

# 의사결정나무분석기법을 이용한 계절별 한우육의 육색 특성에 미치는 요인분석

김석중\* · 김용선\* · 송영한\*\* · 이성기\*\*\*

강원대학교 동물자원공동연구소\*, 강원대학교 동물자원학부\*\*, 강원대학교 축산가공학과\*\*\*

## Analysis of Factors for Seasonal Meat Color Characteristics in Hanwoo(Korean Cattle) Beef using Decision Tree Method

Seok Jung Kim\*, Yong Sun Kim\*, Young Han Song\*\* and Sung Ki Lee\*\*\*

Institute of Animal Resources, Kangwon National University\*,

Division of Animal Resource Science, Kangwon National University\*\*,

Department of Animal Food Science and Technology, Kangwon National University\*\*\*

### ABSTRACT

This study analyzed the effects of pH, sex, backfat thickness, ribeye area, cold carcass weight, shipping month, muscle internal temperature, average daily temperature, and average relative humidity for slaughtered Hanwoo to meat color by season. The analyses focused on interaction and each effect to meat color of the factors. For the result for analysis of multiple linear regressions, meat color values were decreased as pH increased in all meat color, and the meat color values increased as the backfat thickness was increased. As the results of the decision tree analysis by each factor, cow and steer slaughtered in spring and autumn were the highest in the lightness(L\*). The redness(a\*) was the cases that pH was less than 5.63 and average relative humidity was over than 71.5% for Hanwoo slaughtered in autumn. The chroma(C\*) value was the highest for Hanwoo that was slaughtered in summer and autumn, the pH was less than 5.60, and the back fat thickness was over than 8 mm. The hue angle(h°) was shown that the muscle internal temperature was less than 4.7°C among Hanwoo which was slaughtered in spring, summer, and autumn, the pH was less than 5.66, and the back fat thickness was over than 8 mm.

(Key words : Decision tree, Meat color, Hanwoo beef)

### I. 서 론

신선육의 육색은 소비자의 기호도와 소매점의 저장기간을 결정하는 중요한 품질특성 중 하나로(Cornforth, 1994), 근육색소인 myoglobin

의 농도와 화학적인 상태에 따라 좌우되는 것으로 보고되고 있다(Giddings, 1977; Renner, 1986). 또한 일반적으로 육색은 연령, 성, 품종, 식이, 영양상태, stress, 도축 전 취급 등 여러 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다

Corresponding author : Sung Ki Lee, Department of Animal Food Science and Technology, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea.

(Renner, 1990; Hood와 Tarrant, 1980).

성별에 따른 육색은 암소 및 거세우가 비거세우보다 다소 밝은 것으로 알려져 있으며(이 등, 1998), 또한 김 등(1996)의 결과에서도 거세우가 비거세우보다 L\*값(명도), a\*값(적색도) 및 b\*값(yellowness)이 높은 경향을 보이는 것으로 보고되고 있다. 한편 Mitsumoto(1992)의 보고에 따르면 L\*값은 지방교잡이 발달될수록 높아지는 것으로 알려지고 있다. 또한 도축후 근육 pH의 저하는 근육중의 glycogen이 분해되어 젖산이 생성됨으로써 야기되지만 영양상태 불량이나 stress 등으로 인해 glycogen이 부족하게 되면 적은 젖산생성으로 높은 pH를 유지하게 됨으로써 암적색의 육을 생성하게 된다. 이와같이 pH는 육색, 보수력, 단백질 용해도 등의 육류 품질을 좌우하는 요인으로 알려져 있다(Cornforth, 1994).

특히 도축 전 요인들은 육류의 품질에 크게 영향을 미치는데, 낮은 환경과 굶주림 등 여러 가지 stress 요인들은 DFD(Dark firm dry)육의 발생을 초래하는 것으로 보고되고 있다(Lawrie, 1958). 또한 환경온도가 높거나 낮을 때의 stress는 근육 내 글리코겐의 소모를 야기하여 DFD육의 발생을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Anderson, 1984). DFD육의 출현율은 Munns와 Burrell(1966)의 보고에 의하면 봄과 가을에 유의적으로 높은 것으로 보고되었으며, Tarrant와 Sherington(1980)은 가을과 겨울에, 그리고 Fabiansson 등(1984)은 여름철에 무더위 stress로 인해 DFD육의 발생율이 높은 것으로 보고하였다. 이와 같이 DFD육의 계절에 따른 출현율이 다르다는 보고들은 계절적 stress로 인한 육색의 변화를 가져올 수 있을 것으로 미루어 짐작할 수 있다.

한편 육색에 미치는 다른 요인으로 정상육보다 DFD육의 경우 도체중이 가벼운 것으로 알려져 있으나(Jones와 Tong, 1989; Murray, 1989) 다른 보고에 의하면 도체중과 등지방 두께가 증가할수록 근육의 지방 함량은 증가하고 육색은 어두워지는 것으로도 알려져 있다(Aziz와 Ball, 1995).

