

**DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE CORTES BOVINOS EMPACADOS AL
VACÍO BAJO TRES TEMPERATURAS DE REFRIGERACIÓN**

**RUBY ERLINY CRISTANCHO PABÓN
JENIFFER JUSSEY ARGÜELLO MEDINA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INENIERIAS Y ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD ALIMENTARIA
BUCARAMANGA**

2020

**DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE CORTES BOVINOS EMPACADOS
AL VACÍO BAJO TRES TEMPERATURAS DE REFRIGERACIÓN**

**RUBY CRISTANCHO PABÓN
JENIFFER JUSSEY ARGÜELLO MEDINA**

Trabajo de grado para optar por el título de especialista en seguridad alimentaria

DIRECTOR PhD. DANIEL DURÁN OSORIO

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INENIERIAS Y ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD ALIMENTARIA
BUCARAMANGA**

2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
SUMMARY	9
INTRODUCCIÓN	10
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR CÁRNICO EN COLOMBIA.	10
1.2. LA CARNE	11
1.2.1 La composición y valor nutricional	11
1.4 CONSERVACIÓN DE LA CARNE POR FRIO	13
1.5 CONSERVACIÓN DE LA CARNE POR ENVASADO AL VACÍO.	13
1.6 VIDA ÚTIL DE LA CARNE	15
1.7 MICROBIOLOGIA PREDICTIVA	15
1.7.1 Tipos de modelos predictivos	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 TIPO DE ESTUDIO Y MUESTREO	18
3.3 CONDICIONES DE PROCESAMIENTO Y EMPAQUE	20
3.3.1 Proceso de beneficio	20
3.3.2 Proceso de desposte y empaque	21
3.4 TÉCNICAS DE LABORATORIO	21
3.4.1 Evaluación de características microbiológicas:	21
3.4.2 Evaluación de características sensoriales:	22
3.4.3 Evaluación de características fisicoquímicas:	22
4.1 ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS	23
4.1.1 Churrasco	23
4.1.2 Murillo	24
4.1.3 Centro de pierna	25
4.1.4 Descargue	25
4.2 ASPECTOS FISICOQUÍMICOS	26

4.2.1 pH	26
4.2.2 Bases volátiles.	27
4.3 ASPECTOS SENSORIALES	28
4.4 VIDA ÚTIL	30
4.4.1 ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO MICROBIANO	30
4.5 PLAN DE MEJORA O RECOMENDACIONES PARA PROCESO DE EXPORTACIÓN.	31
5. CONCLUSIONES	33
6. RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFIA	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Colbeef. S.A	18
Figura 2. Cortes de carne bovina en Colombia	19

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de selección de cortes bovinos	19
Tabla 2. Trazabilidad de cortes de carne	20
Tabla 3. pH de los cortes bovinos	27
Tabla 4. Bases volátiles de cortes bovinos	28
Tabla 5. Análisis sensoriales de los cortes bovinos	29
Tabla 6.vida útil de cortes	30
Tabla 7. Estimación de vida útil	31
Tabla 8. Lista de chequeo para exportación	32

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Crecimiento microbiano, churrasco.	23
Ilustración 2. Crecimiento microbiano, murillo	24
Ilustración 3. Crecimiento microbiano, centro de pierna	25
Ilustración 4. Crecimiento microbiano, descargue	26

RESUMEN

La carne bovina es un alimento perecible de alto riesgo, debido a su composición, alto porcentaje de humedad, pH cercano a la neutralidad y contenido rico en proteínas. El presente proyecto tiene como objetivo determinar la vida útil de cortes bovinos empacados al vacío con destino a exportación, de manera que permita cumplir los requisitos para diferentes países de interés comercial. Para ello, se seleccionaron cuatro cortes de carnes empacados al vacío de un mismo lote y se refrigeraron durante 45 días bajo tres temperaturas de conservación, a cada muestra se analizaron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales determinando los parámetros indicadores de deterioro del corte y estimar de esta manera la vida útil del producto a través método probabilístico y de modelación matemática del crecimiento microbiano. Se pudo obtener que la vida útil a -5°C fue en promedio de 128 días para los 4 cortes evaluados, estos tiempos validados cumplen con las expectativas del estudio y permiten cumplir con los requisitos para exportación en condiciones de refrigeración.

Palabras clave: vida útil de la carne, temperatura de refrigeración, exportación de carne.

SUMMARY

Beef is a high-risk perishable food, due to its composition, high percentage of humidity, pH close to neutrality and rich content in proteins. The present project aims to determine the shelf life of vacuum-packed beef cuts destined for export, to meet the requirements for different countries of commercial interest. For this purpose, four vacuum-packed cuts of meat from the same lot were selected and refrigerated for 45 days under three conservation temperatures. Each sample was analyzed for physicochemical, microbiological, and sensory parameters, determining the parameters that indicate the deterioration of the cut and thus estimating the useful life of the product through a probabilistic method and mathematical modeling of microbial growth. It was possible to obtain that the useful life at -5°C was in average of 128 days for the 4 evaluated cuts, these validated times fulfill the expectations of the study and allow to fulfill the requirements for export in conditions of refrigeration.

Keywords: meat shelf life, refrigeration temperature, meat export.

INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR CÁRNICO EN COLOMBIA.

En septiembre de 2018, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) le quitó a Colombia el estatus de país libre de aftosa con vacunación debido a un foco de esta enfermedad encontrado en Sogamoso, Boyacá. Sin embargo, a pesar de ello, las exportaciones de carne de bovino y de ganado colombiano tuvieron un comportamiento positivo en 2019 teniendo en cuenta que se despacharon al exterior 21.687 toneladas de carne colombiana respecto a 2018, es decir una variación de 17,9%. Para en 2020 el instituto Colombiano Agropecuario reportó que un total de 4.532 toneladas de carne de bovino fueron enviadas a ocho países del mundo, por un valor cercano a los US\$18 millones, en los dos primeros meses del año, siendo el mercado de la carne el que da las más grandes oportunidades para el país en todo el sector agropecuario, y que sin duda le permitiría dinamizar su economía de forma precisa. Ya que, con la recuperación del estatus sanitario como país libre de aftosa con vacunación anunciado por la OIE a principios del mes de febrero, se abre la única ventana para poder acceder al comercio internacional, traduciéndose en la llegada a mercados que se perdieron por cuenta de la problemática sanitaria.

1.1.1 Consumo de carne

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala la carne como parte de una dieta equilibrada, aportando valiosos nutrientes beneficiosos para la salud, por sus importantes niveles de proteínas, vitaminas, minerales y micronutrientes, esenciales para el crecimiento y el desarrollo.

