

## 환경 친화적 한우 거세우 사양을 위한 도체특성 성분 간 비율과 육량지수 간 관계 분석

조 상 범\*

### Analysis of Relation between Carcass Trait Components and Yield Index for Environment Friend Hanwoo Steer Breeding

Cho, Sangbuem

The present study hypothesized that ratio between carcass traits components could be applied for the understanding of yield index in Hanwoo steer. A thousand data was generated based on average carcass weight (CW), loin area (LA) and backfat thickness (BT) of Hanwoo steer in December 2018 for analysis 1. Then yield index (YI) was calculated using newly established yield index equation. The correlation between yield index and each carcass traits was visualized. In the interaction between carcass traits components (LA, CW, BT) and YI, only the interactions including BT showed a regular pattern to YI. Then changes of YI according to ratio of carcass traits components were investigated. The observed interactions between LABT and CWBT were similar with Monod equation model. The changes of YI to LABT and CWBT were fitted to Monod equation, and yield constants (K1 for LABT; K2, CWBT) of each equation were calculated as 0.47 and 2.20, respectively. Carcass traits from 5 commercial Hanwoo steer farm were then employed in the second analysis. Yield constants of each farm were estimated. In estimation,  $R^2$  value for K1 (LABT) showed greater than the K2 (CWBT). Finally, each farm was plotted based on their K1 and K2 values and it was found that greater yield index of Hanwoo steer was found as increased K1 and K2. As conclusion, the present study suggested the possibility of K1 and K2 values for understanding of yield grade equation and their application in the evaluation of new model for yield grade estimation and feeding strategy.

Key words : *backfat thickness, carcass weight, Hanwoo steer, loin area, yield grade*

---

\* Corresponding author, 전북대학교 농업생명과학대학 동물자원과학과(chosb73@jbnu.ac.kr)

## I. 서론

한우 생산성과 한우 농가 수익 및 경영은 밀접한 관계를 가지고 있다. 또한 생산성 향상을 위한 정밀, 정확 사양 목표 설정은 영양소 이용 효율과 밀접한 관계를 가지고 있다. 정확한 사양 목표의 설정은 사료 영양소의 과부족 발생률을 줄이고 영양소 과잉 방지는 배설되는 미소화(undigested) 영양소로 인한 환경오염을 최소화 할 수 있다. 또한 생산성 향상을 위한 합성 성장촉진물질(AGP, artificial growth promotor) 및 항생제 사용을 줄일 수 있다. 따라서 정밀한 사양 목표 설정은 환경오염 방지 및 항생제 사용 절감의 친환경 한우 사양에 있어 중요한 역할을 한다. 이러한 정밀 사양관리 목표 설정을 위하여 수확 통계적 접근 연구가 최근 많이 시도되고 있다(Ryu, 2017; Jeon, 2019).

한우 거세우의 경우, 육량등급과 육질등급에 의해 최종 등급이 결정되고 등급에 따라서 경락단가가 책정된다. 경락단가는 농가 수익과 직접적인 관련이 있다. 따라서 한우 거세우의 실질적 가치는 도체 등급에 의해 결정된다고 할 수 있다(Lee et al., 2016).

최근 축산물 등급판정 세부기준이 변경되었고, 새로운 육량지수 산정 수식이 적용되었다(농림축산식품부, 2018). 육량지수는 도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께에 의해 결정되고, 육량지수에 따라서 육량등급이 A, B 및 C 등급으로 구분된다. 도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께의 분포에 따라서 육량등급의 변화에 대한 이해는 정밀한 사양 목표 설정에 중요한 지표로 활용될 수 있다. 이에 본 연구는 육량등급을 결정하는 도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께의 비율과 육량지수와의 관계를 알아보기 위해 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 데이터 구축 및 처리

한우 거세우 출하 성적에 대한 가상 데이터는 통계청(kostat.go.kr)의 2018년 12월 한우 거세우 출하 성적 평균치를 기준으로 설정하였다. 도체중(Carcass weight, CW), 배최장근단면적(Loin area, LA) 그리고 등지방두께(Backfat thickness, BT)에 대한 자료는 아래와 같은 기준으로 각각 1,000개의 자료를 생성하였다.

$$CW = N(450, 45); LA = N(97, 9.7); BT = N(14.5, 1.4)$$

각 자료들은 평균값의 10%에 해당하는 값을 표준편차로 할당하였고, 정규분포가 되도록 생성하였으며, 생성된 자료의 특징은 Fig. 1에서 보는 것과 같다.

