



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
IZTAPALAPA

Evaluación de los Atributos Sensoriales de la Carne de Cerdos Alimentados
con Diferentes Concentraciones y Fuentes de Vitamina D3

Que para Obtener la Especialización en Biotecnología Presenta:

I.A Ivonne García Rojas Marbán

Director De Idónea Comunicación de Resultados:

Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía

Lectora De Idónea Comunicación de Resultados:

Dra. Edith Ponce Alquicira

29/01/2013

Esta tesis forma parte de las actividades del Convenio de Colaboración celebrado entre la UAM y el INIFAP, con apoyo de SAGARPA titulado:

"Evaluación de los indicadores de frescura de la carne de bovinos en México e indicadores de frescura y determinación de la vida de anaquel de carne de cerdo suplementada con antioxidantes naturales",

Dentro del marco del proyecto de investigación denominado:

"Indicadores de Calidad en la Cadena de Producción de Carne Fresca en México".

RESUMEN

En años recientes los consumidores han demandado productos cárnicos que sean seguros, nutritivos, ricos en variedad y atractivos en cuanto a apariencia, textura, olor y sabor. se han realizado ya múltiples estudios en donde se evalúan las características de calidad y las características sensoriales de la carne de animales que han sido alimentados con dietas que incluyen una amplia gama de suplementos alimenticios incluyendo la vitamina D3 y antioxidantes con la finalidad de mejorar cada vez más la calidad de ésta. La vitamina D es una vitamina liposoluble de importancia fisiológica, es metabolizada en el hígado en donde es hidrolizada a la forma 25-hidroxitamina D3 y 1-25 hidroxitamina D3, estos compuestos incrementan el metabolismo del calcio en la mucosa intestinal, este fenómeno incrementa la terneza de la carne del ganado gracias al incremento del calcio en los músculos creando una gran actividad de las calpaínas.

Los atributos sensoriales de la carne tienen una complejidad que está determinada no sólo por el tipo de ésta, sino por el tratamiento que el animal recibe desde su nacimiento, así como de los diferentes métodos de producción, alimentación, crianza, etc. la información obtenida de la evaluación sensorial puede ser útil para la toma de decisiones de negocio si el departamento encargado de esto está informado acerca del propósito global de dicha evaluación y si éste está integrado con los otros equipos.

Este trabajo pretende generar información de los atributos sensoriales de la carne de cerdos alimentados con diferentes fuentes y concentraciones de vitamina d3, a través de jueces sensoriales analíticos los cuales serán entrenados mediante pruebas y técnicas sensoriales adecuadas para poder generar dicho perfil descriptivo.

ÍNDICE.

	Página
Introducción.....	5
Técnicas para la Evaluación de los Atributos Sensoriales de los Alimentos.....	6
Antecedentes.....	8
Hipótesis.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
Material de Estudio.....	12
Diagrama de Flujo General.....	13
Metodología.....	14
Resultados y Discusión:	
Estrategia Experimental.....	17
Pruebas Ordenamiento por Rango.....	18
Resultados Primer Muestreo Empaque al Vacío.....	21
Resultados Segundo Muestreo con Empaque al Vacío.....	25
Resultados Primer Muestreo Empaque en Película Permeable al Oxígeno.....	29
Resultados Segundo Muestreo Empaque en Película Permeable al Oxígeno.....	31
Conclusiones.....	35
Bibliografía.....	37
Anexos.....	39

INTRODUCCION.

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos (*Pedrero D & Pangborn RM, 1989*).

Entre dichas características se puede mencionar: apariencia, olor, sabor, aroma, sensaciones trigeminales, textura etc.

Apariencia: Se conoce así a las propiedades visuales de un producto incluyendo tamaño, forma, color, textura visual, brillo, transparencia y oscuridad, etc.

Olor: Sensación producida por compuestos volátiles que al ser liberados del producto estimulan a los receptores del epitelio olfativo de la nariz a través de las narinas externas.

Sabor: Es la combinación de sensaciones químicas que se perciben en la cavidad bucal con la intervención de las papilas gustativas, donde se localizan los receptores situados en lugares muy diversos: el paladar blando, en la pared posterior de la faringe, en la epiglotis y, sobre todo, en la lengua, donde son más abundantes.

Dentro de las sensaciones que engloban el sabor se encuentra:

El gusto: el cual está constituido por las papilas gustativas de la lengua las cuales son capaces de percibir con toda claridad cuatro tipos de sensaciones que, tradicionalmente, se han considerado básicas o fundamentales: dulce, salado, ácido y amargo. Las papilas específicas de la sensación dulce se localizan de modo fundamental en la punta de la lengua; a continuación, y en los bordes, vienen las del salado; les siguen las del ácido; al final y en la zona central, se encuentran las de la sensación de amargo. El paladar también tiene capacidad para distinguir tanto las sensaciones ácidas como las amargas. Actualmente se conoce una quinta sensación básica del gusto conocido como umami, que está relacionado o asociado principalmente a las sales del ácido glutámico (GMS), las sales disódicas y los nucleótidos derivadas del ácido glutámico. Amargo es la sensación que corresponde al estímulo provocado por un grupo numeroso de sustancias con estructuras muy variadas: los alcaloides, los glucósidos flavonoides, los compuestos del terpeno, la

caféina, la mayoría de los L-aminoácidos, muchos péptidos, algunos productos de la reacción de Maillard, ácidos grasos oxidados, etc. El salado es provocado por sales inorgánicas de bajo peso molecular, el ácido original los protones H⁺, o mejor dicho los iones hidronio de los ácidos (*Bello, 2000*).

Aroma: Fenómeno que se da vía retronasal al momento de ingerir el alimento. Consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través del eustaquio a los centros sensores del olfato. El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos, es por eso que cuando tenemos gripe o resfriado el aroma no es detectado y algunos alimentos sabrán a lo mismo. El uso y abuso del tabaco, drogas o alimentos picantes y muy condimentados, insensibilizan la boca y por ende la detección de aromas y sabores.

Sensaciones trigeminales: son aquellas que producen una irritación del trigémino (nervio craneal más grande que poseemos los seres humanos, que está íntimamente relacionado y conectado con la boca) que generalmente se manifiestan como sensaciones irritantes y agresivas percibidas en la cavidad bucal, estas sensaciones son tanto químicas como táctiles, dentro de estas sensaciones se puede citar el ardiente, picante, quemante, refrescante y metálico (*Sancho et al, 1999*).

Textura: Son todos los atributos reológicos y estructurales (geométricos y superficiales) de un alimento, que son percibidos por medio de receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos (Organización Internacional de Estandarización). La dimensión de la textura en la boca es muy compleja, para poder entenderlo es necesario entender conceptos de física e ingeniería de fluidos, los cuales suceden durante el consumo de cualquier alimento (*Lawless, 1999*).

Existen técnicas para la evaluación de los atributos sensoriales de los alimentos. Las metodologías de ensayos sensoriales se incluyen en tres grandes clases:

1. Ensayos discriminativos= ¿existe diferencia?
2. Ensayos descriptivos= ¿cuál es la diferencia y como es esa diferencia?
3. Ensayos hedónicos/afectivos = ¿a quién le gusta y por qué le gusta?

Las 2 primeras clases son muy diferentes de la tercera ya que estas son metodologías analíticas y su propósito es la utilización de sujetos humanos como una forma de instrumento para medir las propiedades de un alimento.

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos la magnitud o importancia de esa diferencia.

Las pruebas descriptivas buscan definir las propiedades del producto y medirlas objetivamente; estas pruebas proporcionan mayor información acerca del producto que las otras pruebas, pero son más difíciles de realizar y se requieren jueces con experiencia y entrenamiento.

Los ensayos hedónicos miden las respuestas de las poblaciones de consumidores en términos de gusto o aversiones, estos requieren gran número de encuestados que actúan como submuestra del mercado meta.

Para los ensayos analíticos, tanto los discriminativos como los descriptivos, se usan paneles pequeños (8 a 10 personas) de evaluadores escogidos por sus aptitudes y actitudes para llevar a cabo exitosamente las metodologías. Es necesario determinar el número y tipo de jueces que deben participar.

En general para el establecimiento de un panel de jueces analíticos se requiere de las siguientes etapas:

1. Reclutamiento. Los cuales pueden ser de la compañía, evaluadores dedicados a esto o de la población local. Lo ideal es efectuar un cuestionario que recoja la información de disponibilidad, gustos y aversiones, estado de salud y alergias a alimentos así como definir el interés, motivación y disponibilidad para ser parte de.
2. Investigación de antecedentes. Ensayos que se utilizan para establecer que deterioro sensorial esté ausente, para establecer la sensibilidad a los estímulos apropiados y evaluar la aptitud para expresar verbalmente y con palabras las respuestas. Dentro de las aptitudes que se buscan son:

Aptitud para detectar y describir los 4 gustos básicos: dulce, ácido, salado y amargo.

Aptitud para detectar y reconocer olores.

Aptitud para ordenar correctamente el aumento de intensidades de un estímulo específico como dulzor.

Aptitud para describir los términos de textura de los alimentos.

3. Entrenamiento. En las etapas iniciales, el entrenamiento está limitado a las operaciones y principios básicos.
4. Revisión. Es esencial una estrecha revisión de la interpretación de los evaluadores y cualquier desviación que se identifique debe ser corregida.
5. Consensos. Una vez que se generan los atributos es necesario la discusión abierta de éstos para eliminar cualquier descriptor redundante o sinónimo, se pueden añadir términos y proponer referencias físicas, el dirigente del panel debe resumir y dar forma a la información generada (*Rosenthal A, 1996*).

Desarrollo del vocabulario. Para la realización de ensayos descriptivos se requiere el desarrollo del vocabulario, que es un proceso de grupo para la creación de una lista completa de descriptores de los productos bajo estudio. Los evaluadores de modo libre describen las características de aroma, apariencia, olor, percepción bucal y regusto de las diferentes muestras, no se permiten términos no hedónicos como bueno o equilibrado, generales como completo o típico y basados en la intensidad como fuerte o débil.

Los atributos bien definidos deben ser generados por el panel y todos los miembros del equipo deben sentirse confortables y comprender los términos que se usen. Los términos publicados pueden servir como referencia para el inicio del panel. La terminología usada debe ser consistente con las referencias usadas ya que estas disminuyen la variabilidad de los evaluadores, reducen la cantidad de tiempo necesario para el entrenamiento del panel y permiten la calibración del panel en la utilización de las escalas de intensidad. Las referencias deben ser simples, reproducibles y claras para los evaluadores y deben poner de manifiesto un único descriptor, pueden ser sustancias químicas, simples o productos acabados y pueden estar disponibles durante el entrenamiento y la fase de ensayo a varias concentraciones o intensidades (*Stone H & Sidel J, 2004*).

ANTECEDENTES.

Se han realizado ya múltiples estudios en donde se evalúan las características de calidad y las características sensoriales de la carne de animales que han sido alimentados con dietas que incluyen una amplia gama de suplementos alimenticios incluyendo la Vitamina D3 y antioxidantes con la finalidad de mejorar cada vez más la calidad de esta.

Dentro de los cuales se puede mencionar los siguientes:

“Efectos de la dieta con Vitamina D3, E y magnesio en la calidad de carne de cerdo” (K.S. Swigert et al, 2004)

En este estudio se evaluó la calidad y la palatabilidad de la carne de 240 cerdos castrados y hembras los cuales fueron sometidos a una dieta de 8 regímenes en los cuales se combina el uso de Vitamina D3, Vitamina E y magnesio.

Los cerdos alimentados únicamente con Vitamina E resultaron con el pH final más elevado que los alimentados con Vitamina D3 y Magnesio, respecto a las hembras suplementadas únicamente con Magnesio estas presentaron el pH final más elevado que todas las demás, mientras que las suplementadas con Vitamina D3 presentaron el pH más bajo que todas ellas. Respecto al marmoleo de la carne los cerdos suplementados con Magnesio o Vitamina E presentaron un marmoleo mayor que los suplementados con Vitamina D3 o Vitamina E, en cuanto a la carne de las hembras alimentadas con Magnesio estas presentaron un mayor marmoleo a todas las demás.

Para la evaluación sensorial la carne se cortó en tajadas de 2.5cm de espesor aproximadamente y se cocinaron en parrilla hasta lograr una temperatura interna de aproximadamente 70°C, la temperatura fue monitoreada con termopares.

Se capacitó a 10 personas para realizar dicha evaluación de acuerdo a los procedimientos para evaluación sensorial descritos por la AMSA (1995).

Las características sensoriales evaluadas en este estudio fueron el color, la firmeza, jugosidad, sabor y el marmoleado. El color y el marmoleado se evaluaron con una escala de 6 puntos en donde 1= pálida o desprovista de jaspeado hasta el 6= oscura o marmoleado abundante. La firmeza se evaluó con una escala de 3 puntos en la cual 1= suave, 2= firme 3= muy firme. La jugosidad y el sabor se evaluaron con una escala en línea de 15cm para la cual 0= extremadamente seco o no mal sabor y 15= extremadamente húmeda, tierna o mal sabor.

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre dietas de cerdos y hembras en cuanto a los atributos sensoriales evaluados.

“Influencia de la alimentación y el almacenamiento de la Vitamina D3 en la terneza de la carne de cordero”. (C.T. Boleman et al, 2005).

En esta investigación se realizaron 2 ensayos. En el primer ensayo se alimentaron 26 carneros con diferentes niveles de Vitamina D3 (0, 250.000, 500.000, 750.000 UI) por 4 días para determinar la dosis más efectiva para incrementar los niveles de calcio en la sangre. El segundo ensayo consistió en alimentar a los carneros de engorda con 0 y 750.000 UI de Vitamina D3 con el objetivo de determinar si esta vitamina podría incrementar la suavidad en la carne de estos animales. Los corderos fueron sacrificados y se extrajeron los músculos como *longissimus* y *biceps femoral* los cuales fueron sometidos a maduración de 5, 10 o 15 días para determinar su fuerza al corte mediante Warner Bratzler.