이와 같이 육색은 각 요인들이 개별적으로

영향을 미치는 것뿐만 아니라 모든 요인들이 서로간의 교호작용을 통하여 복잡하게 영향을 미친다고 할 수 있다. 따라서 각 요인들의 개별적인 연관관계뿐만 아니라 서로간의 교호작용도 함께 규명할 필요가 있다.

의사결정나무분석은 특정집단의 성향을 추출하거나 예측을 수행하기 위하여 다양하게 응용되고 있는데, Song 등(2002)의 연구에서는 한우의 초음파 측정시 육량의 예측률 향상을 위하여 의사결정나무분석의 교호효과분석을 통하여 예측률이 향상되었음을 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 먼저 계절별로 도축된 한우의 pH, 성별, 등지방두께, 등심단면적, 도체중, 출하연령, 도체심부온도, 외기온도, 외기 상대습도 등이 한우육의 육색에 미치는 영향을 Duncan의 다중검정과 중회귀분석을 통하여 1차적으로 개별분석을 실시하였다. 또한 대용량의 데이터로부터 이들 데이터 내에 존재하는 관계, 패턴, 규칙 등을 나무구조로 도표화하여 분류와 예측을 수행하는 의사결정나무분석(강 등, 1999)을 도입하여 서로간의 교호효과를 분석함으로써 한우의 육색에 영향을 미치는 요인들을 구체적으로 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시시료 및 측정항목

경기도 이천 도축장에서 2000년도 4계절에 걸쳐 도축된 1,063두의 한우를 시료로 사용하였다(Table 1). 시료는 도축 후 24시간 냉장 후 축산물등급판정소 축산물등급판정 세부기준에 의하여 제13흉추와 제1요추 사이를 절개하여 등급판정한 후 같은 부위에서 pH와 육색을 측정하였다. pH 측정은 portable pH meter(IQ200, IQ Scientific Instrument, Inc., USA)를 사용하였다. 육색은 도체등급 판정부위인 절개면을 절개 30분 후에 색차계(CR-310, Minolta Co., Japan)를 사용하여 CIE L\*(Lightness), a\*(redness)값, chroma value( $C^*=[a^{*2}+b^{*2}]^{1/2}$ ) 및 hue angle ( $h^0=\tan^{-1}[b^*/a^*]$ )을 측정하였으며 이때 표준 백색판의 색도값은  $Y=93.7, x=0.3129,$

Table 1. Distribution of Hanwoo(Korean Cattle) by season and sex condition

Seasons	Sex groups			Total <sup>a</sup>
	Cows	Bulls	Steers	
Spring	165	88	21	274
Summer	104	123	7	234
Autumn	122	126	19	267
Winter	142	130	16	288
Total <sup>b</sup>	533	467	63	1,063

<sup>a</sup>Total of three sex groups within the same season.

<sup>b</sup>Total of four seasons within the same sex group.

$y=0.3194$ 이었다.

## 2. 통계처리

육색에 대한 계절별, 성별 유의성 검정은 SAS(Strategic Application Software)를 이용하여 분산분석을 한 후 Duncan's multiple range test (SAS, 2000a)로 유의성 검증을 하였고, 기타 변수들은 SAS의 변수증감법(Stepwise method)을 이용한 중회귀분석을 실시하여 유의수준 5%안에 포함되는 변수들만을 도출하였다.

또한 pH, 성별, 등지방두께, 등심단면적, 도체중, 출하연령, 도체심부온도, 외기온도, 외기

상대습도 등이 계절별로 한우육의 육색에 어떠한 영향을 미치는지 교호효과를 살펴보기 위하여 SAS Enterprise miner(SAS, 2000b)를 이용하여 의사결정나무분석(Decision tree method)을 실시하였다(Table 2). 의사결정나무분석의 분석 알고리즘은 CHAID(Kass, 1980)를 이용하여 분산분석(ANOVA) F통계량의 p-값을 기준으로 병합과 분리를 실시하고 p-값이 가장 작은 예측변수와 그 때의 최적분리에 의해서 자식마디가 형성되도록 하였다( $p<0.05$ ). 또한 사후검정용 타당성 평가를 위하여 전체데이터 1,063개 중 60%인 638개를 분석용(Train)으로 사용하였으며 나머지 40%(425개)를 평가용(Validation)으

Table 2. Data set meaning of decision tree

Variable	Name	Measurement Level	Description
Target variable	L*	interval	lightness
	a*		redness
	C*		chroma value
	h <sup>0</sup>		hue angle
Input variable	Season	nominal	spring, summer, autumn, winter
	pH	interval	pH value
	Sex	nominal	cow, bull, steer
	BFT	ordinal	backfat thickness(mm)
	RA	interval	ribeye area(cm <sup>2</sup> )
	Wt	interval	cold carcass weight(kg)
	T	interval	muscle internal temperature(°C)
	T <sub>a</sub>	interval	average daily temperature(°C)
	RH	interval	average relative humidity(%)
	Age	ordinal	shipping month(1: 14month or less, 2: 15~25month, 3: 26~31month, 4: 32~37month, 5: 38~41month, 6: 42~50month, 7: 51~59month, 8: 60~79month, 9: 80month or more)

