

Research Article

한우산업축군 거세우 집단의 부분육 중량 형질의 유전모수 추정

박소연¹, 김도현², 유지석³, 오재돈^{4*}, 이학교^{123*}¹멜리엔스(주), ²전북대학교 동물생명공학과, ³전북대학교 농축산식품융합학과, ⁴한경국립대학교 생명공학부

Estimation of Genetic Parameters for primal cut weight traits of Hanwoo Industry Steer Population

So-yeon Park¹, Do-hyun Kim², Ji-suk Yu³, Jae-don Oh^{4*}, Hak-kyo Lee^{123*}¹Melliens Inc., Jeonju 54932, Korea²Dept. Of Animal Biotechnology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea³Dept. Of Agriculture & Livestock Food convergence, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea⁴Dept. Of Biotechnology, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea***Corresponding author:** hk_dg1@hknu.ac.kr, breedlee@empal.com

ABSTRACT

Consumption trends of beef are continuously changing, therefore customized improvements are needed for high-value parts that are preferred by consumers. This study investigated the genetic correlation between each trait by estimating the genetic parameters of 4 carcass traits and 9 primal cut weight traits targeting 1,241 Hanwoo steers in the Jeonbuk region. The heritability of tenderloin, loin, striploin, neck, blade, bottom round, brisket and flank, shank, and rib was estimated to be 0.60, 0.49, 0.58, 0.43, 0.40, 0.68, 0.51, 0.65, and 0.57. The genetic correlation between carcass weight and 9 primal cut weight traits was very high at 0.63-0.90. The genetic correlation between loin, striploin, and ribs, which are the preferred parts for grilling, generally showed a tendency for the genetic correlation to be high in parts adjacent to each part. Therefore, in addition to improving the meat yield and quality of Hanwoo, it is believed that customized improvements for each part will also be possible.

Keywords: Hanwoo, Carcass trait, Primal cut, Heritability, Genetic correlation

INTRODUCTION

기존 한우의 개량사업은 후대검정을 통한 보증씨수소 선발을 중심으로 이루어져 왔다. 이 과정에서 주로 육질과 육량 형질을 개선하기 위한 노력이 진행되어 왔으며, 이는 한우산업의 발전에 상당한 기여를 하였다(Kim et al., 2010). 특히, 보증씨수소의 선발 및 인공수정용 정액의 생산과 유통을 주관하는 농협경제지주 한우개량사업소는 홈페이지와 안내 책자를 통해 보증씨수소들의 주요유전능력(도체중, 배최장근단면적, 등지방두께, 근내지방도)과 함께 체형 관련 형질들과 10대 분할육의 중량과 비율에 대한 유전능력 정보를 제공하고 있다.

한우산업 역시 소비자들의 요구를 충족시킬 수 있는 제품의 생산이 필수적이다. 소비자들의 육류 소비 행태는 계속해서 변화하고 있다. 특히, 최근에는 선호하는 부위에 대한 소비가 더욱 심화되고 있으며, 이에 따라 육류 부위별 가격 차이가 더욱 커지고 있는 실정

이다 (정민국 et al., 2020). 한국육류유통수출협회의 자료에 따르면, 한우의 각 부위별 가격은 다소 큰 차이를 보이고 있는데, 2023년 한우 거세우 1등급 기준 평균 거래가격은 안심 78,893(원/kg), 채끝 70,492(원/kg), 등심 61,596(원/kg), 양지 36,541(원/kg), 우둔 26,133(원/kg), 앞다리 23,231(원/kg), 설도 22,627(원/kg), 목심 19,589(원/kg), 사태 18,926(원/kg) 그리고 갈비 18,450(원/kg) 이다. 안심, 등심 그리고 채끝과 같은 구이용 부위는 높은 가격대를 형성하지만, 구이용이 아닌 다른 부위는 상대적으로 상당히 낮은 가격대를 형성하고 있다. 이는 소비자들의 선호도와 밀접한 관련되어 있다 (Kim, 2011).

