

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias



TESIS

**DIFERENCIACIÓN ENTRE LA CARNE DE VACUNO CORTADA Y PICADA
MEDIANTE ESPECTROSCOPIA EN EL INFRARROJO CERCANO**

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:

Apolitano Torres Vilma Erlita

Asesores:

ING. Jimy Oblitas Cruz

M Sc. Ives J. Yoplac Tafur

CAJAMARCA – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N.º 14015 del 13 de febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

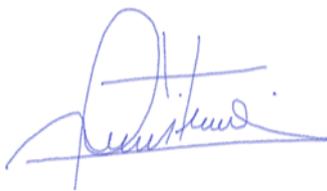
-----000-----

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los ocho días del mes de diciembre del año dos mil veinte, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 96-2020-FCA-UNC, de fecha 27 de febrero del 2020, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"DIFERENCIACIÓN ENTRE LA CARNE DE VACUNO CORTADA Y PICADA MEDIANTE ESPECTROSCOPIA EN EL INFRARROJO CERCANO"**, ejecutado(a) por la Bachiller en Industrias Alimentarias, doña **Apolitano Torres Vilma Erlita**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las 10 horas y 10 minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**; por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

A las 11 horas y 20 minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el acto.

 Dr. Luis Humberto Aceijas Pajares PRESIDENTE		 Ing. Mg. Max Edwin Sangay Terrones SECRETARIO
 Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez VOCAL		 Ing. M. Sc. Jimmy Frank Oblitas Cruz ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado primeramente a Dios por haberme dado vida y salud sin la cual no habría logrado alcanzar un objetivo más en mi formación profesional.

A mi familia: Abuelos, Papás, Hermanos, Esposo y mi adorada Hija; por ser el motivo para seguir siempre adelante.

A los Ingenieros por apoyarme y guiarme durante todo el trayecto de estudios superiores hasta culminar este trabajo.

A mis asesores por orientarme en cada paso de este trabajo de investigación

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por todo lo que me ha permitido hacer y lograr hasta este momento, por sus bendiciones de cada día, por su fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida y por haberme dado la oportunidad de finalizar este trabajo de investigación. Gracias.

A mis abuelos, a mis Papás, a mis hermanos por sus consejos, apoyo, ayuda y compañía en esta etapa muy importante de mi vida.

A mi esposo por soportarme, apoyarme y sobre todo comprenderme todo este tiempo y a mi hija Daniela, por ser mi motivación para nunca detenerme y lograr todos mis objetivos.

Índice

Índice	3
CAPITULO I.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Problema de la investigación.....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivo de la investigación.....	12
1.3.1. Objetivos específicos.....	12
1.4. Hipótesis de la investigación.....	13
1.4.1. Tipos de Hipótesis.....	13
CAPITULO II.....	14
II. REVISION DE LITERATURA.....	14
2.1. Antecedentes de la investigación.....	14
2.2. Marco conceptual o base teóricas.....	16
2.2.1. Características de la carne.....	16
2.3. Tecnología NIR.....	26
2.3.1. Aspectos Fundamentales.....	26
2.3.2. Definición NIR.....	28
2.3.3. Principios de la tecnología NIRS.....	29
2.3.4. Ventajas y desventajas del NIRS.....	30
2.3.5. Absorbancia.....	30
2.4. Medición del color.....	30
2.4.1. Sistema CIELab* de color.....	31
2.4.2. El color usando Coordenadas L*a*b*.....	34
2.4.3. Colorímetro CR 400 Konica Minolta para medir color.....	37
2.5. Análisis en componentes principales (ACP).....	37
2.6. Modelado Independiente Suave de Analogía de Clase (SIMCA).....	38
2.7. Definición de términos básicos.....	38
CAPITULO III.....	40
III. MARCO METODOLOGICO.....	40
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	40
3.2. Materiales.....	40
3.2.1. Materia prima.....	40
3.3. Metodología.....	40

3.3.1.	Recepción de materia prima.....	40
3.3.2.	Lavado.....	40
3.3.3.	Oreado.....	40
3.3.4.	Corte de carne.....	40
3.3.5.	Medición del color.....	41
3.3.6.	Picado de carne.....	41
3.3.7.	Medición de perfil espectral.....	41
3.4.	Métodos de análisis.....	43
3.4.1.	Obtención de la carne.....	43
3.4.2.	Espectroscopía NIR.....	44
3.4.3.	Medición del color.....	44
3.5.	Tipo de investigación:.....	44
3.6.	Unidad de análisis, población y muestra de estudio.....	44
3.6.1.	Unidad de análisis.....	44
3.6.2.	Población:.....	44
3.6.3.	Muestra:.....	45
3.7.	Diseño de investigación.....	45
3.7.1.	Medición de perfiles espectrales:.....	45
3.7.2.	La medición del color.....	46
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	47
3.8.1.	Análisis de la diferenciación.....	47
CAPITULO IV.....		48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		48
4.1. Caracterización espectral promedio.....		48
4.2. Caracterización espectral.....		50
4.3. Caracterización espectral total.....		52
4.4. Medición Del Color.....		53
4.4.1.	Diferencia total de color (ΔE^*).....	53
4.4.2.	Luminosidad (L^*).....	55
4.4.3.	Enrojecimiento (a^*).....	57
4.4.4.	Amarillez (b^*).....	59
4.4.5.	Cromaticidad (C^*).....	61
4.4.6.	Matiz (h).....	63
CAPITULO V.....		66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		66
5.1. Conclusiones.....		66

5.2. Recomendaciones.....	67
CAPITULO VI.....	68
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	68
CAPITULO VII.....	81
VII. ANEXOS.....	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de carne de diferentes animales. Humedad, proteínas, grasa y cenizas.....	24
Tabla 2: ANOVA para diferencia total de color (ΔE^*)	53
Tabla 3: Tabla: Prueba de múltiples rangos para diferencia total de color (ΔE^*), confianza 95%.....	54
Tabla 4: Tabla ANOVA, para luminosidad (L^*).	55
Tabla 5: Prueba de múltiples rangos para luminosidad (L^*), confianza 95%. ..	56
Tabla 6: Tabla ANOVA para enrojecimiento (a^*).....	57
Tabla 7: Media, desviación estándar y límites para enrojecimiento (a^*).....	58
Tabla 8: Resultados ANOVA para amarillez (b^*).....	59
Tabla 9: Prueba de múltiples rangos para amarillez (a^*), confianza 95%.	60
Tabla 10: Análisis estadístico ANOVA, para cromaticidad (C^*).....	61
Tabla 11: Media, desviación estándar y límites para cromaticidad (C^*).	62
Tabla 12: Análisis estadístico ANOVA, para maticidad (h).....	63
Tabla 13: Prueba de múltiples rangos para maticidad (h), confianza del 95%. ..	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Espectro Electromagnético.	27
Figura 2: Espectro medio de absorbancia ($\log(1/R)$) de muestras de carne de buey en el infrarrojo cercano. (Prieto. N, 2006).....	28
Figura 3: Espacio de color CIEL ab*. (CIELch, 2010).	35
Figura 4: Cromaticidad y maticidad. (CIELch, 2010)	36
Figura 5: Diagrama de Flujo para la medición de perfil espectral mediante espectroscopia.	42
Figura 6: Espectro promedio en la región del infrarrojo cercano (1100-2500 nm) y su orden de diferenciación entre carne de vacuno cortada y picada.....	48
Figura 7: Espectros NIR de la muestra con mayor, mediana y mínima absorbancia en el rango de (1100 - 2500 nm).....	50
Figura 8: Espectros NIR medidos de todas las muestras de carne de vacuno cortada y picada en el rango de 1100 - 2500 nm.	52
Figura 9: Representación gráfica para Luminosidad (L^*).	57
Figura 10: Representación gráfica para enrojecimiento (a^*).	59
Figura 11: Promedio y desviación estándar para amarillez (b^*).	61
Figura 12: Representación gráfica para cromaticidad (C^*).....	63
Figura 13: Representación gráfica para maticidad (h).....	65

RESUMEN

La investigación se realizó en la Universidad Nacional de Cajamarca Provincia y Departamento de Cajamarca, en la escuela académico profesional de ingeniería en Industrias Alimentarias se analizaron 30 muestras de carne de vacuno, con el objetivo de diferenciar la carne de vacuno cortada y picada mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano. Las carnes fueron recolectadas de diferentes mercados; es decir, de los expendios finales, estas muestras fueron transportadas hacia el laboratorio en recipientes adecuados para su posterior análisis; para realizar el análisis se lavó las muestras con agua a chorro luego se las puso a secar seguidamente se realizó el cortado y se midió su perfil espectral; luego a esta carne cortada se midió el color mediante un colorímetro CR 400; a estas mismas muestras se procedió al picarlas; para ello se utilizó un cuchillo finamente afilado para facilitar el corte y no dañar el tejido, para ser posteriormente expuestas al Espectrofotómetro NIR y medir los perfiles espectrales por triplicado; así se procedió durante 5 días consecutivos con 6 muestras por día, todas las muestras fueron analizadas expuestas al medio ambiente. Para el análisis de diferenciación espectral se realizó un análisis de componentes principales (PCA) y modelado independiente suave de la analogía de clase – SIMCA y un análisis ANOVA para determinar el color total y cada una de las coordenadas: Luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*). Obteniendo una diferencia muy significativa con relación al espectro de carne cortada con absorbancia entre 1.6 a 1.8 con longitud de onda entre 1200 a 1400 nm aprox. para contenido de grasa y 1.8 a 2.2 con longitud de onda entre 1800 a 1900 nm aprox. para contenido de agua y para carne picada una absorbancia entre 1.7 a 1.9 con longitud de onda entre 1600 a 1900 nm aprox. para contenido de grasa y una absorbancia entre 2.1 a 2.5 con longitud de onda entre 1800 a 1900 nm aprox. para contenido de agua los datos más resaltantes. Esto es probablemente porque se utilizó muestras con contenido de grasa y frescas. Con respecto al color se obtuvo un valor de $L^* = 32.6833$, $a^* = 21.59$ y $b = 3.7943$. Valores para un color rojo característico de carne de vacuno, esto se da mayormente por la raza del animal, su alimentación y el estrés antes de ser sacrificado, entre otras causas.

ABSTRACT

The research was carried out at the National University of Cajamarca Province and Department of Cajamarca, in the professional academic school of engineering in Food Industries, 30 samples of beef were analyzed, with the aim of differentiating cut and minced beef by spectroscopy in the near infrared. The meats were collected from different markets; In other words, from the final sales, these samples were transported to the laboratory in suitable containers for their subsequent analysis; To carry out the analysis, the samples were washed with jet water, then they were put to dry, followed by cutting and their spectral profile was measured; then the color of this cut meat was measured using a CR 400 colorimeter; These same samples were minced; To do this, a finely sharp knife was used to facilitate cutting and not damage the tissue, to be subsequently exposed to the NIR Spectrophotometer and measure the spectral profiles in triplicate; This was done for 5 consecutive days with 6 samples per day, all samples were analyzed exposed to the environment. For the spectral differentiation analysis, a principal component analysis (PCA) and smooth independent modeling of the class analogy - SIMCA and an-ANOVA analysis were performed to determine the total color and each of the coordinates: Luminosity (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*). Obtaining a very significant difference in relation to the spectrum of cut meat with absorbance between 1.6 to 1.8 with wavelength between 1200 to 1400 nm approx. for fat content and 1.8 to 2.2 with wavelength between 1800 to 1900 nm approx. for water content and for minced meat an absorbance between 1.7 to 1.9 with wavelength between 1600 to 1900 nm approx. for fat content and an absorbance between 2.1 to 2.5 with a wavelength between 1800 to 1900 nm approx. for water content the most outstanding data. This is probably because fat-content and fresh samples were used. Regarding color, a value of $L^* = 32.6833$, $a^* = 21.59$ and $b = 3.7943$ was obtained. Values for a characteristic red color of beef, this is mainly due to the breed of the animal, its diet and stress before being slaughtered, among other causes.

CAPITULO I.

I. INTRODUCCIÓN

La ternura, la jugosidad y el sabor de la carne de vacuno son factores importantes que afectan la evaluación del consumidor de la calidad de la carne e influyen en su decisión en relación con la realización de una compra repetida (Shackelford S, 2001). Entre estos factores (Huffman K, 1995) encontraron que la ternura era el atributo de palatabilidad más importante para los consumidores de carne de vacuno. Otros estudios han demostrado que los consumidores están dispuestos a pagar más por la carne tierna (Lusk K, 2001), (Shackelford S, 2001).

Existen múltiples factores que afectan al pH, al color, a la capacidad de retención de agua y a la dureza, determinantes primarios de su calidad (Kinsman. D, 1994.)

Esta variabilidad en las características físicas y químicas de la carne supone un problema en el momento de la comercialización (Dransfield. E, 1994.), ocasionando al consumidor una cierta incertidumbre sobre la calidad de esta. Por ello, es recomendable establecer programas basados en la evaluación y control de las características de la carne que aseguren su calidad y homogeneidad (Leroy. B, 2003) .

Garantizar la calidad de los productos que llegan al mercado es crucial para el sector agroalimentario; para ello es fundamental el desarrollo de técnicas fiables que permitan monitorizar la calidad y seguridad de los productos y asegurar su trazabilidad a lo largo de la cadena productiva (Eduardo A, 2020). Por lo tanto, un método no invasivo para diferenciar las carnes de vacuno beneficiaría a la industria de la carne y a los consumidores.

Ante esta situación, sería muy útil el desarrollo de técnicas alternativas, más rápidas y menos costosas, que puedan aplicarse sobre la carne fresca (Prieto. N, 2006). Por ello el objetivo de este trabajo de investigación es determinar la diferencia entre la carne de vacuno cortada y picada mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano – NIR (del inglés: Near Infrared).

1.1. Problema de la investigación

La carne es uno de los productos más valiosos en la dieta humana, siendo muy apreciado por el consumidor, debido principalmente a su alto valor nutritivo. Continuamente se desarrollan nuevas técnicas para mejorar la calidad en alimentos, como por ejemplo nuevos procesos de refrigeración (Wang L, 1995). Con la mejora del nivel de vida, las personas actualmente prestan más atención a la seguridad y la autenticidad de la carne. Por otra parte, con el acceso a la información, los consumidores están más preocupados por la carne que comen y su etiquetado, por tanto, es importante un etiquetado correcto y preciso para ayudar a los consumidores a elegir los tipos adecuados de carne y de este modo satisfacer sus necesidades. (Swatland H., 1991).

Aunque la mayoría de la población mundial tiene hábitos alimentarios de tipo vegetariano, con dietas balanceadas que evolucionan a medida que pasa el tiempo, no existe duda que la carne es una fuente importante de nutrientes. (Swatland H., 1991). La composición fisiológica y nutritiva de la carne ha sido reconocida cada vez más a medida que han ido progresando las investigaciones sobre nutrición. Pero a pesar de que la carne juega un papel importante en la nutrición humana y que el nivel de información respecto a la misma hoy en día es mucho mayor, los conocimientos del consumidor nacional son insuficientes, anticuados en incluso en algunos casos falso por completo. Es por lo tanto necesario entregar una mayor información al consumidor, principalmente en lo que respecta a calidad cárnica (Swatland H., 1991).

La determinación de la autenticidad en carne y la detección de la adulteración han incrementado su atención dentro de la industria cárnica. Aunque cada vez se está haciendo más hincapié en el concepto de autenticidad de los alimentos, en la actualidad no es fácil identificar la prevalencia de fraude en la carne o el etiquetado incorrecto (Ballin N, 2008).

La necesidad de alcanzar altos niveles de calidad y seguridad durante la producción de alimentos requiere controles estrictos tanto durante todo el proceso de producción como el de comercialización. Para llevar a cabo estos controles se requieren técnicas de análisis de alimentos entre cuyas características deseables se encuentran la rapidez, la facilidad de uso, la no preparación o mínima preparación de muestra, la no destrucción de las mismas y el bajo coste (Karoui R, 2010).

En tal sentido cada vez es más importante para la industria moderna la obtención de productos con una elevada calidad es necesario que los productos cumplan con la norma establecida antes de salir al mercado. Los métodos tradicionales que permiten asegurar la calidad de un producto consumen un tiempo considerable, son laboriosos y a menudo producen residuos con el consiguiente encarecimiento del costo del producto. La industria moderna necesita cada vez más métodos de análisis simples, rápidos, fiables y con un bajo coste por análisis, en este sentido, en el presente trabajo de investigación se va utilizar un método para el análisis de carne de vacuno y se va a comprobar la capacidad de la tecnología NIR para diferenciar la carne de vacuno cortada y picada.

1.2. Formulación del problema.

¿Existe diferencia entre la carne de vacuno cortada y picada mediante Espectroscopía NIR?

1.3. Objetivo de la investigación.

Determinar la diferencia entre la carne de vacuno cortada y picada mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano – NIR (del inglés: Near Infrared).

1.3.1. Objetivos específicos.

- Analizar la diferenciación de los perfiles espectrales entre la carne de vacuno cortada y picada.
- Realizar la medición del color de la carne cortada usando el sistema CIELab* de color, mediante un colorímetro CR-400.

1.4. Hipótesis de la investigación.

Si existe diferencia entre la carne de vacuno cortada y picada mediante espectroscopía NIR, también en color mediante el sistema CIElab* de color.

1.4.1. Tipos de Hipótesis.

1.4.1.1. Hipótesis de investigación.

Este tipo de hipótesis se caracterizan por ser proposiciones tentativas que relacionan dos o más variables. Se les representan con los símbolos H1, H3, y Hn. Dentro de las hipótesis de investigación se distinguen tres tipos: hipótesis descriptivas, hipótesis correlacionales e hipótesis explicativas.

✓ Hipótesis descriptivas.

Estas hipótesis son proposiciones que describen de manera tentativa el objeto de estudio. Algunos autores como Kerlinger (1980) llaman a estas hipótesis univariadas.

✓ Hipótesis Correlacionales.

Establecen correlaciones entre dos o más variables, estas correlaciones pueden ser positivas, negativas o mixtas. Ejemplo:

A mayores horas de capacitación, mayor productividad (correlación positiva).

A menor retroalimentación por parte del supervisor, menor autoestima (correlación negativa).

A mayor satisfacción del cliente menor número de reclamaciones (correlación mixta).

✓ Hipótesis Explicativas.

