

Research Article

Revisiting the Hanwoo Meat Yield Index: A Perspective from Genetic Improvement

Soo Hyun Lee¹, Doo Ho Lee¹, Nam Uk Kim¹, Yeong Kuk Kim¹, Seung Hwan Lee^{2*}¹Quantomic research & solution Co., TIPS Town, Daejeon 34134, Republic of Korea²Division of Animal & Dairy Science, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Republic of Korea*Corresponding author: slee46@cnu.ac.kr

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the limitations and inconsistencies of the current meat yield index used in Hanwoo (Korean native cattle) from a genetic improvement perspective and to propose an alternative index. The current meat yield index is calculated as the proportion of estimated retail meat, derived from carcass traits such as CWT, EMA, and BFT, relative to total carcass weight. Nevertheless, under the current formulation, an increase in carcass weight may unexpectedly lead to a lower yield index. This was reflected in negative correlations between carcass weight and the meat yield index for both phenotypes (-0.325) and genomic estimated breeding values (-0.137). Even in the highest gEBV quartile group for carcass weight, the proportion of animals classified as Yield Grade A remained low (21%), suggesting a misalignment between selection goals and grade outcomes. Furthermore, the prediction accuracy of yield grade using carcass weight gEBV was only 53.0%, whereas marbling score gEBV predicted quality grade with higher accuracy (61.6%). To address this mismatch, we proposed an alternative yield index that excludes dividing by carcass weight, resulting in a simplified formula based on estimated retail meat weight. The new index showed a strong positive correlation with carcass weight gEBV (0.792), indicating a better alignment with selection objectives. These findings suggest that the current yield index inadequately reflects genetic merit and that consumer-visible grades may fail to capture the actual improvements achieved through breeding. The proposed index offers a simple yet effective alternative, improving both interpretability and consistency.

Keywords: Hanwoo, Meat Yield Index, Genomic breeding value, Phenotype prediction

INTRODUCTION

본 연구는 한우 집단에서 활용되고 있는 등급체계에 대해 개량 관점에서의 적합성을 검토하고, 개량방향과 형질 혹은 지표 간의 관계를 분석, 기술하고자 한다. 본 연구의 대상인 한우집단은 한국 고유의 육우 품종으로, 1980년대 후반에 시작된 한우 개량사업을 기점으로 국가 주도의 체계적인 개량전략 하에 생산성과 품질이 꾸준히 향상되어 왔다(허덕, 2003). 특히 한우 개량체계는 생체중 및 도체중과 같은 생산 형질, 근내지방도와 같은 육질 개선을 위한 품질을 중심으로 선발이 이루어지도록 하며, 국가 중심의 씨수소의 선발과 보급을 통해 우수한 개체의 유전자가 농가에 빠르게 확산될 수 있었다(김효선 et al, 2010; 신은경 et al, 2018; 손지현 et al, 2021). 2017년에는 유전체 선발이 씨수소 집단에 도입되면서 유전능력을 더욱 정밀하게 추정할 수 있는 기반이 마련되었고, 이를 시작으로 표현형을 유전체 수준에서 예측하려는 정밀 표현형 예측 역시 한우에서도 선행연구가 진행된 바 있다(Swati Srivastava et al, 2021). 이러한 접근은 다양한 유전 및 환경 정보를 통합하여 개체의 실제 성적을 예측하려는 시도로, 현장에서의 실질적 성과와 유전적 선발 기준 간의 적합성을 높이는 데 기여하며, 이는 유전체 기반 개량체계가 지향해야 할 방향성과도 맞닿아 있다.

Received June 30, 2025

Revised September 19, 2025

Accepted September 19, 2025

Copyright © 2025 Korean Society of Animal Breeding and Genetics.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도축 이후의 공정에서 도체의 특성을 평가하고 유통 체계를 관리하는 축산물품질평가원에서는 도체형질을 수집, 도체등급제도를 운영하며 개량목적용 씨수소 집단의 후대성적 또한 수집하여 개량기관에 제공하고 있다. 그 중, 이 기관이 제공하는 도체등급제도는 시장에서의 가격 형성과 직접적으로 연관되는 육량지수, 육질지수 지표 그리고 그에 따른 최종등급을 결정하는 육량등급, 육질등급을 의미한다. 육량등급을 결정하는 육량지수는 등지방두께, 배최장근 단면적, 도체중 등의 형질을 활용하여 품종, 성별구분에 따른 지수식으로 산출되며, 도체의 정육율을 대변하는 지표로 사용된다. 여기에서 정육율은 전체 도체의 총량 중 순수 살코기(정육)의 비율로 정의된다(축산신문, 2022).

