

## 도축우의 근출혈 유발 인자에 관한 연구

구경녀\* · 변병래 · 심항섭 · 이호승<sup>1</sup> · 김경숙<sup>1</sup> · 우종태<sup>1</sup>

경기도축산위생연구소, <sup>1</sup>남부지소

(접수 2009. 8. 22, 게재승인 2009. 9. 22)

## A study on the risk factors associated with blood splash in slaughtered cattle

Kyung-Nyer Ku\*, Byung-Lae Byun, Hang-Sub Shim,  
Ho-Seung Lee<sup>1</sup>, Kyung-Suk Kim<sup>1</sup>, Jong-Tae Woo<sup>1</sup>

Gyeonggido Veterinary Service

<sup>1</sup>Southern Branch of Gyeonggido Veterinary Service

(Received 22 August 2009, accepted in revised from 22 September 2009)

### Abstract

This study was conducted to analyse risk factors which can influence on blood splash in slaughtered cattle in D slaughterhouse located in Gyeonggi province in 2008. A total of 13,056 cattle were studied by several risk factors such as species, gender, body weight, meat grade, weather (temperature), transport distance, lairaging time, moving time, mixing cattle from different sources. As the result of analysis, the total mean of blood splash was 0.70% and the rate was highest (0.94%) in castrated Hanwoo. The heavier body weight, the higher blood splash rate. The farms which have had more than one experience of blood splash tend to have high grade in meat quality. As a weather factor, the rate in summer season was lower than in winter season. It increased as transport distance getting longer and decreased when the lairaging time was 2~5 hours. We could know many risk factors strongly related with the occurrence of blood splash from this study.

**Key word** : Blood splash, Slaughtered cattle, Risk factors, Ecchymosis

### 서 론

근출혈은 혈액 내에 있어야 할 적혈구가 혈관 주변 근육 내로 흘러나와 나타나는 현상으로 주로 모세혈관의 파괴나 선천적 기형에 의해 일어나며 근육 내에 점점이 박힌 지름 1~3mm (1cm 이하)의 검붉은 점으로 관찰된다. 현재 국내의 근출혈 발생상황을 보면 지역, 도축장별 차이가 있으나 약 0.7~3.5% 정도의 도축우에서 관찰되는 것으로 알려졌다(박, 2007a,

2007b). 근출혈이 발생할 때 지육의 질적 하자요인이 되며 심한 경우 폐기사유가 되므로 그 경제적 손실이 매우 크다. 1996년 캐나다와 미국의 조사 자료를 보면 근출혈로 인한 손실액을 도축 두수 당 손실로 환산했을 때 그 손실액이 약 2.87~4.03달러에 달했다(Belk 등, 2002).

비정상적으로 높은 혈압의 유발에 의한 모세혈관의 파괴가 근출혈을 유발하는 것으로 추측되며 많은 학자들이 도축 전 스트레스나 도축 중 전신적 혹은 국소적 혈압상승을 그 원인으로 꼽고 있다. 실제로 근출혈의 발생을 보면 출하 전 염분 급여, stunning에서 stic-

\* Corresponding author: Kyung-nyer Ku, Tel. +82-31-8008-6316,  
Fax. +82-31-8008-6249, E-mail. faceoil@gg.go.kr

king까지의 시간 지연, double stunning에 의한 가축의 흥분 등 전신 혈압 상승, 혹은 stunning 후 knocking box에서 동물이 빠져나간 후 국소부위의 바닥 접촉에 의한 압력 상승, 박피기의 미숙한 사용에 의한 국소적 혈관 내 압력 상승, 운송 및 계류 중 여러 농장 소들의 혼사, 제각 여부, 계류시간 등 스트레스 증가요인이 있는 경우 발생이 증가하는 것으로 알려져 있다. 근출혈의 발생 원인에 대해서는 현재도 많은 조사가 이루어지고 있다. 학자들은 그 원인이 한 가지가 아니라 사육에서 도축, 지육처리과정 전체에 걸친 여러 원인에 의해 발생할 수 있다고 보고 있으며, 도축 전 생축관리, 도축 중·후 지육 관리가 근출혈 발생에 각각 동일한 비율로 관여한다고 보고 있다(Amstrong 등, 1998; Belk 등, 2002).

