

초음파 측정에 의한 한우의 도체육량 예측

이용준*, 전기준*, 최성복*, 석홍기**, 김석중**, 이성기**, 송영한**
농촌진흥청 축산기술연구소*, 강원대학교 동물자원과학대학**

Prediction of Carcass Yield by Ultrasound in Hanwoo

Y. J. Rhee*, K. J. Jeon*, S. B. Choi*, H. K. Seok**, S. J. Kim**, S. K. Lee**
and Y. H. Song**

National Livestock Research Institute, RDA*,
College of Animal Resources Sciences, Kangwon National University**

ABSTRACT

This study was conducted to predict the carcass yield traits using ultrasound before slaughter and to enhance the prediction accuracy of carcass yield grade by applying various strategies. For this experiment, five hundred seventy three Hanwoo steers of 24 months of age were used. Difference between ultrasound result and carcass measure of BFT and LMA was $0.6 \pm 1.65\text{mm}$ and $0.7 \pm 5.56\text{cm}^2$, respectively. Correlation coefficient between ultrasound result and carcass measure of BFT and LMA was 0.86 and 0.82, respectively ($p < 0.001$). Results for improving predictions of yield grade by four methods-the Korean yield grade index equation, fat depth alone, regression and decision tree methods were 80.3%, 81.3%, 80.1% and 81.8%, respectively. We conclude that the decision tree method can easily predict yield grade and is also useful for increasing prediction accuracy rate.

(Key words : Ultrasound, Carcass traits, Yield grade, Hanwoo)

I. 서 론

초음파는 일반적으로 사람이 소리를 들을 수 있는 가청영역(20Hz~20KHz) 이상의 주파수를 갖고 있으며, 파장이 짧고 지향성이 예민함과 동시에 가청음파는 달리 평면파를 얻을 수 있고, 특히 1MHz 이상이 되면 전파방향에 직진성을 갖는 등의 특성을 지니고 있다(Krautkramer 등, 1969; Wells, 1969). 1950년대 초반에 Ludwig(1950), Wild(1950) 및 Howry와 Bliss

(1952)가 초음파를 소, 돼지 및 사람의 체내조직에 주사하여 초음파의 전파속도 계측과 조직 내부의 해석을 시도한 것이 초음파 연구의 기초적 발단이 되었으며, 이후 생체에 대한 초음파의 이용에 관한 연구들이 지금까지도 활발히 진행되어지고 있다.

초음파를 이용한 생체평가는 가축에는 무해하며 비교적 간단한 방법으로 살아있는 소의 산육능력을 평가할 수 있기 때문에 출하시기의 결정이나 종축 선발 등의 여러 목적으로 이용

* 본 연구는 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 지원과제(KPF-99-005-G00011)로 수행된 연구결과임.

Corresponding author : Y. J. Rhee, Daekwanryeong Branch Station, National Livestock Research Institute, RDA, #268, Chahang-ri, Doam-myeon, Phyongchang-gun, Gangwon-do, 232-952, Korea. Tel : 033)330-0631, Fax : 033)330-0660, E-mail : rheej@rda.go.kr

되어지고 있으며(原田, 1994), 현재 국내에서도 생체평가를 위한 초음파 기기의 이용이 급속도로 확산되어지고 있는 실정이다. 이에 한우를 대상으로 초음파의 활용도 및 예측율을 높이려는 연구가 진행되어지고 있으나(방, 1994; 김 등, 1995; 방, 1997; 윤 등, 1997; 정, 1997; 차, 1997; 윤, 2000; Song 등, 2002), 아직까지는 초음파에 대한 체계적인 활용연구가 충분히 수행되어 있지 않기 때문에 초음파의 이용기술 확립을 위한 종합적이고 체계적인 검토가 필요한 실정이다.

본 시험은 초음파 진단기기의 활용도를 증대시키려는 목적으로 초음파를 이용하여 출하직전 한우의 도체형질을 예측하고, 다양한 예측기법을 이용하여 도체육량등급의 예측율을 향상시키고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시축 및 실험방법

축산기술연구소 대관령지소 및 남원지소의 24개월령 27, 28, 29 및 30차 후대검정용 거세 한우 573두를 대상으로 체중측정과 함께 주파수 2MHz의 linear probe(27×147mm)를 장착한 실시간 초음파 진단기(Super-Eye Meat, FHK, Japan)를 이용하여 제 13흉추와 제 1요추 사이의 횡단면을 측정하였고, 측정된 영상은 휴대용 PC에 저장한 후 측정 소프트웨어 프로그램(Image-Pro Express, Media Cybernetics, USA)을 이용하여 배최장근 단면적과 등지방 두께를 측정하였으며, 초음파 측정 후 1주일 이내에 도축장으로 이송하여 등급판정사에 의한 도체평가를 실시하였다.

