

국내 도축공정에서 예냉감량을 경감시키는 연구의 필요성

Needs of the Resarch on the Reduction in Beef and Pork Carcass Cooler-Shrinkages in Korean Abattoirs

고 경 철

Kyung Chul Koh

(주)한국육류연구소

Korean Meat Resareh Institute

I. 국내 도축장 예냉현황

1. 소도체의 예냉

우리나라에서 한우산업의 경쟁력을 높이기 위하여 한우고기 고급육생산 및 유통정책을 1989년 수립한 이후 1992년 7월부터 등급판정을 시범사업의 형태로 시작하였고, 1993년 6월에 축산법 개정(법률제 4557호, 6. 11.)으로 축산물의 등급판정이 법적 근기를 갖게 되었다. 1999. 10. 1.부로 소 냉도체 등급판정을 전면시행하게 됨에 따라, 전국의 모든 소도체의 등심부위의 내부온도가 5℃ 이하가 되도록 예냉 처리 후 등급판정을 실시하게 되었다 (「축산법」 시행규칙 제 43조).

소도체 등급판정부위의 심부온도를 5℃ 이하로 규정하게 된 주된 이유는, 품질이 향상된 국내산 한우고기의 냉장유통을 촉진시켜 수입축산물에 대한 경쟁력을 높이는 데 있었다. 유통단계 전체과정에서

위생적으로 장기간 냉장상태로 유통하기 위해서는 도축장에서 도체(지육)을 냉장온도(5℃ 이하)로 예냉시킨 후 출고시켜야 한다는 것은 지금은 일반적인 상식이 되었지만, 등급판정 초창기에는 불필요한 규제로 치부되어 식육업계의 저항을 많이 받았다. 냉장온도로 5℃ 이하가 정의되었던 학술적 근거는 5℃ 이하의 온도에서는 보편적인 식중독균의 성장이 억제(Judge et al., 1989)되기 때문임에도 불구하고, 우리나라 산업계에서는 5℃ 이하의 냉장유통이 국민 보건위생에서 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지 인식하지 못하는 경우가 여전히 가끔 있다.

생축이 도축된 후 도축장의 예냉실에서 5℃ 이하로 예냉되는 과정과 근육이 식육으로 전환되는 과정이 겹치기 때문에, 선진외국에서는 이 예냉과정을 식육의 품질관리 공정에서 매우 중요한 공정으로 간주하고 이미 1960년대부터 많은 연구를 해 왔다(Locker and Hagyard, 1963; Bendall, 1973). 예냉 과정에서 일어나는 두 가지 큰 사건으로 수분증발에 의한 지

*Corresponding author: Kyung Chul Koh
Korean Meat Resareh Institute,
973-6 Dang-dong, Gunpo-si, 435-010, Korea
Tel: +82-31-399-3219
Fax: +82-31-399-3217
E-mail: kckoh3217@korea.com

육 중량감소(예냉감량)와 사후장직 및 육색 변화 등으로 인한 고기 품질 저하를 들 수 있는데, 국내에서도 품질저하에 대한 연구는 간헐적으로 해왔다(소: Kim, 1994; Kim et al., 1994; Moon et al., 2006/ 돼지: Joo et al., 1994; Hwang et al., 2004).

그러나 한우 사육농가가 공들여 키워 출하한 한우가 경제 화폐로 전환되는 수단인 도축공정에 대한 연구가 그동안 미미하였고, 특히 농가 수취가격에 직접 영향을 주는 소도체의 예냉 감량에 관한 연구는 Baek (2000)의 논문을 제외하고는 찾기가 쉽지 않다. Baek (2000)은 국내 소 도축장 36개소(173두 조사: 암소 103두, 수소 67두, 거세우 3두)에서 1999년 11월에 예냉 1일 후의 소도체 예냉감량을 조사하였는데 평균 예냉감량은 $1.67 \pm 0.86\%$ 이었는데, 성별 예냉감량은 암소가 $1.79 \pm 0.92\%$ 이었으며, 수소는 $1.48 \pm 0.76\%$ 그리고 거세우는 $1.54 \pm 0.49\%$ 이었다고 하였다. 그리고 사후 1시간째와 6시간째의 우둔부위 심부온도가 낮을수록 예냉감량이 낮았다고 보고하였다. 이런 국내 상황에 반하여, 선진국에서는 생산자와 도축업체의 경영효율 증진을 위하여 도체의 예냉감량 경감, 품질향상, 안전성 확보, 냉장 유통시스템 구축 및 에너지절감 등에 대하여 계속하여 집중적인 연구를 수행해 왔다.

2. 돼지도체의 예냉

돼지의 경우에도 소와 마찬가지로 1992년 7월부터 등급판정 시범사업을 거쳐 1995년 본사업을 해왔지만, 돼지를 도축 즉시 지육을 예냉을 하지 않고 따뜻한 온도체상태에서 등급판정하자마자 온도체로 반출하는 경우가 태반이었다. 온도체로 반출하는 경우 도축 후 즉시 지육을 예냉한 경우보다 수분증발에 의한 중량감소(감량)가 더 많이 발생한다는 것을 식육업계에 설명하기 위한 실제자료를 만들기 위하여, Joo et al. (1994)은 온도체 반출상태를 시뮬레이션하기 위해 도축 후 예냉실 입고 전에 20℃ 내외에서 3시간 방치하다가 예냉실에 입고하였다. 20℃에서 3시간 방치한 다음 예냉을 완료한 돼지도체의 감량은 4.62%이었는데 반하여, 도축후 예냉실에 즉시 입고하여 예냉한 도체의 감량은 3.25%이었다고 보고하였다.

축산물 생산·가공·판매의 일괄 유통체계를 확립하여 유통단계를 축소하고 유통비용을 절감하고 위생적이며 안전한 축산물을 소비자에 공급하고자 1994년부터 건설되어온 축산물종합처리장(LPC)에서는 도축물량 전체에 대하여는 아니지만 상당수의 돼지도체를 도축후 즉시 예냉하고 익일 가공·포장하여 돼지고기를 유통시켜왔다. 한편 일반 식육포장처리업체로 반출되는 돼지 지육은 포장처리업체의 요청이 있는 경우에 도축당일 도축장에서 예냉을 한 다음 익일 새벽에 반출되어 왔었는데, 도축장에서 반출되는 돼지 도체의 온도에 대한 규정은 그동안 없었다. 그러나 최근(2015. 1. 6.)에 발효된 「축산물위생관리법」 시행규칙 별표12에 “도축장에서 반출되는 지육은 10℃ 이하로 냉각시켜야 하고”라고 규정됨으로써 국내에서 도축되는 돼지 도체 전량이, 소와 마찬가지로, 예냉 후 도축장에서 반출하게 되었다. 도축장에서의 돼지도체 예냉이 이제는 본격적으로 전면 실시되었으니, 돼지도체의 예냉감량을 경감시키기 위한 다각적인 연구가 본격화되어야 하겠다.

II. 외국에서의 도체 예냉감량 경감 연구 동향

1. 도축장 출고 온도 관리 규정

예냉온도에 대한 규정으로 유럽연합은 처음 제정(1993)할 때는 회원국 간 교역 시 적용하였으나 현재는 특별한 예외규정이 없는 한 모든 회원국의 도축생산물에 적용하도록 규정하고 있어서, 소와 양 도체는 도축 후 24시간 경과시 또는 예냉실 출고시에 도체 심부온도가 7℃ 이하이어야 하고 돼지도체는 4℃ 이하이어야 한다(EC, 2004). 미국에서는 예냉 후 도체표면 온도 4.4℃를 규정하고 있다(USDA-FSIS, 1996).

2. 도체 예냉시 발생하는 감량

소도체가 예냉과정에서 발생할 수 있는 저온단축을 피하기 위하여 도축후 10시간이 경과되기 전에는 도체의 어느 한 부분이라도 10℃ 이하로 내려가지 않도록 한다는 10-10 규칙(Bendall, 1973)을 준수하거나, pH가 6.2 이하가 되기 전에는 소도체의 품온을

표 1. 양 도체의 12시간 간격 예냉감량(n=300; Smith and Carpenter, 1973)

사후 시간 간격	평균 감량 (%)	누진율 (%)
12시간	1.87	61.23
24시간	2.31	75.79
36시간	2.83	92.73
48시간	2.89	94.62
60시간	2.96	97.12
72시간	3.05	100.00

10℃ 이하로 내리지 말아야 한다(Savell et al., 2005). 이와 같은 완전한 관행적(conventional) 예냉 속도로는 소도체 우둔 심부온도가 7℃ 이하로 냉각되는 데에는 36시간 이상이 경과된다.