Buscan una explicación o causa de entendimiento entre las variables involucradas. Correlación y casualidad son dos conceptos asociados pero distintos. Para establecer la casualidad entre las variables, antes se debe haber hallado correlación.

CAPITULO II.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Antecedentes de la investigación.

El gran impulso en la aplicación de la técnica NIR lo dio Karl Norris en la década de los 60. Líder de un grupo de investigación de la United States Department of Agriculture (USDA), (Ben-Gera. I, 1999), Norris comenzó estudiando las matrices complejas de origen natural. En 1968 Ben-Gera y Norris publicaron su primer estudio aplicando el análisis NIR para productos agrarios, incluyendo medidas de grasa y contenido de agua en carne, humedad en soja, grasa y contenido de agua en leche (Ben-Gera. I, 1999). Los trabajos de Ben Gera y Norris estaban orientados al campo del análisis agroalimentario, logrando aumentar notablemente el interés por la espectroscopía NIR.

En los últimos 10 años aproximadamente el notable interés que ha despertado la espectroscopía NIR en el sector industrial ha surgido como consecuencia directa de dos de las ventajas que ofrece como herramienta analítica para el control de calidad de carne de vacuno (Ben-Gera. I, 1999).

En la actualidad, la espectroscopía de absorbancia en el infrarrojo cercano ha demostrado ser una técnica analítica de una gran versatilidad, rapidez, eficacia y con un bajo coste de mantenimiento (Prevolnik & Candek, 2018) lo cual ha contribuido a que durante la última década se haya extendido notablemente el empleo de esta técnica en campos de tan diversa índole como la industria alimentaria, utilizándose en este caso para el análisis de productos tan diversos como la leche (Sivakesava. S, 2002), aplicación de la tecnología NIR para estimar parámetros físicos indicativos de la calidad de la carne de vacuno (Prieto. N, 2006), entre otros.

(Ding R, 1999), utilizaron la técnica de la espectroscopía NIR para diferenciar origen de la carne de pollo (broilers y pollos 29 chinos locales), utilizando muestras de muslo y pechuga picadas y sin picar, con piel y sin ella. Para ello utilizaron diferentes modelos de regresión: componentes principales (PCR), lineal múltiple (MLR), cuadrados mínimos parciales (PLS) y PLS modificado (Ding R, 1999). De este estudio concluyeron que la exactitud en la clasificación fue un 100% para carne de muslo picado, 96% para pechuga sin picar y sin piel y 92% para carne de pechuga picadas y pechuga picada con piel (Ding R, 1999).

Ningún modelo mostró diferencias en la exactitud de la clasificación, quienes demostraron que la corrección SNVD “Standard normal and detrend” mejoraba la diferenciación de carne picada de pollo, ternera o canguro, ya que permitía corregir el efecto de tamaño de partícula ocasionado por el picado de la muestra (Ding R, 1999).

(Beauchêne D, 1997) utilizaron espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano para diferenciar carne de vacuno fresca congelada y descongelada una, dos o tres veces, a través de muestras de jugos exudados, utilizaron los métodos de análisis discriminante factorial, el análisis de modelado SIMCA (“Soft Independent Modeling of Class Analogy”) y el análisis discriminante mediante ecuaciones de regresión de términos PLS. (Beauchêne D, 1997) Dijeron que el método de análisis discriminante factorial fue el que mejores resultados entregó, con un porcentaje de clasificación correcta superior a un 93%.

(Isaksson T, 1997) utilizando muestras picadas de carne de 68 canales de vacuno, cerdo, cordero y aves, realizaron un estudio donde usaron NIR empleando el extracto seco como método para: Reconocer el origen de la carne de la especie marcada en el etiquetado y para determinación de la especie de la que procede si no es la de la etiqueta (Isaksson T, 1997). Como métodos de análisis utilizaron PLS (Partial Least Square), QDA (análisis discriminante cuadrático) y LDA (análisis discriminante lineal) y los resultados encontrados fueron que del total de muestras el 90-100% fueron clasificadas correctamente, donde el mejor método fue el QDA (Isaksson T, 1997).

Desde la primera aplicación de la tecnología NIR a los productos cárnicos (Ben-Gera. I, 1999), se han realizado numerosos estudios que han permitido el desarrollo de calibraciones para predecir las características fisicoquímicas y sensoriales de la carne. Todo ello con el fin de desarrollar métodos no destructivos que permitan conocer la calidad del producto de forma rápida y precisa (Ben-Gera. I, 1999).

2.2. Marco conceptual o base teóricas.

2.2.1. Características de la carne.

2.2.1.1. Definición.

Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE) el término “carne” se define como “la parte muscular del cuerpo de los animales”. Desde el punto de vista bromatológico, la carne se define como el producto alimenticio resultante de la transformación experimentada por el tejido muscular del animal a través de una serie concatenada de procesos fisicoquímicos y bioquímicos que se desarrollan como consecuencia del sacrificio del animal según la (RAE).

2.2.1.2. Calidad de la carne.

En cuanto al termino “calidad” cabe destacar que este es un concepto complejo y difícil de definir, ya que puede tener distintas interpretaciones en función del eslabón de la cadena de comercialización en que un producto se encuentre (producción, procesado, distribución o consumo). Sin embargo, una de las definiciones ms extendidas desde el punto de vista del consumidor ha sido propuesta por (Hammond. J, 1955) “Aquello que gusta al consumidor y por lo que está dispuesto a pagar más que el precio medio”. No obstante, desde el punto de vista de la carne, esta definición puede tener varias interpretaciones para el consumidor, el cual puede atender a diferentes criterios como son el valor nutritivo o las cualidades higiénico-sanitarias, tecnológicas y sensoriales u orgalépticas de producto a consumir. En definitiva, la calidad de la carne va a depender de diversos factores en función del criterio establecido (Andersen H, 2005); (Brunso K, 2005).

También la calidad de la carne de vacuno está determinada por IGP (Indicación Geográfica Protegida), que establecen un riguroso seguimiento de los terneros desde el nacimiento, supervisando el origen, raza, crianza, alimentación, sanidad, transporte, sacrificio, despiece y distribución.

La revisión bibliográfica que se presenta a continuación se ha estructurado en dos puntos. Primero donde se abordan las características físico-químicas de la carne (composición química, pH, color, capacidad de retención de agua y textura) y los factores que influyen sobre ellas, y un segundo punto donde se revisan los trabajos sobre la aplicación de la tecnología NIR en la predicción de dichas características.

2.2.1.3. Composición química de la carne.

La composición química de la carne es de vital importancia no solo desde el punto de vista nutritivo, sino también en lo referente a las propiedades tecnológicas, higiénico-sanitarias y sensoriales. En términos generales, la carne de los mamíferos presenta un contenido de agua en torno al 65-80%, de proteína del 16-22%, de grasa intramuscular del 1.5-13% y alrededor de 1.0% de cenizas. El resto lo constituyen carbohidratos, nitrógeno de origen no proteico y compuestos no nitrogenados aun que tienen muy poca importancia, son de gran valor desde el punto de vista nutritivo de la carne. (Lawrence T, 1997); (Lawrie R, 1998).

En el caso concreto de la carne de vacuno los valores oscilan alrededor del 75% de agua, 22% de proteína y 3% de grasa intramuscular estos datos son sobre una base de materia fresca (Maher 2004); (Delgado 2005). Para la determinación de estos valores generalmente se utiliza el musculo longissimus thoracis, ya que este es un buen indicador para la composición química de los principales músculos de la canal (Sañudo C, 2001).

Estos datos reflejan que el agua es el componente mayoritario de la carne, llegando a representar en carnes magras hasta un 80% del peso de la materia fresca. La proporción en la cual se encuentra el agua en los diferentes músculos va a estar condicionada por la cantidad de grasa intramuscular, ya que se sabe que ambos componentes están inversamente relacionados (Swatland H J, 1991); (Wismer-Pedersen J, 1994).

En este sentido, (Downwy G, 2004), observaron en carne de vacuno, una relación inversa entre los contenidos de grasa y agua del músculo ($r=-0,99$). A su vez, (Wismer-Pedersen J, 1994), manifestó que, dentro de un amplio rango de contenido graso, la proporción entre proteína y agua es casi constante. No obstante, y según este autor, esta regla se aplica a la carne de vacuno con pesos vivos superiores a 450 kg, ya que, en animales de menor peso y edad, esta relación es menor.

En cuanto a las proteínas presentes en la carne, son de especial interés, en lo que a la calidad de la carne se refiere, las proteínas miofibrilares del tejido muscular. De éstas, las mayoritarias son la actina y miosina, con proporciones que representan hasta el 20 y 40% de las proteínas miofibrilares, respectivamente. No obstante, el resto de las proteínas miofibrilares, aunque se encuentren en menor cantidad (actinina, tropomiosina, tinina, desmina y troponina T, entre otras), también desempeñan un papel importante tanto en la estructura del sarcómero o miofibrilla y en su contracción y relajación como en los procesos de maduración de la carne (Wismer-Pedersen J, 1994).

Por otra parte, el colágeno, proteína mayoritaria del tejido conjuntivo o conectivo, ejerce una gran influencia sobre las características de la textura de la carne, por lo que tanto su contenido como su solubilidad, son características que determinarán, en gran medida, la calidad de la carne (Takahashi, 1996); (Trnberg, 1996). correspondiente a dicho parámetro.

La fracción lipídica es generalmente, el componente más variable de la carne ya que su contenido depende de diversos factores, entre los que se destacan la raza (Cerdeño A, 2001); (Scollan N, 2005), el sexo (Valela A, 2004), la edad (Renand G, 2001) y el tipo de alimentación (O'Sullivan A, 2003). Las características de la grasa de la carne son de gran interés desde el punto de vista sanitario, tecnológico y gastronómico.

Los distintos tipos de ácidos grasos y su proporción, así como el contenido de colesterol de la carne, tienen diferentes efectos sobre la salud del consumidor. Por ejemplo, se sabe que las carnes con un alto contenido en ácidos grasos insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados) son más beneficiosas para la salud humana que aquéllas con un exceso de grasas saturadas, ya que estas últimas favorecen la aparición de aterosclerosis y el desarrollo de problemas cardiovasculares (Capillo A, 2001); (Corl B, 2003).

Según (Scollan N, 2005), el contenido de grasa intramuscular en carne de vacuno suele ser inferior al 5%, con aproximadamente un 47, 42 y 4% del total de ácidos grasos como ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, respectivamente. De los ácidos grasos presentes en la grasa intramuscular de la carne de vacuno, los más abundantes entre los saturados son el esteárico y palmítico, y en cuanto a los insaturados, el oleico (Calvo C, 2000); (Valela A, 2004)

Con respecto al contenido de minerales en la carne cabe destacar el hierro, elemento del que las carnes rojas constituyen una fuente muy importante de la dieta humana. Este mineral es fundamental para la salud humana ya que participa en numerosas funciones, como la formación de los pigmentos hemínicos y de los glóbulos rojos, así como en el transporte de oxígeno. Las carnes también son ricas, aunque en menor medida, en macrominerales como el potasio (interviene en la mayor parte de las funciones vitales y regula el equilibrio del agua en el organismo junto con el sodio), el fósforo (necesario tanto para el buen funcionamiento de las células cerebrales como para la formación de la estructura ósea), el calcio (necesario para la formación de la estructura ósea y los dientes, para la coagulación de la sangre, para la transmisión de los impulsos nerviosos, las pulsaciones, el ritmo cardíaco...) y el magnesio (favorece la fijación del calcio en los huesos y actúa como tranquilizante del sistema nervioso) (Capillo A, 2001).

Además, la carne también contribuye a la dieta con cantidades apreciables de microminerales o elementos traza como son el cobre y el selenio, que resultan indispensables debido a que el primero favorece la absorción del hierro, mientras que el segundo protege a las células de la oxidación (Pearson A, 1999).

Por otra parte, la carne también es una fuente importante de vitaminas hidrosolubles en la dieta del consumidor, fundamentalmente del grupo B, como la tiamina, riboflavina, niacina y ácido pantoténico (Windham C, 1990).

Además, también puede aportar una pequeña parte de vitaminas liposolubles, sobre todo A y E (retinol y tocoferol, respectivamente) (Pearson A, 1999).

2.2.1.3.1. Factores intrínsecos que influyen en la composición química de la carne.

Los factores intrínsecos son factores que dependen única y exclusivamente del animal de donde procede la carne. De entre ellos cabe destacar:

- Raza.
- Edad – Peso.
- Sexo.

2.2.1.3.2. Factores extrínsecos que influyen en la composición química de la carne

Los factores extrínsecos engloban a los factores que, teniendo una repercusión en las características de la calidad de la carne, no dependen del animal en cuestión, dependen de características ajenas al animal como:

✓ . Factores ante mórtem

La alimentación es uno de los factores que más influye en la composición química de la carne. En general, aquellos animales que han consumido dietas ricas en piensos concentrados presentan una mayor proporción de grasa que los que se han alimentado con forrajes (O'Sullivan A, 2003).

✓ . Factores post mórtem

Según (Beriaín. M, 1998), el contenido de agua en la carne de vacuno no cambia significativamente durante el periodo de maduración.

✓ pH

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de protones de una disolución y su valor se expresa en una escala de 0 (ácido) a 14 (básico). En lo que a esta revisión se refiere, este valor es un atributo determinante de la calidad de la carne, ya que está relacionado con los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne, e influye directamente en las características fisicoquímicas de este producto

El descenso del pH es una de las modificaciones fisicoquímicas que sufren los músculos durante el periodo post mórtem y que conducen a la instauración del rigor mortis. El desarrollo del rigor mortis constituye la primera etapa de transformación del músculo en carne y comienza inmediatamente después del sacrificio del animal. Su instauración depende de numerosos y variados factores (especie, raza, individuo, músculo, etc.) pero, en condiciones normales, el tiempo necesario para alcanzar el rigor mortis en vacuno oscila de 15 a 30 horas, aunque a efectos prácticos, se considera que la carne ha alcanzado el rigor mortis a las 24 horas post mórtem, habitualmente (Roncales P, 2001).

2.2.1.4. Capacidad de retención de agua (CRA)

Como ya se ha mencionado en el apartado de la composición química, la parte muscular de los mamíferos recién sacrificados contiene una media de un 75% de agua, porcentaje que varía dependiendo de la especie y del músculo en cuestión (Lawrence T, 1997); (Lawrie R, 1998). No obstante, este porcentaje de agua disminuye debido a pérdidas por evaporación durante el enfriamiento de las canales, pérdidas por presión debido a fuerzas externas, pérdidas por goteo como consecuencia de la sección de los tejidos, pérdidas por descongelación, o pérdidas por cocción tras el cocinado de la carne.

Estas pérdidas de agua son importantes no sólo desde un punto de vista económico (pérdida de peso de la carne fresca) y tecnológico (carnes con baja CRA tendrán mayores pérdidas de agua por goteo durante el almacenaje, mientras que aquéllas con alta CRA se caracterizarán por un “hinchamiento” de las mismas), sino también, desde la perspectiva de la calidad de la carne a la hora del consumo, ya que del agua dependen aspectos tan importantes como la apariencia, jugosidad y dureza durante la masticación. Por esta razón, el estudio de la capacidad de la carne para retener el agua es de gran importancia (Offer G, 1998).

En este sentido, la capacidad de retención de agua (CRA) viene definida como “la aptitud de la carne -o más generalmente de los sistemas cárnicos- para retener el agua de constitución y/o agua añadida” (Honikel. K, 1998.).

Son varias las técnicas que se utilizan para medir la capacidad de retención de agua de una muestra de carne. Las más utilizadas se clasifican en relación con el tipo de tratamiento al que se somete la muestra:

- a) Pérdidas por goteo, que no aplican ningún tipo de tratamiento a la carne.
- b) Pérdidas por presión, que aplican una fuerza externa.
- c) Pérdidas por cocción, que aplican un tratamiento térmico.

2.2.1.4.1. Factores intrínsecos que influyen en la CRA de la carne

- ✓ **Raza.** Uno de los factores que influye significativamente en la capacidad de retención de agua de la carne es la raza del animal. Este hecho queda patente en un estudio llevado a cabo por (Chambaz A, 2003), autores que estudiaron la diferencia en la calidad de la carne en animales de cuatro razas distintas de ganado bovino (Angus, Simmental, Charolés y Limusín) con diferentes grados de precocidad. En lo que a la CRA se refiere, la raza Limusín fue la que mostró las mayores pérdidas por goteo; sin embargo, fue la raza con menores pérdidas por cocinado, posiblemente debido a un contenido de grasa intramuscular más alto.
- ✓ **. Edad – Peso.** Según los datos aportados por varios autores (Hamm R, 1960); (Asenjo B, 1999), los animales adultos tienen una mayor capacidad para retener el agua de constitución que los animales más jóvenes, debido a la presencia de una mayor cantidad de grasa intramuscular que se incrementa con la edad del animal.
- ✓ **Sexo.** (Valela A, 2004) se apoyaron en la explicación de Hornstein et al. (1960), manifestando que los animales castrados tienen un contenido de grasa intramuscular más alto de modo que, como se ha comentado previamente, al calentar la carne, la grasa fundida se sitúa a lo largo del perimetro impidiendo las pérdidas de agua.

2.2.1.4.2. Factores extrínsecos que influyen en la CRA de la carne.

✓ Factores ante mórtem.

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, el estrés que sufren los animales antes del sacrificio es un factor fundamental que condiciona la calidad de la carne, en general, y la CRA, en particular. Los elevados valores de pH que aparecen en las canales de animales que han consumido las reservas de glucógeno muscular antes del sacrificio dan lugar a una mayor interacción entre las proteínas musculares y el agua. Este hecho provoca la aparición de carnes DFD, caracterizadas por una elevada CRA (Beriaín M, 2009).

✓ Factores post mórtem

Durante el rigor mortis se producen cambios en las propiedades de la carne como la CRA. Durante este periodo, el pH va disminuyendo hasta que se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares (5,1). Con este valor de pH, las repulsiones electrostáticas entre las proteínas disminuyen, por lo que la CRA se ve reducida. Por otro lado, la desaparición del ATP, que tiene lugar con la instauración del rigor mortis, impide que se mantenga la integridad estructural, tanto de las proteínas, por lo que éstas sufren fenómenos de desnaturalización que reducen aún más la cantidad de agua retenida por la carne, como del músculo. (Roncales P, 2001), lo que provoca un aumento del jugo expelido (Sellier P, 1986); (Garrido. A, 1999).

