

**EVALUACION DE LAS CONDICIONES DEL PROCESO DE MARINADO Y
ABLANDAMIENTO EN TUMBLER DE DIFERENTES CORTES DE CARNE
BOVINA**

ANDREA CANTOR PATIÑO

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2012**

**EVALUACION DE LAS CONDICIONES DEL PROCESO DE MARINADO Y
ABLANDAMIENTO EN TUMBLER DE DIFERENTES CORTES DE CARNE
BOVINA**

ANDREA CANTOR PATIÑO

Trabajo de grado para optar por el título de:
Ingeniero de Alimentos

Directora:
AIDA RODRÍGUEZ DE STOUVENEL

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2012
CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CARNE	13
3.2 FUNCIÓN Y QUÍMICA DEL TEJIDO MUSCULAR	13
3.2.1 Química del tejido muscular	14
3.2.2 Capacidad de retención de agua	16
3.3 PROCESO DE SACRIFICIO Y MADURACIÓN	18
3.4 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	21
3.5 TECNOLOGÍA DE MARINADO	22
4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	28
6. CONCLUSIONES	44
7. RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Caracterización de los factores de diseño experimental del lomo viche.	30
Tabla 2. Análisis estadístico del experimento con corte lomo viche.	31
Tabla 3. Caracterización de los factores del diseño experimental del lomo caracha.	34
Tabla 4. Análisis estadístico del experimento con corte lomo caracha.	35
Tabla 5. Caracterización de los factores del diseño experimental del lomo redondo.	38
Tabla 6. Análisis estadístico del experimento con corte lomo redondo.	39
Tabla 7. Caracterización de los factores del diseño experimental de la punta de anca.	40
Tabla 8. Análisis estadístico del experimento con corte Punta de Anca	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 a. Esquema de la estructura miofibrilar	14
Figura 1 b. Principales proteínas implicadas en la estructura miofibrilar	15
Figura 2. Efecto del PH sobre la capacidad de retención de agua.	17
Figura 3. Diagrama del efecto del PH sobre la capacidad de retención de los miofilamentos.	18
Figura 4. Ruta glicolica.	20
Figura 5. Ilustración del equipo tumbler.	24

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Ganancia total promedio para los cuatro cortes de carne después del proceso de tenderización.	28
Grafica 2. Ganancia de agua para cortes de 302gr de lomo viche.	29
Grafica 3. Ganancia de agua para cortes de 230gr de lomo viche.	29
Grafica 4. Ganancia de agua en el proceso de tumbleado para el lomo viche.	30
Grafica 5. Interacción entre el peso y el tiempo de tumbleado para el lomo vive.	32
Grafica 6. Interacción entre el peso y la velocidad de tumbleado para el lomo viche.	32
Grafica 7. Medias marginales para los cuatro factores del diseño experimental del lomo viche.	33
Grafica 8. Interacción entre el proveedor y el peso del producto para el lomo caracho.	36
Grafica 9. Medias marginales para los cuatro factores del diseño experimental del lomo caracho.	37
Grafica 10. Interacción entre el peso de la muestra y el tiempo de tumbleado para la punta de anca.	42
Grafica 11. Resultado del análisis sensorial para establecer preferencia de proveedores teniendo en cuenta los días de maduración de cada proveedor.	43

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Condiciones de trabajo en tumbler para cada tipo de corte.	48
Anexo 2. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de lomo viche.	50
Anexo 3. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de lomo caracho.	51
Anexo 4. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de lomo redondo.	52
Anexo 5. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de Punta de anca.	53
Anexo 6. Porcentaje de ganancia de agua para los cortes 320gr y 230gr de lomo caracho.	54
Anexo 7. Condiciones en el proceso de tumbleado para los diferentes cortes de lomo caracha.	55
Anexo 8. Porcentaje de ganancia de agua para los cortes 320gr y 230gr de lomo redondo.	56
Anexo 9. Condiciones en el proceso de tumbleado para los diferentes cortes de lomo redondo	57
Anexo 10. Porcentaje de ganancia de agua para los cortes 320gr y 230gr de punta de anca.	58
Anexo 11. Condiciones en el proceso de tumbleado para los diferentes cortes de punta de anca.	59

INTRODUCCIÓN

La carne bovina representa una de las fuentes más importantes de proteínas de alta calidad para la nutrición humana. La calidad de la carne está representada en las características organolépticas o sensoriales, en el valor nutricional y en las condiciones higiénico - sanitarias en las cuales se procesa [1]. El consumidor puede detectar fácilmente la calidad del producto mediante sus características organolépticas, evaluando atributos como el sabor, el color, marmoleo, la terneza y la jugosidad, los cuales dependen de factores como la edad, la raza, la alimentación, la cría y el proceso de sacrificio del animal.

En Colombia los sistemas productivos de carne bovina trabajan con más de 15 razas y sus cruces entre ellas, siendo el más predominante el de tipo racial cebú y sus cruces con Angus, Romosinuano, Holstein y Brahmán, lo que hace imposible obtener una calidad uniforme en todos los cortes de carnes producidos en cualquier industria de alimentos [10].

Por esta razón la industria cárnica y la industria gastronómica, se han dedicado a implementar nuevas tecnologías para realzar y homogenizar la calidad organoléptica de la carne, aumentando así su jugosidad, terneza y rendimiento expresado en base a la absorción de líquidos.

Uno de los métodos más utilizados en carnes es la marinación, la cual consiste en introducir una solución marinadora en suspensión directamente en la estructura cárnica con el objetivo de incrementar los atributos de palatabilidad. Esta solución o salmuera comúnmente tiene enzimas como la papaína y la bromelina derivadas de la fruta de la papaya y de la piña respectivamente [2], las cuales tienen un efecto proteolítico sobre el sistema muscular causando un ablandamiento de la carne. Las soluciones se aplican o absorben por: inmersión, inyección, equipo tumbler o una combinación entre inyección y tumbler.

Hay diferentes procesos de marinado, uno de ellos es la tenderización en la cual se le aplica de forma mecánica (inyección – presión) soluciones que ayudan a hidrolizar las proteínas miofibrilares, ya que la presencia de sal, fosfatos y enzimas aumentan el pH y la fuerza iónica del medio causando un rompimiento de las cadenas proteicas, facilitando su extracción. Este proceso debe estar acompañado de una fuerza mecánica (masaje- golpeteo) que relaja la estructura muscular, se rompen las células logrando que las membranas sean más permeables y se provoca un aumento de la movilización de las proteínas hacia la superficie del músculo.

La carne fresca puede marinarse antes de la cocción o el asado. El marinado al vacío, preferiblemente en cortes o tajadas de carne cruda, favorece la penetración del líquido de marinado o salmuera en corto tiempo.

Este proyecto tiene como objetivo evaluar las condiciones que maximicen la calidad sensorial, y dar un mayor valor agregado a diferentes cortes de carne de res bovina a través de un proceso de tenderizado utilizando un equipo de golpeteo (vacuum tumbler GR-100).

Los cuatro tipos de cortes de carne bovina (punta de anca, lomo caracho – chata, lomo viche y lomo redondo), se sometieron a un proceso de tenderización con una presión constante de 0.06Mpa en el equipo y una concentración fija de solución de marinado, los factores estudiados para cada tipo de corte fueron; la velocidad de rotación del equipo, el tiempo de duración del ciclo de masajeo, el peso de los cortes de carne y el proveedor (tiempo de maduración del corte).

Para cada factor se definió dos niveles de estudio, con un modelo factorial 4^2 con dos réplicas, para un total de 32 corridas por cada tipo de corte de carne, con una variable de respuesta de peso ganado o absorbido de solución marinadora, dando como resultado una ganancia de 8 a 9% de peso con respecto al peso inicial del producto. Mejorando así la textura y jugosidad de los diferentes cortes de carne.

Como era de esperarse la cantidad de peso ganado estuvo influenciado por los diferentes factores de estudio, el corte lomo viche tuvo la menor ganancia de agua, mientras que los cortes punta de anca y lomo caracho tuvieron ganancias y comportamientos similares.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA y JUSTIFICACIÓN

Según la federación colombiana de ganaderos FEDEGAN, existen más de 20 razas productoras de carne en Colombia, sometidas a diferentes condiciones de cría, alimentación y sacrificio.

La gran variedad de razas existentes y los diferentes tipos de razas y alimentación, harían imposible la estandarización de los productos [15].siendo este una de las principales preocupaciones de la industria de alimentos y gastronómica.

Para poder ofrecer productos de excelente calidad sensorial a los consumidores, la industria cárnica se encuentra en constante búsqueda para descubrir y desarrollar aditivos y tecnologías para compensar deficiencias en la carne o bien para potencializar sus propiedades sensoriales, encaminadas a “extender la cantidad de carne en el producto final” [15].

Uno de los principales objetivos de la empresa en la cual se elaboró este proyecto es ofrecerle a los consumidores productos de excelente calidad sensorial, en este caso ofrecer cortes de carne de res con excelente terneza y jugosidad. Para esto se buscó evaluar diferentes condiciones del proceso de marinado en tumbler en cuatro cortes de carne de res, con el fin de resaltar o potencializar su jugosidad la cual se ve representada en la ganancia de peso en agua y su terneza.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las condiciones que maximicen la calidad sensorial y que den un mayor valor agregado a diferentes cortes de carne bovina a través del proceso de tenderización.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer condiciones de tiempo, velocidad, tipo de proveedor y peso, en el proceso de tenderización realizado en el tumbler, para ablandar y aumentar el porcentaje de agua de cuatro distintos cortes de carne bovina.
- Encontrar la capacidad máxima de absorción de salmuera en diferentes cortes de carne bovina, para identificar las mejores condiciones de tiempo, velocidad, tipo de proveedor y peso del producto.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CARNE

La carne es el resultado postmortem de un complejo sistema biológico constituido fundamentalmente por tejido muscular. Debido a su composición química esta es considerada como uno de los alimentos más importantes para el hombre desde un punto de vista nutricional.

La carne contiene aproximadamente un 75% de agua, porcentaje que varía del 65-80% (dependiendo de la cantidad de grasa). Las proteínas constituyen el 16-22% de la masa muscular y son el componente principal de la masa sólida. [12], El 3,5% son sustancias no proteicas solubles y un 3% de grasa, estos valores pueden cambiar dependiendo de la naturaleza de la carne.

- Agua: Cuantitativamente es el componente más importante de la carne, La carne de bovino magra puede contener más del 76% de agua y se encuentra fijada al tejido muscular mediante enlace químico y como agua libre unida electrostáticamente a las proteínas [8].
- Proteínas: Son el componente más importante de la carne a nivel nutricional, por ser una buena fuente de aminoácidos esenciales.
- Grasa: El contenido y la apariencia (color, olor y textura) de la grasa depende de múltiples factores como: la especie, el tipo de alimentación, la edad cronológica del animal, cantidad de ácidos grasos, presencia de pigmentos, etc.

La grasa se encuentra distribuida en la carne en tres formas: grasa subcutánea o grasa que se encuentra debajo de la piel; grasa intermuscular, situada entre los músculos y la grasa intramuscular, situada dentro de los músculos.

- Minerales: están presentes en cantidades cercanas al 1%, El mineral más abundante es el potasio, seguido por el fósforo, magnesio, sodio, calcio y otros como el hierro, cobre, cloro, manganeso, cobalto y molibdeno [8].
- Vitaminas: la carne es rica en vitaminas del complejo B.
- Otros componentes: la carne también contiene hidratos de carbono, enzimas, sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos y pigmentos, que participan en los fenómenos bioquímicos durante el proceso de maduración de la carne.

3.2 FUNCIÓN Y QUÍMICA DEL TEJIDO MUSCULAR

La carne se define como el tejido muscular de los animales utilizado como alimento. En el tejido muscular se encuentran las proteínas que son las responsables de la contracción muscular y son trascendentes en los cambios involucrados en la transformación del músculo en carne.

El tejido muscular constituye aproximadamente entre el 48 y el 68% del peso de la canal bovina y su unidad estructural es una célula altamente especializada llamada fibra muscular, la cual constituye del 75 al 92% del volumen total del músculo, el resto está formado por el tejido conectivo, vasos sanguíneos, fibras nerviosas y líquido extracelular [8].

La fibra muscular está ocupada en casi toda su totalidad por agrupaciones de unidades longitudinales llamadas miofibrillas (figura 1 a). La unidad funcional de la miofibrilla es el sarcómero, y en este se encuentran todos los elementos estructurales necesarios para desarrollar físicamente la contracción. El alineamiento de los sarcómeros es lo que confiere la apariencia estriada a la célula muscular. Las estriaciones aparecen por la alternancia de zonas proteicas densas (bandas A) y zonas menos densas (bandas I) en las miofibrillas. Tanto las bandas A como las I están divididas en dos mitades por regiones estrechas de densidad contrastante, así las bandas I están divididas por una línea oscura conocida como línea o disco Z y las bandas A por una menos densas o clara llamada banda o zona H. Además, a mitad de la zona H hay una fina línea densa llamada línea M. la estructura comprendida entre dos líneas Z es un sarcómero. Las bandas I están compuestas principalmente de filamentos finos mientras que las A están compuestas por filamentos gruesos y algunos finos superpuestos [11].

