



대립유전자 정보를 활용한 자연교배 개체의 확인 및 이들의 경제적 수익효과 분석

Song-Won Yoo¹, Won-Bok Lee¹, Yong-Joon Hwang¹, Seung-Pil Park¹, Dae-Yong Yang¹, Sung-Seop Sin¹, Joo Hee Seo¹, Jung-Min Han², Yoonseok Lee², Hong Sik Kong^{2†}

Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation, Sejong, 30100, Korea
Genomic Informatics Center, Hankyong national university, Anseong, 17579, Korea

Abstract

This study was conducted to identify individuals suspected of natural crosses without KPN gene information and to analyze the relationship with economic traits. Allelic of the analyzed MS markers was compared with KPN information, and individuals with no confirmed parental status were estimated as natural crosses. The results were as follows; 4.37% of the individuals were estimated as natural mating, and the proportion of the natural mating individuals was higher under grade 2 than others grade. In the analysis of economic traits, it was found that natural crosses individuals had a longer breeding period (1.45 months), the carcass weight was lower (9kg), the Longissimus dorsi Muscle Area was smaller (3.85cm²), and the Marbling Score was lower (0.8) than artificial insemination individuals. It also showed a significantly lower value in the meat quality grade, and the economic loss of the natural mating individuals was larger. On the basis of the results, it was shown that, when removing the natural mating individuals, the gain of the production cost by shortening the breeding period was 212 thousand won and the gain of the sale price by increasing of the meat quality grade was 778 thousand won. In other words, it can take a total of 990 thousand won economic gain for each.

Introduction

과거 주로 역용으로 이용되었던 한우는 1960년대 후반 농기계 산업의 발달 등에 힘입어 역용의 목적보다는 육용으로 그 사육 목적이 점차 바뀌게 되었고, 국민의 생활수준 향상으로 인해 식품의 소비구조가 양적인 측면에서 질적인 측면으로 고급화됨에 따라 한우의 소비가 날로 증가하는 추세이다 (Lee et al., 2014). 하지만, 최근 세계 각국과 FTA체결, 사료비 인상으로 인한 생산비 상승은 한우 사육기반을 흔들고, 높은 소비자 가격을 형성해 한우경쟁력이 저하되고 있는 실정이다. 이러한 위기에 한우의 대외경쟁력을 높이기 위한 다양한 방안 중 하나가 우수한 혈통의 가계를 조성하여 우량 밀소 생산기반을 조성하는 것이 현안 과제로 떠오르고 있다.

한우의 개량은 1980년대 이전에는 주로 표현형에 근거하여 선발을 해왔으며 1987년에 이르러서야 능력검정을 통한 한우 보증씨수소를 선발하게 되었다. 초기 보증씨수소 선발체계에서는 육량위주의 선발이 주를 이루었으며 1998년 이후에 후대검정을 통한 육량과 육질의 동시개량이 이루어져 현재 까지 이어져오고 있다(Kim et al., 2010). 이에 따라 지금까지 한우개량을 위하여 부모의 유전능력에 대한 많은 연구가 이루어져 왔는데 park et al(2002)의 보고에 따르면 후대검정 한우 수소에서 도체중, 배최장근 단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력을 각각 0.32, 0.33, 0.51, 0.31로 보고하였다. 또한 REML(Restricted maximum likelihood)을 통한 다형질 혼합모형 분석시에도 각각 0.32, 0.33, 0.51, 0.50으로 보고되었다(Choi et al., 2006). 이렇게 생산된 우

***Corresponding author:** ChangHee Do, Division of Animal and Dairy Science, Chungnam National University, Daejeon 34134.

Received: 6 February, 2018, Revised: 10 March, 2018, Accepted: 8 June, 2018



© Journal of Animal Breeding and Genomics 2018. 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.

량 밀소는 유전적인 자질이 우수하여 경매시장에서 일반우보다 다소 높게 거래되고 있는 것이 사실이다(Kong, 2008).

한편, 2014년 등급판정결과에 따른 마리당 순수익을 보면 1⁺A등급에서는 1,117천원 3C등급에서는 -3,256천원이 나타나는 등 출하우의 등급에 따라 농가 순수익 차이가 최대 4,373천원을 보이는 것을 볼 수 있으며, 자가 노동비 등을 제외한 소득도 최소 1C 등급(80천원) 이상을 받아야 손해를 보지 않는 것으로 분석되었다(통계청, 2014).