En Colombia, el consumo de carne de bovino incrementó 2% en el 2019, respecto al consumo per cápita, cabe decir que en 2019 los colombianos comieron 18,6 kilos de carne de res, mientras que en 2018 el dato fue de 18,1 kilos. De las proteínas, esta es la de segundo mayor consumo en el país, siendo el de mayor preferencia de consumo de la población es de carne de bovino por su sabor, sin embargo, al momento de adquirir esta proteína se convierte en un producto de precio elevado lo cual limita su accesibilidad.

1.2. LA CARNE

La NTC 1325 Define la carne como la parte muscular esquelética de los animales de abasto, incluyendo tejido conectivo y adiposo que haya sido declarada apta para consumo humano por la inspección oficial antes y después del beneficio.

1.2.1 La composición y valor nutricional

La composición de la carne es muy variable y depende de diversos factores intrínsecos como extrínsecos relacionados con la raza del animal y la crianza de este.

Los principales componentes de la carne son agua (65-80%), proteína (16-22%), grasa (313%), cenizas (1-1.5%), y otras sustancias minoritarias como sustancias nitrogenadas no proteicas (aminoácidos libres, péptidos, nucleótidos, creatina), carbohidratos, ácido láctico, minerales y vitaminas.

Dentro de los factores intrínsecos que influyen en la composición de la carne:

- La edad influye en la proporción de grasa y proteínas, ya que, al avanzar la edad, mayor es la grasa acumulada y menor el contenido en colágeno.
- El sexo afecta al contenido de grasa intramuscular, ya que es mayor en las hembras que en los machos.

Entre los factores extrínsecos el más importante es la alimentación, influyendo en las cualidades de la carne obtenida, pues si se aumenta en la dieta el contenido de hidratos de carbono o de grasa, aumenta el contenido de grasa intermuscular de las canales (Ordóñez et al., 1998).

Las propiedades físicas de la carne como el color, la textura y la firmeza dependen en parte de la capacidad de retención de agua de la carne, que está muy relacionada con el Ph final de la misma (Fennema et al., 1992).

1.3 LA CALIDAD DE LA CARNE

La carne bovina es un alimento de alto riesgo, debido a su composición, alto porcentaje de humedad, Ph cercano a la neutralidad y contenido rico en proteínas. “La composición de la carne y sus características estructurales hacen de este alimento un excelente medio de cultivo

para el crecimiento de microorganismos ya sean saprófitos, patógenos o de descomposición, lo cual conlleva a una limitada vida útil de la carne fresca”. (Puentes Aguayo, 2004 Pag 11). En Colombia a través del decreto 1500 del 2007 establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de Carne, Productos Cárnicos Comestibles y derivados Cárnicos destinados para el consumo humano.

1.3.1 Características de la inocuidad de la carne bovina.

La carne inadecuadamente procesada, puede ser una fuente de bacterias patógenas que pueden ser causantes de enfermedades y toxiinfecciones alimentarias, entre las más destacadas están:

- Salmonella spp.
- Escherichia coli O157/H7
- Listeria monocytogenes.
- Clostridium botulinum y perfringens.
- Staphylococcus aureus.

El control adecuado durante los procesos de sacrificio, faenado, conversión del músculo en carne, la refrigeración y el almacenamiento o maduración, permite la reducción de estos peligros, garantizando la inocuidad.

1.3.2 Características organolépticas

- Color: el color es brindado por la mioglobina, este varía según diferentes factores como el Ph, edad, sexo, proceso industrial, tipo de envasado y conservación. Entre otros.
- Sabor: el sabor de la carne es un ítem crítico en cuanto a la aceptación o rechazo del producto por el consumidor junto con el aroma que presenta.
- Jugosidad: la cantidad de “jugo” exprimible producido por la masticación está directamente relacionado con la edad que presenta el animal al momento de la faena, así como el proceso de conservación empleado por la capacidad de retención de agua y también tiene gran influencia el porcentaje de grasa que contenga el corte.

- Terneza: la terneza de la carne es uno de sus principales atributos, esta se ve afectada por el tipo racial, condición sexual, edad y alimentación.

1.4 CONSERVACIÓN DE LA CARNE POR FRIO

Los métodos de conservación emplean condiciones ambientales que dificulten el crecimiento, basados principalmente en control de temperatura y humedad, sin que estos afecten la calidad de las carnes.

Muchos microorganismos crecen a temperaturas entre 0 a 65 °C, tradicionalmente se les clasifica en tres grupos psicrófilos (-2 a 7 °C), mesófilos (10 a 40 °C) y termófilos (43 a 66 °C), de estas condiciones se deduce que por debajo o encima de la temperatura óptima de crecimiento microbiano, se ejercerá sobre la carne una acción preventiva. Por tanto, la carne y productos cárnicos pueden por un lado conservarse por refrigeración y por el otro por calentamiento, además los cortes de carne en su estado fresco si se enfrían adecuadamente, la alteración de esta solo se dará en la superficie (Lawrie, 1998).

- Refrigeración: La carne se considera refrigerada cuando se mantiene entre -1,5 y + 7°C durante todo el tiempo posterior al proceso *post mortem*. La temperatura óptima de almacenamiento y transporte para la carne refrigerada es la temperatura más baja posible a la que no se produce congelación.
- Congelación: La carne no envasada al vacío comienza a congelarse a aproximadamente -1,5°C y la carne envasada al vacío comienza a congelarse a aproximadamente -2°C (según el tipo de carne y el Ph). Así, el objetivo es reducir la temperatura de la carne de -1°C a 0°C lo antes posible después del envasado.

1.5 CONSERVACIÓN DE LA CARNE POR ENVASADO AL VACÍO.

El oxígeno promueve el crecimiento de microorganismos aeróbicos, que pueden cambiar el olor, el color y la apariencia de los productos cárnicos, causar rancidez oxidativa de las grasas, cambiar los pigmentos de la carne y destruir las vitaminas y los sabores, Por lo anterior en envasado al vacío tiene como objetivo proteger el producto cárnico del contacto con el oxígeno del aire; La conservación del vacío se logra mediante la eliminación completa

del aire del espacio superior y el sellado adecuado mediante máquinas termoselladoras, la carne envasada al vacío se caracteriza por adquirir un color púrpura, lo cual no representa ningún problema dado que una vez que se abre el envase y entra en contacto con el O₂ atmosférico, recupera el color rojo de la carne fresca, preferido por los consumidores.

El microbiota de las carnes es determinada por las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa, oxígeno parcial y presión de dióxido de carbono afectarán el potencial de crecimiento de microorganismos anaeróbicos estrictos y facultativos, uno de los factores determinantes para este método de conservación son las bajas concentraciones de oxígeno residual, especialmente en envases que contienen carne con un pH alto, contribuirán a un rápido deterioro, ya que Después de la evacuación, el oxígeno restante es consumido tanto por las actividades metabólicas de la carne como por las bacterias presentes en la superficie, lo que da como resultado una disminución de la concentración de oxígeno al 1% y un aumento de la concentración de dióxido de carbono al 20-25%, por otra parte el CO₂ liberado por la respiración de microorganismos inhibe el crecimiento de aerobios. Por ello, el envasado al vacío es un microsistema anaeróbico / micro aeróbico que retrasa el crecimiento de bacterias aeróbicas como *Pseudomonas* y promueve las bacterias del ácido láctico, que tienen un menor potencial de deterioro y crecimiento limitado a bajas temperaturas.

