

Selecciones



Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias

<http://rccp.udea.edu.co>

RCCP

Análisis sensorial en carne[✉]

Sensory analysis of meat

Análise sensorial da carne

Iván C Sánchez^{1,3}, IQ, Sp, Est MSc; William Albarracín^{2,3}, IQ, MSc, PhD

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

²Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

³Grupo de investigación Aseguramiento de la calidad de Alimentos y desarrollo de nuevos productos, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

(Recibido: 23 septiembre, 2009; aceptado: 20 abril, 2010)

Resumen

La selección de un método de análisis sensorial es una función de las características del producto, siendo los propósitos establecer un criterio objetivo en atributos de color, olor, sabor y palatabilidad y diferenciar con parámetros normalizados. Una selección rigurosa de los evaluadores esta sujeta a pruebas específicas y diseño experimental, siendo los panelistas, sujetos objetivos y argumentativos capaces de interpretar y discriminar una sensación en un lenguaje coherente. Estas interpretaciones pueden marcar una nueva normalización que permita, por medio de medidas instrumentales, obtener una valoración más inmediata y con menor porcentaje de error, soportado por métodos estadísticos secuenciales de fácil entendimiento y manejo.

Palabras clave: *análisis sensorial, carne, catadores, entrenamiento de panel, panel sensorial.*

Summary

The selection of a sensory analysis method is a function of the specific characteristics of the product under test, and its purpose is to establish objective attributes of colour, odor, flavor, palatability, and also to differentiate them with standard parameters. A rigorous selection of the panelists should be considered, and the obtained results should set new standards that allow an immediate assessment with lower error, supported by sequential statistical methods.

Key words: *meat, panel taste, sensory analysis, tasters, training panel.*

✉ Para citar este artículo: Sánchez IC, Albarracín W. Análisis sensorial en carne. Rev Colomb Cienc Pecu 2010; 227-239.

* Autor para correspondencia: Iván C Sánchez. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Tel (051) 3165000 extensión 19226. Correo electrónico: icsanchezb@unal.edu.co.

Resumo

Os métodos sensoriais procuram analisar as características do produto, com o propósito de estabelecer um critério objetivo em atributos de cor, odor e palatabilidade e diferenciar os parâmetros normalizados. Uma seleção rigorosa dos avaliadores está sujeita a testes específicos e a um desenho experimental, sendo os panelistas, pessoas objetivas e argumentativas capazes de interpretar e discriminar uma sensação em uma linguagem coerente. Estas interpretações podem marcar uma nova normalização que permita, por meio de mensurações instrumentais, obter uma valoração mais imediata e com menor percentagem de erro, suportado por métodos estatísticos seqüenciais de fácil entendimento e manejo.

Palavras chave: *analises sensorial, carne, catadores, painel sensorial.*

Introducción

Según el Informe de la cadena de la industria bovina, en Colombia el consumo aparente para el 2003 fue de 0.734 millones de toneladas (Agrocadenas, 2005) contrastado al consumo en Latinoamérica de 103 millones de toneladas (FAO, 2005) el cual muestra un consumo poco representativo, mientras el consumo de carne de pollo en Colombia corresponde a 0.678 millones de toneladas (Agrocadenas, 2005); comparado con el año de 2005, el consumo de carne de pollo supera el consumo de carne de bovino en cerca de 0.05 millones de toneladas.

Para entender el comportamiento de la predilección de los consumidores por carne de una especie, es necesario entender sus necesidades y restricciones, cambios en el poder adquisitivo, altos precios de los productos frescos o procesados y el contenido de grasa en estos mismos (Resurreccion, 2003; Armstrong y McIlveen, 2000). Estudios sectorizados del consumo, son evaluados con base en regiones delimitadas, pretendiendo entender la predilección por una especie específica, pero metodologías no relevantes como la preparación de las muestras y desarrollo del vocabulario son razón para encontrar cambios en la aceptación en un análisis por regiones (Sañudo *et al.*, 2007). Con la implementación de sistemas de inspección y aseguramiento de la inocuidad de la producción de alimentos en Colombia, se pretende que los productores se vean abocados a implementar sistemas de calidad en alimentos estableciendo parámetros de control específicos a su producción.

Para obtener una metodología generalizada, las aplicaciones actuales de métodos sensoriales están encaminadas a establecer correlaciones con parámetros instrumentales (Onega, 2003), así varios estudios buscan la objetividad de los panelistas correspondientes con medidas instrumentales (Raes *et al.*, 2003; Swatland *et al.*, 1995; Peachey *et al.*, 2002); el principal problema consiste en la falta de homogeneidad en los atributos y descriptores de la sensaciones en los panelistas así como establecer que atributo es el principal en una catación. Para varios autores, la jugosidad es el atributo de mayor aceptación (Van Oeckel *et al.*, 1999; Poste *et al.*, 1993), el cual se contrarresta con una descripción general de flavor (Calkins y Hodgen, 2007).

El objetivo de la presente revisión es la definición de las bases y los procedimientos para la realización de estudios de análisis sensorial en carne y productos cárnicos, así como explorar las variables que se tienen con respecto al tratamiento de los datos y la búsqueda de objetividad evidenciada por resultados instrumentales.

Pruebas afectivas y analíticas

En general las pruebas sensoriales se pueden distinguir 2 grupos principales: Pruebas afectivas y analíticas. Las pruebas afectivas se dividen en test de aceptación o preferencia y el test hedónico de escalas relativas. Las pruebas analíticas a su vez se dividen en pruebas discriminatorias y descriptivas (Figura 1).

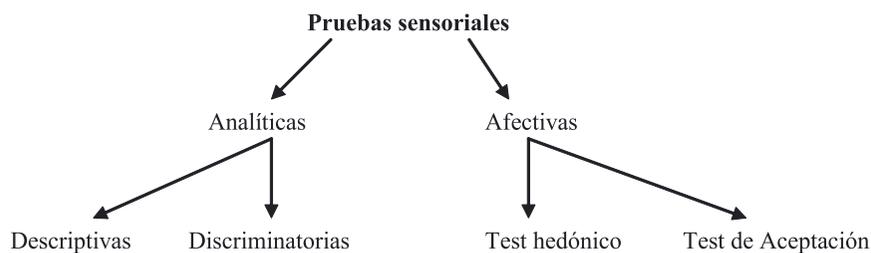


Figura 1. Diagrama general de pruebas sensoriales.