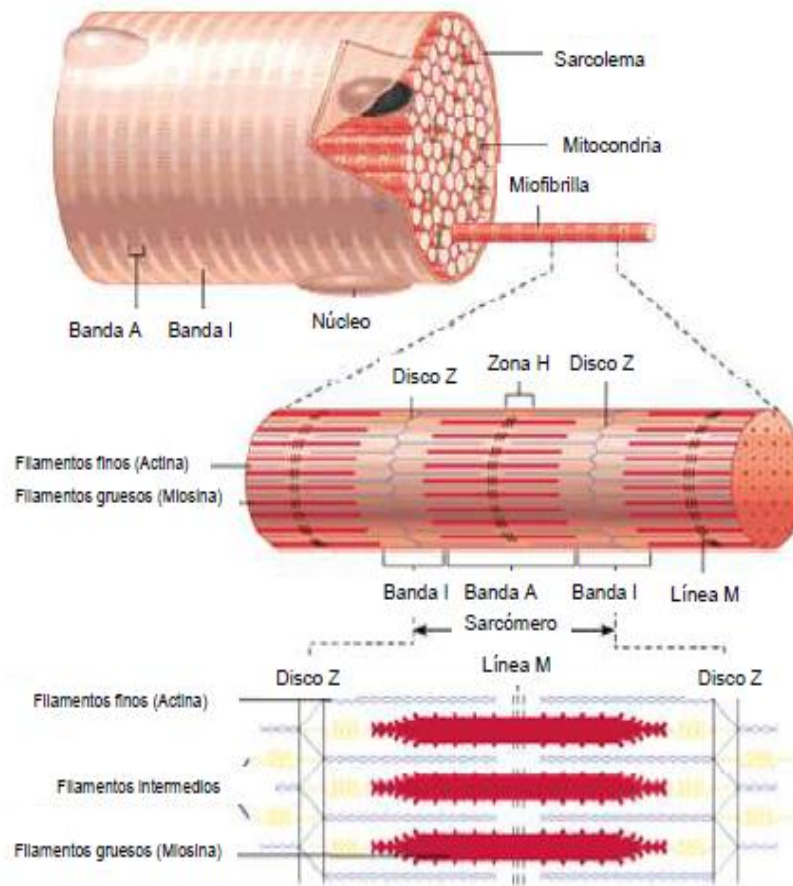


Figura 1a. Esquema de la estructura miofibrilar. [11]

3.2.1. Química del tejido muscular:

El músculo estriado contiene tres tipos de proteínas, que se clasifican dependiendo de su localización en: proteínas sarcoplásticas (las de sarcoplasma como la mioglobina, enzimas hidrosolubles etcétera), proteínas miofibrilares y las proteínas del tejido conectivo, [13] y demás estructuras que constituyen la matriz extracelular.

Proteínas miofibrilares:

Estudios proteómicos recientes estiman que la estructura sarcomérica está compuesta de al menos 65 proteínas, sin contar las distintas isoformas que se coordinan estrechamente entre sí [11]. Las proteínas más abundantes en las miofibras del músculo son:

Miosina. Es la mayor proteína miofibrilar y consta de dos grandes polipéptidos denominados cadenas pesadas, cada uno con peso molecular de 200 kilodaltons, y 4 pequeñas subunidades llamadas cadenas ligeras con un peso entre 16 y 30 kilodaltons [9].

Actina. Es una proteína globular constituida por una cadena polipeptídica simple que une a una molécula de nucleótido (ATP o ADP) y un catión divalente (calcio o magnesio). Al igual que la miosina ésta no se restringe a los tejidos musculares y se encuentra en los músculos esqueléticos y cardíacos (α - actina).

Además de la actina y la miosina que corresponde a un 75 – 80 % de las proteínas miofibrilares, existen otras proteínas como la tropomiosina, troponina y demás proteínas que se denominan proteínas reguladoras por su acción directa o indirecta en la contracción muscular.

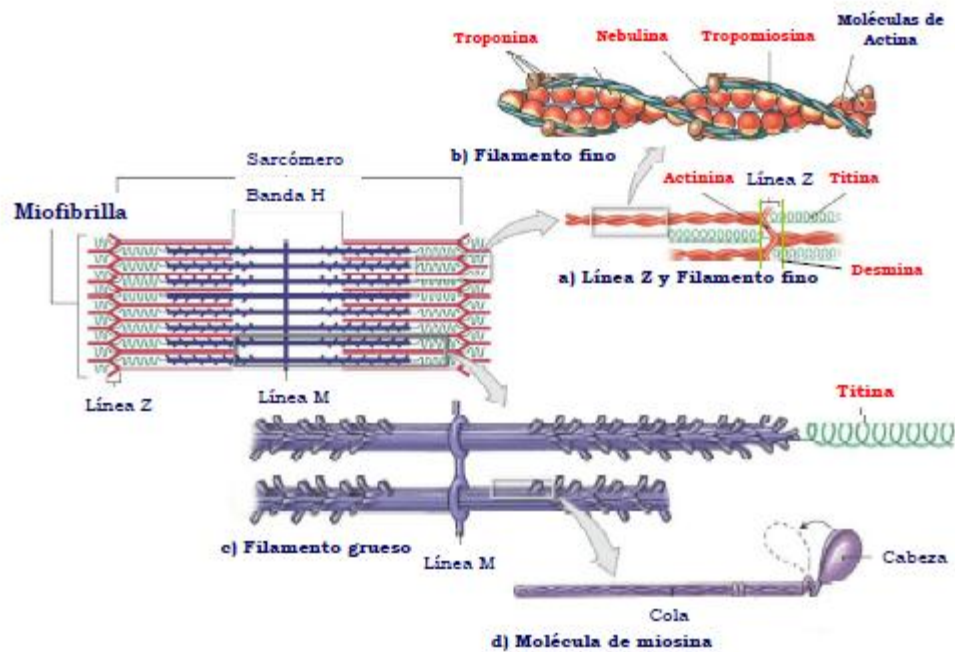


Figura 1b. Principales proteínas implicadas en la estructura miofibrilar. [11]

3.2.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la habilidad de la carne para retener su contenido acuoso durante la aplicación de fuerzas externas como pueden ser gravedad, corte, calentamiento, picado o presión [17]. La CRA es uno de los parámetros más importantes que determinan la calidad de la carne y se define como la capacidad de la carne para retener el agua presente en el tejido muscular.

Las fuerzas que mantienen las moléculas de agua unidas a las proteínas originan una distribución desigual de cargas en el interior de la molécula de agua, dando como resultado un extremo más cargado que el otro. Así, cada molécula actúa como un pequeño dipolo que interacciona de manera no covalente con un gran número de moléculas cargadas. De estas interacciones grupo cargado-dipolo, los puentes de hidrógeno y las interacciones hidrofóbicas son las más importantes [9].

Miofibrillas en la fijación del agua:

El agua es el constituyente de mayor proporción de la carne y está asociada con el tejido muscular y las proteínas que son las que tienen el papel más importante en el mecanismo de unión del agua. Las miofibrillas están bien diseñadas para contener agua en su estructura tridimensional y su volumen es transcendente en su capacidad de unir el agua.

Hay una relación estrecha entre el pH, la capacidad de retención de agua y el volumen de las miofibrillas como se muestra en la figura 2.

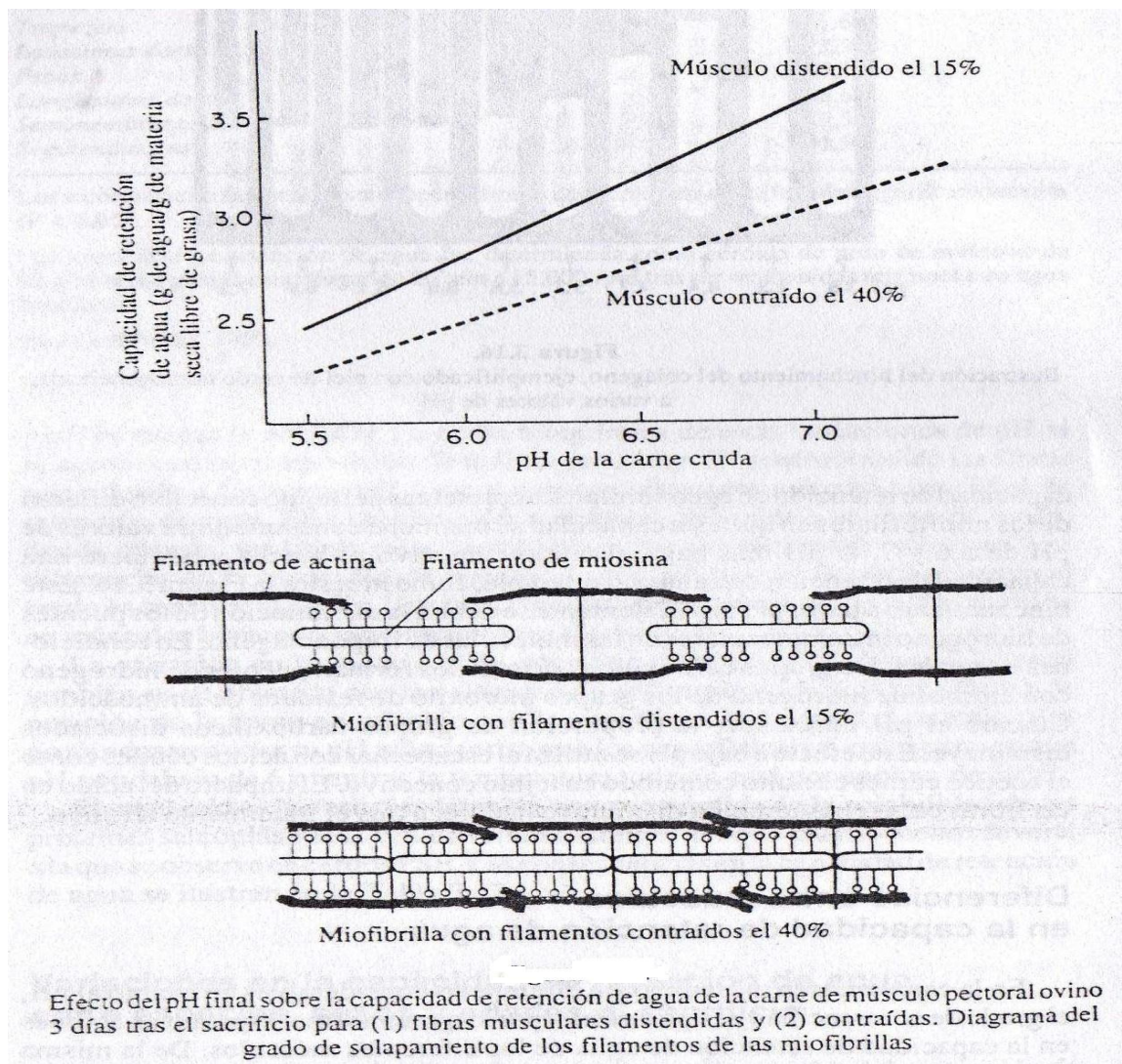


Figura 2. Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua, [9]

Los efectos físicos del pH están íntimamente asociados a los puntos isoelectrónicos (PI) de las proteínas más importantes (actina 4,7; miosina 5,4). Cuando el pH baja hasta alrededor de 5,4 o menos se aproxima al PI de la miosina, produciendo la retracción de las miofibrillas causando una pérdida en la capacidad de retención de agua.

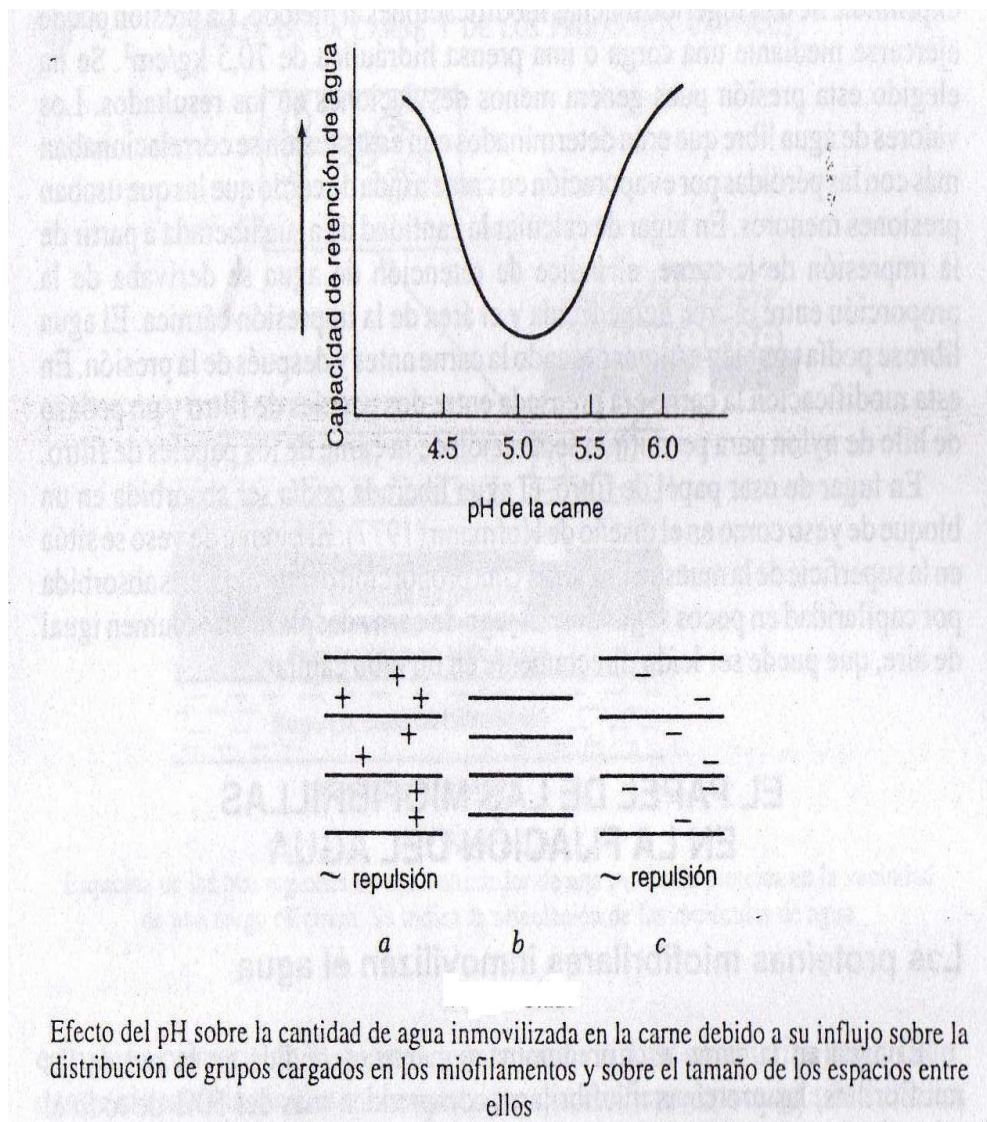


Figura 3. Diagrama del efecto del pH sobre capacidad de retención de los miofilamentos. [9]

3.3. PROCESO DE SACRIFICIO Y MADURACIÓN

Proceso de sacrificio:

El proceso de sacrificio empieza, cuando se conduce al animal al lugar de matanza en donde se insensibiliza por el método de pistola de perno cautivo la

cual dispara un perno que perfora la piel y el hueso frontal, tratando de no tocar la masa cerebral evitando el sufrimiento del animal; posteriormente se realiza un desangrado, el desollado, eliminando los huesos, la cabeza, las pezuñas, la piel, las vísceras. Luego se corta al animal a lo largo del eje ventral medial en dos partes o medias canales, para finalmente ser lavadas a presión con agua potable.