로 사용하였다. 분석용에 의하여 도출된 결과를 평가용에 적용하여 동일한 결과(분석용결과 - 평가용결과 = 분석용결과의  $\pm 5\%$ 이내)가 도출된 값만을 선정하여 최종적으로 분석용 결과를 실제 결과치로 사용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 분석변수의 계절별 한우육의 육색특성

계절별·성별 한우의 육색특성은 Table 3과 같다. L\*값(명도)은 일반적으로 육표면의 darkness와 강한 부의 상관성을 나타내는 것(Murray, 1989)으로 알려져 있는데, 성별에 따른 명도를 살펴보면, 전체적으로 거세우>암소>비거세우 순으로 나타났으며 이는 거세우가 비거세우보다 높은 L\*값을 나타낸 김 등(1996)과

이 등(1998)의 결과와도 일치하였다. 여름과 가을에서는 암소와 거세우간의 유의적인 차이는 없었지만 모든 계절에서 거세우가 가장 높은 명도를 나타냈으며 비거세우가 가장 낮은 것으로 나타났다. 계절별로는 암소의 경우 타계절에 비하여 겨울이 유의적으로 낮았으며, 비거세우는 봄과 가을이 여름과 겨울에 비하여 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 그러나 거세우의 경우 계절별로는 유의성이 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ). 이와 같은 결과는 성별에 따른 DFD 육 발생율이 비거세우 > 경산우 > 미경산우, 거세우 순으로 나타난 Tarrant (1981)의 결과와 비교해 보더라도 낮은 명도를 나타낸 비거세우는 공격적인 기질과 축군혼합시 승가 및 더위, 추위 등과 같은 환경 stress에 민감하기 때문에 육색이 저하되는 것으로 사료된다(이 등, 1998).

식육색을 결정하는데 중요한 역할을 하는 적

Table 3. Meat color characteristics on Hanwoo(Korean Native Cattle) beef by season and sex

Color	Sex	Season				Mean <sup>1)</sup>
		Spring	Summer	Autumn	Winter	
L*	Cow	36.76±2.16 <sup>bA</sup>	36.43±2.38 <sup>aA</sup>	36.81±2.20 <sup>aA</sup>	35.76±2.08 <sup>bB</sup>	36.44±2.23 <sup>b</sup>
	Bull	35.42±2.23 <sup>cA</sup>	34.39±2.24 <sup>bb</sup>	35.33±2.22 <sup>bA</sup>	33.96±1.92 <sup>cB</sup>	34.72±2.23 <sup>c</sup>
	Steer	38.15±2.58 <sup>aA</sup>	36.88±1.78 <sup>aA</sup>	37.51±2.13 <sup>aA</sup>	37.58±2.82 <sup>aA</sup>	37.67±2.42 <sup>a</sup>
	Mean <sup>2)</sup>	36.44±2.34 <sup>A</sup>	35.46±2.57 <sup>B</sup>	36.16±2.34 <sup>A</sup>	35.05±2.24 <sup>C</sup>	
a*	Cow	22.35±1.58 <sup>bb</sup>	22.63±2.13 <sup>ab</sup>	23.35±2.13 <sup>bA</sup>	22.23±1.84 <sup>bB</sup>	22.60±1.94 <sup>b</sup>
	Bull	22.45±1.87 <sup>bA</sup>	22.44±2.12 <sup>aA</sup>	23.00±2.28 <sup>bA</sup>	21.54±2.28 <sup>bb</sup>	22.34±2.23 <sup>b</sup>
	Steer	23.89±2.09 <sup>aAB</sup>	22.82±1.27 <sup>ab</sup>	24.66±2.05 <sup>aA</sup>	23.90±1.32 <sup>aAB</sup>	24.01±1.87 <sup>a</sup>
	Mean <sup>2)</sup>	22.50±1.76 <sup>B</sup>	22.62±2.03 <sup>B</sup>	23.25±2.23 <sup>A</sup>	22.01±2.10 <sup>C</sup>	
C*	Cow	23.99±1.92 <sup>bHC</sup>	24.44±2.37 <sup>ab</sup>	25.05±2.52 <sup>bA</sup>	23.66±2.15 <sup>bC</sup>	24.23±2.27 <sup>b</sup>
	Bull	23.98±2.23 <sup>bA</sup>	24.13±2.45 <sup>aA</sup>	24.57±2.69 <sup>bA</sup>	22.81±2.64 <sup>bB</sup>	23.85±2.62 <sup>b</sup>
	Steer	25.77±2.44 <sup>aAB</sup>	24.50±1.47 <sup>ab</sup>	26.62±2.42 <sup>aA</sup>	25.63±1.56 <sup>aAB</sup>	25.85±2.20 <sup>a</sup>
	Mean <sup>2)</sup>	24.02±2.11 <sup>B</sup>	24.35±2.32 <sup>B</sup>	24.93±2.64 <sup>A</sup>	23.39±2.45 <sup>C</sup>	
h <sup>0</sup>	Cow	21.07±1.25 <sup>bb</sup>	21.55±1.26 <sup>aA</sup>	21.06±1.59 <sup>abB</sup>	19.82±1.50 <sup>bC</sup>	20.83±1.54 <sup>b</sup>
	Bull	20.33±1.76 <sup>cb</sup>	20.95±1.38 <sup>aA</sup>	20.28±2.56 <sup>bb</sup>	18.92±1.90 <sup>cC</sup>	20.09±2.11 <sup>c</sup>
	Steer	21.81±1.41 <sup>aA</sup>	21.29±0.77 <sup>aA</sup>	21.93±1.38 <sup>aA</sup>	21.05±0.99 <sup>aA</sup>	21.60±1.27 <sup>a</sup>
	Mean <sup>2)</sup>	20.89±1.50 <sup>B</sup>	21.23±1.34 <sup>A</sup>	20.75±2.15 <sup>B</sup>	19.48±1.76 <sup>C</sup>	