이러한 소비 트렌드에 맞추어, 생산자들에게는 선호도가 높은 부위의 생산량을 증대하기 위한 기술 개발이 필요한 시점이다. 육질과 육량뿐만 아니라 부위별 생산량을 고려하여 개량 기술의 개발이 요구되고 있다. 현재 한우 도체는 10개의 대분할과 39개의 소분할로 정형되어 소비자들에게 제공되고 있다. 도체의 부위별 판매는 각 부위의 수요에 따른 유통의 효율성, 식품으로서의 청결함과 안전성 등의 장점을 지니고 있다 (이재구 et al., 2013). 따라서 소비자들의 선호도가 높은 부위의 생산량을 증대하는 기술의 개발은 생산자농가에 소득증대는 물론 소비자 지향의 한우산업 효율성 강화를 위해 상당히 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 하지만, 아직까지 생산현장에서는 가공과정에서 부위별 생산량에 대한 정보를 알 수가 없으며, 관련된 정보의 수집 및 유통에 어려움이 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 산업현장에서 출하되고 있는 한우 부분육의 생산과 관련된 데이터를 수집하여 관련 형질의 유전적 특성을 분석하였다. 본 연구결과는 선호부위 생산량 증대를 위한 기술개발 연구의 기초자료로 유용하게 활용될 것으로 기대되며, 이는 한우산업의 생산 효율성을 높여 생산비를 절감하고, 농가의 소득 증대 및 한우 가격의 안정성을 확보하는데 중요한 역할을 할 것이다.

MATERIALS AND METHODS

공시재료

본 연구에서 이용된 공시재료는 전라북도에서 도축되어 전주김제완주축협 육가공장에서 작업된 한우 거세우 1,905두 중 축산물 품질평가원에서 보관 중인 시료 일부를 분양받아 Hanwoo SNP 50K chip version.1 (Illumina, San Diego, CA, USA)을 사용하여 유전체 정보를 확보한 1,241두이다. 분석에 사용된 개체는 2017년에서 2020년 사이에 도축되었다. 도축월령은 26~33개월령, 도체중 300kg 이상의 개체들만이 분석에 이용되었다.

표현형 데이터 수집

분석에 이용한 부분육 자료는 축산물등급판정 세부기준에 준거하여 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도를 측정하고, 4분 도체상태로 육가공장에서 부위별로 해체한 뒤 중량을 측정하였다. 부분육 중량의 측정 부위는 ‘식육의 부위별, 등급별 및 종류별 구분 방법’(식품의약품안전처 고시 제2014-116호, 2014.05.13.)에 의거하여 대분할한 10개 부위를 이용하였다. 축산물 품질평가원과의 연계를 통하여 1,241두의 10대 분할육 신규형질에 대한 표현형 정보를 확보하였으며, 4대 도체형질(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도) 및 9개 분할육 중량 형질(안심, 등심, 채끝, 목심, 앞다리, 설도, 양지, 사태, 갈비) 데이터 기초 통계치를 비교하였다. 우둔의 경우에는, 표현형 데이터의 분포가 편향되어 있음이 확인되어, 분석에 이용하지 않았다.

혈통 데이터 수집

혈통 정보 및 개체 정보는 한국종축개량협회, 한우개량사업소 및 축산물이력제 홈페이지에서 1,241두를 대상으로 3계대의 정보를 수집하였다. 혈통 데이터는 다음과 같은 기준을 통해 검토하였다. i) 세대 수 오류, ii) 성별오류, iii) 개체 중복, iv) 개체=어미 또는 개체=아버지. 해당 기준에 대한 점검 결과에는 이상이 없는 것으로 나타났다. 아버지와 어미의 정보를 모두 가진 개체는 1,031두, 어미의 정보만 있는 개체는 175두, 아버지와 어미의 혈통정보가 모두 없는 개체는 53두이다.

유전체 정보 수집 및 품질평가

한우 거세우에 대한 유전체 데이터는 Hanwoo SNP 50K chip version.1 (Illumina, San Diego, CA, USA)를 통해 수집하였다. 총 52,284 개의 SNP가 식별되었으며, 다음 기준에 따라 유전자형 quality control 과정을 수행하였다. i) identity by state test (>0.95)에 의해 동일 유전자형을 갖는 개체를 제거하고, ii) call rate (<0.90) 미만의 개체를 제거, iii) minor allele frequency (<0.01)의 SNP 제거, iv) Hardy-Weinberg equilibrium ($P \leq 1E-07$)의 SNP 제거. 이 과정은 PLINK(ver1.07)를 사용하여 수행되었으며, 5,171개의 SNP와 3두가 제거되었다. 최종적으로 47,113개의 SNP와 1,238두가 분석에 사용되었다(Table S1).

Table S1. The number of available SNPs and average interval distance between adjacent SNPs in Bovine SNP 50K chip.