Proceso de maduración:

La maduración es una etapa técnica controlada con temperaturas de 0 a 4°C, en la cual el músculo del animal tiene cambios bioquímicos y físicos provocados por la actividad enzimática que hidrolizan las proteínas y causan que el músculo animal se convierta en carne, siendo ésta más blanda y digerible.

Una maduración habitualmente se lleva a cabo durante 10 o 14 días en almacenamiento en frío o cuartos de canal [4], no se manejan períodos más largos ya que no es rentable por la pérdida de humedad.

El proceso de maduración se puede dividir en 3 etapas:

- Pre rigor: (hasta 12 horas después del sacrificio) Durante esta fase el músculo permanece excitable y se correspondería con la fase de supervivencia del sistema nervioso [18].
- Rigor mortis: (12- 72 horas después del sacrificio)
Durante las primera 24 – 36 horas de este proceso el principal cambio experimentado por la carne es la glucólisis post mortem.
Por lo que respecta a la calidad de la carne, la modificación más importante del músculo es debida a la desnaturalización post mortem de las proteínas del músculo.
- Post rigor: (después de 72 horas)
La maduración es óptima desde el punto de vista organoléptico cuando la hipoxantina alcanza un nivel de 1,5 – 2.0 $\mu\text{moler /gr}$. Este nivel tarda en alcanzarse de 10 a 13 días cuando la temperatura de maduración es de 0°C a 4°C y 55 días cuando es de 10°C.

En la carne post mortem ocurren algunos procesos como:

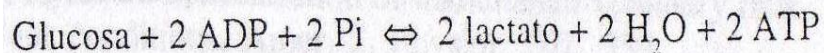
La degradación de la miosina de cadena pesada. La interacción actina-miosina cambia durante este periodo. Se alargan las miofibrillas después del rigor y hay

ausencia de ATP, los filamentos se deslizan y aumentan la extractabilidad de las proteínas miofibrilares.

Se inicia la proteólisis de la que se encargan los lisosomas. Las enzimas lisosómicas se activan en pH ácidos, degradan la membrana lisosómica y pasan al líquido sarcoplásmico, degradando las proteínas musculares. Estas enzimas son la catepsinas, la tripsina, calpains etc.

Las catepsinas [19] son muy reconocidas por su participación en el ablandamiento post-mortem. Se ha encontrado que al cuarto día de maduración, las catepsinas están mas difundidas en la fibra muscular, lo que permite deducir que una vez degradada la membrana de los lisosomas durante el descenso de pH post-mortem la acción de las enzimas se incrementa con el tiempo de almacenamiento [20]

- Glicólisis: Al interrumpir la circulación sanguínea se priva al músculo del aporte del oxígeno, la respiración celular se paraliza y surge la síntesis anaerobia de energía por medio de la hidrólisis de la glucosa para dar lugar al ácido láctico, como se muestra en la siguiente formula y la figura No 4.



Tras la muerte del animal la producción de ácido láctico ocasiona una disminución en el pH, cuya intensidad depende de la naturaleza y estado del músculo en el preciso momento en el que la circulación cesa.

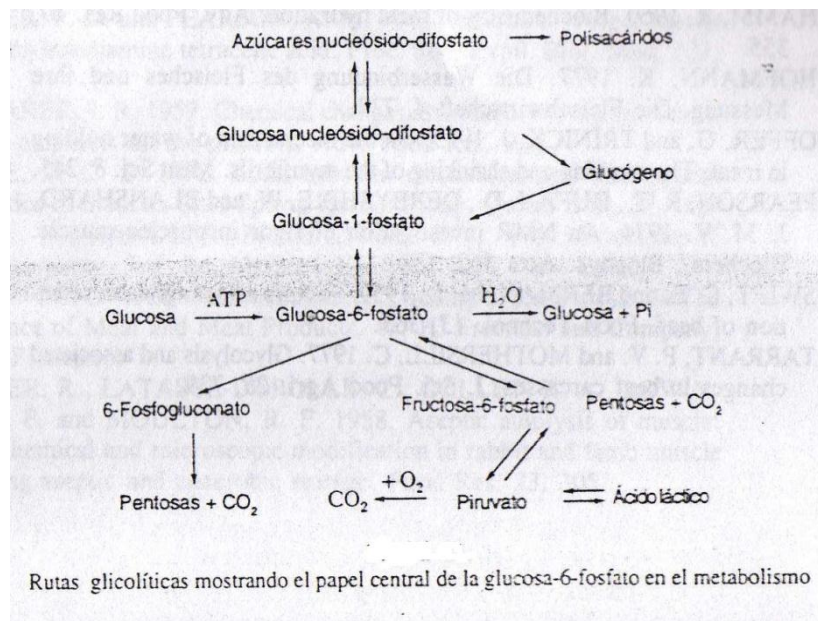


Figura 4. Ruta glicolítica.

Cuando se agotan las reservas musculares, la desaparición del ATP que mantiene la integridad estructural del músculo provoca una lenta despolarización de las membranas, se produce entonces un incremento en la fuerza iónica, en parte debido a la incapacidad de funcionamiento de las bombas Ca^{+2} , Na^{+} y K^{+} ATP-dependientes, lo que ocasiona la salida de Ca^{+2} del retículo sarcoplásmico al espacio miofibrilar, además de disminuir la capacidad celular de mantener las condiciones reductoras. Estos iones Ca^{+2} reaccionan con la troponina que, como respuesta, modifica su configuración, desbloqueando los sitios activos de la actina a los que se unía. Al quedar estos libres la cabeza de la miosina se une a la actina, dando lugar a una unión irreversible entre ambas, justo en los puntos ocupados antes por la troponina [19]. Causando que los filamentos finos se trasladen sobre los gruesos, produciéndose un acortamiento muscular. La formación de actomiosina da lugar a una tensión y rigidez muscular que conduce a la instauración del rigor mortis o rigidez cadavérica [11], tras el rigor comienza la etapa de tenderización que produce una mejora en la terneza de la carne como una consecuencia de la rotura de la estructura miofibrilar por parte de sistemas proteolíticos endógenos [20].

3.4. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

La calidad organoléptica o sensorial de la carne es una combinación adecuada de atributos muy fáciles de evaluar por los consumidores, los principales componentes de la palatabilidad de la carne que se suelen evaluar son: la terneza, la jugosidad, la intensidad del color y olor y la apreciación global [16].

- Terneza: Es uno de los parámetros indicativos de calidad más importantes en la carne de vacuno [18] y se define como la dificultad o la facilidad con la que se puede cortar o masticar, y se relaciona con los siguientes factores: la degradación de la fibra muscular, el estado contráctil del músculo, la cantidad de tejido conectivo y la cantidad de grasa intramuscular (marmoleo) [3].
Uno de los métodos más utilizados para medir la dureza instrumental es el método mecánico de corte o cizalla mediante la célula de Warner-Bratzler, que mide la fuerza necesaria para cortar un pedazo de carne con una cuchilla de borde rombo [11].
- Marmoleo: es la grasa que se encuentra dentro del músculo, se considera un atributo determinante de la jugosidad y el sabor de la carne.
- Jugosidad: se define como la cantidad de agua o jugos dentro del tejido muscular, la jugosidad depende del tipo de músculo y de la capacidad de éste en la absorción y retención de agua. El factor más influyente en la jugosidad, es el pH de la carne, ya que al tener un valor bajo, 24 horas

después del sacrificio se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas del músculo lo cual disminuye la capacidad de retención de agua.

- Color: el color es una característica muy importante desde el punto de vista de aceptación del consumidor. El color rojo de la carne se debe a la presencia de mioglobina, la cual está encargada de transportar oxígeno en la zona muscular. Este pigmento varía de acuerdo a la edad cronológica del animal; animales jóvenes proporcionan una carne de tonalidad clara y esta se va oscureciendo a medida que el animal envejece.

3.5. TECNOLOGÍA DE MARINADO

El marinado se emplea para mejorar la textura de la carne, la capacidad de retención de agua y el rendimiento a la cocción. El marinado se emplea igualmente para aumentar la vida útil del producto y para darle valor agregado. Se emplean diferentes formulaciones para el marinado, cuyos principales ingredientes son fosfatos, sal y agua. Ingredientes secundarios son agentes antimicrobianos y agentes saborizantes. El nivel de concentración de los ingredientes depende del producto deseado.

Existen tres métodos básicos para marinar la carne: Inmersión, inyección y el masajeo con vacío. El primero es el mas tradicional y el menos efectivo. Se presume que la carne (dependiendo del pH) puede absorber entre un 8 y 15% por inmersión, mas esto implica un largo periodo de tiempo, lo que se traduce en altos costos de inventario y un mayor riesgo microbiológico. La inyección consiste en penetrar el producto con agujas y depositar una solución dentro de este. La utilización de vacío durante el masaje, es el mejor método para conseguir la textura y el rendimiento deseado. En este sistema el sólido (la carne) y el líquido se comportan de manera muy similar, es decir, al vacío el sólido no lo es tanto, permitiendo una impregnación profunda del líquido.

Marinado comercial:

Los métodos comunes de marinado empleados en la industria de alimentos son el golpeteo al vacío (vacuum tumbling), o masajeo y la inyección.

Los sistemas de marinado automatizados, especialmente para carnes sin hueso, utilizan vacío y acción mecánica por golpeteo o masajeado. El golpeteo se realiza dejando caer la carne desde el punto más alto en la rotación de un tambor cilíndrico hasta su parte inferior por acción de la gravedad. La acción mecánica está influenciada por la cantidad relativa de carga de carne en un tamaño de tambor particular. El masajeo se realiza en tambores estacionarios equipados con paletas internas, las cuales hacen chocar los trozos de carne unos con otros. El marinado se realiza isotérmicamente a temperaturas de refrigeración.

Los parámetros a considerar en el masajeado y golpeteo al vacío son: el tamaño de la carga de carne en relación con el tamaño del tambor, la relación solución de

marinado a carne, la duración del ciclo de marinado, la velocidad de rotación del tambor o del agitador, el vacío y la temperatura.

Este método se considera el más efectivo para mejorar la suavidad de la carne, puesto que destruyen la estructura del producto (el tejido conectivo y el tejido miofibrilar). El mezclado, tombleo y masaje de la carne a bajas temperaturas facilita el ablandamiento a través de la desintegración de las fibras musculares y el alargamiento de las miofibrillas [18]

Descripción del proceso de tenderización:

La tenderización es el proceso en el cual se incorpora salmuera (marinada) a la carne, este proceso se realiza comúnmente por medio de inyección de salmuera por medio de agujas que perforan el músculo. Este proceso es acompañado de un masaje o golpeteo de la carne para que la salmuera se disperse dentro de la carne ayudando al ablandamiento de la misma

La absorción de la marinada es mayor con golpeteo al vacío que cuando se realiza sin masajeo y a presión atmosférica. El golpeteo puede durar de 15 a 30 minutos dependiendo del tipo de músculo y del porcentaje de absorción de la marinada que se desee [4]. .

Soluciones de marinado:

Los ingredientes primarios en una marinada son cloruro de sodio, fosfato de sodio y agua, los cuales mejoran la capacidad de retención de agua, el rendimiento a la cocción y la terneza de la carne [7]. Actualmente las soluciones que se utilizan están compuestas por enzimas o compuestos con actividad proteolítica como lo es la papaína extraída de la papaya, la bromelina extraída de la piña y la ficina extraída del jugo lechoso del ficus [6].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales:

- Cortes de carne bovina:
 - Lomo viche : Corte rectangular
 - Lomo caracho: Corte mariposa
 - Lomo redondo Corte solomo-rectangular
 - Punta de anca: Corte punta- mariposa
- Solución de marinado: Solución tenderizadora, la cual es elaborada especialmente para carne de bovino con un peso del 10% del peso de materia prima ingresada al equipo tumbler.

Equipos:



Figura 5. Ilustracion equipo Tumbler

EQUIPO VACUUM TUMBLER GR-100

El equipo vacuum tumbler GR-100, consta de un tambor giratorio con capacidad de 100 kilogramos, en donde las paletas de su interior capturan la carne y la dejan caer desde la parte superior del tambor por la acción de caída libre, causando un golpeteo en el producto.

Este equipo cuenta con tablero digital que permite ejecutar más de 12 programas, con los que se puede variar el tiempo, la velocidad, la presión y la dirección del masajeo.

También se pueden programar los ciclos de descanso, ideales para productos embutidos como jamones, etc.

Metodología:

Para dar cumplimiento a los objetivos formulados, durante la pasantía en una empresa cárnica de la ciudad de Cali se realizaron las siguientes actividades:

- Para cada tipo de carne se establecieron condiciones de velocidad, tiempo, peso y proveedor (días de maduración) como se muestra en el anexo 1.
- Se midió la ganancia de agua en cada corrida experimental, pesando los cortes de carne antes y después del proceso de tenderización.
- Establecer las condiciones de tenderización en función de las condiciones de la materia prima (proveedores y días de maduración)
- Se realizó un análisis sensorial con un panel no entrenado de 22 personas en los cuales se dio a probar las muestras teniendo una muestra patrón, un corte sin tenderizar. (las muestras se asaron a la parrilla-carbón a termino medio)

Diseño experimental:

El objetivo del diseño de experimentos de este estudio fue evaluar la mejora en el proceso de tenderización dependiendo del tratamiento utilizado en los cuatro tipos de corte de carne bovina.

Si la variabilidad experimental es grande, sólo se detecta la influencia del uso del tratamiento cuando éste produzca grandes cambios en relación con el error de observación.

Para abordar de manera adecuada la experimentación se definieron los siguientes conceptos:

- Tratamiento: la tenderización de la carne con una velocidad, peso, tiempo y proveedor establecidos previamente.
- Unidad de observación: la pieza de carne sometida al proceso de tenderización.
- Factores: peso y proveedor, tiempo y velocidad de tenderizado.
- Variable de respuesta: ganancia de agua.