2.2.1.5. Textura

La textura es de máxima importancia en lo que a la calidad de la carne se refiere, ya que es un parámetro que influye en gran medida sobre la aceptabilidad de este producto por parte del consumidor (Tornberg, 1996); (Beriaín. M, 1998).

Según (Smith G, 2001), la ternura de la carne la determinan cinco diferencias estructurales e histológicas: la cantidad de tejido conectivo; el grado de complejidad del colágeno, proteína mayoritaria constituyente del tejido conectivo por el cruce de sus enlaces químicos.

La capacidad de la espectroscopia en el infrarrojo cercano para predecir la composición química de la carne ha sido examinada, a lo largo de los últimos años, por numerosos investigadores en diferentes especies de animales. Así, por ejemplo, se han llevado a cabo numerosos estudios en carne de vacuno (Eichinger H, 1992); (Togersen G, 1999); (Cozzolino D., 2002); (Alomar D, 2003); (Cozzolino D. D. D., 2002).

La mayoría de estos estudios han sido encaminados a la predicción de uno o más componentes tales como la proteína, grasa intramuscular y agua (Cozzolino D, 1996).

Tabla 1: Composición química de carne de diferentes animales. Humedad, proteínas, grasa y cenizas.

	% Humedad	% Proteínas	% Grasa	% Cenizas
Tenera	74.6	22	2.2	1.2
Cordero	75	21	2.05	1.1
Potro	71.17	23.61	5.21	1.1
Toro	72.74	22.21	4.14	7.1
Cerdo	75.3	21.1	2.4	1.2
Pollo	74.4	23.3	1.2	1.1

Fuente: (Hernandez. G, 2010)

2.2.1.6. Características Organolépticas de la carne de vacuno.

- ✓ **Terneza.** - La terneza se define como la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar y es el atributo de aceptación más importante y un determinante primario de la calidad de la misma. (Acevedo S, 2004)
- ✓ **Jugosidad.** - La jugosidad, de la carne juega un papel muy importante en la impresión gustativa del consumidor. Los jugos contienen componentes importantes que contribuyen a la fragmentación y a la suavidad de la carne durante la masticación. Los lípidos intramusculares y el agua son las principales fuentes de jugosidad de la carne, constituyendo un sustrato acuoso que es liberado cuando la carne es masticada. La ausencia de jugosidad limita severamente su aceptabilidad. (Acevedo S, 2004)

- ✓ **Sabor.** - El sabor de la carne depende de la carnosina, los nucleótidos, ciertos aminoácidos libres, la acción de microorganismos, la presencia de ácidos grasos libres y el grado de lipólisis de esta. (Onega P, 2003) Los músculos que se utilizan más en la vida del animal tienen un sabor más pronunciado porque tienen más derivados de compuestos fosfóricos que almacenan energía. (Castro V, 2009).
- ✓ **Olor.** - Los componentes responsables del sabor y el aroma de la carne no han sido totalmente identificados, sin embargo, muchos de los constituyentes de los tejidos musculares, conectivos y adiposos se tornan en componentes volátiles durante la cocción estimulando las terminaciones nerviosas nasales. De igual forma el sabor y aroma que hace diferenciar una especie de otra, procede de materiales que se desprenden de la grasa al cocinar la carne. (Castro V, 2009).
- ✓ **Color.** - El color es el principal factor visual que afecta la calidad de la carne, ya que es la primera característica sensorial apreciada por el consumidor el cual lo relaciona con la frescura de esta. (Onega P, 2003). Son varios los factores que pueden afectar el color de la carne cruda, según (Kauffman R, 1993) si el contenido de glicógeno es bajo en el tejido muscular, la carne tiende a ser más oscura al presentar una estructura compacta y absorber más luz. Esto es debido a que anaeróticamente se produce poco ácido láctico y consecuentemente el pH de la carne postmortem se mantiene más alto de lo normal y como resultado se acorta el tiempo de vida útil de la misma. Sin embargo, esta carne tiende a ser jugosa, tierna y con una excelente retención de agua. Este fenómeno es llamado "Dark, Firm and Dry" y está asociada al estrés que sufre el animal durante la matanza y a factores hereditarios y estacionales. (Acevedo S, 2004).

2.3. Tecnología NIR.

2.3.1. Aspectos Fundamentales.

La espectroscopia en el infrarrojo cercano es una técnica que forma parte del campo de estudio de la espectroscopia molecular, la cual estudia la interacción de la radiación electromagnética con la materia (Heise H, 2004).

De esta forma, el espectro electromagnético resultante, que se define como la representación gráfica de la interacción de la radiación electromagnética con la materia, abarca la energía contenida en fotones (unidades portadoras de radiación) desde longitudes de onda de varios metros de longitud hasta inferiores a los 10^{-2} nm. Por esta razón, se divide en diferentes regiones, denominadas regiones espectrales, entre las cuáles se encuentra definido el NIR, como se esquematiza en la figura 1. Las ondas de menor frecuencia y longitud de onda más larga se encuentran situadas a la izquierda (Ondas de radio), mientras que aquéllas con la frecuencia más alta y longitud de onda más corta se localizan a la derecha (Rayos Gamma). (Windham W, 1998).

En cuanto a la radiación infrarroja se refiere, pueden diferenciarse tres zonas distintas: el infrarrojo cercano, que abarca radiaciones con longitudes de onda comprendidas entre los 750 nm y los 2500 nm; el infrarrojo medio, desde los 2500 a los 50 000 nm; y el infrarrojo lejano, entre los 50 000 nm y 1 mm (Osborne. B, 1986).

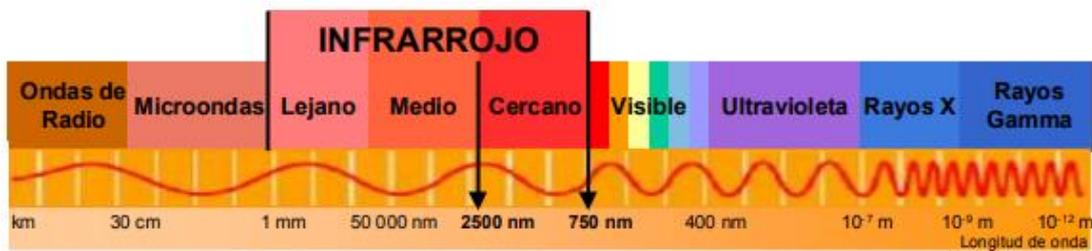


Figura 1: Espectro Electromagnético.

El fundamento de la espectroscopia en el infrarrojo cercano consiste esencialmente en la emisión de un haz de luz monocromática sobre la muestra, la cual, en función de su composición y de la naturaleza de los enlaces presentes en sus moléculas, realizará una absorción selectiva de energía y reflejará otra determinada cantidad, la cual es cuantificada por unos detectores presentes en el instrumento NIR y será utilizada para cuantificar indirectamente la cantidad de energía infrarroja absorbida. (Murray I, 1986). De esta forma, los espectros recogidos en la región infrarroja se representan gráficamente como la energía absorbida en función de la longitud de onda (figura 2). A este respecto cabe señalar que sólo las moléculas o parte de moléculas que vibren con una frecuencia similar a la de la energía incidente, absorberán radiación infrarroja, de manera que sus estados vibratorio y rotacional se modifican, teniendo lugar vibraciones de átomos ligeros con fuertes enlaces moleculares. Estas características se corresponden con los grupos funcionales C-H, O-H y N-H de los compuestos orgánicos que forman parte tanto de los tejidos vegetales como animales (Williams P., 2001) y por esta razón, la espectroscopia NIR está prácticamente orientada a la determinación y cuantificación de los compuestos orgánicos que presentan los grupos funcionales anteriormente descritos; en consecuencia, de los espectros obtenidos en la región infrarroja se puede obtener información sobre la composición química de la muestra analizada (Shenk J, 1995). Por lo tanto, la relación de la energía absorbida con la composición analítica o características conocidas de las muestras de calibración, permite obtener modelos de predicción para el análisis automático e instantáneo de miles de muestras (Shenk J, 1995).

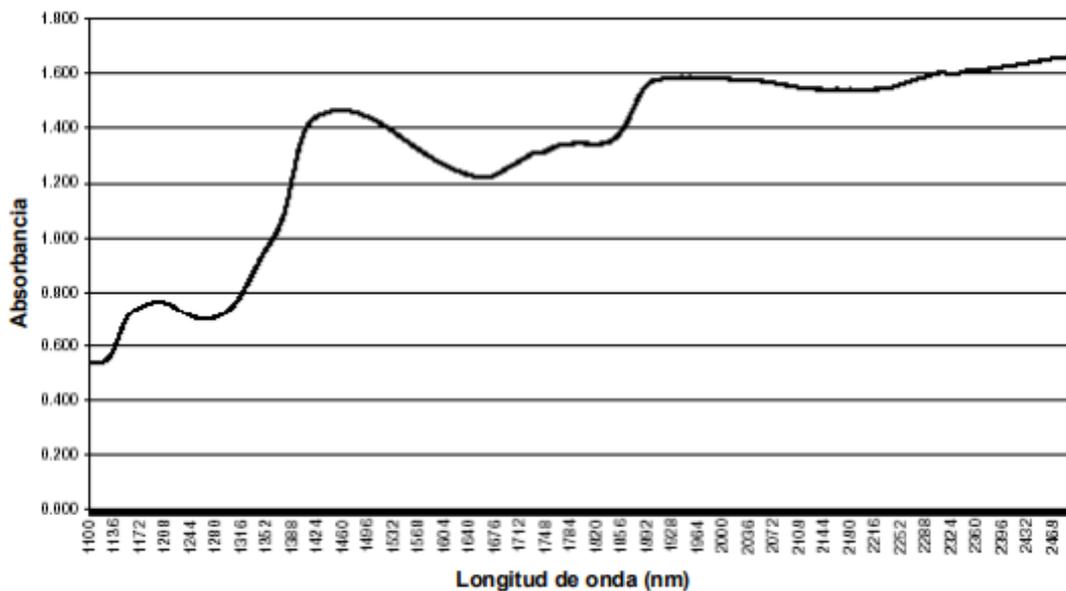


Figura 2: Espectro medio de absorción ($\log(1/R)$) de muestras de carne de buey en el infrarrojo cercano. (Prieto. N, 2006).

2.3.2. Definición NIR.

El primer antecedente clásico que se puede asociar con el concepto de espectroscopía (del latín spectrum, imagen, y del griego σκοπέω, mirar) se corresponde con la serie de experimentos llevados a cabo por Isaac Newton (1643-1727) a partir de 1665 (Hollas. J, 2004). En estos famosos ensayos, Newton estudió la descomposición de la luz blanca en bandas de diferentes colores, conseguida con la ayuda de un prisma triangular (Hollas. J, 2004).

Se entiende por espectroscopía el estudio de fenómenos de absorción, emisión y dispersión de la radiación electromagnética producidos por la interacción de ésta con la materia (átomos neutros, iones o moléculas) (Ventura. J, 2006). La radiación electromagnética se distingue en función de su longitud de onda característica.

A grandes rasgos, la espectroscopía requiere una radiación procedente de una fuente, un selector de longitud de onda y un detector. Su desarrollo se halla íntimamente relacionado con el de la óptica y otras ramas de la física (Ventura. J, 2006).

A finales de los años 70 se empezaron a desarrollar nuevos equipos con diseños mejorados y mayores prestaciones. Se construyeron los primeros espectrofotómetros que permiten registrar espectros de forma más rápida y reproducible (Ventura. J, 2006).

2.3.3. Principios de la tecnología NIRS.

La espectroscopía NIR, es una técnica que forma parte del campo de estudio de la espectroscopía molecular, la cual estudia la interacción de la radiación electromagnética con la materia (Heise H M. &., 2002). La materia está constituida por moléculas formadas a su vez por átomos que están unidos por distintos tipos de enlaces (Heise H M. &., 2002). En una molécula, los átomos no ocupan posiciones fijas, sino que se encuentran en constante movimiento y vibran dentro de un determinado espacio que normalmente es su estado vibracional más bajo E0 (movimiento de los átomos es mínima) (Heise H M. &., 2002).

Para la realización de estos cambios de posición de los elementos de una molécula se requiere la absorción de cierta cantidad de energía que oscila alrededor de una frecuencia de 10¹³Hz, que se corresponde con la región espectral del infrarrojo cercano (NIR) (Heise H M. &., 2002).

Con la tecnología NIRS se irradia una muestra, con una o varias bandas de longitud de onda comprendidas entre 780 y 2500 nm, la radiación penetra en la muestra, se excitan los modos de vibración de las moléculas y posteriormente es reflejada en todas las direcciones produciéndose un espectro de reflectancia que depende de la composición de la muestra (Skoog D, 1996).

Las ondas de menor frecuencia y longitud de onda más larga se encuentran situadas a la izquierda (Ondas de radio), mientras que aquellas con la frecuencia más alta y longitud de onda más corta se localizan a la derecha (Rayos Gamma) (Skoog D, 1996).

En cuanto a la radiación infrarroja se pueden diferenciar tres zonas distintas: el infrarrojo cercano, que abarca radiaciones con longitudes de onda comprendidas entre los 750 nm y los 2500 nm; el infrarrojo medio, desde los 2500 a los 50 000 nm; y el infrarrojo lejano, entre los 50 000 nm y 1 mm (Osborne. B, 1986).

2.3.4. Ventajas y desventajas del NIRS

Las principales ventajas de la espectroscopía NIR como herramienta de análisis cualitativo y cuantitativo son (Eliécer. J, 2001).

- a. Es una técnica no destructiva ni invasiva.
- b. La preparación de la muestra es sencilla y la medida se realiza con rapidez.
- c. Bajo coste del análisis
- d. Es posible determinar parámetros no químicos de una muestra.
- e. La exactitud de la técnica NIR es comparable a otras técnicas analíticas y generalmente su precisión es mayor debido a la falta de tratamiento de la muestra.

Desventajas que presenta el método son (Garrido. A, 1999):

- a. La adquisición del espectrofotómetro NIR es comparativamente cara.
- b. La preparación del calibrado es dificultosa.
- c. No es posible analizar muestras problema que presenten una variabilidad (física o química) no contemplada en la calibración.

2.3.5. Absorbancia.

Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslucido, una parte de esta luz es absorbida por el cuerpo, el haz de luz restante atraviesa dicho cuerpo; a mayor cantidad de luz absorbida, mayor será la absorbancia del cuerpo, y menor cantidad de luz transmitida por dicho cuerpo. Como se ve la absorbancia y la transmitancia son dos aspectos del mismo fenómeno. (Hernández 2002).

2.4. Medición del color.

Según (Jiménez. A, 2006) Se define como espacio de color todo aquel modelo matemático que permite identificar un color determinado, expresado el mismo en función de una serie de coordenadas matemáticas de forma unívoca y como un estímulo percibido por el ojo humano modelo en condiciones específicas.

Existen dos tipos fundamentales de espacios de color:

- a. **Absolutos:** Basados en los modelos de percepción de la luz en la visión humana, contienen y codifican potencialmente todos los estímulos que pueden ser percibidos como colores por el ojo humano. Los sistemas de color absolutos se referencian a un blanco (origen de coordenadas) obtenido bajo unas condiciones específicas de iluminación y empleando un detector estándar (Jiménez. A, 2006).
- b. **Relativos:** Son espacios acotados de un sistema de color absoluto, que permiten la definición de un subconjunto de colores, pero no del conjunto completo. Su utilidad es de tipo práctico: se emplean en la generación de una gama de colores a partir de tres o más colores primarios (Jiménez. A, 2006).

2.4.1. Sistema CIELab* de color.

2.4.1.1. Color.

El color es una de las características más importantes de la carne ya que es el primer criterio que utiliza el consumidor para evaluar su calidad en el momento de la compra, el color de la carne con las cualidades sensoriales de la misma. El consumidor valora positivamente el color rojo brillante ya que lo asocia con una carne fresca o saludable, mientras que rechaza aquella que presenta un color rojizo apagado o pardo (Dransfield. E, 1994.). Técnicamente, el color percibido se define como “el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos” (CIE, 1976).

Las coordenadas que más se conocen son las características del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$, que es el más utilizado. De esta manera, existen las coordenadas conocidas con las letras L^* , a^* y b^* , donde la coordenada L^* es el índice de luminosidad, representado en una escala de 0 (toda la luz es absorbida: negro) a 100 (toda la luz es reflejada: blanco), la coordenada a^* representa el índice de rojo que oscila de +60 (rojo) a -60 (verde) y, por último, la coordenada b^* representa el índice de amarillo y tiene un rango de variación entre +60 (amarillo) y -60 (azul) (CIE, 1976).

En el caso de la carne, el color depende fundamentalmente de la estructura del músculo y de la concentración de pigmentos hemínicos que influyen en la cantidad de luz reflejada, la carne también está compuesta por grasa, con lo cual, tanto la cantidad de depósito de grasa como la proporción de los distintos ácidos grasos y la concentración de pigmentos en la misma influirán en el color final de la carne (Albertí P, 2016).

De entre los pigmentos hemínicos, la mioglobina es la principal proteína responsable del color de la carne de vacuno, aunque otras proteínas como la hemoglobina y el citocromo C también pueden influir (Mancini. M, 2005).

La vida útil de la carne viene determinada por la proporción en que se encuentran los distintos estados de la mioglobina en su superficie, la cual varía con el tiempo de maduración y con la atmósfera en contacto con la carne, en cuanto a los valores colorimétricos, según (Hocquette J, 2005), las razas mejoradas para aptitud cárnica presentan un mayor índice de luminosidad (L^*) y de amarillo (b^*), y un menor índice de rojo (a^*) que las razas más rústicas. Estas diferencias en el color, posiblemente se deban a que las razas rústicas poseen un mayor metabolismo oxidativo del músculo, lo que implica que exista una concentración más alta de mioglobina (Jurie C, 2004), Por el contrario, (Lively F, 2005), no encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de color (L^* , a^* , b^*) entre las razas Frisona (aptitud lechera).

2.4.1.2. Sexo del animal sobre el color.

En cuanto a la influencia del sexo sobre el color de la carne, no existe unanimidad entre los resultados de los estudios que se han llevado a cabo al respecto. Muchos son los autores que no han apreciado diferencias, entre machos enteros y castrados, en el color (parámetros CIE $L^*a^*b^*$) del músculo longissimus thoracis de ganado bovino (Mohan A, 1992).