Las pruebas analíticas pretenden describir y diferenciar los productos. Las pruebas discriminatorias se establecen con la finalidad de distinguir diferencias en grupos de muestras en panelistas con un grado de entrenamiento. Las técnicas más usadas corresponden a duotrio y prueba triangular: la prueba duo-trio se presenta como selección entre 2 muestras (A y B) estableciendo semejanza o diferencia de un patrón (R) conocido. En la prueba triangular, el panelista debe identificar entre 3 muestras (A, B, R), cuales son iguales y cual diferente (Stone y Sidel, 1993; Siegfried *et al.*, 2006).

Las pruebas descriptivas se establecen con la finalidad de encontrar descriptores que tengan un máximo de información sobre las características sensoriales del producto, usando panelistas con mayor entrenamiento que en los empleados en pruebas discriminatorias, los cuales evalúan su percepción con valores cuantitativos proporcionales a una intensidad. Se pueden definir con escalas estructuradas y equidistantes, donde el panelista a través de estas valora su percepción asignado un atributo particular con una intensidad determinada. Cada punto de esta escala estaría determinado por un descriptor de la cualidad evaluada, relacionando en extremos su aprobación o rechazo definiendo el porque de su decisión. El número de descriptores en la escala puede variar de 10 a 20 para cada cualidad. Se pueden usar los mismos descriptores en diferentes características (Nalan, 2002).

Las pruebas afectivas pretenden evaluar el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado empleando el criterio subjetivo de los catadores. En la mayoría de los casos, los catadores corresponden a consumidores no entrenados en la descripción de preferencias, donde su evaluación se

basa en gustos. Para esta evaluación se usan frases sencillas y lógicas que cualquier consumidor pueda identificar (Noble *et al.*, 1997; Owens, 2002) sin formular preguntas determinadas sobre intensidades sabores, tamaños y olores; deben ser enfocadas en decisión de compra y aceptación general (Muñoz, 1998).

Para elaborar las pruebas sensoriales se realizan documentos que cada panelista debe responder de una forma clara y precisa que no genere dudas e interpretaciones personales, cada panelista se debe limitar a contestar cada pregunta que se le haga. La combinación de pruebas afectivas y descriptivas tiene como finalidad entender a través de la aceptación o preferencias de consumidor (afectivas), que cualidades se deben mejorar, mantener (descriptivas) o formular en el desarrollo de nuevos productos (Muñoz, 1998).

En la definición de la escala se establecen las características generales que identifican al producto, denominadas descriptores. Para definirlos, el líder del panel de catación debe ser objetivo y usar diferenciaciones amplias en cuanto al uso de terminología y palabras exactas (Muñoz, 1998). En muchos casos el uso de lenguaje y palabras usadas en la región donde se realiza la cata son mejores descriptores que lenguajes complicados o técnicos (Nindjin *et al.*, 2007).

Como consecuencia del uso de escalas estructuradas y equidistantes, se usan escalas normalizadas que consisten en comparar patrones en una secuencia lógica, con la muestra a analizar. Estas escalas se benefician en el empleo de pocas muestras de cata y menos catadores entrenados, aunque se puede caer en errores de fatiga (Cartie *et al.*, 2006).

Adicionalmente se pueden presentar escalas libres, donde el panelista usando descripciones subjetivas identifica en una línea continua su evaluación sin parámetros de referencia diferentes a los extremos (Westada *et al.*, 2003). La aplicación de estas escalas correspondería a factores de análisis y diferencias estadísticas; es recomendable usar escalas equidistantes pues su cuantificación es más sencilla, pero en descriptores confusos, se puede caer en errores de valoración cuanto las diferencias son mínimas en los descriptores (Westada *et al.*, 2003).

Existen otros métodos de análisis descriptivo: método del perfil del flavor (Cairncross y Sjostrom, 1950), método de perfil de textura (Brandt *et al.*, 1963), análisis cuantitativo descriptivo (Stone *et al.*, 1974), perfil de libre elección (Langron, 1983; Thompson y MacFie, 1983); la combinación de estos métodos en uno generalizado permite usar las distintas escalas según la característica a analizar (Anon, 1999; Murray *et al.*, 2001). Estas pruebas descriptivas deben preguntar por atributos más amplios que simplemente ternura y jugosidad en carnes, es recomendable ampliar el rango de acción del catador para generar un juicio más objetivo y acertado, el cual puede dar un indicio de la aceptación del consumidor siempre y cuando se haya establecido una correlación previa entre pruebas afectivas y descriptivas (Samuel *et al.*, 2008).

Entrenamiento y selección de paneles sensoriales

El propósito de usar indiscriminadamente cualquier tipo de panel consiste en el contexto de evaluar preferencias o características de un producto usando el carácter subjetivo de los consumidores y el carácter objetivo que puede brindar un panelista entrenado.

Los consumidores no cuentan con un entrenamiento en atributos o cualidades

sensoriales que pueda brindar una mayor información, por lo cual se recurre a los paneles entrenados, los cuales necesitan una preparación previa para generar un veredicto objetivo. Se ha evaluado la pertinencia de usar escalas hedónicas en pruebas de consumidores, los cuales pueden dar una evaluación semejante a la que puede brindar un panel entrenado, pero el factor entrenamiento lleva a distinguir con mayor precisión diferencias que afectan un producto (Brouvold, 1970; Ishii *et al.*, 2007).

El perfil que debe presentar los catadores debe ser muy limitado donde los gustos, la expectativa y la objetividad son los factores psicológicos más importantes para convertirse en un catador y hacer parte de un panel sensorial (Lund *et al.*, 2009). Es así que cuando se presenta una predilección por un producto determinado el entrenamiento se puede reducir siendo el catador quien agiliza este proceso. Parámetros como la experiencia y la exposición a las muestras definitivamente afectan el rendimiento de la evaluación, mientras que la edad de los catadores no afecta su rendimiento (Bitnes *et al.*, 2007).

Se espera que cada catador a medida que avance su entrenamiento (Figura 2), pueda disminuir sus errores y el uso de replicas en el momento de la evaluación para tener un valor certero. Este entrenamiento implica mínimo 1 hora diaria por 30 días en los atributos a analizar; en varios casos no es satisfactorio el entrenamiento para la totalidad de los atributos, pero se puede generar un vocabulario específico sobre las sensaciones adquiridas (Kreutzmann *et al.*, 2007). La memoria sensorial que presente el catador y la influencia de los medios afectarán su rendimiento, lo cual hace necesario un constante entrenamiento y eliminar los distractores que se presenten al momento de su evaluación tales como sonidos, fuentes de iluminación baja y contar con cubículos especializados para la cata de alimentos (Shapiro y Spence, 2002).