BTA ¹	Number of SNPs		Remove Fre. (%)	Mean of Interval SNPs	
	Before QC	After QC		Before QC	After QC
1	3,238	2,967	0.916	48.73	53.18
2	2,759	2,466	0.894	49.36	55.17
3	2,588	2,339	0.904	46.66	51.63
4	2,460	2,212	0.899	48.66	54.12
5	2,169	1,947	0.898	55.32	61.63
6	3,135	2,837	0.905	37.50	41.44
7	2,490	2,274	0.913	44.25	48.46
8	2,268	2,028	0.894	49.86	55.76
9	2,104	1,876	0.892	49.58	55.61
10	2,335	2,091	0.896	44.18	49.33
11	2,173	1,939	0.892	49.18	55.11
12	1,641	1,450	0.884	52.96	59.94
13	1,676	1,523	0.909	49.52	54.50
14	2,212	1,974	0.892	37.07	41.54
15	1,702	1,509	0.887	49.62	55.98
16	1,623	1,459	0.899	49.67	55.26
17	1,565	1,400	0.895	46.60	52.05
18	1,314	1,200	0.913	49.61	54.21
19	1,405	1,274	0.907	44.86	49.47
20	1,596	1,428	0.895	44.74	50.00
21	1,404	1,283	0.914	49.04	53.31
22	1,213	1,099	0.906	49.94	55.13
23	1,148	1,055	0.919	45.58	49.49
24	1,229	1,113	0.906	50.39	55.65
25	936	857	0.916	45.18	49.17
26	1,028	922	0.897	49.97	55.62
27	932	843	0.905	48.67	53.81
28	906	815	0.900	50.20	55.62
29	1,035	933	0.901	49.12	54.29
Total	52,284	47,113	0.901	47.79	52.98

¹bovine chromosome

통계분석

본 연구에서 이용한 표현형 자료의 정규성을 확인하였다(Figure 1). 도체형질과 부분육 중량 형질에 대한 Histogram과 Box plot을 통해 이상치(outlier)를 분석하였으며, 그 결과 우둔을 제외한 나머지 형질들은 정규분포에 가까운 분포임을 확인할 수 있었다. 이상치 분석의 결과에서는 inter quartile range에서 벗어난 개체가 있었으나, 이는 유전 및 환경에 의한 형질의 변이, 즉 축군 내 유전적 다양성을 나타내는 유의한 자료로 판단하여 제거하지 않고 분석에 이용하였다 (이동재, 2019).

도체형질과 부분육 중량 형질은 유전모수 추정을 위한 모형 설정을 위해 R (ver4.2.3)을 통해 5-way ANOVA를 실시하였다(Table 1). 그 결과 도체형질에서는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 형질에서 도축년도-도축계절-사육지가 유의성($P<0.05$)이 있는 것으로 확인되었으며, 도축일령은 도체중, 등지방두께, 근내지방도 형질에서 유의성($P<0.05$)이 있는 것으로 나타났다. 부분육 중량 형질에서는 9개의 모든 형질에서 도축년도-도축계절-사육지와 도축일령이 유의성($P<0.05$)이 있는 것으로 나타났다.

도체형질과 부분육 중량 형질의 모형은 고정효과로 도축년도-도축계절-사육지, 공변량으로 도축일령을 설정하였다. 따라서 형질의 유전모수 추정을 위한 최종 다형질 개체모형(multiple trait animal model)은 다음과 같다.

$$y_{ijkl} = \mu_i + SYSF_{ij} + SAD_{ik} + a_{ijkl} + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} 는 i 번째 형질의 j 번째 도축년도-도축계절-사육지에 속하며, k 번째 도축일령의 영향을 받는 l 번째 개체에 대한 표현형 측정치, μ_i 는 i 번째 형질의 전체 평균, $SYSF_{ij}$ 는 i 번째 형질의 j 번째 도축년도-도축계절-사육지의 효과, SAD_{ik} 는 i 번째 형질의 k 번째 도축일령의 효과, a_{ijkl} 는 개체에 대한 임의 효과, 그리고 e_{ijkl} 는 임의오차를 의미한다.