Means±S.D.

<sup>a-c</sup> Means in the same column with different superscripts are significantly different( $p < 0.05$ ).

<sup>A-C</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different( $p < 0.05$ ).

<sup>1)</sup> Mean of four seasons within the same sex group.

<sup>2)</sup> Mean of three sex groups within the same season.

색도(a\*)는 전체적으로 거세우>암소, 비거세우 순으로 나타나 거세우가 유의적으로 높은 경향을 나타내었다. 또한 암소와 비거세우는 모든 계절에서 서로간에 유의성이 없는 것으로 나타나 적색도에서 차이가 없는 것으로 나타났으나, 거세우는 봄, 가을, 겨울에 암소와 비거세우에 비하여 유의적으로 높은 것으로 나타났다(p<0.05). 계절별로는 암소의 경우 가을이 타계절에 비하여 유의적으로 높았다. 비거세우의 경우는 봄, 여름, 가을은 유의적 차이가 없었으나 겨울이 유의적으로 낮게 나타났었다. 또한 거세우는 가을이 가장 높았지만 가장 낮은 결과를 보여준 여름하고만 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났었다(p<0.05). 이와같은 결과는 거세우가 비거세우보다 높은 적색도를 나타냈다는 김 등(1996)과 유사하였다.

Chroma값(C\*)은 클수록 붉은 색이 더 강함을 나타내는 지표로서, 성별에 따른 경향은 적색도(a\*)와 비슷한 경향을 나타내었다. 즉, 유의적으로 거세우가 암소와 비거세우에 비하여 높았으며 암소와 비거세우간에는 유의적인 차이가 없었다(p>0.05). 암소와 비거세우도 모든 계절에 걸쳐 유의성이 없었으며, 봄, 가을, 겨울에서 거세우의 chroma값(C\*)이 유의적으로 높은 것으로 나타났었다(p<0.05). 성별·계절별로는 암소의 경우 가을이 타계절에 비하여 유의적으로 높았으며 비거세우는 봄, 여름, 가을에서는 유의적인 차이가 없었고 겨울만이 타계절에 비하여 유의적으로 낮은 것으로 나타났었다. 거세우는 가을이 가장 높았으나 가장 낮은 결과를 보인 여름하고만 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났었다.

이와 같이 L\*, a\*값, chroma값이 전체적으로 거세우에서 유의적으로 높은 결과를 나타내었는데 이는 DFD육 발생율이 거세우와 미경산우에서는 1~4%, 경산우에서는 6~10% 그리고 어린 비거세우에서는 11~15%로 보고된 Tarrant (1981)의 결과와도 유사함을 알 수 있었다. 또한 DFD육의 발생율이 10월과 12월에 높은 것으로 보고된 Tarrant와 Sherington(1980)의 결과와는 유사하였으나 반면에 Fabiansson 등(1984)은 여름에, Munns와 Burrell(1966)은 봄과 가을

에 DFD육의 발생이 유의적으로 높은 것으로 보고하였다.

Hue angle(h°)은 갈색을 나타내는 지표로서 전체적으로 성별에 따른 경향은 거세우>암소>비거세우 순으로 유의적인 차이를 나타내었다. 성별로는 여름에는 유의적인 차이가 없었으나 봄, 가을, 겨울에는 거세우가 유의적으로 가장 높은 것으로 나타났으며 비거세우가 가장 낮은 것으로 나타났었다. 성별·계절별로는 암소와 비거세우의 경우 여름이 유의적으로 타계절에 비하여 높았으며 겨울이 가장 낮은 것으로 나타났고 거세우는 계절별로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났었다.