도체 예냉 과정에서 표면이 건조됨에 따라 중량은 계속 감소한다. Smith and Carpenter (1973)는 300두 양(lamb) 도체의 중량을 예냉실(2±1℃, 72±5%RH)에서 12시간 마다 측정된 결과, 예냉기간 72시간 중에 발생한 감량을 100으로 했을 때의 92%가 처음 36시간에 발생한다고 보고하였다.

별도 40두의 양도체를 비닐봉투로 씌운 상태에서 예냉을 실시하고 12시간후에 중량을 측정된 결과, 양도체의 중량은 1.76%의 감량을 보였는데, 비닐봉투에 고인 물의 양이 도체중의 1.65%를 차지하였으므로, 예냉 초기에 발생하는 감량의 대부분은 도체 세척시 도체에 묻은 물로 인한 것으로 보인다고 Smith and Carpenter (1973)는 보고하면서, 예냉감량 측정치의 39% 수준이 도체 조성분의 수분 증발에 의한 것이라고 하였다.

Leising and Tuma (1972)는 도체중 550 파운드의 소도체 예냉감량은 1.77%로서 도체중 750 파운드의 1.54%에 비하여 유의적으로 높았다고 보고하면서 소도체중이 예냉감량에 영향을 주었다고 보고하면서 등지방두께의 영향은 없었다고 하였다. 그러나 피복지방이 예냉과정에서의 저온단축을 경감시키는데 현격한 역할을 했다는 보고도 있다(소: Dolezal et al., 1982; 양: Smith et al., 1976). 한편 소도체를 예냉실에 입고하기 전에 면포(shroud)로 감싸주면 예냉감량이 경감되었다는 연구보고(Kastner, 1981)가 있는 후 미국에서는 소도체를 면포 처리하는 것이 보편화되어 있다.

3. 신속예냉 (Rapid chilling)

예냉공정은 도축장에서 비용이 가장 많이 드는 공정이다. 완만 예냉(Slow chilling)으로 인한 예냉실의 낮은 회전율(turn-over)과 높은 예냉감량은 도축장의 수익률을 높이기 위해서 반드시 개선되어야 할 문제점으로 오랫동안 부각되어왔다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 Gigiel et al. (1989b)은 실험실규모가 아닌 상업적 도축장에서 신속 예냉(rapid chilling)과 완만 예냉을 비교 시험하였다.

Gigiel et al. (1989b)의 연구보고서 내용이 소도체 예냉공정 및 예냉감량 발생 과정을 이해하는데 적합하다고 필자가 판단하여 그 내용을 상세하게 설명하고자 한다.

한편 유럽에서는 신속(rapid) 예냉(chillig)이 도입된 이유가 “도축후 24시간에 소와 양 도체는 7℃ 이하 그리고 돼지도체는 4℃ 이하로 냉각”될 것을 요구하는 EU 규정 때문이라고 Bowater (2001)는 언급하였는데, 소도체의 신속예냉은 저온단축으로 인한 질겨짐을 유발하기 때문에 소비자가 부정적인 반응을 보였다고 Joseph (1996)은 보고한 바있다. 그러나 Bowling et al. (1987)은 신속예냉을 함으로써 관행적 예냉보다 사후 24시간째의 예냉감량을 0.9%나 줄였고 더 높은 마블링스코어를 받았다고 보고하였다.

4. 급속냉각

저온단축을 피하기 위한 10-10규칙에 도전하는 새로운 연구가 보고되었었다. Davey and Garnett (1980)은 사후 4시간 내에 동결시킨 다음 -12℃에서 10일 이상을 냉동 보관하였더니 저온단축으로 인한 질겨짐(cold toughening) 현상이 보이지 않았었는데, 이는 냉동으로 인해 굳어진 표면이 저온단축을 저지하였을 것으로 해석하였다. Bowling et al. (1987)은 고내온도 -70℃에서 5시간 동안 신속하게 예냉(채끝부위 심부온도 -2℃~0℃)시킨 다음 16℃에서 4시간 동안 온도평형(equilibration)시켰던 소도체를 2℃에서 10일 동안 숙성시켰더니 대조구(고내온도 -7℃에서 24시간) 보다 근질길이가 약간 더 길었고 연도도 더 좋았다고 하였다. 이 연구보고들이 EU로 하여금 매우빠른예냉(Very Fast Chilling, VFC)에 대

완만예냉(시험1)은 저온단축을 피하기 위해 사후 초기에 10℃ 이상에서 지체하였고, 신속예냉(시험2)은 2단계로 진행했는데, 1단계(chill mode)에서는 높은 풍속으로 낮은 온도의 공기를 불어넣음으로써, 육즙손실과 예냉감량에 대한 가능성을 줄이고, EU 온도 규정을 준수하면서도 예냉시간을 단축하고자 하였고, 2단계(hold mode)에서는 온도 평형(temperature equilibration)을 허용하고자 예냉조건을 조금 완화시켰다고 하였다.

표 2. 비교시험에 사용된 예냉조건과 두수 및 입고소요시간 (Gigiel et al. 1989)

구분	시험1(완만 예냉)			시험2(신속 예냉)		
두수	194			148		
입고소요시간	0-3.5			0-4		
예냉조건	시간대 (h)	고내온도세팅(℃)	증발기 팬 속도	시간대 (h)	고내온도세팅(℃)	증발기 팬 속도
	0-11	10	High	0-1	0	Low
	11-15	0	High	1-15	-5	High
	>15	0	Low	>15	0	Low

그 결과, 시험1에서는 채끝의 온도가 사후 10시간 이내에 10℃ 이하로 내려가는 것을 성공적으로 막아내어 저온단축을 피해냈다(예냉실의 고내 온도는 마지막 도축순서의 도체가 입고된 뒤 8.5시간이 될 때까지도 10℃ 이하로 내려가지 않았으며, 채끝 부위 심부온도가 10℃ 이하로 내려가는 데에 사후 13-18시간이 걸렸음)고 하였다. 그러나 시험2에서는 첫번째 소도체가 입고된 지 9시간이 되지 않아서 고내 온도는 0℃ 이하로 내려갔으며 채끝부위 심부온도는 사후 8.5~10시간 경에 10℃ 이하로 내려갔으므로, 예냉실에 있는 대부분의 소도체에서 제법 많은 부위가 저온단축을 받았을 것이다.

저온단축을 피하기 위한 시험1에서 소도체는 예냉실에서 출고되는 사후 24시간에도 적절하게 냉각되지 않았는데, 우둔 심부온도는 14.5℃(110 kg 반도체)~21℃(191 kg 반도체)의 범위였고 얇은 부위인 채끝 심부온도는 3℃~6℃이었다. 28~32시간에 예냉실로부터 출고할 때에도 냉각이 충분히 되지 않아서, 소도체를 0℃로 냉각시키기 위해서는 더 많은 시간을 필요로 하다고 하였다. 반면에, 시험2에선 사후 24시간의 우둔 심부온도는 9.5℃(139 kg 반도체)~14.8℃(174 kg 반도체)이었고 등심심부온도는 0℃이었는데, 이 심부온도는 UK에 있는 대부분의 상업적 도축장을 출고하는 반도체들에서 당시 조사기록된 것들보다 더 낮았으므로, 시험2의 예냉조건은 UK 산업에 적용해볼 만하다고 Gigiel et al. (1989)은 언급하였다. 그러나 시험2의 조건도 EC 통상 규정(우둔 부위 심부온도가 해체발골 또는 수송하기 전에 7℃ 이하로 낮춰져야 한다)을 충족시키지 못하였는데, 이 규정을 준수하기 위해서는 시험1은 사후 36-58시간이 될 때까지 시험2는 사후 28-36시간이 소요될 것으로 예측하였다.