우리는 이번 연구를 통해 근출혈 및 이와 관련된 위험요소에 대해 다각적으로 분석하고자 경기도에 위치한 D 도축장에 출하되는 소들을 대상으로 2008년 1~12월에 걸쳐 이루어 졌다.

## 재료 및 방법

근출혈에 대한 분석을 위해 D 도축장의 2008년 도축우를 축종, 성별로 조사하였으며 도축두수 대비 발생률을 분석하였다. 육질 및 육량 등급과 근출혈 발생의

상관관계 조사를 위해 도축장으로부터 등급자료를 제공받은 12,981두에 대한 등급을 분석하였으며, 생체량과 근출혈 발생의 상관관계 분석을 위해 전체 도축우와 근출혈 발생축의 생체량 분포도를 비교, 분석하였다. 날씨에 따른 차이 분석을 위해 하절기와 동절기로 나누어 조사하고, 이동거리에 따른 발생률 분석을 위해 출하지역별 발생 두수를 분석하였다. 이동 차량에서 여러 농장 소들의 혼사 여부에 따른 근출혈 발생률의 차이를 분석하고, 이동 및 계류시 관리가 근출혈 발생에 미치는 영향을 알기 위해 이동시 밝기, 혼사여부, 계류시간의 차이에 따른 근출혈 발생을 분석하였다.

## 결 과

### 도축두수 및 성별 근출혈 발생

2008년 D 도축장의 소 도축두수는 총 13,056두로 이중 한우가 13,016두(99.7%), 육우가 40두(0.4%)로 대부분이 한우였고, 그 중 한우 암소가 2,787두(21.3%), 수소가 1,061(8.1%), 거세가 9,168두(70.2%)로 거세의 비율이 높았다. 총 92두(0.70%)의 소에서 근출혈이 발생하였으며 이는 모두 한우로 암, 수, 거세가 각각 5두(0.18%), 1두(0.09%), 86두(0.94%) 발생하여 거세에서 발생률이 암, 수소에 비해 높은 것으로 나타났다 ( $P < 0.001$ )(Table 1).

Table 1. Blood splash rate of slaughtered cattle by species and gender

	Hanwoo*				Holstein	Total
	Female	Male	Castrated	Sub-total		
Slaughtered cattle	2,787	1,061	9,168	13,016	40	13,056
Blood splash	5	1	86	92	-	92
Rate (%)	0.18	0.09	0.94	0.71	0.00	0.70

\*Blood splash rate of bullock and bull in Hanwoo were 0.94 and 0.16%, respectively

Table 2. Number of blood splash by body weight (kg)

	< Mean body weight	≥ Mean body weight	Total
Slaughtered cattle	6,933	6,123	13,056
Blood splash	27	65	92
Rate (%)	0.39	1.06	0.70

Table 3. Comparison of blood splash according to body weight

Body weight (kg)	< 500	500-599	600-699	700-799	≥ 800	Total
Slaughtered cattle	456	2,647	5,457	4,028	468	13,056
Blood splash	0	7	38	42	5	92
Rate (%)	0.00	0.26	0.70	1.04	1.07	0.70

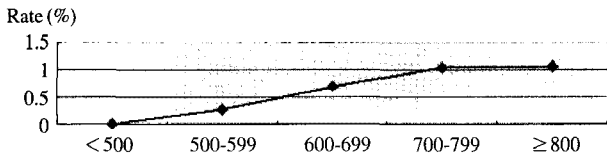


Fig. 1. Comparison of blood splash according to body weight (kg)

**생체량, 등급과 근출혈 발생**

2008년 D 도축장에 출하된 소들의 평균 생체량은 660.75kg이었으며 전체 13,056두 중 6,933두가 평균생체량 미만, 6,123두가 평균생체량 이상이었다. 근출혈 발생우의 경우 전체 92두 중 27두(근출혈 발생률 0.39%)가 평균생체량 미만, 65두(근출혈 발생률 1.06%)가 평균생체량 이상으로 근출혈이 발생한 소들은 비육상태가 비교적 양호했음을 알 수 있다 ( $P < 0.001$ )(Table 2). 또한 체중대별 근출혈 발생률을 보면 체중이 증가할 수록 근출혈 발생이 증가하는 경향을 보인 것을 확인할 수 있다( $P < 0.001$ )(Table 3, Fig. 1).

