

Doctorado en Ingeniería

Mención en Ciencia y Tecnología de Alimentos



Resumen extendido de Tesis

"Desarrollo de un sistema de clasificación en línea de reses bovinas"

Doctorando: Ing. Guillermo A. Markiewicz

Director: Dr. Gustavo A. Teira

Co-director: Dr. Osvaldo D. Tisocco

El consumo de carne vacuna en nuestro país ha disminuido en los últimos años desde los 79,6 Kg/habitante en 1990 hasta los 51,1 Kg/habitante en el 2020. A pesar del aumento de los volúmenes exportados, la fuerte demanda local deja sólo un pequeño saldo exportable. De acuerdo con indicadores del IPCVA, en 2020 se produjeron 3,2 millones de toneladas, el 66,7 % se destinó al consumo interno y solamente el 33,3 % a la exportación. El stock ganadero decreció de 60 millones de bovinos en el 2008, hasta llegar a 54,4 millones en 2020. Por su parte, en la provincia de Entre Ríos el stock ganadero, a pesar de algunas variaciones, se ha mantenido casi constante a lo largo de estas últimas décadas situándose en aproximadamente 4,4 millones de cabezas.

La posibilidad de ofrecer productos diferenciados brindará más competitividad y capacidad de captar un mayor valor también en el mercado interno. En la cadena de valor de la carne bovina argentina se destacan aspectos como la falta de homogeneidad de las calidades ofrecidas; la ausencia de sistemas de clasificación y tipificación confiables que aporten información relevante sobre la calidad del producto y asimetrías en las equivalencias entre los sistemas locales y aquellos de los países compradores. En este marco se producen irregularidades y distorsiones en la comercialización que quitan transparencia al sistema. Por otro lado, los sistemas de pago basados en una eficiente valoración de la calidad de la res y sus cortes, aportarían mejoras de las que se beneficiarían todos los eslabones de la cadena de comercialización. La modernización de los métodos de tipificación es crucial para generar argumentos para la defensa del producto y de la competitividad del sector y, a su vez, traccionar sobre el sistema productivo incentivando la mejora genética y el buen manejo de los rodeos. La clasificación temprana de medias reses permitiría optimizar el uso de los recursos disponibles, para que los niveles de calidad puedan ser garantizados al consumidor y retribuidos al productor de acuerdo a la calidad real de la carne producida. En ese sentido, la tecnología FT-NIR, de comprobada seguridad, no destructiva y bajo costo relativo, asociada al desarrollo de ecuaciones de regresión, permitiría el desarrollo de una clasificación por rendimiento en carne y calidad fisicoquímica factible de ser aplicada en líneas industriales por la alta velocidad de procesamiento de datos.

El objetivo del presente trabajo ha sido utilizar la metodología FT-NIR para la determinación de parámetros de calidad y rendimiento obteniendo ecuaciones que permitan una clasificación rápida de reses factible de ser utilizada en playa de faena y evaluar la calidad de carne bovina para consumo y exportación producida en Entre Ríos.

A fin de tener en cuenta la demanda para consumo interno y exportación se seleccionaron un total de 142 animales de tres categorías, novillitos, novillos y vacas, todos de razas británicas. Se procedió a la separación y despostado del cuarto trasero de cada media res derecha, a la altura de la 10° vértebra, para la obtención del “trasero especial” (T.E.). El despiece de éste permitió obtener y pesar individualmente sus siete cortes principales: lomo, bife angosto, cuadril completo, carnaza cuadrada, bola de lomo, peceto, nalga de adentro y calcular el rendimiento en Kg y el porcentaje respecto de la media res. Del bife angosto deshuesado (*M. longissimus dorsi*), se obtuvieron 3 secciones de 2,5 cm de espesor (alrededor de la 12° vértebra) a las que se les realizaron los siguientes análisis con técnicas convencionales: Espesor de la grasa subcutánea (mm), Área del ojo del bife (cm²), Marmorizado, pH, Color CIELab, Merms totales (%), Terneza WB (Kgf), Contenido de Humedad (%), Contenido de Proteínas (%), Contenido de Lípidos intramusculares totales (%) y Contenido de colágeno total (%). En todos los casos, se informan promedios y desviación estándar (SD) generales y por categoría. El análisis y procesamiento de datos de los espectros NIR de Transformada de Fourier fueron obtenidos con un equipo FT-NIR marca Bruker modelo MPA con detector de Silicio y esfera Integradora con canal para muestras sólidas y granuladas por reflectancia difusa. Se tomaron 128 espectros por muestra, a temperatura ambiente, en una sola cara de las