2.4.1.3. Factores ante mórtem que afectan al color.

Entre los factores ante mórtem que pueden originar variaciones en el color de la carne destacan aquéllos que provocan estrés a los animales antes del sacrificio. Como ya se ha comentado con anterioridad, las condiciones de estrés provocan un consumo excesivo del glucógeno muscular antes del sacrificio, lo que limita posteriormente el descenso del pH en la canal. Las carnes DFD, que aparecen como consecuencia de este proceso, son más oscuras independientemente del contenido de mioglobina, ya que la interacción que baja estas condiciones aparece entre las proteínas, provoca que tenga lugar una mayor absorción de la luz por parte de la carne (Beriaín. M, 1998).

(Mohan A, 1992), en un trabajo realizado con machos descendientes del cruce Limusín y Simmental con Frisona, sacrificados a una edad comprendida entre los 15 y 16 meses de edad, de distinta procedencia y reagrupados antes del sacrificio, obtuvieron valores significativamente más bajos de las coordenadas cromáticas (L*:37,0; a*:17,6; b*:9,0) que los obtenidos con machos de las mismas características pero sin agrupación previa al sacrificio (L*:39,9; a*:19,2; b*:10,0).

También influyen en el color de la carne factores como la alimentación y las condiciones de estabulación de los animales. En este sentido, existe una revisión de (Priolo A, 2001), en la que se pone de manifiesto cómo afecta el sistema de alimentación en el color de la carne de rumiantes. De esta forma, la mayoría de los autores están de acuerdo al afirmar que la carne de ganado bovino cuya alimentación está basada en el consumo de forraje, es más oscura que la de aquellos animales alimentados con raciones con elevado contenido de pienso.

2.4.1.4. Factores post mórtem que afectan al color.

Durante el periodo de maduración de la carne, el color de la carne fresca sufre una serie de modificaciones determinadas, fundamentalmente, por la concentración y proporción de cada una de las formas químicas de la mioglobina: mioglobina reducida, oximioglobina y metamioglobina (figura 4).

La mioglobina es una proteína globular monomérica que posee un grupo prostético hémico que es el responsable de la unión del oxígeno y, por lo tanto, de conferir a la proteína un color rojo o marrón. Este grupo hémico está constituido, a su vez, por cuatro núcleos pirrólicos, coordinados con un átomo central de hierro. El anillo tetrapirrólico ocupa cuatro de los seis enlaces de unión del hierro, mientras que el quinto está unido a un residuo imidazólico de la estructura proteica. El sexto enlace restante es susceptible de unirse a un grupo limitado de ligandos, incluyendo el oxígeno (Hood D, 1984).

Las variaciones de los procesos de óxido-reducción de la mioglobina a lo largo del proceso de maduración de la carne, también se reflejan en los valores de las coordenadas L^* , a^* y b^* . (Goñi M, 2004)

2.4.2. El color usando Coordenadas $L^*a^*b^*$.

Cuando se clasifican los colores, se los puede expresar en términos de matiz (color), luminosidad (brillo) y saturación (vividez). Al crear escalas para estos atributos, podemos expresar en forma precisa el color (Ripoll G, 2012).

Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas. (amarillez y enrojecimiento).

L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

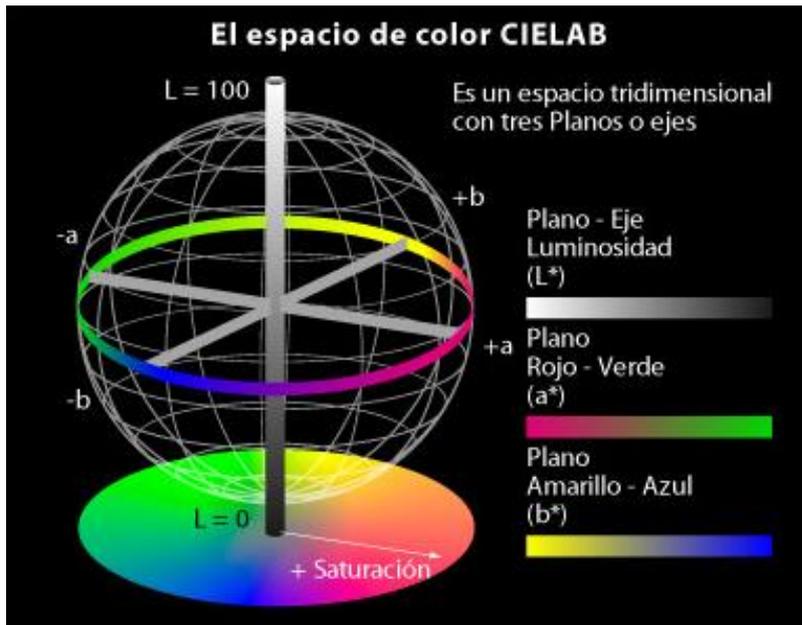


Figura 3: Espacio de color CIEL ab^* . (CIELch, 2010).

- ✓ **Tono o matiz (h).**- Atributo similar a uno de los colores percibidos: rojo, verde, amarillo, verde y azul o a ciertas proporciones de dos de ellos; considerando un color como la mezcla de luz blanca y una luz monocromática, la saturación representa la proporción de luz monocromática que existe en esa mezcla (CIELch, 2010). Un color puro es saturado mientras que un color blanquecino o grisáceo es: Color desaturado, de este modo tenemos colores vivos y apagados (CIE, 1976).
- ✓ **Claridad o Cromaticidad (C).**- Referido a la cantidad de luz que se percibe. Basado en este hecho de la trivarianza visual se ha intentado representar a los colores en un espacio tridimensional cuyas coordenadas estén más o menos correlacionadas con estos atributos (CIELch, 2010).

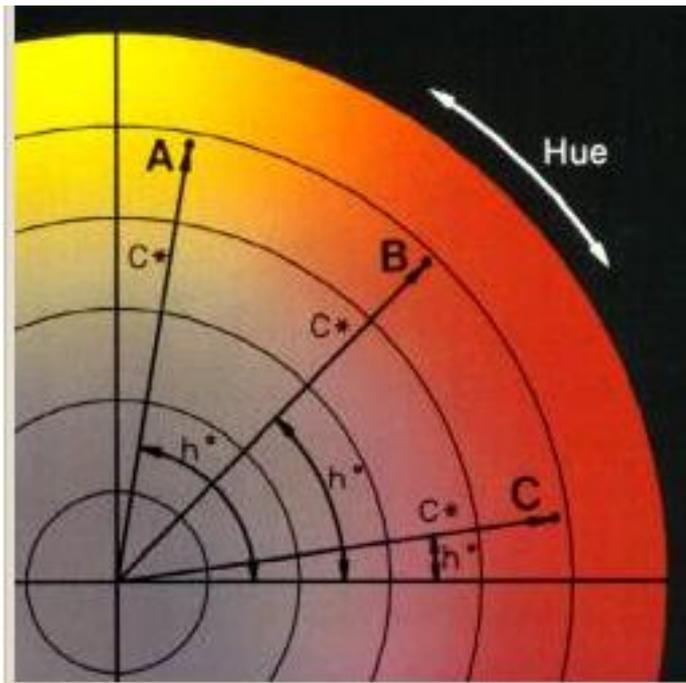


Figura 4: Cromaticidad y maticidad. (CIELch, 2010)

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar estos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* (CIELch, 2010).

El color es una propiedad fundamental en los productos alimenticios. En la carne, el pigmento responsable del color es la mioglobina (Mancini. M, 2005). En la carne fresca, la mioglobina se encuentra en tres formas como: desoximioglobina (DMb), oximioglobina (MbO_2) y metmioglobina (MMb), los cual corresponden respectivamente a estados oxidados reducidos, oxigenados y oxidados de este pigmento (Mancini. M, 2005). En ausencia de oxígeno, la mioglobina permanece en su estado reducido.

Tan pronto la superficie de la carne entra en contacto con el oxígeno, la desoximioglobina se transforma en oximioglobina, dando a la carne el color rojo brillante deseado pro los consumidores (Mancini. M, 2005). Finalmente, la mioglobina se oxida promoviendo el pardeamiento y la pérdida de su aspecto atractivo; la formación de mioglobina es uno de los principales problemas para mantener estable el color de la carne siendo este un parámetro clave para la decisión de compra de los consumidores (Mancini. M, 2005).

2.4.3. Colorímetro CR 400 Konica Minolta para medir color.

El medidor de colorimetría CR-400 es un instrumento portátil diseñado para evaluar el color de objetos especialmente con condiciones de superficies suaves o con mínima variación de color (Minolta, 2019). A través de fórmulas estándares o personalizadas, este colorímetro confiable y de alta precisión ayuda a los usuarios a controlar la calidad de color de sus muestras y brinda evaluaciones de aprobación/rechazo para determinar inmediatamente si la muestra cumple con los estándares definidos; asimismo los colorímetros son instrumentos más sofisticados que muestran la medida del color “triestímulos” basada en los tres colores primarios los cuales son: rojo, verde y azul, estos colores son vistos por los humanos (Konica M, 2014). Las mediciones de color triestímulos proporciona datos sobre cómo éstos tres elementos están presentes en la luz reflejada ó transmitida por un producto alimenticio; estos datos se pueden utilizar para ajustar los componentes de color en una formulación para mejorar la “percepción visual.” (Minolta, 2019).

2.5. Análisis en componentes principales (ACP).

El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina originales, en un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar incorrelacionadas entre sí, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada; es decir, cuanto mayor es la varianza mayor será la cantidad de información que lleva incorporada la componente (Skoog D, 1996).

La mayoría de las técnicas en espectroscopia tienen una correlación espectral con las longitudes de onda las cuales son las variables independientes esta es una de las características para el desarrollo de métodos cualitativos y cuantitativos los cuales están basados en cálculos multivariantes, donde se requiere de variables independientes (Ripoll G., 2013).

El PCA (Análisis de Componentes Principales) es uno de los métodos de reducción de variables más utilizado, ya que permite condensar sin pérdidas relevantes, el gran volumen de información que proporcionan los datos espectroscópicos y que a la misma vez elimina la correlación espectral (Skoog D, 1996).

Un aspecto fundamental de los PCA (Análisis de Componentes Principales) es la elección del número de componentes principales que contienen la información relevante del sistema de estudio; se ha descrito diferentes procedimientos para la estimación del número de componentes principales significativos (Skoog D, 1996). El más habitual es representar la varianza explicada (o varianza residual) en función del número de PC y recoger el número mínimo para el cual no se encuentra mejora significativa; esta elección puede hacerse por simple visualización del gráfico o aplicando una prueba F al cociente de las varianzas; por lo tanto, en cualquier caso, el número de componentes escogido debe tener sentido químico y debe ser coherente con lo que se observa en el gráfico (Skoog D, 1996).

2.6. Modelado Independiente Suave de Analogía de Clase (SIMCA).

El método SIMCA de reconocimiento de patrones (Soft Independent Modeling of Class Analogy) desde su introducción por (Svante Worl S, 1976), ha sido uno de los métodos de clasificación más utilizados en el control de calidad en las industrias alimenticia y farmacéutica. Es un método supervisado de reconocimiento de patrones que se basa en el principio de analogía entre las muestras que pertenecen a una misma clase, y emplea para el cálculo de las distancias los scores determinados mediante análisis por componentes principales (PCA). El método SIMCA calcula un modelo PCA para cada clase o categoría presente en el sistema objeto de estudio, posteriormente integra cada una de las clases y calcula sus límites o fronteras con una probabilidad dada, comúnmente del 95%. (Fodor G, 1999).

2.7. Definición de términos básicos.

- a) **Carne de vacuno.** Parte muscular del cuerpo animal, comestible de vaca, ternera, muy señaladamente la que se vende para el abasto común del pueblo.
- b) **Diferenciación.** Circunstancia de ser diferentes dos cosas o de haber diferencia entre ellas.
- c) **Cortado de carne.** Diferentes porciones que se obtienen tras el despiece de un animal destinado al consumo humano.
- d) **Picado de carne.** Se cortan finamente los músculos y grasas y nervios mediante máquina de picar o cuchillo.

- e) **Espectroscopia.** La espectroscopía es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante.
- f) **Infrarrojo cercano.** Es la región de longitud de onda más corta del espectro infrarrojo, situada entre la luz visible y el infrarrojo medio, aproximadamente entre 800 y 2.500 nanómetros.

CAPITULO III.

III. MARCO METODOLOGICO.

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.

El presente trabajo de investigación se realizó en la escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Específicamente en el laboratorio del 3° piso de la e.a.p. IA.

3.2. Materiales.

3.2.1. Materia prima.

- Carne de vacuno.

3.3. Metodología.

3.3.1. Recepción de materia prima.

Las 30 muestras de carne de vacuno se obtuvieron de diferentes carnicerías (expendios finales), de la ciudad de Cajamarca específicamente del mercado central y mercado modelo; estas carnes una vez obtenidas se transportaron al laboratorio en recipientes adecuados para su posterior análisis en 2 horas aproximadamente.

3.3.2. Lavado.

Se lavo cada pieza de carne de 200 g aproximadamente a chorro de agua para eliminar residuos de astillas, sangre acumulada entre otros durante el transporte.

3.3.3. Oreado.

El oreado se realizó con la finalidad de no mojar los equipos a utilizar ya que son muy sensibles y se podrían malograr; además si se mide la carne húmeda podrían obtenerse resultados no adecuados.

3.3.4. Corte de carne.

El cortado de la carne se realizó con cuchillo muy bien afilado para facilitar el corte y no dañar las células de la carne. Se corto de 8cm de diámetro aproximadamente debido a que este es el diámetro de la cubeta de cuarzo y se midió su perfil espectral.

3.3.5. Medición del color.

La medición del color se realizó después de haber cortado la carne con un colorímetro CR 400 Konica Minolta calibrando antes el equipo y colocando directamente a la carne. La frecuencia de evaluación fue 36 veces al día debido a que las muestras de evaluación por día eran 6 muestras de las cuales se sacaron 2 submuestras y a cada submuestra se media por triplicado el color; durante un periodo de tiempo de 5 días.

3.3.6. Picado de carne.

El picado de la carne cortada se realizó con cuchillo en partículas de 2 a 5 mm de diámetro aproximadamente. El espesor utilizado se realizó con la finalidad de facilitar el picado manual debido a que no se contaba con un equipo de picado de carne y realizar un picado homogéneo; esto es, para dejar libres las proteínas contráctiles como: La miosina, actina, tropomiosina y otras proteínas menores que se encuentran distribuidas en el interior de la célula muscular se procede a romper la membrana externa que envuelve la fibra muscular mediante cortado, molido, golpes o agitación mecánica (picado) (Hebbel. P, 1984). Y posteriormente la carne picada se depositó en placas Petri para su posterior medición de perfil espectral.

3.3.7. Medición de perfil espectral.

Los perfiles espectrales se midieron primero para la carne cortada y después a la carne picada, colocando la carne en la cubeta de cuarzo y escaneándola en el equipo NIR. La frecuencia de evaluación para carne cortada fue 36 veces por día debido a que las muestras de evaluación por día eran 6 y de ella se sacaron 2 submuestras y a estas submuestras se midió su perfil espectral por triplicado, durante un periodo de tiempo de 5 días lo mismo se hizo con la carne picada.

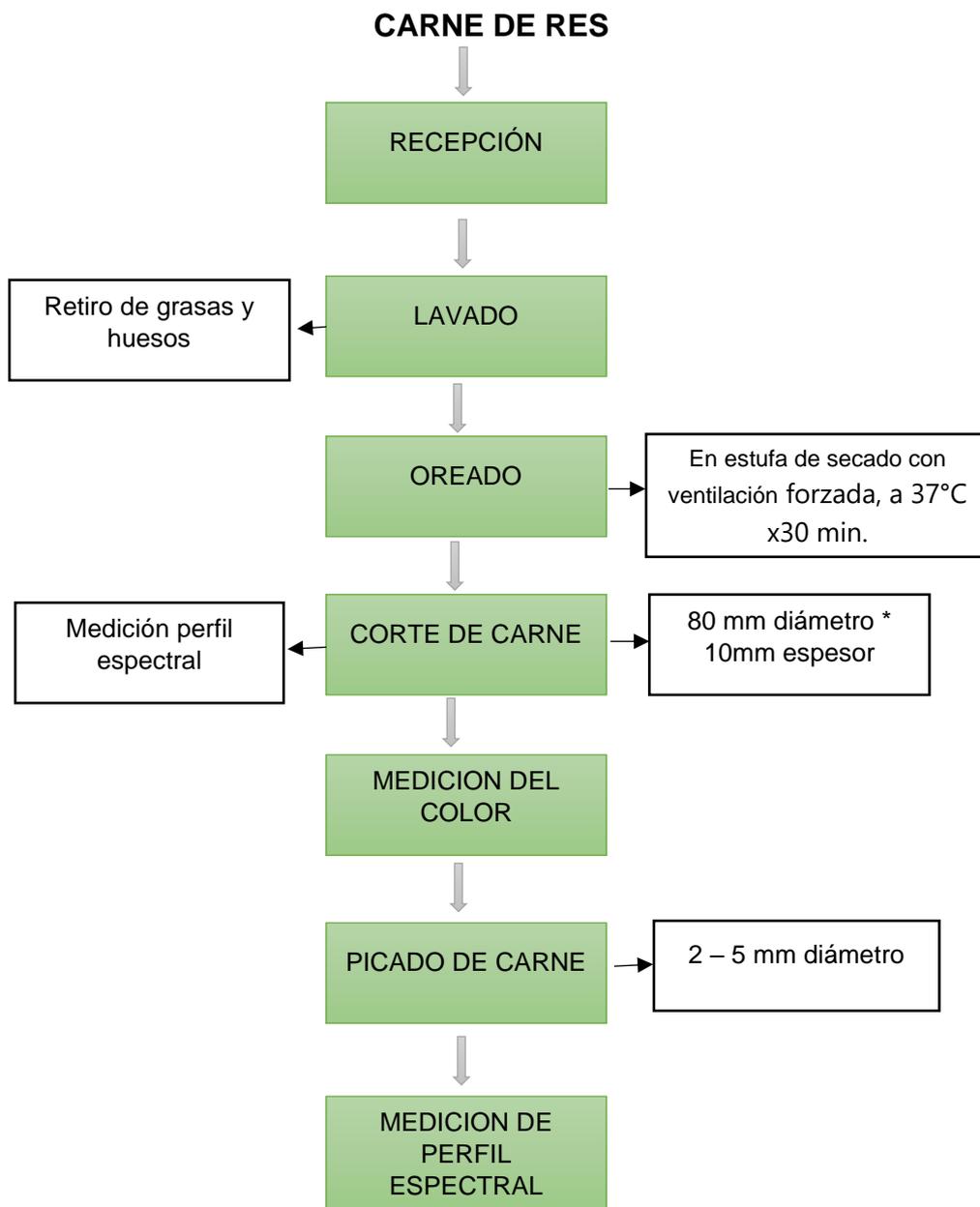


Figura 5: Diagrama de Flujo para la medición de perfil espectral mediante espectroscopia.

