

Métodos para medición de grasa en canales de cerdo

Methods for measurement of fat as a quality indicator in pork carcasses

Ewel Fernando Salazar-Vargas¹, Laura Patricia Brenes-Peralta²

Fecha de recepción: 13 de diciembre de 2016

Fecha de aprobación: 15 de marzo de 2017

Salazar-Vargas, E; Brenes-Peralta, L. Métodos para medición de grasa en canales de cerdo. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-4. Octubre-Diciembre 2017. Pág 28-39.

DOI: 10.18845/tm.v30i4.3409

1 Ingeniero en Agronegocios. Correo electrónico: ewel.salazar@gmail.com. Egresado de Ingeniería en Agronegocios, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

2 Ingeniera agropecuaria, administradora con énfasis en Empresas Agropecuarias y máster en Gerencia y Gestión Ambiental. Correo electrónico: labrenes@tec.ac.cr. Docente e investigadora de la Escuela de Agronegocios, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.



Palabras claves

Calidad; canal porcina; parámetro grasa; métodos de medición; criterios de eficiencia.

Resumen

En la definición de la calidad cárnica, se emplean comúnmente parámetros como el contenido de grasa y el porcentaje de carne magra, entre otros. Medir estos parámetros es útil en procesos productivos y comerciales, por lo que en este estudio de caso se evaluaron cuatro métodos de medición de grasa en canales porcinas: pistola, regla, ecografía y análisis de laboratorio, respecto a criterios de eficiencia (costo de inversión, tiempo de ejecución y confiabilidad de los resultados). Se realizó un estudio de opinión con actores del sector porcino nacional que definió rangos aceptables para los criterios de eficiencia y se ejecutaron los métodos en una planta de cárnicos, midiendo las variables de grasa dorsal, profundidad de músculo y condición magra, en lotes de canales de cerdos entre 75 kg y 90 kg de peso. El método del ecógrafo resultó de interés para el sector porcino nacional y posee un costo de inversión asequible, pero no fue posible obtener datos de campo para este estudio. El método de regla resultó económico, simple y rápido de ejecutar, pero tuvo poca aceptación dada la poca confiabilidad en las mediciones. El análisis de laboratorio con el equipo ANKOM XT10 ® resultó con un alto costo de inversión, tiempo extenso de ejecución y destrucción del lomo de las canales, aunque con confiabilidad aceptable. El método de la pistola (*Hennessy Grading Probe* ®) contó con aceptación del sector, presentó un alto costo de inversión, un tiempo de ejecución aceptable y una desviación estándar de los datos obtenidos similar a la teóricamente esperada.

Keywords

Quality; pork carcass; fat parameter; measurement methods; efficiency criteria.

Abstract

The definition of quality in meat products often relates to the measurement of parameters like fat and percentage of lean muscle, among others. Since these are useful indicators for the productive and commercial processes, this case study was aimed to evaluate efficiency in four methods for fat measurement in pork carcasses, the gun, the ruler, ultrasound scan and laboratory analysis, regarding cost, time of execution, and reliability of resulting data. First, an opinion study among members of the national pork sector was carried out to determine the acceptable ranges of the efficiency *criteria*; then, the methods were executed in a pork processing facility, measuring variables of back fat, depth of muscle, and lean muscle, in batches of pig carcasses of 75 kg to 90 kg. The results showed that the ultrasound scan method was of interest for the sector and had an affordable investment cost; however, it was not possible to obtain practical data in this particular case. The ruler method proved to be cheap, simple and fast; but was not accepted by the sector due to little reliability. The laboratory analysis by means of an ANKOM XT10 ® represented a higher investment than that expected by the sector; the execution lasted several hours and required destruction of the sample; however, it showed high reliability. The gun method (*Hennessy Grading Probe* ®) was accepted by the sector, although it represented a high investment cost; moreover, time of execution was reasonable, and standard deviation was similar to the expected theoretical deviation.

Introducción

La calidad cárnica, se define como el conjunto de aspectos según los cuales puede caracterizarse la carne. Se trata de atributos que dependen de manera esencial de las porciones relativas, dentro de la pieza cárnica (tejido muscular, conectivo, adiposo y óseo), las cuales a su vez están determinadas por factores de tipo ambiental, genético y alimenticio. Se denominan parámetros de calidad los atributos empleados como referencia para evaluar la calidad de la carne, con base en valores patrones [1]. Los más utilizados son el contenido de grasa, el porcentaje de carne magra, la acidez expresada comúnmente en pH, la coloración, la capacidad de retención de agua y la textura o bien la firmeza.