형질 개체모형은 아래의 행렬에 의한 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$y = X\beta + Zu + e$$

$$Var \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

여기서 y 는 각 형질의 관측치에 대한 벡터이며, X 는 고정효과에 대한 계수행렬, Z 는 개체 임의효과에 대한 계수행렬, β 는 고정효과에 대한 추정치 벡터, u 는 개체의 상가적 유전(임의)효과 벡터, 그리고 e 는 각 형질에 대한 임의오차 벡터이다. A 는 개체 혈연계수행렬, I 는 대각성분이 1인 단위행렬이며, σ_a^2 와 σ_e^2 는 각각 상가적 유전분산과 임의 환경분산이다. 이는 아래와 같은 혼합모형 방정식(Mixed Model Equations)으로 다시 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

BLUPF90 software package (Misztal et al., 2014)를 사용하여 표현형 추정치, 유전분산과 잔차분산을 추정하였다. RENUMF90 (ver1.162)를 사용하여 유전체 데이터를 renumbering 하였고, BLUPF90+ (ver2.56)에서 EM-REML Algorithm과 AI-REML Algorithm을 바탕으로 유전모수를 추정하였다. 각 Round별 분산성분의 차이가 1.0×10^{-10} 미만으로 수렴될 때까지 반복추정 하였다. 이를 통해 유전분산과 공분산, 잔차분산과 공분산을 계산하였으며, 아래의 공식을 통해 유전력, 유전상관 및 표현형상관을 계산하였다.

$$\widehat{h^2} = \frac{\widehat{\sigma_a^2}}{\widehat{\sigma_a^2} + \widehat{\sigma_e^2}}$$

$$\hat{r}_G = \frac{\widehat{COV}_{a(i,j)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{a(i)}^2 \times \hat{\sigma}_{a(j)}^2}} (i \neq j)$$

$$\hat{r}_P = \frac{\widehat{COV}_{p(i,j)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{p(i)}^2 \times \hat{\sigma}_{p(j)}^2}} (i \neq j)$$

여기서, $\hat{h}^2$ 는 유전력, $\hat{r}_G$ 은 유전상관, $\hat{r}_P$ 은 표현형상관, $\hat{\sigma}_a^2$ 은 상가적 유전분산, $\hat{\sigma}_e^2$ 은 잔차분산, $\hat{\sigma}_p^2$ 은 표현형분산, $\widehat{COV}_{a(i,j)}$ 은 i, j 번째 형질 간 유전공분산, 그리고 $\widehat{COV}_{p(i,j)}$ 은 i, j 번째 형질 간 표현형공분산을 의미한다.

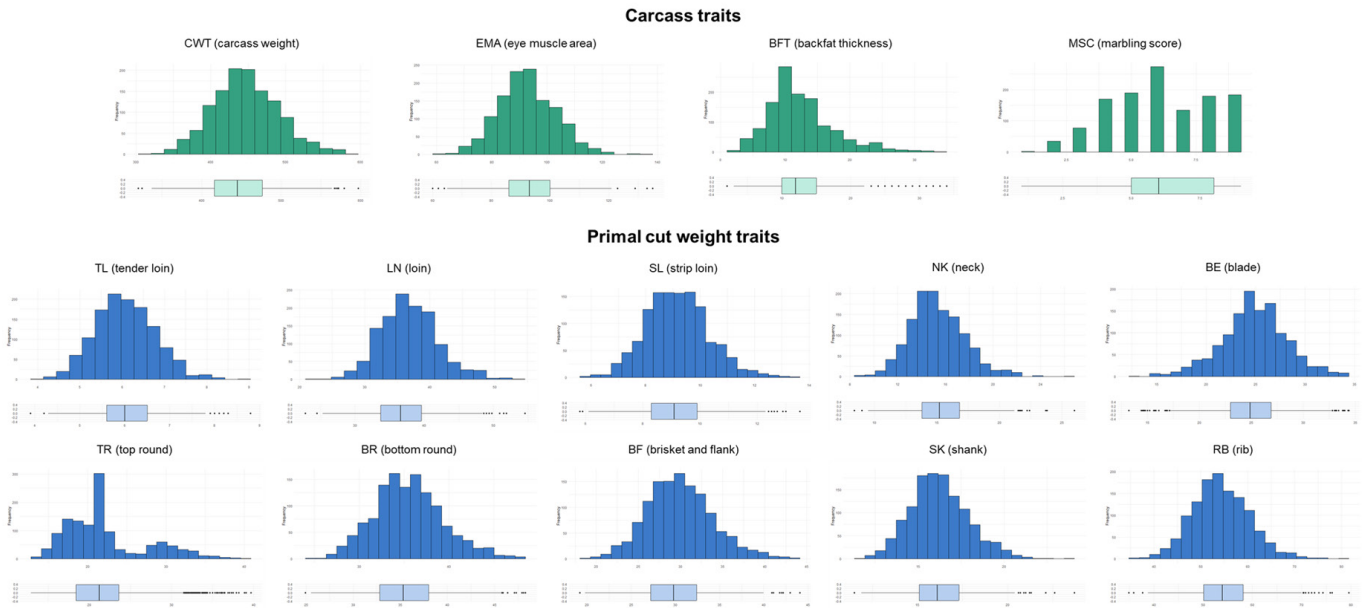


Figure 1. Distribution and quantile-quantile plot (QQ plot) for carcass traits and primal cut weight traits in 1,241 Hanwoo steers.