Los resultados que obtuvieron en el ensayo 1 fueron que la ganancia de peso fue menor para los carneros alimentados con 500.000 UI de vitamina D3 fue menor que para los demás. Las concentraciones de calcio en sangre no fueron diferentes entre los grupos aunque los alimentados con 750.000 UI tendió a tener una mayor concentración de calcio en sangre en el día 5 respecto a los controles.

En el ensayo 2 las concentraciones de calcio en la sangre no fueron diferentes entre los grupos tratados y el control.

En cuanto a la maduración se encontró que al aumentar el tiempo la Vitamina D3 no era una manera eficaz para la mejora en la suavidad de la carne de cordero.

“Eficacia de un metabolito de la Vitamina D3 para mejorar la suavidad miofibrilar en la carne de ganado”. (R. W. Lawrence et al, 2006).

En esta investigación se estudio la administración de un metabolito de la Vitamina D3 (25-D-hidroxi vitamina D3) en 96 novillos de tres fenotipos (Indo-Brasil, EE.UU y Estados Unidos-Europa) se formaron grupos de 24 novillos que fueron alimentados con 125mg de 25 hidroxivitamina D3 por 2, 4 o 6 días antes de la matanza, a otro grupo de 24 Novillos les fue dada una dieta sin 25 hidroxivitamina D3. Muestras de sangre y músculos fueron obtenidos durante la matanza para realizar los análisis de calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro en el plasma, en los músculos se hicieron mediciones con Warner-Bratzler después de 1, 7 y 14 días de refrigeración a 0-2°C.

Se encontró que no hubo efectos importantes entre tratamientos respecto a la ganancia de peso, los resultados de los análisis hechos a los novillos que fueron alimentados por 6 días fueron mayores ($p < 0.05$) en comparación con los alimentados solo 2 días antes del sacrificio, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos respecto al color de la carne y pH final de esta.

“Efectos de la suplementación de Vitamina D3 y E en las características de calidad de la carne de cerdo”. (Rudolf Lahucky et al, 2007).

En este trabajo se evaluaron los efectos de la adición de la Vitamina D3 y E en la concentración de calcio en el plasma sanguíneo, la calidad de la carne (músculo longissimus) y la capacidad antioxidante en cerdos. El experimento consistió en tener dos tratamientos diferentes, en el primero se dieron 500.000 UI de Vit. D3 durante 5 días y en el segundo se suministró una combinación de Vitamina D3 con Vitamina E la primera

durante 5 días al igual que en el primer tratamiento y la Vitamina E durante 30 días antes del sacrificio.

Los cerdos alimentados únicamente con Vitamina D3 tuvieron una mayor concentración plasmática de calcio ($P < 0.01$) respecto a los alimentados con la combinación D3-E ($P < 0.05$). Respecto a los otros atributos de calidad evaluados no se encontraron diferencias significativas.

“Caracterización de la textura de la carne utilizando vocabularios internacionalmente reconocidos”. (Keisuke Sasaki et al, 2010).

El objetivo de este estudio fue caracterizar la textura de la carne con tres músculos cocinados a cuatro temperaturas finales diferentes de acuerdo a ISO 5492. La carne fue cocinada a 45, 60, 72 y 90°C respectivamente y evaluadas por un panel sensorial entrenado. La carne se cortó en cubos de 2cm. Aproximadamente, el tratamiento se llevó a cabo en un horno steamconvection equipado con termopares, durante la prueba sensorial los panelistas fueron colocados en cabinas individuales con luz roja, veinte elementos de textura de los alimentos sólidos fueron seleccionados de ISO 5492 tales como: dureza, jugosidad, masticabilidad, gomosidad, elasticidad, humedad etc.

Los panelistas probaron las muestras y eligieron de entre los términos dados los que mejor definían la textura de cada muestra, esto se realizó con 3 repeticiones y la frecuencia de selección de cada atributo de textura fue registrada y analizada estadísticamente. Masticabilidad, dureza, suavidad fueron los términos que obtuvieron las mayores frecuencias. En esta investigación se menciona la necesidad de desarrollar conceptos no instrumentales de ciertos atributos de textura de la carne.

HIPÓTESIS.

Si la suplementación de precursores de la Vitamina D3 provoca respuestas diferentes en las propiedades fisicoquímicas y bioquímicas de la carne en la medida que aumenta la concentración de ésta, entonces generará cambios en las características sensoriales y en el almacenamiento.

OBJETIVOS.

Objetivo general

Generar la descripción de los atributos sensoriales de la carne de cerdos alimentados con diferentes fuentes y concentraciones de vitamina D3 y evaluar mediante herramientas estadísticas si esta vitamina provoca cambios en dichos atributos así como el efecto del almacenamiento.

Objetivos específicos

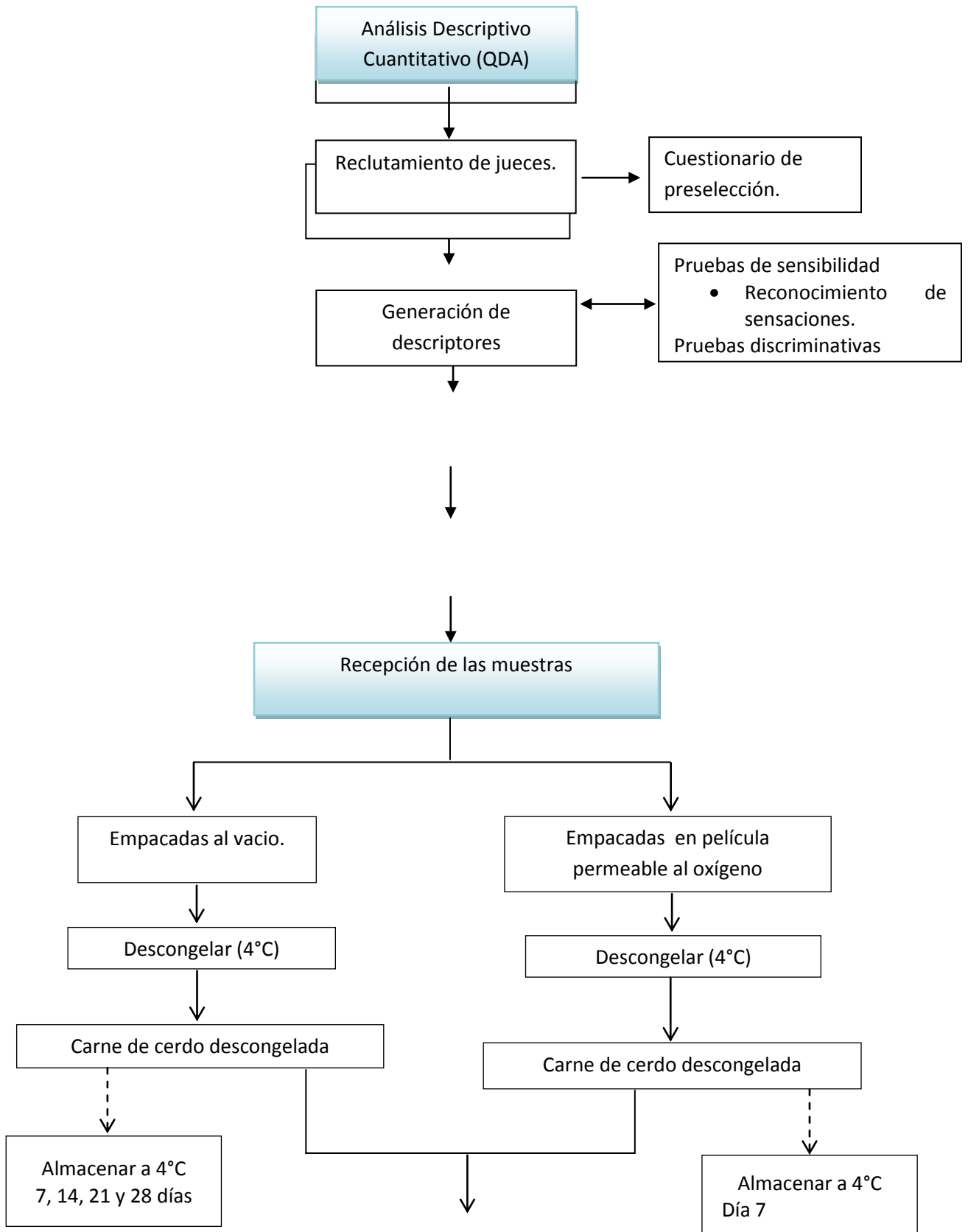
- Reclutar, seleccionar y entrenar el grupo de jueces que llevará a cabo la evaluación sensorial.
- Generar los descriptores de la carne de cerdo mediante la metodología del análisis descriptivo cuantitativo.
- Generar los perfiles descriptivos de carne obtenida de cerdos cuya alimentación fue suplementada con dos fuentes de vitamina D3
- Evaluar mediante herramientas estadísticas si esta vitamina provoca cambios en dichos atributos
- Evaluar el efecto del almacenamiento en las características sensoriales de la carne proveniente de cerdos con alimentación suplementada con vitamina D3.

Material de estudio.

Las muestras analizadas (*longissimus dorsi*) fueron proporcionadas por el INIFAP, las cuales fueron asignadas a uno de 10 tratamientos que a continuación se mencionan y posterior a esta asignación empacadas ya sea al vacío o en película permeable al oxígeno. Todo esto con su repetición llamados muestreo 1 y 2.

Concentración objetivo de Vitamina D ₃ equivalente	Tratamiento con vitamina D ₃ , IU/kg	Tratamientos con 25-OHD ₃ ug/kg
0	(1) Control	
500	(2) 500	(6) 12.5
2,000	(3) 2,000	(7) 50.0
20,000	(4) 20,000	(8) 500
40,000	(5) 40,000	(9) 1000
*(10) Control positivo		

*El tratamiento 10, incluye antioxidantes (vit E, selenio, Astaxantina, y 2000 UI de vitamina D3 a partir de 25(OH) D3, para lograr la máxima vida de anaquel.



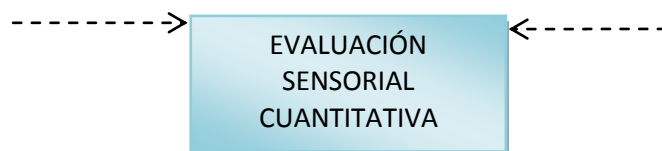


Figura 1. Diagrama de flujo general.

METODOLOGIA.

Para la evaluación de carne de cerdos alimentados con diferentes dosis y fuentes de vitamina D3 se siguió la metodología QDA (Análisis Descriptivo Cuantitativo), que tiene como objetivo identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto; la información generada servirá para construir un modelo multidimensional cuantitativo que perfilará los parámetros que definirán o describirán a la carne de cerdo fresca y consiste en:

Reclutamiento de jueces, Selección de jueces, Entrenamiento de jueces, Consensos, Generación de descriptores, evaluación de muestras problemas. (*Stone & Sidel, 2004*).

RESULTADOS Y DISCUSION.

Para la etapa de reclutamiento se aplicó un cuestionario de hábitos alimenticios, de consumo y de salud a 20 personas interesadas en participar como jueces entrenados en el proyecto, el objetivo de este cuestionario fue conocer si eran fumadores, tenían alguna intolerancia a algún alimento o si padecían alguna enfermedad que afecte alguno de sus sentidos etc. (Anexo cuestionario C1).

La etapa de selección consistió en aplicarles pruebas triangulares y de asociación e identificación de olores; los olores empleados fueron aquellos que están relacionados con la carne como sangre, grasa, víscera y consomé. (Anexo cuestionario C2). A partir de los resultados de las pruebas anteriores 15 personas que identificaron y asociaron mejor los olores (>60% de aciertos) pasaron a la siguiente etapa de entrenamiento de jueces.

Es importante mencionar que para todas las pruebas sensoriales la carne (lomo) se cocinó en una parrilla marca Krups con termostato ajustable y la temperatura interna de las muestras (78-80°C) se monitoreo con termopares, posteriormente se cortaron en cubos de 2cm aproximadamente y se presentaron a los jueces de la manera antes descrita.

Después de realizar y analizar todas las pruebas sensoriales mencionadas anteriormente, se logró conformar un panel de 12 jueces (5 hombres y 7 mujeres con un promedio de edad de 25 años) basado en disposición para asistir a las pruebas y la capacidad para usar sus sentidos, describir e identificar los estímulos percibidos. Posterior a una constante etapa de entrenamiento se logró conformar un vocabulario de 24 descriptores que se muestran a continuación:

DESCRIPTOR		DEFINICIÓN	REFERENCIA
Aspecto	Frescura	Ausencia de olores y sabores extraños o ajenos a la carne.	
	Claridad	Grado de claridad u oscuridad de un color en una escala que va desde el negro absoluto al blanco absoluto	Imágenes
	Jugosidad	Atributo de una superficie brillante que muestra reflejo luminoso. Cantidad de exudado en la superficie.	-
	Fibrosidad	Indica el grado y orientación de las fibras en la carne	Imágenes
	Compacta	Evaluación visual sobre el grado de adherencia de las fibras	Imágenes
Olor	Sangre	Olor asociado a carne cruda	Carne cruda
	Consomé	Aromáticos asociados con carne hervida o caldo.	Cubos de caldo de res (1.25% en agua)
	Tostado	Aroma desarrollado en carne después de ser cocida por un largo periodo de tiempo	Carne en tostador (100°C, 15 min)
	Herbal	Aromáticos encontrados en pastos	Hexanal en carne cocida (0.4%)
	Hervido		Carne hervida (20 min)
	Grasa	Olor asociado a grasa animal cocida.	Tejido graso
	Humo	Aromáticos asociados con jugo de carne o grasa que gotea sobre las brasas. Percepción de cualquier tipo de aroma ahumado o humo	Humo líquido (1% en agua)
	Cocido		Carne cocida (140°C, 9 min)
Sabor	Salado	El sabor en la lengua asociado con los iones sodio	-
	Umami	Sabor asociado al glutamato	Glutamato

	monosódico	monosódico (1% en agua)	
Sangre	Sabor asociado a carne cruda	Carne cruda	
Grasa	Sabor asociado a grasa animal cocida.	Tejido graso	
Víscera	Sabor y aromáticos encontrados en órganos de animales	Hígado cocido (140°C, 7 min)	
Rancio	Sabor asociado con grasas y aceites oxidados	-	
Hervido		Carne hervida (20 min)	
Metálico	Ligera impresión en boca de metal oxidado como cucharas de plata	Sulfato ferroso en carne cocida (0.36%)	
Consomé	Sabor y aromáticos asociados con carne hervida o caldo.	Cubos de caldo de res (1.25% en agua)	
Textura	Dureza	Fuerza necesaria para morder la carne	-
	Jugosidad	Es la percepción de cantidad de agua liberada durante las primeras mordidas	-
	Fibrosidad	Grado en que las fibras o hilos se perciben al masticar	-
	Masticabilidad	El número de masticadas necesarias para tener el alimento listo para ser deglutido	-

Tabla 1. Definición de los descriptores de la carne de cerdo y las referencias usadas en cada sesión del entrenamiento.