Las carnes envasadas al vacío son generalmente bastante estables a bajas temperaturas, la vida útil de la carne envasada al vacío es de alrededor de 3 a 12 semanas, cuando se almacena a 0 °C, las bajas temperaturas prolongan el tiempo de almacenamiento de la carne; sin embargo, la temperatura más baja que se puede utilizar sin que el producto se congele (-1,5°C) es superior a la temperatura mínima para el crecimiento de algunas bacterias psicrófilas.

1.6 VIDA ÚTIL DE LA CARNE

La vida útil de alimentos se puede definir como el tiempo máximo en el que los mismos mantienen sus cualidades nutricionales, sensoriales, microbiológicas y de inocuidad alimentaria por encima de un nivel considerado como aceptable por los consumidores.

Los cortes vacunos son rechazados cuando su carga microbiana supera un umbral de 107 microorganismos por cm², debido a los productos que el metabolismo bacteriano genera. De lo anterior la relación directa entre la vida útil y el número y tipo de microorganismos presentes en el momento inicial de la producción del corte vacuno. Para la gestión de la calidad e inocuidad existen distintos instrumentos como las Buenas Prácticas de Manufactura y la aplicación del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), aplicados todo el proceso productivo, además la aplicación de temperatura de refrigeración tiene efecto directo en la velocidad de crecimiento microbiano, a pesar de esto no se alcanza un periodo limitado para su comercialización. Por tanto, se han combinado la refrigeración con otros métodos de conservación como el envasado al vacío y atmosferas modificadas a fin de prolongar los tiempos de vida útil.

1.7 MICROBIOLOGIA PREDICTIVA

La microbiología predictiva está basada en conocer la respuesta de los microorganismos en determinadas condiciones ambientales, teniendo como objetivo cuantificar dichas relaciones y elaborar ecuaciones matemáticas que nos permitan predecir comportamientos futuros (FAO, 2016). Por ellos su importancia, ya que permite interpolar entre los puntos de datos experimentales, para la estimación de la vida útil de los alimentos, condiciones higiénico-sanitarias en los procesos de elaboración, afectando el comportamiento de los microorganismos y deteriorando las condiciones de calidad e inocuidad. (Santiesteban & Lopez, 2008).

1.7.1 Tipos de modelos predictivos

- Modelos Primarios: Esta basado en la descripción del número de unidades formadoras de colonias en función del tiempo, y valoradas en distintas condiciones experimentales. Su principal objetivo es averiguar la cinética de crecimiento de los distintos microorganismos

con el mínimo de parámetros posibles, evitando así la pérdida de exactitud de los valores con cálculos muy elaborados.

- Modelos Secundarios: De acuerdo con los parámetros cinéticos de crecimiento del microorganismo proporcionados por los modelos primarios, se elaboran expresiones matemáticas que describen la respuesta de éstos frente a cambios en los parámetros ambientales, que afectan tanto a factores intrínsecos del producto como a factores extrínsecos
- Modelos Terciarios: Este modelo es la combinación del método primario y secundario, simplificándose de forma específica mediante software, el cual permite determinar la extensión y tasa de crecimiento del microorganismo, así como comparar los efectos producidos en diferentes condiciones. Con este tipo de tecnología se puede estimar la vida útil del producto alimentario o minimizar el riesgo de pérdida de calidad e inocuidad del alimento. (Hernández González, 2017)

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar de la vida útil de cuatro cortes bovinos empacados al vacío bajo tres temperaturas de refrigeración

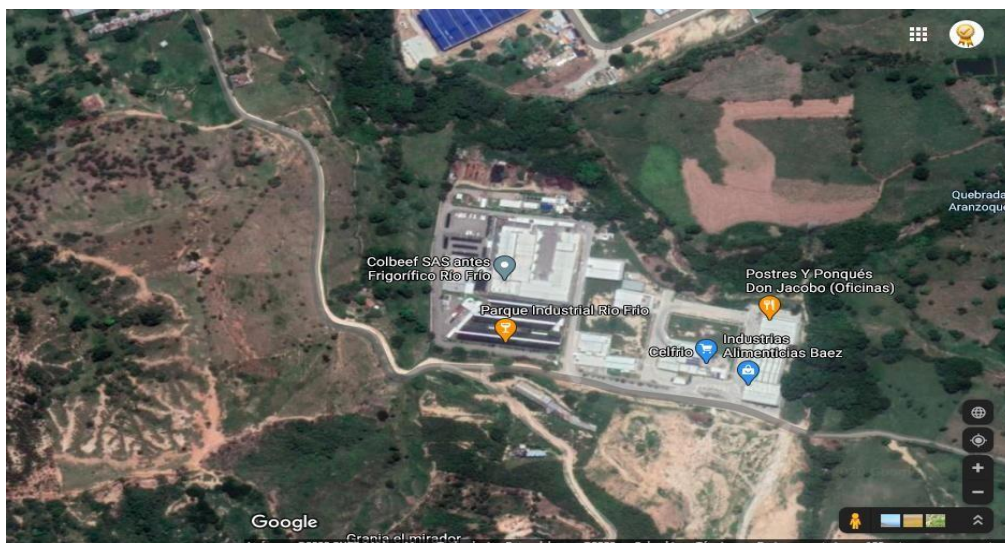
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características microbiológicas, fisicoquímicas y organolépticas de cuatro cortes bovinos en diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.
- Correlacionar los resultados de los análisis, con las variables d temperatura de almacenamiento.
- Proponer acciones de mejora o recomendaciones en cuanto a variables de proceso y BPM.

3. MATERIALES Y METODOS

La Planta de Beneficio Animal (PBA) Colbeef S.A.S está ubicada en Floridablanca, Santander, en la Vía Corredor Río Frío, Calle 210 No. 9 – 631, las coordenadas son 7°03'14.7"N - 73°07'54.9"W.