육질 등급에 있어서도 높은 등급을 받은 지육군에서 상대적으로 근출혈 발생이 높은 것으로 나타났다. 근출혈 발생우 92두 중 77.2%인 71두가 1등급으로, 전체 두수(12,981두) 대비 1등급 발현율 69.87%보다 7.33% 높았다( $P < 0.001$ ).

분석 결과 1회 이상 근출혈이 발생한 농가는 총 74 농가였으며 이들 농가에 출하한 모든 소 3,460두의 등급을 분석한 결과 1등급 2,673두(77.25%), 2등급 722두(20.87%), 3등급 65두(1.88%)로 전체 도축두수 대비 1등급 발현율 보다 6.45% 높았다. 또한 2두이상 근출혈이 발생한 농가 소들의 1등급 발현율은 76.32%, 2회 이상 발생농가의 경우 76.21%로 1회 이상 근출혈이 발생한 농가들의 1등급 발현율은 전체 평균보다 6.34~7.38% 높은 것으로 나타났다( $P < 0.001$ )(Table 4).

**날씨에 따른 근출혈 발생**

기온에 따른 근출혈 발생률 분석을 위해 2008년 월 평균 기온(기상청 자료 기준경기도 이천시 2008년 월 평균기온)이 20°C이상이었던 6~9월을 하절기, 0°C이

Table 4. Comparison of blood splash rate and meat quality grade

		Grade of meat quality						Total
		1		2	3	Sub-total	Total	
		1++	1+	1	2			
A	No.	2,424	2,899	3,747	9,070	2,686	1,225	12,981
	Rate (%)	18.67	22.33	28.87	69.87	20.69	9.44	100.00
B	No.	12	26	33	71	20	1	92
	Rate (%)	13.04	28.26	35.87	77.17	21.74	1.09	100.00
C	No.	695	872	1,106	2,673	722	65	3,460
	Rate (%)	20.09	25.20	31.97	77.25	20.87	1.88	100.00
D	No.	181	276	352	809	235	16	1,060
	Rate (%)	17.08	26.04	33.21	76.32	22.17	1.51	100.00
E	No.	150	239	306	695	202	15	912
	Rate (%)	16.45	26.21	33.55	76.21	22.15	1.64	100.00
No. and rate of blood splash	a	12	26	33	71	20	1	92
	b	0.50	0.90	0.88	0.78	0.74	0.08	0.71
	c	0.49	0.89	0.88	0.78	0.74	0.08	0.70

\*A; Number and rate of each grade, B; Number of blood splash occurrence carcass on each grade, C; Number and rate of carcasses shipped by the farms which blood splash occurred more than one time, D; Number and rate of carcasses shipped by the farms which occurred blood splash more than two cows, E; Number and rate of carcasses shipped by the farms which blood splash occurred more than two times, a; Number of blood splash occurrence Carcass of each grade, b;  $a \times (\text{Carcass number of Blood splash occurrence} / \text{Total carcass No. of each grade}) \times 100$ , c;  $b \times (13,056 / 12,981)$

Table 5. Comparison of blood splash rate and season

	Summer season					Winter season			
	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Total	Dec.	Jan.	Feb.	Total
Slaughtered cattle	978	942	1,311	1,179	4,410	1,270	1,718	416	3,404
Blood splash	5	2	9	5	21	8	17	4	29
Rate (%)	0.51	0.21	0.69	0.42	0.48	0.63	0.99	0.96	0.85

**Table 6.** Blood splash rate by shipping distance

	Province					City of Gyeonggido				
	GG*	KW	CC	GS	JL	JJ	AS	IC	YP	PC
Slaughtered cattle	6,417	161	2,060	1,730	2,542	146	4,492	211	1,168	56
Blood splash	46	1	10	14	21	0	30	1	13	2
Rate (%)	0.72	0.62	0.49	0.81	0.83	0.00	0.67	0.47	1.11	3.57

\*GG; Gyeonggi, KW; Kangwon, CC; Chungcheong, GS; Gyungsang, JL; Jeonla, JJ; Jeju, AS; Ansong, IC; Icheon, YP; Yangpyeong, PC; Pocheon

**Table 7.** Blood splash occurrence according to lairaging time, moving time, mixing cattle from difference sources

	Lairaging time (Hour)				Shipping		Mixing		Total
	<2	2-5	5-10	≥10	Day	Night	Y	N	
Slaughtered cattle	5,733	3,133	468	3,722	11,027	2,029	2,521	10,535	13,056
Blood splash	40	14	5	33	80	12	16	76	92
Rate (%)	0.70	0.45	1.07	0.89	0.73	0.59	0.63	0.72	0.70

하였던 1·2월 및 12월을 동절기로 분류하여 두 시기의 근출혈 발생률을 비교·분석하였다.

