la fuerza interna de mantiene un alimento unido.	Área por debajo de la curva Carga vs Distancia desde el comienzo del ciclo hasta el valor objetivo (carga o distancia).	g x cm
Trabajo total	Trabajo necesario para vencer la fuerza interna que mantiene un alimento unido más el trabajo recuperado tras el análisis.	Dureza terminada + Trabajo recuperable terminado.	g x cm

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

4.5. Análisis estadístico

Tras la tabulación de los datos se realizó el análisis con el programa estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2008). Se aplicó un procedimiento de ANOVA de medidas repetidas, el cual analizó el efecto temperatura y tiempo en las tres sondas en muestras de carne sobre los diferentes parámetros de la prueba de Warner Bratzler, aplicando un Test de Tukey ($P < 0,05$) para observar diferencias entre los valores medios.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Dureza

a. Efecto temperatura de cocción

A continuación se presentan los resultados obtenidos de dureza, observando como interfiere en los resultados de temperatura de cocción realizando la prueba de Warner Bratzler, comparando diferentes sondas. Como podemos observar en la tabla 3 la temperatura de cocción interfiere en las cuatro variaciones de temperatura- tiempo, comparando las tres sondas, la sonda cuadrada difiere significativamente a diferencia de las otras dos sondas, como se presenta en todas las variaciones de temperatura y tiempo dicha sonda presenta valores más altos en el parámetro de dureza.

Al comparar la temperatura en cada uno de sus tiempos de cocción para la temperatura de 70°C solo presentó diferencias significativas para la sonda Vo, en cambio que 80°C a 20 min de cocción difiere significativamente para la sonda cuadrada y V, de forma global podemos decir que al aumentar la temperatura y tiempos de cocción si se observa el incremento en los valores de dureza pero no en todas las sondas.

Tabla 3 Valores medios de dureza efecto temperatura aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler

Temperatura (°C)	Tiempo	Dureza (g*cm)			
		Sondas Aplicadas			
		Cuadrada	V	Vo	EEM
70	20min	70.94 ^a	46.69 ^b	39.28 ^{bz}	1.90
	40min	77.65 ^a	54.6 ^b	32.19 ^{cy}	2.32
	EEM	2.52	2.04	1.31	
80	20min	75.19 ^{az}	41.54 ^{bz}	45.72 ^b	2.11
	40min	57.21 ^{ay}	55.34 ^{aby}	49.88 ^b	1.20
	EEM	2.31	1.76	1.60	

a - c: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05).

EEM: Error estándar medio

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

b. Efecto tiempo de cocción

En la tabla 4 se presentan los valores medios de dureza, al observar el efecto tiempo en las diferentes temperaturas de cocción analizando tres sondas en la prueba de Warner Bratzler. Como se observa el tiempo de 20 min de cocción tanto para 70 y 80°C no presenta diferencias significativas al comparar entre las sondas, por otro lado la sonda cuadrada difiere significativamente con las otras dos sondas, dicha tendencia no se observa en los 40 min, por otro lado la sonda cuadrada sigue presentando valores superiores en el parámetro de dureza.

Al comparar cada una de las temperaturas de cocción en cada sonda, se encontró diferencias estadísticas en la sonda cuadrada a 40 min, donde a 80 °C presento una mayor dureza, este efecto no se ve reflejado en las dos sondas restantes. Por otro lado, a 40 min en la sonda Vo se observa una diferencia significativa pero a 80°C presenta mayor dureza por lo que se diría que la temperatura de cocción no interfiere al comparar entre sondas en la prueba de Warner Bratzler.

Tabla 4 Valores medios de dureza efecto tiempo aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.