배최장근 단면적은 배최장근과 인근 조직 사이 경계면의 반사파(echo)를 기준으로 배최장근 윤곽을 곡선으로 연결하여 측정하였고, 등지방 두께는 도체평가와 동일한 배최장근의 3분의 2 지점에서 측정하였다.

2. 육량등급 예측방법

(1) 육량지수 산식

도체시 적용되는 육량지수 산식을 이용하여 냉도체중 대신 생체중에 본 시험축 573두의 평균 도체율을 적용하여 대입하였고, 도체측정 등지방 두께와 배최장근 단면적 대신 초음파 측정치를 대입하여 육량지수를 산출하였다.

육량지수 산식과 육량지수에 따른 육량등급의 분류는 다음과 같다.

$$Y = 65.834 - [0.393 \times \text{초음파측정 등지방 두께(mm)}] + [0.088 \times \text{초음파측정 배최장근 단면적(cm}^2\text{)}] - [0.008 \times \text{생체중(kg)} \times \text{평균 도체율}] + 2.01$$

(A등급 : $69 \leq Y$, B등급 : $66 \leq Y < 69$, C등급 : $Y < 66$)

(2) 등지방 보정식

육량지수에 가장 큰 영향을 미치는 등지방 두께를 기준으로 하는 공식으로서, 초음파측정 등지방 두께별 도체육량등급의 분포도를 작성하여 등지방 두께만으로 도체육량등급의 예측이 가능한 기준을 설정하고, 그 외의 경우에는 육량지수 산식을 이용하여 도체육량등급을 예측하였다.

(3) 중회귀 분석

육량지수 산식을 보면 전형적인 1차 선형식이므로 회귀분석을 통하여 새로운 공식을 유도할 수 있다. 따라서 초음파측정 등지방 두께, 초음파측정 배최장근 단면적, 생체중을 독립변수로 하고 도체육량지수를 목적변수로 하여 SAS package(2000)를 이용한 중회귀 분석을 실시하였다. 이 결과로부터 도출된 식에 초음파측정 등지방 두께, 초음파측정 배최장근 단면적, 생체중을 대입하여 육량지수를 구하고, 육량지수에 따른 육량등급 분류에 의거하여 도체육량등급을 예측하였다.

$$Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

- Y : 도체육량지수
- α : 절편
- x_1 : 초음파측정 등지방 두께
- x_2 : 초음파측정 배최장근 단면적
- x_3 : 생체중

(A등급 : $69 \leq Y$, B등급 : $66 \leq Y < 69$,
C등급 : $Y < 66$)

(4) 의사결정나무 분석

살아있는 한우의 초음파 측정시 측정환경, 소의 개체별 특성, 초음파 기계의 상태 등 여러 요인에 의하여 등지방 두께와 배최장근 단면적은 과대 또는 과소 추정될 수 있으며, 이 경우 중회귀 분석 모형에 상당한 영향을 미칠 수가 있다. 따라서 선형성의 가정을 필요로 하지 않는 비모수적인 접근법과 두 개 이상의 변수가 결합하여 목표변수에 어떠한 영향을 미치는지 분석하는 교호효과 분석방법이 필요하다. 따라서 초음파측정 등지방 두께, 초음파측정 배최장근 단면적 및 생체중을 입력변수로 하고 도체육량등급을 목표변수로 하여 SAS Enterprise Miner 4.0(2000)을 이용한 decision tree 분석을 실시하였다. 분석알고리즘은 CART 알고리즘을 이용하였고, 각 변수에 대한 측도는 목표변수인 도체육량등급은 명목형, 입력변수인 등지방 두께는 순서형, 배최장근 단면적 및 생체중은 연속형으로 설정하였으며, 부적절한 추론규칙을 가지고 있는 가지를 제거하고 최종 예측모형을 설정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 도체 실측치와 초음파 측정치의 비교