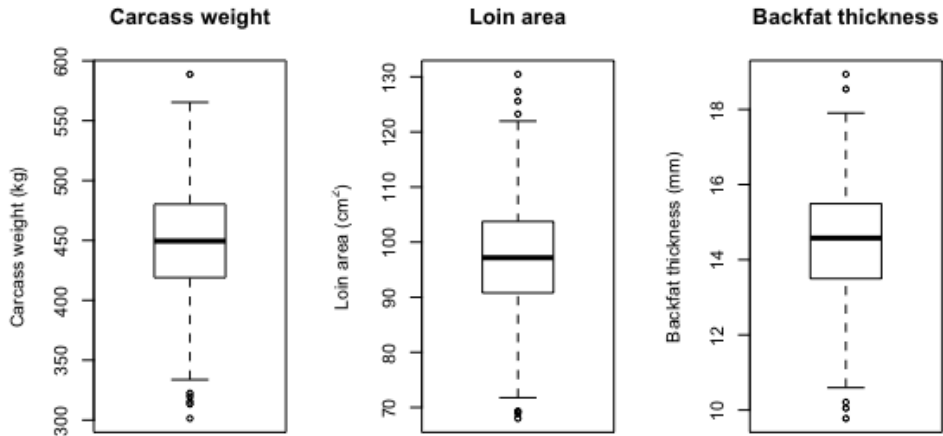


Fig. 1. Descriptive statistics of designated data set for each carcass weight, loin area and backfat thickness. Data set for carcass weight, loin area and backfat thickness were created as  $N(450, 45)$ ,  $N(97, 9.7)$  and  $N(14.5, 1.4)$ , respectively.

## 2. 한우 거세우 농장별 출하성적 자료

본 연구에서는 임의 데이터(random data set)를 분석한 결과를 실제 농장 결과에 적용하기 위하여 한우 거세우 농장 5 개소의 출하 성적 자료를 활용하였다. 농장은 전라북도 김제시와 정읍시에 소재한 한우 거세우 농장으로 2017~2018년 사이의 출하 성적 자료를 사용하였고, 농장 별 자료의 특성은 Table 1에서 보는 것과 같다.

Table 1. Carcass performance data from used farms and their model constant values

Farm	N <sup>1</sup>	Loin area, cm <sup>2</sup>	Carcass weight, kg	Backfat thickness, mM	Yield index
A	233	89.64 <sup>abc</sup> ±9.99 <sup>2</sup>	425.20 <sup>b</sup> ±43.57	13.03 <sup>ab</sup> ±4.66	61.57 <sup>ab</sup> ±1.64
B	42	88.86 <sup>bc</sup> ±9.91	416.95 <sup>b</sup> ±33.43	12.40 <sup>b</sup> ±4.62	61.76 <sup>a</sup> ±1.62
C	45	88.22 <sup>c</sup> ±11.48	416.53 <sup>b</sup> ±44.91	13.44 <sup>ab</sup> ±5.14	61.44 <sup>ab</sup> ±1.66
D	89	92.79 <sup>a</sup> ±11.44	445.03 <sup>a</sup> ±46.28	14.47 <sup>a</sup> ±5.00	61.12 <sup>b</sup> ±1.59
E	109	92.20 <sup>ab</sup> ±9.82	441.57 <sup>a</sup> ±40.65	13.37 <sup>ab</sup> ±4.63	61.44 <sup>ab</sup> ±1.55
P value		0.019	<0.001	0.049	0.284