수식 (1) 기존 육량지수 산식(한우 거세우 기준):

$$\text{기존육량지수} = 68.184 - 0.625 \times \text{등지방두께(mm)} + 0.130 \times \text{배최장근단면적(cm}^2\text{)} \\ - 0.024 \times \text{도체중(kg)}$$

수식 (2) 현행 육량지수 산식(한우 거세우 기준):

$$\text{현행육량지수} = \left(\frac{11.06398 - 1.25149 \times \text{등지방두께(mm)} + 0.28293 \times \text{배최장근단면적(cm}^2\text{)} + 0.56781 \times \text{도체중(kg)}}{\text{도체중(kg)}} \right) \times 100$$

출처: 농림축산식품부, 2019

육량지수는 현행 지수식 이전에 사용된 과거 수식과 값의 범위가 유사하고, 양자 간 상관이 0.991 수준(상업축 평가집단 거세우 기준)으로 매우 높게 나타나는 점으로 미루어 보아, 육량등급을 부여하기 위한 정육율 점수 시스템으로 기능하고 있는 것으로 판단된다. 본 연구가 육량지수에 주목한 이유는 정육율을 도체중으로 분할하여 산출하는 과정에서 그 결과값인 육량지수가 현재의 개량 방향과 부합하지 않는 결과를 초래할 수 있기 때문이다. 이에 따라, 현장에서 사용되는 육량지수, 육량등급 등이 유전능력과 어느 정도 일치하는지에 대한 재검토가 필요한 시점이다.

개량을 위한 표현형으로서 육량지수는 독립적인 산식을 통해 계산되는 별도의 지표처럼 보일 수 있으나, 궁극적으로는 농가와 소비자가 접하게 되는 최종등급 산정의 기준이라는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 농가는 국가 주도의 한우 개량 방향에 따라 생산된 씨수소를 기반으로 교배계획을 수립하고 개체를 생산하지만, 그 결과로 나타나는 육량등급이 유전능력의 지표인 육종가와 호환되지 않는다면 이는 현행 육량지수 지표체계의 재검토 필요성을 시사한다. 정육율이 농가의 수익성과 직결된다는 점에서 산업적 중요성은 분명하지만, 유전능력을 고려한 교배 전략이 일관된 결과로 이어지지 않는 현 상황은 재검토가 충분히 필요해 보인다.

따라서 본 연구에서는 한우 상업축 집단을 대변하는 평가집단을 활용하여 도체등급제도와 관련된 지수와 등급, 유전체 육종가 등을 산출하고 이를 통해 개량관점에서의 정합성을 검토하고자 한다.

MATERIALS AND METHODS

공시재료

본 연구에 활용된 한우 상업축 자료는 총 15,000두이며, 이 자료는 2011년부터 수행된 농촌진흥청 차세대바이오그린21사업의 관련 과제들에서 생산되었다. 유전체 정보는 Illumina Bovine SNP chip v2 및 v3 자료를 통합하여 구성되어 있으며 총 53,866개의 SNP(Single Nucleotide Polymorphism) 마커 중 결측률 10% 이상 또는 희소대립유전자빈도(minor allele frequency, MAF) 5% 미만의

마커를 제외한 최종 30,734개의 SNP를 분석에 활용하였다. 유전체 자료의 전처리는 PLINK 1.9 및 Python 3.0을 이용하였다. 표현형 정보는 도체중(Carcass Weight; CWT), 배최장근단면적(Eyemuscle Area; EMA), 등지방두께(Backfat Thickness; BFT), 근내지방도(Marbling Score; MS)의 총 4개 도체형질이며, 추가 환경변수로는 성별, 생년월일, 도축년월일 등이 포함되어 있다. 본 분석에는 거세우 중 24-32개월령 개체를 대상으로 도체중, 배최장근단면적, 등지방두께의 연속형 형질에 대해 평균 ± 3 표준편차 범위를 초과하는 값을 이상치로 정의하고, 해당 기준에 따라 93두를 제외한 총 14,907두를 분석에 활용하였다. 근내지방도 형질은 이상치 제거에 포함하지 않았으며 이는 해당 형질이 상대적으로 범주형 분포를 가지고 있으며 최고, 최저 등급의 개체들이 이상치로 간주되어 제거될 수 있기 때문에 이상치 제거 대상에서 제외하였다.

유전능력평가

유전능력 평가는 BLUPF90 프로그램을 활용하여 수행하였으며, 분석에는 4개 도체형질을 대상으로 한 다형질 선형혼합모형(multi-trait linear mixed model)을 적용하였다. 유전관계행렬(genomic relationship matrix, GRM)은 앞서 언급한 30,734개의 SNP 마커를 기반으로 PLINK 1.9를 이용해 구성하였다. 모형 설정에서는 도축일령을 공변량으로 포함하였고, 생년월 및 도축년월은 각각의 동기군(contemporary group)으로 처리하였으며 개체효과는 임의효과(random effect)로 설정하였다. 수렴까지의 반복 횟수는 1,000회, 기준은 로그우도 10^{-14} 로 설정하였다. 해당 모형을 통해 추정된 유전모수 결과는 Table 1에 제시하였다.

$$y = Xb + Zu + e$$

여기에서 y 는 표현형, X 는 고정효과 행렬, Z 는 임의효과 행렬, b 와 z 는 각각 고정효과 및 임의효과에 대한 벡터, e 는 잔차를 나타낸다.

보조분석 및 시각화

보조분석 및 시각화는 R 소프트웨어(version 4.1.2)를 활용하여 수행하였다. 개량방향과 최종등급 지표 간의 경향을 파악하기 위해 4개 도체형질의 표현형, 각 형질의 유전체 육종가, 그리고 현행 육량지수 간의 상관분석을 수행하였다. 또한 유전능력에 따른 등급출현율을 확인하기 위해 도체중 및 근내지방도 표현형, 육종가에 4분위 또는 구간별로 분류하여 등급 출현율을 시각화하였다. 여기에서 출현율은, 표현형 혹은 육종가에 따른 최종등급의 비율을 의미한다. 단, 근내지방도의 경우, 점수 구간에 따른 범주형 구분으로 육질등급이 결정되기 때문에 근내지방도 표현형과 육질등급 간의 출현율은 구간별로 100% 출현율을 나타내어 자료 상 표현하지 않았다.