Específicamente el espesor de grasa dorsal y la condición magra, entiéndase como el contenido de grasa intramuscular, son parámetros claves para la determinación de la calidad en carne de cerdo en canal, usados como referencia por la mayoría de industriales en la escala nacional y en escalas internacionales para la fijación de precio [2]. El marmoleo es indicador directo de la cantidad de grasa intramuscular, la cual se evalúa en el área conocida como “ojo de lomo”. El marmoleo actúa tanto como un indicador cualitativo como cuantitativo, pues se relaciona con la cantidad de grasa intramuscular y con la jugosidad de la carne; por lo general su abundancia es un indicador de la calidad de la carne para mercados de consumo [3]. La cantidad de carne magra se determina en el músculo del lomo (*Longissimus dorsi*), el cual se extiende desde la primera vértebra torácica hasta las vértebras lumbares. Por consiguiente, el porcentaje magro varía a lo largo de este. Generalmente, la región anterior (primeras costillas) es la que presenta mayor cantidad de grasa en relación a músculo, al ser una zona de limitada movilidad del animal. La región central es donde se encuentra el mayor grosor del músculo y menor deposición de grasa; es la zona denominada “P2”, punto ideal para mediciones de la condición magra. Hacia la zona caudal del lomo disminuye el grosor del músculo [4].

Algunos de los métodos de medición de grasa son los siguientes:

1. Métodos optoelectrónicos como la Pistola *Hennessy Grading Probe*, la cual determina grosor de grasa dorsal, profundidad de músculo y porcentaje magro, mediante la inserción de una sonda entre las costillas 10 y 11 de la canal [5].
2. Métodos visuales con instrumentos como una regla o un pie de rey, que puede medir los milímetros de un tejido y determinar el espesor de grasa dorsal y músculo sobre la línea media de la canal para estimar el porcentaje magro, utilizando la fórmula europea de estandarización [5]; cabe mencionar que la técnica se concibió para plantas de matanza con procesos de sacrificio de menos de 200 cerdos por semana o en caso de falla de equipos electrónicos [4].
3. Métodos ecográficos, los cuales son fáciles de aplicar *in situ*, rápidos y con la posibilidad de realizar repeticiones precisas [6]. Su uso es amplio en Europa gracias a equipos de alta tecnología (*scanners*), por lo que pueden ser poco aplicables a industrias con menor desarrollo [7]. Sin embargo, es posible la replicación de dicho método mediante la adaptación metodológica de instrumentos portátiles de ecografía, como el *Preg-Alert Pro*® (RENCO), diseñado para mediciones de preñez y grasa dorsal en animales vivos. Un ejemplo de esta posibilidad es el caso del ph-metro portátil, antes usado en análisis de suelos y adaptado metodológicamente por Banfield para uso en plantas de sacrificio, dada su practicidad y eficiencia [8].
4. Métodos de laboratorio, como el uso del ANKOM XT10, un extractor de grasa para alimentos, amparado en el procedimiento oficial de alta eficiencia para dicho fin [9].

Costa Rica no cuenta con una metodología estandarizada ni certificada para la medición, evaluación y control de estándares de calidad para carne de cerdo en canal [10]. La uniformidad

en los métodos y términos de calificación de calidad es un pilar para la comunicación entre los diferentes eslabones de la agrocadena relacionada, constituida por productores, industriales, comercializadores y consumidores [11], por tanto, es necesario un sistema homogéneo, funcional y confiable que permita el óptimo control y la verificación de los diversos criterios de calidad en los cuales se basan la negociación y la comercialización del producto. Importante aclarar que en esta investigación se realizó una comparación entre métodos de medición de grasa, y no de los resultados de cantidad de grasa en las canales, pues el objetivo no fue crear la línea base de dicho parámetro en el país, sino mediante un estudio de caso, ofrecer un panorama de los métodos y su aplicabilidad al medio costarricense en función a criterios de eficiencia (costo de inversión, tiempo de ejecución y confiabilidad de los resultados).