Figura 1 Ubicación del Colbeef S.A



Fuente: Google maps

3.1 TIPO DE ESTUDIO Y MUESTREO

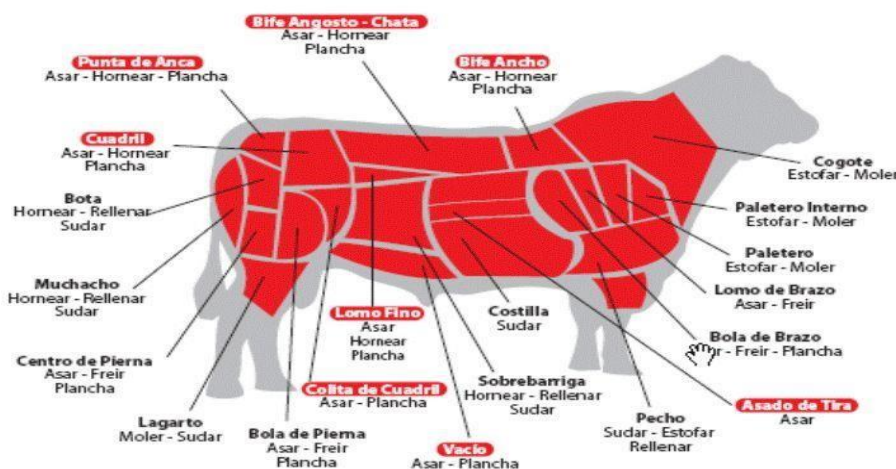
En el presente estudio se utilizó un modelo acelerado, basado en un método probabilístico y de modelación matemática del crecimiento microbiano, que incluye microbiología predictiva, matemática y estadística. Incluye el análisis de tres temperaturas (-5, 0 y 5°C) y el seguimiento a variables microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales que permiten evaluar cuál de ellas tiene relación con el deterioro de los cortes en estudio.

Las aplicaciones prácticas de la MP se encuentran relacionadas con el mejoramiento de las técnicas tradicionales para garantizar la seguridad alimentaria, es decir la evaluación de riesgos microbiológicos o la evaluación de procesos de elaboración de alimentos tradicionales o innovadores. (Propuesta Laboratorio ALS, 2020, Pág:5)

3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE CORTES

Las canales bovinas se componen de 24 cortes, cuyos nombres varían de acuerdo con la región de país y al tipo de desposte utilizado.

Figura 2. Cortes de carne bovina en Colombia



Fuente: <http://tulomito.wordpress.com/2012/05/05/cortes-de-res-colombiano/>

Los cortes seleccionados en el presente estudio se basaron en el riesgo durante el proceso de beneficio y desposte y teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 1 Criterios de selección de cortes bovinos

TIPO DE RIESGO	ALTO	BAJO
Microbiológico	Murillo Descargue Costilla	Lomo liso
Tamaño	Centro de pierna	Entraña
Composición (% de grasa y agua)	Centro de pierna. Churrasco	Bola de pierna

Fuente: Elaboración propia.

Por lo anterior se definieron utilizar los siguientes cortes:

- Churrasco
- Centro de pierna
- Descargue
- Murillo

3.3 CONDICIONES DE PROCESAMIENTO Y EMPAQUE

3.3.1 Proceso de beneficio

Los bovinos se beneficiaron siguiendo los procedimientos establecidos y cumpliendo con la normatividad sanitaria en las diferentes etapas, tanto en beneficio, almacenamiento, desposte y transporte.

Los bovinos se beneficiaron en primer turno de proceso, posterior a inspección antemortem por parte del INVIMA, siguiendo los procedimientos establecidos, iniciando con la insensibilización con pistola de perno cautivo y finalizando con el lavado y aplicación de ácido láctico al 2% a la superficie de la canal.

La trazabilidad de los bovinos se incluye a continuación:

Tabla 2. Trazabilidad de cortes de carne

CODIGO	# GUIA DE MOVILIZACIÓN	PESO PIE (KG)	RENDIMIENTO %	RAZA	SEXO	EDAD	DPT	MUNICIPIO	FINCA
2002-01906	020-0021001240	528	60	SIMBRAH	MACHO	36 MESES	BOYACA	PUERTO BOYACA	VILLA CLARA

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente las canales se almacenaron en refrigeración durante 36 horas, hasta obtener la temperatura de 0 -4°C.

3.3.2 Proceso de desposte y empaque

Los cuartos de canal se inspeccionaron por personal del Dpto. de calidad, donde se realizo toma la temperatura, con termómetro HANNA® en el músculo de mayor volumen o punto más caliente de la canal (pierna) el cual debía estar en un rango de 0-7°C, tal como indica la legislación sanitaria. Así mismo, se realizó inspección visual, asegurando que no existiera presencia de contaminantes, tales como: materia fecal, contenido ruminal o leche visible, para el caso de hembras gestantes.

Posteriormente se inició el desposte con la separación de los cortes grandes del hueso, continuando con el perfilado y separación de cortes, el cual se realizó sobre una banda que conduce dichos cortes hasta el empaque.

Los cortes seleccionados, fueron porcionados con pesos de 400 gramos, empacados en bolsas Cryovac de calibre 45-50 micras, sellados en empacadora marca Cryovac y pasaron por termo-encogido a temperatura de 82-85°C para su posterior rotulado y almacenamiento en cuarto de enfriamiento rápido.

3.4 TÉCNICAS DE LABORATORIO

Los análisis se realizaron con métodos de acuerdo con la norma ISO/IEC 17025:2005 por parte del laboratorio ALS Life Sciences Colombia S.A.S, en la ciudad de Bogotá D.C.

3.4.1 Evaluación de características microbiológicas:

El método aplicado es el probabilístico de vida útil acelerado, con la función de riesgo Weibull, y se ajustó al modelo Arrhenius. Se utilizo un modelo predictivo de crecimiento microbiano.

El diseño experimental evaluó los factores de temperatura y material de empaque, además se realizan 3 repeticiones para cada factor.

- Ambiente 1: -5°C (Patrón)
- Ambiente 2: 0°C
- Ambiente 3: 5°C

Los Análisis microbiológicos realizados fueron:

- *E.coli*

- *E.coli O157:H7*
- *E.COLI* STEC productora de toxina Shiga
- *Salmonella spp*

Después de obtener los resultados microbiológicos, éstos se expresaron en logaritmo natural, analizando el crecimiento microbiano en función del tiempo.

3.4.2 Evaluación de características sensoriales:

Para cada uno de los tiempos establecidos (0, 15, 30, 40 y 45) y temperaturas (-5°C, 0°C y 5°C) se evaluaron siguientes características:

Los análisis sensoriales incluyeron:

- Textura
- Olor
- Color
- Sabor
- Registro fotográfico.

Los cortes se sometieron a cocción para evaluar cada una de las variables mencionadas anteriormente, la masticabilidad y jugosidad.

Los resultados se consignaron y fueron calificados como 0 y 1, donde 1: cumple y 0: no cumple.

3.4.3 Evaluación de características fisicoquímicas:

Los análisis fisicoquímicos tienen gran incidencia sobre las características sensoriales y microbiológicas de un producto alimenticio. (Propuesta ALS)

Para cada uno de los tiempos (0, 15, 30, 40 y 45) y temperaturas ((-5°C, 0°C y 5°C) se evaluaron las siguientes características:

- pH
- Bases volátiles

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los análisis realizados en cuatro tiempos, tres temperaturas y 4 cortes bovinos, se obtuvo los resultados de los análisis microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos, los cuales se tabularon y analizaron para determinar el periodo de vida útil.