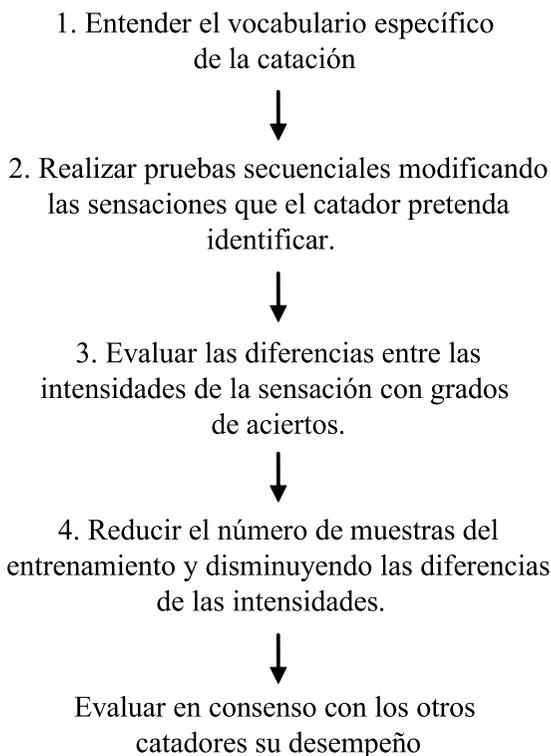


Figura 2. Entrenamiento de catadores (Labbe *et al.*, 2004; McEwana *et al.*, 2003).

La selección de los evaluadores se realiza según un entrenamiento específico a través de diferentes técnicas con pruebas discriminatorias, de selección, ordenamiento o intensidad. Las pruebas más empleadas en la catación corresponden a pruebas triangulares discriminatorias, donde se evalúa el desempeño por el modelo binomial (Gallerani *et al.*, 2000); el método de tiempo intensidad corresponde a establecer un sistema de entrenamiento más intenso mediante el cual el catador reafirma lo adquirido con las pruebas discriminatorias (Peyvieux y Dijksterhuis, 2001). En cada sesión se recuenta el número de aciertos y se realizan graficas del desempeño a través del tiempo.

Debido a que en la carne fresca los atributos no cuentan con intensidades definidas, el entrenamiento de los catadores se debe realizar con simuladores de la sensación a medir, es decir, sustancias que asemejen el producto en la cualidad requerida. En el momento en que el catador pueda evaluar objetivamente el simulador, se reduce el número de replicas, que en la catación de carne puede producir errores de fatiga.

Se presentan conflictos en usar paneles entrenados o no en carnes debido a su complejidad (Bitnes *et al.*, 2009); en parámetros de color y olor, donde su complejidad es menor se emplean correlaciones entre paneles entrenados y de consumidores aprovechado la memoria sensorial que puedan tener los consumidores y su predilección en el momento de la compra (Sullivan *et al.*, 2003). A medida que se reduce la complejidad del producto se aumenta la eficiencia de la catación, pero por más entrenamiento que se tenga el factor heterogéneo de la carne reduce la sensibilidad del catador (Labbe *et al.*, 2004).

Atributos y descriptores usados en carnes

El principal problema que se encuentra en el análisis sensorial consiste en la dificultad en la repetibilidad y homogeneidad. La selección de las escalas de medición tiene como finalidad indicar semánticas jerárquicas traducidas en un lenguaje lingüístico coherente para un producto específico, haciendo uso de su memoria sensorial para describir un impulso que causa una sensación (Muñoz y Civille 1998; Urdapilleta, *et al.*, 1999; Davidson y Sun 1998). Cada panel sensorial debe identificar el producto al cual desea desarrollar su análisis, identificando los atributos principales y las palabras precisas que describen la sensación.

El procedimiento para establecer los descriptores de los atributos sensoriales inicia desde la selección del panel de catación; a medida que se conoce el panel de catación, cada jurado presenta los descriptores que puedan definir cada sensación o atributo del producto. A su vez se busca mediante el uso de simuladores de la sensación, discriminar o reducir los descriptores que los jueces plantearon inicialmente. Mediante el uso de herramientas estadísticas se definen los descriptores que los jurados evidencian ser los más relevantes y con claridad cognitiva (Byrne *et al.*, 1999b).

Cada jurado está en la capacidad de producir descriptores deseables o indeseables según la intensidad de la sensación o el atributo a medir. Cada descriptor puede tener significados amplios según el uso lingüístico que se atribuye, teniendo

problemas de evaluación de tendencia central de la sensación, calificación benévola hacia los valores máximos y el uso de una memoria sensorial de un descriptor falso (Muñoz y Civille, 1998; Nevison y Muir, 2002).

Cada descriptor debe ser específico y claro respecto a la sensación y su intensidad. Para cada atributo (color, olor, sabor, etc.) sus descriptores deben ser relevantes al producto, discriminar claramente las muestras y no redundantes, siendo las habilidades discriminativas más efectivas y un vocabulario amplio y contundente (Byrne *et al.*, 1999a; Urdapilleta, *et al.*, 1999); una correlación lingüística y numérica puede presentar confusiones respecto a la intensidad de la sensación, por ejemplo

una calificación alta (8 = “muy dulce”), no implica una menor (3 = “dulce”); así mismo es necesario evitar los sinónimos en el uso de los descriptores, para esto es útil emplear escalas normalizadas y marcos de referencia de comparación de los atributos en diferentes productos comerciales y de espectro amplio de entendimiento y medición (Byrne *et al.*, 2001; Muñoz y Civille, 1998).

Se han desarrollado vocabularios especializados para carnes cocinadas de pollo, cerdo y res siendo los atributos empleados el color, olor, flavor, sabor y sabor residual. Cada uno de estos atributos tiene en común descriptores de sensaciones de alimentos diferentes a los productos cárnicos como linaza, aceites y semillas como se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Vocabulario específico según el atributo y especie.