Metodología

El proyecto de investigación se enmarca dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2015 - 2018 de Costa Rica "Alberto Cañas Escalante", destinado a los sectores productivos de alta sensibilidad para la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional. A su vez se desprende del proyecto de vinculación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), el cual incluye, entre sus observaciones, la necesidad del establecimiento de un sistema de calificación de la calidad de carne de cerdo en canal por parte del Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), de Costa Rica. Este proyecto se visualizó como un primer insumo para que a futuro se repliquen y validen los métodos expuestos y eventualmente sean considerados dentro de la posible creación de un reglamento o norma del Sistema de Calificación de la Calidad de Carne de Cerdo en Canal.

Se aplicó la modalidad de estudio de caso, el cual es un método cualitativo descriptivo, del que no es posible inferir ni extrapolar los resultados obtenidos [12]. Dadas las limitaciones presupuestarias y de tiempo del proyecto, el estudio no contempla una muestra representativa del sector porcino nacional, sino que se basa en la conveniencia del investigador.

El desarrollo del proyecto de investigación comprendió tres fases: la primera, un estudio de opinión de ciertos actores del sector porcino nacional (Gobierno, comercializadores y plantas de sacrificio), que brindó parámetros reales y objetivos para la toma de decisiones y evaluación de cada uno de los métodos de medición de grasa propuestos, mediante la realización de encuestas semiestructuradas.

La segunda fase involucró la aplicación de cuatro métodos de medición de grasa en canales porcinas, realizada en una planta de cárnicos, lo que permitió analizar lotes homogéneos de cerdos de talla entre 75 y 90 kg, con el mismo proceso de crianza y extracción. Aspectos como el sexo y la forma de castración, según criterio del experto consultado (médico veterinario de la planta de sacrificio), serían poco significativos a la hora de aplicar el método de determinación el porcentaje magro de las canales, por tanto no fueron considerados dentro del marco experimental [13].

La tercera y última fase de la investigación fue un análisis descriptivo y comparativo de la eficiencia de los métodos de medición de grasa mencionados, con base en los criterios de costo de inversión, tiempo de ejecución y confiabilidad de los resultados.

Los métodos ejecutados fueron los siguientes:

1. Método de pistola (*Hennessy Grading Probe*)

Los datos de peso en caliente, espesor de grasa dorsal, espesor de músculo y porcentaje magro se tomaron de las etiquetas colocadas a las respectivas canales sometidas a la medición de pistola en matadero. El lugar de la medición fue el espacio intercostal de las

costillas 3 y 4, a 6 cm de la línea media a lo largo del músculo Longissimus dorsi, de la canal fresca. La cantidad de canales muestreadas fue 122.

2. Método de pie de rey

Para llevar a cabo esta medición fue necesario el corte longitudinal de la canal, para posteriormente medir con pie de rey el espesor de grasa dorsal y el espesor de músculo, entre las costillas 10 y 11. La medición se realizó en el cuarto de refrigeración de la planta de proceso de carne. La cantidad de canales muestreadas fue 122.

3. Método de ecografía (*Preg-Alert Pro*®)

No fue posible desarrollar las mediciones de campo utilizando esta tecnología; sin embargo, según el procedimiento suplido por el fabricante, se debe colocar una pequeña cantidad de gel lubricante en la zona por medir (entre las costillas 10 y 11), seleccionar la opción *Fat* para medir grasa y tomar el dato. Posteriormente, para medir la profundidad de lomo se selecciona la opción *Loin* y se vuelve a tomar la lectura. Cabe mencionar que es necesario restar el valor de espesor de grasa para considerar únicamente el espesor de lomo. Para estimar el porcentaje magro puede utilizarse la ecuación europea de estandarización descrita al final de este apartado [5].

4. Método de laboratorio (ANKOM XT10)

Para llevar a cabo esta medición fue necesario separar una muestra de carne de la región dorsal de la canal, entre las costillas 10 y 11, para ser analizada en equipo ANKOM XT10, disponible en la Planta de Proceso Agroindustrial del Tecnológico de Costa Rica (TEC). La muestra se molió hasta conseguir una pasta, se agregaron 3 gramos de muestra a las bolsas-filtro especiales para el equipo, se sellaron y se llevaron al horno para deshidratación durante 3 horas a 100°C. Luego fueron enfriados, se pesaron y se analizaron en el extractor de grasa; al cabo de 40 minutos se extrajeron y fueron pesadas nuevamente para estimar el contenido de grasa por diferencia de pesos. Se realizaron 8 corridas, para un total de 120 muestras analizadas.