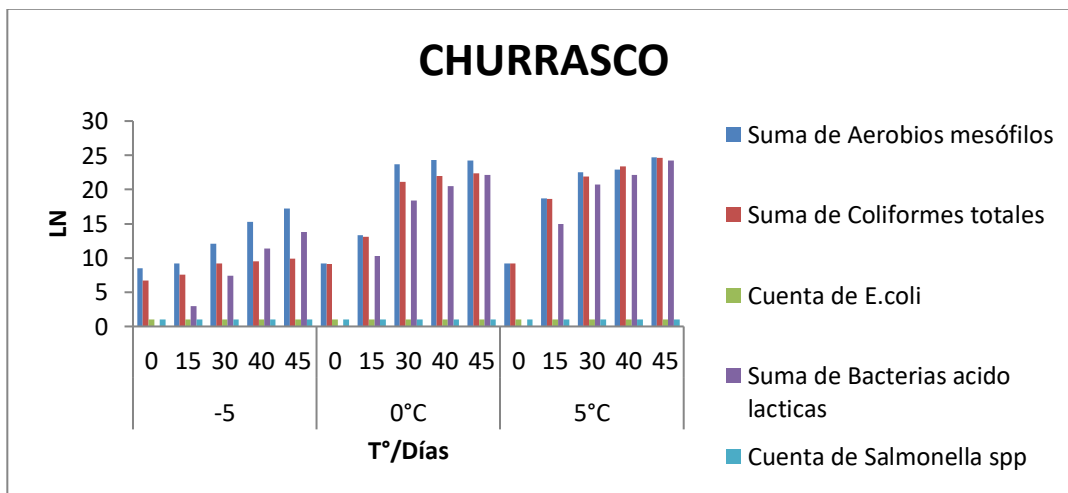
4.1 ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados de los análisis microbiológicos fueron tabulados y se ajustaron al Logaritmo natural, de manera que se puedan graficar y analizar el crecimiento microbiano en función del tiempo. Todos los microorganismos evaluados tuvieron crecimiento durante el estudio.

4.1.1 Churrasco

Los análisis realizados fueron: recuento de aerobios mesófilos, Coliformes Totales y E. Coli, para cada uno de los tiempos y temperaturas evaluadas. En los resultados se evidencia la relación existente entre temperatura y crecimiento microbiano.

Ilustración 1. Crecimiento microbiano, corte Churrasco.



Fuente: Elaboración propia

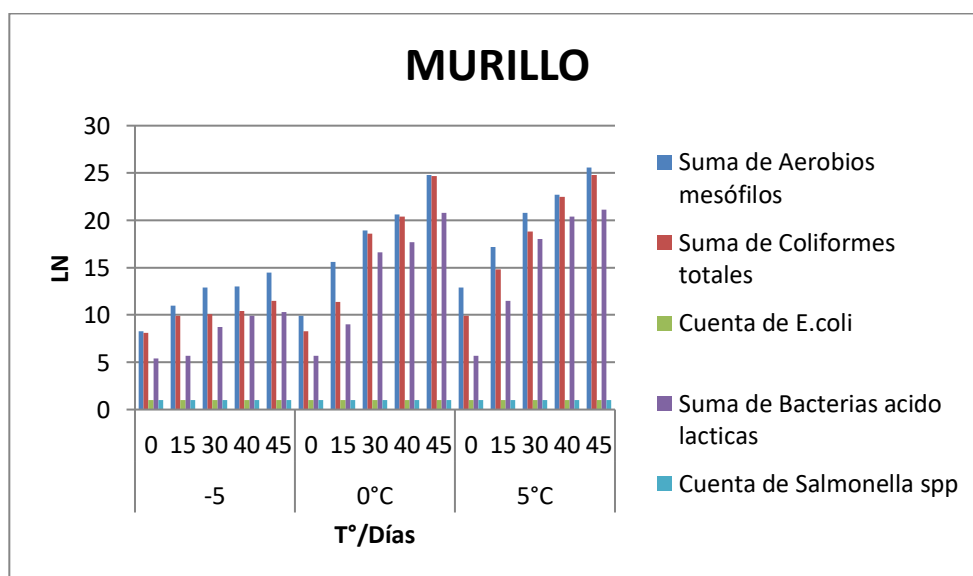
En la Ilustración 1 se evidencio que hay diferencias significativas en el crecimiento microbiano asociado a la temperatura de almacenamiento, haciendo que los cortes almacenados a temperaturas entre los 0 y 5 grados centigrados tengan menor vida util. A su vez observa que los recuentos microbianos de AM, BAL, CT, EC son mas altos en las temperaturas de almacenamiento de 0 a 5 grados que los cortes analizados y almacenados a temperaturas de menos cinco grados, que garantiza una mayor vida util de los cortes analizados.

4.1.2 Murillo

Para el corte Murillo, es muy notoria la brecha entre el crecimiento microbiano a -5°C respecto a las otras dos temperaturas evaluadas y para todos los microorganismos evaluados. A 5°C el crecimiento de coliformes totales y E.coli es exponencial y se mantiene en ascenso hasta el día 45.

A 0°C se puede ver que el crecimiento microbiano es mayor desde el día 15 al día 30, para Coliformes totales, E.coli y bacterias ácido lácticas.

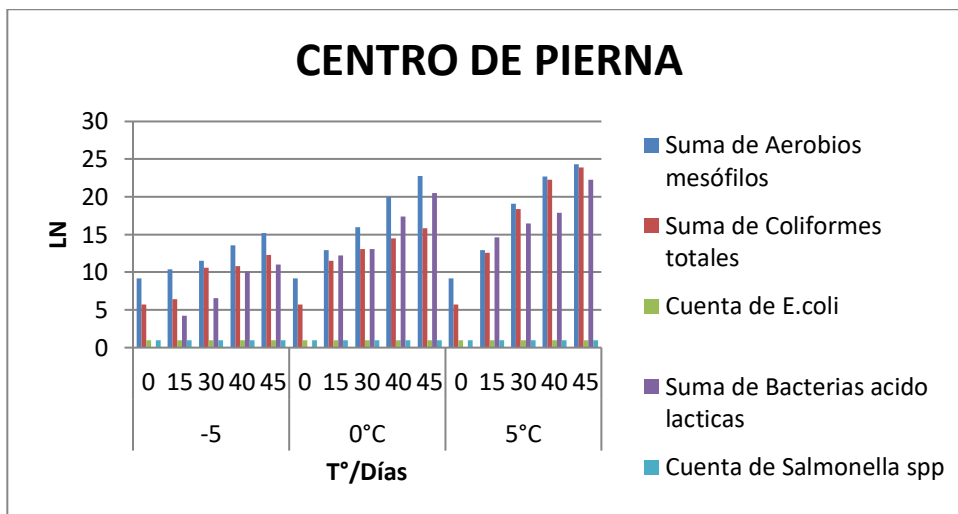
Ilustración 2. Crecimiento microbiano, corte Murillo



Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Centro de pierna

Ilustración 3. Crecimiento microbiano centro de pierna



Fuente: Elaboración propia

Para el corte, centro de pierna, se evidencia una diferencia marcada en el crecimiento microbiano, tanto de aerobios mesófilos como de bacterias ácido lácticas a una temperatura de -5°C comparado con las otras temperaturas evaluadas 0 y 5°C.