하절기의 경우 근출혈 발생률이 도축우 4,410두 중 21두로 0.48%였으며 동절기에는 3,404두 도축 중 29두 발생으로 0.85%로 하절기에 비해 동절기에 근출혈 발생률이 높은 것으로 나타났다( $P < 0.05$ )(Table 5).

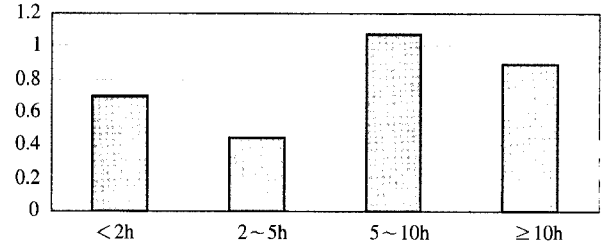
**이동거리 및 출하지역에 따른 근출혈 발생**

지역에 따른 근출혈 발생률 조사를 위해 출하농가가 위치한 지역에 따라 경기, 강원, 충청, 경상, 전라, 제주로 나누고 지역별 출하두수 및 근출혈 발생률을 조사한 결과 전라도(0.83%) > 경상도(0.81%) > 경기도(0.72%) > 강원도(0.62%) > 충청도(0.49%) > 제주도(0.00%)의 순으로 근출혈이 발생하였으나 도별 근출혈 발생률 차이는 유의성이 없는 것으로 분석되었다( $P > 0.1$ ). 그러나 경기도내 지역 중 출하두수가 많은 안성, 이천, 양평, 포천 4개 지역의 출하두수 대비 근출혈 발생률을 비교 분석한 결과 안성지역 0.67%, 이천 0.47%, 양평 1.11%, 포천 3.57%로 지역-도축장간 거리가 먼 양평, 포천에서의 근출혈 발생률이 상대적으로 높은 것으로 나타났다( $P < 0.001$ )(Table 6).

**이동시 밝기 및 혼사여부, 계류시간에 따른 근출혈 발생**

이동 및 계류환경에 따른 근출혈 발생비율을 조사하기 위해 전체 도축우와 근출혈 발생축의 비교분석을 수행했다. 이동시 낮, 밤 여부는 소 입고시간을 기준으로 하여 5월~10월은 6~20시, 11월~4월은 7~17시를 낮으로 하고, 그 외 시간은 밤으로 보았다. 계류시간

Rate (%)



**Fig. 2.** Lairaging time and blood splash occurrence.

은 도축시간과 입고시간의 차를 계산하여 2시간 미만, 2시간이상~5시간 미만, 5시간 이상~10시간 미만, 10시간 이상으로 나누어 분석하였다.

낮·밤 이동에 따른 근출혈 발생률은 낮이 0.73% (80/11,027), 밤이 0.59%(12/2,029)로 밤에 이동한 개체에서 0.14% 낮았으나 통계학적 유의성은 없는 것으로 분석되었다. 계류시간에 따른 근출혈 발생률을 분석한 결과 계류시간이 2~5시간인 경우 근출혈 발생률이 0.45%로, 그 이상·이하인 경우(2시간 미만 0.70%, 5시간 이상~10시간 미만 1.07%, 10시간 이상 0.89%)에 비해 근출혈 발생률이 낮은 것으로 분석되었다( $P < 0.01$ )(Table 7, Fig. 2).

이동 중 혼사여부에 따른 근출혈 발생률 비교의 경우, 여러 농장의 소들을 혼합한 경우 0.63%, 같은 농장의 소들만을 한 차에 태운 경우 0.72%로 그 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 거세 수소와 같은 어린 소들의 경우 스트레스에 대한 민감도가 높을 것이라는 가정하에 거세우를 따로 선별하여 조사하였으며, 그 결과 거세우 9,177두 중 여러 농장의 소들을 섞어서 운

반한 1,072두의 근출혈 발생률은 1.31%, 같은 농장의 소들끼리 운반된 소 8,105두는 0.89%로 이동 중 혼사를 한 소들이 그렇지 않은 소들에 비해 근출혈 발생률이 0.42% 높은 것으로 나타났으나 이 또한 통계학적인 유의성은 없는 것으로 분석되었다(Table 7).