Carne	olor	Flavor	Sabor	Sabor residual	
General	“cartón”; “linaza”; “sulfuroso”; “carne fresca”; “grasoso”; “pasto”; “nueces”.	“carne cocinada”; “carne fresca”; “pescado”, “rancio”	umami”; “metálico”; “amargo”; “dulce”; “salado”; “ácido”	“astringente”	(Sullivan <i>et al.</i> , 2002)
Pollo	cartón”; “linaza”; “sulfuroso”; “tostado”; “carne cocinada”	“carne cocinada”; “rancio”; “aceitoso”; “apanado”; “tostado”; “nueces”.	“umami”; “metálico”; “amargo”; “dulce”; “salado”; “ácido”	“astringente”	(Byrne <i>et al.</i> , 1999a)
res	“caramelo”; “linaza”; “sulfuroso”; “carne fresca”; “tostado”; “carne cocinada”	“carne cocinada”; “metálico”; “sabor a carne de pollo”; “lactico (yogurt)” “rancio”; “aceitoso”; “apanado”; “tostado”	“umami”; “metálico”; “amargo”; “dulce”; “salado”; “ácido”	“lactico (yogurt)”; “metálico”	(Byrne <i>et al.</i> , 2001).
Cerdo	“carton”; “linaza”; “sulfuroso”; “carne fresca”.	“carne cocinada”; “pescado”, “rancio”; “aceitoso”; “apanado”; “nueces”.	“umami”; “metálico”; “amargo”; “dulce”; “salado”; “ácido”.	“astringente”	(Byrne <i>et al.</i> , 1999b).

Debido a cambios dinámicos en el vocabulario sensorial, adicional a los atributos mencionados, la palatabilidad y el esfuerzo al morder (Ruiz *et al.*, 2005), se constituyen en los factores de diferenciación en la preparación de las muestras de carne (Byrne, *et al.*, 1999a; Byrne *et al.*, 2001; Davidson y Sun, 1998) siendo sus descriptores “dura” y “blanda”. El esfuerzo al morder permite adicionalmente la diferenciación de carnes respecto a su especie (Sen *et al.*, 2004). La ternura, firmeza, dureza, cohesividad, jugosidad y masticabilidad se constituyen en atributos de la palatabilidad siendo sus descriptores niveles de resistencia en escala de intensidad (Hofmann, 1993; Peachey *et al.*, 2002).

Preparación de muestras de carne y productos cárnicos para análisis sensorial

Los métodos de preparación de las muestras para análisis sensorial son función de variables de temperatura de cocción, tiempo y sistema de empaque que marcan las diferencias significativas y alta variabilidad en la preparación de las muestras de la catación (Peachey *et al.*, 2002).

En general las muestras se obtienen de carne previamente congelada para el análisis, siguiendo un protocolo de descongelamiento, corte de músculo, cocción, atemperado, almacenado y presentación hacia los catadores (AMSA, 1995).

El almacenaje de las muestras es función de la disponibilidad de los catadores y la programación de la catación (Wheeler, *et al.*, en prensa; AMSA, 1995). Es recomendable mantener las muestras a temperaturas inferiores a los -20 °C por periodos variables entre 1 a 7 días antes de la cocción (Rødbotten *et al.*, 2004).

Para muestras de carne de bovino y porcino, las muestras previamente congeladas a una temperatura inferior a los -20 °C, tiene un proceso de descongelación lento por un periodo de 24 a 48 h hasta tener una temperatura interna entre 0 y 3 °C. Los fragmentos o músculos seleccionados son cortados en filetes de espesor aproximado a 2.54 cm. Cada filete independiente del sistema de cocción (parrilla o inmersión) es cocinado hasta obtener una temperatura interna de 71 °C por 5.5 minutos. El reporte de la temperatura final de cocción se realiza a los 2 minutos posteriores al retirar la muestra de carne de su sistema de cocción (Wheeler *et al.*, en prensa; AMSA, 1995). Es de destacar que el muestreo de la temperatura se realiza en el centro geométrico de las partes empleadas.

Existen variaciones respecto a las temperaturas de descongelación, pero su intervalo oscila entre 0 y 5 °C (Wheeler *et al.*, en prensa; Font *et al.*, 2006; Rødbotten *et al.*, 2004; Pittroff *et al.*, 2006); igualmente las temperaturas internas de cocción tienen un intervalo entre 60 y 75 °C (Peachey *et al.*, 2002; Font *et al.*, 2006; Jeremiah y Phillips, 2000; McKenna *et al.*, 2003). Para muestras de carne de aves, su temperatura interna es superior a este intervalo, debido al riesgo de no eliminar patógenos termoresistentes; su temperatura de cocción oscila entre los 75 y 100 °C (Rødbotten *et al.*, 2004; Brannan, 2009).

El sistema de cocción constituye el suministro de calor que requiere la muestra para obtener la temperatura interna requerida. En sistemas de parrilla, la cocción se realiza por transferencia de calor vía indirecta, siendo el aire caliente el fluido calefactor, el cual presenta temperaturas entre los 160 y 220 °C (Font *et al.*, 2006; Hoffman *et al.*, 2007; Hoffman *et al.*, 2008; Byrne *et al.*, 2002). En sistemas de inmersión, la muestra es sumergida en el fluido calefactor asegurando un suministro de

calor homogéneo, siendo el intercambio de materia su restricción; en este sistema es necesario emplear muestras empacadas al vacío en bolsas impermeables y termoresistentes (Jeremiah y Phillips, 2000; Rødbotten *et al.*, 2004; Brannan, 2009).

Para asegurar una distribución de la temperatura homogénea, se realizan precalentamientos escalonados de las muestras a temperaturas de 35 a 40 °C por periodos de 5 a 10 minutos en el centro térmico de la muestra (Wheeler *et al.*, en prensa; Jeremiah y Phillips, 2000; McKenna *et al.*, 2003) y posteriormente un nuevo calentamiento hasta alcanzar los 60 o 75 °C establecidos.

En la presentación de las muestras a los catadores, es necesario retirar la grasa de cobertura de la muestra y el tejido conectivo, cuando estas partes no son el objetivo del estudio. Estas muestras son recubiertas por papel aluminio y mantenidas a una temperatura constante de almacenamiento, donde varía según las condiciones del experimento de 15 a 20 °C (Font *et al.*, 2006; Hoffman *et al.*, 2007; Hoffman *et al.*, 2008). Los cortes de presentación tienen una variación de geometría, constituyéndose 1cm² la base de presentación por una longitud entre 1 y 3 cm (AMSA, 1995; Peachey *et al.*, 2002; Font *et al.*, 2006; Pittroff *et al.*, 2006; Hoffman *et al.*, 2008); se puede presentar también formas irregulares pero con pesos previamente establecidos en 20g (Brannan, 2009).

El tiempo de presentación corresponde de 5 a 10 minutos posteriores a un atemperado de las muestras. Se emplean como agentes limpiadores del sabor, sorbos de agua y galletas sin sal (Peachey *et al.*, 2002).