이러한 시점에서 오늘날 우리나라는 한우개량을 위하여 보증씨수소 정액을 권장형, 육질형, 증체형 등 6가지 유형으로 판매하고 있으나, 실질적으로 자손축에게 유전능력이 그대로 전달되어 육질특성에 영향을 미쳤는지, 더 나아가 도축우의 보증씨수소 유전자정보(KPN)가 정확히 이행되고 있는지에 대한 연구자료는 아직도 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 한우 거세우 4,530두를 대상으로 microsatellite marker를 활용하여 씨수소와 친자여부를 확인하고, 이를 활용하여 도체성적과의 연관성을 분석하여 농가소득에 영향을 미치는 영향을 확인하고자 수행하였다.

Materials and Methods

공시 재료

본 연구에 사용된 재료는 소의 교배형태 추정 및 보증씨수소 친자확인을 위하여 농협한우개량사업소에서 공시중인 789개 (KPN121~KPN1255)의 친자확인용 초위성체 마커(MS marker)를 대조군으로 사용하였으며, 실험군으로는 2011~2015년에 육질등급과 무관하게 채취·건조 과정을 거쳐 초위성체 마커(MS marker)를 이용하여 유전자정보가 분석된 한우거세우 중 경제형질을 확인할 수 있는 개체 4,190두와 2016년 농협부천축산물공판장에서 도축된 한우거세우 중 근내지방도 No.1, 2번(2,3등급)에 해당하는 도체 샘플을 채취·건조 과정을 거쳐 초위성체 마커(MS marker)를 이용하여 유전자정보를 분석한 340두를 사용하였다.

Genomic DNA 추출 및 quality control

Genomic DNA의 추출은 Quickgene Kit(Kurabo Bio-Medical, Osaka, Japan)를 이용하여 1.5 ml micro tube에 5 mg 정도의 조직을 넣고 tissue lysis buffer 180 µl와 proteinase K 20 µl를 첨가한 후 55 °C에서 12시간 lysis를 실시하였다. Lysis를 실시 한 후에 10,000 rpm에서 3분 동안 원심분리하여 상층액을 취하고 새로운 1.5 ml micro tube에 옮겨 담아 lysis buffer 180 µl을 첨가한 후 15초간 vortex한 다음 70 °C에서 10분간 incubation하여 99% ethanol 240 µl을 넣고 15초간 vortex하였다. 그 후 사용 편람에 따라 분리정제 하였다. 추출된 genomic DNA 농도는 ND-1000 UV - Vis Spectrophotometer(Nanodrop Technologies, Inc., USA)을 이용하여 260 nm, 280 nm에서 흡광도를 측정하였고, 측정 후 -20 °C에 보관하며 실험에 사용하였다.

Microsatellite(MS) marker 유전자 증폭

본 연구에서 사용한 Microsatellite(MS) Marker는 현재 농림축산식품부에서 시행하는 쇠고기이력제 (농림축산식품부고시 제 2013-50호)에 사용되는 13종 중 성별검사 마커 2종을 제외한 11종(TGLA277, BM2113, TGLA53, ETH10, SPS115, TGLA126, TGLA122, INRA23, ETH3, ETH225, BM1824)을 포함하는 GeneTrack™ Hanwoo Genotyping kit(TNT RESEARCH, Korea)를 이용하여 매뉴얼에 따라 유전자를 증폭하였다.

MS 유전자형 분석 및 친자확인

PCR을 수행한 후 증폭산물들을 2%의 agarose gel에 전기영동하고 그 결과에 따라 희석배율을 정하고, 희석배율에 따라 Formamide를 이용하여 희석한 다음, Formamide와 Genescan™-500LIZ™standard를 잘 혼합하여 희석된 PCR product와 1:9의 비율로 혼합한다. 이 혼합물을 Capillary array가 장착된 ABI-3130xl Genetic Analyzer(Applied Biosystems, USA)를 이용하여 모세관 전기영동을 실시한 후, GeneMapper version 4.1 (Applied Biosystems, USA)을 이용하여 각 MS marker에 대한 대립유전자의 크기를 결정하였다. 결정된 대립유전자들은 개체별로 Microsoft Excel(Microsoft, USA)을 이용하여 자료를 취

합하고 이를 통해 통계분석에 적용하였다.