3.4. Métodos de análisis.

3.4.1. Obtención de la carne

Se obtuvo 30 muestras de carne magra de aproximadamente 200g cada una, de:

- ✓ **Cortes de Brazos.** Es la parte superior del morcillo delantero, rica de nervios y muy poca cantidad de carne (Josselin. M, 2019).
- ✓ **Cortes de lomos.** Esta pulpa se encuentra debajo de las vértebras lumbares y llega hasta las últimas vértebras dorsales; entre los cortes de carne de vacuno este es uno de los más costoso; su peso es de alrededor de tres kilos, esta carne se conoce por su ternura, dado que los músculos que la forman casi permanecen inactivos por el lugar en que están ubicados (carnes, 2020)
- ✓ **Cortes de piernas.** De buena presentación con zonas magras, es una carne tierna de la que se extraen los escalopes y escalopines, contiene carne y tendones (Cortes de carne de vacuno, 2008).

Estas muestras se adquirieron de 6 carnicerías (expendios finales de carne) en 5 días diferentes. Para garantizar la diversidad de las muestras, se adquirió solo una muestra por tienda en el mismo día, y no se adquirió las muestras de la misma tienda en días consecutivos.

Las muestras fueron transportadas al laboratorio en recipientes adecuados a temperatura ambiente para su posterior evaluación.

Se utilizó muestras surtidas entre lomos brazos y piernas.

- ✓ **Condiciones de la carne de vacuno.** Las condiciones de la carne de vacuno utilizadas en la investigación experimental fueron en cuanto a la conservación, para que la carne sea buena esta se hallaba fresca y apretada, con bastante grasa blanca el color de la carne depende de la mioglobina, de manera que en condiciones normales el color de la carne es de color rojo púrpura; el color de la grasa indica la edad del animal si es blanca, quiere decir que la carne pertenece a una res joven y si es amarillenta, a un animal de mayor edad. (Editado por última vez el 10 de octubre del 2020).

3.4.2. Espectroscopía NIR.

Los espectros de absorbancia se midieron de acuerdo con los trabajos de (Ding R, 1999) y (Escuredo et al. 2014). Se uso un espectrómetro NIR Unity Scientific (SpectraStar 2500XL, EE. UU), equipado con lámpara halógena de tungsteno como fuente de luz y detector InGaAs (Indio – Galio – Arsénico) en el rango de 1100 a 2500 nm, con una resolución de 1 nm. Las mediciones se realizaron en el modo absorbancia aplicado directamente la carne de vacuno utilizando una cubeta de cuarzo de 8 cm de diámetro interno. Se midieron por triplicado primero a la carne cortada (8 cm de diámetro x 1 cm de espesor); seguidamente las mismas muestras de carne cortada se procedieron a picarlos con cuchillo de cocina en partículas de 2 a 5 mm de diámetro y se midió su perfil espectral.

3.4.3. Medición del color.

El color de la carne cortada de analizó usando el sistema CIELab* de color (Hunt y Pointer 2011). La medición se realizó después de la haber cortado la carne, determinando los valores de L* (luminosidad), a* (enrojecimiento) y b* (amarillez), por triplicado, mediante un colorímetro CR-400 (Konica Minolta Co., Ltd., Osaka, Japón).

3.5. Tipo de investigación:

Investigación Experimental. Realizada con un enfoque científico, cada una de las muestras analizadas mediante pruebas de laboratorio.

3.6. Unidad de análisis, población y muestra de estudio.

3.6.1. Unidad de análisis.

Es la carne de vacuno obtenida de las diferentes carnicerías (expendios finales de carne) tomando en cuenta: Frescura de la carne, color de la carne y textura.

3.6.2. Población:

Carne de vacuno obtenida de las diferentes carnicerías de la ciudad de Cajamarca. Procedentes del camal municipal.

3.6.3. Muestra:

Se obtendrá 30 muestras de carne magra aproximadamente 200g cada una, de brazos, lomos o piernas.

3.7. Diseño de investigación.

3.7.1. Medición de perfiles espectrales:

Para la medición de los perfiles espectrales las muestras fueron promediados mediante el programa SESAME versión 1. El archivo final de los espectros NIR promediados de las muestras de carne de vacuno procedentes de lomos brazos y piernas, se exportó en formato “.jdx”, compatible con el software NIR versión 4.0 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA). De este modo fue posible utilizar el programa CENTER con el fin de ordenar los espectros de las muestras en función de su distancia de Mahalanobis (estadístico H) al espectro promedio de la población. Así, aquellas muestras cuyos espectros mostraron un valor H superior a 3 se consideraron espurias (n=3) y se eliminaron del archivo. A continuación, se utilizó el programa SELECT, también contenido en el software NIR versión 4.0 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA), con el fin de seleccionar, a partir de los datos de absorbancia de los espectros NIR, un conjunto de muestras de carne representativo de la población total. Para ello, se aplicó un valor de vecindad entre muestras de 0,3; es decir, si una muestra mostraba un valor de vecindad inferior a 0,3 con respecto a otra previamente seleccionada, la primera era considerada similar a esta última y no se seleccionaba.

3.7.2. La medición del color.

La medición del color de la carne cortada y picada se medirá mediante el sistema CIELab* de color.

✓ **Fundamentación:**

(Konica M, 2014). La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ). Deltas por L^* (ΔL^*), a^* (Δa^*) y b^* (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Éstas son expresadas como:

ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = diferencia total de color.

Para determinar la diferencia total de color entre las tres coordenadas, se usará la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = \frac{[\Delta L^*^2 + \Delta a^*^2 + \Delta b^*^2]^{1/2}}$$

Los instrumentos de medición de color pueden detectar diferencias no visibles por el ojo humano e instantáneamente mostrar esas diferencias en forma numérica o en un gráfico de reflectancia espectral. Luego de identificar las diferencias de color usando los valores $L^*a^*b^*$, se debería decidir si la muestra es aceptable o no (Konica M, 2014).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.

3.8.1. Análisis de la diferenciación.

El análisis de diferenciación de los perfiles espectrales entre la carne de vacuno cortada y picada se realizó utilizando dos métodos de clasificación: Análisis de componentes principales – PCA (Principle component analysis) este análisis se utilizó para supervisar la fiabilidad de los espectros de absorbancia correspondientes a la diferenciación de carne cortada y picada.

Y modelado independiente suave de la analogía de clase – SIMCA (Soft independent modeling of class analogy). Los espectros fueron promediados mediante el programa SESAME versión 1. El archivo final de los espectros NIR promediados de las muestras de carne de vacuno procedentes de lomos brazos y piernas, se exportó en formato “.jdx”, compatible con el software NIR versión 4.0 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA). A continuación, se utilizó el programa SELECT, también contenido en el software NIR versión 4.0 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA), con el fin de seleccionar, a partir de los datos de absorbancia de los espectros NIR, un conjunto de muestras de carne representativo de la población total.

Para determinar el color y analizar las diferencias de color en carne de vacuno cortada y picada se ha utilizado un análisis de varianza de un factor (ANOVA) junto con la prueba HSD de Tuckey. Determinando luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*), amarillez (b^*), cromaticidad (C^*), maticidad (h) y la diferencia total de color (ΔE) (Konica M, 2014).

CAPITULO IV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Las bandas de absorción en el espectro NIR se caracterizan por algunos grupos funcionales de la carne de vacuno. Estas bandas implican los movimientos por estiramiento, flexión y combinación presentes en diferentes moléculas (Cozzolino, 2002).

4.1. Caracterización espectral promedio.

En la figura 6 se muestra el espectro promedio en las regiones del infrarrojo cercano (1100-2500 nm) para todas las muestras de carne de vacuno.

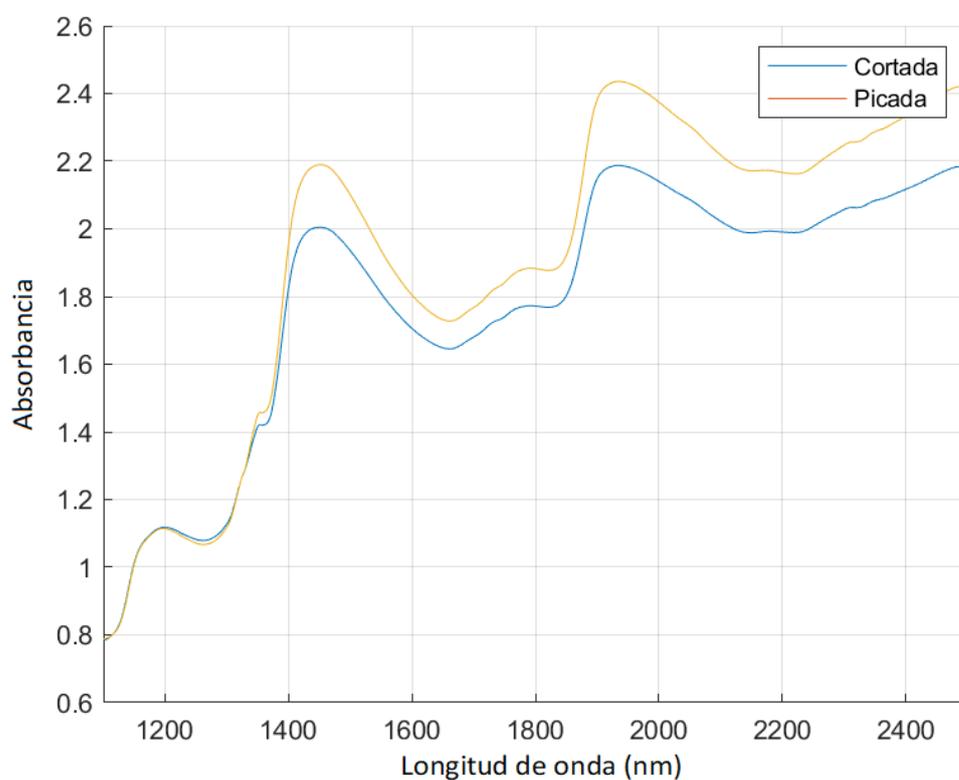


Figura 6: Espectro promedio en la región del infrarrojo cercano (1100-2500 nm) y su orden de diferenciación entre carne de vacuno cortada y picada.

En la figura 6 muestra la región NIR del espectro promedio donde se ven bandas de absorción características de la grasa asociadas a los enlaces CH (carbono=hidrogeno) primer valle (entre 1208 a 1300nm aprox.), OH (oxígeno=hidrogeno) segundo valle (entre 1600 a 1850nm), CH (carbono=hidrogeno) tercer valle con una banda mínima de pronunciamiento (entre 2050 a 2500 nm) y la banda de absorción del agua se muestra en los picos más altos: La primera (entre 1400 a 1500 nm y el segundo entre 1900 a 2000nm) aproximadamente datos muy similares fueron reportados por (Murray I, 1986), en carne de ternera, con bandas para grasa entre (1202 a 1204 nm), y para absorción de agua los picos de (1458 y 1932 nm). También, los datos obtenidos en esta investigación con respecto a las características espectrales en diferenciación de carnes concuerdan con las obtenidas por (Cozzolino, 2002), en muestras de carne de cordero y vacuno, escaneadas enteras y picadas por un equipo monocromador Nirsystems 6500 y similares a las bandas de absorción obtenidos por (Fumiere O, 2000) en muestras de carne de pollo picada colectados por el mismo tipo de equipo. Además, las bandas de absorción que se hallan entre 1200 a 1400 nm guaran relación con los ácidos grasos de la carne. (Osborne, 1993). Siendo este dato concordante con obtenidos en este trabajo. Sin embargo, se observa que las bandas de absorción que muestran las diferentes muestras sus espectros son muy similares, se presentan picos que señalan pequeñas diferencias de absorción en algunos segmentos de longitud de onda, estos son los que están relacionados con lípidos y agua. De acuerdo con (Cozzolino D., 2002) la mayor parte de la información espectral utilizada para el análisis discriminante está contenida en la región NIR a partir de los 1400 nm, principalmente por las características existentes en la carne (grasa intramuscular, ácidos grasos y humedad). También, se ve en la figura que existe una menor absorbancia en la carne que fue cortada, las medidas fueron a partir de los 1300 nm de longitud de onda aproximadamente donde las bandas se vas separando y se puede visualizar la diferencia entre carne cortada y picada. Los picos de absorción destacados concuerdan con los picos de absorción obtenidos por (Downey, 1997) en carne de vacuno cortada descongelada donde la diferencia se nota a partir de los 1050 nm.

4.2. Caracterización espectral.

En la figura 7 se muestran los espectros promedio en las regiones del infrarrojo cercano (1100-2500 nm) con mayor, mediana y mínima absorbancia de las muestras de carne de vacuno.

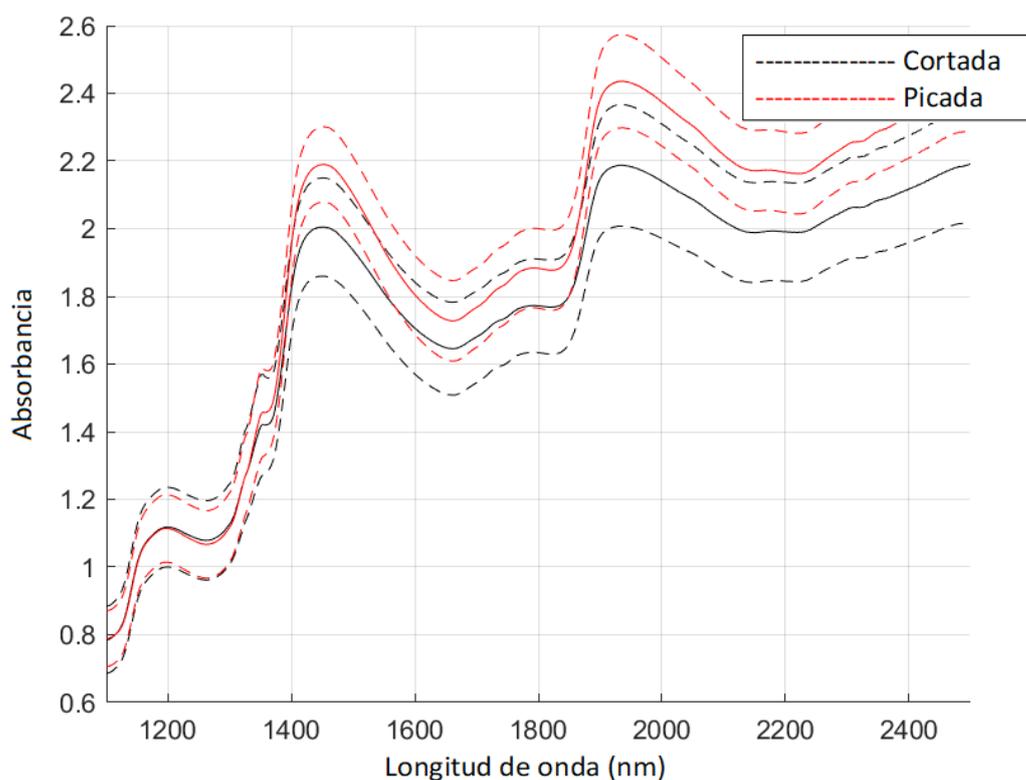


Figura 7: Espectros NIR de la muestra con mayor, mediana y mínima absorbancia en el rango de (1100 - 2500 nm).

En la figura 7 se muestran los espectros promedio NIR para las muestras de carne de vacuno cortada y picada (1100-2500 nm) colectadas de músculos entre lomos, brazos y piernas. Se observa que cada banda de absorción de estos músculos es bien similar, con picos de absorción característicos de la grasa (lípidos), (entre 1200 a 1300 nm, 1700 a 1800 nm, 2000 a 2300 nm) y del agua (entre 1400 a 1500 nm y 1900 a 2000 nm datos similares fueron reportados por (Xu, 1999); (Fearn, 1993), y (Cozzolino D. D. D., 2002). Como ya se citó anteriormente. Además, se presentan diferencias en la magnitud de la absorbancia que van desde (0.7 hacia 2.6) aproximadamente. Como ocurre en otros estudios realizados por (Kamruzzaman, 2012) el espectro de absorbancia

de carne de cordero presenta valores más altos que el espectro de absorbancia de carne de ternera. Estas diferencias espectrales entre muestras se deben a las distintas características fisicoquímicas de la carne como la (CRA) capacidad de retención de agua capacidad que tiene la carne para retener el agua dentro de su estructura, al ser sometida a un tratamiento o fuerza externa (corte, calentamiento, prensado, etc.) (SliceWatch, 2018); proteínas como vitamina B12 y niacina; Humedad; grasa intramuscular; ácidos grasos como: Acido palmítico y ácido oleico 30,73 y 35,62g/100g ácidos grasos respectivamente y otras características que son la estructura del musculo y el tipo de fibras musculares dicho por (Kamruzzaman, 2012).

4.3. Caracterización espectral total.

En la figura 8 se muestran todos los espectros NIR medidos entre músculos de lomos, brazos y piernas. En el rango de 1100 – 2500 nm.