Se realizó un análisis de varianza y de acuerdo a las probabilidades de los jueces ($P > 0.05$) respecto a la mayoría de los atributos y a los coeficientes de variación que presentaron los descriptores, se puede determinar que la mayoría alcanzaron dispersión baja (menor a 50%), es decir, que se logró unificar criterios de evaluación.

Con el fin de conocer el desempeño de cada juez, determinar la confiabilidad sus resultados y establecer si es necesario continuar con el entrenamiento o se da por terminado, se calculó el coeficiente de variación individual por atributo, el coeficiente de variación por jueces fue bajo ($< 50\%$) para cada descriptor, por lo tanto se determina que el proceso de entrenamiento está terminado.

Una vez terminado el entrenamiento se inició la generación cuantitativa del perfil descriptivo de la carne de interés (carne de cerdos alimentados con diferentes fuentes y concentraciones de Vitamina D3).

Debido a que la cantidad de muestras a evaluar por un panel entrenado excedía el número recomendado (cinco) por diversos autores (Pedrero & Pangborn, 1989; O'Mahony,), para evitar un agotamiento de los sentidos se decidió realizar 2 pruebas de agrupamiento y de

ordenamiento por rangos entre todos los tratamientos (10, considerando los controles) con la finalidad de obtener la menor cantidad de muestras a evaluar por los panelistas, la estrategia se menciona a continuación:

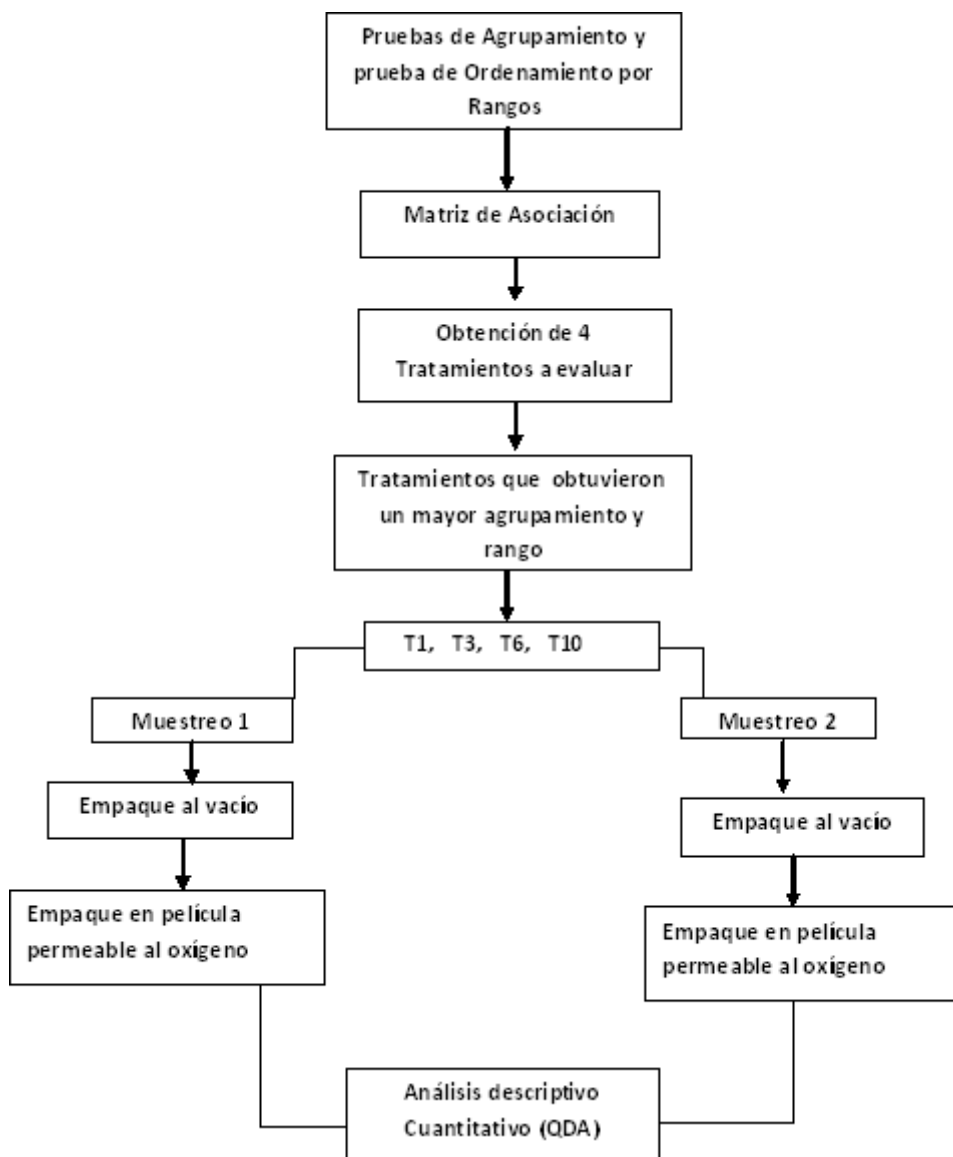


Figura 2. Diagrama de flujo de estrategia experimental para disminuir los tratamientos a evaluar durante el proyecto.

En la primera prueba sensorial de la estrategia experimental se presentó a los jueces los 2 tratamientos control (T1 y T10) con los 4 tratamientos de Vitamina D₃ (T2-T5) de forma

fresca es decir sin ser destinados a 1 de los 2 empaques a evaluar, para los tratamientos con 25-OH vitamina D₃ (T6-T9) se hizo de la misma manera. Se pidió a los jueces que ordenaran las muestras presentadas de menor a mayor tanto por jugosidad como para suavidad basado en los efectos de la vitamina D₃ sobre la textura de la carne, utilizando una escala donde 1=menor jugosidad o suavidad y 6=mayor jugosidad o suavidad.

Posteriormente se pidió a los jueces clasificar las muestras presentadas en tres grupos de acuerdo a sus similitudes en sabor y olor (Anexo cuestionarios C7).

Los resultados de las pruebas ordenamiento por rango se muestran a continuación:

Juez	jugosidad						Suavidad					
	T1	T2	T3	T4	T5	T10	T1	T2	T3	T4	T5	T10
1	1	3	4	5	6	2	2	6	3	5	4	1
2	4	1	5	3	6	2	5	1	5	3	6	2
3	4	5	6	3	2	1	3	6	2	1	4	5
4	1	5	6	3	2	4	1	2	4	5	3	6
5	1	3	5	4	2	6	2	3	6	4	1	5
6	4	6	2	1	5	3	1	4	6	2	5	3
7	4	2	6	1	5	3	3	4	6	5	1	2
8	3	1	6	5	2	4	3	1	6	5	2	4
9	1	4	5	2	6	3	2	5	3	6	4	1
10	4	3	2	6	1	5	3	2	4	6	5	1
11	2	4	5	1	6	4	2	3	1	5	6	4
12	3	2	4	6	1	5	5	2	6	3	1	4
13	4	5	3	2	6	1	6	2	1	3	4	5
14	2	3	6	4	5	1	3	1	5	6	4	2
15	5	1	4	2	6	3	5	2	3	1	4	6
Suma de Rangos	43	48	69	48	61	47	46	44	61	60	54	51

Tabla 2. Suma de rangos para tratamientos con Vitamina D₃ respecto a suavidad y jugosidad.

	Jugosidad						Suavidad					
Juez	T1	T6	T7	T8	T9	T10	T1	T6	T7	T8	T9	T10
1	1	4	5	6	4	3	2	3	6	1	4	5
2	3	6	1	5	4	2	4	5	2	3	6	1
3	1	2	3	5	4	6	3	5	1	2	4	6
4	3	2	4	1	6	5	6	2	3	5	1	4
5	5	6	3	4	2	1	3	5	1	6	2	4
6	6	3	1	5	2	4	4	5	6	1	2	3
7	6	5	1	2	4	3	5	6	3	1	2	4
8	4	6	3	5	2	1	4	6	3	5	2	1
9	3	2	4	1	6	5	3	2	6	1	4	5
10	4	3	2	1	5	6	3	5	6	1	2	4
11	5	3	6	4	2	1	1	4	2	3	5	6
12	5	3	1	4	2	6	6	4	3	2	5	1
13	2	3	1	4	6	5	1	5	6	2	4	3
14	1	5	6	4	3	2	5	2	3	1	4	6
15	2	4	5	3	6	1	4	2	6	1	5	3
Suma de Rangos	51	57	46	54	56	51	54	61	57	35	52	56

Tabla 3. Suma de rangos para los tratamientos con 25-OH cole calciferol respecto a suavidad y jugosidad.

Matriz de agrupamiento para tratamientos control y tratamientos con Vitamina D ₃ .							Matriz de agrupamiento para tratamientos control y tratamientos con 25-OH vitamina D ₃ .						
	T5	T10	T2	T1	T3	T4		T7	T10	T9	T1	T6	T8
T5	1	5	4	4	6	4	T7	0	3	6	7	6	1
T10		0	6	4	5	1	T10		1	2	1	2	6
T2				8	1	2	T9			1	7	4	6
T1					3	3	T1				0	4	5

T3	7	T6	1	6
T4	1	T8		0

Tabla 4. Matrices de agrupamiento entre tratamientos.

Como se puede observar en la matriz de asociación anterior para la Vitamina D3 el Tratamiento 3 fue mayormente agrupado con T4, además de ser estadísticamente diferente a los demás tratamientos en cuanto a suavidad siendo el más suave de todos estos. (Prueba de Kramer: Rango de tablas=37-68; O'Mahony 1986), mientras que en jugosidad a pesar de que todos los tratamientos son iguales, T3 tiene la mayor suma de rangos (Tabla 2). El T2 fue agrupado a los controles y por lo tanto se descarta como representante de los demás tratamientos con Vitamina D₃.

Para la 25- OH Vitamina D3 el T6 presenta el mismo comportamiento, es decir presenta la mayor suma de rangos en jugosidad y suavidad (Tabla 3) agrupándose con T8, por otra parte el T9 y T7 se descartan al igual que T2 por estar agrupados con el tratamiento 1 (control positivo).

De acuerdo a lo anterior los tratamientos elegidos para ser evaluados sensorialmente fueron T1, T3, T6, T10. Es importante mencionar que a pesar del incremento en dosis tanto de la vitamina D3 como de 25-OH vitamina D3 al parecer los panelistas no percibieron diferencia alguna entre tratamientos.

Una vez obtenidos los tratamientos a evaluar a lo largo del proyecto, se inició con la evaluación sensorial de éstos. Los días de almacenamiento que se evaluaron para las muestras empacadas al vacío fueron 7, 14, 21 y 28. Mientras que para las muestras empacadas en película permeable sólo día 7, ya que los demás días de almacenamiento la cuenta microbiológica excedía lo permitido para el consumo humano.

Se corrió un análisis discriminante utilizando el programa estadístico XL STAT 2012 v.4.02 (Addinsoft SARL, New York, USA) con los resultados de las evaluaciones sensoriales realizadas a lo largo del proyecto con los tratamientos 1, 3, 6 y 10 para cada fuente de variación, es decir Día, Tratamiento e interacción Día*Tratamiento, en cada muestreo (M1 y M2) con su respectivo empaque (vacío y permeable) con la finalidad de determinar si el conjunto de variables (descriptores) logran separar las muestras de acuerdo a dichas fuentes.

La Lambda de Wilks (Anexo2 tabla1) del primer muestreo con empaque el vacío fue significativa ($p < 0.005$), es decir, los vectores medios de los tratamientos son diferentes. Una vez demostrado que existe separación en grupos se continuó con el análisis discriminante.