형질 별 등급예측 정확도

각 형질별 육종가가 해당 형질을 얼마나 잘 예측할 수 있는지, 최종등급에 대한 유전체육종가 기반의 예측 정확도를 파악하였다. 등급 예측 정확도 평가는 전체 데이터를 70:30 비율로 학습-검증 데이터셋으로 나누어 총 10회 반복 수행하였으며, 반복 시 랜덤 시드를 고정하여 동일한 표본추출을 적용하였다. 등급예측에 사용한 육종가는 고정효과, 임의효과 등이 반영된, 정제된 값으로 예측 모형 자체에 추가적인 변수를 고려하지 않았다. 해당 분석은 R nnet, caret을 이용하여 수행하였다.

RESULTS

유전능력평가

본 연구에서 추정된 도체중(Carcass Weight; CWT), 등심단면적(Eye Muscle Area; EMA), 등지방두께(Backfat Thickness; BFT), 근내지방도(Marbling Score; MS)의 유전력(heritability)은 각각 0.433, 0.369, 0.361, 0.456으로 나타났다 (Table 1). 이러한 결과는 본 연구에 사용된 유전체 기반 다형질 혼합모형을 통해 도출된 값으로, 각 형질에 대해 중등도 이상의 수준임을 확인하였다.

Table 1. Genetic and Residual Variances and Heritability Estimates for Four Carcass Traits

	V _a	V _e	h ²
CWT	933.52	1221.5	0.433
EMA	49.567	84.931	0.369
BFT	6.9481	12.278	0.361
MS	1.4551	1.7329	0.456

CWT: Carcass Weight;
 EMA: Eye Muscle Area;
 BFT: Back Fat Thickness;
 MS: Marbling Score;
 V_a: Genetic Variance
 V_e: Residual Variance
 h²: Heritability

상관분석 및 육종가 기반 등급 출현율 분석

현행 등급제도와 개량방향 간의 정합성을 확인하기 위한 상관분석과 등급 출현율 분석 결과로, 도체형질의 표현형과 유전체육종가(gEBV), 그리고 현행 육량지수(MY index) 간의 상관 분석에서는 육량지수를 제외한 형질 간 상관이 0.069~0.576 수준으로 나타났다 (Figure 1, Table 2). 반면, 육량지수와 각 형질 및 육종가 간 상관은 -0.899~0.252 그리고 -0.731~0.317 수준으로 전반적으로 낮은 음의 상관을 보였다. 특히, 육량지수와 육량등급 결정에 핵심적으로 기여할 것으로 예상되는 도체중의 경우, 해당 표현형과 육종가와 의 상관은 각각 -0.325, -0.137로 확인되었다.

도체중 표현형 및 육종가에 따른 육량등급 출현율 분석 결과, 도체중 표현형 사분위가 낮을 때 A등급 출현율이 증가하고 C등급은 감소하는 양상이 확인되었다(Figure 2, Table 3). 반대로, 도체중 표현형 사분위가 높을수록 A등급 출현율은 감소하고 C등급 출현율은 증가하는 경향을 보였다. 도체중 육종가 사분위와 육량등급 간 출현율 또한 육종가가 낮을수록 등급이 높고 육종가가 높을수록 등급이 낮은 유사한 추이를 나타냈다(Figure 3, Table 4). 한편, 근내지방도 육종가와 육질등급 간 출현율 분석에서는, 육종가가 높아 질수록 높은 육질등급(1++, 1+) 출현율이 증가하는 뚜렷한 경향이 관찰되었다(Figure 4, Table 5).

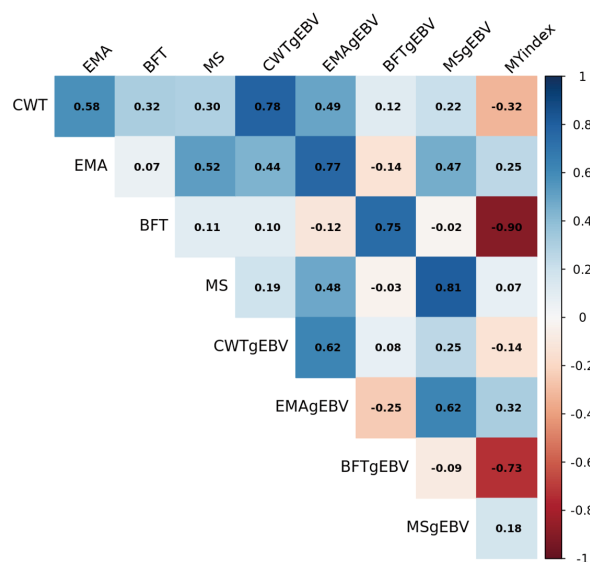
Correlation Among Phenotypes, gEBVs, and the Current Meat Yield Index

Figure 1. Correlation among carcass phenotypes, genomic EBVs, and the current meat yield index. CWT: Carcass Weight; EMA: Eye Muscle Area; BFT: Back Fat Thickness; MS: Marbling Score; gEBV: Genomic Estimated Breeding Value; MY index: Meat Yield Index.