Table 1. Analysis of variance results (mean squares) on carcass traits and primal cut weight traits¹.

Source ²	d.f	Carcass traits								
		CWT	EMA	BFT	MSC					
SYSF	40	5305.00***	326.83***	51.03***	4.52					
SAD	1	44353.00***	55.23	187.74**	23.45*					
Residuals	1,199	1797.00	97.47	24.78	3.71					
Source	d.f	Primal cut weight traits								
		TL	LN	SL	NK	BE	BR	BF	SK	RB
SYSF	40	1.53***	85.10***	3.32***	27.51***	31.30***	29.00***	66.60***	5.93***	5.93***
SAD	1	3.85***	209.10***	7.91***	26.74***	39.10*	97.40***	492.30***	13.24**	13.24***
Residuals	1,199	0.27	7.90	0.64	2.44	6.40	6.40	5.00	1.29	1.29

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, ¹CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, backfat thickness; MSC, marbling score; TL, tenderloin; LN, loin; SL, striploin; NK, neck; BE, blade; BR, bottom round; BF, brisket and flank; SK, shank; RB, rib, ²SYSF: slaughter year-slaughter season-farm, SAD: slaughter age day

RESULTS AND DISCUSSION

형질별 기초통계량

한우 거세우 1,241두에 대한 4대 도체형질(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도) 과 9개 분할육 중량 형질(안심, 등심, 채끝, 목심, 앞다리, 설도, 양지, 사태, 갈비)에 대한 형질별 기초통계량을 계산하였다(Table 2). 해당 연구에 이용된 축군의 평균 도축월령은 30.58로, 전국의 한우 거세우를 대상으로 한 도축월령의 추세('17(31.1)→'18(30.7)→'19(30.5)→'20(30.3))와 유사한 시기에 출하되었음을 알 수 있다. 연구에 이용된 축군의 각 도체형질 평균값은 도체중 446.95kg, 등심단면적 92.85cm², 등지방두께 12.86mm, 근내지방도 No. 6.11로, '20년 전국 한우 거세우의 평균 도체중 447.7kg, 등심단면적 97.1cm², 등지방두께 13.5mm, 근내지방도 No. 6.0과 비슷한 수준임을 파악하였다(축산물품질평가원, 2020년 축산물등급판정통계연보).

부분육 중량의 경우 갈비의 중량이 54.27kg으로 가장 크게 나타났으며, 안심의 중량이 6.06kg으로 가장 작게 나타났다. 등심과 채끝은 각각 36.84kg와 9.16kg으로 나타났다. 선행 연구에 따르면, 안심 5.86kg, 등심 35.16kg, 채끝 7.15kg, 목심 12.47kg, 앞다리 22.74kg, 설도 31.81kg, 양지 28.26kg, 사태 14.09kg, 갈비 56.09kg으로 나타났다 (이재구 et al., 2016). 이와 비교해 보면 본 연구의 결과가 약간 더 높게 나타난 것을 알 수 있는데, 이는 본 연구에서 사용된 축군의 도체중이 더 크기 때문에 부분육 중량 또한 도체중에 비례하여 더 크게 나타난 것으로 사료된다.

Table 2. Basic statistics for 1,241 Hanwoo steers in carcass traits, and primal cut weight traits.

Trait ¹	Mean±SD ²	Min	Max	CV ³ (%)
slaughter age (month)	30.58 ± 0.05	25.43	33.47	5.36
Carcass traits				
CWT (kg)	446.95 ± 1.25	320.00	597.00	9.87
EMA (cm ²)	92.85 ± 0.29	60.00	135.00	11.03
BFT (mm)	12.86 ± 0.14	2.00	34.00	39.47
MSC (score)	6.11 ± 0.05	1.00	9.00	31.71
Primal cut weight traits				
TL (kg)	6.06 ± 0.02	3.90	8.80	11.64
LN (kg)	36.84 ± 0.12	22.80	54.60	11.93
SL (kg)	9.16 ± 0.03	5.80	13.50	12.57
NK (kg)	15.35 ± 0.06	8.40	26.00	14.70
BE (kg)	24.86 ± 0.09	13.20	34.40	13.32
BR (kg)	35.54 ± 0.11	24.90	48.30	10.91
BF (kg)	29.95 ± 0.11	19.20	44.10	13.01
SK (kg)	16.24 ± 0.05	11.50	23.70	10.43
RB (kg)	54.27 ± 0.17	34.90	79.60	11.19