24개월령 후대검정용 거세한우 573두를 대상으로 출하직전에 초음파 기기를 이용하여 등지방 두께 및 배최장근 단면적을 측정 후 도체 실측치와 비교분석한 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같다. 등지방 두께에 있어서 실측치와 측

Table 1. Means and standard deviations between ultrasonic and carcass measures

Items	Back fat thickness(mm)	Longissimus muscle area(cm ²)
Carcass	7.6±3.20 ^a	75.5±8.98 ^{ns}
Ultrasound	7.0±2.65 ^b	74.8±9.55
Difference	0.6±1.65	0.7±5.56

^{a,b} Means with different superscripts in the same column significantly differ (p<0.05).

^{ns} Not significant.

정치의 평균은 각각 7.6mm와 7.0mm로 나타나 초음파를 이용한 등지방 두께의 측정에서 도체 실측치에 비해 7.7%정도 과소 측정된 것으로 나타났으며, 실측치와 측정치간에 유의적(p<0.05)인 차이를 보였다. 이 결과는 Perkins 등(1992)의 초음파 측정치가 도체 실측치에 비해 평균 8% 정도 과소 판정되는 경향이 있다는 보고와 정(1997)이 보고한 도체 실측치와 초음파 측정치의 평균이 각각 7.7mm 및 7.5mm로 초음파 측정시 0.2mm 정도 과소 평가됐다는 결과와 유사한 결과를 나타냈고, 방(1997)의 초음파 측정치와 도체 실측치가 평균 각각 12.9 mm 및 10.1mm로 초음파를 이용한 등지방 두께 측정이 유의적(p<0.001)으로 과대 판정되었다는 보고와는 상이한 결과를 나타냈다. 배최장근 단면적은 도체 실측치와 초음파 측정치가 각각 75.5cm²와 74.8cm²로 0.7cm²의 오차를 나타냈으나, 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 이 결과는 Waldner 등(1992)과 Perkins 등(1992)의 초음파를 이용한 배최장근 단면적의 측정이 도체 실측치에 비해 다소 과소 평가되는 경향이 있다는 보고와 일치하였으며, 정(1997)이 보고한 측정치와 실측치간 0.79cm²의 오차와도 유사한 결과였다. 그러나, 방(1997)의 초음파를 이용한 생체 판정치가 도체 판정치 보다 3.28 cm²정도 과대 평가되어 유의적(p<0.05)인 차이를 보였다는 보고와는 상이한 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 도체과정에서 일어날 수 있는 지방의 이동이나 근육의 수축, 그리고 박피과정에서의 문제점 등과 본 시험에서 사용한 기기와 같이 두 화면을 합성하는 과정에서 나

타날 수 있는 실험적 오차 등에 기인한 것으로 사료된다.

도체 실측치와 초음파 측정치간의 상관계수를 Table 2에 나타내었다. 생체중과 도체중과의 상관은 0.93으로 가장 높은 상관을 보였고 (p<0.001), 이것으로 보아 육량지수 산식을 이용한 도체육량등급 예측시 도체중 대신 생체중에 평균 도체율을 적용하여도 충분할 것으로 판단되었다. 등지방 두께의 초음파 측정치와 도체 실측치간의 상관계수는 0.86으로 유의적 (p<0.001)으로 높은 상관을 나타냈다. 이것은 Perkins 등(1992)의 0.75, Smith 등(1992)의 0.81, Brethour(1990)의 0.84, 차(1997)의 0.79(비거세우), 0.41(암소), 방(1997)의 0.67에 비해 높은 상관을 나타냈지만, Robinson 등(1992)이 보고한 0.92와 정(1997)이 보고한 0.95 보다는 낮은 상관을 나타내었다. 배최장근 단면적의 초음파 측정치와 도체 실측치간의 상관계수는 0.82로 유의적(p<0.001)으로 높은 상관을 보여, Perkins 등(1992)이 보고한 0.69, Waldner 등(1992)의 0.73, 차(1997)의 0.81(비거세우), 0.43(암소) 보다 높았으나, 방(1997)이 보고한 0.84와 정(1997)이 보고한 0.95 보다 다소 낮은 상관을 나타냈다. 실제 육량등급의 기준으로 사용되는 도체육량지수와 생체중, 초음파 등지방 두께, 초음파 배최장근 단면적간의 상관계수는 각각 -0.25, -0.73, 0.06으로 나타나, 초음파 측정치에 있어서 등지방 두께가 가장 높은 상관을 보였다. 따라서 초음파를 이용한 육량예측에 있어서 등지방 두께가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