Table 2. Correlation Matrix Among Phenotypes, gEBVs, and the Current Yield Index in Hanwoo Cattle

	CWT	EMA	BFT	MS	CWTgEBV	EMAgEBV	BFTgEBV	MSgEBV	MY index
CWT	1	0.576	0.316	0.297	0.784	0.491	0.119	0.216	-0.325
EMA	0.576	1	0.069	0.522	0.444	0.767	-0.137	0.465	0.252
BFT	0.316	0.069	1	0.106	0.102	-0.116	0.747	-0.021	-0.899
MS	0.297	0.522	0.106	1	0.194	0.484	-0.034	0.807	0.073
CWTgEBV	0.784	0.444	0.102	0.194	1	0.621	0.079	0.254	-0.137
EMAgEBV	0.491	0.767	-0.116	0.484	0.621	1	-0.25	0.623	0.317
BFTgEBV	0.119	-0.137	0.747	-0.034	0.079	-0.25	1	-0.089	-0.731
MSgEBV	0.216	0.465	-0.021	0.807	0.254	0.623	-0.089	1	0.179
MY index	-0.325	0.252	-0.899	0.073	-0.137	0.317	-0.731	0.179	1

CWT: Carcass Weight;

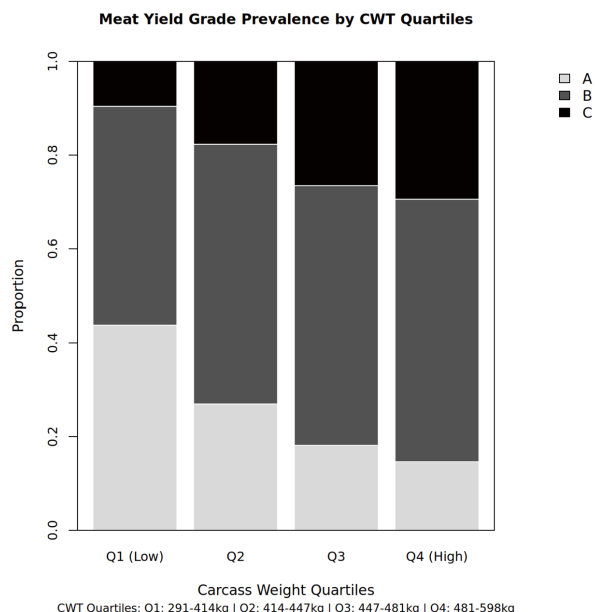
EMA: Eye Muscle Area;

BFT: Back Fat Thickness;

MS: Marbling Score;

gEBV: Genomic Estimated Breeding Value;

MY index: Meat Yield Index

**Figure 2.** Distribution of meat yield grades by carcass weight groups. CWT Quantile 1: 291 ~ 414(kg); CWT Quantile 2: 414 ~ 447(kg); CWT Quantile 3: 447 ~ 481(kg); CWT Quantile 4: 481 ~ 598(kg).**Table 3.** Proportions of meat yield grades (A, B, C) across carcass weight groups.

	Q1(Low)	Q2	Q3	Q4(High)
A	0.44	0.27	0.19	0.15
B	0.46	0.56	0.55	0.56
C	0.1	0.18	0.26	0.3

CWT Quantile 1: 291 ~ 414(kg)

CWT Quantile 2: 414 ~ 447(kg)

CWT Quantile 3: 447 ~ 481(kg)

CWT Quantile 4: 481 ~ 607(kg)

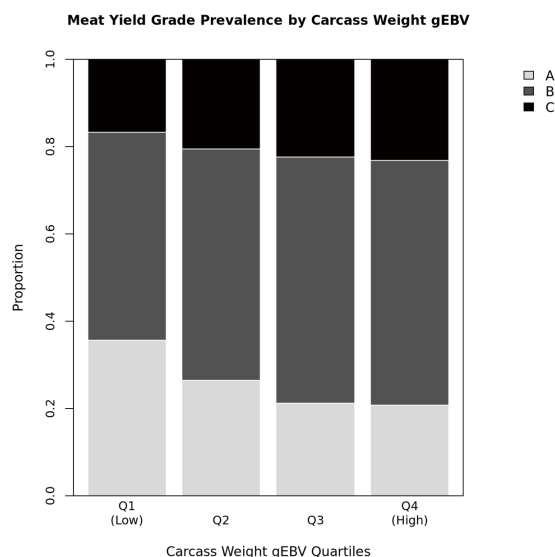


Figure 3. Distribution of meat yield grades by carcass weight gEBV quartiles. CWT gEBV Quantile 1: -87.989 ~ -19.365; CWT gEBV Quantile 2: -19.365 ~ -1.902; CWT gEBV Quantile 3: -1.902 ~ 17.416; CWT gEBV Quantile 4: 17.416 ~ 102.271.