분석된 MS marker의 대립 유전자 정보를 씨수소 정보와 비교하기 위해 표준화된 Allelic ladder로 데이터를 추출하였다. 추출한 데이터는 가계 분석의 기본 원리인 멘델의 유전이론에 근거하여 자손이 소유한 대립 유전자는 반드시 부모 중 어느 한쪽에 존재한다는 것을 바탕으로 하여 개체별 11개의 대립유전자의 값을 확인하고, 씨수소의 데이터와 비교하였다.

통계분석

분석된 MS marker의 대립 유전자 정보를 씨수소 정보와 비교하기 위해 표준화된 Allelic ladder로 데이터를 추출하였다. 추출한 데이터는 가계 분석의 기본 원리인 멘델의 유전이론에 근거하여 자손이 소유한 대립 유전자는 반드시 부모 중 어느 한쪽에 존재한다는 것을 바탕으로 하여 개체별 11개의 대립유전자의 값을 확인하고, 씨수소의 데이터와 비교하였다.

조사된 경제형질 측정치에 대한 교배방법의 효과를 추정하기 위해 SAS 9.2(SAS, USA) 프로그램을 이용하여 분석을 실시하였다. 교배방법의 효과가 유의한 형질들에 대해 최소 유의차 검정으로 평균간 차이에 대한 유의성의 통계분석을 이용한 모형은 다음과 같다.

- = 각각 대상형질에 대한 관측치
- = 대상형질의 전체 평균
- = 아버지의 고정효과($i = 1, 2$)
- = 임의 오차

Results and Discussion

한우 거세우에서 친자확인을 위한 유전자검사에 따른 집단선별

이번 연구의 실험군 4,530두의 유전자정보를 이용한 친자확인 결과를 Table 1에 나타내었다. 보증씨수소의 유전자정보(KPN)가 있는 인공수정된 거세우와 유전자정보(KPN)가 없는 자연교배로 추정되는 거세우의 비율은 각각 95.63%, 4.37%로 확인되었다. 2011~2015년에 육질등급과 무관하게 채취한 4,190개의 시료에서는 인공수정이 95.85%, 자연교배가 4.15%를 보였으나, 2016년 채취한 근내지방도 No.1, 2번(2,3등급)에 해당하는 샘플 340두의 시료에서는 인공수정이 92.94%, 자연교배 추정이 7.06%를 보이며 2등급 이하의 거세우에서 자연교배로 추정되는 방법의 비율이 높아진 것으로 확인되었다.

교배방법별 도체성적간 연관성 분석

Table 2는 4,530개의 시료 중 보증씨수소(KPN)의 친자여부에 따라 자연교배와 인공수정으로 추정되는 집단의 출하월령, 도체중량, 배최장근단면적, 등지방두께, 근내지방도, 육질등급, 육량등급을 나타내었다. 육질등급 1⁺, 1⁺, 1, 2, 3 등급은 각각 5, 4, 3, 2, 1의 값을 육량등급 A, B, C는 각각 3, 2, 1의 값을 부여해 수치화하였다. 자연교배와 인공수정은 출하월령이 각각 32.57, 31.12개월, 도체중량이 420.54, 429.54kg, 배최장근단면적이 86.87, 90.72cm², 등지방 두께가 13.53, 13.25mm, 근내지방도가 4.55, 5.35, 육질등급이 3.05, 3.46, 육량등급이 1.89, 1.95를 나타내었다. 출하월령은 자연교배가 인공수정에 비해 1.45개월 유의적으로 높

Table 1. Estimation of paternity test in steer.