Tiempo	Temperatura (°C)	Dureza (g*cm)				EEM
		Sondas Aplicadas				
		Cuadrada	V	Vo		
20 min	70	70.94 ^a	46.69 ^b	39.28 ^b	1,89	
	80	75.19 ^a	41.55 ^b	45.72 ^b	2,11	
	EEM	2.31	2.04	1.58		
40 min	70	77.65 ^{az}	54.6 ^b	32.18 ^{cy}	2,32	
	80	57.21 ^{ay}	55.34 ^a	49.87 ^{bz}	1,20	
	EEM	2.56	1.61	1.6		

a - c: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05).

EEM: Error estándar medio.

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

5.1.2. Trabajo terminado.

a. Efecto temperatura de cocción

A continuación, se detalla los resultados del parámetro trabajo terminado, observando si existe un efecto de temperatura de cocción comparando en tres sondas. En la tabla 5 se presentan las medias para cada una de las variaciones de temperatura y tiempo, al comparar en cada sonda, a 70°C por 20min no existen diferencias entre dichas sondas, esto no sucede en el resto de combinaciones, por otro lado, se observa que el trabajo terminado depende mucho de la sonda que sea utilizada puesto que existen diferentes resultados en las tres variaciones de temperatura y tiempo.

Al comparar entre tiempos de cocción en cada una de las temperaturas solo se observó diferencias significativas en la sonda Vo teniendo que a 70°C a 20 min presento un trabajo terminado superior que a 70°C a 40 min de cocción, en el resto de variaciones no se observa ninguna diferencia estadística, diciendo que el tiempo no se encuentra afectando el trabajo terminado de la carne en cada una de las sondas estudiadas.

Tabla 5 Valores medios de trabajo terminado efecto temperatura aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.

Trabajo terminado					
		Sondas Aplicadas			
Temperatura (°C)	Tiempo	Cuadrada	V	Vo	EEM
70	20min	4153.65	4320.54	4562.75 ^z	123.8
	40min	4194.7 ^a	4960.92 ^a	3661.18 ^{by}	128.68
	EEM	128.46	175.42	151.53	
80	20min	3994.38 ^a	4116.94 ^b	4946.75 ^{ab}	128.35
	40min	3488.42 ^a	4714.06 ^{ab}	4501.62 ^b	137.97
	EEM	129.71	165.18	175.67	

a - c: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05).

EEM: Error estándar medio.

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

b. Efecto tiempo de cocción

En la tabla 6 se presentan los valores medios del parámetro trabajo terminado, observando un efecto de tiempo de cocción comparando las tres sondas utilizadas en la

prueba de Warner Bratzler. Al comparar entre sondas se puede observar que existe diferencias significativas para tres variaciones de temperatura excepto a 20 min a 70°C.

Al comparar entre temperaturas para el trabajo terminado se observan diferencias significativas en la sonda Vo a 20 y 40 min, sonda V a 20 min y sonda cuadrada a 40 min.

Tabla 6 Valores medios de trabajo terminado efecto tiempo aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.

		Trabajo terminado				
		Sondas Aplicadas				
Tiempo	Temperatura	Cuadrada	V	Vo	EEM	
20 min	70	4153.65	4320.54 ^z	4562.75 ^y	123.80	
	80	3994.37 ^b	4116.94 ^{ay}	4946.75 ^{az}	128.35	
	EEM	121.46	178.51	150.48		
40 min	70	4194.7 ^{bz}	4960.92 ^a	3661.94 ^{by}	128.67	
	80	3488.42 ^{by}	4714.06 ^a	4501.63 ^{az}	137.97	
	EEM	139.13	156.33	175.4		

a - c: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05).

EEM: Error estándar medio.

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

5.1.3. Trabajo total

a. Efecto temperatura de cocción

En la tabla 7 se detalla el trabajo total comparando diferentes sondas con cuatro variaciones de temperatura y tiempo de cocción, como se observa en la tabla 7. Para este parámetro se observa diferencias significativas en tres variaciones de temperatura tiempo de cocción excepto a 70°C a 20 min, dichas diferencias fluctúan en las tres sondas y para las tres variaciones sin tener una tendencia clara.