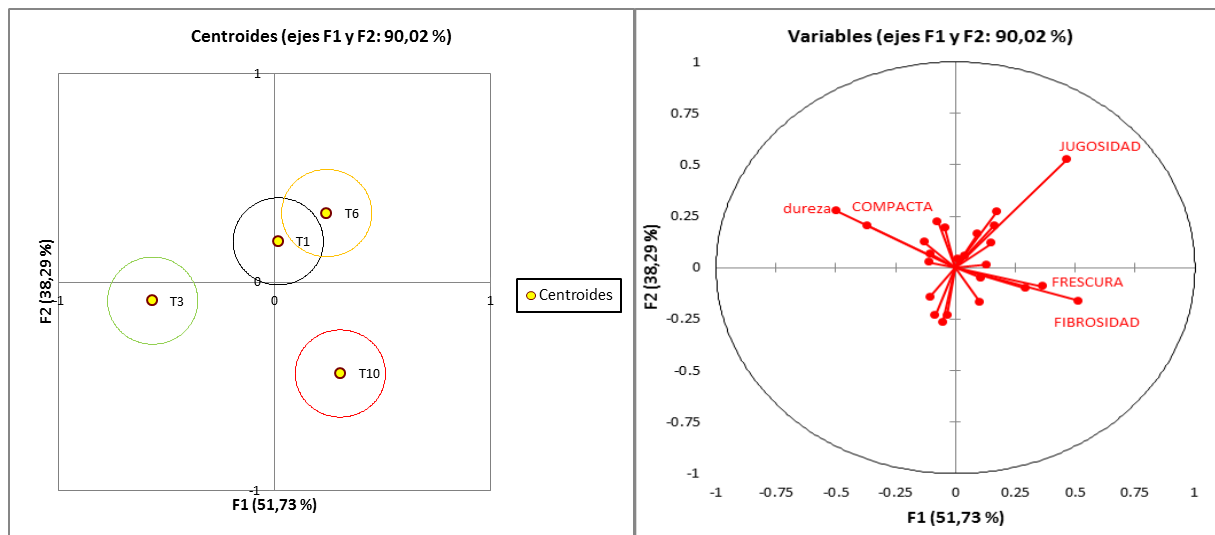


Figura 3. Análisis discriminante para los datos del análisis sensorial descriptivo de carne con empaque al vacío del Muestreo 1. Gráfica de centroides de los grupos propuestos (tratamientos) y de correlaciones de los vectores (descriptores) para las dos primeras funciones discriminantes.

Posteriormente a realizar el análisis discriminante, se corrió el análisis de varianza para los descriptores únicamente que obtuvieron vectores con mayor correlación con las funciones discriminantes y que por ende contribuyen mayormente con la separación de los grupos. Los análisis estadísticos mencionados anteriormente se realizaron para todas las fuentes de variación de los dos muestreos y empaques.

Descriptor	Pr > F (Día)	Dif. Signific.	Pr > F (Tx)	Dif. Signific.	Pr > F (Día-Tx)	Dif. Signific.
Vacío (muestreo 1)						
Dureza	0.431	No	0.009	Sí	0.009	Sí
COMPACTA	0.026	Sí	0.103	No	0.001	Sí
JUGOSIDAD	0.006	Sí	0.002	Sí	0.094	No
FIBROSIDAD	0.048	Sí	0.015	Sí	0.168	No
FRESCURA	0.282	No	0.119	No	0.361	No
Jugosidad	< 0,0001	Sí	0.201	No	0.675	No
Rancio	< 0,0001	Sí	0.940	No	0.899	No
Sangre	0.000	Sí	0.630	No	0.971	No

Tabla 5. Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%.

Tratamiento/ Empaque	Dureza	Compacta	Jugosidad textura	Fibrosidad
T1 Vacío	6.99 ^a	10.165 ^{a,b}	8.94 ^{a,b}	8.35 ^{a,b}
T3 Vacío	7.655 ^a	10.614 ^a	7.294 ^c	7.411 ^b
T6 Vacío	6.77 ^{a,b}	9.763 ^{a,b}	9.325 ^a	8.735 ^a
T10 Vacío	5.827 ^b	9.293 ^b	8.171 ^{b,c}	9.154 ^a

Tabla 6. Medias para los descriptores con mayor correlación en los vectores por tratamiento para empaque al vacío de M1 (medias con el mismo superíndice no tienen diferencia significativa según la prueba de Duncan)

Para la gráfica de centroides (fig.1) se utilizaron las funciones 1 y 2 ya que juntas explican el 90.02% de la separación. La función 1 separa al tratamiento 3 (vitamina D3) del resto de los tratamientos. Además correlaciona con las variables dureza y compacta, lo cual se corrobora en el análisis de varianza para los dos atributos (Tabla 5) donde el tratamiento 3 a pesar de ser igual al tratamiento 6 y al control positivo, tiene la media numérica más alta (Tabla 6). Este mismo tratamiento se correlaciona negativamente con el tratamiento 10 (control positivo) en los atributos frescura y fibrosidad este último separado por la función 2, el análisis de varianza indica que todos los tratamientos son iguales para ambos atributos, sin embargo T3 tuvo la media más baja de frescura a diferencia del control positivo que resultó ser el más fresco debido a la alta concentración de antioxidantes que posee; el mismo comportamiento se observa para fibrosidad. Los tratamientos 1 y 6 correlacionan con jugosidad y poseen las medias más altas (tabla 6).

En cuanto al comportamiento de los tratamientos a través del tiempo por descriptor al igual que en el análisis de varianza sólo se describirán aquellos descriptores que presentaron mayor correlación con las funciones discriminantes.

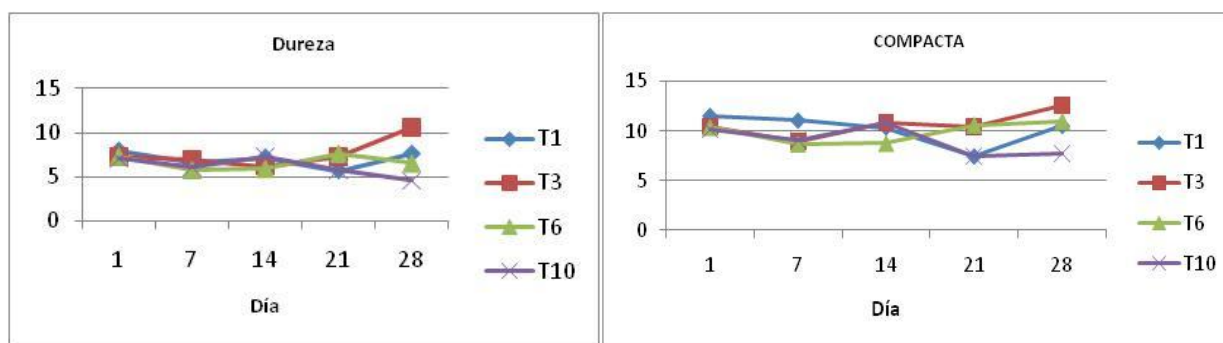


Figura 4. Comportamiento a través del tiempo de dureza y aspecto compacto para muestras empacadas al vacío del M1.

Para dureza en la cual si hay diferencia significativa entre tratamientos (tabla 5) el tratamiento 3 fue el que obtuvo un mayor incremento en su dureza con el transcurso de los días, a diferencia de T10 para el cual disminuyó. El tratamiento 1 obtuvo un ligero incremento al último día, el tratamiento que obtuvo un comportamiento considerablemente constante fue T6. Para apariencia compacta el tratamiento 10 presentó una disminución a través del tiempo, mientras que los demás presentaron un incremento.

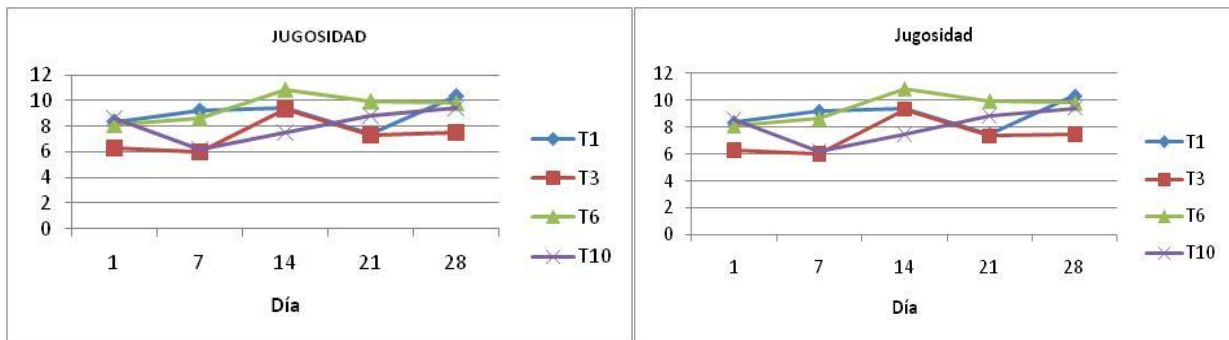


Figura 5. Comportamiento del aspecto jugoso (gráfica izquierda) y de jugosidad en boca (gráfica derecha) de los tratamientos a través del tiempo de muestras al vacío M1.

En cuanto al aspecto jugoso (gráfica izq.) T6 aumentó su jugosidad a lo largo de los días siendo este el tratamiento con la mayor jugosidad en aspecto, contrario al tratamiento 3 el cual al parecer perdió este atributo con el paso de los días, el T10 aumentó al inicio del tiempo para posteriormente disminuir y permanecer constante al final de los días.

La jugosidad en boca del tratamiento 10 disminuyó ligeramente al día 7 aumentando al día 14 y permaneciendo constante a partir de este día, teniendo éste el comportamiento más constante respecto a este atributo ya que los demás tratamientos aumentan su jugosidad en boca al día 14 y posteriormente disminuye. Es importante resaltar que todos los tratamientos presentan su mayor jugosidad en el día 14 de almacenamiento.

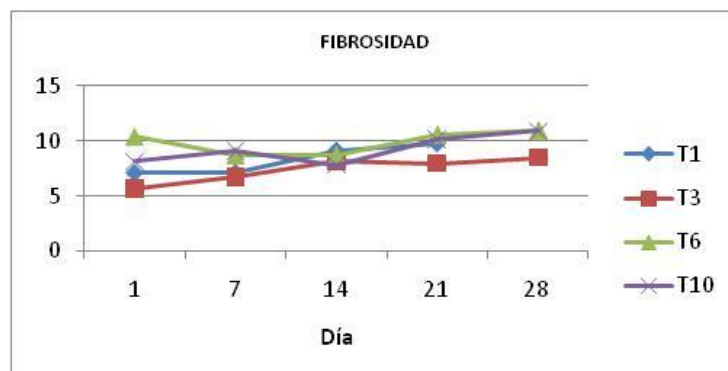


Figura 6. Aspecto fibroso a través del tiempo de muestras empacadas al vacío del M1.

La fibrosidad (aspecto) del tratamiento 3 aumentó los primeros días y posteriormente permaneció constante siendo este el que presentó los valores más bajos para este atributo, T10 y T1 aumentaron de manera constante su fibrosidad a lo largo de los días siendo estos los que presentaron los valores mayores al respecto, mientras que la fibrosidad de T6 disminuye considerablemente.

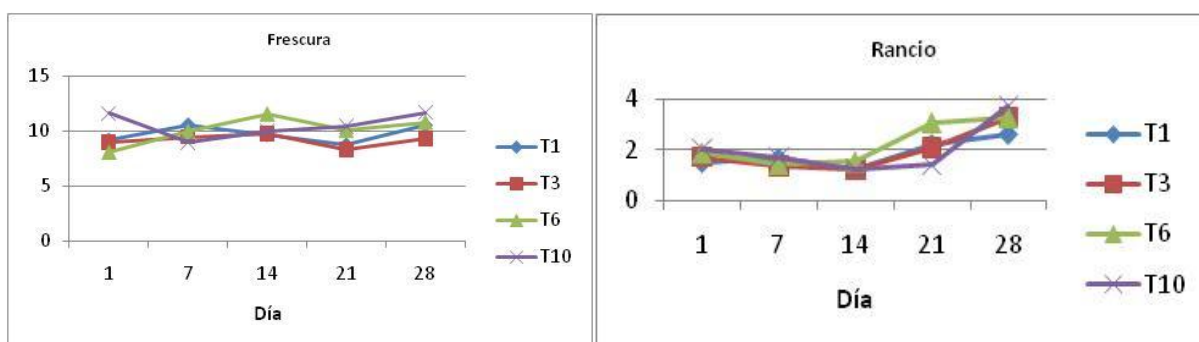


Figura 7. Comportamiento de la Frescura (gráfica izq.) y rancidez (gráfica der.) de muestras al vacío de M1.

Respecto a la frescura de las muestras a pesar de no haber diferencia significativa para este atributo (tabla 5), el tratamiento 10 es el que presenta los valores más altos a partir del día 7, mismo comportamiento que presentan los tratamientos 1 y 3. El tratamiento que denota un comportamiento diferente a los demás es el T6 quien presenta un incremento constante los primeros 14 días para después disminuir ligeramente al día 28.

La rancidez de los tratamientos aumenta conforme al tiempo para todos ellos, no habiendo diferencia entre tratamientos pero sí respecto a los días (tabla 5) lo que quiere decir que es diferente la rancidez inicial a la rancidez presentada al día 28.

La Lambda de Wilks (Anexo2 Tabla2) para el segundo muestreo con empaque el vacío fue significativa ($P=0.0001$), al igual que para el primer muestreo, es decir, los vectores medios de los tratamientos son diferentes.

Una vez demostrado la separación entre grupos se continuó con el análisis discriminante.