		EOP	EII	Total
≥ 1 grade	No.	174	4,016	4,190
≥ 1 grade	Frequency	3.84	88.65	92.49
2 grade ≤	No.	24	316	340
2 grade ≤	Frequency	0.53	6.98	7.51
Total	No.	198	4,332	4,530
Total	Frequency	4.37	95.63	100

EOP : Estimated Open pollination, EII : Estimated Intrauterine insemination

게 나타나($p<0.001$) 더 장기비육을 하는 것으로 나타내었다. 도체중량은 자연교배가 인공수정에 비해 9kg 유의적으로 낮게 나타났으며($p<0.05$), 배최장근단면적 또한 3.85 유의적으로 낮게 나타내었다($p<0.0001$). 등지방두께, 육량등급에서는 실험구 간 유의적인 차이가 없었다. 근내지방도는 자연교배가 인공수정에 비해 0.8 유의적으로 낮게 나타내었으며($p<0.0001$), 육질등급에서도 0.41 유의적으로 낮게 나타나($p<0.0001$) 자연교배로 추정되는 거세우의 경제형질이 인공수정에 비해 크게 떨어지는 것으로 확인되었다.

Table 3은 4,530개의 시료 중 보증씨수소(KPN)의 친자여부에 따라 자연교배와 인공수정으로 추정되는 실험구의 육질등급을 나타내었다. 자연교배와 인공수정은 1⁺⁺등급에서 각각 8.08, 18.12%, 1⁺등급에서 각각 27.27, 31.63%, 1등급에서 각각 28.28, 29.52%, 2등급에서 각각 33.84, 19.55%, 3등급에서 각각 2.53, 1.18%를 나타내었다. 고급육의 지표인 1⁺⁺등급 이상 비율은 자연교배가 35.35%로 인공수정에 비해 14.4%p 낮게 나타났다. 반면 2등급 이하 비율은 자연교배가 36.37%로 인공수정에 비해 15.64%p 높게 나타났다. 일반적으로 고기의 연도는 섭취 시 부드러운 감촉을 주는 것으로 쇠고기의 맛에 영향을 주는 가장 중요한 요인 중 하나로서(Boleman et al., 1997), 근내지방은 고기를 씹을 때 용출되어 윤활제 같은 역할을 하며, 연도에 간접적으로 영향을 미친다고 하였다(Thompson, 2002). 근내지방은 육질등급을 결정짓는 중요한 요소로서 자연교배의 근내지방도가 인공수정에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며 이에 따라 육질등급이 낮게 나타난 것으로 사료된다.

Table 4은 4,530개의 시료 중 보증씨수소(KPN)의 친자여부에 따라 자연교배와 인공수정으로 추정되는 실험구의 육량등급을 나타내었다. 자연교배와 인공수정은 A등급에서 각각 21.72, 24.61%, B등급에서 각각 45.45, 45.82%, C등급에서 각각 32.83, 29.57%를 나타내었다. 자연교배의 C등급 출현율은 32.83%로 인공수정에 비해 3.26% 높게 나타나 도체로부터 얻을 수 있는 정육량이 떨어지는 것으로 나타났다.

교배방법별 농가소득에 미치는 영향

출하월령 단축에 따른 손익 분석을 Table 5에 나타내었다. 그 결과 자연교배 실험구의 출하월령을 1.45개월 단축시켰을 때 총 생산비에서 1두 당 212천원의 이득을 취할 수 있는 것으로 확인되었다. 또한 육질등급 출현율 저하에 따른 손익 분석을 Table 6에 나타내었다. 자연교배 추정 개체의 육질등급 출현율을 2015년도 도축된 거세우 445,468두 전체에 적용하여 마릿수를 환산해 보니 1⁺⁺, 1⁺, 1, 2, 3등급에서 자연교배는 각각 1,574, 5,312, 5,509, 6,592, 493두, 총 19,481두를 나타내었다. 전체 445,468두 중 자

Table 2. Comparison of carcass trait according to mating method

No.		Mean $\pm$ SD						
		BA	CW	LMA	BF	MS	MQS	MWS
EOP	198	32.57a $\pm$ 4.21	420.54a $\pm$ 7.80	86.87a $\pm$ 1.56	13.53a $\pm$ 5.60	4.55a $\pm$ 2.09	3.05a $\pm$ 1.02	1.89a $\pm$ 0.73
EII	4,332	31.12 ^b $\pm$ 2.83	429.54b $\pm$ 0.56	90.72b $\pm$ 1.28	13.25a $\pm$ 5.20	5.35b $\pm$ 2.11	3.46b $\pm$ 1.04	1.95a $\pm$ 0.73
EOP-EII	1.45	-9.00	-3.85	0.28	-0.80	-0.41	-0.06	