<sup>1</sup> N, number of animal

<sup>2</sup> Mean ± standard deviation

<sup>abc</sup> Different superscripts in same column mean significantly different (alpha = 0.05)

### 3. 자료의 분석

임의 데이터 및 농장 출하 성적에 대하여 아래와 같은 순서로 자료 분석을 수행하였다. 도체 성적(도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께) 자료를 개정된 육량지수 계산 수식에 적용하여 육량지수를 계산하였다(MAFRA, 2018).

$$Y = (11.06398 - 1.25149 * \text{backfat} + 0.28293 * \text{loin} + 0.56781 * \text{carcass}) / (\text{carcass} * 100)$$

Y, 육량지수; backfat, 등지방두께(mm); loin, 배최장근단면적(cm<sup>2</sup>); carcass, 도체중(kg)

계산된 육량지수와 도체성적 성분들 간, 그리고 도체성적 성분들 간 비율에 대한 상관성은 산점도 그래프(scattered plot)를 이용하여 조사하였다. 각 도체성적 성분들 간 상관성은 Monod equation 모형에 근사화 시켰고, 모형 상수로 최대 육량지수( $Y_{\max}$ )와 육량지수 산출 상수(K)를 계산하였다. 각 상수값들의 추정에는 변수들의 역수값을 이용한 선형회귀 분석을 통하여 진행하였다. Monod equation 모형과 상수값 추정 선형회귀 분석은 다음과 같이 진행하였다.

$$Y = (Y_{\max} * R) / (K + R)$$

위 수식에서 Y는 육량지수,  $Y_{\max}$ 는 이론적 최대 육량지수값, K는 육량지수 상수 그리고 R은 배최장근단면적/등지방두께 혹은 도체중/등지방두께의 비율

$$1/Y = (K/Y_{\max}) * (1/R) + (1/Y_{\max})$$

역수값을 이용한 선형화 수식, slope =  $K/Y_{\max}$ , intercept =  $1/Y_{\max}$ ,  $K = \text{slope}/\text{intercept}$

### 4. 자료 분석

자료 형태의 도식화, 자료 정리 및 형태 변경 및 일반 선형 분석 등은 통계 프로그램 R을 사용하였고, “tidyverse”, “agricolae” 및 “cowplot” packages를 사용하였다(R core Team, 2013).

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 자료의 특성

새로운 육량지수 계산 수식의 특성을 파악하기 위하여 정규분포에 따라 임의로 생성된 자료값들의 특성은 Fig. 1에서 보는 것과 같다. 모든 항목에서 이상치들을 포함하고 있는데, 실제 농가 현장에서도 이상치는 발생할 수 있기에 모든 이상치들을 분석에 사용하였다. 임의로 생성된 도체성적 성분들(도체중, 배최장근단면적 및 등지방두께)과 육량지수 간의 상관성을 도식화한 결과는 Fig. 2에서 보는 것과 같다. 육량등급 A, B 및 C 등급의 기준이 되는 육량 지수는 수평선을 이용하여 나타내었고, 각 그래프에서 독립변수에 두 개의 도체성적 성분들이 포함되도록 하였다. 배최장근단면적이 증가할수록 육량지수는 증가하였다. 같은 배최장근단면적 수준에서 등지방두께가 감소할수록(Fig. 2A) 그리고 도체중이 감소할수록 (Fig. 2B) 육량지수가 증가하였다. 등지방두께가 증가할수록 육량지수가 감소하였다. 등지방두께가 동일하다고 가정할 경우, 배최장근단면적이 증가할수록(Fig. 2C) 그리고 도체중이 감소할수록(Fig. 2D), 육량지수는 증가하였다. 도체중은 증가할수록 육량지수가 감소하는 것으로 나타났다. 도체중이 동일하다고 가정할 경우, 등지방두께가 감소할수록(Fig. 2E), 배최장근단면적이 증가할수록(Fig. 2F) 육량지수는 증가하였다. 육량지수에 미치는 각 도체 성적들의 영향을 선형을 분석한 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Formula: Yield index ~ Carcass + Loin + Backfat

$$\text{Yield index} = 63.741^{**} - 0.010 * \text{Carcass}^{**} + 0.063 * \text{Loin}^{**} - 0.278 * \text{Backfat}^{**}$$

위 첨자로 표시된 별표는 통계적 유의수준을 의미함(\*, P<0.05; \*\*, P<0.01).