Gigiel et al. (1989b)의 연구에서의 두 번째 목표는 상업적 도축장에서의 운용/예냉 조건이 예냉감량에 미치는 영향을 조사하는 것이었는데, 시험1(완만예냉)과 시험2(신속예냉) 간에 24시간경과후의 예냉감량(1.4256% 대 1.3638%) 간에는 유의적 차이는 보이지 않았다. 그렇지만 운용조건을 면밀히 분석한 결과, 예냉감량에서 상당부분의 변이를 설명하는 운용 조건은 ①사(기절)후부터 온도체중 계근할 때까지의 경과시간과 ②소도체가 예냉의 첫 단계인 chill mode에 놓여 있던 시간이었다. 그 다음으로 중요한 것들은 ③도체중과 지방도(fatness), ④온도체중 계근 후 예냉실 입고하기까지 소요시간 그리고 ⑤전체 예냉시간이었다고 보고하였다.

온도체중을 계근하기 전까지 소도체에서 발생하는 감량은 통상 측정하지 않기 때문에 예냉감량의 계산에는 포함되지 않는다. 그러나 도축 직후 도체의 따뜻하며 축축한 표면으로부터 수분이 증발(감량)되는 속도는 빨라서, 온도체중 계근 전에 지체한 잠깐의 시간조차도 감량에 뚜렷한 영향을 미친다. 통상 영국의 양육가는 Meat and Livestock Commission(MLC)에 의해 관리되는 도체중 측정방법(a dead weight scheme)에 의거 수취가격을 정산받는데, 이 측정방법 중의 한 조건은 사(기절)후 1시간 내에 온도체중을 계근하여야 한다는 것이다. 이는 도살·해체하는 데에 소요되는 30분을 고려하면 도축완료 후 30분 이내에 온도체중을 계근해야한다는 것이다. Gigiel et al. (1989)의 이 연구결과에서는 온도체중을 계근하기 전까지 온도체에서 발생하는 감량이 도체중의 0.1%까지 될 수 있다고 보고있다.

Chill mode의 예냉실에 체류한 시간이 다양하였는데, 예냉실에 먼저 입고됨으로써 chill mode에서 가장 긴 시간(630-780분)을 보낸 소도체들이 오히려 뒤에 입고된 것들보다 훨씬 적은 감량을 보였다고 하였다. 이러한 효과들은 시험2에서 더 현저하였는데 Chill mode에서의 평균 지체시간을 최대치로 증가시키면 예냉감량 비율을 시험1과 시험2에서 각각 0.075%와 0.1% 만큼씩 축소할 수 있었다는 계산이 나왔다.

또한 반도체 중량이 가장 무거운 것과 가장 가벼운 도체들 간에 중량손실비율의 차이를 0.2% 정도로 설명했는데 이 차이는 신속히 냉각된 도체들에게서 현저하게 나타났다고 하였다. 도체중과 증발 손실 간의 관계는 ① 표면 대 부피 비율 ② 열이 전도되기 위해서 통과되어야 하는 고기의 두께, 그리고 ③ 도체중량과 강한 상관관계를 갖는 피복지방에 의해, 이론

적으로 설명된다고 하였다. 피복지방은 적육보다 훨씬 적은 수분을 갖고 있어서 피복지방 밑에 있는 적육으로부터 수분이 확산(diffusion) 되는 것을 효과적으로 방해함으로써 예냉감량을 억제할 수 있다고 하였다.

온도체중 계근 후 예냉실에 입고할 때까지 복도(hanging hall)에서 지체한 시간은 두 시험 간에 서로 다른 영향을 미쳤는데, 시험1에서의 입고 지체(평균온도 $13.5 \pm 2^\circ\text{C}$, $89 \pm 3\%$ RH, 0.5~2.5시간)는 예냉감량을 약간 증가시켰지만, 시험2에서 지체(평균온도 $10 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, 0.5~3.2시간)된 소도체는 반대로 예냉감량이 지체 50분마다 0.35% 줄었다. 예냉 전체 시간이 중량감소에 미치는 효과도 시험1과 2간에 차이가 있었다. 시험1에서는 예냉시간을 증가시키면 중량손실이 시간당 0.04%씩 증가되었는데 이는 표면으로부터의 substantial mass transfer가 최종 중량을 측정하는 순간(24시간)에도 계속해서 일어나고 있었기 때문이라고 하였다. 냉각이 완결되지 않았기 때문에 도체표면과 공기 간의 온도차이가 여전히 증발에 대한 추진력으로 여전히 작동하고 있었다는 것이다. 그러나 시험2에서 예냉시간을 늘리는 것은 중량손실에 유의적 영향을 보이지 않았는데, 시험2에서 24시간 경과후에 도체의 표면 온도는 공기온도에 매우 근접해 있어서 어느 정도의 표면 건조는 일어났겠지만 수분활성이 감소되었고 그 결과 증발에 대한 추진력이 매우 작았기 때문에 이 시점에서의 중량손실은 매우 작았을 것이어서, 시험2에서의 전체 예냉시간이 중량감소에 미치는 영향이 사소하게 나타났을 것으로 설명하고 있다. 그리고 chill mode와 hold mode에서의 공기 속도가 중량손실에 미치는 효과는 둘 다 유의성이 없었다고 하였다.

표준 조건에서 중량손실을 예측하기 위해 다중회귀분석을 하였더니, 24시간 신속예냉은 24시간 완만 예냉보다 중량감소 비율을 0.31% 경감시켰으며, 완만하게 예냉된 반도체들을 12시간 더 예냉하였을 때 발생할 중량감소비율과 비교하면 0.84% 경감시키는 효과를 보였다고 설명하고 있다. 이 연구에서 결론내리기를 시험2의 신속예냉 조건은, UK 내에서 24시간에 출고하기에 충분한 조건이었고, 외국으로 수출하는 경우에도 예냉을 12시간 더(총 36시간)하면 EU 7°C 규정을 준수하는데 문제가 없겠다고 하였다.

하여 1994년 12월에 합동연구를 시작하게 만든 동기를 제공하였다고 Aalhus et al. (2001)은 언급하였다. Joseph (1996)은 EU 합동연구결과를 발표하면서, 도체의 품온을 사후 5시간 이내에 -1°C 로 낮추는 예냉 방식을 매우빠른예냉(Very Fast Chilling, VFC)이라고 정의하였고, 영하의 온도 조건에서 근섬유 내에 분비된 칼슘이온들이 단백분해작용(proteolysis)을 촉진시켜 쇠고기를 연하게 만들었다는 해석을 내놓았다.

돼지도체에서의 PSE 발생을 낮추기 위하여 시도하는 급속 예냉은 2단계로 구성된다. Brown and James (1992)는 송풍(blast) 터널(소위 급냉터널)과 같은 전처리 예냉(pre-chiller) 과정에서 도체표면의 온도를 신속히 낮춤으로써 예냉과정에서의 증발로 인한 감량을 경감시킨다고 하였고, Jones et al. (1988)은 예냉감량 경감 뿐 만아니라 육색을 좀 더 짙게 그리고 고기를 좀 더 단단하게 만들었다고 보고하였다. Kerth et al. (2001)은 가속화된 속도로 냉각하는 경우에 할로젠 유전자를 갖고 있는 돼지에서의 PSE 육 발생율이 경감되었다고 보고하였다.

Aalhus et al. (2001)은 96두의 소도체(평균 생체중 526 ± 15 kg)로 실험한 결과를 발표하면서 -20°C 또는 -35°C 의 급냉터널(풍속 2.32 m/s)을 통과시킨 다음 2°C 에서 24시간을 채웠을 때 예냉감량을 경

감시켰다고 하였는데, -20°C 급냉터널 통과 시에는 시간당 0.8 g/kg의 감량 경감효과를 보였고 -35°C 의 급냉터널 통과 시에는 2배인 시간당 1.6 g/kg의 감량경감효과를 보였다고 하였다. 실제로 -35°C 급냉터널에서 7시간 경과 후에는 예냉감량은 전혀 발생하지 않았으며, 급냉터널 10시간 경과 후에는 오히려 예냉 중량이 증가하였다고 보고하였는데, 이는 도체 위에 수분이 응결되거나 동결되었기 때문일 것으로 보았다.