EOP : Estimated Open pollination, EII : Estimated Intrauterine insemination, SD : Standard Deviation, BA : Butchery Age, CW : Carcass Weight, LMA : Longissimus dorsi Muscle Area, BF : Backfat thickness, MS : Marbling Score, MQS : Meat Quality Score, MWS : Meat Weight Score

Table 3. Comparison of meat quality trait according to mating method

		Total	1 ⁺⁺	1 ⁺	1	2	3	≥ 1 grade	2 grade $\leq$
EOP	No.	198	16	54	56	67	5	70	72
EOP	Frequency		8.08	27.27	28.28	33.84	2.53	35.35	36.37
EII	No.	4,332	785	1,370	1,279	847	51	2,155	898
EII	Frequency		18.12	31.63	29.52	19.55	1.18	49.75	20.73
Total	No.	4,530	801	1,424	1,335	914	56	2,225	970
Total	Frequency	100	17.68	31.43	29.47	20.18	1.24	49.11	21.42
EOP-EII		-10.04	-4.36	-1.24	14.29	1.35	-14.4	15.64	

EOP : Estimated Open pollination, EII : Estimated Intrauterine insemination

연교배 19,481두를 제거하면 얼마의 손익을 취하는지를 구하기 위해 자연교배 제거 시 두수, 금액을 계산하였다. 그 결과 자연교배 제거 시 수취가격에서 1두당 778천원의 이익을 취할 수 있다고 확인되었다.

한우는 우수한 혈통의 가계로부터 생산된 보증씨수소의 정액(KPN)을 인공수정하고 그 소를 사육하는 농장주의 사양 관리 기술과 사육환경이 함께 어우러질 때 최고품질의 쇠고기를 만들 수 있다. 본 연구 결과를 토대로 자연교배 추정 개체 제거 시 1두당 사육월령 단축에 따른 생산비에서 212천원 이익을, 육질등급향상에 따른 수취가격에서 778천원의 이익을 취해 1두당 총 990천원의 경제적 이익을 취할 수 있는 것으로 나타났으며, 출하우의 등급에 따라 농가 순수익 차이가 최대 4,373천원으로 확인되었다(통계청, 2014). 추후 유전자분석을 통하여 정확한 아비정보를 이용하는 예측모델(Molecular Prediction) 방법을 개발하고 제시하여 자연교배 추정 개체 선별 및 정확한 KPN정보를 확인하고 형질별 표준화 육종가에 따라 사양관리를 달리하는 방법으로 농가 생산성을 높이는 것이 필요할 것으로 사료된다.

Table 4. Comparison of Meat yield trait according to mating method

		Total	A	B	C
EOP	No.	198	43	90	65
EOP	Frequency		21.72	45.45	32.83
EII	No.	4,332	1,066	1,985	1,281
EII	Frequency		24.61	45.82	29.57
Total	No.	4,530	1,109	2,075	1,346
Total	Frequency	100	24.48	45.81	29.71
EOP-EII		-2.89	-0.37	3.26	

EOP : Estimated Open pollination, EII : Estimated Intrauterine insemination

Table 5. Cost of production in beef cattle (Statistics Korea, 2015)

Month	Cost of production	Purchase cost	Breeding Cost	Cost of Production at 1 month	Cost of Production at 1.45 month
31	6,868,000	2,332,000	4,536,000	146,000	212,000

Table 6. Analysis of profit and loss price according to exception open pollination

Grade rating result(2015)				EOPR(B)	EOPR-AR (B-A)	*CEOPI	Remove estimated open pollination		
No.	AR(A)	Bid Price	Price Difference				**Count	*** Cost (1000 won)	****each cost (1000 won)
1 ⁺⁺	73,251	16.43	18,956	8.08	-8.35	1,574	131.5	79,339	
1 ⁺	168,750	37.85	17,536	1,420	27.27	-10.58	5,312	344,851	
1	135,259	30.34	16,093	1,443	28.28	-2.06	5,509	71,788	
2	64,164	14.39	14,606	1,487	33.84	19.45	6,592	1,128,913	
3	4,044	0.91	12,534	2,072	2.53	1.62	493	-	
Total	445,468	-	-	-	-	19,481	2,089	1,624,892	778