Al momento de comparar si existe diferencias entre los tiempos de cocción en cada una de las temperaturas de cocción se observa solo diferencias significativas en la sonda Vo a 70 °C, donde a 20 min de cocción presenta valores mayores de trabajo terminado.

Tabla 1 Valores medios de trabajo total efecto temperatura aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.

Trabajo total					
		Sondas Aplicadas			
Temperatura (°C)	Tiempo	Cuadrada	V	Vo	EEM
70	20min	4176.98	4359.54	4608.44 ^z	123.51
	40min	4247.43 ^{ab}	5008.58 ^a	3717.19 ^{by}	129.12
	EEM	128.82	175.08	151.94	
80	20min	4020.42 ^b	4189.52 ^b	4981.71 ^a	129.17
	40min	3549.71 ^b	4747.77 ^a	4543 ^a	138.80
	EEM	130.21	166.11	177.32	

a - c: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05).

EEM: Error estándar medio; C.V: Coeficiente de variación.

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

b. Efecto tiempo de cocción

En la tabla 8 se presentan valores medios de trabajo total observando el tiempo de cocción comparando tres sondas para la prueba de Warner Bratzler. Se evidenció la misma tendencia que el trabajo terminado donde existió diferencias significativas en todas las variaciones excepto a 20 min a 70°C.

Tabla 2 Valores medios de trabajo total efecto tiempo aplicando tres tipos de sondas en la prueba de Warner- Bratzler.

Trabajo Total					
		Sondas Aplicadas			
Tiempo	Temperatura	Cuadrada	V	Vo	EEM
20	70	4176.98	4359.54	4608.44	123.51
	80	4020.42 ^b	4189.52 ^b	4981 ^a	129.17
	EEM	121.87	178.35	151.21	
40	70	4247.43 ^{abz}	5008.58 ^a	3717.19 ^{by}	129.12
	80	3549.71 ^{by}	4747.77 ^a	4543 ^{az}	138.80
	EEM	139.74	157.36	176.71	

a - c: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05).

EEM: Error estándar medio.

Fuente: Encalada. A, Herrera. B (2019)

Al comparar entre temperaturas solo existió diferencias estadísticas para la sonda cuadrada a 40 min y sonda Vo al mismo tiempo.

5.2. DISCUSIÓN

5.2.1. Efecto temperatura tiempo de cocción

Durante el proceso de cocción de la carne se llevan a cabo un sin número de fenómenos, entre ellos existen dos cambios fundamentales: el factor tiempo uno de los más importantes en el caso de la degradación del colágeno, mientras que para las fibras la temperatura de cocción, es decir que efecto endurecedor de las fibras y el ablandador del colágeno dependen del tiempo y de la temperatura (Dransfield, 1977). Las fibras musculares se hacen más duras por coagulación, y el tejido conectivo se hace más blando, por conversión del colágeno en gelatina (Lawrie, 1966; Davey y Gilbert 1974; Harris y Shorthose, 1988). La temperatura también es la responsable de disminuir el tamaño de las fibras musculares tanto en longitud como en diámetro, es por esta razón el cambio de apariencia de la carne bovina al momento de la cocción.

Al momento de cocinar la carne el primer proceso producido es la coagulación de las proteínas musculares, que comienza entre 30 y 40°C. Este proceso continúa y a los 50°C se completa la degradación de la α -actinina, que es la más lábil de todas estas proteínas. Al alcanzar temperaturas de 55°C se vuelven insolubles las cadenas ligeras de la miosina, y al superar los 70-80°C lo hace la actina. La miosina y la troponina son las proteínas más resistentes al calor y coagulan a 80°C (Bouton y col., 1975; Stabursvik y Martens, 1980; Resurreccion, 1994). Simultáneamente a la coagulación se produce un descenso en la Capacidad de retención de agua de la carne que se produce al alcanzar temperaturas entre 40 y 50°C y continúa hasta la temperatura final de cocinado (Hamm, 1966). En cambio que la degradación del colágeno aparece alrededor de los 70°C, pero la gelificación completa no se puede producir hasta alcanzar los 100°C, a menos que el calentamiento se continúe durante un prolongado periodo de tiempo (Lawrie, 1966). En pruebas en textura Machlik y Draudt (1963) encontraron en el músculo m. semitendinosus que los valores de la fuerza de cizallamiento variaban poco a

temperaturas hasta 50°C, pero decrecían en muestras cocinadas a 54°C y alcanzaban un mínimo en las cocinadas a 60-64°C, se supone que debido a la contracción del colágeno.