2. 도체육량등급 예측

(1) 육량지수 산식

초음파를 이용하여 도체육량을 예측할 때, 통계적인 기법을 사용하지 않고 가장 손쉽게 육량예측을 할 수 있는 방법은 도체 판정시 적용되는 육량지수 산식을 이용하는 것이다. 본 시험에서는 육량지수 산식을 이용하여 도체 실측치 대신 초음파 측정치를 대입하고 냉도체중 대신 초음파 측정 당시의 생체중에 평균 도체

Table 2. Correlation coefficient between ultrasonic and carc

Items	BW	BFTU	LMAU	CW
BW ¹⁾	1.00			
BFTU ²⁾	0.41***	1.00		
LMAU ³⁾	0.52***	0.37***	1.00	
CW ⁴⁾	0.93***	0.49***	0.61***	1.00
BFTC ⁵⁾	0.40***	0.86***	0.31***	0.48***
LMAC ⁶⁾	0.59***	0.27***	0.82***	0.64***
YGIC ⁷⁾	-0.25***	-0.73***	0.06	-0.28***

¹⁾ Body Weight, ²⁾ Ultrasonic Back Fat Thickness, ³⁾ Ultrasonic Longi
⁵⁾ Carcass Back Fat Thickness, ⁶⁾ Carcass Longissimus Muscle Area, ⁷⁾ *** p<0.001.

Table 3. Means and standard deviations of body weight percent

Body weight(kg)	Carcass weight(kg)
534.4±54.66	306.5±35.84

율을 적용하여 사용하였다. 본 시험에 공시된 거세우 573두의 생체중, 도체중 및 도체율은 Table 3에 나타낸 바와 같으며, 평균 도체율 57.4%를 적용하여 아래와 같은 육량지수 산식을 이용하였다.

$$Y = 65.834 - [0.393 \times \text{초음파측정 등지방 두께 (mm)}] + [0.088 \times \text{초음파측정 배최장근 단면적(cm}^2\text{)}] - [0.008 \times \text{생체중(kg)} \times 57.4\%] + 2.01$$

(A등급 : 69≤Y, B등급 : 66≤Y< 69, C등급 : Y<66)

(2) 등지방 보정식

등지방 두께는 도체육량지수와의 상관에서 나타난 바와 같이 도체육량에 가장 큰 영향을 미치고 있다. 또한, 육량지수 산식에서 등지방 두께 1mm의 차이는 배최장근 단면적 4.5cm², 체중 49.1kg과 동일한 영향을 미친다. 따라서 등지방 두께에 따른 도체육량등급의 분류 패턴을 조사하고, 이를 이용하여 도체육량등급을 예측하였다.

Table 4에는 초음파측정 등지방 두께별 도체 육량등급 분포도를 나타내었다. 등지방 두께 5mm 이하는 총 149두 중 A등급이 135두, B등급이 14두로, A등급이 90.6%를 차지하였으며, 등지방 두께 6mm부터 8mm까지는 총 287두 중 A등급이 191두로 66.6%를, B등급이 96두로 33.5%를 나타내었다. 또한 등지방 두께 9mm부터 15mm까지는 총 128두 중 A등급이 17두, B등급이 104두, C등급이 7두로, B등급이 81.3%를 차지하였고, 등지방 두께 16mm 이상은 총 6두로 모두 C등급을 나타냈다. 이상의 결과를 이용한 육량등급 예측에서 등지방 두께 5mm 이하는 A등급으로, 9mm부터 15mm까지는 B등급으로, 16mm 이상은 C등급으로 판정을 하였다. 그리고, 등지방 두께만으로 육량등급 구분이 확실하지 않은 6mm부터 8mm까지는 육량지수 산식을 이용하여 예측을 실시하였다.