## 고 찰

2008년 D 도축장 도축우를 대상으로 한 근출혈 발생 분석 결과 0.70%에서 근출혈이 관찰되었다. 이는 2006년 다른 도축장에서 관찰된 2.04%에 비해 낮은 수치였으나, 한우만을 비교해 보았을 때 그 비율이 각각 0.71%, 0.83%로 축종별로 근출혈 비율에 차이가 있을 가능성을 시사한다(박범영, 2007a). 금회 분석을 실시한 D 도축장의 경우 대부분 한우만을 도축해 축종별 비교가 불가능하였으나 차후 분석 범위를 넓혀 축종에 따른 근출혈의 차이를 분석하고자 하는 노력이 필요할 것으로 보인다.

또한 이번 연구를 통해서 사육에서 도축에 걸친 다양한 스트레스가 근출혈 발생에 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 거세우에서 근출혈 발생률이 0.94%로 암소의 0.18%보다 높게 발생한 것은 상대적으로 어린 소가 스트레스에 대한 저항력이 약해 근출혈이 다발함을 나타내는 지표라 할 수 있다. 또한 근출혈이 발생한 소들이 다른 소들에 비해 등급이 높은 것으로 보아 등급을 높이기 위한 사양관리가 운동 억제, 농후사료 과급 등을 위주로 이루어져, 소의 스트레스 저항력을 줄이고 근골격계, 혈관계의 발달을 저해하기 때문인 것으로 보인다. 그 외에도 계류시간, 이동 중 여러 요인 등에 따른 근출혈 발생의 차이 등이 동물 사육에서 도축, 가공의 전 단계에 걸친 다양한 스트레스 유발 요인 및, 이들 요인에 의해 발생한 스트레스를 도축 전 충분한 계류 등을 통해 완화시켜주지 못할 경우 일어날 수 있는 지육이상을 시사한다.

이동거리별 근출혈 발생에 있어 도별 근출혈 발생률의 차이는 유의성이 인정되지 않아 자칫 이동거리와 근출혈 발생률 간에 큰 관계가 없는 것으로 분석될 수도 있으나, 경기지역을 세분하여 분석한 결과 도축장에서 이동 거리가 먼 양평, 포천 출하우들의 근출혈 발생률이 경기도 평균을 훨씬 상회하는 것으로 분석되어 경기도 내에서 이동 거리와 근출혈 발생 사이에는 밀접한 연관이 있는 것으로 분석되었다. 이와 같이 도별

분석 결과와 경기도 내 시별 분석 결과가 일치하지 않은 이유는 도별 분석에서의 단위가 너무 광범위했기 때문으로 보인다. 실제 D 도축장이 경기도 내에 있긴 하나 양평, 포천 등 경기 북부 지역의 경우 충청도, 강원도의 일부 시보다 이동거리가 오히려 길어, 분석 시 경기도로 표기됨에도 불구하고 실제로는 강원도, 충청도보다 거리가 멀어 데이터 분석 상에 오류가 생기게 된다. 이러한 오류를 막기 위해서는 시 단위 이하로 데이터를 세분하여 분석해야 할 것으로 보인다. 또한 도로의 종류, 지역간 직선거리가 아닌 도로상 이동거리, 도로 내 이동 차량 수 등 결과에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인에 대한 복합적인 분석이 필요할 것으로 보인다.

이동시간대별 근출혈 발생에 있어서 낮에 이동한 소들이 밤에 이동한 소들보다 근출혈 발생이 높았는데 밤에 이동시 도로를 이용하는 차량이 상대적으로 적어 정속도 운행이 가능하여 갑작스런 차선 변경이나 속도 변경이 낮 운송에 비해 상대적으로 적어 이러한 결과가 나온 것으로 보인다. 그러나 정확한 원인 분석을 위해서는 이동 경로 및 도로 상태, 낮 이동 중 신호등, 교통정체 등에 의한 이동축 스트레스 등에 대한 추가 분석이 필요할 것으로 보인다.