Los datos de las mediciones fueron analizados mediante el software estadístico InfoStat, considerando normalidad, promedio, rangos máximos, mínimos, desviación estándar y diferencias significativas respecto a los valores de porcentaje magro obtenidos a partir de pistola, y los calculados mediante la ecuación europea de estandarización en función al grosor de grasa dorsal y músculo de las mediciones con pistola y pie de rey. Dicha ecuación se aplicó por ser medio de homologación de métodos afines, en un mercado porcino ampliamente desarrollado como lo es el europeo [5]. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Porcentaje Magro} = 58,6 - 0,83 \times \text{GD} + 0,18 \times \text{PM}$$

Donde

GD: Grosor de grasa dorsal en milímetros

PM: Profundidad o bien, grosor de músculo en milímetros

Resultados y discusión

Estudio base de opinión

Se desprende de esta fase del estudio de caso que los actores gubernamentales visualizan como importante el lograr normalizar la calificación de la calidad en canales de cerdo en el país, con posibilidades de ofrecer apoyo técnico por medio de entidades como el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) o el TEC, siendo esta a su vez una situación análoga a la ya promovida

por países como Estados Unidos, Canadá, México y Argentina, que lograron implementar un sistema de pago asociado a la calidad del producto, lo cual impactó de forma positiva el mercado y la comercialización de la carne de cerdo [5].

Los comercializadores consideran importante el establecimiento de una norma técnica, estandarizada, con respaldo legal, que venga a regular el mercado porcino mediante la estratificación de precios del producto basados en dicha calidad, habiendo conocido de antemano métodos como la pistola, el pie de rey, los análisis de laboratorio y, en menor medida, la ecografía. Consideran que en orden de mayor a menor, la pistola ofrecería mayor confiabilidad, luego el análisis de laboratorio y la ecografía, y por último el pie de rey. Además, para este eslabón de la agrocadena, estos son los criterios de mayor importancia: grasa, condición magra y color.

Finalmente, respecto a las plantas de sacrificio, los encuestados indicaron utilizar el actualmente método de pistola y el visual, basado en coloración de la porción cárnica observada, o uno de estos. Consideran aceptable una inversión en equipos de medición que ronde los USD 3,500,00 y aceptan una elevación del monto si el método prueba ser eficiente. Estiman que el tiempo adecuado del proceso de medición debe ser inferior a 10 minutos, y respecto al orden de mayor a menor preferencia entre los métodos evaluados señalan en primer lugar el de pistola, seguido por el análisis de laboratorio, la ecografía y, por último, el uso de regla o pie de rey. La pistola a la fecha es uno de los métodos más usados en los mataderos de la región central del país, según expertos nacionales.

Métodos de medición de grasa y análisis comparativo

1. Método de pistola (*Hennessy Grading Probe*)

Esta metodología posee un costo de inversión de USD 40 000,00. El tiempo de ejecución de la medición es de 3 segundos y el análisis estadístico respecto a la confiabilidad de los resultados se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen de mediciones de pistola.

Medición	Cantidad de muestras	Promedio	Rango mínimo	Rango máximo	Desviación estándar
Grasa dorsal (mm)	122	14,48	9,60	22,80	2,91
Profundidad de músculo (mm)	122	63,77	45,60	74,40	5,55
Porcentaje magro con pistola (%)	122	56,86	50,20	62,80	2,48
Porcentaje magro según ecuación de estandarización (%)	122	58,06	50,21	63,69	2,80

La desviación estándar de las variables de la profundidad de músculo y el grosor de grasa dorsal son las que presentan una mayor dispersión de los datos. La razón técnica de ello es la variación en el peso de las canales, dada su relación con el rendimiento, la cantidad de músculo y grasa existente en el momento de realizar las mediciones, según Daumas [4]. El porcentaje magro con pistola y el calculado mediante la ecuación estándar europea muestran

desviaciones estándar de 2,48 y 2,80 respectivamente, superando la especificación teórica de variabilidad del equipo *Hennessy Grading Probe* (+/- 2) [14]. Sin embargo, dichas desviaciones estándar son similares al rango establecido para las estimaciones de condición magra en carne de cerdo (+/- 2,5), según Londoño *et ál.*[5].

2. Metodología de pie de rey

El costo de inversión es de USD 4,47; el tiempo de ejecución es de 30 segundos. El análisis de confiabilidad de los resultados obtenidos se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Resumen de mediciones de pie de rey.