(3) 중회귀 분석

초음파 측정치와 도체 실측치에서 등지방 두께는 평균 0.6mm, 배최장근 단면적은 평균 0.7 cm²의 오차를 보였고, 일반 육량지수 공식을 이용할 경우 도체율을 이용해야 하기 때문에 생체중과 초음파 측정치를 이용한 새로운 육량지수 공식의 개발이 필요하다. 이에 초음파측정 등지방 두께, 초음파측정 배최장근 단면적, 생체중을 독립변수로 하고, 도체육량지수를 목적변수로 하여 중회귀 분석을 실시하였다. 그 결과 다음과 같은 식이 도출되었고, 각 독립변수들이 유의수준 0.1%하에서 유의성이 있는 것으로 판정되었다.

$$Y = 68.93 - 0.0026 \times BW(\text{kg})^{***} - 0.43714 \times \text{BFU}(\text{mm})^{***} + 0.06113 \times \text{LMAU}(\text{cm}^2)^{***}$$

*** p<0.001.

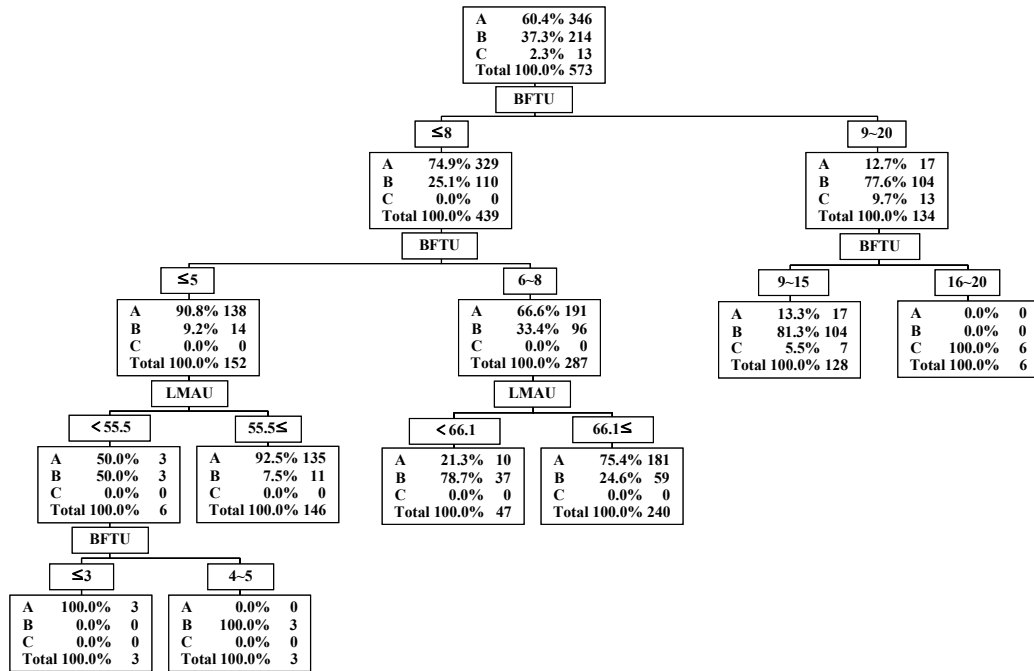
(4) 의사결정나무 분석

Table 4. Frequency distributions between ultrasonic back fat thickness and carcass yield grade

BFTU ¹⁾ (mm)	YGC ²⁾			Total	Prediction method
	A	B	C		
2	1			1	YGU ³⁾ : A
3	26	1		27	
4	56	3		56	
5	55	10		65	
6	96	33		129	
7	65	33		98	Formula
8	30	30		60	
9	9	40		49	
10	7	27	1	35	YGU : B
11		13	1	14	
12		11	1	12	
13		6		6	
14	1	3	2	6	
15		4	2	6	YGU : C
16			4	4	
20				2	
Total	346	214	13	573	

¹⁾ Ultrasonic Back Fat Thickness, ²⁾ Carcass Yield Grade, ³⁾ Ultrasonic Yield Grade.

Decision tree는 의사결정규칙을 도표화하여 그 이외의 것은 B등급으로 판정하는 결과를 관심의 대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 나타내었다.



로 분류하여 예측을 수행하는 분석방법이다. 본 분석에서는 초음파측정 등지방 두께, 초음파측정 배최장근 단면적 및 생체중을 입력변수로 하고, 도체육량등급을 목표변수로 하여 decision tree 분석을 실시하였다.