Table 4에서는 성별이외에 육색에 영향을 미칠 것으로 판단되는 계 변수들(Table 1에서 제시한 입력변수들)을 중회귀분석한 결과를 나타내었다. 분석결과 계절별로 모든 육색특성(L\*, a\*, C\*, h°)에서 유의적으로 pH가 증가할수록 그 값들이 감소하는 것으로 나타났으며, 등지방두께(BFT)는 두꺼워질수록 그 값들이 증가하는 것으로 나타났었다. 또한 pH는 partial R-square 값이 겨울의 L\*값을 제외하고 계절별로 모든 육색특성에서 가장 높은 값을 나타내어 육색에 가장 큰 영향을 미치는 변수인 것으로 나타났었다. 등심단면적(RA)은 여름에서만 모든 육색특성에 대하여 유의적인 결과가 도출되었는데 등심단면적이 넓어질수록 육색의 수치들도 증가하는 것으로 나타났었다. 도체중(Wt)은 명도(L\*)의 경우 겨울을 제외한 모든 계절에, 적색도(a\*), chroma값(C\*), hue angle(h°)의 경우는 여름에서만 유의적인 것으로 나타났으며 모두 도체중이 무거울수록 모든 육색특성의 값들이 감소하는 것으로 나타났었다. 도체심부온도(T)는 명도(L\*)의 경우 여름에서만 유의적인 것으로 나타났는데 도체심부온도가 증가할수록 명도(L\*)는 증가하였다. 반면, 적색도(a\*), chroma값(C\*), hue angle(h°)에서는 봄과 가을에서만 유의적이었으며, 도체심부온도가 증가할수록 그 값들은 감소하는 것으로 나타났었다. 외기일평균온도(Ta)는 올라갈수록 모든 육색특성의 값들이 감소하는 것으로 나타났으나, 명도(L\*), 적색도(a\*), chroma값(C\*)에서는 봄에서만 유의하였으며

Table 4. Multiple linear regression<sup>1)</sup> of meat color characteristics by season

Color ( <i>i</i> )	Variable ( <i>k</i> )	Season( <i>i</i> )			
		Spring	Summer	Autumn	Winter
L*	Intercept	79.316***	67.559***	58.696***	48.451***
	pH	-4.983*** (0.054)	-5.341*** (0.164)	-3.937*** (0.1370)	-2.720*** (0.070)
	BFT	0.178*** (0.041)	0.111* (0.015)	0.137*** (0.0396)	0.194*** (0.104)
	RA		0.048* (0.010)		
	Wt	-0.010*** (0.031)	-0.026*** (0.112)	-0.007*** (0.0168)	
	T		0.408*** (0.115)		
	T <sub>a</sub>	-0.524*** (0.046)			
	RH	-0.091*** (0.022)			
	F value	12.88***	32.58***	21.02***	29.96***
a*	Intercept	55.217***	54.572***	46.616***	36.640***
	pH	-4.390*** (0.068)	-5.636*** (0.160)	-5.167*** (0.152)	-3.233*** (0.109)
	BFT	0.108** (0.032)	0.119** (0.026)	0.139*** (0.036)	0.167*** (0.074)
	RA		0.037* (0.013)		
	Wt		-0.012*** (0.030)		
	T	-0.166** (0.026)		-0.212*** (0.080)	
	T <sub>a</sub>	-0.316** (0.032)			
	RH	-0.059*** (0.026)		0.072** (0.020)	0.030* (0.018)
	Age	-0.108* (0.012)	-0.336*** (0.021)	-0.220* (0.013)	
	F value	10.88***	15.25***	22.40***	23.85***
C*	Intercept	64.089***	63.560***	52.598***	40.606***
	pH	-5.372*** (0.066)	-6.890*** (0.185)	-6.073*** (0.155)	-3.794*** (0.111)
	BFT	0.115** (0.034)	0.145*** (0.030)	0.173*** (0.041)	0.196*** (0.075)
	RA		0.047* (0.016)		
	Wt		-0.016*** (0.030)		
	T	-0.215** (0.027)		-0.245*** (0.075)	
	T <sub>a</sub>	-0.391** (0.029)			
	RH	-0.075*** (0.029)		0.080* (0.017)	0.034* (0.018)
	Age		-0.382*** (0.030)	-0.249* (0.012)	
	F value	12.23***	18.62***	22.42***	24.19***
h <sup>v</sup>	Intercept	47.107***	41.912***	61.079***	31.488***
	pH	-4.323*** (0.082)	-3.780*** (0.183)	-4.455*** (0.126)	-2.378*** (0.111)
	BFT	0.111*** (0.036)	0.080*** (0.028)	0.137*** (0.040)	0.127*** (0.062)
	RA		0.039*** (0.035)		
	Wt		-0.011*** (0.051)		
	T	-0.261*** (0.043)		-0.088* (0.018)	
	T <sub>a</sub>			-0.661*** (0.027)	
	RH	-0.042*** (0.080)		-0.086** (0.024)	
	F value	21.33***	24.15***	15.98***	29.90***

\* : p&lt;0.05, \*\* : p&lt;0.01, \*\*\* : p&lt;0.001

$$1) Y_{ij} = a + \sum_{k=1}^n b x_k$$

( ) is partial R-square.

hue angle( $h^{\circ}$ )에서는 가을에만 유의한 것으로 나타났다. 외기상대습도(RH)는 봄에는 모든 육색특성에서 유의적으로 상대습도가 증가할수록 그 값들은 감소하였으며 여름에는 모든 육색특성에서 유의성이 없는 것으로 나타났다. 가을에는 명도를 제외한 모든 육색특성에서 유의적이었는데 상대습도가 증가할수록 적색도( $a^*$ )와 chroma값( $C^*$ )은 증가하고, hue angle( $h^{\circ}$ )은 감소하는 것으로 나타났다. 겨울에는 적색도( $a^*$ )와 chroma값( $C^*$ )에서만 유의하였으며 상대습도가 증가할수록 그 값들이 증가하는 것으로 나타났다.