La temperatura y tiempo de cocción se ve íntimamente relacionadas con la prueba de Warner Bratzler, Dransfield (1977) señala que en la carne cocida, la textura lleva consigo dos componentes principales: terneza y jugosidad. Como se observó la temperatura influyo significativamente en la dureza de la carne al momento de comparar entre las tres diferentes sondas la sonda cuadrada presento variaciones de los resultados. La fuerza de cizallamiento que ocurre al realizar la prueba de Warner Bratzler asocia la fuerza que necesaria para cortar la muestra con el diámetro de la muestra pero también se encuentra presente la forma puesto que se observó que con la sonda cuadrada necesita mayor fuerza para que se lleve a cabo la prueba.

Dentro de los atributos de la textura, el más destacado es la dureza. En este sentido, numerosos estudios sensoriales y de laboratorio muestran que la dureza es el atributo más importante en la carne de vacuno (AMSA, 1978). La dureza de la carne cocinada se atribuye, fundamentalmente, al tejido conectivo y a las proteínas contráctiles (Marsh, 1977; Miller, 1994). Para algunos autores (Hill, 1966) la solubilidad del colágeno es el factor fundamental en la dureza de la carne; mientras que otros (Young y Braggins, 1993), señalan que la concentración de colágeno es determinante en la valoración de la dureza de la carne ovina por un panel sensorial, mientras que la solubilidad está más relacionada con la fuerza de corte. También influyen en este parámetro el número y el tamaño de los paquetes de fibras contenidas en el músculo. En animales grandes, como el ganado vacuno, estos paquetes son mayores que en animales más pequeños como el cordero o el cerdo (Carballo y Lopez de Torre, 1991).

Sobre la dureza influyen fundamentalmente tres componentes (Van Hoof, 1981). Por un lado, el tipo de fibras musculares, es decir, el tamaño de los haces de fibras musculares, y el número de fibras que cada uno de ellos contiene, ya que los distintos tipos de estas fibras presentan diferentes capacidades de contracción y de retención de agua y, por tanto, reaccionan de distinta forma a la temperatura. En segundo lugar, inciden sobre la dureza la longitud del sarcómero y de las miofibrillas, de forma que cuanto mayor es el estado de contracción mayor es la dureza. Algunos autores, sin embargo, consideran que

no existe una relación lineal entre estos dos parámetros (Dunn et al., 1993). Otros (Smulders et al., 1990) afirman que la dureza es completamente independiente de la longitud del sarcómero en los músculos de rápida glucólisis post mortem. Davis et al., (1980) afirman que la dureza disminuye a medida que aumenta la longitud del sarcómero. Por último, como ya hemos dicho, influye la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo (Nakamura et al., 1975). Una mayor cantidad de colágeno implica mayor dureza, pero mucho más si está muy polimerizado, con lo que disminuye su solubilidad (Touraille, 1978).

Adicionalmente, la actividad enzimática es muy dependiente de la temperatura y a medida que la temperatura post mortem cae, la actividad de las enzimas implicadas en la degradación miofibrilar, calpaína y calpastatina, disminuye. Por tanto, la degradación miofibrilar, la cual se ha relacionado con descensos en la dureza de la carne, se ve reducida (Miller, 1994). La extensión del ablandamiento es proporcional al nivel de calpaínas y de calpastatina (Shackelford y col., 1991; Koohmaraie, 1992). Shackelford y col. (1991) han observado que el inhibidor de las calpaínas (calpastatina) es el parámetro mejor correlacionado con la dureza tras 14 días de almacenamiento a 2°C, y especularon sobre su papel como regulador de la dureza.