10-10규칙을 준수하지 못하는 급속예냉에서 우려되는 저온단축을 사전에 차단하는 시도로서, Aalhus et al. (2001)은 고전압 전기자극(470 V, 1.5 A, 60 Hz, 20 pulses/min, 1 min duration)을 사후 40분에 적용한 다음, -20°C (풍속 3 m/s)에서 3시간 급속예냉하고 2°C 에서 나머지 24시간을 채웠을 때, M. longissimus lumborum (LL)의 전단력이 관행적 예냉의 경우보다 9.5% 낮았다고 보고하면서, 고전압 전기자극을 병행한 급속예냉은 예냉시간을 단축하고 예냉감량을 경감시키면서도 관행적 예냉 소도체와 유사하거나 그 이상의 품질을 가진 소도체를 생산할 수 있는 방법으로 권장할 만하다고 하였다.

한편 이전의 연구에서 Aalhus et al. (1994)는 저전압(21 V, 60 Hz, 0.25 A, 20 s) 자극받은 소도체에서는 10%정도가 PSE 증세를 보였고 고전압 자극 소도체

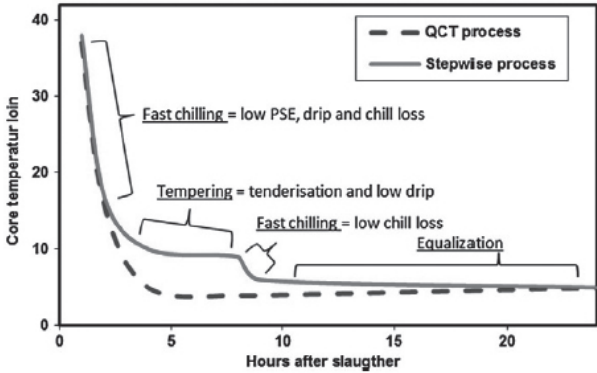


Fig. 3. Principle of the stepwise chilling process as an alternative to the quick chill tunnel. The principle has the potential of saving 5% of the energy costs compared to a quick chill process (QCT).

그림 1. 단계적 냉각 공정 원리 (Kristensen et al., 2014)

보다 육즙손실이 많았으며, 저전압자극은 급속예냉의 예냉감량 경감 효과에 대하여 유의적인 영향을 주지 않았다고 보고하였다.

Kristensen et al. (2014)는 stepwise chilling (Rosenvold et al., 2010; Therkildsen et al., 2012)이라 부르는 새로운 개념의 냉각방식이 개발되었다고 소개하고 있는데, 이러한 새로운 개념은 급냉터널(quick chill tunnel)의 긍정적 효과와 전통적인 slow batch의 냉각공정을 병합한다고 하였다. 급냉터널과 비교할 때 ‘단계적 냉각’ (stepwise chilling)은 급냉터널에 소요되는 에너지 비용의 5%를 절감할 수 있다고 한다. Kristensen et al. (2014)는 단계적 냉각의 기본원리를 다음의 그림 1로 설명하고 있다.

단계적 냉각의 첫단계는 “가능한 한 빨리” 냉각 (fast chilling)시키는 것인데, 예냉감량을 경감시킬 뿐 만아니라 해당작용의 대사속도를 줄이기 때문에 pH 하강 속도를 늦추게 됨으로써 온도평형이 완전히 이루어진(equalized) 고기는 낮은 drip loss과 낮은 PSE 발생빈도를 갖는다고 하였다. 등심부위의 중심 온도가 10~15°C에 도달하는 때에 chilling process가 멈춰지고 그 다음에는 그 도체는 어느 일정한 온도의 예냉실에서 6시간동안 tempered (tempering) 되는데, 연도와 다즙성 둘다 stepwise chilling에 의하여 긍정적으로 영향을 받는다고 보고하였다. 이러한 단계적 냉각이 가능한 시설이 최근에 어느 상업적 도축장에 도입되었다고 Kristensen et al. (2014)은 언급하

였다.

5. 분사냉각(Spray Chilling)

위에 언급한 바와 같이, 예냉감량은 식육산업에서 상당한 경제적 관심사이었다. 예냉과정 중, 특히 첫 24시간동안 발생하는 중량감소를 경감시키기 위해 당시에 산업현장에 도입되기 시작하였던 분사냉각의 실질적 효과를 규명하기 위해서, Allen et al. (1987)은 상업적 도축장에서 소도체를 분사냉각(3°C의 물을 15분마다 90초씩 분사, 예냉 첫 8시간동안)을 하고 도체중의 감량 비교를 하였더니, 분사냉각한 경우 0.32%의 감량을 보였는데 관행적 예냉(0°C, 24시간)의 경우 1.14%이었다고 보고하였다. 그러나 대부분 할 진공포장육의 15일 저장기간 중 purge loss를 조사하였더니, 우둔의 경우 분사냉각이 관행적예냉보다 높았다(1.98% vs 1.72%)고 보고하였다.

분사냉각 중에 도체에 간헐적으로 분사되는 차가운 물은 예냉과정에서 일어나는 증발로 인하여 손실되는 수분을 대체하는데, 도체표면이 축축하게 젖어있어서 최대치의 질량전달(maximum mass transfer)와 증발냉각효과(evaporative cooling effect)가 일어나서 도체중의 중량감소가 경감된다고 Gigiel et al. (1989a)는 분사냉각의 예냉감량 경감기작을 설명하고 있다. 한편 James (1996)은 분사냉각의 예냉시간이 관행적 예냉방식보다 짧아질 수 있는 이유로, 더 높아진 열 전달율(higher rates of heat transfer)이 더 높아졌고 분사냉각 중 사용된 추가된 물을 증발시키기 위하여 열이 추출되기 때문이라는 가설을 내놓았다.

Hippe et al. (1991)은 2~4°C 예냉실에서 24시간 예냉하면서 2°C의 물을 20분마다 5분간씩 5시간동안 분사한 분사냉각과 관행적예냉을 비교하였을 때, 분

표 3. 사후 2, 4, 6 그리고 24시간의 소도체 감량(%) 변화 (Hippe et al., 1991)

구분	사후 경과 시간 (시간)			
	2	4	6	24
분사 냉각	0.01	0.00	0.13	0.90
대조구	0.46	0.82	1.06	1.55
차이(대조구-분사)	0.45	0.82	0.93	0.65

사냉각이 각각 0.45, 0.82, 0.93, 0.65%의 감량경감효과를 보였다고 하였다(표 3).

Johnson et al. (1988)은 분사냉각에서 얻어지는 예냉감량 경감효과는 피복지방과 표피 근육에 의해서 영향을 받는다고 보고하였다. 채끝부위와 흉추5번 부위의 피복지방의 수분함량을 분사(spray) 전후로 비교해보니 피복지방의 수분함량이 각각 13→24.5%, 13→15.6%로 증가하였는데, 이는 분사 노즐(nozzle)의 방향과 관련있다고 보았다. 한편 표면 근육의 수분함량 증가를 측정하기 위하여, 20시간 예냉종료 후 분사냉각도체와 관행적 예냉 도체의 표피 근육인 *cutaneous trunci*의 수분함량을 비교했더니, 6시간 분사냉각도체의 수분함량(74%)이 3시간 분사냉각도체의 것(72.6%)보다 더 많았으며, 지방도가 낮은 소도체의 수분함량(74.1%)이 지방도가 높은 소도체의 것(72.5%)보다 높았다. 또한 해체과정 중의 트리밍 칼 자국과 가죽 당김 등에 의해서 생긴 피복지방의 틈새에 수분이 고일 수 있는데 이것도 피복지방의 수분 함량에 영향을 준다고 하였다. 3시간 분사냉각 도체는 관행적 예냉도체(1.1% 감량)보다 낮은 0.4% 감량을 보였는데, 6시간 분사냉각도체는 오히려 0.3% 도체중 증량을 보였다고 보고하면서, USDA 규정을 준수하면서 예냉 감량을 줄이기 위해서는 3시간 이상 6시간 미만의 분사냉각이 적당하다고 하였다.