#### 2. 도체 성적 성분비율과 육량지수 간의 상관성

도체 성적에 관한 자료들을 상호 간의 비율 자료로 전환하고, 비율 자료들과 육량지수 간의 관계를 도식화한 결과는 Fig. 3에서 보는 것과 같다. 등지방두께와 배최장근단면적 (Fig. 3A) 그리고 도체중간(Fig. 3D)의 비율에서는 Monod equation 모형과 매우 일치하는 특성을 나타낸 반면, 배최장근단면적과 도체중간의 관계는 특별한 상관성이 관찰되지 않았다 (Fig. 3B, 3C). 이에 본 연구에서는 등지방두께를 분모로 하는 배최장근단면적과 등지방두께에 대한 비율(LABT, loin area/backfat thickness)과 그리고 도체중과 등지방두께에 대한 비율(CWBT, carcass weight/backfat thickness)을 독립변수로 설정하고 각 비율 변수들과 육량지수들의 관계를 Monod equation 모형에 근사화시켰다. 그리고 Monod equation 모형의 상수값

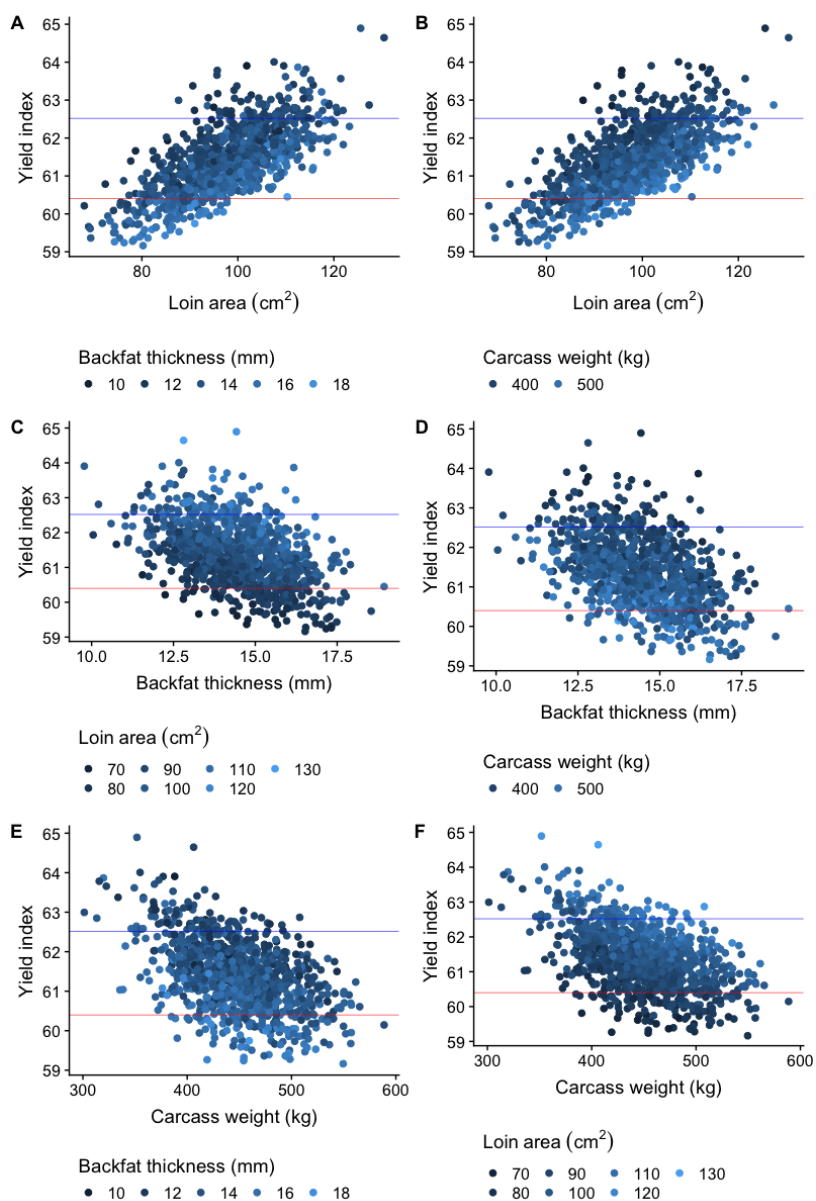


Fig. 2. Interaction of carcass traits on yield index. A, Interaction of loin area and backfat thickness on yield index; B, Interaction of loin area and carcass weight on yield index; C, Interaction of backfat thickness and