¹CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, backfat thickness; MSC, marbling score; TL, tenderloin; LN, loin; SL, striploin; NK, neck; BE, blade; BR, bottom round; BF, brisket and flank; SK, shank; RB, rib; ²standard deviation; ³phenotypic coefficient of variation

유전모수 추정

본 연구에서는 1,238두를 대상으로 유전모수(유전분산, 잔차분산, 유전상관, 잔차상관)를 비롯하여 유전력을 추정하였다. 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 유전력은 각각 0.58, 0.47, 0.31, 0.55로 추정되었다(Table 3). 국내 선행 연구에서 한우 암소를 대상으로 분석한 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 유전력을 각각 0.36, 0.44, 0.48, 0.50으로 보고하였다(Shin et al., 2018). 또 다른 선행 연구에서는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 유전력을 0.39, 0.30, 0.22, 0.62로 추정하였다(Sun et al., 2010). 일반적으로 4대 도체형질의 유전력은 도체중 0.29~0.40, 등심단면적 0.30~0.44, 등지방두께 0.33~0.49, 근내지방도 0.37~0.62로 추정되는데(김도현 et al., 2022), 따라서 본 연구에서는 도체중의 유전력이 비교적 높게 추정되었다고 볼 수 있다.

또한 부분육 중량에 대한 유전력은 안심, 등심, 채끝, 목심, 앞다리, 설도, 양지, 사태, 갈비 순으로 각각 0.60, 0.49, 0.58, 0.43, 0.40, 0.68, 0.51, 0.65, 0.57로 추정되었다. 유전력이 가장 높게 나타난 형질은 설도(0.68)이며, 가장 낮게 나타난 형질은 앞다리(0.40)이다. 유전력이 0.40 이상이면 중도의 유전력을 가진다고 판단할 수 있으며, 이는 생산자가 경제적으로 중요한 특성들을 선택하여 개량할 수 있음을 시사한다(Cassell, 2009). 한우 수소 및 거세우를 대상으로 한 선행연구에서 부분육 중량 형질의 유전력은 안심, 등심, 채끝, 목심, 앞다리, 우둔, 설도, 양지, 사태, 갈비 순으로 각각 0.56, 0.58, 0.65, 0.30, 0.82, 0.65, 0.69, 0.25, 0.61, 0.45로 보고하였다(이재구 et al., 2016). 본 연구 결과와 비교하였을 때 앞다리와 양지에서 큰 차이가 나타났다. 이러한 차이는 본 연구에서 사용된 개체들이 대부분 전라북도 내에서 사육된 개체이기 때문에 축군의 특이성이 반영되어 나타난 것으로 사료된다.

4대 도체형질(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도)과 각 부분육 중량 형질(안심, 등심, 채끝, 목심, 앞다리, 설도, 양지, 사태, 갈비)에 대한 유전상관과 표현형상관을 계산하였다(Table 4). 도체중과 부분육 중량 형질 간의 유전상관은 0.63-0.90으로 매우 높게 나타났으며, 특히 갈비의 중량은 뼈의 무게를 포함하기 때문에 도체중과의 상관 관계가 높게 산출된 것으로 사료된다. 표현형상관은 0.29-0.45로 나타났다. 등심단면적과 부분육 중량 형질 간의 유전상관은 0.45-0.85, 표현형상관은 0.19-0.35로 나타났다. 특히 등심, 채끝, 목심의 유전상관이 각각 0.72, 0.85, 0.68로 높게 나타났는데, 이는 등심단면적의 측정 부위와 가까운 위치의 부위들임을 확인하였다. 등지방두께와 부분육 중량 형질 간의 유전상관은 -0.19-0.22로 나타났으며, 표현형상관은 0.00-0.11로 낮게 나타났다. 근내지방도와 부분육 중량 형질 간의 유전상관은 -0.03-0.44, 표현형상관은 0.00-0.18로 나타났다. 특히 등심과 채끝의 유전상관계수가 각각 0.28, 0.44로 나타났으며, 마찬가지로 근내지방도를 측정하는 부위와 가까운 부위들임을 확인하였다. 종합적으로, 부분육 중량 형질은 도체중과 등심단면적 형질에 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서는 갈비와 도체중, 등심단면적 형질에서 양의 상관을 보였지만 선행 연구에서는 부의 상관을 보였다는 점에서 차이가 있다. 또한 해당 선행연구에서는 도체중과 부분육 중량 형질 간 유전상관이 -0.21-0.22, 표현형상관은 -0.20-0.17로 낮게 나타났다(이재구 et al., 2016).