Jones and Robertson (1988)은 소도체를 1°C(풍속 0.5 m/s)의 예냉실에서 12°C의 물(8.2 L/min)로 15분간격으로 1분씩 4시간, 8시간, 또는 12시간을 분사냉각한 뒤 사후 24시간에 대조구와 예냉감량을 비교하였을 때, 각각 0.48%(1.63-1.15), 0.69%(1.29-0.60), 0.89%(1.29-0.40)의 감량경감효과를 보였다고 보고하였다. 피복지방을 제거한 다음 진공포장한 등심과 우둔에서 6일후 육즙량을 조사하였을 때 분사냉각 처리구는 대조구와 유의차를 보이지 않았으므로, 분사냉각으로 얻어지는 예냉감량 경감효과 60%는 관행적 예냉 중에 발생하는 피복지방의 중량감소를 줄인 효과일 것으로 해석하였다. Jones는 다른 연구(Jones et al. 1988)에서 분사냉각한 돼지도체를 대분할 정형할 때에 피하지방과 근내지방을 분리하여 중량변화를 조사하였더니, 근내지방은 무게가 증가되지 않았으나 피하지방은 유의적으로 증가하였다고 보고하면서 분사냉각의

예냉감량경감효과는 정육보다는 지방 특히 피하지방에서 그 효과가 더 컸다고 하였다. Jones는 이 두 개의 연구결과로부터 결론내리기를 분사냉각된 도체의 예냉감량 경감효과는 피복지방을 제거하는 대분할정형시에는 상당부분 사라진다고 하였다(Jones and Robertson 1988).

분사냉각시간을 더 연장하여 16시간까지 분사하였을 때, Greer and Jones (1997)은 16시간 분사냉각된 소도체의 지방색이 회색으로 변색되므로, 분사냉각시간은 12시간이 한계이었고 분사냉각의 예냉감량경감효과는 분사냉각시간당 0.08 g/100 g(0.08%/h)이었다라고 보고하였다. 이에 반하여 Lee et al. (1990)은 10°C 물을 1분동안 15분간격으로 8시간동안 분사냉각한 소도체의 24시간 예냉감량 경감량은 1.3%(1.73-0.44)이었다라고 보고하였다. 한편 Strydom and Buys (1995)는 10, 14, 또는 17시간 분사냉각하였을 때 18시간 3°C에서 예냉감량 경감효과는 각각 0.90%, 1.12%, 1.28%이었지만, 17시간 분사냉각의 경우 예냉종료 시까지의 건조시간이 짧아서인지 육색이 창백하였고 도체가 젖어있었고, 특히 총세균수와 *Enterobacteriaceae counts*가 대조구보다 높았다고 보고하였다. 돼지도체에서도 10시간의 분사냉각은 관행적 1°C 24시간 예냉과 비교하였을 때 2.04%(2.60-0.56)의 예냉감량 경감효과를 보였다고 Jones et al. (1988)는 보고하였고, 북미의 상업적 도축장에서 도체예냉 중 처음 3-12시간 동안 분사냉각하는 것이 상당히 보편화되었다고 Greer and Jones (1997)은 언급하였다. 이와 같은 분사냉각이 북미, 유럽 등지에서 소, 양, 닭 그리고 돼지도체에 대하여 비교적 널리 사용되고 있다고 Savell et al. (2005)은 했다.

분사냉각방식은 차가운 물을 노즐을 통해 도체에 분사하는 방식이다. 이와는 다르게, Gigiel et al. (1989a)은 미세하게 원자화된 물분자(*finely atomized water*)를 돼지도체에 수동으로 분무하는 방식을 사용했다. 매 20분마다 한번씩 6시간동안 분무하였는데 돼지 도체 1두당 250 ml의 물을 사용했다고 보고했다. Kinsella et al. (2006)은 미세하게 원자화된 물을 예냉실 안에 분무하여 상대습도를 높여주는 장치인 "Jasca" air humidification system을 소도체 예냉에 적용하였는데, 대조구와 비교하여 도

체표면에서의 박테리아 숫자의 증가없이 예냉감량(1.36% 대 1.55%)을 경감시켰다고 보고하였다.

6. 예냉감량 경감 노력의 경제적 가치

Gigiél et al. (1989b)은 신속예냉을 통해 소도체에 0.86%의 예냉감량 경감 효과를 가져올 수 있었으며, 이는 £540 (1988년 8월 기준, MLC medium size 도체 가격 기준)의 가치로 환산될 수 있다고 하였다. 한편 Gigiél et al. (1989a)은 당시에 UK에서 가능했던 다양한 방법으로 돼지도체 예냉감량 발생량을 비교하였다. 사용했던 6가지 방법은 (1)고습도 (2)10°C 지체+고습도 (3)지체+분무냉각 (4)신속(-20°C)예냉+고습도 (5)신속+관행(4°C) (6)관행적예냉 이었는데, 방법(3)의 지체+분무냉각에서의 예냉감량은 0.95%이었고 관행적예냉에서는 2.17% 감량을 보였다고 했다. 그러므로 관행적예냉방법으로 연간 3,080톤의 돼지도체를 생산하는 도축장에서 지체+분무냉각의 예냉방법을 사용한다면, £37,800의 값어치를 절약할 것이라고하면서, 도축장에서의 도체 예냉방식 선택이 도축장경영에 큰 영향을 미치고 있음을 강조하였다.

본 고에서 언급한 예냉감량 측정 외국 연구논문들이 Gigiél et al. (1989a, 1989b)에서 처럼 예냉감량 경감효과를 경제적 화폐가치로 환산하지는 않았지만, 그 논문들 모두가 예냉감량의 경제적 가치를 염두에 두고 연구를 수행했다고 단언을 해도 지나치지 않는다.

7. 향후 연구 분야

계속 연구가 되어야하는 부문으로 우선은 두 가지를 꼽을 수 있겠다. 출하축의 크기 변화에 대응하는 전략적 접근과 도축장 소비에너지의 대부분을 차지하는 예냉에 소요되는 에너지효율 극대화가 그것이다.

7.1. 소의 체중과 크기의 증가에 대응하는 연구 필요

Savell (2012)은 향후 연구되어야할 과제로 소도체 중과 도체크기의 증가로 야기되는 문제점을 해결할 것을 우선적으로 꼽았다. 미국에서 소도체중이 2011년도 375 kg 으로서 2005년도의 357 kg에 비해 18 kg 증가 하였는데, 이를 성별로 세분하여보면 거세우의 체중이 367 kg에서 387 kg으로 20 kg 증가하고 미경산암소는 337 kg에서 352 kg으로 15 kg 증가하였다 (Savell 2012). 도체중이 증가되면서 등심(ribeye)크기가 20년전에 비해 6.5 cm² 커졌기 때문에 heat ring 등의 육색 문제가 발생할 수 있으며 우둔 또한 커졌기 때문에 도체 예냉속도에 영향을 주게 된다. 예냉실에 같은 두수의 소도체를 입고시키더라도 부하열은 더 커진 것이며 현수레일에서 차지하는 소도체의 면적이 더 커지며 현수레일 높이도 높아져야한다. 이러한 요인들이 소도체의 예냉속도 등에 미치는 영향에 대하여 연구를 재개해야한다고 Savell (2012)은 강조하였다.

우리나라의 경우는 미국보다 심각하다고 하겠다. 한우도체중이 2005년도 381 kg이었는데 2011년에는

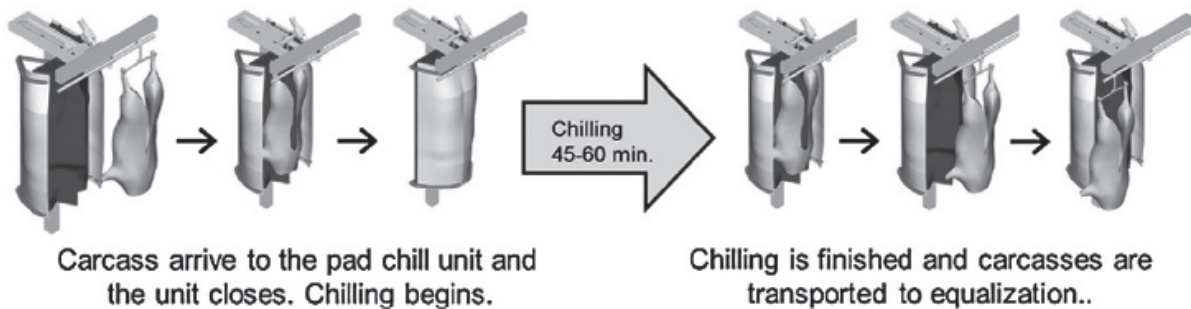


Fig. 4. Illustration of the pad chilling process. Chilling will be 30% faster, and energy consumption can be reduced by 50%.