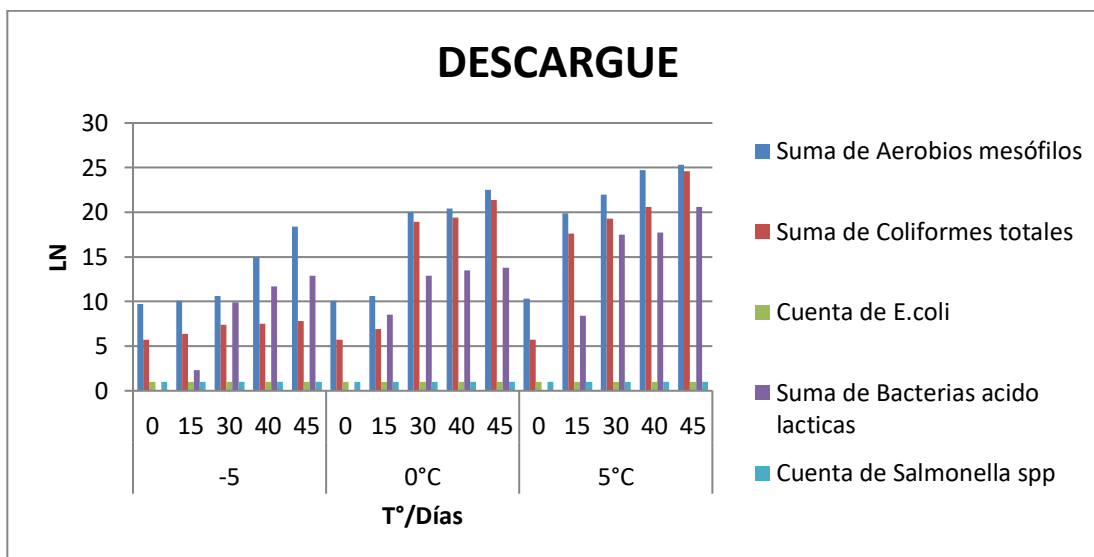
En cuanto al crecimiento de Coliformes totales se puede notar un aumento considerable en cada uno de los tiempos analizados 0, 15, 30, 40 y 45 días, especialmente a 5°C.

4.1.4 Descargue

Para el corte descargue en temperaturas de 0°C y -5°C se evidencia un crecimiento microbiano controlado, tanto para aerobios mesófilos, Coliformes totales y E.Coli.

En cuanto a E.Coli, el comportamiento en este corte es muy diferente a los otros cortes analizados, ya que desde el día cero al día 15 el crecimiento es bajo y se mantiene controlado hasta el tiempo 45, tanto a 0°C como a -5°C.

Ilustración 4. Crecimiento microbiano, descargue



Fuente: Elaboración propia

4.2 ASPECTOS FISICOQUÍMICOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas analizadas en el estudio de vida útil del producto churrasco.

4.2.1 pH

Los productos cárnicos procesados crudos dependen en gran medida de su pH, pues este parámetro es indicador de las propiedades del producto como su capacidad de retención de agua y su capacidad de emulsión, o de sus características organolépticas antes y después del consumo. El sacrificio desencadena múltiples cambios bioquímicos que llevan a la transformación del tejido muscular a carne. A medida que disminuye la concentración de oxígeno muscular se establece un metabolismo anaerobio y acumulación de ácido láctico que provoca una reducción del pH, desde valores próximos a 7 en el animal vivo, hasta alcanzar un pH entre 5.3-5.7 a las 24 horas post-mortem. Durante la conservación de la carne se pueden producir cambios en el pH donde influyen en gran medida sus condiciones de

almacenamiento (Pérez, 2013). Valores de pH superiores a 6,2 son indicadores de deterioro en la carne cruda. (Moreno, 1991).

Tabla 3. pH de los cortes bovinos

		CHURRASCO	MURILLO	CENTRO DE PIERNA	DESCARGUE
T°	Día de evaluación	pH			
-5	0	5,78	6,07	6,14	5,75
	15	5,58	5,93	5,73	5,54
	30	5,56	5,88	5,86	5,38
	40	5,63	5,89	5,71	5,51
	45	5,51	5,9	5,77	5,74
0°C	0	5,78	6,07	6,14	5,75
	15	5,57	5,72	5,85	5,55
	30	5,44	5,61	5,58	5,32
	40	5,57	5,87	5,72	5,52
	45	5,54	6,04	5,89	5,25
5°C	0	5,78	6,07	6,14	5,75
	15	5,52	5,72	5,68	5,52
	30	5,52	5,72	5,64	5,43
	40	5,67	5,84	5,93	5,6
	45	5,63	6,06	5,78	5,59

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Bases volátiles.

Respecto a los resultados de bases volátiles, se observa un incremento de este parámetro durante el estudio de vida útil para las tres temperaturas de almacenamiento (-5, 0 y 5 °C), obteniéndose al final del estudio valores mayores para las temperaturas de almacenamiento de 0 y 5 °C. Un valor igual o superior a 30 mg N/100 g es indicativo de deterioro o alteración de productos cárnicos, por lo cual, en las temperaturas de 0 y 5 °C se podrían presentar signos de deterioro en el tiempo final, pues se alcanzaron valores de 33.30 y 33.62 mg N/100 g, respectivamente.

Tabla 4. Bases volátiles de cortes bovinos

		CHURRASCO	MURILLO	CENTRO DE PIERNA	DESCARGUE
T°	Día de evaluación	Bases volátiles (N/100g)			
-5	0	7,62	14,79	10,18	14,25
	30	20,56	20,25	18,34	17,37
	45	25,86	33,42	25,52	26,9
0°C	0	7,62	14,79	10,18	14,25
	30	19,68	24,52	21,62	17,13
	45	33,3	44,03	36,68	21,85
5°C	0	7,62	14,79	10,18	14,25
	30	24,47	27,57	19,35	24,58
	45	33,62	41	33,06	36,26

Fuente: Elaboración propia

4.3 ASPECTOS SENSORIALES

A continuación, se describen los atributos percibidos, los cuales fueron los mismos para cada temperatura de almacenamiento en el tiempo inicial:

La textura del churrasco se evidencio blanda, húmeda y firme. Luego de cocción, ésta se percibe semiblanda, grasa y con alta masticabilidad y jugosidad. No presento cambios de evaluación para todas las temperaturas de almacenamiento (-5, 0 y 5 °C).