Una vez definidos los componentes del diseño experimental pasamos a realizar las definiciones del tipo de diseño y su idoneidad con el fenómeno estudiado,

teniendo en cuenta que lo que se busca es determinar los niveles de los factores que participan en el proceso de tenderización de modo que se logre maximizar la ganancia de agua en las piezas de carne; el modelo de experimentación aplicado es un modelo experimental factorial de 4 factores con dos niveles cada uno (2^4), de efectos fijos con dos réplicas por tratamiento.

Es importante resaltar que el tipo de corte que se estudió no se incluyó como un factor mas del experimento ya que los niveles de los factores de velocidad y tiempo de tenderizado cambian dependiendo del corte, por lo que se decidió realizar un diseño experimental por cada corte y realizar un análisis comparativo de los resultados de cada uno.

Cada uno de los cuatro cortes de carne bovina seleccionados (lomo viche, lomo caracho, lomo redondo y punta de anca) tenían pesos de 230 g y 320 g y fueron adquiridos de dos proveedores (A y B). Con las siguientes condiciones de trabajo constantes:

- Salmuera tenderizadora al 10%
- Presión en Tumbler: 0.06Mpa

Variable respuesta:

- Peso ganado o peso absorbido.

Cada uno de los diseños experimentales (uno por cada tipo de corte) presenta la siguiente composición de factores y de niveles:

- Lomo viche

Factores:	Niveles:
Proveedor:(Factor 1)	A y B
Peso (Factor 2):	230 gr y 320 gr.
Tiempos (Factor 3):	4y 6 minutos
Velocidad (Factor 4):	4, y 6 RPM

- Lomo caracho:

Factores:	Niveles:
Proveedor (Factor 1):	A y B
Peso (Factor 2):	230 gr y 320 gr.
Tiempos (Factor 3):	6 y 8 minutos
Velocidad (Factor 4):	5 y 6 RPM

- Lomo redondo:

Factores:	Niveles:
Proveedor:(Factor 1)	A y B
Peso (Factor 2):	230 gr y 320 gr.
Tiempos (Factor 3) :	4 y 8 minutos
Velocidad (Factor 4):	5 y 6 RPM

- Punta de anca:

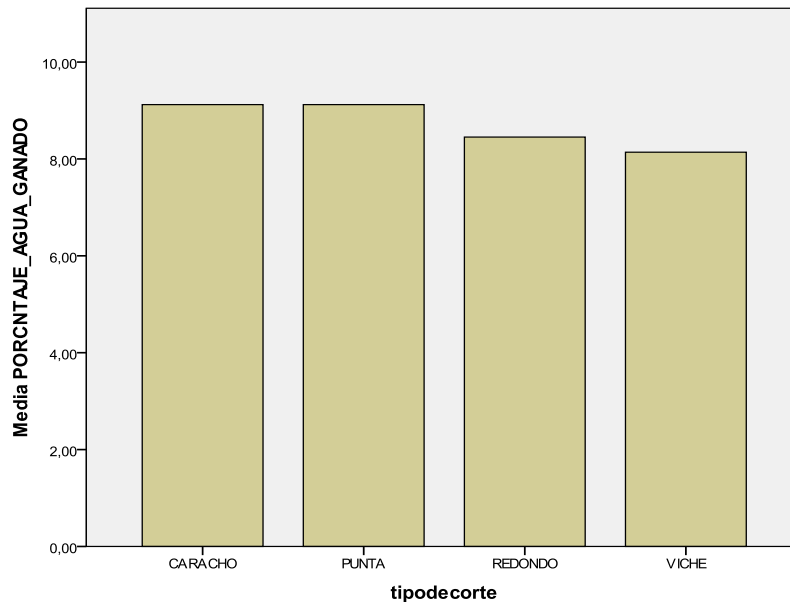
Factores:	Niveles:
Proveedor:(Factor 1)	A y B
Peso (Factor 2):	230 gr y 320 gr.
Tiempos (Factor 3) :	4 y 8 minutos
Velocidad (Factor 4):	5 y 6 RPM

Para cada corte de carne bovina se realizaron se realizaron 32 corridas por cada experimento, como resultado del diseño factorial 4^2 con dos replicas. Y 128 corridas en total para todo el estudio.

5. RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Generales:

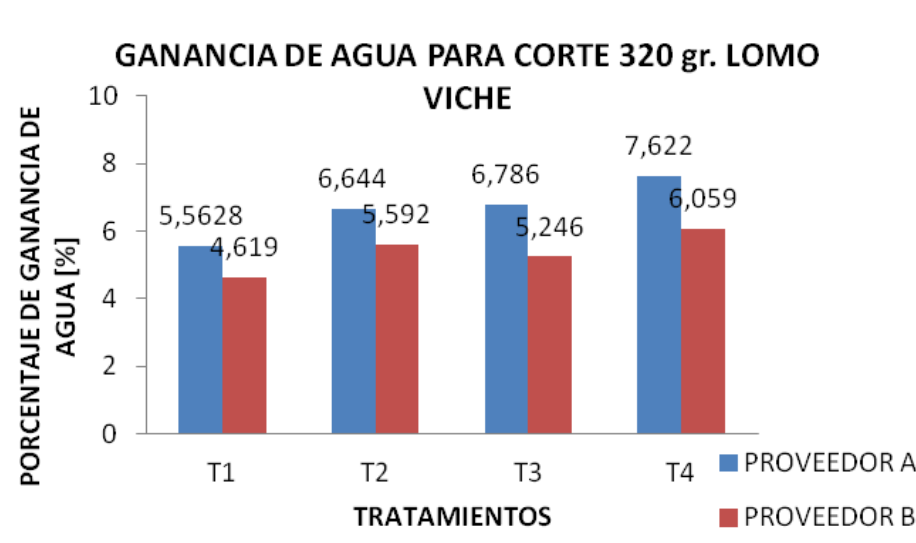
La ganancia promedio de agua luego del proceso de tenderización oscila entre el 8% y 9% sobre el peso inicial, siendo el corte Viche el que presentó la menor ganancia, en comparación con los otros tres cortes. El siguiente gráfico muestra los resultados generales:



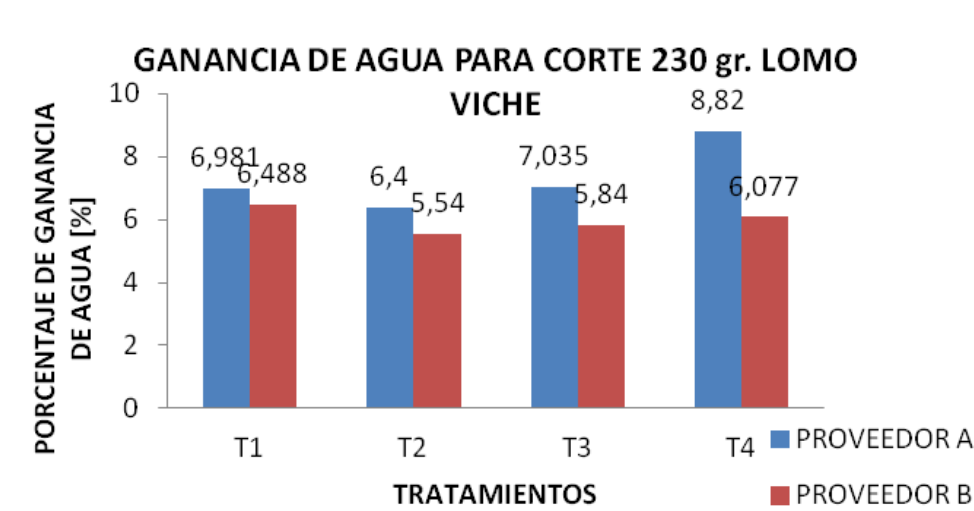
Grafica 1. Ganancia total promedio para los cuatro cortes de carne despues del proceso de tenderizacion.

Como se mencionó anteriormente, cada uno de los cortes de carne se sometió a tenderización según el diseño experimental (Anexo 1). En las gráficas 2 y 3 se muestran los resultados de ganancia de agua para cortes de lomo viche y en la gráfica 4 se comparan estos resultados. Los resultados de ganancia de agua para los cortes Lomo caracho, Lomo redondo y Punta de Anca se muestran en los Anexos 6. 8 y 10 respectivamente.

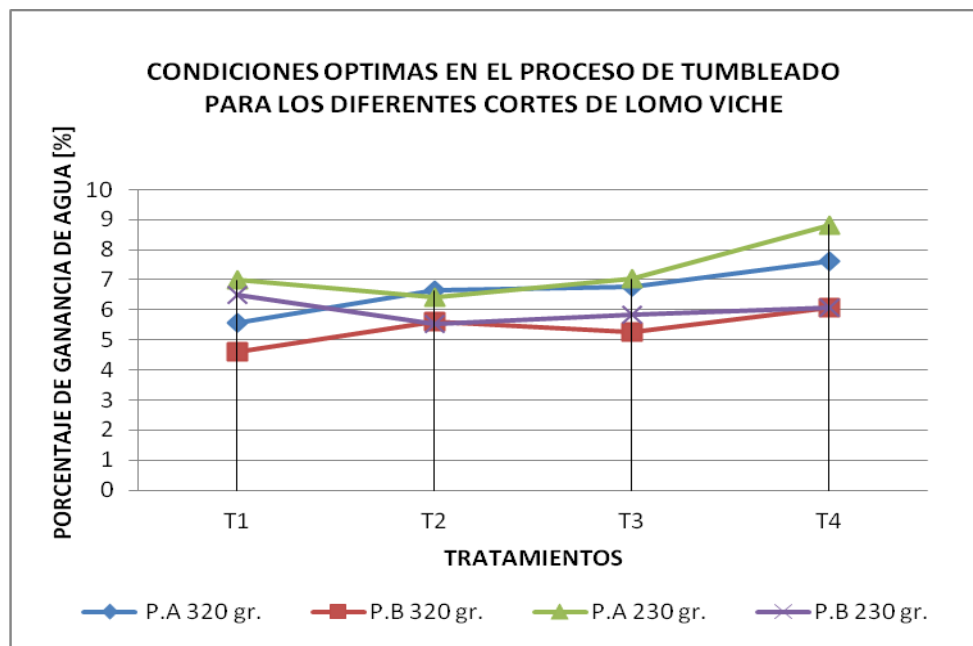
Lomo viche:



Gráfica 2. Porcentaje de ganancia de agua para el corte de 320 gr. de lomo viche.



Gráfica 3. Porcentaje de ganancia de agua para el corte de 230 gr. de lomo viche.



Gráfica No 4. Ganancia de agua en el proceso de tumbleado, para el lomo viche

Como se muestra en la graficas No2 y 3, el lomo viche tuvo porcentajes mayores de capacidad de absorción de agua con el proveedor A (6 días maduración), a comparación con el proveedor B (10 días maduración).

Para analizar los resultados alcanzados, se presentan dos tablas resumen, una con la caracterización del experimento (tabla 1) y otro con el resultado del análisis estadístico de los tratamientos (tabla 2).

Esquema similar se siguió para los cuatro diseños del estudio, uno por cada tipo de corte.

Tabla 1. Caracterizacion de los factores de diseño-lomo viche

Factores inter-sujetos		N
PROVEEDORES	A	16
	B	16
T_MIINS	4,00	16
	6,00	16
VEL_RPM	4,00	16
	6,00	16
PRODUCTO	230,00	16
	320,00	16

Tabla 2. Análisis estadístico del experimento con corte lomo viche.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

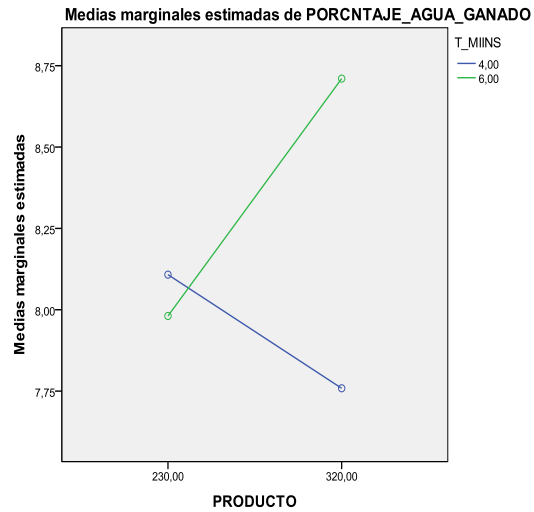
Variable dependiente: PORCENTAJE_AGUA_GANADO

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	26,135 ^a	10	2,614	12,192	,000
Intersección	2120,022	1	2120,022	9889,441	,000
PROVEEDORES	15,005	1	15,005	69,994	,000
T_MINIS	1,360	1	1,360	6,345	,020
VEL_RPM	1,256	1	1,256	5,858	,025
PRODUCTO	,289	1	,289	1,349	,258
PROVEEDORES * PRODUCTO	,213	1	,213	,993	,330
T_MINIS * PRODUCTO	2,327	1	2,327	10,855	,003
VEL_RPM * PRODUCTO	4,278	1	4,278	19,957	,000
PROVEEDORES * T_MINIS	,069	1	,069	,321	,577
PROVEEDORES * VEL_RPM	,205	1	,205	,958	,339
T_MINIS * VEL_RPM	1,133	1	1,133	5,285	,032
Error	4,502	21	,214		
Total	2150,659	32			
Total corregida	30,637	31			

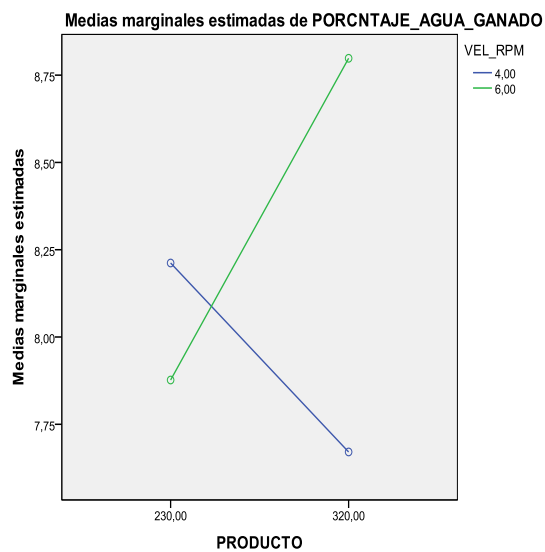
a. R cuadrado = ,853 (R cuadrado corregida = ,783)