부분육 중량 형질 간 상관계수를 확인해 보았을 때, 유전상관은 0.60-0.97로 높게 나타났으며, 표현형상관은 0.24-0.49로 나타났다. 안심은 앞다리(0.87), 설도(0.84), 사태(0.81)와 유전상관이 높게 나타났다. 따라서 안심의 중량은 도체전구부위와 도체후구부위의 발달에 골고루 영향을 받는 것으로 사료된다. 등심은 목심(0.83), 앞다리(0.83), 채끝(0.83)과 유전상관이 높게 나타났다. 채끝은 등심(0.81), 목심(0.77)과 유전상관이 높게 나타났으며, 갈비는 등심(0.75), 앞다리(0.75), 양지(0.75)와 높은 유전상관을 보였다. 따라서 등심, 채끝, 갈비의 중량은 대체로 인접한 부위와 비슷한 경향을 보이는 것으로 사료된다. 소비자의 선호도가 높은 4가지 구이용 부위(안심, 등심, 채끝, 갈비) 중 안심, 등심, 갈비는 공통으로 앞다리와 유전상관이 높게 나타났다. 선행 연구에서는 갈비와 다른 부분육 수율 형질과 모두 부의 상관을 나타냈는데, 본 연구에서는 갈비와 다른 부분육 중량 형질에서 모두 정의 상관을 보다는 점에서 차이가 있다(이재구 et al., 2014; 이재구 et al., 2016).

Table 3. Estimated Additive genetic variance (σ_a^2), residual variance (σ_e^2), and heritability (h^2) by trait.

Trait ¹	σ_a^2	σ_e^2	h^2
Carcass traits			
CWT	988.06	708.47	0.58
EMA	43.61	49.18	0.47
BFT	7.66	17.22	0.31
MSC	2.04	1.68	0.55
Primal cut weight traits			
TL	0.26	0.17	0.60
LN	7.84	8.18	0.49
SL	0.67	0.48	0.58
NK	1.75	2.37	0.43
BE	3.90	5.86	0.40
BR	8.89	4.23	0.68
BF	6.26	6.03	0.51
SK	1.65	0.88	0.65
RB	18.14	13.65	0.57

¹CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, backfat thickness; MSC, marbling score; TL, tenderloin; LN, loin; SL, striploin; NK, neck; BE, blade; BR, bottom round; BF, brisket and flank; SK, shank; RB, rib

Table 4. Genetic correlations (above the diagonal) and phenotypic correlations (below the diagonal) between the carcass traits and primal cut weight traits.

Trait ¹	CWT	EMA	BFT	MAR	TL	LN	SL	NK	BE	BR	BF	SK	RB
CWT		0.50	0.38	0.14	0.63	0.73	0.66	0.69	0.74	0.76	0.81	0.77	0.90
EMA	0.23		-0.15	0.41	0.58	0.72	0.85	0.68	0.53	0.63	0.64	0.61	0.45
BFT	0.17	0.00		0.00	-0.07	-0.01	-0.01	-0.19	0.01	0.00	0.14	-0.01	0.22
MAR	0.08	0.72	0.00		0.10	0.28	0.44	0.20	0.08	0.06	0.23	-0.03	0.27
TL	0.32	0.23	0.01	0.05		0.72	0.64	0.76	0.87	0.84	0.69	0.81	0.60
LN	0.36	0.27	0.05	0.12	0.31		0.81	0.83	0.83	0.72	0.75	0.71	0.75
SL	0.35	0.35	0.05	0.18	0.32	0.35		0.77	0.64	0.72	0.71	0.65	0.62
NK	0.32	0.21	0.04	0.05	0.30	0.28	0.29		0.79	0.77	0.75	0.69	0.74
BE	0.29	0.19	0.01	0.07	0.29	0.27	0.25	0.24		0.86	0.70	0.83	0.75
BR	0.39	0.27	0.00	0.03	0.44	0.35	0.37	0.32	0.33		0.77	0.91	0.66
BF	0.39	0.26	0.07	0.10	0.34	0.33	0.35	0.31	0.30	0.38		0.76	0.75
SK	0.38	0.25	0.01	0.00	0.40	0.33	0.32	0.30	0.33	0.49	0.36		0.70
RB	0.45	0.21	0.11	0.11	0.30	0.35	0.32	0.29	0.26	0.34	0.37	0.34	