El aroma del producto se percibió característico de carne cruda antes de la cocción. Después de cocción presenta notas características de carne cocida y grasas en intensidad media hasta el tiempo final para una temperatura 5 °C, se percibieron notas de ácido láctico en la carne cruda. La carne cocida se percibe con aroma característico.

El color se observó color rojo intenso y grasa de tonalidad beige. Luego de cocción, la carne se torna color marrón con grasa beige oscuro. El color observado es característico del producto sin presentar cambios hasta el tiempo final de evaluación para todas las temperaturas de almacenamiento.

Finalmente, el sabor del churrasco es característico del corte, se percibiéndose con notas de carne cocida y notas grasas en mediana intensidad. No se percibieron sabores extraños al paladar hasta el tiempo final de evaluación para la temperatura 5°C, Se percibieron notas de rancidez en intensidad baja. No características de carne cocida, para la temperatura 0 °C, Se percibió una leve rancidez no característica del producto.

El producto Churrasco cumplió sensorialmente, se evidenció con características típicas del producto sin presentar cambios organolépticos hasta el tiempo 45 de evaluación para las temperaturas de almacenamiento de 0°C y 5°C

Tabla 5. Análisis sensoriales de los cortes bovinos

T°	Día de evaluación	CHURRASCO	MURILLO	CENTRO DE PIERNA	DESCARGUE
-5	0	1	1	1	1
	15	1	1	1	1
	30	1	1	1	1
	40	1	1	1	1
	45	1	1	1	1
0°C	0	1	1	1	1
	15	1	1	1	1
	30	1	1	1	1
	40	1	1	1	1
	45	0	0	1	1
5°C	0	1	1	1	1
	15	1	1	1	1
	30	1	1	1	1
	40	1	0	1	1
	45	0	0	1	0

Fuente: Elaboración propia.

4.4 VIDA ÚTIL

A continuación, se presenta el resultado del periodo de vida útil definido para cada uno de los cortes, de acuerdo con las tres temperaturas evaluadas.

Tabla 6. vida útil de cortes

VIDA ÚTIL DE CORTES PARA EXPORTACIÓN					
#	CORTE	UNIDAD	5°C	0°C	-5°C
1	Churrasco	Días		66	122
2	Murillo	Días		67	107
3	Centro de pierna	Días		67	107
4	Descargue	Días		87	177

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO MICROBIANO

Los análisis en tiempo real se llevaron a cabo hasta el día 45, posteriormente se usó el método de microbiología predictiva y el modelo Arrhenius para estimar el crecimiento microbiano y condiciones de conservación.

Tabla 7. Estimación de vida útil

Corte	T°	Microorganismo	Velocidad de cto específico Ln UFC/ml* día.	Incremento/ día (Ln UFC/ml)	Límite	Vida útil Días)	VU
Churrasco	(-5°C)	Aerobios mesófilos	0,209	18,42	10 x 108 UFC/mL	88	122
		Coliformes totales	0,087	18,42	10 x 108 UFC/mL	211	
		Bacterias ácido lácticas	0,326	18,42	10 x 108 UFC/mL	56	
		E.coli	0,138	18,42	10 x 108 UFC/mL	133	
	0°C	Aerobios mesófilos	0,282	18,42	10 x 108 UFC/mL	65	66
		Coliformes totales	0,195	18,42	10 x 108 UFC/mL	94	
		Bacterias ácido lácticas	0,434	18,42	10 x 108 UFC/mL	42	
		E.coli	0,294	18,42	10 x 108 UFC/mL	63	
Descargue	(-5°C)	Aerobios mesófilos	0,209	18,42	10 x 108 UFC/mL	88	177
		Coliformes totales	0,087	18,42	10 x 108 UFC/mL	211	
		Bacterias ácido lácticas	0,271	18,42	10 x 108 UFC/mL	68	
		E.coli	0,138	18,42	10 x 108 UFC/mL	133	
	0°C	Aerobios mesófilos	0,262	18,42	10 x 108 UFC/mL	70	87
		Coliformes totales	0,191	18,42	10 x 108 UFC/mL	96	
		Bacterias ácido lácticas	0,343	18,42	10 x 108 UFC/mL	54	
		E.coli	0,143	18,42	10 x 108 UFC/mL	129	
Murillo	(-5°C)	Aerobios mesófilos	0,163	18,42	10 x 108 UFC/mL	78	147
		Coliformes totales	0,211	18,42	10 x 108 UFC/mL	87	
		Bacterias ácido lácticas	0,233	18,42	10 x 108 UFC/mL	79	
		E.coli	0,296	18,42	10 x 108 UFC/mL	62	
	0°C	Aerobios mesófilos	0,235	18,42	10 x 108 UFC/mL	70	76
		Coliformes totales	0,191	18,42	10 x 108 UFC/mL	96	
		Bacterias ácido lácticas	0,343	18,42	10 x 108 UFC/mL	54	
		E.coli	0,143	18,42	10 x 108 UFC/mL	129	
Centro de pierna	(-5°C)	Aerobios mesófilos	0,149	18,42	10 x 108 UFC/mL	123	107
		Coliformes totales	0,141	18,42	10 x 108 UFC/mL	130	
		Bacterias ácido lácticas	0,266	18,42	10 x 108 UFC/mL	69	
	0°C	Aerobios mesófilos	0,239	18,42	10 x 108 UFC/mL	77	67
		Coliformes totales	0,237	18,42	10 x 108 UFC/mL	78	
		Bacterias ácido lácticas	0,382	18,42	10 x 108 UFC/mL	48	

Fuente: Elaboración propia

4.5 PLAN DE MEJORA O RECOMENDACIONES PARA PROCESO DE EXPORTACIÓN.

Para lograr los resultados presentados anteriormente, se dio cumplimiento a las BPM durante el proceso, a las temperaturas de almacenamiento y otras variables del proceso; por esto se planteó la siguiente lista de chequeo, para garantizar la vida útil propuesta así:

Tabla 8. Lista de chequeo para exportación

LISTA DE CHEQUEO PARA PROCESOS DE EXPORTACIÓN				
#	ASPECTO	C	NC	OBSERVACIÓN
1	Los bovinos cumplen los criterios de inspección ante-mortem.	☐		
2	Los bovinos cumplen con las 6 horas de reposo.	☐		
3	Los bovinos fueron beneficiados en primer turno de proceso.	☐		
4	Los bovinos cumplen con el lavado en pie, previo a su ingreso a beneficio	☐		
5	El personal operativo cumple con las BPM durante el proceso de beneficio	☐		
6	Se dio cumplimiento a los POES operativos durante el proceso	☐		
7	Se cumplió con los criterios de tolerancia cero durante el beneficio	☐		
8	El lavado de las canales se hizo adecuadamente	☐		
9	Las canales tuvieron el tiempo y condiciones óptimas durante su pre-refrigeración	☐		
10	Las temperaturas de almacenamiento de canales se mantuvieron dentro del rango establecido.	☐		De 0-4°C
11	La temperatura de la sala de desposte se verificó previo al ingreso de las canales y está dentro del rango permitido	☐		Menor a 10°C
12	Las canales fueron despostadas en primer turno	☐		
13	Se aseguró la adecuada manipulación durante el desposte y empaque de los cortes	☐		
14	Las temperaturas de almacenamiento de los cortes están dentro del rango	☐		De 0-4°C