Table 4. Proportions of meat yield grades (A, B, C) across quartiles of carcass weight gEBV

	Q1	Q2	Q3	Q4
A	0.36	0.26	0.21	0.21
B	0.48	0.53	0.56	0.56
C	0.17	0.21	0.22	0.23

CWT gEBV Quantile 1: -138.326 ~ -23.942

CWT gEBV Quantile 2: 23.942 ~ -1.894

CWT gEBV Quantile 3: -1.89 ~ 22.8

CWT gEBV Quantile 4: 22.8 ~ 186.682

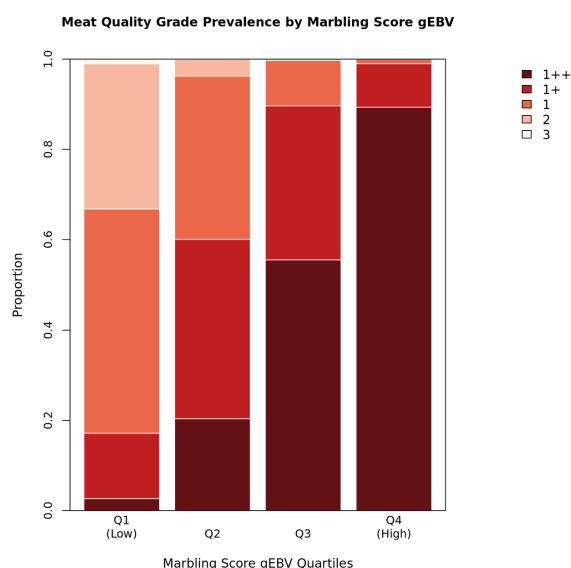


Figure 4. Distribution of meat quality grades by marbling score gEBV quartiles. MS gEBV Quantile 1: -3.533 ~ -0.692; MS gEBV Quantile 2: -0.692 ~ -0.014; MS gEBV Quantile 3: -0.014 ~ 0.692; MS gEBV Quantile 4: 0.692 ~ 3.309.

Table 5. Proportions of meat quality grades (1++, 1+, 1, 2, 3) across quartiles of marbling score gEBV.

	Q1(Low)	Q2	Q3	Q4(High)
1++	0.03	0.2	0.55	0.89
1+	0.14	0.4	0.34	0.1
1	0.5	0.36	0.1	0.01
2	0.32	0.04	0	0
3	0.01	0	0	0

MS gEBV Quantile 1: -4.394 ~ -0.859

MS gEBV Quantile 2: -0.859 ~ -0.0411

MS gEBV Quantile 3: -0.0411 ~ 0.807

MS gEBV Quantile 4: 0.807 ~ 5.141

유전체육종가 기반 표현형 등급 예측

유전체육종가 기반으로 도체중-육량등급, 근내지방도-육질등급을 예측했을 때의 정확도는 Table 6과 같다. 도체중 육종가로부터 육량등급을 예측하는 경우, 전체 10회에 대한 평균 예측 정확도는 53% 수준이며 근내지방도 육종가로부터 육질등급을 예측하는 경우에는 61.6% 수준으로 확인되며 약 8.6%p의 차이가 있다.

Table 6. Proportion of Carcass Weight Quartiles within Current Meat Yield Index Quartiles

round, mean	CWTgebv → Meat Yield Grade	MSgebv → Meat Quality Grade
1	0.525	0.610
2	0.538	0.612
3	0.538	0.608
4	0.530	0.628
5	0.527	0.612
6	0.532	0.620
7	0.527	0.619
8	0.524	0.616
9	0.536	0.611
10	0.520	0.626
mean	0.530	0.616

Number of test animal (30%): 4,472

대체 육량지수 정합성 비교

본 연구에서는 기존의 정육율 기반 육량지수 산식에서 도체중을 분모로 사용하는 구조를 제거한 정육량 기반의 대체 육량지수를 적용하였다. 대체 지수를 활용할 경우, 도체중과의 표현형 출현 경향이 보다 일관되게 나타나는 것을 확인할 수 있었다 (Figure 5–6, Table 7–8). 또한, 대체 지수와 도체중 육종가 간 상관은 0.792로, 기존 육량지수와 도체중 육종가 간 상관(-0.137) 대비 현저히 높은 수준임이 확인되었다. 도체중과 대체 육량지수 간 출현 추이를 확인한 결과, 기존에 도체중이 높을수록 육량등급이 낮아지거나 도체중이 낮을수록 육량등급이 높아지는 이상 경향이 해소된 것으로 나타났다 (Figure 6). 해당결과에서 육량등급 대신 도체중을 기준으로 출현율을 비교한 것은, 정육량 기반 지수로 전환할 경우 등급을 결정하는 점수 구간의 재설정이 필요하기 때문이다.