loin area on yield index; D, Interaction of backfat thickness and carcass weight on yield index; E, Interaction of carcass weight and backfat thickness on yield index; E, Interaction of carcass weight and loin area on yield index. Three areas separated by two horizontal lines indicated meat quantity grades (grade A for upper, grade B for middle and grade C for lower areas).

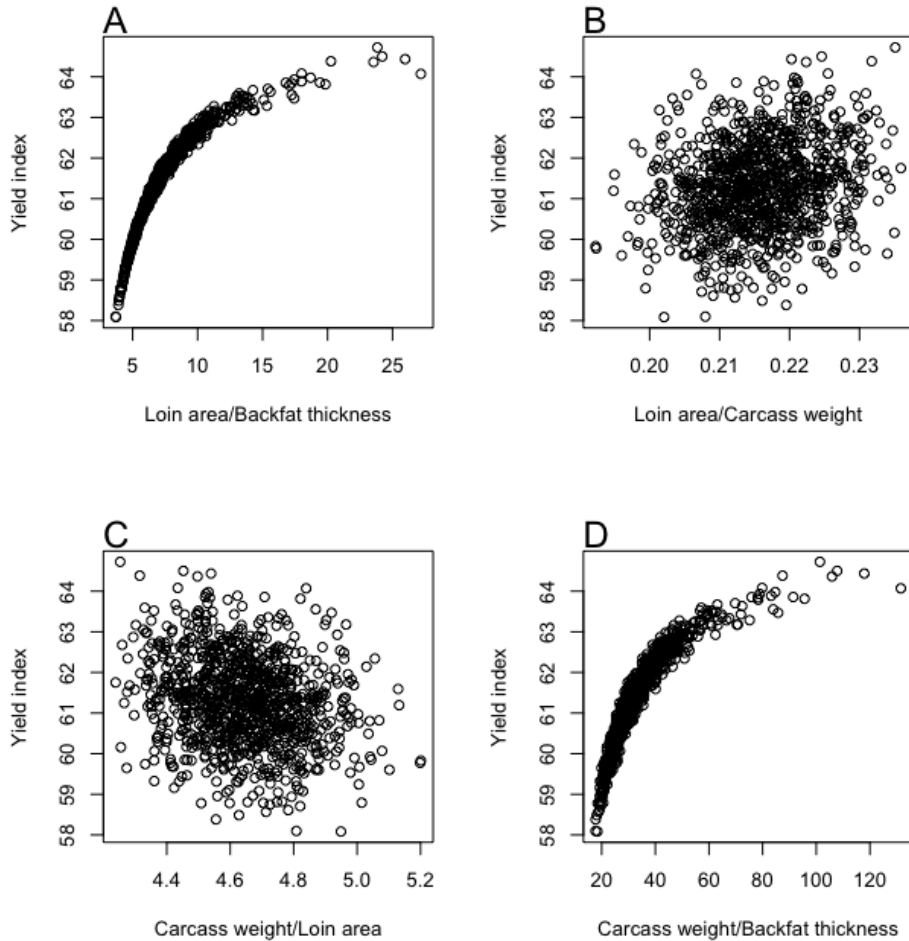


Fig. 3. Relation between yield index and ratio of carcass traits. A, interaction between yield index and loin area/backfat thickness; B, interaction between yield index and loin area/carcass weight; C, interaction between yield index and carcass weight/loin area; D, interaction between yield index and carcass weight/backfat thickness.