Métodos estadísticos

Los métodos estadísticos del análisis sensorial se distinguen en diseño experimental y modelos de interpretación de datos, siendo estos últimos función de los parámetros en la respuesta (Forde *et al.*, 2007). A partir de un análisis exploratorio de los datos recogidos en el diseño de las pruebas y propiedades sensoriales conocidas, la discriminación del modelo de interpretación

se divide en el tipo de variable de respuesta dependiente o independiente.

Los modelos empleados en variables de respuesta independientes continuas se distribuyen empleando métodos de análisis de regresiones, pruebas de hipótesis, análisis de varianza y covarianza; variables dependientes categóricas se distribuyen empleando análisis según su estructura, replicación o análisis multivariado.

Al emplear variables dependientes el nivel de discriminación se determina por número de variables de respuesta de los datos, en el caso que sea una variable final, según la forma de la distribución (normal o censurados) se emplean los análisis de varianza, diseño de bloques y análisis de tiempo de falla; caso contrario donde la variable de respuesta sea mayor o igual a 2, el análisis multivariado de varianza se constituye en la metodología de análisis.

El análisis exploratorio de variables, marca un indicio de que modelo de análisis se puede usar, discriminando el tipo de distribución y parámetros de varianza. Puede proporcionar resultados simples y sencillos pero no permite un grado de certeza y correlación con otras variables (Probola y Zander, 2007).

Modelos lineales y distribuciones *f* y *t* se emplean para establecer el grado de significancia y errores mínimos de correlaciones que puedan existir entre los atributos y las evaluaciones dadas por los catadores (Brockhoff, 2001). El modelo de árbol aleatorio es una nueva técnica para una descripción predictiva. Existe una compatibilidad entre regresiones lineales con el cual se tienen en cuenta errores muy pequeños en la predicción, dando importancia a cada atributo presentado (Granitto et al., 2007).

Es importante distinguir el tipo de error en los modelos lineales y pruebas de distribuciones; en el caso de análisis sensorial, una reducción de los errores tipo I corresponderían a una aproximación de sistema *ANOVA* de una vía tendiendo más certeza de la hipótesis a aprobar (Brockhoff, 2001), pero el efecto de la aleatoriedad de las muestras

tiene un grado de significancia en el análisis *ANOVA*, siendo difícil la compatibilidad con los modelos de distribución (*t* o *f*) (Kunert, 2000).

Dada complejidad en las matrices de análisis en carnes donde los factores de análisis se constituyen de una matriz de evaluadores, muestras y atributos, es muy elevada, siendo necesario disminuir las variables de respuesta a componentes principales que sean capaces de identificar cuales son más representativas de las demás. *PCA*, regresión de mínimos cuadrados y regresión de principales componentes son los más usados con estas matrices (Noes et al., 1996). Al emplear modelos de distribución *t* o *f* en el análisis de las variables de atributos se pueden eliminar muestras o datos según el grado de significancia empleado; estos datos eliminados pueden ser significativos en los modelos multivariados (Kubberød et al., 2002). El diseño multivariable es más eficaz pues puede agrupar más resultados que proporcionan evaluadores (Forde et al., 2007); un factor adicional de usar modelos multivariados consiste en la simplicidad de las regresiones pues corresponden a sistemas lineales (Noes et al., 1996).

El análisis por componentes principales (*PCA*) procura disminuir ese número de variables, dando la posibilidad de realizar análisis de tendencias e intervalos de confianza donde las variables de mayor significancia corresponden a la respuesta de algunas de menor peso (Carrasco y Siebert, 1999; Probola y, Zander, 2007). El modelo de *PCA* requiere que las variables de entrada correspondan a un grado de significancia elevado siendo el *p-valúe* muy bajo. Por medio de un análisis de varianza *ANOVA* de una o 2 vías, se puede identificar el grado de significancia de cada variable; el siguiente paso corresponde al *PCA* de agrupar y reducir el número de variables, en este caso atributos, que sean representativos de las muestras del análisis (Ellekjaer et al., 1996; Kutia et al., 2004; Probola y, Zander, 2007).

Para proporcionar el grado de significancia en los modelos *ANOVA* y obtener regresiones de mínimos cuadrados, es necesario validar las varianzas de los factores de análisis (Byrne et al., 2002), *Jack Knife* provee una buena aproximación pero

es dependiente de la aleatoriedad de los ensayos; para eliminar esta nueva variable, el modelo *TOBIL* proporciona una buena validación sin violar los niveles nominales las variables que emplea *ANOVA* (Galiano y Kunert, 2006; Martens y Martens, 2000).

Es necesario establecer el orden de análisis cuando se usa el modelo *PCA Y ANOVA* simultáneamente. Se recomienda usar inicialmente el modelo *ANOVA* evaluando la significancia y posteriormente el modelo *PCA* (Arvanitoyannis et al., 2000; Luciano y Tormod, 2009). En estudios donde se involucrará la variable tiempo, se recomienda emplear métodos especializados en temporalidad posterior a aplicar el modelo *PCA* (Parisi, et al., 2002).

Se presenta la lógica difusa como metodología de estimación de las propiedades sensoriales; este método permite convertir las respuestas categóricas en modelos continuos de fácil regresión (Lannoua et al., 2002).

Correlaciones de análisis sensorial

Las correlaciones de análisis sensorial se distinguen en identificar parámetros de calidad por medio de medidas instrumentales y relaciones entre atributos. La última tendencia de estudios de análisis sensorial está encaminada a establecer la existencia de significancia y efectividad de las medidas instrumentales y atributos sensoriales de los productos cárnicos. Un análisis sensorial pobremente implementado afecta directamente el juicio de los panelistas y por ende la correlación con la medida instrumental; el análisis sensorial esta afectado por la subjetividad del panelista, el cual marca la diferencia con el análisis instrumental respecto a su interpretación y aplicación siendo necesario aplicar ambos tipos de análisis como medidas de calidad en los alimentos.

Variaciones pequeñas en la composición pueden presentar interferencias para obtener una correlación lineal con los descriptores, pero se puede tener una visión global de la selección como parámetros de control de calidad (Jia et al., 2008), su análisis es bastante complejo dependiendo del número de atributos a medir; es recomendable correlacionar

un parámetro por medida instrumental (Lassoueda et al., 2008). Se presenta la relación de medidas instrumentales con atributos sensoriales:

El atributo de olor es correlacionado con grupos de aromáticos identificados por medio de una nariz electrónica que emplea celdas de detección a partir de sustancias obtenidas en un espacio de cabeza; en este punto los compuestos aromáticos de la grasa animal corresponden a una “huella” del tipo de animal, este análisis instrumental es muy limitado debido al gran número de descriptores que se pueden emplear al realizar el análisis sensorial con panelistas (Hansen, et al., 2005).