표 4. 도축장 예냉감량 그룹별 예냉감량 단순통계값 (Baek, 2000)

감량 그룹	개소수	예냉감량 평균(%)	표준편차	최소값	최대값
4.00% 이상	2	4.62	2.29	4.41	4.83
2.50~3.00	1	2.64	-	2.64	2.64
2.00~2.50	4	2.25	0.11	2.12	2.38
1.50~2.00	14	1.71	0.11	1.57	1.96
1.00~1.50	11	1.23	0.14	1.08	1.50
1.00% 미만	4	0.86	0.15	0.64	0.98
평균	36	1.72	0.83	0.64	4.82

422 kg이었고 2014년도에는 425 kg(축산물품질평가원, 2014)으로서 한우의 도체중 증가속도가 미국에서보다 더 빠르기 때문이다. 국내 도축장의 예냉실에 부과되는 부하열이 매년 빠르게 증가하고 있기 때문에 도축장의 예냉시스템의 시설면과 운영면에서 보다 심도있는 연구가 뒤따라야 한다.

7.2. 에너지 소비 경감 기술 개발

도체냉각은 도축장에서 소비되는 에너지의 대부분을 차지한다. Kristensen et al. (2014)은 도체냉각의 새로운 개념으로 “pad chilling” 개념(Damgaard and Borup 2007)을 소개하면서, 돼지냉각에 많이 쓰이는 급냉터널에서는 도체표면으로부터 수분이 증발하는데 냉각속도가 빠를수록 에너지소비가 많아지게 되는데, 도체로부터 열을 제거하는 색다른 방식으로, 돼지도체를 차가운 면에 직접 접촉시켜 열이 전도에 의해 제거하는 방식이라고 하였다. 이것의 유사한 예는 도계산업에서의 spin chiller에서 찾아볼 수 있는데, 닭처럼 돼지 온도체를 냉수에 담가 냉각시키겠다는 것이다. 열은 그 때 전도에 의해서 제거되는 것이지 증발에 의한 것이 아니다. 이러한 직접 접촉은 증발 냉각(evaporative chilling)과 비교할 때에 에너지 면에서 훨씬 더 효율적이라고 소개하고 있다.

III. 국내 식육산업의 현주소와 연구방향

1. 현주소

Savell (2012)은 미국 거세우의 도체중이 6년만에 5.4%(357 대 375 kg) 증가하였고 앞으로도 계속 증가

추세에 있으므로 식육산업계는 그에 대한 대비책을 강구해야한다고 했지만, 우리나라의 한우 거세우는 같은 기간에 11%(381 대 422 kg)의 도체중 증가율을 보였고, 2011년 기준으로 한우거세우가 미국 거세우보다 도체중이 25%(422 대 375 kg) 더 무겁다는 사실을 인지한다면 아마도 대비책 강구가 아니라 응급수술을 하자고 할 것 같다.

소 냉도체등급판정이 전면시행된 1999년 10월에 도축업계는 한우의 도체장이 종전보다 길어진 것을 느끼고 현수레일을 높이는 등의 응급조치를 한 이후, 도축장은 예냉실 증개축시마다 현수레일을 계속 높여왔다. 그리고 위에 언급한 바와 같이 도체중의 증가로 인한 소도체의 열량이 11% 증가되었기 때문에 예냉실 입고두수가 종전과 같더라도 그 예냉실에 부과되는 열량(부하열)은 그만큼 증대된 것이어서 도축업계는 그동안 냉각설비를 꾸준히 증설 및 보강해왔다. 이와 같은 도축업계의 노력은 인정하지만, 본고에서 소개하고 있는 외국의 연구동향에서와 같은 예냉감량을 줄이고자하는 노력을 식육산업계로부터 기대하기에는 아직 시기상조일까?

Baek (2000)의 논문에서는 국내 소도축장 36개소에서의 예냉감량 조사결과를 보고하였고 도축장별 예냉감량평균치로 6개 그룹으로 분류한 다음 그룹별 예냉감량의 단순통계는 표 4와 같다. 조사 당시는 소냉도체 등급판정 전면 실시 직후인 1999년 11월이었으므로, 15년이 지난 지금은 예냉 경험도 풍부해졌고 예냉시설도 상당한 수준으로 개선되었을 것으로 짐작하기 때문에 예냉감량 발생율은 표 4에서 보여지는 값보다는 훨씬 더 좋아졌을 것으로 기대한다. 그러나 소도체 예냉감량 결과가 보고된 논문은 아직 못 찾았다.

만약에 전국의 모든 도축장에서 소도체 예냉감량을 현재보다 0.5%p 낮출 수 있다면 1년에 소 4,500두 (90만두 기준)분량의 쇠고기가 공기 중으로 증발되는 것을 예방하는 것이고 그 만큼의 쇠고기를 증산하는 결과가 되는 것이다. 이를 경제적으로 환산한다면, 한육우 생산액 3,435십억원(2012년기준)의 0.5%인 172억원의 가치이다. 그런데 4,500두 만큼의 쇠고기 증산에 필요한 정액, 번식용 암소, 축사시설, 사료, 분뇨, 도축시설 등 전·후방 산업에서의 경제 가치까지를 포함시켜 줄잡아 계산한다면 세 배 이상인 600억 원 이상의 가치가 될 수 있을 것이다.

한편, 돼지 도축장에서 예냉하여 반출하지 않고 도축후 즉시 또는 경매후 즉시 돼지도체를 온도체로 유통함으로써 발생하는 불필요한 중량손실은 도체중 대비 1.37% (온도체유통 4.62%, 도축장예냉 3.25%)이었다고 이미 20년 전에 Joo et al. (1994)는 보고한 바 있다. 불필요한 중량손실 1.37%라는 이 숫자는 1994년도 돼지도축두수 9,838천두 중 135천두에서 생산된 돼지고기를 그 어느 누가 맛있게 먹어보지도 못하고 공기 중으로 증발시켜버린 것으로 우리는 인식하여야 한다. 다행히도 금년도 1월부터 전국의 도축장에서 반출되는 돼지도체는 10℃ 이하이어야 한다고 축산물위생관리법이 개정 시행되고 있으므로, 그와 같은 온도체 반출로써 발생하는 불필요한 중량손실은 더 이상 없게 되었다.

돼지도체 예냉감량이 3.25% (Joo et al. 1994)으로 조사되었던 도축장은 당시(90년대 초)에는 가장 최신식 도축장 중의 하나이었다. 그럼에도 불구하고 1980년대 초 UK에서의 돼지도체 예냉감량 1.8~3.5% (Gigiel 1984)의 범위 안에 간신히 들었다고 하겠다. 최근(2014)에 발표한 Kristensen et al. (2014)의 보고서에서 급냉터널(quick chill tunnel)방식의 돼지 도체 예냉감량은 1.1%이라고 언급하고있다. 국내 도축장에서의 예냉감량은 어느 정도일까? 최근에 건설하여 가동 중인 도축장에서의 돼지 도체 예냉감량은 과연 얼마일까? 공식적인 자료를 찾지 못했다.