을 산출하였다.

그 결과 LABT에 대한  $K$ ,  $Y_{max}$  그리고 결정계수( $R^2$  value)는 각각 0.467, 66.667 및 0.976으로 나타났다. CWBT의 경우,  $K$ ,  $Y_{max}$  그리고 결정계수( $R^2$  value)는 각각 2.2, 66.667 및 0.856으로 나타났다. LABT와 CWBT의 결정계수를 비교한 결과 LABT가 CWBT이 비해 모델 근사화 적합도가 높게 나타났다.

### 3. 농장 출하 성적 자료 분석

#### 1) 자료의 특성

전북 김제와 정읍 소재의 한우 거세우 농장 5개소의 출하성적 자료의 특성은 Table 1에서 보는 것과 같다. 배최장근단면적의 경우, 농장 D에서 가장 높았고, 농장 C에서 가장 낮게 나타났다. 도체중의 경우, 농장 D와 E에서 높게 나타났다. 등지방두께의 경우, 농장 D에서 가장 높게 나타났다. 육량지수는 새로운 육량지수 산출식을 이용하여 계산하였고, 농장 B에서 가장 높게 나타났으며, 농장 D에서 가장 낮게 나타났다.

#### 2) 육량지수 상수값의 비교

각 농장에 대한 Monod equation 근사화 결과는 Table 2에서 보는 것과 같다. 임의 데이터 분석결과와 마찬가지로 LABT의 근사화 결정계수가 CWBT에 비하여 높게 나타났다. LABT 결과를 기준으로  $Y_{max}$ 와 K 값은 농장 C에서 가장 높았고, 농장 D에서 가장 낮은  $Y_{max}$ 와 K 값을 나타내었다. LABT와 CWBT 값을 이용하여 농장들을 분류한 결과는 Fig. 4에서 보는 것과 같다. LABT와 CWBT 값이 증가할수록 농장 평균 육량지수는 증가하였다. 그러나 각 농장의 K1과 K2 값은 LABT와 CWBT와 선형적인 상관성을 나타내지는 않았다(농장 C).

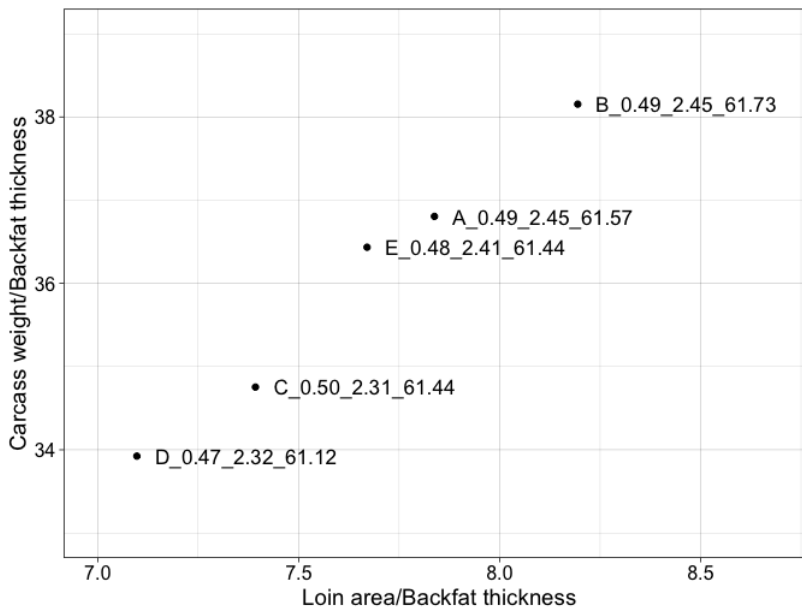


Fig. 4. Location of each farms based on their carcass weight/backfat thickness and loin area/backfat thickness. Annotated text on left of plot indicated farm\_K1\_K2\_yield index estimates.