Descriptores de palatabilidad son correlacionados con medidas instrumentales tomados por las metodologías de ciclos de compresión y el método de cizalla de *Warner-Bratzler*, siendo la preparación de las muestras y la forma de presentación indicadores de una buena correlación, por ejemplo el sentido de las fibras en las muestras (Poste et al., 1993); *Warner-Bratzler* proporciona un intervalo de confianza del 99% respecto al parámetro de dureza y la posibilidad de obtener correlaciones canónicas con solo 3 puntos de comparación (Van Oeckel et al., 1999; Peachey et al., 2002; Combes et al., 2008); una aproximación a establecer si la carne se encuentra dura o blanda es por fuera del intervalo de 52.68 y 42.87 N (Destefanis et al., 2008).

En una metodología de ciclos de compresión, las medidas instrumentales presentan una aceptación inferior a la que presentaría un panel de catación (Peachey et al., 2002). La ternura y la dureza están relacionados con la presencia de tejido conectivo y la presencia de cenizas (Válková et al., 2007); estos dos parámetros a su vez están inversamente correlacionados (Hansen et al., 2004). Adicional a los parámetros de ciclos de compresión la fluorescencia del tejido conectivo del músculo proporcionaría una medida de la intensidad de la dureza y ternura (Swatland et al., 1995).

El color es correlacionado con coordenadas de intensidad *L*, rojo-verde *a**, amarillo-azul *b**; donde la luminosidad y el color rojo tienen mayor aceptación, constituyendo una medida directa y eficiente de la aceptación comercial de la carne

fresca (Válková *et al.*, 2007); comparativos con imágenes digitales muestran mayor aceptación visual que con muestras de carne, resaltando la intensidad lumínica *L* (O'Sullivan *et al.*, 2003).

El flavor se relaciona con los parámetros de dureza y así mismo con las medidas instrumentales de un texturómetro (Spanier *et al.*, 1997), pero según el entrenamiento o las pruebas descriptivas la preparación de las muestras constituyen el factor de mayor análisis (Otremba *et al.*, 2000).

Se presenta la espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano como un método inmediato de evaluación de parámetros como composición, pH, color y sensorial; se encuentra en desarrollo como por medio de la composición se puede correlacionar con los descriptores de palatabilidad, el mayor inconveniente corresponde a la preparación de las muestras pues la espectroscopia se realiza en carne cruda (Prieto *et al.*, 2009).

Referencias

- Agrocadenas. La Industria de Carnes Frescas en Colombia: res, cerdo y pollo. Ministerio de agricultura 2005; [15/05/2009] URL: [http://webiica.iica.ac.cr/colombia/iica/anexos/Agroindustria%20Observatorio/agroindustria_carnes%20\(original\).doc](http://webiica.iica.ac.cr/colombia/iica/anexos/Agroindustria%20Observatorio/agroindustria_carnes%20(original).doc)
- AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association 1995.
- Anon. Taste buds still in control. Food Engineering mag 1999; 71: 14.
- Armstrong GA and McIlveen H. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. Food Qual Pref 2000; 11:377-385.
- Arvanitoyannis IS, Bloukas JG, Pappa I and Psomiadou E. Multivariate data analysis of Cavourmas a Greek cooked meat product. Meat Sci 2000; 54:71-75.
- Bitnes J, Martens H, Ueland O and Martens M. Longitudinal study of taste identification of sensory panellists: Effect of Ageing, Experience and Exposure. Food Qual Pref 2007; 18:230-241.
- Bitnes J, Ueland O, Muller PM and Martens M. Reliability of sensory assessors: issues of complexity". J Sens Stud 2009; 24:25-40.
- Brandt MA, Skinner EZ and Coleman JA. Texture profile method. J Food Sci 1963; 28:404-409.
- Brannan RG. Effect of grape seed extract on descriptive sensory analysis of ground chicken during refrigerated storage. Meat Sci 2009; 81:589-595.
- Brockhoff PB. Sensory profile average data: combining mixed model ANOVA with measurement error methodology. Food Qual Pref 2001; 12:413-426.
- Brouvold W. Laboratory panel estimation of consumer assessments of taste and flavor. J Appl Psychol 1970; 54:326-330.
- Byrne DV, Bredie W and Nartens M. Development of a sensory vocabulary for warmed-over flavor: Part II in chicken meat. J Sens Stud 1999a; 14:67-78.
- Byrne DV, Bak L, Bredie WLP, Bertelsen G and Martens M. Development of a sensory vocabulary for warmed-over flavor: Part I. In porcine meat. J Sens Stud 1999b; 14:47-65.
- Byrne DV, Sullivan MG, Dijksterhuis GB, Bredie WL and Martens M. Sensory panel consistency Turing development of a vocabulary for warmed-over flavour. Food Qual pref 2001; 12:171-187.
- Byrne DV, Bredie WLP, Mottram DS and Martens M. Sensory and chemical investigations on the effect of oven cooking on warmed-over flavour development in chicken meat. Meat Sci 2002; 61:127-139.
- Caimcross SE and Sjostrom LB. Flavour profiles: a new approach to flavour problems. Food Technol 1950; 4:308-311.

Conclusión

Los sistemas de calidad en auge en las plantas de alimentos dadas por la normatividad, conllevan a desarrollar metodologías de inspección y calidad de sus productos finales. Se presenta el análisis sensorial como una herramienta práctica y satisfactoria para obtener una medida objetiva a partir de apreciaciones dadas por personal entrenado. Por medio de 2 tipos de pruebas afectivas y analíticas, panelistas o jurados de una sensación que describe un atributo requieren una selección exhaustiva de entrenamiento específico y capaces de desarrollar un lenguaje propio y de fácil entendimiento. Protocolos de preparación de muestras, vocabulario específico y metodología de análisis marcan la diferencia de selección, objetividad y repetición de las pruebas sensoriales haciendo difícil la comparación de carne. Por su carácter complejo el análisis sensorial en carnes se debe describir íntegramente y secuencial con parámetros muy definidos de preparación y selección.