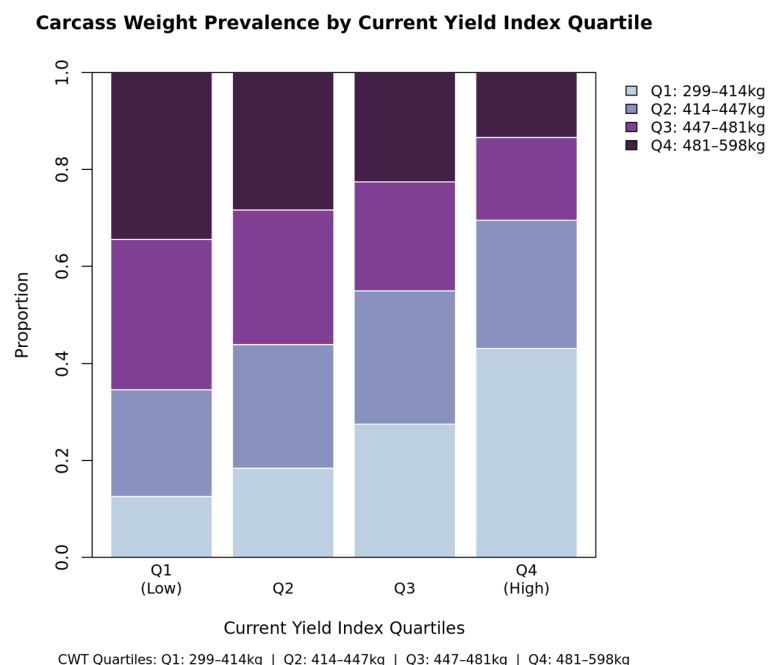


Figure 5. Distribution of carcass weight groups by current meat yield index quartiles. CWT Quantile 1: 291 ~ 414(kg); CWT Quantile 2: 414 ~ 447(kg); CWT Quantile 3: 447 ~ 481(kg); CWT Quantile 4: 481 ~ 598(kg); Current MY index Quantile 1: 55.90 ~ 60.629; Current MY index Quantile 2: 60.629 ~ 61.632; Current MY index Quantile 3: 61.632 ~ 62.563; Current MY index Quantile 4: 62.563 ~ 67.92

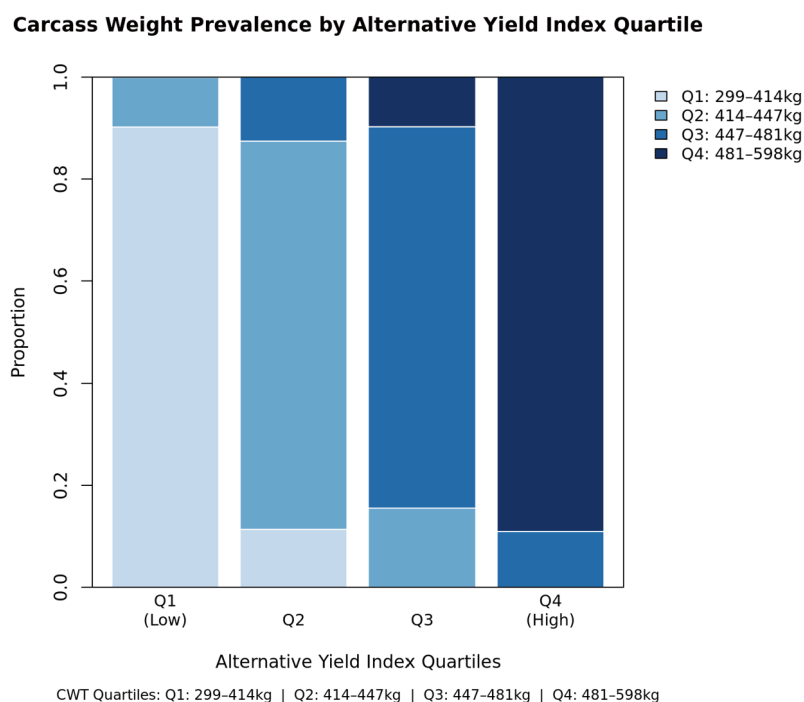


Figure 6. Distribution of carcass weight groups by alternative meat yield index quartiles. CWT Quantile 1: 291 ~ 414(kg); CWT Quantile 2: 414 ~ 447(kg); CWT Quantile 3: 447 ~ 481(kg); CWT Quantile 4: 481 ~ 607(kg); Alternative MY index Quantile 1: 187.09 ~ 255.565; Alternative MY index Quantile 2: 255.565 ~ 274.046; Alternative MY index Quantile 3: 274.046 ~ 294.655; Alternative MY index Quantile 4: 294.655 ~ 376.3655.

Table 7. Proportion of Carcass Weight Quartiles within Current Meat Yield Index Quartiles

		Current Meat yield index			
		Q1(Low)	Q2	Q3	Q4(High)
Carcass Weight	Q1(Low)	0.13	0.22	0.31	0.34
	Q2	0.18	0.26	0.28	0.28
	Q3	0.28	0.27	0.23	0.23
	Q4(High)	0.43	0.26	0.17	0.13

CWT Quantile 1: 291 ~ 414(kg)

CWT Quantile 2: 414 ~ 447(kg)

CWT Quantile 3: 447 ~ 481(kg)

CWT Quantile 4: 481 ~ 607(kg)

Current MY index Quantile 1: 51.78 ~ 60.588

Current MY index Quantile 2: 60.588 ~ 61.617

Current MY index Quantile 3: 61.617 ~ 62.567

Current MY index Quantile 4: 62.567 ~ 68.922

Table 8. Proportion of Carcass Weight Quartiles within Alternative Meat Yield Index Quartiles

		Alternative Meat yield index			
		Q1(Low)	Q2	Q3	Q4(High)
Carcass Weight	Q1(Low)	0.9	0.1	0	0
	Q2	0.11	0.76	0.13	0
	Q3	0	0.16	0.75	0.1
	Q4(High)	0	0	0.11	0.89

CWT Quantile 1: 291 ~ 414(kg)

CWT Quantile 2: 414 ~ 447(kg)

CWT Quantile 3: 447 ~ 481(kg)

CWT Quantile 4: 481 ~ 607(kg)