2. 계절별 의사결정나무분석 결과

서론에서 설명한 바와 같이 육색은 성별뿐만 아니라 연령, stress, 영양상태, 도축 전 취급 등 여러 요인이 복합적으로 영향을 미치고 있다. 따라서 육색에 영향을 미칠 것으로 판단되는 pH, 성별, 등지방두께, 등심단면적, 도체중, 출하연령, 도체심부온도, 외기온도, 외기상대습도 등이 계절별로 한우육의 육색에 어떠한 영향을 미치는지 의사결정나무분석(decision tree method)을 이용하여 서로간의 교호효과를 살펴보았다 (Fig. 1~Fig. 4). 결과값은 F통계량의 p-값이 5%안에서 유의하고 분석용과 평가용의 결과가 동일한 것만을 제시하였다.

분석결과 명도( $L^*$ )는 봄과 가을에 도축한 암소와 거세우가 가장 높은 것으로 나타났으며, 여름과 겨울에 도축하고 pH가 5.46 이상인 비거세우가 가장 낮은 것으로 나타났다. 명도( $L^*$ )

의 전체 평균치 35.9보다 높은 것은 암소와 거세우중 봄과 가을에 도축하거나 봄과 가을에 도축한 비거세우중 pH가 5.42이하인 것, 그리고 여름과 겨울에 도축하고 pH가 5.49미만인 암소와 거세우인 것으로 나타났다.

적색도( $a^*$ )는 봄, 여름, 겨울에 도축하고 pH가 5.66이상인 한우가 가장 낮은 것으로 나타났으며 가을에 도축한 한우중 pH가 5.63미만이고 외기상대습도가 71.5% 이상인 경우 가장 높은 것으로 나타났다. 적색도( $a^*$ )의 전체 평균치 22.7보다 높은 것은 가을에 도축한 모든 한우와 봄, 여름, 겨울에 도축하고 pH가 5.66미만인 면서 등지방두께가 8mm 이상인 한우인 것으로 나타났다.

Chroma값( $C^*$ )은 여름과 가을에 도축하고 pH가 5.60 미만인 면서 등지방두께가 8mm 이상인 한우가 가장 높았으며 봄과 겨울에 도축한 암소와 비거세우중 pH가 5.66이상인 것이 가장 낮은 것으로 나타났다. Chroma값( $C^*$ ) 평균인 24.3보다 높은 수치를 보이는 것은 여름과 가을에 도축하고 pH가 5.60미만인 한우와 봄과 겨울에 도축한 거세우인 것으로 나타났다.

Hue angle( $h^{\circ}$ )은 봄, 여름, 가을에 도축하고 pH가 5.66미만이며 등지방두께가 8mm 이상인 한우중 심부온도가 4.7 $^{\circ}$ C 미만인 것이 가장 높았으며 겨울에 도축한 비거세우중 pH가 5.47이상인 것이 가장 낮은 것으로 나타났다. Hue angle( $h^{\circ}$ )의 평균치인 20.7 보다 높은 것은 봄, 여름, 가을에서 pH가 5.66미만인 것으로 나타났다.