의사결정나무 분석에 의한 도체육량등급의 분류도는 Fig. 1에 나타내었다. 등지방 두께는 육량등급 분류에 있어 가장 우선적인 기준이 되는 것으로 나타났고, 다음으로 배최장근 단면적이 육량등급 분류에 이용되었다. 하지만, 생체중은 육량등급 분류에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타나 분류도에서 제외되었다. 그 결과 초음파측정 등지방 두께 3mm 이하인 것, 등지방 두께가 4 및 5mm이면서 초음파측정 배최장근 단면적이 55.5cm²이상인 것, 등지방 두께가 6, 7 및 8mm이면서 배최장근 단면적이 66.1cm² 이상인 것을 모두 A등급으로 판정하는 것으로 나타났다. 또한, 등지방 두께가 16mm 이상인 것은 모두 C등급으로 판정하고,

Fig. 1. Distribution pattern of yield grade by the decision tree method.

Table 5. Comparison of prediction accuracy of yield grade b

YGC ¹⁾	YGU ²⁾	Formula		Fat depth alone		Heads
		Heads	Accuracy	Heads	Accuracy	
A	A	302	87.3%	300	86.7%	29
	B	44		46		5
	C	0		0		0
Subtotal		346		346		34
B	A	62		54		4
	B	151	70.6%	160	74.8%	16
	C	1		0		0
Subtotal		214		214		21
C	A	0		0		0
	B	6		7		1
	C	7	53.8%	6	46.2%	6
Subtotal		13		13		13
Total		573	80.3%	573	81.3%	57

¹⁾ Carcass Yield Grade, ²⁾ Ultrasonic Yield Grade.

(5) 도체육량 예측율의 비교

4가지 육량등급 예측방법에 의한 도체육량 예측율은 Table 5에 나타난 바와 같다. 육량지수 산식, 등지방 보정식, 중회귀 분석 및 의사결정나무 분석에 의한 도체육량등급에 의한 예측율은 각각 80.3%, 81.3%, 80.1% 및 81.8%로 나타났다. 그러나 C등급의 예측율은 모든 예측방법에서 50% 내외의 낮은 예측율을 나타냈으며, 이는 본 시험축의 C등급 출현 두수가 매우 적은 점과 도체과정에서 일어날 수 있는 오차 요인 등에 기인한 것으로 판단된다.

등지방 보정식을 이용하여 도체육량등급을 예측하는 것이 육량지수 산식을 이용하는 것보다 1%의 예측율을 향상시켰다. 등지방 두께는 육량등급에 가장 큰 영향을 미치는 형질로서 도체육량의 예측을 향상을 위해서는 등지방 두께 추정의 정확도를 높일 수 있는 방법이 요구되며, 이를 위해서는 등지방 두께의 초음파 측정치와 도체 실측치간의 오차에 영향을 미치는 요인을 명확히 구명하는 것이 필요하다.

중회귀 분석에 의한 예측율은 육량지수 산식에 비해 0.2% 정도 낮게 나타났으나, 도체육량지수와의 상관은 0.82로 육량지수 산식의 0.79에 비해 높게 나타났다. 또한, 도체율의 적용없이 생체중을 그대로 사용함으로써 그 이용가능성이 높은 것으로 판단된다.

의사결정나무 분석에 의한 도체육량등급 예측율은 81.8%로 4가지 예측방법 중 가장 높은 예측율을 나타냈으며, 초음파측정 등지방 두께 및 배최장근 단면적만으로도 도체육량 예측이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 의사결정나무 분석을 이용한 육량등급의 예측은 우형기가 설치되어 있지 않은 일반농가에서도 적용이 가능하기 때문에 그 활용도가 매우 높을 것으로 판단된다.