국내 돼지도축장에서 급냉터널을 설치한 곳이 여러 곳 있다. 일부 도축장의 경영자는 급냉터널이 전기료 만 발생시키지 급냉터널 가동에 대한 경제적 효과를 실감하지 못한다고 하면서 기설치한 급냉터널을 운용하지 않고 있다. 이러한 상황은 1980년대

의 UK 도축업계의 상황과도 비슷한데, Gigiel et al. (1989a)의 논문에서도 급냉터널이 예냉감량 경감효과를 보이지만 시설비가 많이 들고 육질에 부정적인 영향을 줄지도 모른다는 우려 때문에 급냉터널 예냉방식이 널리 도입되지 않고 있다고 언급되었다. 급냉터널을 설치해놓고도 운용하지 않거나 급냉터널을 형식적으로 가동시키는 국내 도축장 경영자의 판단을 비판하고자 하는 것은 아니다. 급냉터널 설치비용이나 사용시 전기료가 만만치 않지만 돼지도체를 급냉터널을 통과시키는 것은 돼지고기의 육색 개선 (PSE 경감) 및 예냉감량을 경감시키고자 함인데, 현재 국내 상황은 구제역 때문에 일본수출하지 않으니 PSE 발생율에 대하여 걱정할 필요도 없고, 양축가는 지육율(생체중대비 온도체중)로 출하축 가격 정산되니 예냉과정 중에서 빠지는 예냉감량을 신경 쓸 이유가 아직은 없다.

그나마 양돈농협이 운영하는 LPC에서는 내부적으로는 예냉감량에 신경쓰고 있는 듯하다. 조합원인 양돈농가가 생산한 돼지를 도축·가공하여 판매까지 하고 있어서, 도축장에서의 예냉감량은 LPC가 판매 가능한 고기의 중량이 감소되므로 LPC 경영이익에 영향을 준다는 것을 진작 알고 있기 때문이다. 국내에서는 대형 도축장 측에 들어가는 축산부류도매시장이나 축산물공판장조차도 도체(지육)의 거래장소일 뿐 상장거래되는 지육의 소유자가 아니기 때문에 예냉감량에 대하여 신경 쓸 이유가 없고 구태여 돈 들여서 예냉감량을 경감하기 위한 시설개선 노력을 적극적으로 할 이유가 없다. 이와 같이 시설개선에 대한 대한 도축업계의 수요가 많지않으므로, 냉동기 기업계에서도 예냉시설 개선 및 에너지절감 등 시설 운용에 관한 연구를 하는 분위기가 형성되지 않는다. 그렇다면 누가 예냉감량에 대하여 관심을 가져야 하는가?

공기중으로 증발되는 예냉감량은 경감된 만큼 판매 가능한 고기의 양이 많아지는 것이기 때문에 다른 견지에서 보면 그만큼의 고기 생산비가 줄어드는 것이니 그만큼 소비자가격이 낮아질 여지가 생기는 것이다. 그렇다면 국민 대다수의 관심사가 될 수 있으니, 정부가 예냉감량에 대하여 관심을 가져야 하는가? 정부도, 도축업계에서 예냉감량을 위해 시설개선하려고 하니 저리의 정책자금이 필요하다고 요청

하는 등의 정책 수요가 있는 것도 아니고 양돈농가의 입장에서조차 지육률로 가격정산 받는 구조 하에서는 예냉감량이 무언지 알려고 할 이유도 없는 상황에서는, 나설래야 나설 수도 없으리라. 그렇다면 누구일까? 지식인인 식육학자들이 나서서 예냉감량의 중요성에 대하여 연구를 통해 식육업계를 계몽해야 한다고 필자는 주장하고 싶다.

2. 연구방향

식육산업의 침병은 도축장이다. 도축장에서 예냉감량 경감을 위한 도체예냉기술에 관한 연구를 시작하자. 식육학자들이 시급히 연구해야하는 분야로는 ①시설비가 많이 드는 급냉터널이 굳이 아니더라도 신속예냉 방법의 최적화 도모 연구 ②예냉 초기에 도체에 차가운 물을 뿌리면서 냉각하는 분사냉각방식 또는 수증기를 분무하여 상대습도를 높인 상태에서 냉각하는 분무냉각방식의 도입에 대한 최적조건(상대습도가 높아짐에 따른 도체표면에서의 미생물증가 예방 포함) 도출 연구 ③시설비가 많이 드는 급냉터널도 시설설계 단계에서부터 도축장경영자는 Vender가 원하는 시설이 과연 객관적으로 입증된 성능을 보유하고 있는지 식육학자들로부터 객관적 검증을 받고 싶어할 것이기에 도축 및 예냉시설에 대한 연구 동일 것이다.

이참에 도축장 경영자들에게도 당부드리고 싶은 말은, 도축장 예냉실의 증개축 및 개보수하였을 때, 반드시 식육학자들로부터 예냉실 운용조건을 최적화하는 자문을 꼭 받아보시라는 것이다. 왜냐하면 동일한 냉각기기를 설치하였다고 해도 예냉실 구조의 사소한 차이로 인하여 동일한 예냉결과가 나오지 않을 수 있기 때문이다. 그럼에도 식육학자들에게 자문 요청하는 도축장 경영자는 많지 않다. 대다수 도축장의 경영자들께서는 수십년의 경험에 의거 독자적인 판단을 내리는 경우가 많은데, 시설개선 결과를 들여다보면 안타까울 때가 가끔 있다.

또 다른 연구방향은 농장동물에 대한 동물복지 취급에 관한 연구이다. 동물복지적 취급(Animal Welfare Handlings)이란 새로운 방식이 아니고 과거부터 PSE 내지는 DFD 등 이상육의 발생을 억제/예방하는 방법 중의 하나로 연구해왔던 분야인데, 2002년 유

럽에서 BSE 발생에 대한 해결방안으로 동물복지를 설정한 이후 유럽에서는 동물복지적 취급을 강력하게 추진하고 있어서, 우리나라 농림축산식품부도 「동물복지 5개년 종합계획」을 수립하여 발표(2015. 01. 30.)하기에 이르렀으며, 식품의약품안전처는 「동물복지축산물표시제」를 추진할 계획으로 있다. 이와 같이 정부의 정책의지가 발표되었음에도, 우리 식육업계에서는 연구결과로써 정부정책을 뒷받침하고자하는 움직임을 아직까지는 보이지 않고 있는 듯하다.

끝맺음말로, 도축 및 식육산업의 중단기적 화두는 “도축 및 예냉 기술 선진화”와 “농장동물 및 출하축의 동물복지적 취급”이 될 것이라는 필자의 생각을 한 번 더 강조하면서 이 글을 마무리하고자 한다.

참고문헌

1. Aalhus, J. L., Janz, J. A. M., Tong, A. K. W., Jones, S. D. M., and Robertson, W. M. (2001) The influence of chilling rate and fat cover on beef quality. *Can. J. Anim. Sci.* **81**, 321-330.
2. Aalhus, J. L., Jones, S. D. M., Lutz, S., Best, D.R. and Robertson, W.M. (1994) The efficacy of high and low voltage electrical stimulation under different chilling regimes. *Can. J. Anim. Sci.* **74**(3), 433-442.
3. Allen, D. M., Hunt, M. C., Luchiari Filho, A., Danler, R. J., & Goll, S. J. (1987) Effects of spray chilling and carcass spacing on beef carcass cooler shrink and grade factors. *J. Anim. Sci.* **64**, 165-170.
4. Baek, J.-K. (2000) *The effect of chilling conditions on the chill loss of beef carcasses*. M.S. Thesis. Korea Univ. Seoul. Korea.
5. Bendall, J. R. (1973) The biochemistry of rigor mortis and cold contracture. In: *Proceedings of the 19th Europ. Meet. Meat Res. Work.* (pp.1-27), Paris, France.
6. Bowater, F. J., Eng, C. and Meche, M. I. (1997) Economics of meat chilling and freezing. In: *Proceedings of the institute of refrigeration. London, England.* pp. 1-11.
7. Bowater, F. J. (2001) Rapid carcass chilling plants compared to conventional systems. Available from: <http://www.fjb.co.uk/wp-content/themes/fjb/publications/Rapid%20Carcass%20Chilling%20vs%20Conventional.pdf>
8. Bowling, R. A., Dutson, T. R., Smith, G. C. and Savell, J. W. (1987) Effects of cryogenic chilling on beef carcass grade, shrinkage and palatability characteristics. *Meat Sci.* **21**, 67-72.
9. Brown, T., & James, S. J. (1992). Process design data for pork chilling. *Int. J. Refrig.* **15**, 281-289.
10. Damgaard, O., & Borup, U. (2007) Differentiated chilling improves meat quality. *Fleischwirtschaft International.* **4**, 22-23. In: Kristensen, L., Stoier, S., Würtz, J. and Hinrichsen, L. 2014. Trends in meat science and technology: The future looks bright, but the jour-