Para el consumidor la dureza tiene una mayor importancia como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie, 1998; Ouali, 1991). Chambers y Bowers (1993) atribuyen a la dureza como el valor comercial de la carne, y Boleman et al., (1997) confirman que el consumidor paga por una carne menos dura. En este sentido también coinciden Dransfield y col. (1984) y Seideman et al., (1989), que afirman que el elemento prioritario considerado por los consumidores al valorar la calidad de la carne es la dureza (su ausencia, claro está). Otros autores señalan que tanto la dureza como el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor (Pearson, 1966; Prescott y Hinks, 1968). Mientras que otros autores opinan que la dureza y el flavor son considerados por los consumidores como los elementos más importantes de la calidad sensorial, mientras que el color es el principal atributo valorado en el punto de compra (Glitsch, 1997).

El conjunto de sensaciones ligadas a la textura son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales; por ello, las técnicas sensoriales de momento son las más válidas para valorar este complejo atributo. Algunos investigadores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Costell y Duran, 1981), y de todos los parámetros instrumentales propuestos, la medida de la dureza es el que suele obtener mejores correlaciones el análisis sensorial.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El estudio destaca el importante papel de las variaciones de tiempo de cocción, los resultados reflejaron que son factores que afectan al parámetro de dureza dentro de la textura instrumental.
- Al analizar las variaciones de temperatura se evidenció diferencias significativas claras, donde la temperatura de cocción afecta de manera directa, demostrando un aumento en el parámetro de dureza a 40 min en las dos temperaturas estudiadas en la prueba de Warner Bratzler, esta diferencia no se observó a 20 min, es decir que a dicho tiempo la temperatura de cocción no difiere significativamente.
- Las muestras de carne analizadas con la sonda cuadrada presentan valores mayores con respecto a las demás sondas en el parámetro de dureza, a diferencia de los valores que se observó con las sondas V y Vo en los parámetros de trabajo terminado y trabajo total.

6.2. RECOMENDACIONES

- Estandarizar un protocolo universal para la prueba Warner Bratzler para comparaciones de estudios a nivel mundial.
- Analizar diferentes tiempos y temperaturas para conseguir mejores resultados en las pruebas de textura.

- Se recomienda realizar estudios aplicando la prueba de Warner Bratzler para diferentes productos con similares características a la carne, para que esta prueba de textura se convierta en un método ampliamente utilizado.
- Apoyar a los estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, especialmente al grupo de investigación PROANIN para que sigan adquiriendo nuevos conocimientos generados mediante la investigación científica.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alais, C. (1985). Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Cuarta edición. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España., 873.
- Ayyash M., Sherkat F., Francis P., Williams R. P. W Y Shah N.P (2011) The effect of sodium chloride substitution with potassium chloride on texture profile and microstructure of Halloumi cheese. *American Dairy Science Association. J. Dairy Sci.* 94 :37–42
- Bayarri, S., I. Carbonell, and E. Costell. (2012). Viscoelasticity and texture of spreadable cheeses with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *J Dairy Sci.* 97: 6926-6936.
- Becker, T., and Puhán Z. (1989). Effect of different processes to increase the milk solids non-fat content on the rheological properties of yoghurt. *Milchwissenschaft* 44:626–629.
- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity; Concept and Measurement. 2nd edn, Academic Press, San Diego.
- Breene, W. M. (1975), application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation*. *Journal of texture studies*, 6: 53-82. Doi:10.1111/j.1745-4603.1975.tb01118.x
- Breuil, P. and Meullenet, J. (2001). A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *J. Text. Stud.* 32, 41-45.
- Codex, S. (1973). Norma Del Codex Para El Queso Crema. Recuperado de www.fao.org/input/download/standards/216/CXS_275s.pdf.
- Delahunty, C. M. and Drake M. A. (2004). Sensory character of cheese and its evaluation. Pages 455-487, in: *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*.