육량지수 산식을 제외한 3가지 육량예측 방법들은 도축결과를 기초로 하여 예측방법을 도출했기 때문에 데이터의 축적이 지속적으로 이루어진다면 도체육량 예측율이 크게 향상될 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 시험은 초음파를 이용한 한우의 도체육량등급 예측율을 향상시키기 위하여 24개월령 거세한우 573두를 대상으로 출하직전에 체중측정과 함께 실시간 초음파 진단기를 이용하여 도체형질을 측정하였다. 초음파 측정치와 도체 실측치와의 비교분석에서 도출된 다양한 육량 예측 기법을 이용하여 도체육량등급을 예측하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 등지방 두께와 배최장근 단면적의 도체 실측치와 초음파 측정치간의 차이는 각각 $0.6\pm 1.65\text{mm}$ 와 $0.7\pm 5.56\text{cm}^2$ 로 나타났다. 등지방 두께 및 배최장근 단면적의 초음파 측정치와 도체 실측치간의 상관계수는 각각 0.86 및 0.82로 높게 나타났다 ($p<0.001$). 도체육량등급 예측율은 육량지수 산식, 등지방 보정식, 중회귀 분석 및 의사결정나무 분석에서 각각 80.3%, 81.3%, 80.1% 및 81.8%를 보여, 의사결정나무 분석이 예측율과 활용성이 가장 높은 것으로 나타났다.

V. 인용 문헌

- Brethour, J. R. 1990. Relationship of ultrasound speckle to marbling score in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2603-2613.
- Howry, D. H. and Bliss, W. R. 1952. Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. *J. Lab. Clin. Med.* 40:579-592.
- Krautkramer, J., Krautkramer, H., Grabendorfer, W. and Niklas, L. 1969. Ultrasonic testing of materials. 2nd ed. Spring-Verlag. New York.
- Ludwig, G. D. 1950. The velocity of sound through tissues and the acoustic impedants of tissues. *J. Acous. Soc. Am.* 22:862-866.
- Perkins, T. L., Green, R. D. and Hamlin, K. E. 1992. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 70:1002-1010.
- Robinson, D. L., McDonald, C. A., Hammond, K. and Turner, J. W. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound assessment, accuracy of sonographers. *J. Anim. Sci.* 70:1667-1676.
- SAS. 2000. Getting Started with the Enterprise Miner Software. Release 4.1. SAS Institute Inc.

- Cary. NC. USA.
8. SAS. 2000. SAS/STAT User's Guide. Version 8. SAS Institute Inc. Cary. NC. USA. (접수일자 : 2002. 12. 23 / 채택일자 : 2003. 2. 17)
9. Smith, M. T., Oltjen, J. W., Dolezal, H. G., Gill, D. R. and Behrens, B. D. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and longissimus muscle area in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 70:29-37.
10. Song, Y. H., Kim, S. J. and Lee, S. K. 2002. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass meat yield and meat quality in Korean native cattle (Hanwoo). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* vol. 15. 4:591-595.
11. Waldner, D. N., Dikeman, M. E., Schalles, R. R., Olson, W. G., Houghton, P. L., Unruh, J. A. and Corah, L. R. 1992. Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thickness, longissimus muscle areas and composition of Brangus bulls from 4 month to 2 years of age. *J. Anim. Sci.* 70:3044-3054.
12. Wells, P. N. T. 1969. *Physical principles of ultrasonic diagnosis*. 1st ed. Acad. Press. New York.
13. Wild, J. J. 1950. The use of ultrasonic pulses for the measurement of biologic tissues and the detection of tissue density changes. *Surgery.* 27:183-188.
14. 原田 宏. 1994. 超音波診断の牛肉生産への應用. 畜産の研究. 48(1):170-176.
15. 김형철, 전광주, 나기준, 유영모, 정재영. 1995. 생체에서 초음파측정기를 이용한 한우도체형질의 추정에 관한 연구. *한축지.* 37:336-340.
16. 방극승, 윤주용, 김영길. 1994. 한우 등지방층의 초음파측정. *한축지.* 36:409-414.
17. 방극승. 1997. 초음파를 이용한 한우 생체평가와 도체평가의 비교. *한축지.* 39:117-123.
18. 윤주용, 방극승, 김영길. 1997. 한우 배최장근 단면적의 초음파 측정. *한축지.* 39:113-116.
19. 윤주용. 2000. 한우 고급육 생체판정 자동화를 위한 배최장근의 판정부위 선정에 관한 연구. 동아대학교. 박사학위논문.
20. 정재경. 1997. 초음파를 이용한 한우의 생체 및 도체의 이화학적 특성 추정에 관한 연구. 강원대학교. 박사학위논문.
21. 차용호. 1997. 한우에 있어서 초음파생체측정과 도체측정과의 관계에 관한 연구. 동아대학교. 박사학위논문.