Table 2. Regression coefficient for loin area and carcass weight to backfat thickness in estimation of yield index

Farms	Loin area/Backfat thickness				Carcass weight/Backfat thickness			
	Y <sub>max1</sub>	K1	RSQ	LABT	Y <sub>max2</sub>	K2	RSQ	CWBT
A	65.96	0.49	0.93	7.84±3.14	66.14	2.45	0.77	36.80±13.75
B	65.96	0.49	0.95	8.19±3.31	66.21	2.45	0.88	38.15±14.58
C	66.12	0.50	0.94	7.39±2.69	65.96	2.31	0.82	34.75±11.81
D	65.64	0.47	0.94	7.10±2.34	65.70	2.32	0.81	33.92±10.79
E	65.73	0.48	0.94	7.67±2.61	65.88	2.41	0.78	36.43±11.36

Yield index = (Y<sub>max1</sub>\*LABT) / (K1 + LABT) or Yield index = (Y<sub>max2</sub>\* CWBT) / (K2 + CWBT)

LABT, loin area/backfat thickness; CWBT, carcass weight/backfat thickness

RSQ, r square value

#### IV. 고 찰

비육우 생산에 있어서 조단백질과 가소화 영양소 총량(TDN) 수준 등의 영양소 섭취량 설정은 도체중, 배최장근단면적 및 등지방두께와 같은 육량지수 도체성적에 영향을 미친다 (Byers and Moxon, 1980; Perry et al., 1983; Rossi et al., 2000). 한우 거세우 사양에 있어 육성기와 비육전기는 주로 반추위 발달과 골격 및 근육과 같은 체조직 발육에 그 초점이 맞추어져 있고, 높은 육량지수 확보를 위해 영양소 섭취량을 조절하고 있다(NIAS, 2017). 높은 육량지수값을 얻기 위해 배최장근단면적과 도체중은 증가시키고 등지방두께는 감소시키려는 사양 관리에 많은 노력이 기울여져 왔다.

한우 거세우의 도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께는 상호 독립적으로 성장하는 것이 아니고 서로 연관성을 가지고 변화하게 된다. 즉 거세한우의 체성분들의 성장과 증가에는 잠재적인 상관성이 존재한다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 체형특성과 도체특성 간의 상관성을 조사하는 연구가 수행된바 있고(Ha et al., 2002), 체구성 성분 총량과 도체특성 간의 상관성에 관한 연구가 수행된바 있다(Lee et al., 2016). 체구성 성분 비율에 관한 연구는 소매 정육량 추정에 관한 회귀식 개발에도 이용되고 있다(Lee et al., 2008).

한우 거세우의 체형특징, 체구성 성분 그리고 도체특성 간에 일정한 상관성이 존재한다면, 도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께와 같은 도체특성 구성 요소들 간에도 일정한 상관성이 존재할 것으로 예측할 수 있으며, 실제 몇몇 연구에서 도체특성들 간의 유의적인 상관성이 존재하는 것으로 보고된 바 있다. Lee 등(2005)과 Choy 등(2010)은 도체중과 배최장근단면적, 도체중과 등지방두께 그리고 배최장근단면적과 등지방두께 모두에서 유