Alternative MY index Quantile 1: 100.55 ~ 255.489

Alternative MY index Quantile 2: 255.489 ~ 274.456

Alternative MY index Quantile 3: 274.456 ~ 295.482

Alternative MY index Quantile 4: 295.482 ~ 434.26

DISCUSSION

본 연구에서 추정된 유전력은 기존 선행연구와 비교해 대체로 유사하거나 다소 높은 수준으로 나타났다. Do et al. (2016)에서는 도체중과 등심단면적의 유전력을 각각 0.28 및 0.23으로 보고하였으며, Lee et al. (2014)은 0.33 및 0.41을 보고하였다. 또한, Alam et al. (2021)의 연구에서는 상업축 집단에서 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력이 각각 0.35, 0.43, 0.48, 0.56으로 확인되었다. 본 연구 결과와의 차이는 평가에 사용된 모형 구성, 유전관계행렬(GRM) 구성 방식, 혈통구성 및 참조집단 차이에 기인할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 유전력 추정치는 기존 연구와 비교적 일관된 범위 내에 있으며, 이후 분석의 기반으로 활용하기에 충분한 수준으로 판단했다.

본 연구의 상관분석 결과, 육량지수와 도체중 간 낮은 음의 상관이 확인되었다. 이는 현행 육량지수가 정육율 개념(정육량/도체중)을 기반으로 설계된 점에 기인한다. 따라서 도체중이 증가하더라도 육량지수 값은 오히려 감소하는 구조적 한계를 내포하고 있음을 보여준다. 등지방두께에 대한 음의 상관은 지수식 내에 등지방두께에 대한 음의 계수를 포함하고 있기 때문으로 보인다. 그 외에 도축형질 간의 상관결과는 Alam et al. (2021)이 보고한 경향과 유사하다.

등급 출현율 분석에서도 유사한 양상이 나타났다. 도체중 및 해당 육종가가 증가함에 따라 기대되는 육량등급(A등급)의 출현율은 오히려 감소하는 반면, 낮은 등급(C등급) 비율은 증가하였다. 이는 도체중, 증체를 지속적으로 고려하는 현재의 개량체계와 육량 등급 체계 간의 부정합 문제를 시사한다. 반면, 근내지방도 육종가와 육질등급 간 분석에서는 유전능력 향상이 고스란히 등급 출현

을 증가로 이어지는 높은 적합성을 확인하였다. 이는 육질등급이 원표현형 기반으로 결정되며 별도의 지수 산식 없이 평가된다는 점과 일관된 결과로 해석된다.

종합적으로 볼 때, 현행 육량지수 산식은 체중 관련 형질의 개량 효과가 최종 소비자 지표(육량등급)에 충분히 반영되지 못하는 구조적 한계를 내포하고 있으며, 이는 개량 성과의 전달성을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서, 등급체계와 개량방향 간의 적합성 제고를 위한 지수 개선이 요구된다.

도체중 육종가 기반의 최종등급 예측에 대해서는, 육종가와 육량지수 간 상관 및 육량등급 출현율 경향으로 볼 때 예측 정확도가 다소 낮을 것으로 예상하였으나, 실제 결과는 예상보다 낮지 않은 수준으로 확인되었다. 그럼에도 불구하고 육량등급에 대한 예측력은 상대적으로 낮은 편이며, 유전적 정보만으로 육량등급이라는 표현형을 정확히 예측하는 데에는 여전히 한계가 있는 것으로 판단된다. 한편, 육질등급에 대한 근내지방도 육종가 기반 예측 정확도는 앞서 확인한 등급 출현율 경향과 비교할 때 소폭 낮은 수준을 보였으며, 이는 유전적 영향 외에 비육 말기의 농후사료 사양 효과가 일정 부분 영향을 미쳤을 가능성도 배제할 수 없다. 다만, 본 연구의 공시재료에서는 사양환경을 보정할 수 있는 환경변수가 수집되지 않아 이에 대한 추가 분석은 수행하지 못하였다.

현행 육량지수는 정육율을 대변하며 도체중을 분모로 포함하는 구조이나, 비율이 아닌 절대량(정육량)이 시장가치에 더 직접적으로 기여하는 점을 고려할 때 총량 기반 지표가 현행 도체중 관련 개량과 보다 일관된 방향성을 제공할 수 있다. 본 연구에서 제안한 대체 지수는 기존 육량지수 범위(정육율 점수구간)를 조정하여 등급체계에 그대로 적용 가능하며, 도체중 육종가와 높은 상관(0.792)을 나타냄으로써 개량 효과가 농가와 소비자에게 보다 직접적으로 전달될 수 있는 가능성을 보여준다.

해외 연구에서도 정육율(%) 기반의 기존 육량등급 시스템이 실제 정육량을 정확히 대변하지 못한다는 점이 지적되었으며 이에 따라 정육량을 직접적으로 측정하거나 반영하는 평가체계의 필요성이 제기되고 있다(Beef Research, 2025). 특히 해당문헌에서의 평가체계는 실제 정육량의 변이를 최대 50%밖에 설명하지 못하며, 도체중 증가 추세에 따라 평가 정확도가 더욱 저하되는 것으로 보고되었다. 이러한 한계는 본 연구 결과에서도 유사하게 나타났으며 정육율 기반의 국내 육량지수가 도체중 및 육종가와 낮은 상관을 보이며 현행 개량방향과 괴리를 보였다. 따라서 최종등급을 결정하는 지표로서 정육율이 아닌 절대 정육량 기반의 체계로의 전환이 필요함을 시사한다.