Se resalta que la interacción entre el peso de la pieza y el tiempo de tenderizado al igual que entre el peso de la pieza de carne y la velocidad de tenderizado, tienen un efecto estadísticamente significativo en el porcentaje de ganancia de agua, lo que quiere decir que la ganancia de agua de la pieza de carne depende del tamaño inicial de la carne y del tiempo que dure en la máquina; del mismo modo que depende del tamaño inicial de la pieza de carne y de la velocidad con que se realice el tenderizado. Estas interacciones deben interpretarse con cuidado ya que no se está diciendo que la ganancia de agua depende de los factores por separado, sino que depende de la combinación de estos es decir que el peso inicial del trozo de carne solo influye en el resultado de tenderización en combinación con el tiempo y la velocidad con que se haga el proceso. Para

aclarar un poco la conclusión anterior vamos a mostrar los siguientes gráficos que corresponden a la interacción de los factores mencionados:

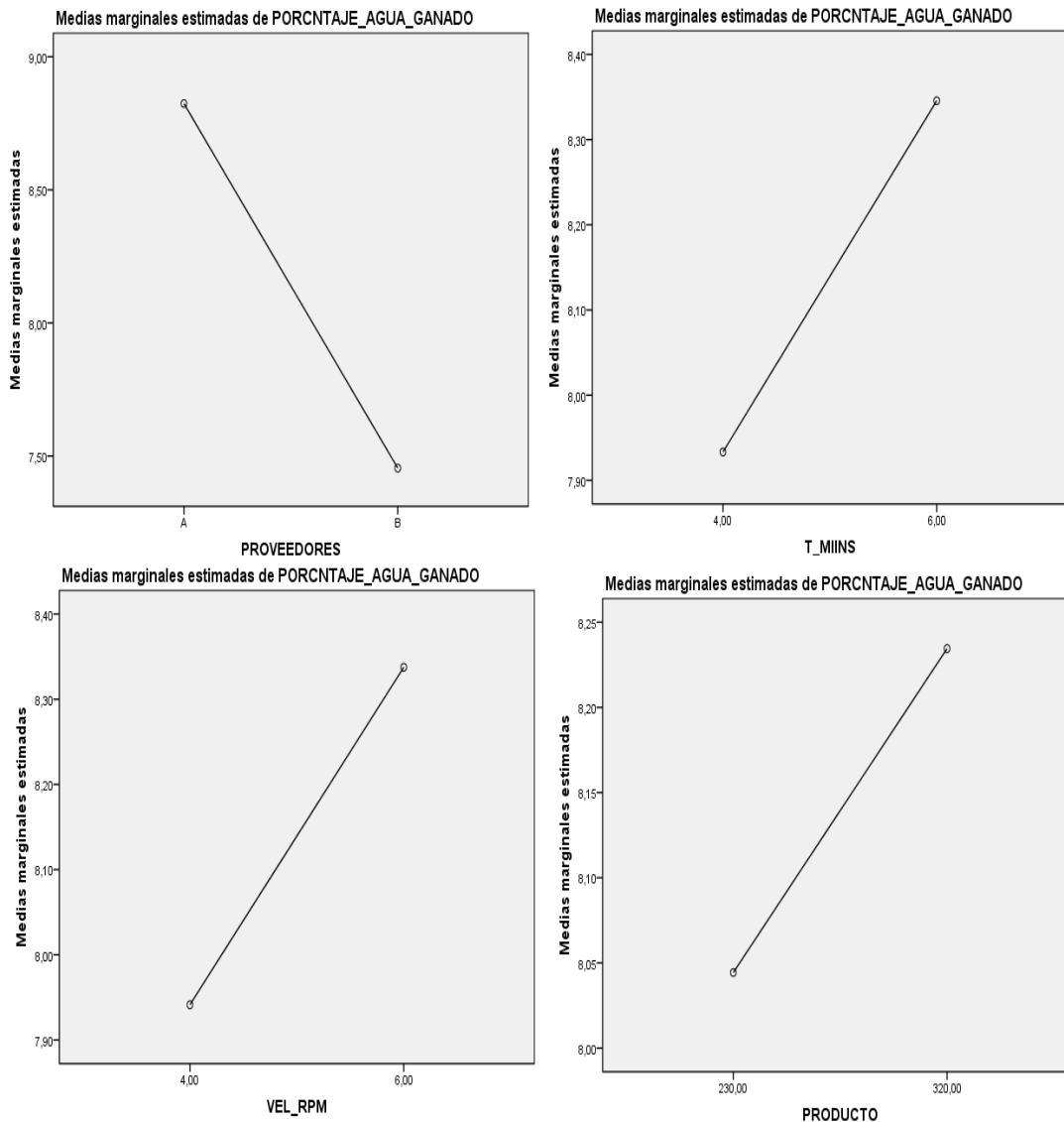


Grafica 5. Interacción entre el peso y el tiempo de tumbleado para el lomo viche



Grafica 6. Interaccion entre el peso y la velocidad de tumbleado para el lomo viche.

A continuación se presentan las graficas de los cambios en la media del porcentaje de ganancia de agua en el proceso de tenderizado para los cuatro factores de estudio:



Grafica 7. Medias marginales para los cuatro factores del diseño experimental para el lomo viche.

Para el tipo de corte lomo viche, el factor proveedor resulta ser significativo en el resultado del proceso de tenderización de manera independiente, sin embargo las interacciones entre el tipo de proveedor y los demás factores no resultan estadísticamente significantes.

El tratamiento optimo fue el número cuatro con tiempo de 6 minutos y velocidad de 6 RPM, donde la carne con gramaje de 230 gr absorbió más agua en comparación al gramaje de 320 gr, (proveedor A, 8,83%; proveedor B, 6,08%) y (proveedor A, 7,62%; proveedor B, 6,059) respectivamente.

Lomo caracho-chata:

Tabla 3. Caracterizacion de los factores del diseño experimental del lomo caracha.

Factores inter-sujetos		
		N
PROVEEDORES	A	16
	B	16
T_MIINS	6,00	16
	8,00	16
VEL_RPM	5,00	16
	6,00	16
PRODUCTO	230,00	16
	320,00	16

Tabla 4. Análisis estadístico del experimento con corte lomo caracha.

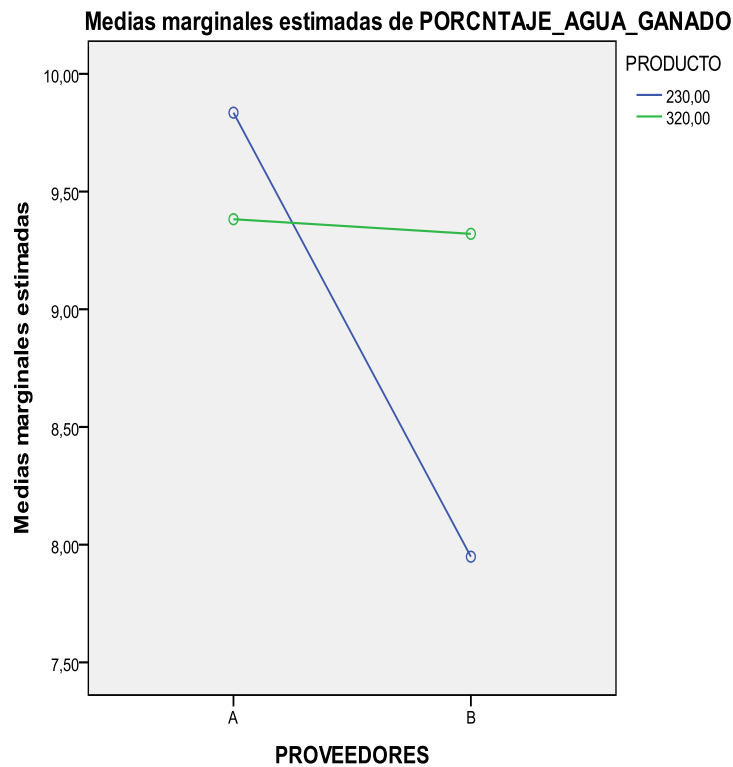
Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:PORCNTAJE_AGUA_GANADO

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	20,147 ^a	10	2,015	3,694	,006
Intersección	2662,590	1	2662,590	4881,872	,000
PROVEEDORES	7,592	1	7,592	13,920	,001
T_MIINS	,037	1	,037	,068	,796
VEL_RPM	2,660	1	2,660	4,876	,038
PRODUCTO	1,689	1	1,689	3,096	,093
PROVEEDORES * PRODUCTO	6,655	1	6,655	12,201	,002
T_MIINS * PRODUCTO	,598	1	,598	1,096	,307
VEL_RPM * PRODUCTO	,233	1	,233	,426	,521
PROVEEDORES * T_MIINS	,419	1	,419	,768	,391
PROVEEDORES * VEL_RPM	,246	1	,246	,452	,509
T_MIINS * VEL_RPM	,019	1	,019	,035	,853
Error	11,453	21	,545		
Total	2694,191	32			
Total corregida	31,601	31			

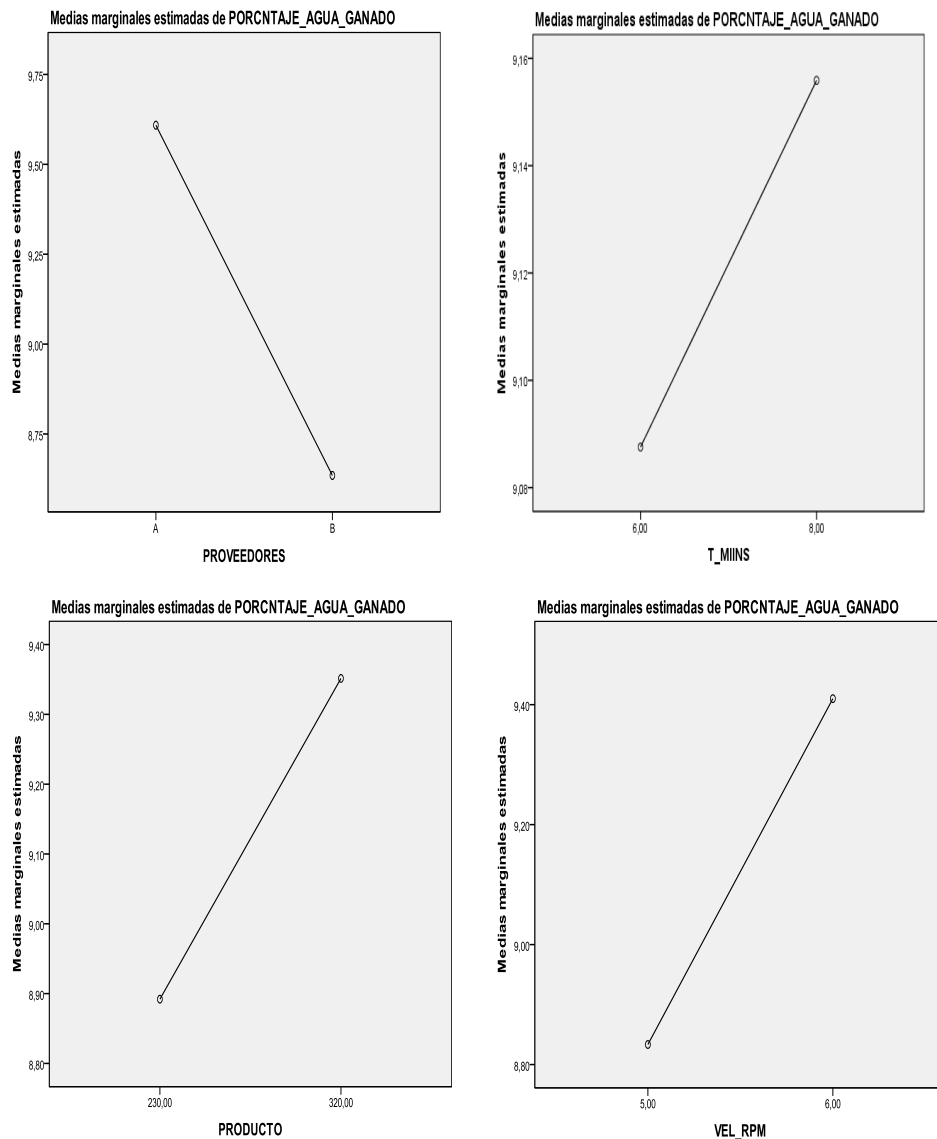
a. R cuadrado = ,638 (R cuadrado corregida = ,465)

Para el corte tipo caracho y de acuerdo con el gráfico presentado a continuación, los cuales describen los resultados en la ganancia porcentual de agua en la carne una vez sometidos al proceso de tenderización, el análisis estadístico demuestra que el proveedor de la carne y su interacción con el peso del producto resultan influenciar significativamente y de manera positiva el porcentaje de agua que gana la carne.



Grafica 8. Interaccion entre el proveedor y el peso del producto para el lomo caracha.

Al realizar el análisis de los factores por separado se encontró que el único factor estadísticamente significativo “con un nivel de significancia 5%” es la velocidad; es decir que los diferentes niveles de velocidad al que es sometida la carne con corte tipo caracho resulta influenciar el porcentaje de agua en la carne, pero solo de manera independiente y no se ve afectado su impacto por los otros factores incluidos en este análisis.



Grafica 9. Medias marginales para los cuatro factores del diseño experimental para el lomo caracho.

Aunque los gráficos de cambio de medias marginales muestran cambios similares en los cuatro factores, como se mencionó antes la velocidad es el único factor estadísticamente significativo, los otros tres gráficos parecen similares por la escala en que se grafican.

Para el gramaje 230 el tratamiento óptimo fue el número tres con tiempo de 8 min y velocidad de 5 RPM con ganancia de 8,22% para el proveedor A y 6,223% para el proveedor B. el gramaje 320 mostró un máximo porcentaje de absorción en el

tratamiento número cuatro con tiempo de 8 minutos y velocidad de 6 RPM con ganancias de 7,82% proveedor A y 7,53% para el proveedor B. el con lo cual se puede deducir que podríamos alcanzar mejores porcentajes de absorción si le aumentamos la velocidad al gramaje de 320.