- ney will be long. *Meat Sci.* **98**(3), 322-329.
11. Davey, C. L. and Garnett, K. J. (1980) Rapid freezing, frozen storage and the tenderness of lamb. *Meat Sci.* **4**, 319-322.
 12. Dolezal, H. G., Smith, G. C., Savell, J. W., and Carpenter, Z. L. (1982) Comparison of subcutaneous fat thickness, marbling and quality grade for predicting palatability of beef. *J. Food Sci.* **47**, 397-401.
 13. EC (2004) Guidance document on the implementation of certain provisions of Regulation (EC) No 853/2004 on the hygiene of food of animal origin. http://ec.europa.eu/food/biosafety/hygienelegislation/guidance_doc_853-2004_en.pdf
 14. Gigiel, A. J. (1984) Proc. 30th Europ. Meet. Meat Res. Workers, Bristol, 2.7. In: Gigiel, A., Butler, F., & Hudson, B. (1989) Alternative methods of pig chilling. *Meat Sci.* **26**, 67-83.
 15. Gigiel, A., Butler, F., & Hudson, B. (1989a) Alternative methods of pig chilling. *Meat Sci.* **26**, 67-83.
 16. Gigiel, A., Collett, P. and James, S. J. (1989b) Fast and slow beef chilling in a commercial chiller and the effect of operational factors on weight loss. *Int. J. Refrig.* **12**, 338-348.
 17. Greer, G. C. and Jones, S. D. M. (1997) Quality and bacteriological consequences of beef carcass spray-chilling: Effects of spray duration and boxed beef storage temperature. *Meat Sci.* **45**, 61-73.
 18. Hippe, C. L., Field, R. A., Ray, B. and Russell, W. C. (1991) Effect of spray-chilling on quality of beef from lean and fatter carcasses. *J. Anim. Sci.* **69**(1), 178-183.
 19. Hwang, I. H., Park, B. Y., Cho, S. H., Kim, J. H., and Lee, J. M. (2004) Effects of practical variations in fasting, stress and chilling regime on post-slaughter metabolic rate and meat quality of pork loin. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor)* **46**(1), 97-106.
 20. James, S. (1996). The chill chain "from carcass to consumer". *Meat Sci.* **43**(S), S203-S216.
 21. Johnson, R. D., Hunt, M. C., Allen, D. M., Kastner, C. L., Danler, R. J., and Shrock, C. C. (1988). Moisture uptake during washing and spray chilling of Holstein and beef-type steer carcasses. *J. Anim. Sci.* **66**, 2180-2184.
 22. Jones, S. D. M., Murray, A. C., & Robertson, W. M. (1988) The effects of spray chilling pork carcasses on the shrinkage and quality of pork. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* **21**, 102-105.
 23. Jones, S. D. M., & Robertson, W. M. (1988). The effects of spray chilling carcasses on the shrinkage and quality of beef. *Meat Sci.* **24**, 177-188.
 24. Joo, S. T., Lee, J. S., Lee, S., Rhee, M. S., Koh, K. C. and Kim, B. C. (1994) A study on the effect of postmortem metabolic rates on meat quality and the estimation of pork quality. *Korean J. Food Sci. Resour.* **14**(1), 1-4.
 25. Joseph, R. L. (1996) Very fast chilling of beef and tenderness - a report from an EU concerted action. *Meat Sci.* **43**(S), S217-S227.
 26. Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H. B., and Merkel, R. A. (1989) *Principles of Meat Science*. Second Ed. Kendall/Hunt Publishing Company. p. 205.
 27. Kastner, C. L. (1981) Livestock and meat: Carcasses, primals and subprimals. In: Finner, E. E.(Ed.) CRC handbook of transportation and marketing in agriculture. Food commodities (Vol.1). Boca Raton, FL. USA: CRC Press. Inc. In: Savell, J. W., Mueller, S. L. and Baird, B. E. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Sci.* **70**(3), 449-459.
 28. Kerth, C. R., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Brooks, J. C., Johnson, R. C., Cannon, J. E., and Miller, M. F. (2001). Vitamin-mineral supplementation and accelerated chilling effects on quality of pork from pigs that are monomutant or noncarriers of the halothane gene. *J. Anim. Sci.* **79**, 2346-2355.
 29. Kim, C.-J. (1994) Studies on the cold and frozen storage for the production of high quality meat of Korean native cattle. I. Effects of cold and frozen storage on the meat color, sarcomere length and tenderness in Korean native cattle. *Korean J. Food Sci. Resour.* **14**(2), 151-154
 30. Kim, C.-J., Park, S.-B., Choi, D.-Y., Choe B.-K. and Ko, W.-S. (1994) Influence of postmortem storage temperatures between 0~30°C on the physico-chemical changes and meat qualities of Korean native cattle. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**(1), 88-92.
 31. Kinsella, K. J., Sheridan, J. J., Rowe, T. A., Butler, F., Delgado, A., Quispe-Ramirez, A, Blair, I. S., and McDowell, D. A. (2006) Impact of a novel spray-chilling system on surface microflora, water activity and weight loss during beef carcass chilling. *Food Microbiol.* **23**, 483-490.
 32. Kristensen, L., Stoier, S., Würtz, J. and Hinrichsen, L. (2014) Trends in meat science and technology: The future looks bright, but the journey will be long. *Meat Sci.* **98**(3), 322-329.
 33. Lee, L. M., Hawrysh, Z. J., Jeremiah, L. E., and Hardin, R. T. (1990) Shrouding, spray-chilling and vacuum-packaged aging effects on processing and eating quality attributes of beef. *J. Food Sci.* **55**, 1270-1273.
 34. Leising, J. and Tuma, H. (1972) Meat Shrinkage. Conference: Cattle-men's Day, 1972. Kansas State University, Manhattan, KS, May 5. pp. 83-85. <http://krex.k-state.edu/dspace/8035>.
 35. Locker, R. H. and Hagyard, C.J. (1963) A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agric.* **14**, 787-793
 36. Moon, S.-S., Yang, H.-S., Park, G.-B., and Joo, S.-T. (2006) The effect of stretching and temperature of pre-rigor *M. longissimus* on sarcomere length and tenderness of beef. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **26**(2), 189-196.
 37. Rosenvold, K., Borup, U., and Therkildsen, M. (2010) Stepwise chilling: Tender pork without compromising water-holding capacity. *J. Anim. Sci.* **88**, 1830-1841.
 38. Savell, J. W. (2012) Beef carcass chilling: Current understanding, future challenges. National Cattlemen's Beef Association U.S. White Paper pp. 1-12. http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/BeefCarcassChilling%20White%20Paper_final.pdf
 39. Savell, J. W., Mueller, S. L. and Baird, B. E. (2005) The chilling of carcasses. *Meat Sci.* **70**(3), 449-459.
 40. Smith, G. C. and Carpenter, Z. L. (1973) Postmortem shrinkage of lamb carcasses. *J. Anim. Sci.* **36**(5), 862-867.
 41. Smith, G. C., Dutton, T. R., Hostetler, R. L., and Carpenter, Z. L.

- (1976) Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. *J. Food Sci.* **41**, 748–756.
42. Strydom, P. E., & Buys, E. M. (1995) The effects of spray-chilling on carcass mass loss and surface associated bacteriology. *Meat Sci.* **39**, 265–276.
43. Therkildsen, M., Kristensen, L., Kyed, S., and Oksbjerg, N. (2012) Improving meat quality of organic pork through post mortem handling of carcasses: An innovative approach. *Meat Sci.* **91**, 108–115.
44. USDA-FSIS. (1996) Cooling and chilling requirements for raw meat and poultry. 9 CFR Part 3014, et al. Pathogen Reduction; Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Systems; Final Rule. pp. 38856-38858. <http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/93-016F.pdf>
45. 축산물품질평가원 (2014) 2014 한국의 축산물유통. *Vol. 1*. p. 51. 경기도 군포시.