Medición	Cantidad de muestras	Promedio	Rango mínimo	Rango máximo	Desviación estándar
Grasa dorsal (mm)	122	14,97	10	25	3,01
Profundidad de músculo (mm)	122	51,98	37	63	6,13
Porcentaje magro según ecuación de estandarización (%)	122	55,53	45,05	60,27	2,91

La desviación estándar de las mediciones de grasa dorsal, profundidad de músculo y porcentaje magro, correspondientes a 3,01, 6,13 y 2,91 respectivamente, superan el rango de variabilidad (+/- 2,5) [5] y el de otros equipos para el mismo fin. Tal efecto, se debe a que el método de pie de rey es susceptible a error humano e, incluso, el instrumento como tal no asegura la veracidad del resultado.

3. Método de ecógrafo (*Preg-Alert Pro*®)

El costo de inversión se sitúa en USD 1,558,00. No fue posible determinar el tiempo de ejecución en este estudio de caso, pero su manual de uso indica un tiempo de ejecución teórico de 3 a 10 segundos. De la misma manera, tampoco fue posible obtener datos de confiabilidad ejecutados en campo. Es un método inocuo y no destructivo, que como se explicó antes, si bien en principio no fue fabricado para medición en canales, su adaptación en el uso se considera válida según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) [8]. Paralelamente se realizó la consulta a la casa matriz del equipo RENCO, la cual avaló el procedimiento [15].

4. Método de análisis de laboratorio (ANKOM XT10)

El costo de inversión es de USD 15 900,00, con una duración de ejecución de 4,7 horas por corrida. El análisis de confiabilidad de los resultados se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Medidas resumen del análisis de laboratorio en ANKOM XT10

Criterio	Cantidad de muestras	Promedio	Desviación estándar	Valor p
Porcentaje de grasa	120	9,13	1,67	<0,0001

Para el caso del análisis de laboratorio la variable considerada fue el porcentaje de grasa de cada una de las muestras de carne; luego se realizó un análisis estadístico con el software computacional InfoStat, tomando como referencia las corridas en el equipo, las cuales fueron 8 con una cantidad de 15 muestras en cada una, para un total de 120, consideradas como suficientes para evaluar la eficiencia del análisis, según el criterio de experto [16]. La desviación estándar (1,67) resultó inferior al margen de error recomendado en métodos de medición de grasa en carne, correspondiente a $\pm 2,5$ según Londoño *et ál.* [5].

Por otra parte, la ejecución de este método requirió extraer un trozo de carne de la región dorsal de las canales, específicamente del área del lomo. Resulta poco factible la destrucción del lomo por ser uno de los cortes de carne de mayor valor comercial, más aún si el análisis debe realizarse a lotes completos de la línea de proceso. Otra circunstancia por considerar es que este método brinda el dato referente a porcentaje de grasa, aspecto que por sí solo resulta insuficiente para el sector porcino, según el estudio de opinión realizado, pues el interés se centra en las variables de grosor de grasa dorsal y en especial, de porcentaje magro de la canal.

Finalmente, se procedió a realizar un análisis de varianza con el fin de verificar la existencia de diferencias significativas entre las mediciones de la condición magra con pistola y las calculadas mediante la ecuación europea de estandarización, a partir, de datos de grasa dorsal y grosor de músculo dados por la pistola y el pie de rey. Para ello se aplicó la prueba estadística de Kruskal Wallis, un análisis de varianza no paramétrico. En primera instancia, los datos residuales no presentaron normalidad; sin embargo, al realizar la prueba de homocedasticidad de la varianza se comprobó su tendencia hacia la normalidad, de tal forma que el valor de p obtenido, 0,0001, fue menor que el nivel de confianza de 0,05 del experimento. Además, no se presentó margen de relación entre las tres mediciones; por tanto, se estableció la existencia de diferencias significativas entre los resultados de las mediciones de porcentaje magro.