AR : Appearance ratio, EOPR : Estimated open pollination ratio

* Conversion of estimated open pollination individual (CEOPI) : 19,481[Appearance ratio (445,468) * : Estimated open pollination ratio (4.37/100)] * : Grade of estimated open pollination ratio

** remove estimated open pollination(REOP) : Absolute value[Conversion of estimated open pollination individual * [(Estimated open pollination ratio - Appearance ratio)/100]]

*** Price of remove estimated open pollination : ** remove estimated open pollination * means of carcass(425kg) * Price difference

**** Cost of each at remove estimated open pollination(CEREOP) : Price of remove estimated open pollination / remove estimated open pollination

Conclusion

본 연구는 아버지의 보증씨수소(KPN) 유전자정보가 없는 자연교배로 추정되는 개체를 확인하고 경제형질과의 연관성을 분석하였다. 분석된 MS marker의 대립 유전자정보를 보증씨수소 정보와 비교하여 아버지의 친자여부가 확인되지 않은 개체를 자연교배로 추정하였고 자연교배로 추정되는 개체는 4.37%로 나타났으며, 2등급이하 시료에서 자연교배 추정 개체의 비율이 높았다. 경제형질 분석에서는 자연교배 추정 개체가 인공수정 개체에 비해 사육기간이 길고(1.45개월) 도체중량이 적으며(9kg), 배최장근단면적이 작고(3.85cm²), 근내지방도가 적게(0.8) 나타났다. 육질등급에서 또한 유의적으로 낮은 값을 나타내며, 자연교배로 추정되는 개체의 경제적 손실이 더 큰 것으로 나타났다. 결과를 토대로 자연교배 추정 개체 제거 시 1두당 사육월령 단축에 따른 생산비에서 212천원 이득을, 육질등급향상에 따른 수취가격에서 778천원의 이득을 취해 1두당 총 990천원의 경제적 이득을 취할 수 있는 것으로 확인되었다.

References

- Kim BG, Yi JK, Jung DJ, Oh DY, Hwang EG. 2014. Effect of Beef Proven Bull on the Quality Characteristics of Castrated Hanwoo Meat by Correlation Analysis. *J. Agric. Life Sci*, 48(6): 169-180.
- Kim SH, Park YS, Kim TK. 2016. Effects of Roughage Choice on Meat Quality Grade of Hanwoo Steers. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*. 43(2): 328-345.
- Notification of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs . 2013. DNA Identity Test Method for Individual Identification of Cattle and Beef. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 53.
- Boleman SJ, SL Boleman, RK Miller, JF Taylor, HR Cross, TL Wheeler, M Koohmaraic, SD Shackelford, MF Miller, RL West, DD Johnsonm, and JW Savell. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *J. Anim. Sci*. 75: 1521-1524.
- Choi TJ, Kim SD, Salces AJ, Baik DH. 2006. Genetic Parameter Estimation on the Growth and Carcass Traits in Hanwoo (Korean cattle). *Kor. J. Anim. Sci. Technol*. 48(6): 759-766.
- Kim HS, Hwang JM, Choi TJ, Park BH, Cho KH, Park CJ and Kim SD. 2010. Research on the reformation of the selection index for Hanwoo proven Bull. *J. Anim. Sci. & Technol*. 52(2): 83-90.
- Kong JS. 2008. An effects to calf auction price of cow improvement. MS. Thesis, Graduate school of argo livestock. kon-kuk University, seoul. Kor.
- Lee SH, Park BH, Sharma A, Dang CG, Lee SS, Choi TJ, Choy YH, Kim HC, Jeon KJ, Kim SD, Yeon SH, Park SB, Kang HS. 2014. Hanwoo cattle : orgin, domestication, breeding, strategies and genomic selection *J. Anim. Sci. & Technol.*, 56: 2.
- Park CJ, Park YI. 2002. Estimation of Genetic Correlation for the Genetic and Carcass Traits in Hanwoo. *Kor. J. Anim. Sci. Technol*. 44(6): 685-692.
- Thompson J. 2002. Managing meat tenderness. *Meat Sci*. 62: 295-308.