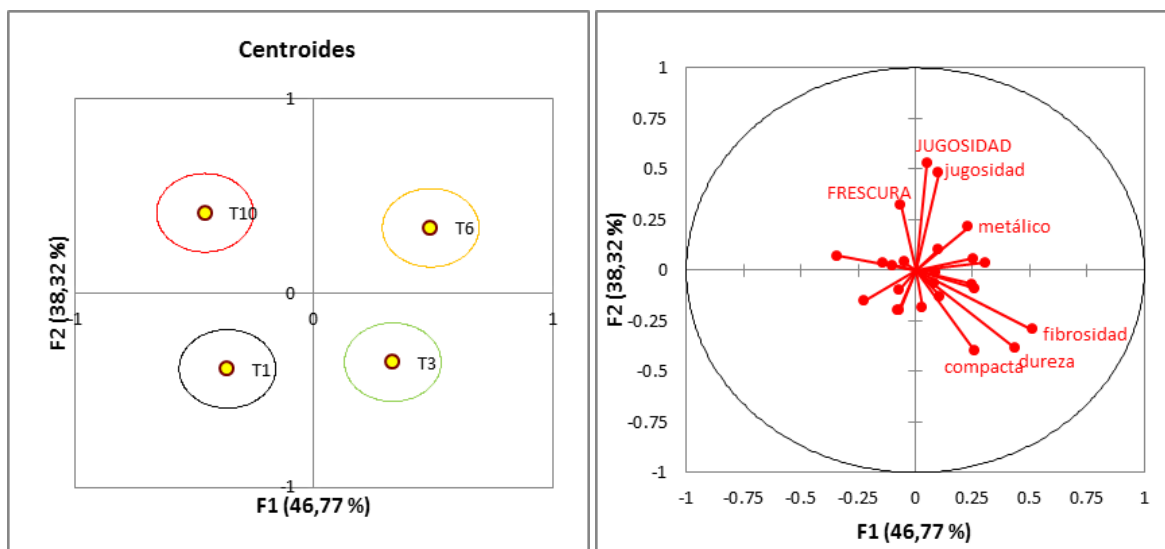


Figura 8. Análisis discriminante para los datos del análisis sensorial descriptivo de carne con empaque al vacío del Muestreo 2. Gráfica de centroides de los grupos propuestos (tratamientos) y de correlaciones de los vectores (descriptores) para las dos primeras funciones discriminantes.

Descriptor	Pr > F (Día)	Dif. Signific.	Pr > F (Tx)	Dif. Signific.	Pr > F (Día-Tx)	Dif. Signific.
Vacío (Muestreo 2)						
JUGOSIDAD	0.003	Sí	0.004	Sí	0.000	Sí
jugosidad	0.000	Sí	0.005	Sí	0.013	Sí
fibrosidad	0.012	Sí	0.000	Sí	0.156	No
dureza	0.041	Sí	0.000	Sí	0.000	Sí
compacta	0.025	Sí	0.006	Sí	0.620	No
FRESCURA	0.018	Sí	0.173	No	0.176	No
herbal	0.000	Sí	0.904	No	0.957	No
metálico	0.003	Sí	0.331	No	0.233	No

Tabla 7. Probabilidades de descriptores para empaque al vacío del muestreo 2.

Tratamiento/ Muestreo/Em paque	Dureza	Compacta	Jugosidad textura	Fibrosidad	Jugosidad Aspecto
T1 (M2) Vacío	6.412 ^b	7.705 ^a	5.718 ^b	6.475 ^{b,c}	8.161 ^b
T3 (M2) Vacío	7.475 ^a	7.854 ^a	6.442 ^{a,b}	7.663 ^a	8.379 ^b
T6 (M2) Vacío	6.719 ^{a,b}	7.434 ^a	7.235 ^a	7.195 ^{a,b}	9.615 ^a
T10 (M2) Vacío	5.236 ^c	6.271 ^b	7.407 ^a	5.586 ^c	9.619 ^a

Tabla 8. Medias para los descriptores con mayor correlación en los vectores por tratamiento para empaque al vacío de M2 (medias con el mismo superíndice no tienen diferencia significativa según la prueba de Duncan)

En la gráfica de centroides y vectores (fig.8) la función 1 separa a los controles tanto positivo (T10) como negativo (T1) del resto de los tratamientos, teniendo el control positivo una correlación positiva con frescura, en donde a pesar de no haber diferencia significativa entre tratamientos según el análisis de varianza (tabla 7) dicho tratamiento posee la media más alta (tabla 8), con este mismo descriptor presenta una correlación negativa con el tratamiento 3 quien presentó la media más baja para este atributo y las medias más altas para dureza y fibrosidad siendo este el más duro y fibroso ya que existe diferencia significativa (Tabla 7) y presentar las medias más altas para estos dos atributos. Por otro lado el tratamiento 6 separado por la función 2 de los demás tratamientos presenta correlación positiva con jugosidad (aspecto y textura) para los cuales existe diferencia significativa entre tratamientos y presenta seguido del T10 (control positivo) las medias más altas para estos atributos.

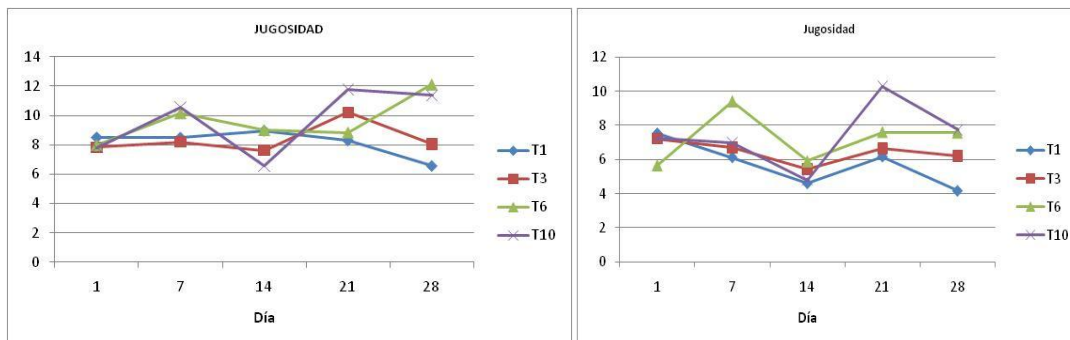


Figura 9. Jugosidad en aspecto (gráfica izq.) y en textura (gráfica der.) de muestras empacadas al vacío de M2.

La jugosidad (aspecto) de los tratamientos 10 y 6 muestra un aumento importante conforme al paso de los días contrario al tratamiento 1 el cual presenta una disminución a lo largo del tiempo, por otro lado el tratamiento 3 también presenta un aumento en su jugosidad pero mucho menor a los dos primeros.

La jugosidad en boca (fig. 7 der.) del tratamiento 1 disminuye respecto al tiempo, presentando su mayor jugosidad en el día 1, este descriptor aumenta considerablemente para el tratamiento 10 obteniendo su mayor jugosidad al día 21 para posteriormente disminuir, el tratamiento 3 es el que presenta un comportamiento prácticamente constante desde el día 1, el tratamiento 6 presenta su mayor jugosidad en el día 7 para disminuir ligeramente con el transcurso de los siguientes días.

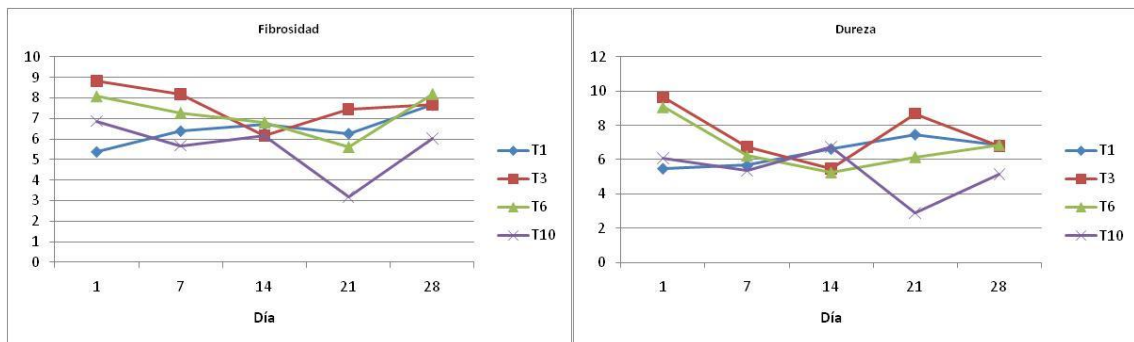


Figura 10. Fibrosidad (gráfica izq.) y dureza (gráfica der.) de muestras al vacío de M2.

La fibrosidad en boca de los tratamientos 1, 6 y 10 presenta disminución ligera con el transcurso de los días respecto al día 1 haciéndose más evidente en el día 21, la fibrosidad del tratamiento 3 al igual que para los otros disminuye, sólo que para éste es menor y de los cuatro es el que permanece considerablemente constante.

Respecto a la dureza del tratamiento 10 al igual que su fibrosidad presentan una disminución evidente al día 21 contrario al tratamiento 3 quien para este día presenta un incremento respecto al día 7 y 14, para el tratamiento 1 su dureza parece aumentar ligeramente respecto al día 1 a lo largo del tiempo, el tratamiento 6 disminuye los primeros 14 días y aumenta los siguientes 14 días, siendo el día 1 para este y para T3 el día con mayor dureza.

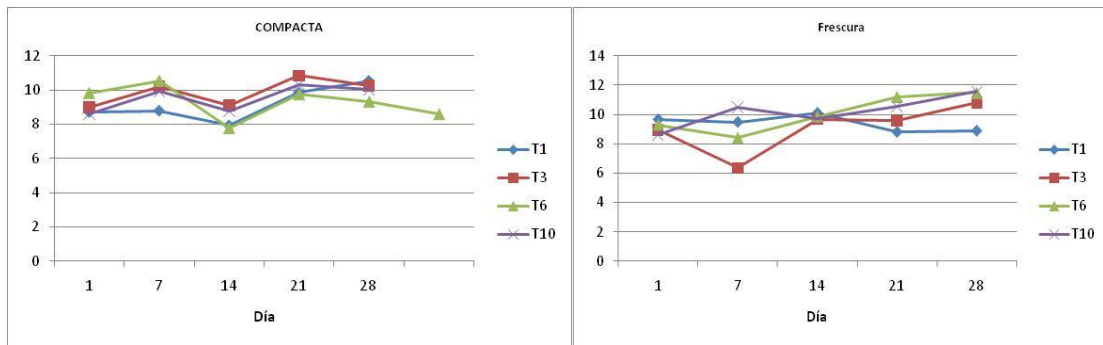


Figura 11. Aspecto compacto (izq.) y frescura (der.) a través del tiempo de muestras al vacío de M2.

En cuanto a la apariencia compacta de las muestras, los tratamientos 6, 3 y 1 presentan el mayor valor en el día 1, los tratamientos 6 y 10 presentan una disminución evidente al día 21 caso contrario al T1 quien permanece constante con respecto al día 1 y el tratamiento 3 cuya disminución al día 21 es más ligera a los demás tratamientos.

Analizando la gráfica de frescura a través del tiempo para los tratamientos, estos presentan prácticamente el mismo comportamiento denotado por disminución al día 7 respecto al día 1 y posteriormente un comportamiento constante a lo largo de los días.

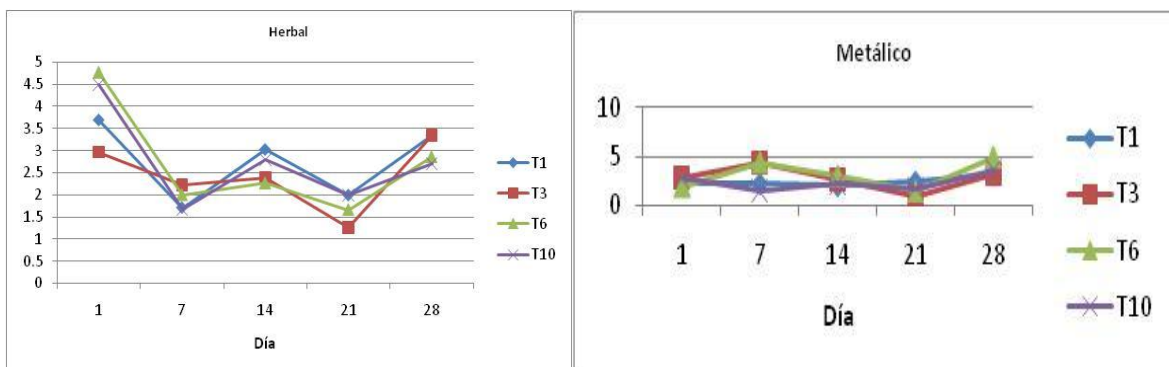


Figura 12. Olor herbal (izq.) y sensación metálica (der.) a través del tiempo de muestras al vacío de M2.

El olor herbal para la mayoría de los tratamientos presenta disminución constante con respecto al día 1 presentando en éste su punto más alto y el más bajo al día 21.

Por otro lado la sensación metálica para los tratamientos al paso de los días disminuye al día 21 respecto al día 1 y aumenta al día 28 presentando en este día su punto más alto, es decir en este día se percibe más dicha sensación.

La Lambda de Wilks (Anexo2Tabla3) para las muestras empacadas en película permeable al oxígeno del muestreo 1 fue (P=0.44) es decir que los vectores de los tratamientos no presentan correlación significativa.

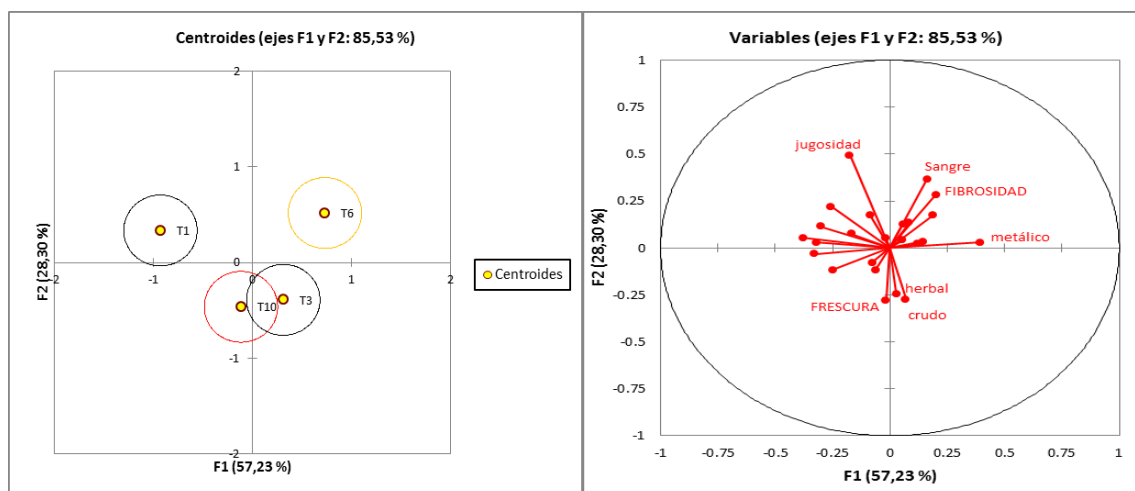


Figura 13. Análisis discriminante para los datos del análisis sensorial descriptivo de carne con empaque en película permeable al oxígeno del Muestreo 1. Gráfica de centroides de los grupos propuestos (tratamientos) y de correlaciones de los vectores (descriptores) para las dos primeras funciones discriminantes.