Las diferencias significativas del porcentaje magro entre el resultado de pistola y el estimado a partir de la ecuación de estandarización europea pueden deberse a dos aspectos técnicos. El primero hace referencia a una situación que se identificó en matadero respecto al punto de medición en la canal, entre las costillas 3 y 4, mediante el método de pistola, , situación que difiere de lo usualmente normado técnicamente según Londoño *et ál.*[5], quienes coinciden en que los métodos de medición de grasa y lomo en canales porcinas deben aplicarse en el punto de medición "P2", ubicado entre las costillas 10 y 11 a 6 o 6,5 cm de la línea media de la canal. Igualmente, la ecuación europea de estandarización de porcentaje magro y los manuales de uso de la pistola, *Hennesy Grading Probe*, y del ecógrafo, *Preg-Alert Pro*[®], hacen referencia al denominado "P2" como el lugar de medición recomendado.

Lo anterior se considera un hallazgo relevante de la investigación dado que las diferencias detectadas pueden no ser producto de los métodos como tales, sino consecuencia de no haberse establecido un punto estándar de medición en la canal, ya que los porcentajes magro y de grasa dorsal varían según la región anatómica en donde se realicen. El porcentaje magro varía a lo largo del lomo. Por lo general, la región delantera (primeras costillas) es la que presenta mayor cantidad de grasa con relación a músculo; la región central es donde se encuentra el mayor grosor del músculo y menor deposición de grasa, es la zona denominada "P2" [4]. El hecho de medir la grasa dorsal en el espacio intercostal 3 y 4, y no en el indicado por la literatura, 10 y 11, puede incidir en el resultado y su efecto en fórmulas posibles de pago., como se muestra en la figura 1.

Por otra parte, según lo expresado por Daumas y Londoño *et ál.*, el peso de la canal es una variable por considerar a la hora de estimar el porcentaje magro por aspectos de rendimiento, contenido de carne y grasa, lo que sugiere la aplicación de mediciones y de la ecuación

Europea en cerdos de un rango de diferencia de peso no mayor de 10 kg. En este experimento se consideró un rango de variación en el peso de 15 kg, y se aplicaron las pruebas a cerdos entre 75 y 90 kg.

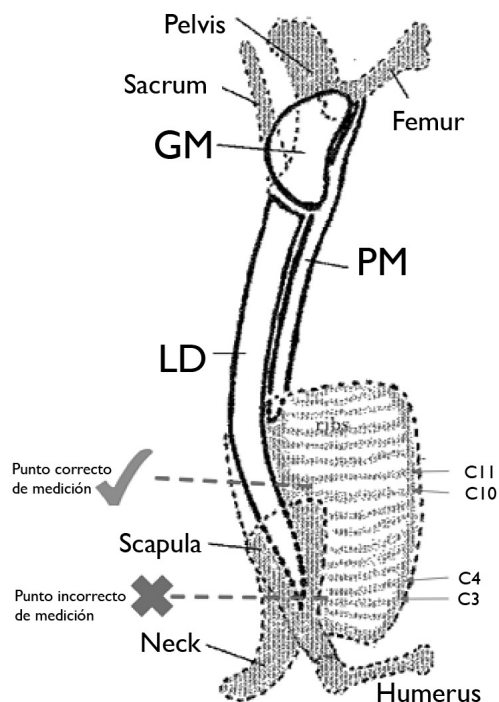


Figura 1. Posición anatómica del músculo del lomo (LD) en relación con los puntos de medición de grasa dorsal con pistola, en canal de cerdo [17].

El análisis comparativo entre los distintos métodos y el estudio de opinión se presentan en el cuadro 4.

Conclusiones

A partir del estudio de opinión efectuado entre entes del sector porcino (Gobierno, industriales y comercializadores) quedan demostrados el interés y la importancia de la temática referente a métodos de medición de grasa en canales de cerdo, y la necesidad de unificar un método para ello, que sea viable técnica y económicamente, además de confiable, estandarizado, que pueda someterse a control metrológico y de carácter oficial, a partir de una reglamentación o norma técnica, esto con el fin de sentar una base concreta para el Sistema de Calificación de la Calidad de Carne de Cerdo en Canal, que pretende impulsar el MEIC, considerando en primera instancia el parámetro grasa y, por consiguiente, el porcentaje magro, debido a su protagonismo en las relaciones comerciales del sector porcino.