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

1. La vida útil a -5°C fue en promedio de 128 días para los 4 cortes evaluados, siendo de 122 días para el Churrasco, 107 días para el murillo y 177 días para el centro de pierna y descargue. Mientras que a 0°C el promedio fue de 71 días, siendo para el Churrasco 66 días, para murillo y centro de pierna de 67 días y para el desagüe 87 días. Estos tiempos validados cumplen con las expectativas del estudio y permiten cumplir con los requisitos para exportación en condiciones de refrigeración.
2. En cuanto a las características microbiológicas, se obtuvo mayor crecimiento microbiano a temperatura de 0°C y 5°C , siendo -5°C la temperatura que logra disminuir la velocidad de crecimiento microbiano y por ende la de mayor vida útil. El corte descargue, mostró menor crecimiento microbiano, en relación con los demás cortes analizados, asociado a la ubicación anatómica del corte que le permite dar mayor seguridad durante el proceso de beneficio bovino. Según la cinética de Arrhenius y de acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos, es importante tener en cuenta que cualquier medición debe tener una variabilidad de al menos del 10% para minimizar los errores en la predicción. Así mismo se debe tener en cuenta, el margen de seguridad, ya que se está trabajando con microbiología predictiva, el tiempo de vida útil se realizó mediante la velocidad de crecimiento de reacción presentada en los microorganismos causantes del deterioro.
3. Dentro de las características fisicoquímicas, se evaluó el pH, el cual se mantuvo dentro de los parámetros establecidos, para los diferentes cortes y temperaturas analizadas. En ninguno de los tiempos este valor superó el 6,2, lo cual es un buen indicador para mantener la retención de agua y capacidad de emulsión. En cuanto a bases volátiles se evidenció un incremento en la medida que aumenta el tiempo y temperatura. Un valor igual o superior a 30 mg N/100 g es indicativo de deterioro o alteración de productos cárnicos, por lo cual, en las temperaturas de 0 y 5°C se podrían presentar signos de deterioro en el tiempo final, pues se alcanzaron valores de 33.30 y 33.62 mg N/100 g, respectivamente.

4. Respecto a las características sensoriales se evidenció cumplimiento y se mantuvieron en similares condiciones, en todos los cortes y temperaturas evaluadas. Textura blanda, húmeda y firme; posterior a cocción la textura es blanca y la masticabilidad es alta, igual que la jugosidad. El color, sabor y aroma es característico.
5. Existe una relación entre el crecimiento microbiano y la temperatura de almacenamiento de los cortes analizados, por lo que se comprueba que a -5°C la vida útil es mayor, para todos los cortes evaluados.
6. Es posible cumplir con los requisitos para exportación y contar con periodos de vida útil amplios, siempre que se aseguren las condiciones y controles de proceso y adicionalmente que se aseguren las temperaturas de almacenamiento en cada una de las etapas.

6. RECOMENDACIONES

1. En caso de realizar exportación a países que exijan amplios periodos de vida útil, se recomienda que los bovinos sean beneficiados en primer turno, ya que es posible contar con todas las superficies y equipos en óptimas condiciones, así mismo, asegurar el cumplimiento de los tiempos de reposo y la adecuada manipulación durante el proceso.
2. Para el almacenamiento de las canales y cortes, se debe asegurar las buenas prácticas, el uso de cavas exclusivas y el monitoreo permanente de las temperaturas, que permitan dar cumplimiento a los tiempos de vida útil esperados.
3. Para el desposte, es importante asegurar que se realice en primer turno, asegurar la temperatura de la sala de desposte, evitar acumulación de producto y trasladar en el menor tiempo posible los cortes hasta su almacenamiento

BIBLIOGRAFIA

- Hernández-Macedo, Maria Lucila, Barancelli, Giovana Verginia, & Contreras-Castillo, Carmen Josefina. (2011). Microbial deterioration of vacuum-packaged chilled beef cuts and techniques for microbiota detection and characterization: a review. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42(1), 1-11. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000100001>.
- GONZÁLEZ H, María Isabel, MESA G, César Augusto, & QUINTERO C, Oscar Albeiro. (2014). ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO DE CARNE DE RES Y DE CERDO CON DIFERENTE CONTENIDO GRASO. *Vitae*, 21(3), 201-210. Retrieved September 20, 2020, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042014000300005&lng=en&tlng=es.
- Teira, Gustavo, Perlo, Flavia, Bonato, Patricia, & Tisocco, Osvaldo. (2006). Calidad de carnes bovinas: Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, docencia y tecnología*, (33), 173-193. Recuperado en 20 de septiembre de 2020, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162006000200008&lng=es&tlng=es.
- Hernández F & Schneck María, (2016). Calidad microbiológica de carne bovina envasada al vacío y refrigerada, (doctorado en ciencias veterinarias orientados), Universidad de la república. Montevideo, Uruguay.
- Puente Juan (2004). Caracterización microbiológica, sensorial y estimación de la durabilidad de la carne bovina con la anomalía de corte oscuro, envasada al vacío. (pregrado ingeniería de alimentos). Universidad Austria de Chile. Valdivia, Chile.
- Sánchez A, Torrescano G, Camou J, González N y Hernández, Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. México. NACAMEH

Vol. 2, No. 2, pp. 124-159, 2008. Recuperado en 23 de septiembre de 2020, de <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>.

Blandino, J. 2005. La Industria de la Carne Bovina en Centroamerica: Situación y Perspectivas, Costa Rica, Servicios internacionales para el desarrollo empresarial. Pag. 40-50. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=md8OAQAAIAAJ&lpg=PP1&dq=la%20carne%20bovina&pg=PP1#v=onepage&q=la%20carne%20bovina&f=false>

Puente Salcido, Norma Margarita de la, & Barboza Corona, José Eleazar (2010). Inocuidad y bioconservación de alimentos. Acta Universitaria, 20(1),43-52. [fecha de Consulta 18 de septiembre de 2020]. ISSN: 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=416/41613084005>

Hernández González, A. (2017). La Microbiología Predictiva en la Industria Cárnica. [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/7260/La microbiología predictiva en la industria cárnica. Pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/7260/La_microbiologia_predictiva_en_la_industria_carnica.Pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Santiesteban, N. A., & López, A. (2008). Descripción e importancia de algunos modelos predictivos utilizados como herramienta para la conservación de alimentos. In Temas selectos de ingeniería de alimentos (Vol. 2, pp. 14–26).