Descriptor	Pr > F (Día)	Dif. Signific.	Pr > F (Tx)	Dif. Signific.	Pr > F (Día-Tx)	Dif. Signific.
Permeable (Muestreo 1)						
FIBROSIDAD	0.299	No	0.312	No	0.476	No
Sangre	0.607	No	0.371	No	0.730	No
metálico	0.367	No	0.133	No	0.920	No
FRESCURA	0.296	No	0.361	No	0.155	No
herbal	0.876	No	0.536	No	0.676	No
crudo	0.726	No	0.659	No	0.440	No

Tabla 9. Probabilidades de descriptores para muestras del muestreo 1 empaque permeable.

Tratamiento/ Muestreo/Em paque	Frescura	Metálico	Jugosidad textura	Fibrosidad	Olor herbal
T1 (M1) Permeable	8.731 ^a	1.518 ^a	8.196 ^a	7.418 ^a	2.311 ^a
T3 (M1) Permeable	8.996 ^a	2.871 ^a	7.750 ^b	6.929 ^a	2.857 ^a

T6 (M1)					
Permeable	8.707 ^a	3.279 ^a	6.804 ^{a, b}	9.136 ^a	2.375 ^a
T10 (M1)					
Permeable	10.036 ^a	2.211 ^a	6.054 ^{a, b}	8.071 ^a	3.154 ^a

Tabla 10. Medias para los descriptores con mayor correlación en los vectores por tratamiento para empaque en película permeable al oxígeno de M1 (medias con el mismo superíndice no tienen diferencia significativa según la prueba de Duncan).

A pesar de no haber diferencia significativa entre tratamientos según la Lambda de Wilks (anexo2 tabla4), se decidió correr el análisis discriminante y el análisis de varianza (Tabla 11) de los descriptores que al parecer mostraban vectores con correlaciones mayores. Por lo cual se presenta a continuación una breve descripción de la tendencia de las medias de los tratamientos:

El tratamiento 1 (control negativo) presenta la media más alta únicamente en el descriptor jugosidad (textura) y las más bajas para olor herbal y sensación metálica.

El tratamiento 3 no presenta media alta para ninguno de los atributos y para Fibrosidad visual, sangre, jugosidad (textura) presenta las medias más bajas.

El tratamiento 6 presenta las medias más altas en fibrosidad (aspecto), olor sangre y sensación metálica. El único descriptor para el que presenta la media más baja es frescura.

El tratamiento 10 tiene las medias más altas en frescura y olor herbal. En ninguno de los descriptores presenta medias bajas.

Es importante recordar que para el empaque permeable al oxígeno de ambos muestreos sólo se evaluó el día 7 de almacenamiento.

La lambda de Wilks por tratamiento para el muestreo 2 de las muestras empacadas en película permeable fue ($P= 0.55$) (anexo2tabla5). Lo cual quiere decir que los vectores de los tratamientos no presentan correlación significativa.

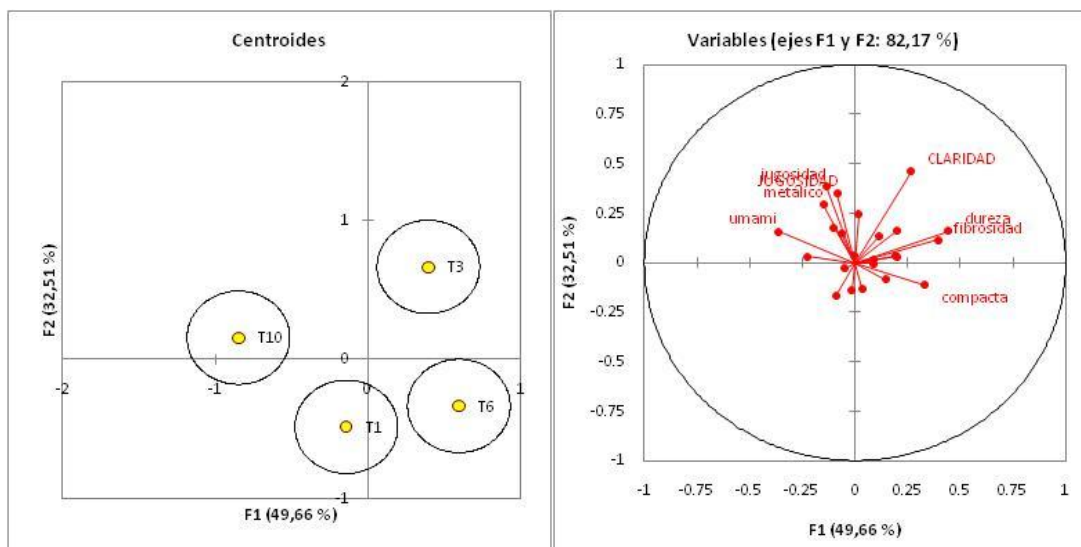


Figura 14. Análisis discriminante para los datos del análisis sensorial descriptivo de carne con empaque en película permeable al oxígeno del Muestreo 2. Gráfica de centroides de los grupos propuestos (tratamientos) y de correlaciones de los vectores (descriptores) para las dos primeras funciones discriminantes.

Descriptor	Pr > F (Día)	Dif. Signific.	Pr > F (Tx)	Dif. Signific.	Pr > F (Día-Tx)	Dif. Signific.
Permeable (Muestreo 2)						
CLARIDAD	0.867	No	0.018	Sí	0.003	Sí
FIBROSIDAD	0.293	No	0.641	No	0.363	No
metálico	0.088	No	0.424	No	0.958	No
umami	0.054	Sí	0.077	No	0.811	No
JUGOSIDAD	0.159	No	0.294	No	0.088	No
fibrosidad	0.837	No	0.124	No	0.004	Sí
compacta	0.659	No	0.093	No	0.073	No
jugosidad	0.006	Sí	0.192	No	0.097	No
dureza	0.429	No	0.068	No	0.001	Sí

Tabla 11. ANOVA de descriptores para muestras en empaque permeable al oxígeno del muestreo 2.

2.

Tratamiento/ Muestreo/ Empaque	Dureza	Jugosidad textura	Aspecto compacto	Fibrosidad textura	Claridad	Umami
T1 (M2) Permeable	7.124 ^{a,b}	5.293 ^a	8.979 ^a	7.127 ^{a,b}	9.190 ^b	4.457 ^{a,b}
T3 (M2) Permeable	8.273 ^a	6.745 ^a	8.667 ^{a,b}	7.955 ^a	11.281 ^a	4.116 ^{a,b}
T6 (M2) Permeable	7.814 ^{a,b}	5.436 ^a	8.456 ^{a,b}	7.676 ^{a,b}	9.356 ^b	2.575 ^b
T10 (M2) Permeable	6.111 ^b	6.701 ^a	6.970 ^b	6.145 ^b	8.949 ^b	4.828 ^a

Tabla 12. Medias para los descriptores con mayor correlación en los vectores por tratamiento para empaque en película permeable al oxígeno de M2 (medias con el mismo superíndice no tienen diferencia significativa según la prueba de Duncan).

De acuerdo a la gráfica de centroides y vectores el tratamiento 3 está separado de los demás tratamientos, caracterizándose este por tener la mayor correlación con descriptores de textura como dureza y fibrosidad mismos para los que presenta las medias más altas, es decir presenta la mayor dureza y fibrosidad. Por otro lado el tratamiento 10 presenta correlación positiva con jugosidad (textura) y correlación negativa con apariencia compacta lo cual parece estar congruente con la tabla de medias para este muestreo y empaque (tabla 12). Los tratamientos 1 y 6 presentan el mismo comportamiento, están separados por la función 2 del tratamiento 3 y presentan correlación negativa con jugosidad (aspecto) y jugosidad en textura lo cual se puede ver en la tabla de medias.

Al igual que en el muestreo 1 del empaque en película permeable al oxígeno, en el muestreo 2 no existe diferencia significativa para la gran mayoría de los atributos analizados por ANOVA habiendo únicamente divergencia entre tratamientos en el color (apariencia), fibrosidad (textura) y gusto umami.

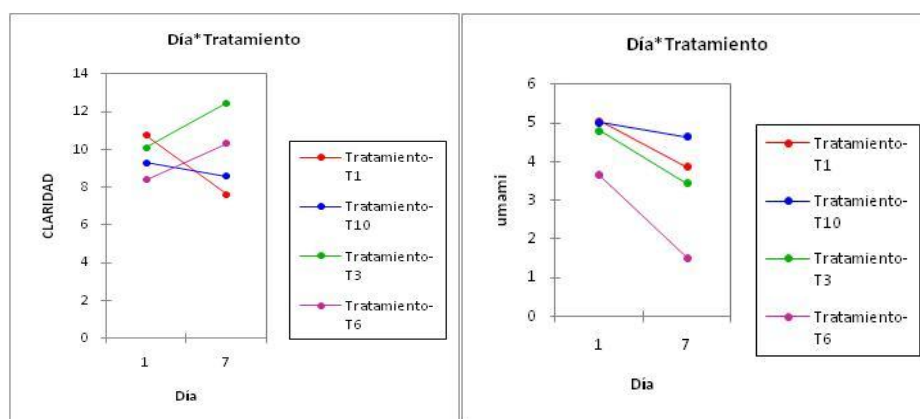


Figura 15. Comportamiento a través del tiempo del color (izq.) y gusto umami (der.) de muestras empacadas en película permeable de M2.

Respecto al color de las muestras ($P=0.018$ tabla 11) el tratamiento 1 perdió color los primeros 7 días de almacenamiento o en otras palabras los panelistas lo encontraron más pálido que al día 1 al igual que el tratamiento 10 pero para este fue menor la pérdida de color, caso contrario a los tratamientos 6 y 3 los cuales se oscurecieron al día 7 respecto al día 1.

Por otro lado el gusto umami, asociado a las sales del ácido glutámico (GMS), las sales di sódicas y a los nucleótidos contenidas en la carne disminuyó significativamente a los 7 días de almacenamiento pero fue prácticamente igual entre tratamientos (tabla 11).

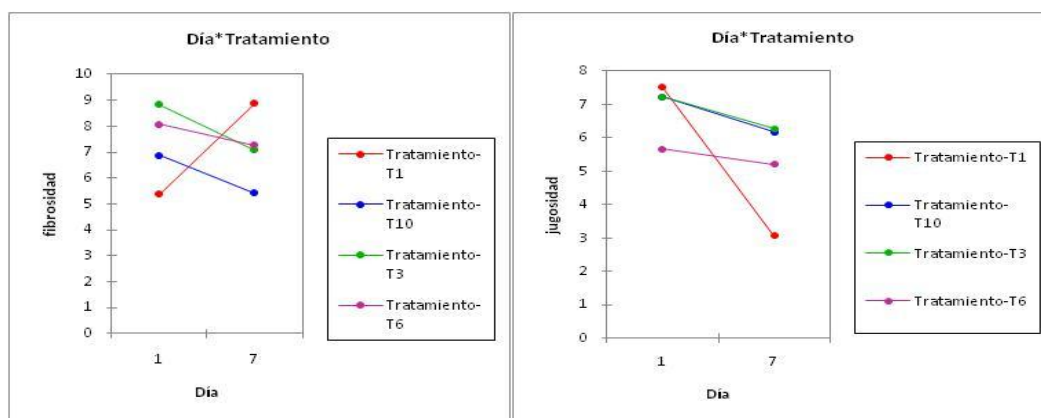


Figura 16. Fibrosidad en boca (izq.) y jugosidad (der.) de muestras empacadas en película permeable de M2.

Para los descriptores de textura el evidente incremento en fibrosidad del tratamiento 1 al día 7 hace la diferencia significativa entre la interacción día-tratamiento siendo éste el más fibroso, esta diferencia en la interacción quiere decir que no para todos los tratamientos la fibrosidad en boca disminuyó o aumentó de la misma manera al paso de los días.

La jugosidad en boca de los 4 tratamientos evaluados disminuyó de manera significativa a lo largo de los primeros 7 días de almacenamiento pero entre tratamientos no existe diferencia significativa lo cual quiere decir que todos los tratamientos perdieron este atributo por igual.

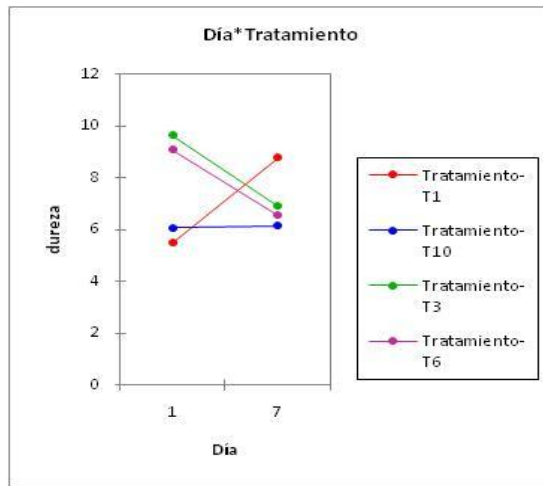


Figura 17. Dureza de muestras empacadas en película permeable de M2.