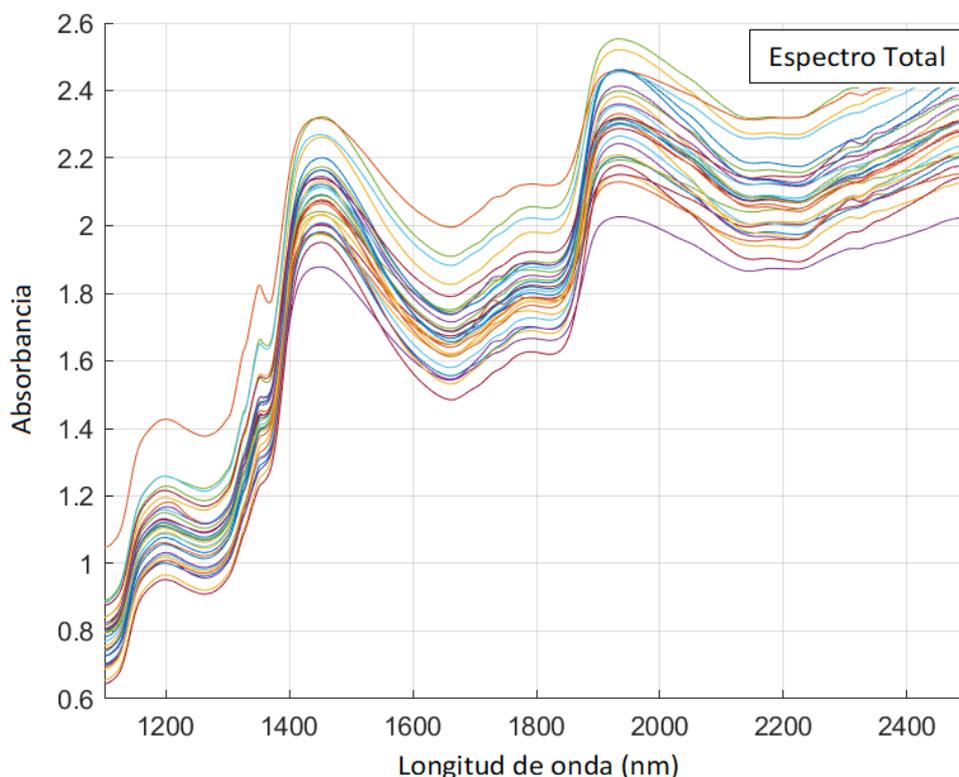


Figura 8: Espectros NIR medidos de todas las muestras de carne de vacuno cortada y picada en el rango de 1100 - 2500 nm.

En la figura 8 muestra todos los espectros NIR (1100-2500 nm) de las muestras de carne de vacuno cortada y picada, colectados de lomos, brazos y piernas. Se puede observar que para todas las 30 muestras los espectros presentan bandas de absorción similares con distinta intensidad.

Los picos de absorción dominantes característicos de las proteínas se muestran entre (2150 a 2500 nm) datos similares fueron reportados por (Díaz-Carrillo E. A. Muñoz-Serrano, 1993.), (Yamashita H, 1994.) en carne de vacuno descongelada con mínimos picos de absorbancia y por (Kuenstner J, 1994) donde señala que los picos en las longitudes de onda entre (1600 a 1900 nm) y (2150 a 2500 nm) han sido informados en el espectro de la hemoglobina. Además, se observan diferencias en el contenido de humedad entre los espectros, expresados en las longitudes de onda entre 1150 a 1200 nm, 1400 a 1500 nm y los 1900 a 2000

nm aproximadamente datos parecidos fueron hallados por (Downey, 1997) y (Osborne, 1993) en los espectros de las muestras de carne de vacuno cortada, con longitudes de onda entre 1050 a 2050, 1300 a 1400 y 1850 a 1950 nm aproximadamente.

4.4. Medición Del Color.

La medición del color se realizó después de haber cortado la carne, se midió por triplicado mediante un colorímetro CR-400 (Konica Minolta Co., Ltd., Osaka, Japón). Determinando valores de: Diferencia total de color (ΔE^*), luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*), amarillez (b^*), croma (C) y matiz (h). Mediante un Análisis ANOVA a continuación, se detallan cada una de las coordenadas:

4.4.1. Diferencia total de color (ΔE^*).

Tabla 2: ANOVA para diferencia total de color (ΔE^*)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	74.6126133	4	18.6531533	4.85	0.0049
Intra grupos	96.2276167	25	3.84910467		
Total (Corr.)	170.84023	29			

El ANOVA indica que si hay diferencia significativa con ($F = 4.85$; $p < 0.05$)

En la tabla 2, al realizar el ANOVA obtenemos como resultados el valor de $p < 0.05$. Lo que indica que, si existe diferencia entre los pares de medias, para determinar esa diferencia se realizó la prueba de HSD Tukey.

Tabla 3: Tabla: Prueba de múltiples rangos para diferencia total de color (ΔE^*), confianza 95%.

Días	Muestras	Medias	Sigma	Grupos Homogéneos
2	6	60.9433	0.849459	X
4	6	63.2633	0.849459	XX
3	6	63.6433	0.849459	XX
1	6	63.9417	0.849459	XX
5	6	65.8733	0.849459	X
Promedio de medias		63.53298		
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
DIA 1-2	*	2.99833	2.50591	
DIA 1-3		0.298333	2.50591	
DIA 1-4		0.678333	2.50591	
DIA 1-5		-1.93167	2.50591	
DIA 2-3	*	-2.7	2.50591	
DIA 2-4		-2.32	2.50591	
DIA 2-5	*	-4.93	2.50591	
DIA 3-4		0.38	2.50591	
DIA 3-5		-2.23	2.50591	
DIA 4-5	*	-2.61	2.50591	

*Indica que la diferencia de media es significativa en el nivel de confianza de 95%.

En la tabla 3 Se observa que si existe diferencia significativa en color para las 30 muestras analizadas durante los 5 días. Con un valor promedio de medias 63.53, siendo este valor la diferencia total de color para las 30 muestras durante los 5 días. Además, se obtuvieron diferencias significativas entre todos los días: para los días 1 y 2 hallo una diferencia de 2.99, para los días 2 y 3 una diferencia de -2.7, para los días 2 y 5 una diferencia de -4.93 y para los días 4 y 5 una diferencia de -2.61, con un límite de +- 2.505. Esto probablemente sea debido al color de las diferentes carnes que se estudiaron siendo blancas, rosadas, rojas y muy rojas. Estos resultados obtenidos nos dan a conocer que se ha trabajado con

carnes muy parecidas en color (Albertí P, 2016). A continuación, se detalla cada una de las coordenadas para determinar el color de las carnes estudiadas.

4.4.2. Luminosidad (L*).

Tabla 4: Tabla ANOVA, para luminosidad (L*).

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Media cuadrática	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	102.031033	4	25.5077583	6.27	0.0012
Dentro de grupos	101.655633	25	4.06622533		
Total	203.686667	29			

El ANOVA muestra que si existe diferencia significativa en L* para las 30 muestras con $p < 0.05$.

En la tabla 4 al realizar el ANOVA obtenemos como resultados el valor de $p < 0.05$. Lo cual indica que, si existe diferencia entre los pares de medias, para determinar esa diferencia se realizó la prueba de HSD Tukey.

Tabla 5: Prueba de múltiples rangos para luminosidad (L*), confianza 95%.

Días	Muestras	Media	Sigma	Grupos Homogéneos
5	6	29.8283	0.8891	X
1	6	31.9767	0.8891	XX
3	6	32.8333	0.8891	X
4	6	33.2683	0.8891	XX
2	6	35.51	0.8891	X
promedio de medias		32.68332		
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
DIA 1-2	*	-3.53333	2.62285	
DIA 1-3		-0.856667	2.62285	
DIA 1-4		-1.29167	2.62285	
DIA 1-5		2.14833	2.62285	
DIA 2-3	*	2.67667	2.62285	
DIA 2-4		2.24167	2.62285	
DIA 2-5	*	5.68167	2.62285	
DIA 3-4		-0.435	2.62285	
DIA 3-5	*	3.005	2.62285	
DIA 4-5	*	3.44	2.62285	

Indica una diferencia significativa para L por días.

En la tabla 5 se representan las medias para luminosidad donde el valor de L* = 32.5, siendo este valor correspondiente a una carne roja. Este valor obtenido como resultado para el valor de L* se halla dentro del parámetro reportado por (Franco D., 2009), Donde dice que el tipo de carne pertenece a vacas Holstein-Friesian de descarte con distinto tiempo de acabado con un valor de L* = 32.3 a 36.9 perteneciente a un color roja (Valela A, 2004).

En la figura 9 se representa el parámetro de L^* el cual va de 0 a 100 en este caso se trata de una carne opaca ya que se halla por debajo del 50, como ya se citó anteriormente se trata de una carne más opaca si está por debajo de 50, pero si estuviera por encima de 50 se trataría de una carne más luminosa.

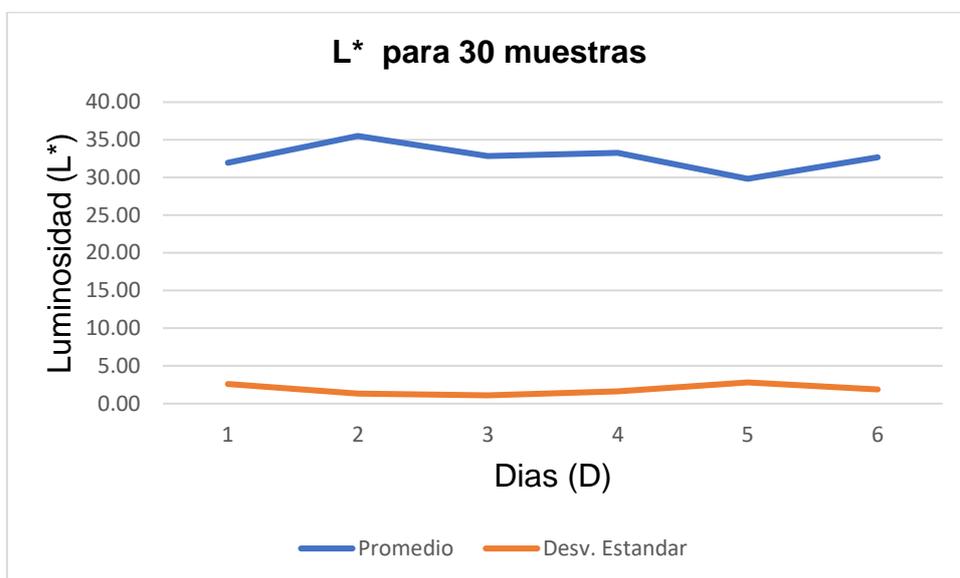


Figura 9: Representación gráfica para Luminosidad (L^*).

4.4.3. Enrojecimiento (a^*).

Tabla 6: Tabla ANOVA para enrojecimiento (a^*).

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Media Cuadrática	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	23.2401867	4	5.81004667	1.63	0.1983
Intra grupos	89.1895333	25	3.56758133		
Total (Corr.)	112.42972	29			

La tabla ANOVA indica que no existe diferencia estadística significativa con $p > 0.05$.

En la tabla 6 se muestra que no se encontró diferencia en color en la coordenada de enrojecimiento (a^*) para las diferentes muestras de carne analizadas, esto es probablemente por el color de las carnes que fueron muy homogéneas en color, es decir todas tuvieron un color rojo característico de la carne por lo cual no se muestra cierta deferencia significativa.

Tabla 7: Media, desviación estándar y límites para enrojecimiento (a^*).

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	Promedio Total
Media	20.8033	21.9800	22.3367	22.5467	20.3133	21.5960
Desviación estándar	1.3806	1.3648	2.5618	1.7427	2.1141	1.8328
Mínimo	19.14	20.53	19.94	19.32	17.77	19.34
Máximo	22.57	23.67	27.02	24.15	23.07	24.096

En la tabla 7, tenemos el valor de color para Enrojecimiento $a^* = 21.59$ una desviación estándar de 1.83 y un rango de color mínimo y máximo de 19.34 – 24.096 respectivamente, al igual que la coordenada L^* se trata de una carne roja resultado concordante con el dato reportado por (Albertí P, 2016), con $a^* = 20.6$. en el estudio de clasificación por color de carne de vacuno. Esta podría ser la razón por la cual no existe diferencia significativa para enrojecimiento (a^*) al realizar el análisis ANOVA en la tabla 7.

El color de la carne está determinado por la cantidad de mioglobina que contiene, conforme el animal va desarrollando va aumentando la concentración de mioglobina y su carne se vuelve más roja también, añade cuando la carne está expuesta al aire, se une al oxígeno de la atmósfera el color es rojo brillante (oximioglobina), pero cuando la carne es envasada al vacío, sin oxígeno, el color se vuelve amoratado(desoximioglobina) y cuando la carne se va estropeando por el paso del tiempo, pierde su capacidad para unirse al oxígeno y el color se vuelve pardo (metamioglobina) (Albertí P, 2016).

En la figura 10 se muestra la representación gráfica para enrojecimiento con los datos de la tabla anterior.

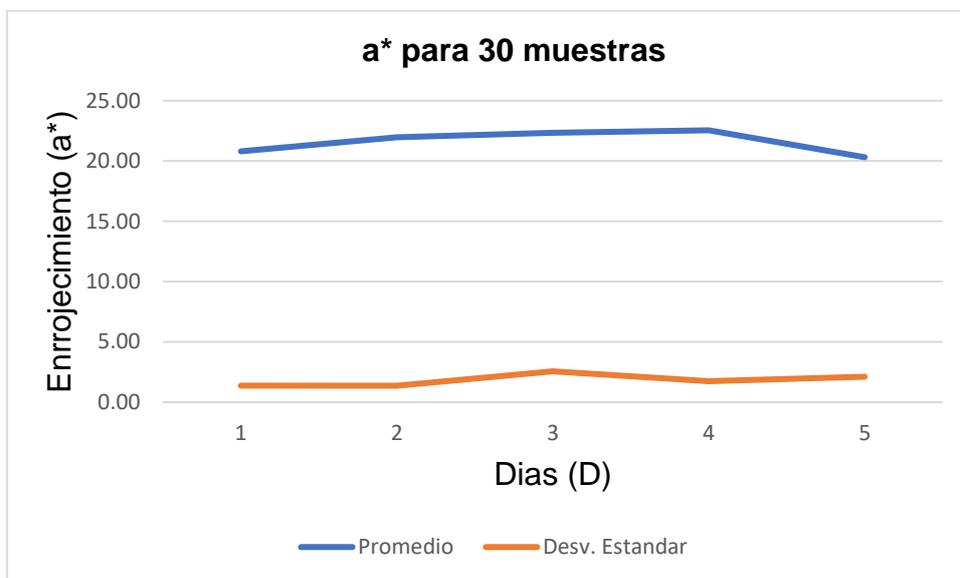


Figura 10: Representación gráfica para enrojecimiento (a*).

4.4.4. Amarillez (b*)

Tabla 8: Resultados ANOVA para amarillez (b*).

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Media Cuadrática	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.8849867	4	4.22124667	2.83	0.0459
Intra grupos	37.27195	25	1.490878		
Total (Corr.)	54.1569367	29			

El análisis ANOVA muestra que existe diferencia significativa con $p < 0.05$.

En la tabla 8 al realizar el ANOVA obtenemos como resultados el valor de $p < 0.05$. Lo cual indica que, si existe diferencia entre los pares de medias, para determinar esa diferencia se realizó la prueba de HSD Tukey.

Tabla 9: Prueba de múltiples rangos para amarillez (a^*), confianza 95%.

Días	Muestras	Media	Sigma	Grupos Homogéneos
5	6	2.57	0.549006	X
1	6	3.31667	0.549006	XX
3	6	4.08833	0.549006	XX
2	6	4.43	0.549006	X
4	6	4.56667	0.549006	X
Promedio de medias		3.794334		
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
DIA 1-2		-1.11333	1.61957	
DIA 1-3		-0.771667	1.61957	
DIA 1-4		-1.25	1.61957	
DIA 1-5		0.746667	1.61957	
DIA 2-3		0.341667	1.61957	
DIA 2-4		-0.136667	1.61957	
DIA 2-5	*	1.86	1.61957	
DIA 3-4		-0.478333	1.61957	
DIA 3-5		1.51833	1.61957	
DIA 4-5	*	1.99667	1.61957	

*Indica que si existe diferencia entre muestras por días.

En la tabla 9 se observa el valor de amarillez de la carne con $b^* = 3.7943$, este resultado pertenece a una carne roja al igual que las coordenadas estudiadas anteriormente. Este resultado es similar al obtenido por (Albertí P, 2016), con un valor de $b^* = 7.1$ con un límite desde -7.5 a 14.5, entonces se puede decir que pertenece a este grupo de color ya que si se encuentra dentro del parámetro considerable para ser una carne aceptable. Además, se encontró diferencia en color entre los días 2 y 5 con una diferencia de 1.86 y en los días 4 y 5 con 1.996 de diferencia esto quiere decir que es muy poca la diferencia en color con la coordenada de amarillez.

En la figura 11, se presenta gráficamente la coordenada de amarillez (b^*).

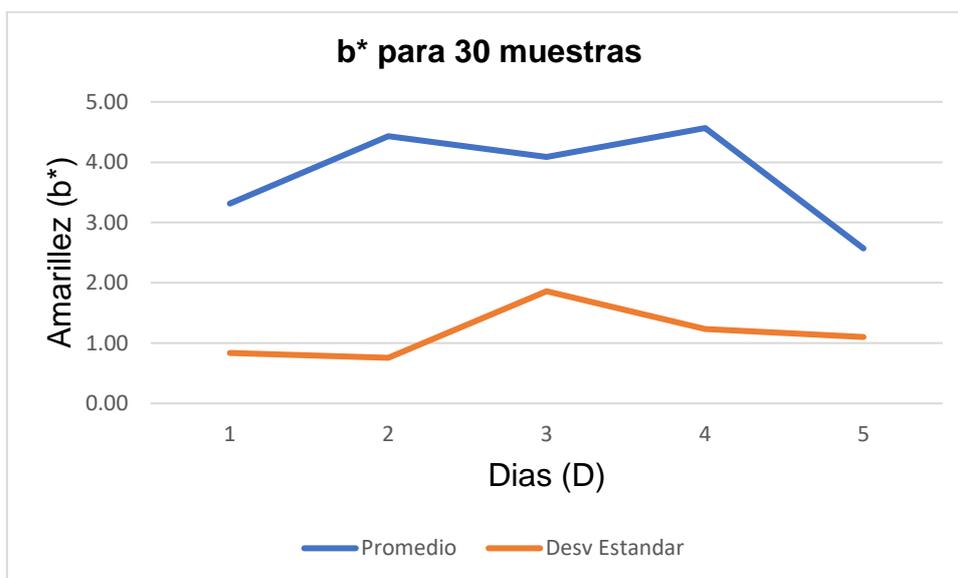


Figura 11: Promedio y desviación estándar para amarillez (b^*).

4.4.5. Cromaticidad (C^*).

Tabla 10: Análisis estadístico ANOVA, para cromaticidad (C^*).

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	29.6743133	4	7.41857833	1.77	0.1668
Intra grupos	104.880567	25	4.19522267		
Total (Corr.)	134.55488	29			

La tabla ANOVA indica que no existe diferencia estadística significativa con $p > 0.05$.