- Calkins CR and Hodgen JM. A fresh look at meat flavor. *Meat Sci* 2007; 77:63-80.
- Carrasco A and Siebert KJ. Human visual perception of haze and relationships with instrumental measurements of turbidity. Thresholds, magnitude estimation and sensory descriptive analysis of haze in model systems. *Food Qual Pref* 1999; 10:421-436.
- Cartie R, Rytz A, Lecomte A, Poblete F, Krystlik J, Belin E and Martin N. Sorting procedure as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map. *Food Qual Pref* 2006; 17:562-571.
- Combes S, González I, Déjean S, Baccini A, Jehl N, Juin H, Cauquil L, Gabinaud B, Lebas FO and Larzul C. Relationships between sensory and physicochemical measurements in meat of rabbit from three different breeding systems using canonical correlation analysis. *Meat Science* 2008; 80:835-841.
- Davidson VJ and Sun W. A linguistic method for sensory assessment. *J Sens Stud* 1998; 13:15-330.
- Destefanis G, Brugiapaglia A, Barge MT and Dal Molin E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Sci* 2008; 78:153-156.
- Ellekjaer MI, Ilsengb MA, Naesa T. A case study of the use of experimental design and multivariate analysis in product improvement. *Food Qual pref* 1996; 1:29-36.
- FAO food and agricultural organization of the United Nations. FAOSTAT Statistical databases; [15/06/2009] URL: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>.
- Font MR, Guerrero L, Sañudo C, Campo MM, Olleta JL, Oliver MA, Cañeque V, Álvarez I, Díaz MT, Branscheid W, Wicke M, Nute GR and Montossi F. Acceptability of lamb meat from different producing systems and ageing time to German, Spanish and British consumers. *Meat Sci* 2006; 72:545-554.
- Forde CG, Williams ER and O’Riordan PJ. Use of multi-stratum design and analysis in a sensory trial. *Food Qual Pref* 2007; 18:614-618.
- Galiano M and Kunert, J. Comparison of ANOVA with the Tobit model for analysing sensory data. *Food Qual Pref* 2006; 17:209-218.
- Gallerani G, Gasperi F and Monetti A. Judge Selection for hard and semi-hard cheese sensory evaluation. *Food Qual Pref* 2000; 11: 465-474.
- Granitto PM, Gasperi F, Biasioli F, Trainotti E and Furlanello C. Modern data mining tools in descriptive sensory analysis: A case study with a Random forest approach. *Food Qual Pref* 2007; 18:681-689.
- Hansen S, Hansen T, Aaslyng MD and Byrne DV. Sensory and instrumental analysis of longitudinal and transverse textural variation in pork longissimus dorsi”. *Meat Sci* 2004; 68:611-629.
- Hansen T, Petersen MA and Byrne DV. Sensory based quality control utilising an electronic nose and GC-MS analyses to predict end-product quality from raw materials. *Meat Sci* 2005; 69:621-634.
- Hofmann K. Quality concepts for meat and meat products. *Fleischwirtsch* 1993; 73: 1014-1019.
- Hoffman LC, Kroucamp M and Manley M. Meat quality characteristics of springbok (*Antidorcas marsupialis*) 4: Sensory meat evaluation as influenced by age, gender and production region”. *Meat Sci* 2007; 76:774-778.
- Hoffman LC, Muller M, Cloete SWP and Brand M. Physical and sensory meat quality of South African Black ostriches (*Struthio camelus* var. domesticus), Zimbabwean Blue ostriches (*Struthio camelus australis*) and their hybrid. *Meat Sci* 2008; 79:365-374.
- Ishii R, Kawaguchi H, Mahony MO and Rousseau B. Relating consumer and trained panels_ discriminative sensitivities using vanilla flavoured ice cream as a medium. *Food Qual Pref* 2007; 18:89-96.
- Jeremiah LE and Phillips DM. Evaluation of a probe for predicting beef tenderness. *Meat Sci* 2000; 55:493-502.
- Jia C, Kim JS, Huang W and Huang G. Sensory and instrumental assessment of Chinese moon cake: Influences of almond flour, maltitol syrup, fat, and gums. *Food Res Int* 2008; 41:930-936.
- Kreutzmann S, Thybo AK and Bredie W. Training of a sensory panel and profiling of winter hardy and coloured carrot genotypes. *Food Qual Pref* 2007; 18:482-489.
- Kubberød E, Ueland O, Rødbotten M, Westad F and Risvik E. Gender specific preferences and attitudes towards meat. *Food Qual Pref* 2002; 13: 285–294.
- Kunert J. Workshop on the statistical analysis of sensory profiling data: randomization/permutation/ANOVA. *Food Qual Pref* 2000; 11:141-143.
- Kutia T, Hegyia A and Keményb S. Analysis of sensory data of different food products by ANOVA. *Chemometr Intell Lab Syst* 2004; 72:253-257.
- Labbe D, Rytz A and Hugi A. Training is a critical step to obtain reliable product profiles in a real food industry context. *Food Qual Pref* 2004; 15:341-348.
- Langron SP. The application of Procrustes statistics to sensory profiling. Sensory quality in food and beverages: definition, measurement and control 1983:89-95.
- Lannoua I, Perrota N, Hossenloppa J, Maurisb G and Trystam G. The fuzzy set theory: a helpful tool for the estimation of sensory properties of crusting sausage appearance by a single expert. *Food Qual Pref* 2002; 13:589-595.
- Lassoueda N, Delaruea J, Launaya B and Michonm C. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. *J Cereal Sci* 2008; 48:133-143.
- Luciano G and Tormod N. Interpreting sensory data by combining principal component analysis and analysis of variance. *Food Qual Pref* 2009; 20:167-175.