- Vol. 1: General Aspects. 3rd edn. P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, and T. P. Guinee, eds. Elsevier Science & Technology, London.
- Delgado, H. (2013) Medición de textura de jamón de cerdo Zamorano con los texturómetros BrookfieldCT3 e Instron 4444. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Ennis, D. M. (1993). The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8: 353–370.
- García Islas, B. (2006). Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo con el fin de proponer normas de calidad. . Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo. México, 98.
- Gastélum, R.O., Nevárez, G.V, Gastélum, M.G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. Vol. III, No. 1.
- Guinee, T. P., Pudja P. D, and. Farkye N. Y. (1993). Fresh acid-curd cheese varieties. Pages 363–419 in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1. 2nd ed. P. F. Fox, ed. Chapman & Hall, London, UK.
- InLac. (2016). El queso en España. Infografía Queso InLac. Recuperado de: https://www.inlac.es/admin/uploads/files/id_06114249_InfografiaQuesoInLac.pdf
- Kapsalis, J.G. and Moskowitz, H.R. (1978). Views on relating instrumental tests to sensory assessment of food texture. Applications to product development and improvement. *J. Texture Studies* 9, 371-393
- Lucey, J. A., P. A. Munro, and H. Singh. (1998). Rheological properties and microstructure of acid milk gels as affected by fat content and heat treatment. *J. Food Sci.* 63:660–664.
- Martens, R. (1972). Influence de quelques facteurs sur la consistance et le goût du yoghourt brassé. *Rev. Agric.* 3:461–480.
- McKenna, B. (2003). *Texture in Food Volume 1: Semi-solid foods*, edited by McKenna, B. M. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Boca. 425.
- Meilgaard, M. C., Civille G. V., and. Carr B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, Florida.

- Montejano, J.G., Hamann, D.D. and Lanier, T.C. (1985). Comparison of two instrumental methods with sensory texture of protein gels. *J. Texture Studies* 16, 403-424.
- Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Acribia. Zaragoza, España.
- Nogales, D, y Sánchez, D. (2018). Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental (tesis pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- O'Callaghan, D. J. and T. P. Guinee. (2004). Rheology and texture of cheese. Pages 511-540, in: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1: General Aspects. 3rd edn. Elsevier Science & Technology, London.
- Olson, N.F. (1979). Cheese. In *Biotechnology*, Vol. 9, Eds, H.-J. Rehm and G. Reed, 355-384 Weinheim, Germany: Verlag Chemie.
- Phadungath, C. (2003). A study of structure development in cream cheese and the impact of processing conditions on cheese texture, and sensory properties. MS thesis. Univ. of Wisconsin, Madison.
- Sanchez, C., J. L. Beaugerard, M.-H. Chassagne, A. Duquenoy, and J. Hardy. (1994b). Rheological and textural behaviour of double cream cheese.
- Sanchez, C., J. L. Beaugerard, M.-H. Chassagne, J. J. Bimbenet, and J. Hardy. (1994a). Rheological and textural behaviour of double cream cheese. Part I: Effect of curd homogenization. *J. Food Eng.* 23:579–594.
- Schulz-Collins, D., and B. Senge. (2004). Acid and acid/rennet-curd cheeses. Part A: Quark, cream cheese and related varieties. Pages 301–328 in *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 2, Major Cheese Groups. 3rd ed. Elsevier Science & Technology, London, UK.
- Szczesniak, A. S. (1986). Correlating sensory with instrumental texture measurements- an overview of the recent developments. *Journal of Texture Studies*, 18, 1-15.
- Tamime, A. Y., and R. K. Robinson. (1999). *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Van Hekken, D.L. y Farkye, N. (2003). Hispanic Cheese: The quest for cheese. *Food Technology.*, 57: 32-38.