Respecto a este estudio de caso, el análisis de laboratorio, por un lado, representa una costosa inversión, dada la compra del equipo ANKOM XT10 y sus materiales, y por otro, posee aceptación por parte del sector porcino, dado su buen desempeño en cuanto a confiabilidad de los resultados. Sus desventajas son el tiempo de ejecución de la prueba y la destrucción del lomo de las canales, por lo cual su aplicación en línea de proceso a todos los lotes no resulta factible; sin embargo, cabe la posibilidad de emplearlo como método de control metrológico,

para realizar pruebas esporádicas de verificación del porcentaje de grasa en carne. El método de ecógrafo resultó de interés para los entes consultados dado que el costo de inversión en el equipo *Preg-Alert Pro*[®] se ajusta al rango de opinión; asimismo, el tiempo de ejecución aparentemente se apega al indicado. Como no se efectuaron mediciones de campo, no fue posible determinar su eficiencia desde la perspectiva de confiabilidad de los resultados. El método visual (pie de rey) resulta económico, simple y rápido de ejecutar, pero no cuenta con plena aceptación por parte del sector porcino por ser ejecutado de forma manual, lo que lo hace susceptible a errores humanos o asociados al instrumento. Asimismo, la desviación estándar fue superior a la indicada por la teoría. Finalmente, el método de la pistola (*Hennessy Grading Probe*) tiene la mejor aceptación por parte del sector porcino nacional, a pesar de su alto costo de inversión. Entre los atributos del método destaca su facilidad y rapidez en la ejecución, además de la obtención inmediata de resultados de grosor de grasa dorsal, profundidad de músculo y condición magra. Con respecto a la confiabilidad de los resultados, según el análisis estadístico de los datos, presenta una desviación estándar similar a la teóricamente esperada, donde se evidencian diferencias en los decimales, que pueden ser ocasionadas por la calibración del equipo, o bien, por el hecho de no aplicar las mediciones en la región anatómica recomendada por la literatura.

Cuadro 4. Resumen del análisis comparativo entre métodos y criterios de eficiencia definidos por la opinión sectorial

Método	Costo de inversión	Tiempo de ejecución	Confiabilidad (Desviación estándar para parámetro grasa)	Observaciones
Pistola	USD 40 000,00 (supera al sugerido por estudio de opinión)	3 segundos (inferior al sugerido por estudio de opinión)	2,48 (similar al valor indicado por la teoría)	No destructivo, ya usado en el país y aceptado por estudio de opinión
Pie de Rey	USD 4,47 (inferior al sugerido por estudio de opinión)	30 segundos (inferior al sugerido por estudio de opinión)	3,01 (superior al valor indicado por la teoría)	No destructivo, a excepción de necesidad de división en medias canales, conocido pero no es el de preferencia en la agrocadena
Ecógrafo	USD 1 588,00 (inferior al sugerido por estudio de opinión)	3-10 segundos (inferior al sugerido por estudio de opinión)		No destructivo, resulta de la adaptación de una tecnología usada en animales en pie, con relativa aceptación por la agrocadena
Método de laboratorio	USD 15 900 (supera al sugerido por estudio de opinión)	4,7 horas (supera al sugerido por estudio de opinión)	1,67 (inferior al valor indicado por la teoría)	Destructivo y de relativa aceptación por la agrocadena

En síntesis, según el estudio de caso desarrollado, el método de pistola es el más eficiente desde la perspectiva de tiempo de ejecución, confiabilidad de los resultados e incluso costo, pues según industriales y comercializadores la inversión está justificada. Deberán considerarse en adelante más criterios metrológicos por los actores competentes.

Recomendaciones

Dado el impedimento para aplicar el método del ecógrafo y su buena aceptación en el estudio base de opinión aplicado a representantes del sector porcino nacional, se recomienda a los interesados en esta temática llevar a cabo la investigación, utilizando el equipo *Preg-Alert Pro*[®] recomendado.

Al evidenciarse en el trabajo de campo diferentes criterios respecto al punto de medición de grasa dorsal y porcentaje magro en las canales porcinas, para efecto de la creación del Sistema de Calificación de la Calidad de Carne de Cerdo en Canal, se recomienda en primera instancia, la estandarización del lugar de medición, esto con el fin de mitigar posibles fuentes de error, las cuales pueden no ser producto del método o del instrumento como tal, sino de las diferencias anatómicas propias de la canal, pues como se referenció en la literatura, en la región delantera del lomo (primeras costillas) existen menor grosor de músculo y mayor deposición de grasa, los que generan un menor porcentaje magro en la medición, contrariamente a si se aplica en la región del espacio intercostal 10 y 11, donde se encuentran mayor grosor del músculo y menor deposición de grasa, y por consiguiente mejor porcentaje magro. La consideración de este hallazgo es fundamental para la transparencia que busca mantener el sector en el valor comercial del producto.