Lomo redondo:

Tabla 5. Caracterización de los factores del diseño experimental del lomo redondo.

Factores inter-sujetos		
		N
PROVEEDORES	A	16
	B	16
T_MIINS	4,00	16
	8,00	16
VEL_RPM	5,00	16
	6,00	16
PRODUCTO	230,00	16
	320,00	16

Tabla 6. Análisis estadístico del experimento con corte lomo redondo.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:PORCNTAJE_AGUA_GANADO

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	33,189 ^a	10	3,319	1,251	,317
Intersección	2285,795	1	2285,795	861,650	,000
PROVEEDORES	5,531	1	5,531	2,085	,163
T_MIINS	7,330	1	7,330	2,763	,111
VEL_RPM	1,820	1	1,820	,686	,417
PRODUCTO	6,404	1	6,404	2,414	,135
PROVEEDORES * PRODUCTO	,676	1	,676	,255	,619
T_MIINS * PRODUCTO	1,112	1	1,112	,419	,524
VEL_RPM * PRODUCTO	1,682	1	1,682	,634	,435
PROVEEDORES * T_MIINS	,221	1	,221	,083	,776
PROVEEDORES * VEL_RPM	4,199	1	4,199	1,583	,222
T_MIINS * VEL_RPM	4,214	1	4,214	1,589	,221
Error	55,709	21	2,653		
Total	2374,693	32			
Total corregida	88,898	31			

a. R cuadrado = ,373 (R cuadrado corregida = ,075)

De manera inesperada para este diseño y a diferencia de los otros tres se encontró que ninguno de los factores del estudio es estadísticamente significativo, al igual que ninguna de las interacciones de segundo nivel, es decir que el porcentaje de ganancia de agua no está influenciado por los cuatro factores incluidos en el estudio.

Sin embargo como se puede observar en las graficas del anexo 8 y 9 El lomo redondo de gramaje 230 el tratamiento optimo fue el número tres con tiempo de 8 min y velocidad de 5 RPM con ganancia de 8,58% para el proveedor A y 7,97% para el proveedor B. el gramaje 320 mostro un máximo porcentaje de absorción en el tratamiento número cuatro con tiempo de 8 minutos y velocidad de 6 RPM con ganancias de 9,16% proveedor A y 8,23% para el proveedor B.

Punta de Anca:

Tabla 7. Caracterización de los factores del diseño experimental de la punta de anca

Factores inter-sujetos		N
PROVEEDORES	A	16
	B	16
T_MIINS	6,00	16
	8,00	16
VEL_RPM	5,00	16
	6,00	16
PRODUCTO	230,00	16
	320,00	16

Tabla 8. Análisis estadístico del experimento con corte Punta de Anca.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:PORCNTAJE_AGUA_GANADO

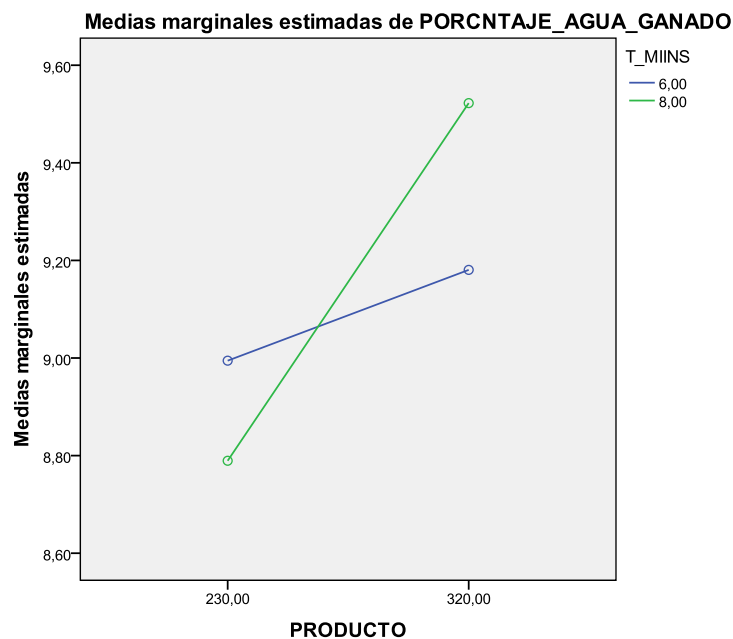
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	20,147 ^a	10	2,015	3,694	,006
Intersección	2662,590	1	2662,590	4881,872	,000
PROVEEDORES	7,592	1	7,592	13,920	,001
T_MIINS	,037	1	,037	,068	,796
VEL_RPM	2,660	1	2,660	4,876	,038
PRODUCTO	1,689	1	1,689	3,096	,093
PROVEEDORES * PRODUCTO	6,655	1	6,655	12,201	,002
T_MIINS * PRODUCTO	,598	1	,598	1,096	,307
VEL_RPM * PRODUCTO	,233	1	,233	,426	,521
PROVEEDORES * T_MIINS	,419	1	,419	,768	,391
PROVEEDORES * VEL_RPM	,246	1	,246	,452	,509
T_MIINS * VEL_RPM	,019	1	,019	,035	,853
Error	11,453	21	,545		
Total	2694,191	32			
Total corregida	31,601	31			

a. R cuadrado = ,638 (R cuadrado corregida = ,465)

En este corte se encontró que los resultados son exactamente iguales que para el tipo de corte caracho, lo cual es un resultado poco usual en el diseño experimental.

Se encontró que al igual que el tipo de corte caracho, el porcentaje de ganancia de agua del trozo de carne no se afectaba significativamente por el tiempo del tratamiento. De igual forma, la interacción entre el tipo de proveedor y el peso del

trozo de carne resultan ser estadísticamente significantes. De esta manera la carne del proveedor (A o B) y con peso (230gr o 320gr) resulta ganar porcentualmente más agua luego del proceso de tenderización. Por otro lado, la velocidad a la que se somete la carne influencia el porcentaje de agua ganado y esa influencia no se ve afectada por el tiempo, proveedor o peso inicial del trozo de carne. Los resultados indican que mayor velocidad en el proceso genera mayor porcentaje de ganancia de agua.



Grafica 10. Interaccion entre el peso de la muestra y el tiempo de tumblado para la punta de anca.

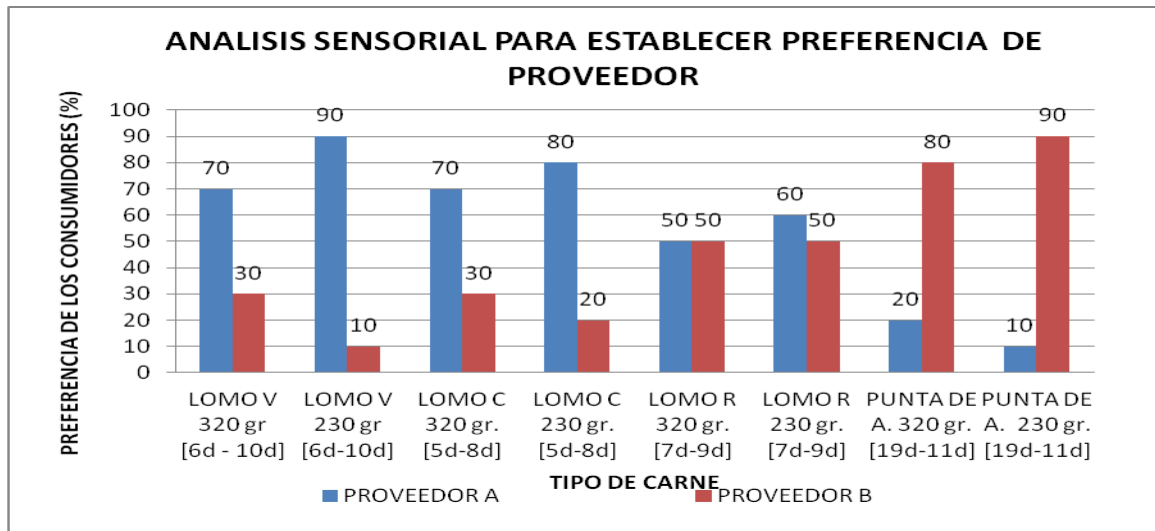
El tratamiento optimo fue el número cuatro con tiempo de 8 minutos y velocidad de 6 RPM, donde la carne con gramaje de 230 gr absorbió mas agua en comparación al gramaje de 320 gr, (proveedor A, 8,49%; proveedor B, 9,59%) y (proveedor A, 7,38%; proveedor B, 8,92%) respectivamente.

Análisis sensorial:

Se realizó una prueba sensorial con un panel no entrenado, para establecer preferencia entre la carne tenderizada de los dos proveedores y la carne sin tenderizar. A los panelistas se les presento 3 muestras de carne asadas al carbón en las mismas condiciones de temperatura y aliñado, una muestra patrón (sin tenderizar) y dos muestras tenderizadas (proveedor A y B). Este análisis sensorial

se realizó a los cuatro tipos de corte y gramaje (230 gr y 320 gr) para un total de 8 pruebas sensoriales.

Todos los panelistas calificaron con el máximo puntaje los descriptores jugosidad, textura y sabor en las muestras tenderizadas. En la gráfica 11 se puede observar que los panelistas muestran preferencia por el proveedor A en lomo viche y lomo caracho, por el proveedor B en punta de anca e igual preferencia en el corte lomo redondo.



Grafica 11. Resultado del análisis sensorial para establecer preferencia de proveedores teniendo en cuenta los días de maduración de cada proveedor.

6. CONCLUSIONES

El proceso de tenderizado en tumbler se puede considerar como una tecnología muy útil para potencializar dos de los atributos más importantes en los cuales se basa el consumidor a la hora de calificar la calidad de la carne, como lo es la jugosidad y la terneza. Ya que los diferentes cortes de carne aumentaron de 8 a 9% de líquidos y presentando una textura más blanda debido al masajeo realizado por el equipo.

Las condiciones de tiempo y velocidad en el proceso de tenderización en el tumbler, son específicas y deben ser diseñadas para cada corte de carne, ya que hay una diferencia entre las texturas de los diferentes músculos del bovino. En este caso el lomo caracho y la punta de anca los cuales tienen una estructura muscular muy similar presentaron porcentajes de ganancia de agua parecido.

Durante el proceso de tenderizado, el tiempo y la velocidad son las variables que influyen en la capacidad de retención de agua. De igual manera, el tipo de corte (grosor) para cada tipo de músculo influye en la capacidad de absorción y en la textura final de la carne. En cuanto al proveedor (días de maduración) se pudo observar que a pocos días de maduración de la carne, esta tiene mayor capacidad de absorción de líquidos.

Los consumidores prefieren la carne tenderizada a la carne sin tenderizar, ya que presenta una textura más blanda y mayor jugosidad sin perder el sabor característico de la carne.

7. RECOMENDACIONES

En el diseño experimental de este trabajo no se tuvo en cuenta el tipo de corte como un factor más de estudio, ya que los niveles de velocidad y tiempo se establecieron inicialmente dependiendo del tipo de corte.

Se recomienda establecer un conjunto más amplio de tratamientos (valores de velocidad, tiempo y presión) igual para cada tipo de corte, para así poder establecer las diferencias en cuanto el tipo de corte y su comportamiento en la capacidad de absorción de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Vásquez Rodrigo, Díaz Tito et al, 2002, PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA DE ALTA CALIDAD EN COLOMBIA, Corpoica y el Ministerio de agricultura y desarrollo rural, Edición boletín técnico 2002 Colombia.
- [2] Schwimmer, S. 1998. FUENTE DE LA ENZIMOLOGÍA DEL ALIMENTO. Enzimología aplicada. Editorial EEUU. Cap 27. 678p.
- [3] Barton Gade, H.R Cross, J.M Jones et al, 1988. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES SENSORIALES DE LA CARNE. Ciencia de la carne y leche. Editorial Cap 5, 165 p.
- [4] Chen TC. 1980. Studies on the marinating of chicken parts for deep fat frying. Poultry Sci 59:1592 (Abstr).
- [5] Prandl O, Fisher A et al, 1994. TECNOLOGÍA E HIGIENE DE LA CARNE. Editorial Acribia S.A, España. 815 p.
- [6] Martin J. 1999. USO Y APLICACIÓN DE ENZIMAS VEGETALES. Artículo 23, ARGENTINA.
- [7] Xiong XL, Kupski DR. 1999b. Time-dependent marinade absorption and retention, cooking yield, and palatability of chicken filets marinated in various phosphate solutions. Poultry Sci 78:1503-1509.
- [8] Quiroga Guillermo. 1985. TECNOLOGÍA DE CARNES Y PRODUCTOS CÁRNICOS. Editorial Acribia ,pagina 121.
- [9] James F.P. y Bernard S.S, CIENCIA DE LA CARNE Y DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS. .pagina 132.
- [10] ARTICULO 1. GANADERIA, Finagro, sistema de información sectorial SIS, 2007,
- [11] Sierra S, Verónica, Evaluación post-mortem de parámetros indicativos de calidad en carne de vacuno: efecto de la raza y el gen de la hipertrofia muscular, tesis doctoral, Universidad de Oviedo, 2010.
- [12] Forrest, J.C, Aberle E.D., Hedrich H.D., Hudge M.D. y Merkel R.A., 1979, Fundamentos de ciencia de la carne, Ed. Acribia, Zarazoga, España.

- [13] Lawrie, R.A., 1985, Meat scienci, Pergamon press ltd. Heading hill hall, London.
- [14] Gonzalez T Roberto, Propiedades fisicoquímicas y de textura del musculo Brachiocephalicus e bovino marinado con cloruro de calcio, Universidad autónoma de Hidalgo, 2003.
- [15] Xargayó Marta, Procesos de fabricación de productos cárnicos cocidos de musculo entero II: Inyección y tenderización, Revista Metal pág 44, 2010.
- [16] Monsón, F., Sanúdo C., Sierra I., Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. Meat Sciencie,472-478, 2005.
- [17] Huff-Lonergan E.H, Zhang W., et al. Biochemistry of postmortem muscle-lesson on mechanisms of meat tenderization, Meat science, 2010.
- [18] Szczenesniak, A.S, Objective measurements of food textura, Journal of animal science, 1963
- [19] Paniagua, R., Nistal M, Sesman .P, et al. Tejido muscular en: citologia e histologia vegetal y animal, Biologia de la células y tejidos animales y vegetales, Ed McGraw-hill, 1996, Madrid, España.
- [20] Weaver A.D., Bowker B.C et Al, Sarcomere length influences μ -calpain mediated proteolysis of bovine myofibrils. Journal of Animal Science, 2009.