La dureza del tratamiento 10 permanece constante desde el día 1 hasta el día 7 mientras que para el tratamiento 1 aumenta al paso de estos días resultando para éste la mayor dureza, los tratamientos 3 y 6 presentan un comportamiento igual para los cuales su dureza es menor o lo que es lo mismo tendieron a ser menos duros con el almacenamiento, caso contrario al tratamiento 1 para el que su dureza aumento al día 7.

CONCLUSIONES

Se reclutaron 20 personas interesadas en participar en el proyecto. Después de aplicarles pruebas de asociación, identificación y diferenciación se logró conformar un panel de 12 personas (5 hombres y 7 mujeres con un promedio de edad de 25 años).

Se logró el entrenamiento de los panelistas ya que éstos presentaron un coeficiente de variación menor al 50% por descriptor en sus evaluaciones preliminares.

Se generaron 23 descriptores para la carne de cerdo fresca comercial. 4 para aspecto, 6 para olor, 9 para sabor y 4 para textura.

Se generó la descripción de los atributos sensoriales de la carne de cerdos alimentados con diferentes fuentes y concentraciones de vitamina D3.

Se evaluó mediante herramientas estadísticas los cambios que ésta vitamina provoca en dichos atributos.

Se evaluó el efecto del almacenamiento en los atributos sensoriales de la carne de cerdos alimentados con diferentes concentraciones y fuentes de Vitamina D3.

Para el empaque al vacío del muestreo 1 los descriptores que presentaron un cambio estadísticamente significativo de acuerdo al tratamiento que recibieron fueron:

- Dureza (en el que el Tratamiento 3 fue el que obtuvo la mayor dureza).
- Aspecto Jugoso (para este descriptor los Tratamientos 1 y 6 hicieron la diferencia significativa siendo mayor para estos dos).
- Aspecto Fibroso (siendo el T3 el de mayor aspecto fibroso)

Mientras que para el tiempo, todos los descriptores que presentaron vectores largos en el análisis discriminante presentan diferencia significativa a excepción de dureza y frescura.

Para el muestreo 2 del empaque al vacío, los descriptores que presentaron vectores largos en el análisis discriminante presentan diferencia significativa de acuerdo al tratamiento a excepción de

- Frescura
- Olor herbal
- Sensación metálica

Todos los atributos a los que se les realizó análisis de varianza de la carne con este empaque y muestreo presentaron diferencia significativa respecto al tiempo.

Para el empaque permeable al oxígeno del muestreo 1 no hubo diferencia significativa para ninguno de los descriptores analizados, mientras que para el muestreo 2 de este empaque el descriptor que logró diferenciarse estadísticamente por tratamiento recibido fue el color o claridad en el que los Tratamientos 3 y 6 oscurecieron mayormente.

En cuanto a los cambios significativos respecto al tiempo para el empaque permeable al oxígeno del muestreo 2 los siguientes descriptores son los que los presentaron:

- Gusto Umami (descriptor para el que los Tratamientos 3 y 6 disminuyó considerablemente)
- Textura Jugosa. (disminuyendo considerablemente para el Tratamiento 6).

En general las muestras sometidas a los Tratamientos 6 y 10 presentaron diferencias estadísticas favorables en cuanto a descriptores deseables en la carne, contrario a las muestras sometidas al tratamiento 3.

BIBLIOGRAFIA.

1. Bello Gutiérrez J. 2000. *ciencia bromatológica principio generales de los alimentos*. Edit. Diaz de santos, España. pp198-201.
2. Stone H, Sidel J. 2004. *Sensory evaluation practices*, 3ra edición, Edit. Elsevier academic press, California USA.
3. Rosenthal A, 1996. *Textura de los alimentos medida y percepción*. Editorial Acribia, Zaragoza España, pp. 31- 40.
4. Lawles H. *Sensory Evaluation of Food* (1999). Maryland.
5. Pedrero D, Pangborn RM. 1989. *Evaluación Sensorial de los Alimentos, Métodos Analíticos*. México.
6. ISO 8586-1 1993 Primera Edición.
7. Vásquez C, Soto S. 2010. Efecto de la fibra dietética sobre la textura de salchicha viena. *Nacameh*. Volumen 4. Pp 3-6.
8. Voilley A, Etievant P. 1ra edición. 2006. *Flavor in food*. Crc Press, Boca Ratón, USA.
9. Anzaldúa Morales 1994. *La Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Edit. Acribia España.
10. K.S. Swigert , F.K. McKeith b, T.C. Carr , M.S. Brewer, M. Culbertson “Effects of dietary vitamin D3, vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality”, *Meat Science*, 2004.
11. C.T. Boleman, D.R. McKenna, W.S. Ramsey, R.K. Peel, J.W. Savell “Influence of feeding vitamin D3 and aging on the tenderness of four lamb muscles”, *Meat Science*, 2005.
12. R.W. Lawrence, J. Doyle, R. Elliott, I. Loxton, J.P. McMeniman, B.W. Norton, D.J. Reid, R.W. Tume, “The efficacy of a vitamin D3 metabolite for improving the myofibrillar tenderness of meat from *Bos indicus* cattle”, *Meat Science* 2006.

13. RudolfLahucky, Ivan Bahelka, Ulrich Kuechenmeister, Katarina Vasickova,KarinNuernberg, Klaus Ender, GerdNuernberg “Effects of dietary supplementation of vitamins D3 and E on quality characteristics of pigs and longissimus muscle antioxidative capacity”, Meat Science, 2007.
14. Keisuke Sasaki, MichiyoMotoyama, Jumpei Yasuda, Tadashi Yamamoto, Mika Takumi Narita Mitsumoto, “Beef texture characterization using internationally established texture vocabularies in ISO5492:1992: Differences among four different end-point temperatures in three muscles of Holstein steers”, Meat Science, 2010.

ANEXO CUESTIONARIOS.

Cuestionario 1(C1). Reclutamiento de jueces sensoriales.

CUESTIONARIO DE PRESELECCION DE JUECES SENSORIALES		
Nombre _____	Edad _____	Sexo _____
Fecha _____	Escolaridad Máxima _____	
Correo electrónico _____		
<u>Salud:</u>		
¿Padece de alguna enfermedad que puede afectar sus sentidos?		
Si _____	No _____	
Cual? _____		
Frecuencia _____		
¿Toma algún medicamento que afecte su sentido del olfato o gusto?		
No _____	Si _____	
¿Es daltónico?	No _____	Si _____
<u>Hábitos:</u>		
¿Fuma?	No _____	Si _____
¿Cuántos cigarrillos al día? _____		
Horario de trabajo _____ am a _____ pm		
Horario de alimentos:		
Desayuno _____ am		
Comida _____ am		
Cena _____ am		

¿Padece de alguna intolerancia a algún alimento? No _____ Si _____

¿Cual (es)? _____

¿Le disgusta en particular algún alimento? No _____ Si _____

¿Cuál(es)? _____

¿Estaría dispuesto a participar en pruebas sensoriales para el olor, sabor y textura de carne de res?

No _____ Si _____

¿En que horario quisiera participar (1 ó 2 veces por semana)?

Mañana _____ Tarde _____ Hora exacta preferida: _____

I. Evalúe del 1 al 8 (donde 1 es el mínimo y 8 el máximo) los siguientes atributos de su persona.

Tolerancia: _____

Disciplina: _____

Puntualidad: _____

Iniciativa: _____

Honestidad: _____

II. Describe el olor y sabor de un platillo que haya consumido ayer (no use calificativos que indiquen si le gustó o no, como agradable o malo).

¡Gracias por participar!

Cuestionario 2 (C2). Asociación e identificación de olores.

PRUEBA DE SELECCIÓN DE JUECES

Prueba de sensibilidad para la identificación de sensaciones de olor

Nombre: _____

Correo electrónico: _____

Instrucciones:

A continuación se te presentan 5 muestras para que evalúes su olor. Huele cada una de ellas y a continuación describe la nota de olor asociándola con algún material, producto o sustancia te recuerde

Muestra	Descriptor
420	_____
127	_____
216	_____
874	_____
517	_____

Una vez identificados los descriptores, percibe el olor de las otras cinco muestras que tienen las mismas sustancias. Indica en cada caso el código de la muestra a la cuál sea idéntica.

Muestra	Código de la muestra idéntica
420	_____
127	_____
216	_____
874	_____
517	_____

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

Cuestionario 3 (C3). Pruebas triangulares y descriptivas.

Prueba de selección de jueces para evaluación sensorial de carne de cerdo.

Prueba discriminativa triangular

Nombre: _____

Instrucciones:

A continuación se presentan tres muestras. Prueba las muestras de izquierda a derecha y encierra en un círculo el número de la muestra diferente de las otras dos.

751

849

227

A continuación, favor de describir el olor y el sabor de la muestra diferente y de alguna de las muestras iguales.

Clave:

Descriptores:

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

Cuestionario 4 (C4). Pruebas descriptivas

Selección de jueces sensoriales para carne de cerdo

Nombre: _____ Fecha: _____

A continuación se te presentan 2 muestras de carne. Descríbelas recordando no usar adjetivos como me gusta mucho, delicioso etc.

Muestra **Descriptores**

127 Aspecto: _____
 Olor: _____
 Sabor: _____
 Textura: _____

651 Aspecto: _____
 Olor: _____
 Sabor: _____
 Textura: _____

A continuación se te presentan 5 muestras para que evalúes su olor. Huele cada una de ellas y descríbela asociándola con algún material, producto o sustancia que te recuerde.

631 _____

528 _____

832 _____

901 _____

005 _____

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

Cuestionario 5 (C5). Inicio del uso de intensidades de atributos.

Entrenamiento de jueces para evaluación sensorial de carne de cerdo

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones: A continuación se presentan dos muestras de carne de cerdo, pruébelas y marque con una “X” la intensidad con la que percibe cada uno de los atributos para cada muestra.

1. ASPECTO						
Muestra	750			826		
Intensidad	Baja	Intermedia	Alta	Baja	Intermedia	Alta
Claridad						
Jugosidad						
Fibrosidad						
Compacta						
2. OLOR						
Muestra	750			826		
Intensidad	Baja	Intermedia	Alta	Baja	Intermedia	Alta
Sangre						
Consomé						
Tostado						
Herbal						
Hervido						
Grasa						
Víscera						
Humo						
Cocido						
3. SABOR						
Muestra	750			826		
Intensidad	Baja	Intermedia	Alta	Baja	Intermedia	Alta
Salado						
Umami						
Sangre						
Grasa						
Víscera						
Rancio						
Hervido						
Metálico						
Consomé						
4. TEXTURA						
Muestra	750			826		
Intensidad	Baja	Intermedia	Alta	Baja	Intermedia	Alta
Dureza						
Jugosidad						
Fibrosidad						
Elasticidad						
Masticabilidad						

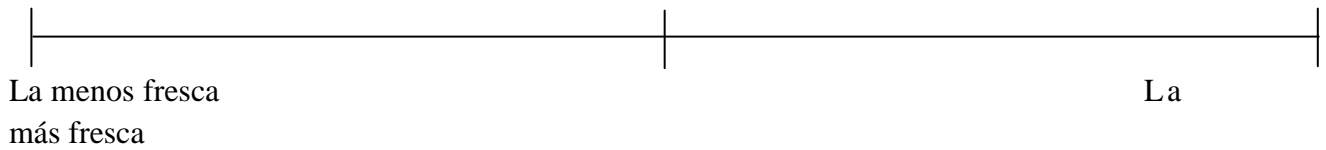
Cuestionario 6 (C6). Uso de escala no estructurada.

Entrenamiento de jueces para evaluación sensorial de carne de Cerdo

Nombre: _____ Fecha: _____

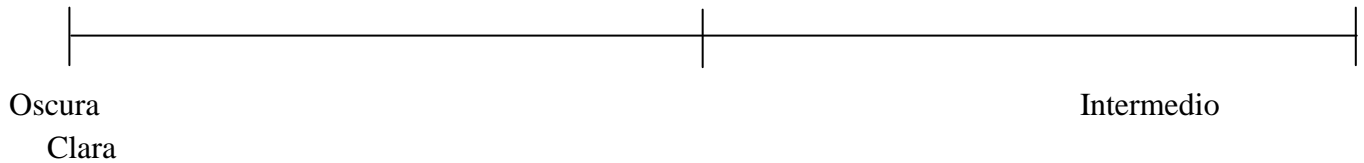
Instrucciones: Perciba el aspecto, olor, sabor, textura y frescura de las muestras que se le presentan e indique la intensidad de cada descriptor sobre la escala con una marca y el número de código de la muestra. Para cada descriptor, califique todas las muestras en la misma escala.