secciones de musculo entero con una resolución de 32 cm^{-1} para registrar el promedio de ellos como el espectro de la muestra. El estudio de las señales de las muestras que fueron analizadas por duplicado en el rango de longitudes de onda de 3600 a 12500 cm^{-1} . Luego se desintegró la muestra con picadora para realizar una nueva medición en el equipo sobre la muestra picada. El tratamiento de datos espectrales y obtención de modelos de predicción se realizó con el software OPUS 7.5 versión 7.5.18. Se utilizó el método PLS con pretratamientos matemáticos de los espectros durante el desarrollo de ecuaciones de predicción. El óptimo pretratamiento de datos y las regiones espectrales para cada parámetro de calidad individual fueron seleccionados en base a la combinación del más alto coeficiente de determinación (R^2), el menor error cuadrático de validación cruzada (RMSECV), la desviación residual de predicción más alta (RPD) y la limitación del número de factores (términos independientes de la ecuación de predicción) ≤ 10 .

Las medias reses y los traseros especiales de las categorías estudiadas presentaron un peso promedio total y desviación estándar de $91,41 \pm 7,46\text{ Kg}$ y $38,61 \pm 2,98\text{ Kg}$ para Novillitos, $137,83 \pm 13,82\text{ Kg}$ y $56,61 \pm 8,10\text{ Kg}$ para Novillos y $105,19 \pm 16,68\text{ Kg}$ y $42,83 \pm 6,73\text{ Kg}$ para Vacas. La suma promedio y desvío estándar de los siete principales cortes del T.E. fue de $22,75 \pm 2,06\text{ Kg}$ para Novillitos, $34,01 \pm 5,10\text{ Kg}$ para Novillos y $24,90 \pm 4,18\text{ Kg}$ para Vacas que representa aproximadamente el $24,89 \pm 1,25\%$, $24,58 \pm 1,63\%$ y $23,66 \pm 1,16\%$ respectivamente de la media res y es denominado “rendimiento al corte”. La cantidad conjunta de grasa externa e interna tiene más efecto en el porcentaje de rendimiento al corte que la proporción de hueso y músculo presentes en la media res. Los valores de pH observados en novillitos, novillos y vacas consumo fueron: $5,60$; $5,52$; $5,61$ respectivamente, la luminosidad L^* ($37,58$; $33,88$; $34,00$), la coordenada a^* ($18,29$; $20,20$; $18,90$) y coordenada b^* ($5,03$; $5,85$; $5,27$), Terneza WB ($5,72$; $5,89$; $6,29$), Mermas totales ($27,26$; $26,4$; $30,90$), Humedad ($74,52$; $73,50$; $73,80$), contenido de proteínas ($21,24$; $22,40$; $21,20$), lípidos ($1,88$; $2,65$; $2,67$), colágeno ($0,32$; $0,36$; $0,38$) y marmorizado ($2,07$; $2,58$; $1,84$) en términos generales, puede considerarse que se encuentran comprendidos dentro del rango de valores reportados por otros investigadores en rodeos argentinos.

Aunque es muy amplia la bibliografía publicada en relación al conocimiento disponible sobre la utilización del equipo FT-NIR, no se ha encontrado ningún estudio que proponga la metodología NIR para obtener ecuaciones de predicción del rendimiento en peso de los cortes más valiosos del T.E. En el presente trabajo se han obtenido coeficientes de determinación que varían entre $32,15$ a $54,63$ y RMSECV entre $0,19$ y $0,74$ para los cortes individuales y para la suma del total de cortes del trasero especial, $R^2 = 55,38$ y $RMSECV = 2,65$. Para la determinación de parámetros de calidad y rendimiento se puede observar la influencia de la presentación de la muestra. En algunos casos, utilizando la muestra picada se obtuvieron mejores valores de R^2 para la predicción de ciertos parámetros de rendimiento como peso de la media res ($61,60$), del trasero especial ($62,60$), cuadrada ($45,8$), nalga ($45,5$) y cuadril ($61,3$). Para el resto de los parámetros, con la muestra entera, los valores de R^2 fueron superiores. Para los parámetros composicionales se observa que el pH ($47,89$), CIE L^* ($79,47$), a^* ($41,12$), b^* ($50,10$), mermas totales ($27,23$), Proteínas% ($32,55$) y Colágeno % ($21,35$) presentan mejores valores de R^2 realizando las mediciones con las muestras enteras.