축산물 생산, 유통과정에서 지육의 잘못된 처리에 의한 손실은 우리의 예상을 훨씬 상회한다. Lambert (1991)는 미국 축산업계의 잘못된 경영, 취급 등에 의해 매년 120억 달러 수준의 손실이 발생하고 있으며 이 중 50억 달러의 손실은 지육의 잘못된 처리에 의한 것이라고 했다(Belk 등, 2002). 사양관리, 출하 전 절식 여부, 가축의 수송 중 운전자의 운전습관, 수송시간, 가축의 상·하차, 도축 전 계류시간, 도축공정 등 지육의 품질에 영향을 미치는 요인은 다양하다. 농장에서 소비자에 이르기까지 수십 가지에 이르는 절차 중 어느 한 가지라도 잘못될 경우 지육의 품질에 큰 손실을 유발할 수 있다(Grandin과 Falepau 1995; Grandin, 1995; Mulley, 1999).

미국, 캐나다, 오스트레일리아 등 축산 선진국의 경우 지육 처리과정에서의 실수에 의한 지육의 질적 저하가 축산업계의 손실에 미치는 영향이 심각함을 알고 1950년대 이전부터 근출혈 등 이에 대한 연구를 꾸준히 해 오고 있다. 그에 비해 우리나라의 경우 축산물의 질에 대한 관심은 최근어야 시작되었다고 할 수 있으며, 관련 연구 자료 또한 뒤쳐지는 것이 현실이다. 그러나 현재 소비자들의 고급축산물에 대한 요구 및 관심

은 빠른 속도로 증가하고 있으며 이에 따라 생산자 단체 및 연구소, 국가기관의 고급 축산물 생산을 위한 노력 또한 요구되는 때다.

우리는 2008년 D 도축장 출하축을 대상으로 한 근출혈 발생 연구를 통해 소 출하, 도축에 따른 다양한 스트레스 요인들이 지육 품질 저하의 큰 원인이 되고 있음을 분석했다. 앞으로도 근출혈 및 기타 지육 이상에 대한 지속적인 연구를 통해 그 원인을 다각적으로 분석하고 실제 축산물 생산 업계에 접목하여 축산물 품질향상을 이루고자 하는 노력이 지속되어야 할 것이다.

## 결 론

도축우 근출혈에 영향을 미치는 여러 요인들을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 전체 근출혈 발생률은 0.70%(92두/13056두)였으며, 한우 거세의 근출혈 발생률이 0.94%로, 수소(0.09%)나 암소(0.18%)에 비해 높았다( $P < 0.0001$ ).
2. 체중과 근출혈 발생은 정관계를 가지며, 근출혈 발생우는 등급이 높은 경향이 있고( $P < 0.001$ ), 근출혈이 1회 이상 발생한 농가 출하우들의 1등급 발현률은 전체 출하우들의 발현률에 비해 6~7% 높은 경향이 있었다( $P < 0.001$ ).
3. 하절기의 근출혈 발생률(0.48%)이 동절기(0.85%)에 비해 낮으며( $P < 0.05$ ), 도축전 이동거리가 길 경우 근출혈 발생률이 높은 경향이 있었다( $P < 0.001$ ).

4. 도축 전 계류시간이 2시간 이상~5시간 미만인 경우(0.45%) 근출혈 발생률이 낮았다( $P < 0.01$ ).

## 참 고 문 헌

- 박범영. 2007a. 비육우 출하관리 및 이상육 발생원인(1). 월간중축계량 7: 43-47.
- 박범영. 2007b. 비육우 출하관리 및 이상육 발생원인(2). 월간중축계량 8: 43-51.
- Amstrong SL, Robinson JAB, Hayes WR. 1998. Tracking and reducing cattle and carcass bruising through the use of management improvement tools. Final Report to the Canadian Cattlemen's Association. pp. 1-14. Beef Improvement Ontario; Centre for Genetic Improvement of Livestock, University of Guelph; and Better Beef Limited, Guelph, Ontario, Canada.
- Belk KE, Scanga JA, Smith GC, Grandin T. 2002. The relationship between good handling/stunning and meat quality in beef, pork, and lamb. Presented at the American Meat Institute Foundation, Animal Handling And Stunning Conference. Meat Science Program, Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins.
- Grandin T. 1995. Problems with bruises and dark cutters in steers and heifers. In: Final Report of the National Beef Quality Audit-1995. Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins.
- Lambert C. 1991. Lost opportunities in beef production. Proc. International Livestock Symposium (Houston, Texas). *Beef Cattle Science Handbook* 25: 8-17.
- Mulley R. 1999. Ecchymosis-What causes it. RIRDC final research report.