En la tabla 10 se muestra que no existe diferencia significativa en color en la coordenada de cromaticidad (C^*) para las diferentes muestras de carne analizadas, esto es probablemente por el color de las carnes que fueron muy homogéneas en color, es decir todas tuvieron un color rojo característico de la carne por lo cual no se muestra cierta deferencia significativa y como la cromaticidad va junto con el enrojecimiento es por ello que tampoco se halló

diferencia para la coordenada de cromaticidad (C^*) la cual determina la cantidad de luz que se percibe de la carne en este caso sería roja.

Tabla 11: Media, desviación estándar y límites para cromaticidad (C^*).

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	Promedio Total
Media	21.0950	22.4533	22.7600	23.0500	20.5017	21.9720
Desviación estándar	1.4775	1.4357	2.8711	1.9138	2.1969	1.9790
Mínimo	19.33	20.94	20.19	19.53	17.82	19.562
Máximo	22.97	24.28	28.07	24.88	23.48	24.736

En la tabla 11 tenemos el valor para el Croma $C^* = 21.9720$ en un límite inferior y superior de 19.562 – 24.736 respectivamente y una desviación estándar de 1.9790, también se trata de una carne roja con respecto a los datos reportados por (Franco D., 2009), con un valor de C^* entre 21.3 a 30.6, expresa que el tipo de carne pertenece a raza Holstein friesian 21d vacío + 9d de alimentación abonada con Fosfato Monoamónico que es un fertilizante granulado el cual es absorbido por las raíces del pasto y (Blanco M, 2010), dice que la carne sería procedente de terneros de raza parda de montaña de 11 meses de edad cebados con pienso de o pastoreo de alfalfa suplementada con o sin acabado. El croma está determinado por la cantidad de pigmento del músculo (mioglobina) y varía de rosa pálido a rojo intenso, razón por la cual el ANOVA no muestra diferencia significativa en la tabla 11.

En la figura 12 se representa gráficamente los datos de la tabla 12.

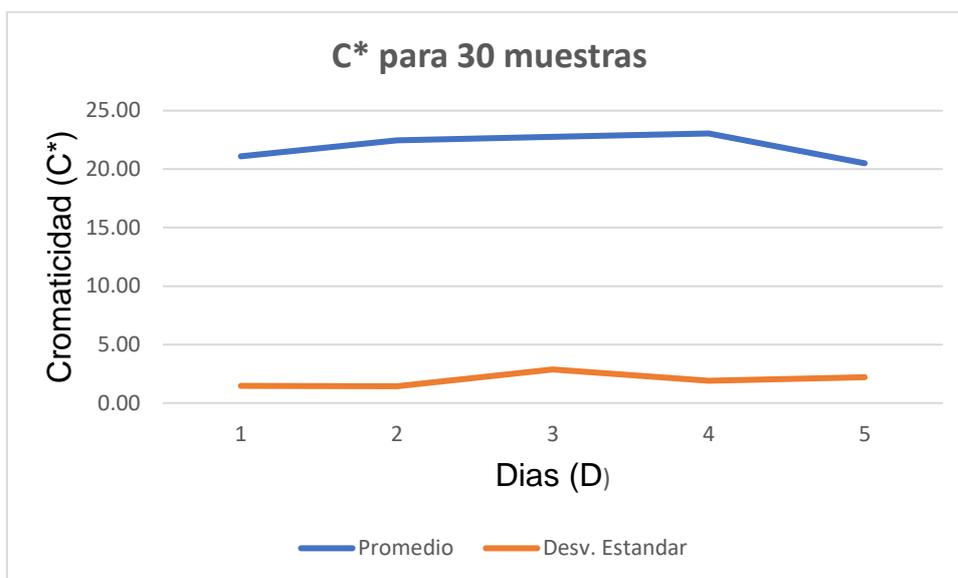


Figura 12: Representación gráfica para cromaticidad (C*).

4.4.6. Matiz (h).

Tabla 12: Análisis estadístico ANOVA, para maticidad (h).

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Media Cuadrática	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	75.4582467	4	18.8645617	3.06	0.0352
Intra grupos	154.3071	25	6.172284		
Total (Corr.)	229.765347	29			

Análisis ANOVA indica que si existe diferencia significativa entre muestras por días con $p < 0.05$.

En la tabla 12 al realizar el ANOVA obtenemos como resultados el valor de $p < 0.05$. Lo cual indica que existe diferencia significativa entre los pares de medias, para determinar esa diferencia se realizó la prueba de HSD Tukey.

Tabla 13: Prueba de múltiples rangos para maticidad (h), confianza del 95%.

Días	Muestras	Media	Sigma	Grupos Homogéneos
5	6	7.04	1.11949	X
1	6	8.67667	1.11949	XX
3	6	9.80833	1.11949	XX
4	6	11.165	1.11949	X
2	6	11.2367	1.11949	X
Promedio de medias		9.58534		
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
DIA 1-2		-2.56	3.30249	
DIA 1-3		-1.13167	3.30249	
DIA 1-4		-2.48833	3.30249	
DIA 1-5		1.63667	3.30249	
DIA 2-3		1.42833	3.30249	
DIA 2-4		0.0716667	3.30249	
DIA 2-5	*	4.19667	3.30249	
DIA 3-4		-1.35667	3.30249	
DIA 3-5		2.76833	3.30249	
DIA 4-5	*	4.125	3.30249	

*Indica diferencia significativa entre pares de muestras.

En la tabla 13 se obtuvo el dato de color para maticidad $h = 9.5853$, este dato también se clasifica para una carne roja debido al dato reportado por (Franco D., 2009), en un estudio de clasificación de carne de vacuno con un $h = 18.5$ y un límite entre $-16.7 - 31.1$, entonces podemos decir que el dato hallado en el trabajo está dentro del parámetro para clasificarse como una carne roja con respecto a la maticidad o tono de la carne; también, considera que pertenece a una raza Holstein y debido al tipo de alimentación. Según la Norma de Clasificación propuesta para la carne de vacuno comercial a partir del rango de valores objetivos de los parámetros de color se trata de una carne roja por $h < 23$, también el tono o matiz indica el estado químico del pigmento (mioglobina).

No es fácil interpretar los datos tridimensionales decolor obtenidos con un espectrofotómetro para clasificarlo de acuerdo con el color que percibimos con la vista. Si medimos dos carnes con el espectrofotómetro es posible que encontremos diferencias estadísticas entre ellas para alguna o todas las variables medidas e incluso, es posible que estas diferencias sean apreciables a simple vista.

No obstante, estas diferencias no siempre van a tener importancia comercial ya que podrían estar ambas dentro de un rango de color comercial, carne rosada por (Albertí P, 2016). En la tabla también se muestran los días entre los cuales existe diferencia días 2 y 5 con diferencia de 4.1966 y entre los días 4 y 5 con 4.125 de diferencia la cual es muy significativa.

En la figura 13 se representa gráficamente el promedio y desviación estándar para tono o matiz (h).

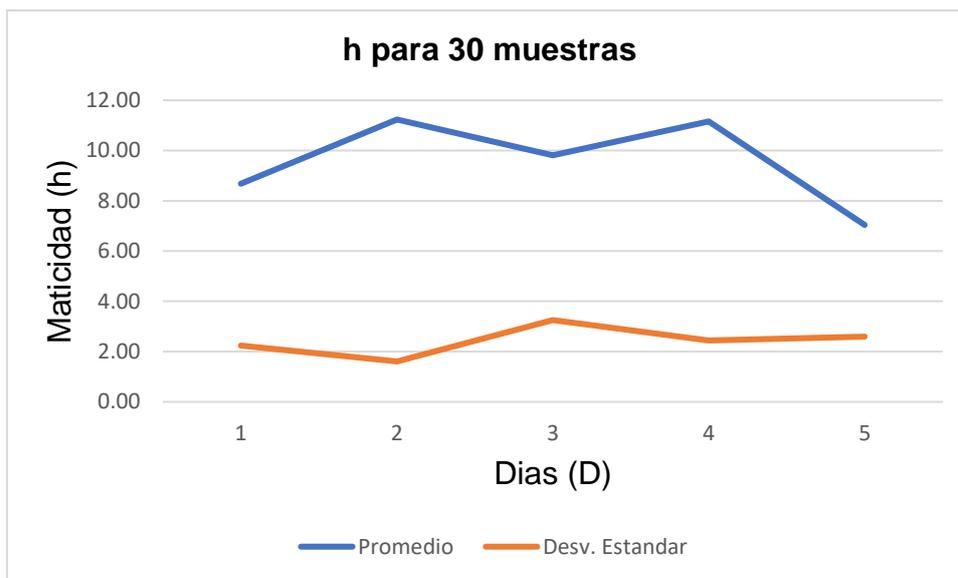


Figura 13: Representación gráfica para matividad (h).

CAPITULO V.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- De acuerdo con los resultados obtenidos, la tecnología NIR permitió diferenciar la carne de vacuno cortada y picada en 30 muestras analizadas con longitudes de onda muy similares y característicos con respecto al rango de variación de los parámetros. Las distintas bandas de absorción para contenido de grasa se hallaron en el rango de entre 1200 a 1300 nm aproximadamente y entre 1650 a 1850 nm aproximadamente y para contenido de agua fueron absorbidas en la longitud de onda entre 1150 a 1200 primer pico; 1400 a 1500nm aproximadamente segundo pico y 1900nm aproximadamente para el tercer pico. Entonces se dice que al estar picada la carne la absorbancia con respecto a la carne cortada es mayor. Y con respecto al contenido de agua son los picos más altos esto es por la humedad que se desprende de la carne al estar picada, debido a la deformación de sus células las cuales en ese lapso de tiempo eliminan humedad; además estas variaciones se ven afectadas debido a la raza, la alimentación, el sexo y sobre todo el estrés antes de ser sacrificado el animal.
- Se determinó el color de la carne mediante el sistema CIELab de color, teniendo como resultado que el color se inclina hacia el color rojo característico de la carne de vacuno con un valor de $L^* = 32.68$ perteneciente a una carne opaca debido a que se halla por debajo del límite del índice lumínico; un $a^* = 21.59$, $b^* = 3.7943$, $C^* = 21.9720$ y $h = 9.5853$, esto es debido a la existencia de muchos factores que influyen en el color de la carne como: La dieta de los animales (cereales, heno, pasto o concentrado), el sexo del animal, la edad del animal y lo más importante es el estrés antes del sacrificio que está determinado por el pH de la carne ante mortem y post mortem.

5.2. Recomendaciones.

- Realizar investigaciones a nivel departamental donde se detalle cada uno de los diferentes tipos de corte en carne de vacuno y determinar los parametros quimicos y fisicos que los afectan; ademas los efectos que tiene la espectroscopia en cada uno de los cortes.
- Realizar estudios para determinar el color no solo en carnes sino tambien en diferentes productos usando el sistema CIELab* de color, para dar un rango de clasificacion en color, siendo un atractivo muy importante para el consumidor y decidir si comprar o no el producto.

CAPITULO VI.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Abril M, C. M. (2001). Beef colour evolution as a function of ultimate Ph. Meat Science., 58, 67-78.
- Acevedo S, M. (2004). Evaluacion de los atributos principales de la calidad de la carne de res d origen local e importada segun se ofrece al consumidor. Puerto Rico: Recinto Universitario de Mayaguez.
- Albertí P, R. G. (2016). Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. ResearchGate., N° PP- 12.
- Alomar D. (2003). Chemical and discriminant analysis of meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIR). Meat Science, 63: 441-450.
- Andersen H, J. O. (2005). Potential quality control tools in the production of fresh pork, beef and lamb demanded by the European society. Livestock Production Science, 94: 105-124.
- Anonimo. (1994). Diccionario Enciclopedico de Veterinaria. GEOFFREY WEST, 53.
- Asenjo B. (1999). Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en añojos de razas charolés y serrana soriana. Universidad de Valladolid. España.: Tesis Doctoral.
- Ballin N. (2008). analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat- A Review. Meat Science., 151-158.
- Beauchêne D, D. G. (1997). Ciencia y tecnología de alimentos. ScienceDirect, 721-726.
- Ben-Gera. I, N. K. (1999). Carbohidratos complejos en los alimentos. New york: Susan sungsoo cho.

- Beriaín M, .. G. (2009). Predicting Longissimus dorsi myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as color stability index. *Meat Science.*, 440-446.
- Beriaín. M, J. &. (1998). Calidad de la carne de vacuno. Aspectos claves. Mundi-prensa, Madrid, España.: coord. buxadé, C., pp. 495-510.
- Blanco M, C. I.-t. (2010). Lucerne grazing compared with concentrate-feeding slightly modifies carcass and meat quality of young bull. *Meat Science.*, 84, 545-552.
- Brunso K, B. L. (2005). Consumer perception of the quality of beef resulting from various fattening regimes. *Livestock Production Science*, 94: 83-93.
- Calvo C. (2000). Estudio del crecimiento y de las características de la canal y de la carne del ternero Rubio Gallego acogible a las primas de la PAC en rebaños de vacas nodrizas. España: Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Capillo A, a. D. (2001). Valor nutritivo de la carne. La carne en la dieta humana. Implicaciones sanitarias del consumo de carne. . *Enciclopedia de la Carne y de los Productos Cárnicos*, pp. 569-584.
- carnes, D. R. (19 de Noviembre de 2020). Generate Press. Obtenido de Funciona con Generate Press: <https://www.solocarnes.com/los-diferentes-cortes-de-la-carne-bovina-y-sus-aplicaciones-3398/>.
- Castro V, M. (2009). Evaluacion del grado de terneza en muestras del musculo Longissimus dorsi thoracis de canales bovinas a diferentes edades cronologicas, utilizando la fuerza de corte Warner-Bratzler en linea de produccion. Costa Rica: Investigacion y Extension Direccion de proyectos.
- Cerdeño A, a. L. (2001). Características de la carne de buey de las razas: Asturiana de los Valles, Limusín y Parda. *ITEA. Vol. Extra*, 23: 532-534.
- Chambaz A, a. D. (2003). Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, 63: 491-500.

- Chavarro L, .. (2002). Uso de los subproductos de aceite de palma en alimentacion animal. Mexico.: Facultad de veterinaria Casanare.
- Chrystall B. (1999). Recent and potential changes in meat processing and their implications for producers. : Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, pp. 103-106.
- CIE. (1976). Recommendations on uniform colour spaces-colour difference equations. . Commission International de l'Eclairage., Publication N° 15.
- CIELch, C. (22 de Octubre de 2010). Despacho visual . Obtenido de <https://despachovisual.wordpress.com/2010/10/22/cielab-y-cielch/>.
- Corl B, a. B. (2003). Cis-9, trans-11 CLA derived endogenously from trans-11 18:1 reduces cancer risk in rats. Journal of Nutrition, 133.
- Cortes de carne de vacuno. (03 de Diciembre de 2008). Diccionario de cocina. Obtenido de <https://gastronomiaycia.republica.com/2008/12/03/cortes-de-carne-de-vacuno/>.
- Cozzolino D. (1996). Visible and near infrared reflectance spectroscopy for the determination og moisture, fat and protein in chicken breast and thigh muscle. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 4: 213-223.
- Cozzolino D. (2002). Effect of sample presentation and animal muscle species on the analysis of meal by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). Journal of Near Infrared Spectroscopy, 10:37-44.
- Cozzolino D., D. D. (2002). Visible/near infrared reflectance spectroscopy for predicting composition and tracing system of production of beef muscle. Animal Science, 74: 477-484.
- Cozzolino, D. I. (2002). Study of dissected lamb muscles by visible and infrared reflectance spectroscopy for composition assessment. Animal Science, 70: 417-423.

- Diaz-Carrillo E. A. Muñoz-Serrano, A. A.-M. (1993.). Near infrared calibration for goat's milk components: protein, total. *Journal of Near Infrared Spectroscopy.*, 1:141-146.
- Ding R, X. . (1999). *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*. Irlanda-Dublin: Edited by: Da- Wen Su.
- Downey, G. a. (1997). Authentication of fresh vs. Frozenthawed beef by near infrared reflectance spectroscopy of dried drip juice. *Lebensmittel-Wissenschaft und - Technologie.*, 30(7):721-726.
- Downy G, a. H. (2004). Analysis of Meats. In: *Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture* . American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, USA., pp. 599-632.
- Dransfield. E. (1994.). Optimisation of tenderisation, agein and tenderness. *Meat Science.*, pp. 36, 105-121.
- Eduardo A, R. G. (2020). Aplicaciones de la espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) para el control de calidad de la carne. *Publicaciones SERIDA*, 6.
- Eichinger H. (1992). Possibilities for improving breeding value estimation of meat quality in cattle by using the near-infrared measurement technique. *Archiv fur Tierzucht*, 35: 41-50.
- Eliécer. J, P. F. (2001). Espectroscopía de infrarrojo cercano- NIR. Determinación de nitrógeno en tejido foliar de caña de azúcar. *Serie de Procesos Industriales*, 1. ISSN: 1657-7329.
- Espinoza M, J. (2007). *Evaluacion sensorial*. LaHabana, Cuba: Editorial Universitaria.
- FAO. (2007). *Carne y producto cárnicos. Producción y sanidad animal*, 5.
- Fearn, T. a. (1993). *Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis*. Longman Singapore Publishers: 227p. 2ºda Ed.

- Feldhusen F, .. W. (1995). Influence of storage time on parameters of color stability of beef. *Meat Science* n° 40,, 235-243.
- Fodor G, M. R. (1999). Aplicacion de Espectroscopio. Hutzler, S. A, 53.
- Franco D, .. B. (2009). Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of holstein. *Meat Science*, 485-490.
- Franco D., B. E. (2009). Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Hol- stein-Fresian cull cows,. *Meat Science*., 83, 484-491.
- Fumiere O, G. S. (2000). L authentication rapide des poulet de chair sous label: distinction entre poulet issus de souches a croissance lente ou rapide par la spectrometrie dans la proche infrarouge. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*., 4(4):214-220.
- Garrido. A. (1999). Tecnología NIRS, aplicaciones en productos agroalimentarios. UPNA,, Pamplona.
- Goñi M, V. a. (2004). Changes in carcass of bulls of Pyrenean breed after hanging for 24 hours. *Óptica Pura y Aplicada*, pp. 109-111.
- Grau. R, H. (1953.). Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung im muskel. *Naturwissenschaften*., 40, 29-30.
- Gutierrez, A. P. (2010). La espectroscopia NIR en la determinacion de propiedades fisicas y composicion quimica de intermedios de produccion y productos acabados. Programa de doctorado de quimica., 272.
- Hamm R. (1960). Biochemistry of meat hydratation. *Advances in Food Research*, 355-453.
- Hammond. J. (1955). Quality meat production. *Journal of Yorkshire Agriculture Society*, 1: 19-32.
- Hebbel. P, r. D. (1984). CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS SU TECNOLOGIA Y ANALISIS,. Santiago de Chile: UNIVERSITARIA.