Frescura

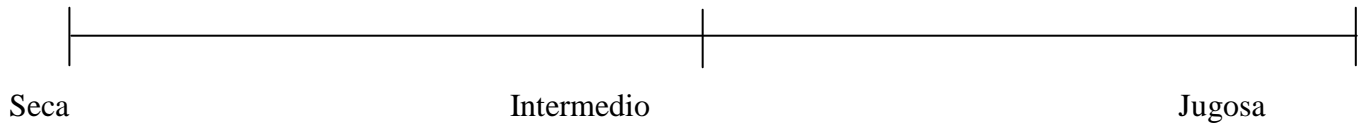


1. Aspecto

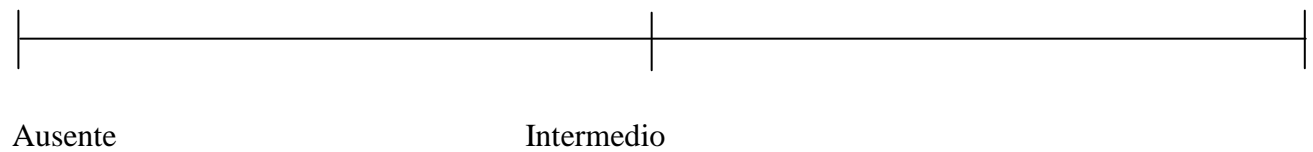
Claridad



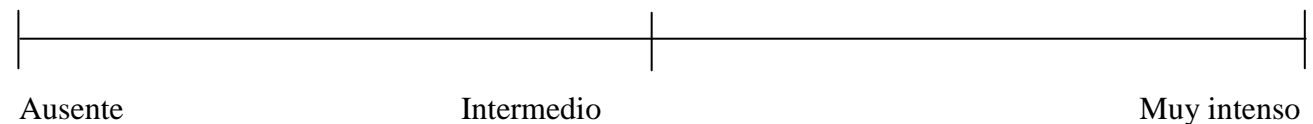
Jugosidad



Fibrosidad

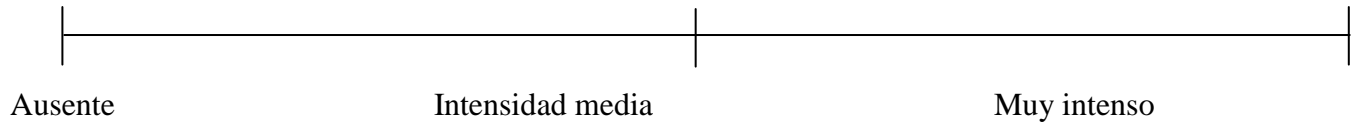


Compacta

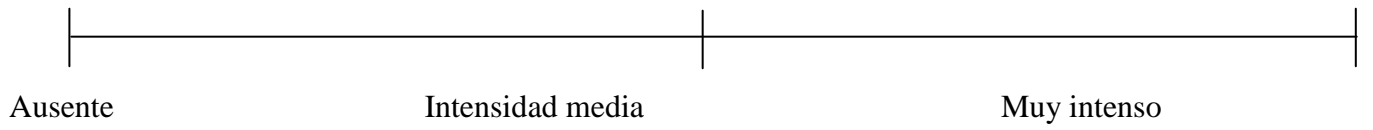


2. Olor

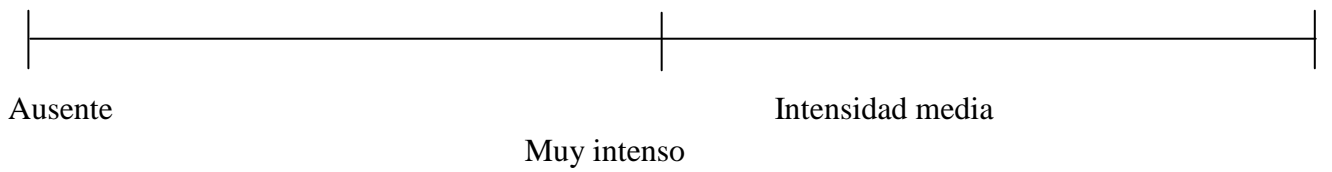
Sangre



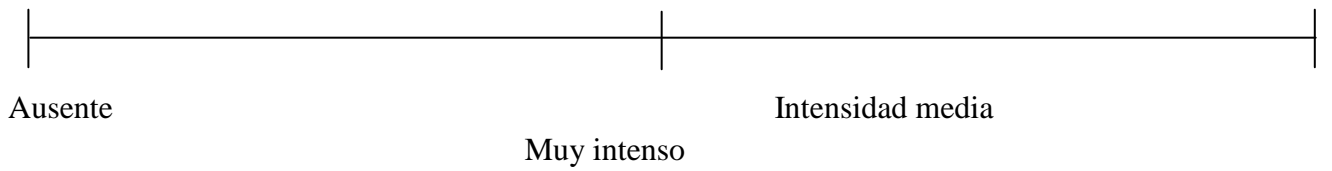
Consomé



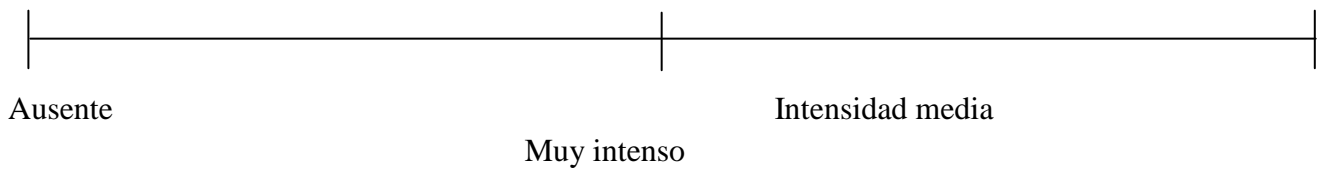
Tostado



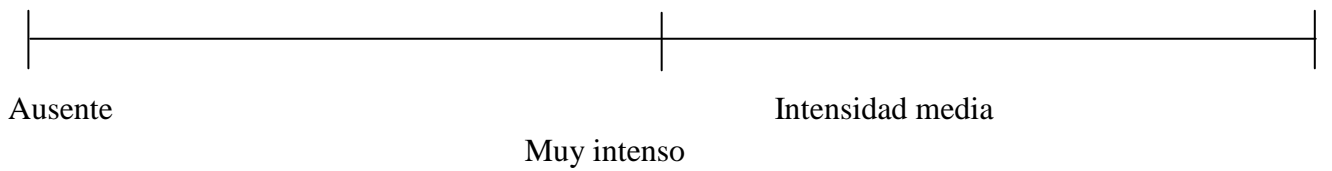
Herbal



Hervido

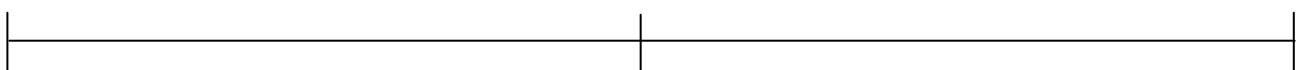


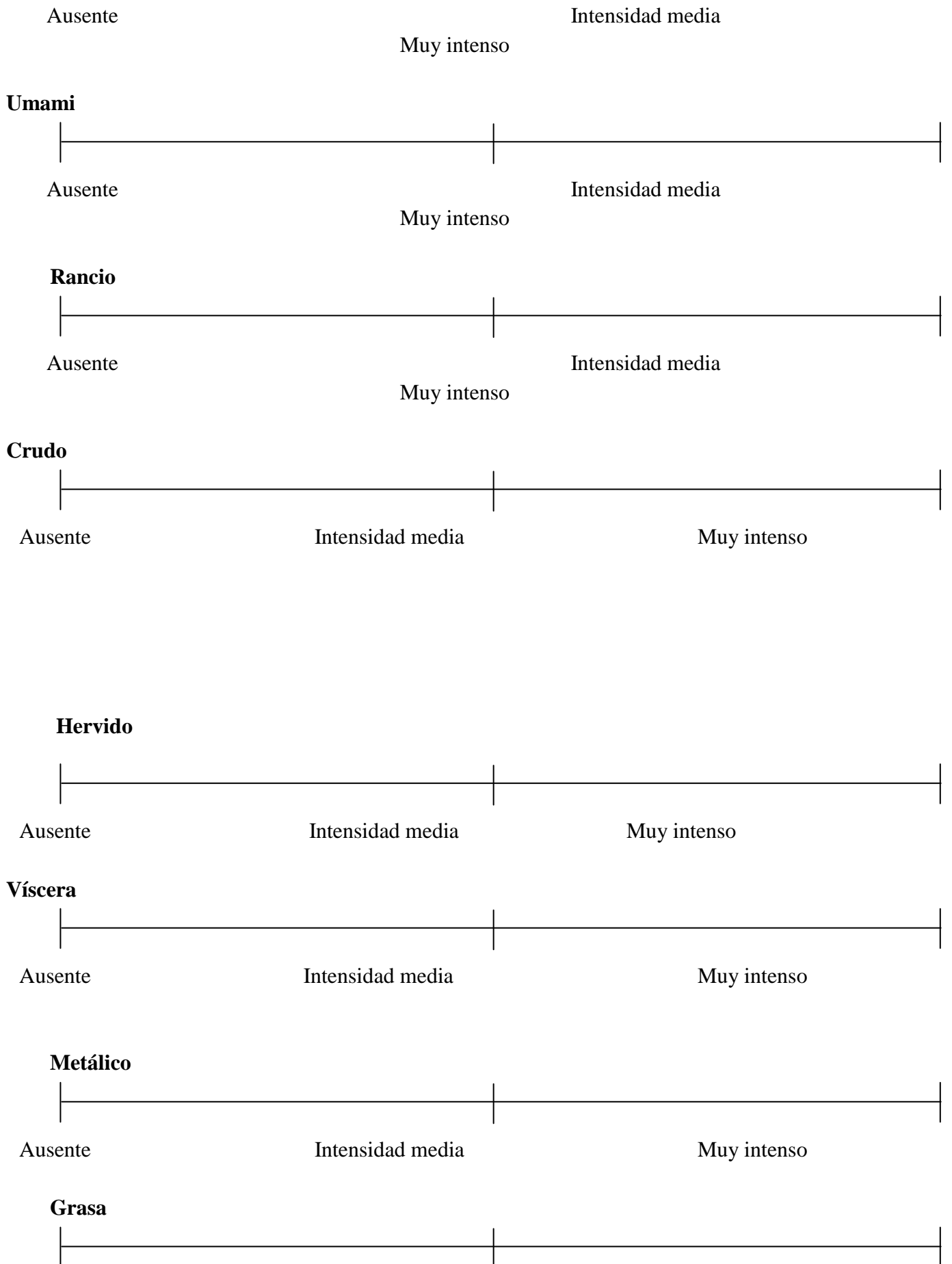
Grasa



3. Sabor

Salado



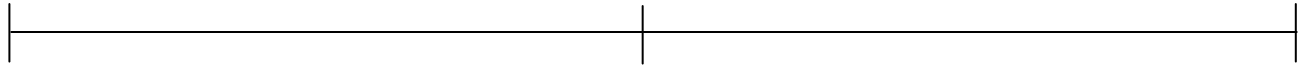


Ausente

Intensidad media

muy intens

Consomé



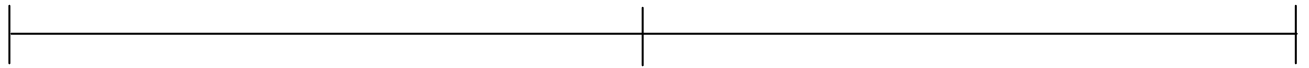
Ausente
intenso

Intensidad media

muy

4. Textura

Dureza

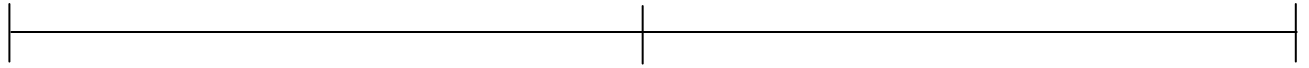


Suave

Intermedio

Dura

Jugosidad

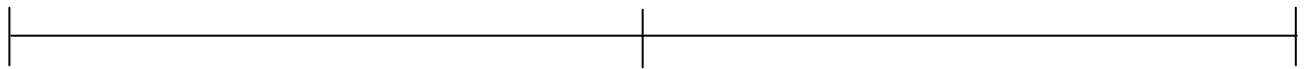


Seca

intermedio

Jugosa

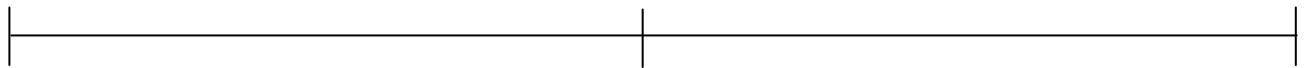
Fibrosidad



Ausente

Intensidad media

Masticabilidad



Ausente
intenso

Intensidad media

muy

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

Cuestionario 7 (C7). Pruebas de rango y agrupamiento.

Evaluación sensorial de carne de cerdo

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones: A continuación se presentan 6 muestras de carne de cerdo, favor de ordenarlas de menor a mayor jugosidad y suavidad, en donde: 1=la menor y 6=la mayor.

Jugosidad

671 _____

420 _____

306 _____

298 _____

472 _____

389 _____

Suavidad

671 _____

420 _____

306 _____

298 _____

472 _____

389 _____

A continuación se presentan 6 muestras de carne de cerdo favor de agruparlas en dos o tres grupos de acuerdo a sus similitudes en sabor y olor. Describir cada uno de los grupos que haya formado.

Grupo	A	B	C
Muestras			
Descripción del grupo			

¡Gracias por participar!

ANEXO 2 tablas de Análisis Discriminante:

Lambda	0.803
F (Valor observado)	1.027
F (Valor crítico)	1.304
GDL1	72
GDL2	972
p-valor	0.03
alfa	0.05
Lambda	0.803

Tabla A.2.1. Prueba del Lambda de Wilks por tratamiento empaque al vacío para M1.

Prueba del Lambda de Wilks (aproximación de Rao):		
Lambda	0.707	
F (Valor observado)	1.784	
F (Valor crítico)	1.303	
GDL1	72	
GDL2	1044	
p-valor	0.000	
alfa	0.05	

Tabla A.2.2 Prueba del Lambda de Wilks por tratamiento empaque al vacío para M2.

Lambda	0.548	
F (Valor observado)	0.790	
F (Valor crítico)	1.345	
GDL1	72	
GDL2	255	
p-valor	0.882	
alfa	0.05	
Lambda	0.548	

Tabla A.2.3. Prueba del Lambda de Wilks por tratamiento empaque permeable al oxígeno para M1.

Lambda	0.561	
F (Valor observado)	0.969	
F (Valor crítico)	1.333	
GDL1	72	
GDL2	327	
p-valor	0.553	
alfa	0.05	
Lambda	0.561	

Tabla A.2.4. Prueba del Lambda de Wilks por tratamiento empaque permeable al oxígeno para M2.

ANEXO 3. Gráficas de empaque permeable al oxígeno muestreo 1.