ANEXOS

Anexo 1. Condiciones de trabajo en tumbler para cada tipo de corte

INFORMACIÓN PARA EL LOMO VICHE		
Tratamientos	Tiempo (min)	Velocidad (RPM)
Tratamiento 1 [T1]	4	4
Tratamiento 2 [T2]	4	6
Tratamiento 3 [T3]	6	4
Tratamiento 4 [T4]	6	6
PROVEEDORES	Número de días *	
A	6	
B	10	
*Número de días entre la fecha de sacrificio y la fecha del proceso.		

INFORMACIÓN PARA EL LOMO CARACHO		
Tratamientos	Tiempo (min)	Velocidad (RPM)
Tratamiento 1 [T1]	6	5
Tratamiento 2 [T2]	6	6
Tratamiento 3 [T3]	8	5
Tratamiento 4 [T4]	8	6
PROVEEDORES	Número de días *	
A	5	
B	8	
*Número de días entre la fecha de sacrificio y la fecha del proceso.		

INFORMACIÓN PARA EL LOMO REDONDO		
Tratamientos	Tiempo (min)	Velocidad (RPM)
Tratamiento 1 [T1]	4	5
Tratamiento 2 [T2]	4	6
Tratamiento 3 [T3]	8	5
Tratamiento 4 [T4]	8	6
PROVEEDORES	Número de días *	
A	7	
B	9	
*Número de días entre la fecha de sacrificio y la fecha del proceso.		

INFORMACIÓN PARA PUNTA DE ANCA		
Tratamientos	Tiempo (min)	Velocidad (RPM)
Tratamiento 1 [T1]	4	5
Tratamiento 2 [T2]	4	6
Tratamiento 3 [T3]	8	5
Tratamiento 4 [T4]	8	6
PROVEEDORES	Número de días *	
A	6	
B	10	
*Número de días entre la fecha de sacrificio y la fecha del proceso.		

Anexo 2. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de Lomo viche.

PROVEEDORES	T (min)	V (RPM)	PRODUCTO	PESO INICIAL (kg)	PESO REAL TENDERIZADO (Kg)	% FINAL DE GANANCIA DE AGUA	PROMEDIO % GANANCIA AGUA
A	4	4	320 gr.	13,44	14,16	5,357	5,563
	4	4		13,123	13,88	5,768	
B	4	4	320 gr.	13,2	13,8	4,545	4,619
	4	4		13,21	13,83	4,693	
A	4	6	320 gr.	13,5	14,35	6,296	6,644
	4	6		13,3	14,23	6,992	
B	4	6	320 gr.	13,46	14,21	5,572	5,593
	4	6		13,54	14,3	5,613	
A	6	4	320 gr.	13,4	14,29	6,642	6,786
	6	4		13,42	14,35	6,930	
B	6	4	320 gr.	13,39	14,14	5,601	5,245
	6	4		13,5	14,16	4,889	
A	6	6	320 gr.	13,4	14,414	7,567	7,627
	6	6		13,44	14,473	7,686	
B	6	6	320 gr.	13,5	14,26	5,630	6,056
	6	6		13,39	14,258	6,482	
A	4	4	230 gr.	13,434	14,428	7,399	6,982
	4	4		13,436	14,318	6,564	
B	4	4	230 gr.	13,397	14,26	6,442	6,489
	4	4		13,404	14,28	6,535	
A	4	6	230 gr.	13,44	14,27	6,176	6,409
	4	6		13,4	14,29	6,642	
B	4	6	230 gr.	13,49	14,28	5,856	5,546
	4	6		13,56	14,27	5,236	
A	6	4	230 gr.	13,43	14,33	6,701	7,036
	6	4		13,46	14,452	7,370	
B	6	4	230 gr.	13,57	14,343	5,696	5,844
	6	4		13,502	14,311	5,992	
A	6	6	230 gr.	13,423	14,62	8,918	8,819
	6	6		13,462	14,636	8,721	
B	6	6	230 gr.	13,465	14,245	5,793	6,077
	6	6		13,44	14,295	6,362	

Anexo 3. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de lomo caracho.

PROVEEDORES	T (min)	V (RPM)	PRODUCTO	PESO INICIAL (kg)	PESO REAL TENDERIZADO (Kg)	% FINAL DE GANANCIA DE AGUA	PROMEDIO % GANANCIA AGUA
A	6	5	320 gr.	13,421	14,198	5,789	6,068
	6	5		13,41	14,261	6,346	
B	6	5	320 gr.	13,398	14,052	4,881	5,828
	6	5		13,402	14,31	6,775	
A	6	6	320 gr.	13,41	14,234	6,145	6,806
	6	6		13,418	14,42	7,468	
B	6	6	320 gr.	13,399	14,263	6,448	6,453
	6	6		13,41	14,276	6,458	
A	8	5	320 gr.	13,4	14,343	7,037	7,198
	8	5		13,384	14,369	7,360	
B	8	5	320 gr.	13,45	14,29	6,245	6,766
	8	5		13,422	14,4	7,287	
A	8	6	320 gr.	13,398	14,482	8,091	7,817
	8	6		13,402	14,413	7,544	
B	8	6	320 gr.	13,365	14,464	8,223	7,527
	8	6		13,41	14,326	6,831	
A	6	5	230 gr.	13,402	14,409	7,514	6,418
	6	5		13,398	14,111	5,322	
B	6	5	230 gr.	13,403	14,16	5,648	5,412
	6	5		13,41	14,104	5,175	
A	6	6	230 gr.	13,399	14,54	8,516	7,399
	6	6		13,402	14,244	6,283	
B	6	6	230 gr.	13,387	14,21	6,148	5,535
	6	6		13,41	14,07	4,922	
A	8	5	230 gr.	13,399	14,38	7,321	8,217
	8	5		13,42	14,643	9,113	
B	8	5	230 gr.	13,423	14,27	6,310	6,229
	8	5		13,452	14,279	6,148	
A	8	6	230 gr.	13,423	14,33	6,757	7,420
	8	6		13,462	14,55	8,082	
B	8	6	230 gr.	13,378	14,192	6,085	5,997
	8	6		13,42	14,213	5,909	

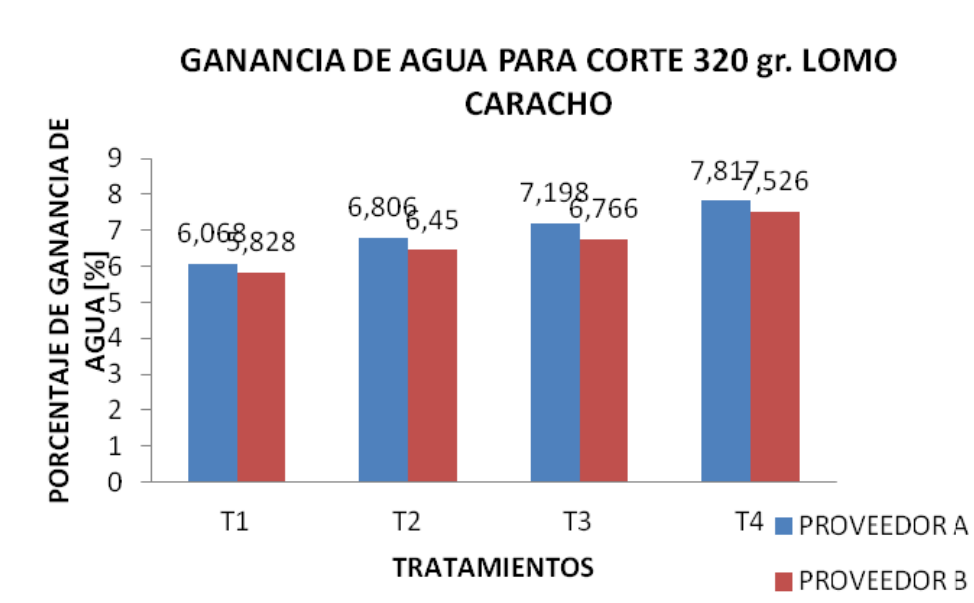
Anexo 4. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de lomo Redondo

PROVEEDORES	T (min)	V (RPM)	PRODUCTO	PESO INICIAL (kg)	PESO REAL TENDERIZADO (Kg)	% FINAL DE GANANCIA DE AGUA	PROMEDIO % GANANCIA AGUA
A	4	5	320 gr.	13,103	13,986	6,739	5,655
	4	5		13,342	13,952	4,572	
B	4	5	320 gr.	13,289	13,897	4,575	4,181
	4	5		13,31	13,814	3,787	
A	4	6	320 gr.	13,423	14,411	7,361	6,381
	4	6		13,642	14,379	5,402	
B	4	6	320 gr.	13,12	14,136	7,744	5,358
	4	6		13,53	13,932	2,971	
A	8	5	320 gr.	13,23	14,754	11,519	8,862
	8	5		13,54	14,38	6,204	
B	8	5	320 gr.	13,44	14,667	9,129	7,014
	8	5		13,76	14,434	4,898	
A	8	6	320 gr.	13,254	14,384	8,526	9,162
	8	6		13,432	14,748	9,797	
B	8	6	320 gr.	13,234	14,158	6,982	8,218
	8	6		13,54	14,82	9,453	
A	4	5	230 gr.	13,44	14,422	7,307	5,993
	4	5		13,87	14,519	4,679	
B	4	5	230 gr.	13,342	14,153	6,079	5,877
	4	5		13,532	14,3	5,675	
A	4	6	230 gr.	13,232	14,422	8,993	6,817
	4	6		13,423	14,046	4,641	
B	4	6	230 gr.	13,23	14,168	7,090	6,305
	4	6		13,532	14,279	5,520	
A	8	5	230 gr.	13,22	14,412	9,017	8,559
	8	5		13,492	14,585	8,101	
B	8	5	230 gr.	13,33	14,443	8,350	7,972
	8	5		13,312	14,323	7,595	
A	8	6	230 gr.	13,453	14,223	5,724	5,827
	8	6		13,423	14,219	5,930	
B	8	6	230 gr.	13,492	14,189	5,166	5,239
	8	6		13,232	13,935	5,313	

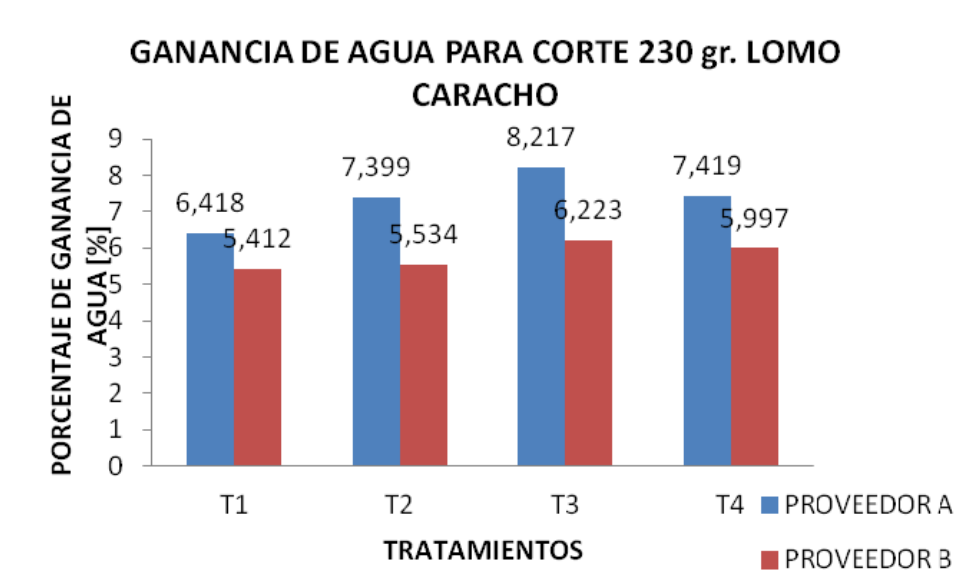
Anexo 5. Datos obtenidos experimentalmente tenderizando cortes de punta de Anca.

PROVEEDORES	T (min)	V (RPM)	PRODUCTO	PESO INICIAL (kg)	PESO REAL TENDERIZADO (Kg)	% FINAL DE GANANCIA DE AGUA	PROMEDIO % GANANCIA REAL
A	4	5	320 gr.	13,232	13,887	4,950	5,036
	4	5		13,22	13,897	5,121	
B	4	5	320 gr.	13,265	14,019	5,684	5,554
	4	5		13,276	13,996	5,423	
A	4	6	320 gr.	13,234	13,89	4,957	5,273
	4	6		13,256	13,997	5,590	
B	4	6	320 gr.	13,233	14,029	6,015	5,835
	4	6		13,245	13,994	5,655	
A	8	5	320 gr.	13,221	14,017	6,021	6,226
	8	5		13,246	14,098	6,432	
B	8	5	320 gr.	13,212	14,112	6,812	6,303
	8	5		13,254	14,022	5,794	
A	8	6	320 gr.	13,245	14,306	8,011	7,383
	8	6		13,234	14,128	6,755	
B	8	6	320 gr.	13,211	14,709	11,339	8,923
	8	6		13,246	14,108	6,508	
A	4	5	230 gr.	13,255	14,018	5,756	5,977
	4	5		13,265	14,087	6,197	
B	4	5	230 gr.	13,221	14,079	6,490	6,091
	4	5		13,244	13,998	5,693	
A	4	6	230 gr.	13,22	14,21	7,489	6,514
	4	6		13,253	13,987	5,538	
B	4	6	230 gr.	13,211	14,09	6,654	6,747
	4	6		13,244	14,15	6,841	
A	8	5	230 gr.	13,298	14,196	6,753	7,540
	8	5		13,233	14,335	8,328	
B	8	5	230 gr.	13,248	14,294	7,896	8,380
	8	5		13,234	14,407	8,864	
A	8	6	230 gr.	13,211	14,358	8,682	8,490
	8	6		13,243	14,342	8,299	
B	8	6	230 gr.	13,247	14,508	9,519	9,594
	8	6		13,322	14,61	9,668	

ANEXO 6. Porcentaje de ganancia de agua para los cortes de 320gr y 230gr de lomo caracho.