La correcta clasificación y tipificación de las medias reses y de la carne en términos inequívocos y cuantificables es la base de todo sistema de tipificación. Para ello se propone un sistema de clasificación por calidad de tres niveles (Premium, Elegida y Estándar) para las categorías Novillos y Novillitos y uno de dos niveles (Selecta y Estándar) para la categoría Vacas, utilizando los parámetros fisicoquímicos más importantes estimados mediante el equipo FT-NIR (pH, Lípidos %, Terneza WB, Colágeno % y parámetro de color L^*) que describen con mayor precisión las características de la carne vacuna.

Si bien el criterio utilizado para pertenecer a una clase de calidad determinada debe cumplirse con el total de las exigencias inherentes a esa clase, el porcentaje final de medias reses de Novillos, Novillitos y Vacas estimados en base a la utilización de los parámetros obtenidos por FT-NIR, pueden mejorarse si se elimina el parámetro de Terneza WB del sistema de clasificación propuesto, atendiendo a la baja exactitud de predicción demostrado por el instrumento NIR con las muestras ensayadas en este estudio sumado al muy probable problema de acortamiento muscular debido a una excesiva velocidad de enfriamiento que las plantas frigoríficas locales y regionales suelen emplear luego de la faena. Con los datos obtenidos utilizando técnicas tradicionales, para la categoría Novillos el 22 % de las muestras se ajustó a la clase Premium, el 61 % a la Elegida y el 17 % a la Estándar. La clasificación en base a los datos estimados por FT-NIR arrojó que el 33 % de las muestras se ajustaron a la clase Premium, el 50 % a la Elegida y el 17 % a la Estándar. Para la categoría Novillitos con los datos reales el 9 % se ajustó a la clase Premium, 55 % a la clase Elegida y el 36 % a la Estándar. Para las estimaciones por FT-NIR el 18 % a la clase Premium, 65 % a la Elegida y 17 % a la Estándar. Finalmente, para la categoría Vacas con datos reales el 48 % correspondió a la clase Selecta y el 52 % a la Estándar. Para estimaciones por FT-NIR el 54 % se ajustó a la clase Selecta y el 46 % a la Estándar.

Desde el punto de vista investigativo, existen muchas técnicas disponibles para estimar el rendimiento (la proporción de carne, grasa y hueso) pero sus exactitudes varían considerablemente. En este trabajo se propone un sistema de clasificación por rendimiento que utiliza, por una mejor representatividad del modelo, el “peso total de cortes del T.E. en Kg” obtenida por ecuaciones de predicción a través de espectrofotometría FT-NIR. Se proponen rangos de Kg de cortes del T.E. (>41, 34-41, 27-34, 20-27, <20) para cinco niveles de clasificación predeterminados (1, 2, 3, 4, 5 respectivamente). Para la clasificación de Novillos y Novillitos utilizando valores reales solamente el 2 % de las muestras se ajustó a la clase 1, el 8 % a la clase 2, el 12 % a la clase 3, 72 % a la clase 4 y el 6 % a la clase 5. Para la clasificación basada en estimaciones por FT-NIR ninguna muestra clasificó para la clase 1, el 7 % para la clase 2, el 14 % para la clase 3, 78 % para la clase 4 y el 1 % para la clase 5. La clasificación con valores reales para la categoría Vacas no asignó individuos a la clase 1 ni a la 2, el 36 % se ajustó a la clase 3, 52 % a la clase 4 y el 12 % a la clase 5. Para la estimación por FT-NIR tampoco clasificaron en la clase 1, solo el 2 % para la clase 2, el 25 % para la clase 3, el 73 % para la clase 4 y no hubo individuos para la clase 5.

Los parámetros de calidad y rendimiento registrados para las categorías estudiadas son similares a los de esas categorías y razas producidas en nuestro país. La terneza de la carne de novillos y novillitos ha sido menor a la esperada considerando la edad y genética de los animales provenientes.

Los resultados obtenidos muestran que sería posible la utilización de medidas con espectrofotómetro FT-NIR para la implementación de sistemas de clasificación por calidad y rendimiento en planta frigorífica. Estos valores, si bien podrían mejorar al aumentar la cantidad de muestras que componen la biblioteca de datos de calibración, resultan factibles de ser utilizados para una propuesta inicial de un sistema de clasificación por calidad y rendimiento. La utilización de una sonda FT-NIR, ya disponible para uso industrial, permitiría su aplicabilidad en planta frigorífica, luego del enfriamiento obligatorio y antes de la distribución comercial de las reses para consumo interno o de la obtención de los cortes para exportación. A ello debería sumarse la gran importancia de poder agregarle a esta información el valor nutricional específico de cada res. Se espera que la continuidad de los trabajos aumente la exactitud predictiva a fin de adquirir la confiabilidad necesaria por parte de todos los sectores que componen la cadena productiva.