- Lund C, Jones V and Spanitz S. Effects and influences of motivation on trained panellists. *Food Qual Pref* 2009; 20:295-303.
- Martens H and Martens M. Modified Jack-knife estimation of parameter uncertainty in bilinear modelling by partial least squares regression (PLSR). *Food Qual Prefer* 2000; 11:5-16.
- McKenna DR, King DA and Savell JW. Comparison of clam-shell cookers and electric broilers and their effects on cooking traits and repeatability of Warner-Bratzler shear force values. *Meat Sci* 2003;225-229.
- McEwana J, Heinio R, Hunterc EA and Lead P. Proficiency testing for sensory ranking panels: measuring. *Food Qual Prefer* 2003; 14:247-256.
- Muñoz A. Consumer perceptions of meat. Understanding these results through descriptive analysis. *Meat Sci* 1998; 49:287-295.
- Muñoz A and Civille GV. Universal, product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. *J Sens Stud* 1998; 13:57-75.
- Murray JM, Delahunty CM and Baxter IA. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Res Int* 2001; 34:461-471.
- Nalan G. A Descriptive Method for Sensory Evaluation of Mussels. *Lebenson Wiss Technol* 2002; 35:563-567.
- Nevison I and Muir D. Construction of sensory vocabularies for profiling food". *J Sens Stud* 2002; 17:559-569.
- Nindjin C, Otokore C, Hauser S, Tschannen A, Farah Z and Girardin O. Determination of relevant sensory properties of pounded yams (*Dioscorea* spp.) using a locally based descriptive analysis methodology. *Food Qual Prefer* 2007; 18:450-459.
- Noble AC, Arnold RA, Buechsenstein J, Leach EJ, Schmidt JO and Stern PM. Modification of a Standardized System of wine aroma terminology" *Am J Enol Vitic* 1997; 38:143-151.
- Noes T, Baardseth P, Helgesen H and Isaksson H. Multivariate Techniques in the Analysis of Meat Quality. *Meat Sci* 1996; 43:135-149.
- Omega E. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis doctoral. Facultad de veterinaria. Universidad complutense de Madrid; 2003.
- O'Sullivan MG, Byrne DV, Martens H, Gidskehaug LH, Andersen HJ and Martens M. Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat Sci* 2003; 65:909-918.
- Otremba MM, Dikeman ME, Milliken GA, Stroda SL, Chambers E and Chambers D. Interrelationships between descriptive texture profile sensory panel and descriptive attribute sensory panel evaluations of beef *Longissimus* and *Semitendinosus* muscles. *Meat Sci* 2000; 54:325-332.
- Owens C. Aplicaciones del análisis sensorial en la industria vitivinícola. *Beringer Blass Wine Estates* 2002: 26.
- Parisi G, Franci O and Poli BM. Application of multivariate analysis to sensorial and instrumental parameters of freshness in refrigerated sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during shelf life. *Aquaculture* 2002; 214:153-167.
- Peachey BM, Purchas RW and Duizer LM. Relationships between sensory and objective measures of meat tenderness of beef *m. longissimus thoracis* from bulls and steers. *Meat Sci* 2002; 60: 211-218.
- Peyvieux C and Dijksterhuis G. Training a sensory panel for TI: a case study. *Food Qual and Pref* 2001; 12:19-28.
- Pittroff W, Keisler DH and Blackburn HD. Effects of a high-protein, low-energy diet in finishing lambs: 2. Weight change, organ mass, body composition, carcass traits, fatty acid composition of lean and adipose tissue, and taste panel evaluation. *Livest Sci* 2006; 101:278-293.
- Poste LM, Butler G, Mackie D, Agar VE, Thompson BK, Cliplef RL and McKay RM. Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling techniques. *Food Qual Pref* 1993; 4:207-214.
- Prieto N, Roehle R, Lavín P, Batten G and Andrés S. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. *Meat Sci* 2009: in press.
- Probola G and Zander L. Application of PCA method for characterisation of textural properties of selected ready-to-eat meat products. *J Food Eng* 2007; 83:93-98.
- Raes K, Balcaen A, Dirinck P, De Winne A, Claeys E, Demeyer D and De Smet S. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Sci* 2003; 65:1237-1246.
- Resurreccion AVA. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products". *Meat Sci* 2003; 66:11-20.
- Rødbotten M, Kubberød E, Lea P and Ueland O. A sensory map of the meat universe. Sensory profile of meat from 15 species. *Meat Sci* 2004; 68:137-144.
- Ruiz MP, Galán H, León F and Molina G. Determination of the sensory attributes of a Spanish dry-cured sausage. *Meat Sci* 2005; 71:620-633.
- Samuel P, Heenan A, Dufour J, Hamid N, Harvey W and Conor M. The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. *Food Res Int* 2008; 41: 989-997.
- Sañudo C, Alfonso M, San Julian R, Thorkelsson G, Valdimarsdottir T, Zygyiannis D, Stamataris C, Piasentier E, Mills C, Berge P, Dransfield E, Nute GR, Enser M and Fischer AV. Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. *Meat Sci* 2007; 75:610-621.
- Sen AR. Santra A and Karim SA. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Sci* 2004; 66:757-763.

- Shapiro S and Spence M. Factors Affecting Encoding, Retrieval, and Alignment of Sensory Attributes in a Memory-Based Brand Choice Task. *J consum res* 2002; 28: 603-617.
- Siegfried G, Müller A and Ardoño A. Proyecto Gestión de Calidad en Fábricas de Embutidos. Procesamiento de carnes y embutidos. Manual Práctico de Experiencias. Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Organización de los Estados Americanos (OEA); 2006.
- Spanier AM, Flares M, McMilli KW and Bidne TD. The effect of post-mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef. Correlation of treatments, sensory, instrumental and chemical descriptors. *Food Chem* 1997; 59:538.
- Stone H, Sidel JL, Oliver S, Woolsey A and Singleton RC. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. *Food Tech* 1974; 28:24-33.
- Stone H and Sidel JL. *Sensory Evaluation Practices*. 2ª ed., Academic Press; 1993.
- Sullivan MG, Byrne DV, Martens H and Martens M. Data analytical methodologies in the development of a vocabulary for evaluation of meat quality. *J Sens Stud* 2002; 17:539-558.
- Sullivan MG, Byrne DV and Martens M. Evaluation of pork colour: sensory colour assessment using trained and untrained sensory panellists. *Meat Sci* 2003; 63:119-129.
- Swatland HL, Nielsen T and Andersen JR. Correlations of mature beef palatability with optical probing of raw meat. *Food Res Int* 1995; 28:403-416.
- Thompson, DMH and MacFie, HJH. Is there an alternative to descriptive sensory assessment?. In: Williams, AA and Atkin, RK, Editors. *Sensory quality in food and beverages: Definition, measurement and control*: Ellis Horwood Ltd, Chichester: 1983.p. 96-107.
- Urdapilleta I, Tuus CA and Nicklaus S. Sensory evaluation based on verbal judgments. *J Sens Stud* 1999; 14:79-95.
- Válková V, Saláková A, Buchtová H and Tremlová B. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. *Meat Sci* 2007; 77:608-615.
- Van Oeckel MJ, Warnants N and Boucque ChV. Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. *Meat Sci* 1999; 53:259-267.
- Wheeler TL, Shackelford SD and Koohmaraie M. Shear Force Procedures for Meat Tenderness Measurement. Meat Animal Research Center. United States Department of Agriculture.
- Westada F, Hersletha M, Leaa P and Martens H. Variable selection in PCA in sensory descriptive and consumer data. *Food Qual Pref* 2003; 14:463-472.