의적인 정의 상관관계가 존재하는 것으로 보고하였다. 이에 본 연구에서는 도체성적 구성 요소들 간의 비율과 육량지수 간의 관계를 알아보았다. 2018년 12월 기준 평균 도체중, 배최장근단면적 그리고 등지방두께를 기준으로 임의의 자료를 구성하고 새롭게 설정된 육량지수 계산식을 통하여 얻어진 육량지수간의 관계를 조사한 결과에서는 모두 선형적 관계가 관찰되었으나 개별 자료들의 산포가 크게 나타났다. 하지만 도체성적 구성 요소들 간의 비율을 이용하여 다시 육량지수와 관계를 조사한 결과에서는 등지방두께와 배최장근단면적(LABT) 그리고 등지방두께와 도체중간의 비율(CWBT)에서 육량지수와 일정한 관계를 나타내었다. 이 결과를 통하여 두 가지 변수(LABT, CWBT)가 육량지수와의 상관성 분석에서 효과적인 변수로 적용될 수 있는 가능성을 확인하였다. LABT와 CWBT와 육량지수 간의 관계를 Monod equation 모형에 근사화 시킨 후, 상수값을 산출한 결과 CWBT보다는 LABT에서 보다 우수한 결정계수값을 나타내었다. 실제 한우 거세우 농가 출하성적을 대상으로 다시 CWBT 및 LABT와 육량지수 간의 Monod equation 상수값을 계산하고 얻어진 상수값들(K1, K2)과 육량지수를 비교한 결과 K1과 K2 값이 증가할수록 육량지수가 증가하는 것을 확인하였다. 일련의 분석을 통하여 육량지수의 예측에 있어 CWBT 및 LABT의 활용 및 Monod equation 모형 상수 값들이 활용 가능성들을 확인할 수 있었다. 향후 상세한 자료 분석과 수치해석을 통하여 본 연구에서 소개된 비율 변수와 상수 값들의 활용성을 알아볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

[Submitted, April. 24, 2019 ; Revised, May. 3, 2019 ; Accepted, May. 13, 2019]

## References

1. Beyers, F. and A. Moxon. 1980. Protein and selenium levels for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 50: 1136-1144.
2. Choy, Y. H., S. B. Choi, G. J. Jeon, H. C. Kim, H. J. Chung, J. M. Lee, B. Y. Park, and S. H. Lee. 2010. Prediction of retail beef yield using parameters based on Korean beef carcass grading standards. *J. Food Sci. Ani. Resour.* 30: 905-909.
3. Ha, D. W., H. C. Kim, B. W. Kim, M. Y. Lee, J. H. Lee, C. K. Shin, C. H. Do, and J. G. Lee. 2002. A study on the body type of Hanwoo (Korean cattle) steer by using principal components analysis. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 44: 643-652.
4. Jeon, E. J. 2019. Development of prediction model for dietary nutrient intake level, growth performance and carcass characteristics of Hanwoo steers using statistical artificial neural

- networks method. Master's Thesis. Chonbuk National University, Jeonju.
5. Lee, J. M., K. H. Hah, J. H. Kim, S. H. Cho, P. N. Seong, M. O. Jung, Y. M. Cho, B. Y. Park, D. H. Kim, and C. N. Ahn. 2008. Study on the carcass yield grade traits and prediction of retail product weight in Hanwoo beef. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 28: 604-609.
  6. Lee, J. M., Y. M. Yoo, B. Y. Park, H. S. Chae, D. H. Kim, Y. K. Kim, and Y. I. Choi. 2005. Study on the carcass yield grade of Hanwoo. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*. 47: 261-270.
  7. Lee, J. Y., J. K. Lee, and J. B. Kim. 2016. Relationship of major carcass grading traits with the related retail cut productivity traits in Hanwoo steers. *J. Agri. & Life Sci.* 50: 99-111.
  8. MAFRA. 2018. Guideline for rating grade of animal products (Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Administrative rule 2018-109).
  9. NIAS (National institute of animal science). 2017. Korean feeding standard for Hanwoo. RDA.
  10. Perry, T., D. Shields, W. Dunn, and M. Mohler. 1983. Protein levels and monensin for growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 57: 1067-1076.
  11. R core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
  12. Rossi, J., S. Loerch, and F. Fluharty. 2000. Effects of crude protein concentration in diets of feedlot steers fed to achieve stepwise increase in rate of gain. *J. Anim. Sci.* 78: 3036-3044.
  13. Ryu, C. 2017. Investigation of the relationship dietary crude protein and energy levels, and growth performance and carcass characteristics of Hanwoo using statistical meta-analysis. Ph.D. Thesis. Chonbuk National University, Jeonju.