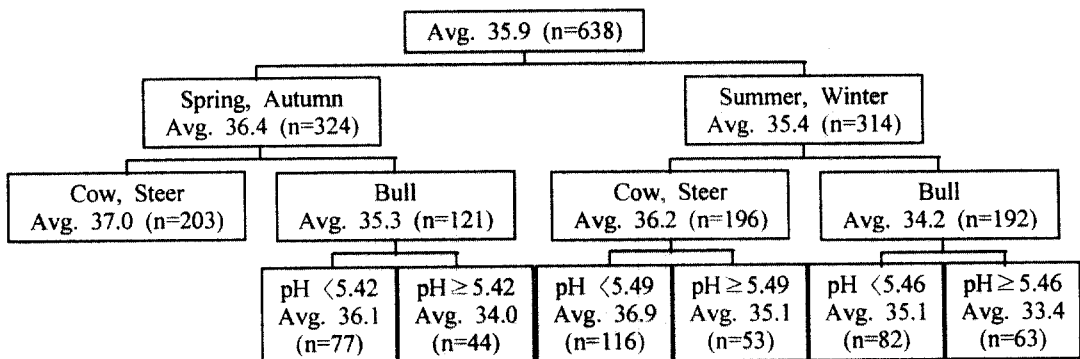


Fig. 1. Decision tree showing factors affecting CIE L\* value by season

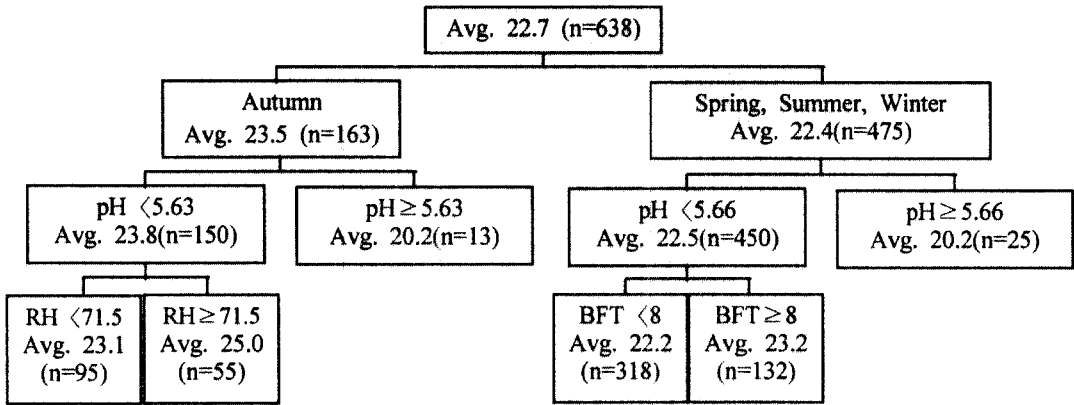


Fig. 2. Decision tree showing factors affecting CIE a\* value by season

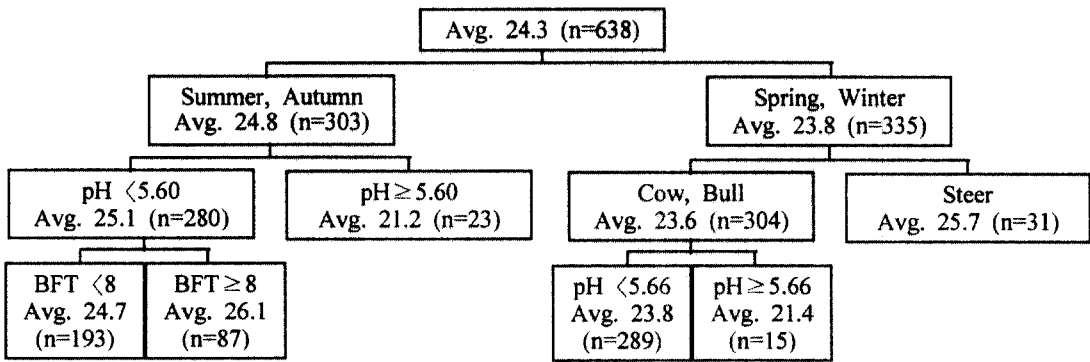


Fig. 3. Decision tree showing factors affecting chroma value(C\*) by season

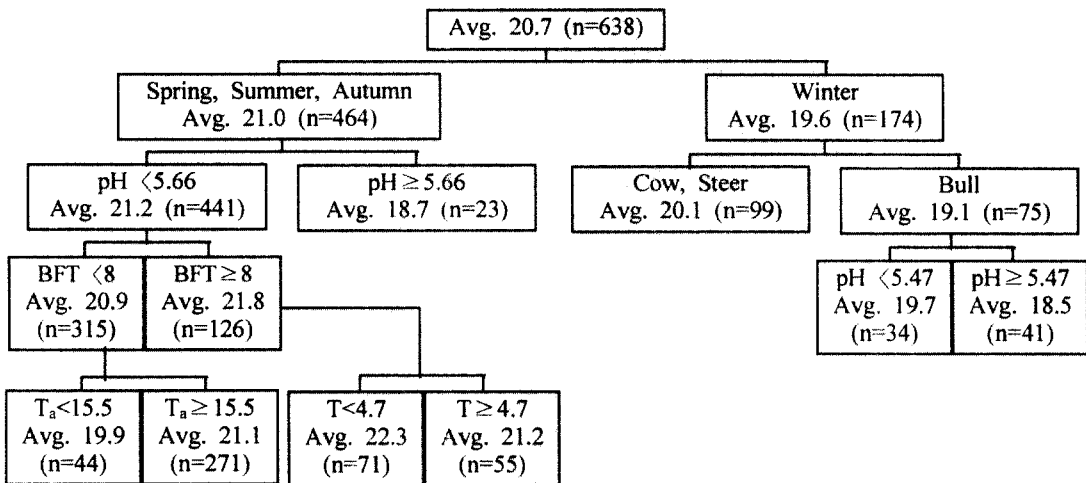


Fig. 4. Decision tree showing factors affecting hue angle(h°) by season



#### IV. 요약

계절별로 도축된 한우육의 육색에 미치는 요인들을 구체적으로 분석하고자 2000년도에 도축된 한우의 pH, 성별, 등지방두께, 등심단면적, 도체중, 출하연령, 도체심부온도, 외기온도, 외기상대습도 요인이 육색에 미치는 영향을 분석하였다.