- Heise H. (2004). Fundamental chemometric methods. In: Near-Infrared. Instrument, Applications, 125-162.
- Heise H, M. &. (2002). Fundamental chemometric methods. In: Near-Infrared Spectroscopy. Principles, Instruments, Applications. WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.: (Eds. Siesler, H.W.; Ozaki, Y.; Kawata, S. & Heise, H.M.), pp. 125-162.
- Hernandez B, .. (1994.). Estudio del color en carnes: Caracterizacion y control de calidad. España: Tesis Doctoral,.
- Hernandez. G, A. (2010). Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos. Panamericana, Madrid, España.: tomo II, pg 113,.
- Hernández. G, A. (2010). Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos. Panamerican, zaragoza, España: Tomo II, pg 113.
- Hocquette J, F. (2005). Genetic effects on beef meat quality. In: The Science of Beet Quality. 8th Annual Langford. Food Industry Conference. . Proceedings of the British Society of Animal Science,, pp. 13-20.
- Hollas. J, M. (2004). Modern Spectroscopy. John Wiley & Sons,: 4th Edition.
- Honikel. K, O. (1998.). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Science, 49, 447-457.
- Hood D, E. (1984). The chemistry of vacuum and gas packaging of meat. In: Recent Advances in the Chemistry of Meat (Ed. Bailey, A.J.),. The Royal Society of Chemistry, London, UK., pp. 213-230.
- Huffman K. (1995). Espectroscopia de Reflectancia infrarroja cercana en la prediccion de las propiedades sensoriales de la carne de res. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 81-87.
- Isaksson T, T. K. (1997). Diferenciación de la carne congelada y no congelada utilizando espectroscopia de infrarrojo cercano. Journal of the Science of Food, 5:195-208.

- Jiménez. A, R. (2006). Reacciones Electroquimioluminiscentes y parámetros CIELab: Estudio de la Interacción de Especies Biomédicas en Dendrímeros y Nanopartículas. Sevilla.
- Josselin. M. (02 de Mayo de 2019). Cortes de carne de res mas usados. Obtenido de Cocina facil: <https://www.cocinafacil.com.mx/tips-de-cocina/cortes-de-carne-de-res/>.
- Jurie C. (2004). Metabolic and contractile characteristics of longissimus thoracis muscle of young bulls from 8 European breeds. *Rencontres Recherches Ruminants*, 11: 121.
- Kamruzzaman, M. B.-W. (2012). Potential of Hyperspectral imaging and pattern recognition for categorization and authentication of red meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*., 16, 316-325.
- Karoui R. (2010). Mid-Infrared Spectroscopy coupled with chemometrics: A tool for the analysis of intact food systems and exploration of their molecular structure-quality relationships- a review. *Chemical Reviews*., 110.
- Kauffman R, G. (1993). Opportunities for the meat industry in consumer satisfaction. *Food Technology*, 132.
- Kim Y, .. H.-L. (2010). High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization. *Meat Science*., 759-767.
- Kinsman. D, K. B. (1994.). Aplicacion de la tecnologia NIRS para estimar parámetros físicos indicativos de la calidad de la carne de vacuno. *ResearchGate*., New york, pp. 3.
- Konica M. (09 de 2014). Entendiendo el espacio de color CIELab. Obtenido de Sensing: de: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Kuenstner J, T. a. (1994). Spectrophotometry of human haemoglobin in the near infrared region from 1000 to 2500 nm. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*., 2:59-65.

- Larrie. R, A. (1977). Ciencia de la carne,. Zaragoza, España.: Acribia, pg. 91.
- Lawrence T, a. F. (1997). Tissues. In: Growth of Farm Animals. . CAB International, Wallingford, UK., pp. 26-201.
- Lawrie R. (1998). Constitución química y bioquímica del músculo. Ciencia de la carne,. Pergamon Press, Oxford, UK., pp. 96-118.
- Leroy. B. (2003). Prediction of technological and organoleptic properties of beef longissimus thoracis from near-infrared reflectance and transmission spectra. Meat Science, 66, 45-54.
- Liu. Y, L. B. (2004). Prediction of physical, color, and sensory characteristics of broiler breasts by visible/near infrared reflectance spectroscopy. Poultry Science, 83, 1467-1474.
- Lively F, O. (2005). The effect of genotype and pelvic hanging technique on meat quality The Science of beet quality . 8th Annual Langford. Food Industry Conference. Proceedings of the British Society of Animal Science,, pp 59-60.
- Lusk K. (2001). Valoracion en tienda de la ternura del filete. American Journal of Agriculture Economics, 539-550.
- Mancini. M, C. H. (2005). Current research in meat color. Meat Science, 100-121.
- Meulemans A. (2003). Prediction of organoleptic and technological characteristics of pork meat by near infrared spectroscopy. Meat Sience des Aliments, 23: 159-162.
- Minolta, K. (28 de Noviembre de 2019). Sensing Americas,. Obtenido de Guia de seleccion de alimentos.: http://sensing.konicaminolta.com.mx/industries/food-and-beverage/15KMMX_OCT19_Food.pdf.
- Mohan A, a. M. (1992). Effect of mixing male sex types of cattle on their meat quality and stress related parameters. Meat Science, 32: 367-386.

- Moore V, .. y. (1991). The effects of electrical stimulation, twawing, ageing and packaging on the colour and display life of lamb chops. *Meat Science.*, 130-145.
- Murray I. (1986). Near infrared reflectance análisis of forages. *Recent advances in animal nutrition*, pp 141-156. W. Heresing and D.J A. Cole Eds. London.
- O' Keefe M, .. y. (1982). Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. *Meat Sience*, 209-225.
- Offer G, a. K. (1998). The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. *Developments in Meat Science.*, pp. 63-171.
- Onega P, M. E. (2003). Evaluacion de la calidad de las carnes frescas. Aplicacion de tecnicas analiticas instrumentales y sensoriales. Madrid: Universidad complutense de Madrid.
- Osborne, B. G. (1993). *Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis*. Longman Scientific and Tecnnical. London, UK.
- Osborne. B, G. &. (1986). *Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis*. Harlow, Essex. UK.
- O'Sullivan A, a. G. (2003). Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. *Meat Sience*, 63: 157-184.
- Pearson A, M. (1999). Introduction to quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. In: *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. *Advances in Meat Research Series* (Eds. Pearson A.M. & Dutson, T.R.), pp. 1-25.
- Prevolnik, M., & Candek, P. M. (2018). Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: a review. *Czechoslovak Journal of Animal. Science* 49, 500-510.

- Prieto. N, A. S. (2006). Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples. *Meat Science* 74, 487-496.
- Priolo A, a. A. (2001). . Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. *Animal Research*, 185-200.
- Renand G, a. P. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, 59: 49-60.
- Renerre M, .. Y. (1991). Effects of electrical stimulation, boning-temperature and conditioning mode on display colour of beef meat. *Meat Science.*, 190-202.
- Ripoll G, P. B. (2012). Apreciacion visual de la carne bovina y su relacion con el espacio de color CIELab. *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria.*, 108, 222-232.
- Ripoll G., A. P. (2013). Instrumental meat quality of veal calves reared under three management system and colo evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science.*, 93, 336-343.
- Roncales P. (2001). Transformación del músculo en carne: rigor mortis y maduración. . *Enciclopedia de la Carne y de los Productos Cárnicos* (Cood. Martín Bejarano, S.), pp. 291-312.
- Sañudo C, M. E. (2001). The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 66: 925-932.
- Scollan N, D. a. (2005). Effect of beef systems on meat composition and quality. In: *The Science of Beet Quality. 8th Annual Langford. Food Industry Conference. Proccedings of the British Society of Animal Science*, pp. 1-6.
- Sellier P. (1986). Meat quality in pig breeds and cross-breeding. 18: 171-186.: *Livestock Production Science*.

- Shackelford S. (2001). Impresiones de consumo de carne selecta y tierna. *Journal of Animal Science*, 79.
- Shenk J. (1995). 1995). The application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage analysis. *American*, 406-449.
- Sivakesava. S, & I. (2002). Rapid determination of tetracycline in milk by FTMIR and FT-NIR spectroscopy. *Journal of Dairy Science* 85:, 487-493.
- Skoog D, A. L. (1996). *Análisis Instrumental*. Interamericana,, 296-339.
- SliceWatch. (17 de diciembre de 2018). Obtenido de Evaluacion en linea de la capacidad de retencion de agua.: https://www.google.com/search?ei=jP3CX_2xMuG85OUP8_6ZmAw&q=capacidad+de+retencion+de+agua+en+carne+de+vacuno&oq=capacidad+de+retencion+de+agua+en+carne+de+vacuno&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAzIFCAAQzQlyBQgAEM0COgQIABBHOgQIABBDOgIIADoGCAAQFhAeOgUIIRCgAToECCEQFVC8BV
- Smith G, C. (2001). Global sources of, and markets for, beef (and perhaps, for buffalo meat); factors affecting palatability of beef and of meat from the water buffalo. . *Proceedings VI World Buffalo Congress. The búfalo. An alternative for Animal Agriculture in the Third millennium.*, 172-201.
- Sorheim O, .. N. (1999). The storage life of beef and pork packaged in modified atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. *Meat Science*, 157-164.
- Svante Worl S. (1976). Desarrollo de un modelo SIMCA para la clasificación de kerosinas mediante el empleo de la espectroscopía infrarroja. *Pattern Recognition*, 8, 127.
- Swatland H. (1991). Crecimiento y desarrollo animal. En: *Estructura y Desarrollo de los Animales de Abasto*,. Acribia, Zaragoza, España., pp. 325-371.
- Swatland H. (1991). una revision de la espectrofotometria de carne(300-800nm). *Optica Aplicada*, 30.

- Swatland H J. (1991). Crecimiento y desarrollo animal. En: Estructura y Desarrollo de los Animales de Abasto. Acribia, Zaragoza, España, pp. 325-371.
- Szczesniak A, S. (1963). Objective measurements of food texture. *Journal of Food Science*, 28.
- Takahashi. (1996). Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43: 67-80.
- Technoserve. (2004). Carnes de vacuno y ovino en la Provincia de Cajamarca. Cajamarca-Peru.: Estudio sub sectorial.
- Togersen G. (1999). On-line NIR analysis of fat, water and protein in industrial scale ground meat batches. *Meat Science*, 51: 97-102.
- Tornberg. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 175-191.
- Trnberg. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43: 175-191.
- UCEDA I, .. G. (2010). ESTABILIDAD DEL COLOR DE LA CARNE DE TERNERA. Navarra: Tesis.
- USDA. (2009). Departamento de agricultura de EE.UU. Obtenido de Tendencia al comercio de carne: disponible en web: <http://www.fas.usda.gov>
- Valela A, .. O.-r. (2004). Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*, 67, 515-522.
- Ventura. J, F. (2006). Desarrollo de métodos analíticos medioambientalmente sostenibles por espectrometría FTIR. Valencia.
- Wang L. (1995). uso de un rayo laser con un angulo oblicuo de incidencias para medir el coeficiente de dispersion reducido de un medio turbio. *Optica aplicada*, 34.

- Williams P. (2001). Near- Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. Paul, Minnesota, USA: Second Edition.
- Windham C, T. a. (1990). Thiamin, riboflavin, niacin and pantothenic acid. Meat and Health, Advances in Meat Research Series, 6: 401.
- Windham W. (1998). Prediction of fatty acid content in beef neck lean by near infrared reflectance analysis. Journal of Near Infrared Spectroscopy., 229-234.
- Wismer-Pedersen J. (1994). Química de los tejidos animales. Parte 5 Agua. En: Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Acribia, Zaragoza, España., pp. 125-138.
- Xu, R. a. (1999). Identification of broiler chicken meat using a visible7near-infrared spectroscopic technique. Journal of the Science of Food and Agriculture., 79:1382-1388.
- Yamashita H, H. T. (1994.). Effect of non-peptide and non-protein nitrogen compounds for the determination of protein content by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy., 2:145-151.

CAPITULO VII.

VII. ANEXOS.

ANEXO 01: Espectroscopio NIR para medir los espectros de cada una de las muestras.



ANEXO 02: Carne de vacuno comprada descongelada.



ANEXO 03: Lavado de carne de res para eliminar impurezas adheridas no pertenecientes a ella.



ANEXO 04: Cortado de carne con una medida de 8mm de diámetro aproximadamente.



ANEXO 05: Cortado de carne para ser medido en el Espectroscopio.



ANEXO 06: Carne cortada y picada para posteriormente ser medida los espectros y su color.



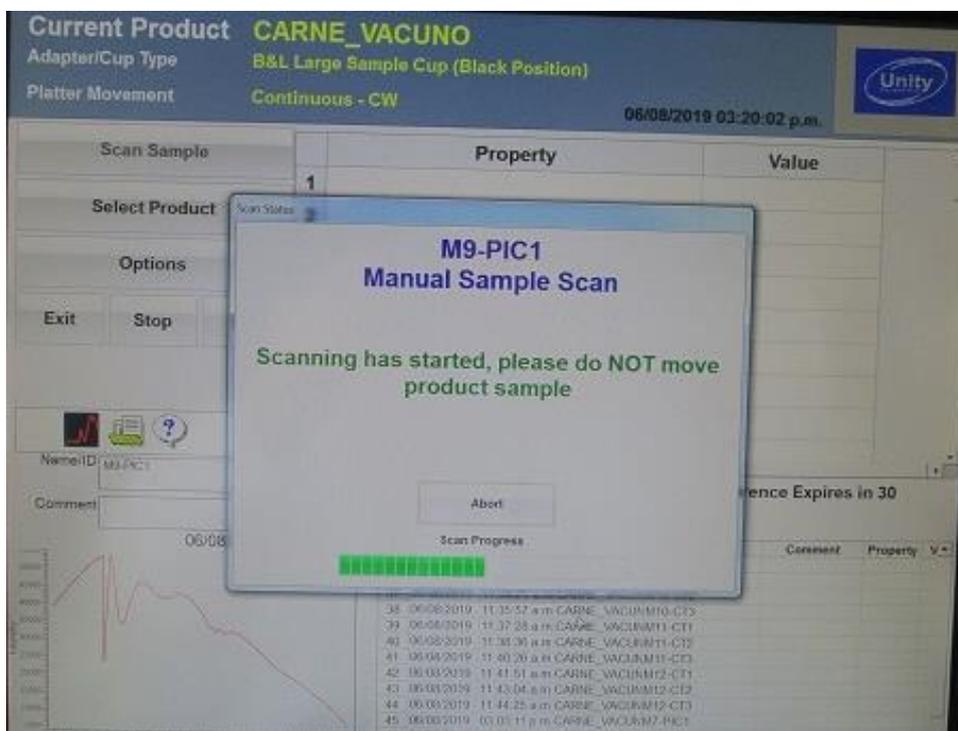
ANEXO 07: Carne cortada en la cubeta de cuarzo de 8mm de diámetro para colocar la carne y medir los espectros en el Espectroscopio.



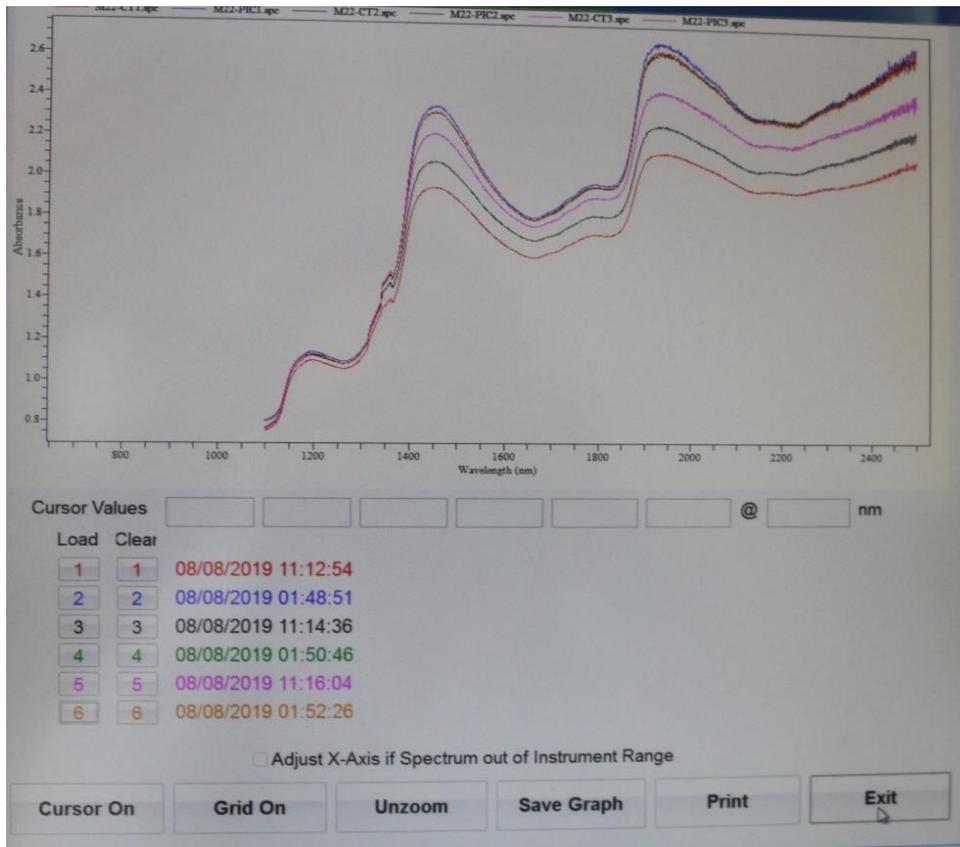
ANEXO 08: Carne picada en la cubeta de cuarzo para medir su espectro de absorbancia.



Anexo 09: Pantalla muestra el momento en el que se está escaneando el espectro de absorbancia.



ANEXO 10: Grafica de absorbancia tomada por el espectrofotómetro para 3 muestras carne cortada y picada.



ANEXO 11: Colorímetro CR 400 Konica Minolta para medir color.



ANEXO 12: Colorímetro CR 400 Konica Minolta pantalla de lectura.