CONCLUSION

본 연구는 한우 상업축 집단을 대상으로 유전체육종가와 현행 등급체계 간의 적합성을 평가하고, 이를 통해 개량 방향과 현행 육량등급체계 간의 괴리를 진단하고자 수행되었다. 도체중(CWT), 등심단면적(EMA), 등지방두께(BFT), 근내지방도(MS)의 유전모수 추정을 통해 도체형질에 대한 유전력이 기존 문헌과 유사한 수준임을 확인하였으며, 추정된 유전체육종가를 기반으로 상관분석과 등급 출현율을 분석한 결과, 특히 도체중은 현행 육량지수 및 육량등급과 낮은 음의 상관을 보여 개량성과가 실제 소비자가 접하는 지표에 충분히 반영되지 못하는 현행 등급체계의 한계를 시사하였다. 반면, 근내지방도의 경우 육종가가 높을수록 높은 육질등급의 출현율이 증가하는 양상이 뚜렷하게 나타났으며, 다항 로지스틱 회귀를 통한 예측 정확도 또한 육질등급에서 더 높은 수준을 보여 등급체계와 개량방향 간의 적합성이 상대적으로 높음을 보여주어 육질등급 체계에는 이상이 없음을 확인하였다.

이에 본 연구는 기존 정육율 기반 육량지수에서 도체중 분모 항을 제거한 정육량 기반의 대체 지수를 제안하였으며 해당 지수가 도체중과의 적합성 측면에서 더 높은 설명력을 가지며 육종가와 상관이 0.792 수준으로 현행 육량지수(-0.137) 대비 뚜렷하게 개량방향을 반영함을 확인하였다. 이러한 구조는 점수 구간의 조정만으로도 기존 등급 체계에 유연하게 적용 가능하며, 유전적 개량 효과가 시장에서 실제로 체감될 수 있는 방향성을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구는 현행 육량지수 산식의 재검토 필요성을 제기하고, 정육량 기반 지수의 도입을 실증적으로 제안함으로써 향후 유전능력 기반 개량성과가 시장 등급체계와 보다 적합적으로 연결될 수 있는 개선방향을 제시하였다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S337083601].

This work was supported by the Technology Development Program (No.S3370836) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea).

CONFLICT OF INTERESTS

No potential conflict of interest relevant to this article is reported.

REFERENCES

- Kim HS, Hwang JM, Choi TJ, Park BH, Cho KH, Park CJ, Kim SD. 2010. Research on the Reformation of the Selection Index for Hanwoo Proven Bull. *Journal of Animal Science and Technology* 50(2):83-90. [in Korean]
- Shin EK, Lee SH, Yoon DH. 2018. Accuracy of Genomic Estimated Breeding Value with Hanwoo Cows in the Commercial Farms. *Journal of Agriculture and Life Science* 50(2):91-98. [in Korean]
- Son JH, Gu YM, Jeoung YH, Kim JI, Cha DH, Kim SJ, Choi TJ, Park MN, Lee DM, Lee JH. 2021. Estimation of the Genetic Gain of Carcass Traits in Hanwoo Korean Proven Bull and Cow. *Journal of Agriculture and Life Science* 55(3):81-88. [in Korean]
- Heo D. 2003. A Study on Result Appraisalment and Effects Estimation of Korean Cattle Improvement Policy. *Journal of Rural Development* 26(4). [in Korean]
- Strivastava S, Lopez BI, Kumar H, Jang MJ, Chai HH, Park WC, Park JE, Lim DJ. 2021. Prediction of Hanwoo Cattle Phenotypes from Genotypes Using Machine Learning Methods. *Animals* 11(7). <https://doi.org/10.3390/ani11072066>
- 이동일. 2022. “소도체 등급기준 개정1년, 무엇이 달라졌나?”. *축산신문*. <http://www.chuksannews.co.kr/news/article.html?no=237494>. [in Korean]
- 박정훈. 2019. “12월 1일부터 쇠고기 등급 기준 개편”. *농림축산식품부 보도자료*. <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156362741>. [in Korean]
- Naserkheil M, Lee DM, Chung KH, Park MN, Mehrban H. 2021. Estimation of Genetic Correlations of Primal Cut Yields with Carcass Traits in Hanwoo Beef Cattle, *Animals* 11(11), 3102. <https://doi.org/10.3390/ani11113102>
- Alam M, Lee SH, Lee DH, Cho CI, Park MN. 2021. Genetic Analysis of Major Carcass Traits of Korean Hanwoo males Raised for Thirty Months. *Animals* 11(6), 1792. <https://doi.org/10.3390/ani11061792>
- Do CH, Park BH, Kim SD, Choi TJ, Yang BS, Park SB, Song HJ. 2016. Genetic Parameter Estimates of Carcass Traits under National Scale Breeding Scheme for Beef Cattle, *AJAS* 22(8):1083-1094
- Lee SH, Park BH, Sharma A, Dang CG, Lee SS, Choi TJ, Choi YH, Kim HC, Jeon KJ, Kim SD, Yeon SH, Park SB, Kang HS. 2014. Hanwoo cattle: origin, domestication, breeding strategies and genomic selection. *Journal of Animal Science and Technology* 56(2)
- Beef Research. 2025. Red Meat Yield Executive Summary: Current challenges and opportunities in beef carcass yield grading. National Cattlemen's Beef Association, Beef Checkoff Program. <https://www.beefresearch.org/resources/product-quality>