¹CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, backfat thickness; MSC, marbling score; TL, tenderloin; LN, loin; SL, striploin; NK, neck; BE, blade; BR, bottom round; BF, brisket and flank; SK, shank; RB, rib

CONCLUSION

한우 부분육별 식육 특성(풍미, 맛, 식감 등)의 차이로 인해 소비자들은 필요에 따라 각 부위별로 쇠고기를 소비하고 있으며, 따라서 고가치 부위에 대한 생산량 증대가 필요한 실정이다. 현재까지의 한우에 대한 연구는 주로 4대 도체형질(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도)초점이 맞춰져 있었다. 따라서 본 연구에서는 9개 부분육 중량 형질(안심, 등심, 채끝, 목심, 앞다리, 설도, 양지, 사태, 갈비)의 유전적 특성을 탐구함으로써, 부위별 형질 개량에 이바지하고자 하였다. 본 연구에서는 한우 거세우 1,241두를 대상으로 4대 경제형질과 함께 9개 부분육 중량 형질의 유전모수를 추정하였다. 부분육 중량에 대한 유전력은 0.40-0.68의 값으로 한우의 지속적 개량을 통해 각 부분육 중량이 더욱 개선될 가능성이 있는 것으로 사료된다. 도체중과 부분육 중량 형질의 유전상관은

0.63-0.90, 표현형상관은 0.29-0.45로 나타나 도체중과 부분육 사이의 상관성이 높은 것으로 나타났다. 부분육 중량 형질 간 유전상관을 확인해 보았을 때, 등심과 채끝, 갈비 사이의 유전상관이 높은 것으로 나타나 소비자들이 선호하는 부위별 맞춤형 한우 개량이 가능해질 것으로 사료된다. 본 연구의 결과는 안심, 등심, 및 채끝 등의 고가치 부위의 생산량을 늘리기 위한 기반 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

CONFLICT OF INTERESTS

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

REFERENCES

- Cassell, B.G. (2009). Using heritability for genetic improvement. KIAPQE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2021. 2020 animal products grading statistical yearbook. KIAPQE, Sejong, Korea. [in Korean]
- Kim, H.S., Hwang, J.M., Choi, T.J., Park, B.H., Cho, K.H., Park, C.J., & Kim, S.D. (2010). Research on the reformation of the selection index for Hanwoo proven bull. *Journal of Animal Science and Technology*, 52(2), 83-90.
- Kim, S.D. (2011). A study on consumer preferences for Hanwoo meat. *Doctors degree thesis. Konkuk University*, 1-128.
- Misztal, I., Tsuruta, S., Lourenco, D., Aguilar, I., Legarra, A., & Vitezica, Z. (2014). Manual for BLUPF90 family of programs. *Athens: University of Georgia*, 199.
- Shin, E.G., Lee, S.H., & Yoon, D.H. (2018). Accuracy of Genomic Estimated Breeding Value with Hanwoo Cows in the Commercial Farms. *Journal of Agriculture & Life Science*, 52(2), 91-98.
- Sun, D.W., Kim, B.W., Moon, W.G., Park, J.C., Park, C.H., Koo, Y.M., et al. (2010). The estimation of environmental effect and genetic parameters on carcass traits in Hanwoo. *J Agric Life Sci*, 44(44), 83-89.
- 김도현, 오재돈, & 이학교. (2022). 전북지역 한우 혈통의 계대(pedigree depth)에 따른 유전능력평가 시스템을 통한 분석 효율성 연구. *Journal of Animal Breeding and Genomics*, 6(1), 11-18.
- 이동재. (2019). 유전체 정보를 이용한 농가 한우암소의 육종가 추정 및 비교 연구.
- 이재구, 박수봉, 이승수, 조광현, 조충일, 최연호, et al. (2014). 한우 거세우 부분육 및 체형형질 유전모수 추정. *농업생명과학연구*, 48(6), 151-160.
- 이재구, 이승수, 조광현, 조충일, 최연호, 최재관, et al. (2013). 한우 후대검정우의 체척형질을 통한 부분육 생산량 추정. *Journal of Animal Science and Technology*, 55(5), 373-380.
- 이재구, 최태정, 최연호, & 김시동. (2016). 한우 부분육 및 도체형질 유전모수 추정. *농업생명과학연구*, 50(1), 179-192.
- 정민국, 김현중, & 이형우. (2020). 육류 소비행태 변화와 대응과제. *한국농촌경제연구원 기본연구보고서*, 1-240.