- Voisey, P.W. y Wasik, R, (1978). Measurement the strength of uncooked spaghetti by the bending test. *Can. Inst. Food Sci. J.*, 11(1), 34-37.
- Wendin, K., M. Langton, L. Caous, and G. Hall. (2000). Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chem.* 71:363–378.
- Wium, H., Gross, M. and Qvist, K.B. (19979. Uniaxial compression of UFFeta cheese related to sensory texture analysis. *J. Texture Studies* 28, 455-476.

8. ANEXOS

8.1. FOTOS



Ilustración 2. Obtención de la muestra 2mm x 1mm x 1mm



Ilustración 3. Texturómetro Brookfield de corte y cizallamiento

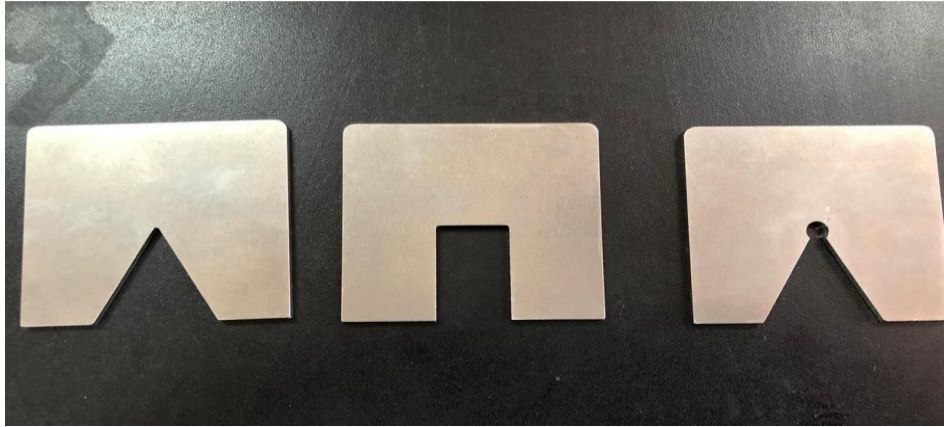


Ilustración 4. Sondas de corte del texturómetro Brookfield

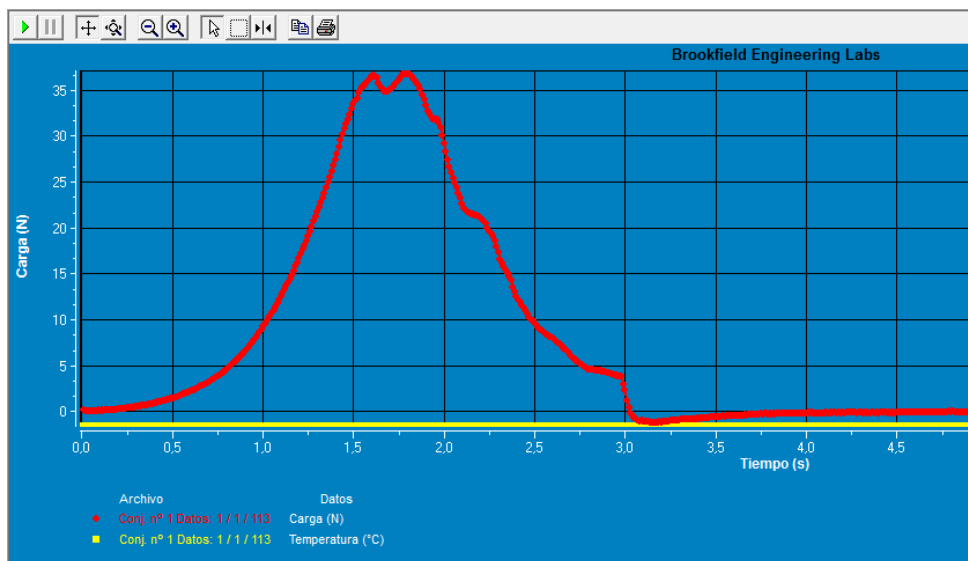


Ilustración 5. Gráfico de corte del texturómetro