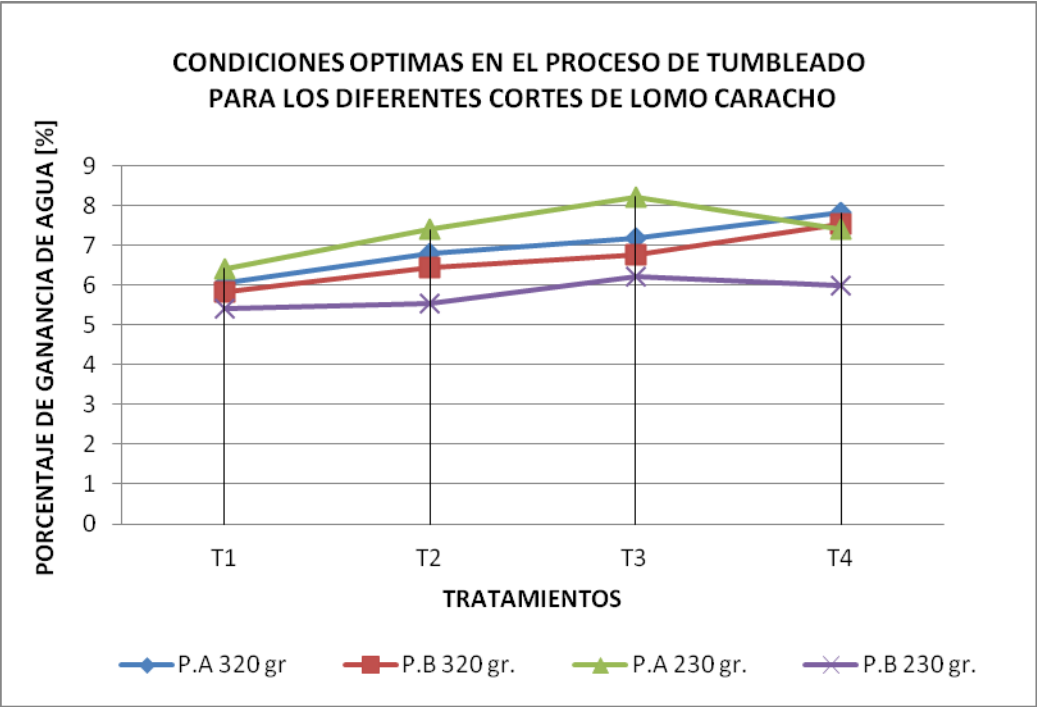


Grafica 12. Porcentaje de ganancia de agua para la el corte de 320 gr. de lomo caracho.



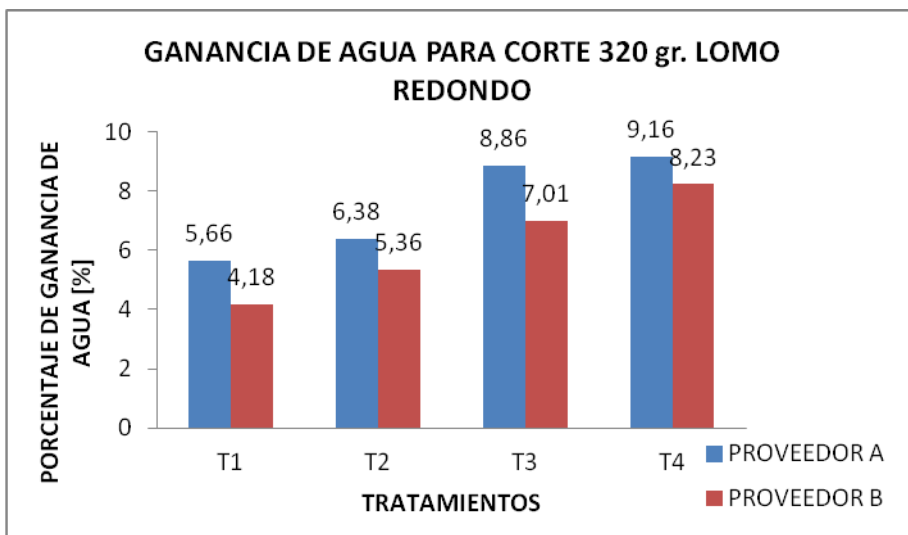
Grafica 13. Porcentaje de ganancia de agua para la el corte de 230 gr. de lomo caracho.

Anexo 7. Condiciones en el proceso de tumbleado para los diferentes cortes de lomo caracho.

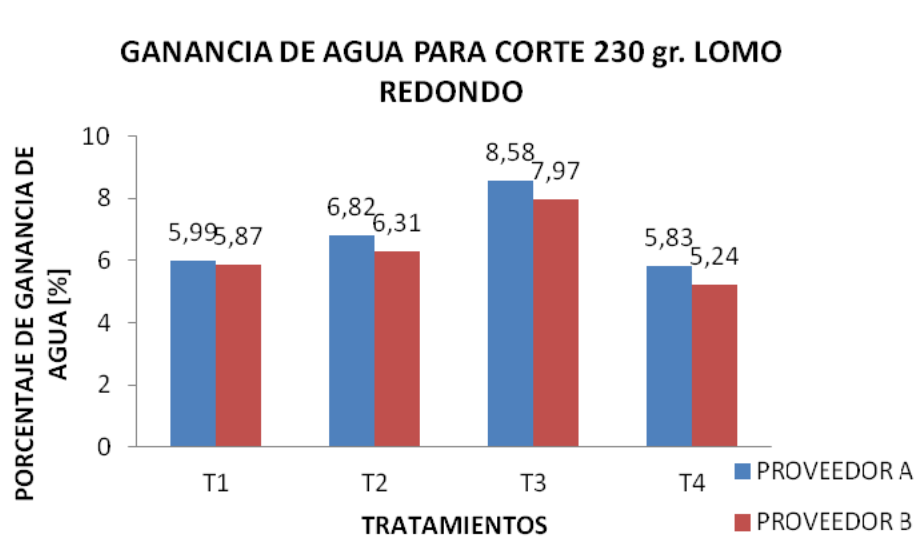


Grafica 14. Condiciones en el proceso de tumbleado para el lomo caracho.

ANEXO 8. Porcentaje de ganancia de agua para los cortes de 320gr y 230gr de lomo redondo.

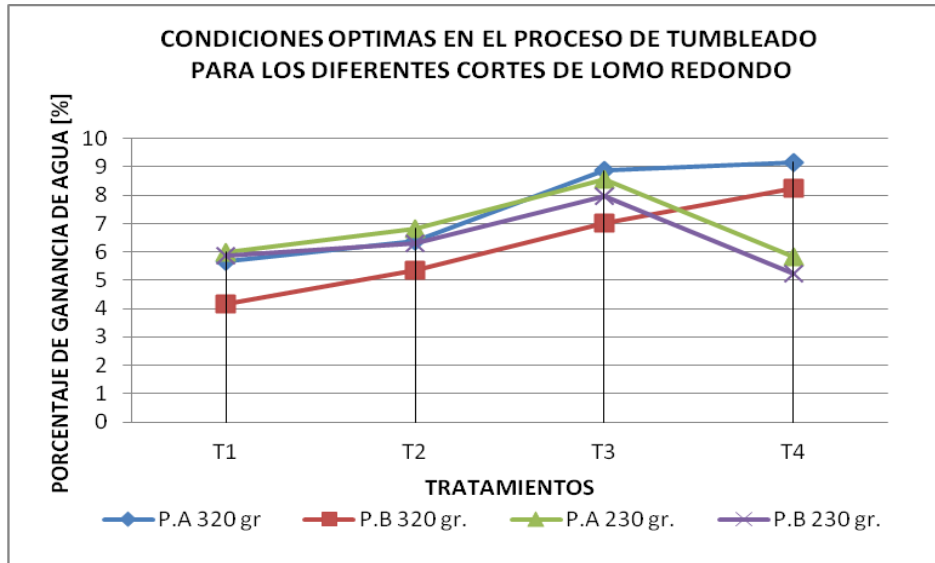


Grafica 15. Porcentaje de ganancia de agua para la el corte de 320 gr. de lomo redondo.



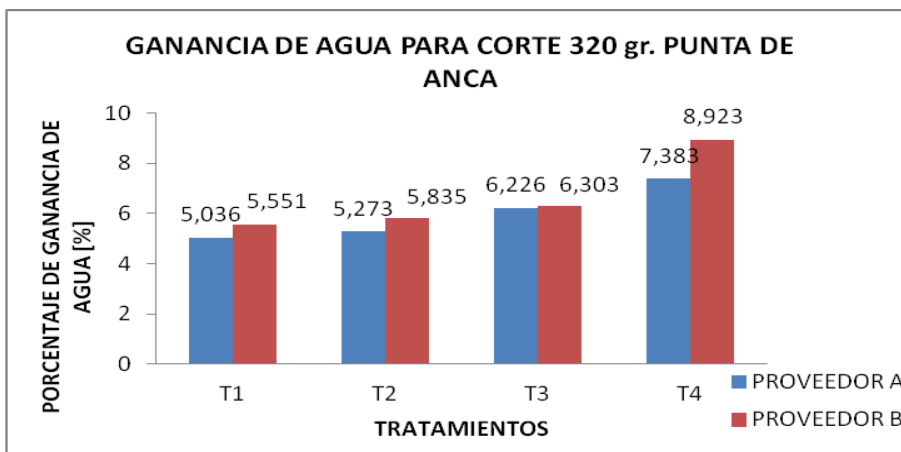
Grafica 16. Porcentaje de ganancia de agua para la el corte de 230 gr. de lomo redondo.

Anexo 9. Condiciones en el proceso de tumbleado para los diferentes cortes de lomo redondo.

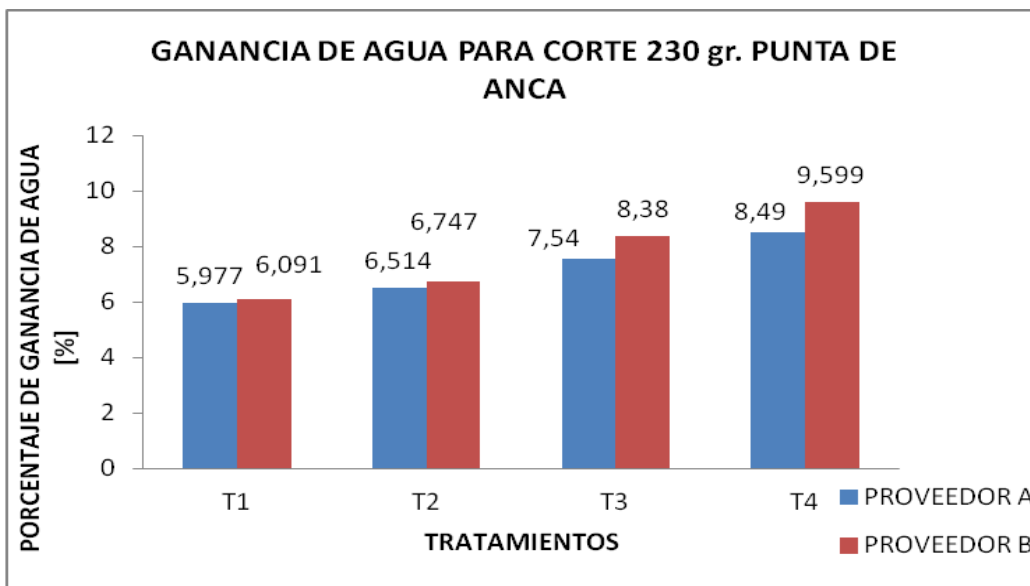


Grafica 17. Condiciones en el proceso de tumbleado para el lomo redondo.

ANEXO 10. Porcentaje de ganancia de agua para los cortes de 320gr y 230gr de punta de anca.

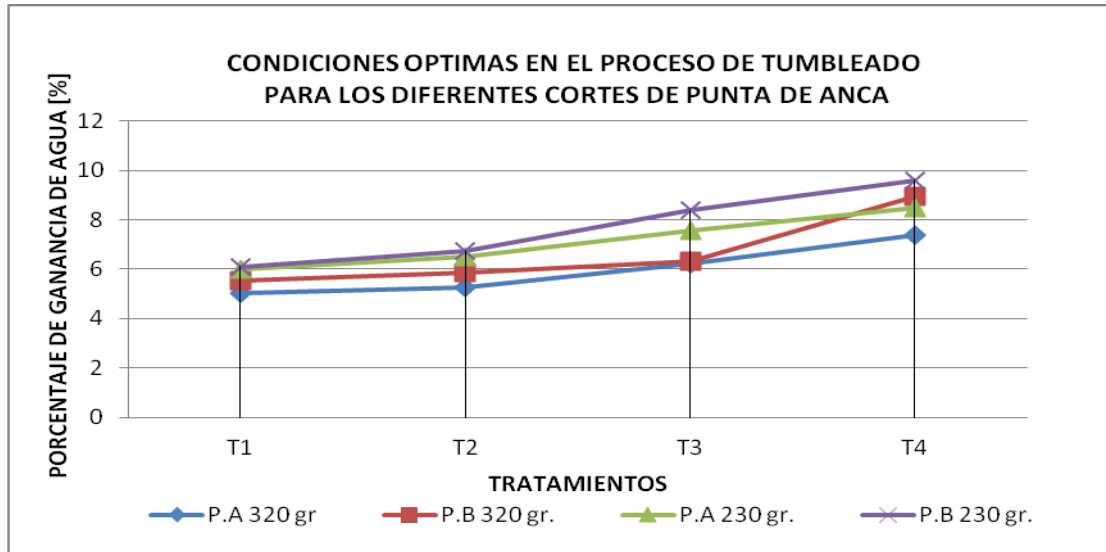


Grafica 18. Porcentaje de ganancia de agua para la el corte de 320 gr. de punta de anca.



Grafica 19. Porcentaje de ganancia de agua para la el corte de 230 gr. de punta de anca.

Anexo 11. Condiciones en el proceso de tumbleado para los diferentes cortes de punta de anca.



Grafica 20. Condiciones optimas en el proceso de tumbleado para la punta de anca.