분석결과, 여름에는 L\*값(명도)이 거세우가 유의적으로 낮았던 것을 제외하고 모든 육색특성에서 유의적이지 않은 것으로 나타났으며 기타 계절에서는 모든 육색특성에서 거세우가 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 또한 중회귀 분석결과 모든 육색특성(L\*, a\*, C\*, h°)에서 pH가 증가할수록 그 값들은 감소하였으며, 등지방두께는 증가할수록 그 값들은 증가하였다.

각 요인별로 의사결정나무분석을 실시한 결과, 명도(L\*)가 가장 높은 것은 봄과 가을에 도축한 암소와 거세우였으며 적색도(a\*)는 가을에 도축한 한우중 pH가 5.63 미만이고 외기상대습도가 71.5% 이상인 경우인 것으로 나타났다. Chroma값(C\*)은 여름과 가을에 도축하고 pH가 5.60 미만이면서 등지방두께가 8mm 이상인 한우가 가장 높았으며, hue angle(h°)은 봄, 여름, 가을에 도축하고 pH가 5.66 미만이며 등지방두께가 8mm 이상인 한우 중 심부온도가 4.7℃ 미만인 것으로 나타났다.

#### V. 사 사

본 연구는 1999년도 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 연구과제(KRF-99-005-G00011)로 수행된 연구결과의 일부입니다. 대학부설연구소의 강원대학교 동물자원공동연구소의 연구발표 장려지원에 대해서도 감사를 드립니다.

#### VI. 인용 문헌

1. 강현철, 한상태, 최종후, 김은석, 김미경. 1999. SAS Enterprise Miner를 이용한 데이터마이닝 -방법론 및 활용-. 자유아카데미. p. 197.
2. 김대곤, 정근기, 성삼경, 최창봉, 김성겸, 김덕영,

- 최봉재. 1996. 한국축산학회지. 38(3):239.
3. 이종문, 박범영, 유영모, 김동훈, 김용곤, 이무하, 박구부, 정연후. 1998. 암적색육 발생 한우의 도체특성과 호르몬 수준. 축산기술연구논문집. 40(1):51.
4. 이종문, 유영모, 박범영, 김진형, 김용곤, 최양일, 이무하. 1998. 성과 출하체중에 따른 한우 도체특성 연구. 축산기술연구논문집. 40(2):35.
5. Anderson, B. E. 1984. Temperature regulation and environmental physiology. In *Dukes Physiology of Domestic Animals*, M. J. Swenson(Ed.), Cornell University Press, U.S.A., p. 719-727.
6. Aziz, N. N. and Ball, R. O. 1995. Effects of backfat thickness and carcass weight on the chemical composition and quality of the meat from culled sows. *Canadian Journal of Animal Science*. 75:191.
7. Cornforth, D. P. 1994. Color: Its basis and importance. In *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Advances in meat research series, A. M. Pearson and T. R. Dutson(Ed.), Blackie Academic & Professional, Glasgow, U.K., p. 34-39.
8. Fabiansson, S., Erichsen, I., Reuterswrd, A. L. and Malmfors, G. 1984. The incidence of dark cutting beef in Sweden. *Meat Science*. 10:21.
9. Giddings, G. 1977. Symposium: the basis of quality in muscle foods. The basis of color in muscle foods. *Journal of Food Science*. 42(2):288.
10. Hood, D. E. and Tarrant, P. V. 1980. The problem of dark-cutting in beef. *Martinus Nijhoff Publishers*, Hague, Germany, p. 319.
11. Jones, S. D. M. and Tong, A. K. W. 1989. Factors influencing the commercial incidence of dark-cutting beef. *Canadian Journal of Animal Science*. 69:649.
12. Kass, G. 1980. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Applied Statistics*. 29(2):119.
13. Lawrie, R. A. 1958. Physiological stress in relation to dark-cutting beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 9:721.
14. Mitsumoto, M. 1992. Studies on measurement and improvement of beef quality. Ph. D. Dissertation in Kyoto University. Japan.
15. Munns, W. O. and Burrell, D. E. 1966. The

- incidence of dark-cutting beef. *Food Technology*. 20:1601.
16. Murray, A. C. 1989. Factors affecting beef color at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science*. 69:347.
  17. Renerre, M. 1986. Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 65:41.
  18. Renerre, M. 1990. Review: Factors involved in the discoloration of beef meat. *International journal of Food Science and Technology*. 25:613.
  19. SAS. 2000a. SAS/STAT User's Guide. Version 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
  20. SAS. 2000b. Getting Started with Enterprise Miner Software. Release 4.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
  21. 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-Australasian Journal of Animal Science*. 15(4):591.
  22. Tarrant, P. V. 1981. The occurrence, causes and economic consequences of dark cutting beef - A survey of current information. In *The problem of dark cutting beef*. D. E. Hood and P. V. Tarrant, Martinus-Nijhoff Publishers, Hague, Germany, p. 3-34.
  23. Tarrant, P. V. and Sherington, J. 1980. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science*. 4:287.

(접수일자 : 2002. 8. 5 / 채택일자 : 2002. 9. 27)