Por otra parte, se recomienda aplicar un modelo experimental basado en la toma de muestras por estratos. Además, es fundamental también aplicar los métodos de medición en canales de talla similar, de un rango no mayor a 10 kg, como lo indica la literatura, con el fin de mitigar la variabilidad en cuanto a los resultados de grasa y porcentaje magro.

Al tratarse de un estudio de caso y dadas las limitaciones del proyecto, con el fin de validar los resultados de esta investigación se recomienda aplicar el mismo experimento en otras plantas de sacrificio, o bien plantas procesadoras de carne, donde se seleccione una muestra representativa para el análisis de la eficiencia de cada uno de los métodos de medición de grasa y porcentaje magro, para posteriormente ejecutar un plan de acción mediante el cual se apliquen los resultados obtenidos. Para ello, es fundamental la unificación del sector porcino nacional con el fin de obtener resultados que beneficien a toda la agrocadena, en pro de una transparente actividad comercial.

Agradecimientos

Se agradece a los ingenieros Randall Chaves Abarca y Felipe Vaquerano Pineda, de la Escuela de Agronegocios del TEC, por sus aportes durante la realización del trabajo final de graduación que resultó en este estudio, así como a la Comisión Nacional Porcina, a la Gerencia del Programa Nacional Porcino, a LACOMET y el MEIC.

Referencias

- [1] A. Gil, "Carnes y sus derivados", en *Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*, vol. 2, M. Ruiz, Ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2010, pp. 45.
- [2] D. Campion, "Calidad de la carne porcina según el sistema de producción", tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica de Argentina, Buenos Aires, 2013.
- [3] R. Robaina, "Congreso 'Del campo al plato'", Instituto Nacional de Carnes, Argentina, Tech. Rep., 2012.
- [4] G. Daumas, "Clasificación de canales porcinas en Francia y Europa", Institut Technique du Porc, Francia, Tech. Rep., 2001.

- [5] J. Londoño, C. Velázquez y E. Vélez, "Clasificación y valoración de la calidad de canales porcinas en Colombia: Una propuesta hacia la competitividad", Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Caldas, Antioquia, Tech. Rep., 2013.
- [6] A. Schinckel, J. Wagner, C. Forrest, and M. Einstein, "Evaluation of the prediction of alternative measures of pork carcass composition by three optical probes," *American Society of Animal Science*, pp.767-793, 2010.
- [7] B. De la Rosa, A. Soldano, A. Gomez, A. Martinez, and A. Argamenteria, "Assessing the Value of a Portable Near Infrared Spectroscopy Sensor for Predicting Pork Meat Quality Traits of Asturcelta Autochthonous Swine Breed," *Food Anal. Methods*, Vol. 7, 2014 pp.151-156.
- [8] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), "Herramientas tecnológicas aplicadas a calidad y diferenciación de la carne", Buenos Aires, 2012.
- [9] Manual ANKOM XT10. ANKOM Technology, Los Angeles, 2016.
- [10] M. Mora y J. Chavarría, " Perfil de proyecto propuesta para la implementación de un sistema de calificación de la calidad de carne de cerdo en canal", Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), San José, 2015.
- [11] D. Braña, E. Ramírez, M. Rubio, A. Sánchez, G. Rorrescano, J. Partida y F. Ríos, "Manual de análisis de la calidad en muestras de carne", SAGARPA, Querétaro, Folleto técnico, ISBN: 978-607-425-612-3, 2011.
- [12] I. Barrio, J. González, L. Palin, P. Peral, I. Sánchez y E. Tarín, . *Métodos de Investigación Educativa*, 2013 [en línea]. Recuperado: https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Est_Casos_doc.pdf
- [13] J. Chinchilla, Prueba de grasa en canales, E. Salazar entrevistador, 2016.
- [14] Manual Hennessy Grading Probe. HGS, Los Angeles, 2016.
- [15] F. Ramírez y J. Chinchilla, Equipo de ecografía Preg Alert Pro, E. Salazar entrevistador, 2016.
- [16] R. Chaves, Análisis de laboratorio, ANKOM XT10, E. Salazar entrevistador, 2016.
- [17] "Major muscles of carcass." The Department of Animal Biosciences, University of Guelph, Canada, 2012.