2018년 한돈자조금 연구용역과제 최종보고서

한돈 안전성 검증 연구

2018. 10. 31.

연구기관 : 강원대학교

한돈자조금관리위원회

한돈 안전성 검증 연구

2018. 10. 31.

주관연구기관명 : 강원대학교
연구책임자 : 장애라
참여연구원 : 윤장원
김동욱
김혜진
김희진

제 출 문

한돈자조금관리위원장 귀하

본 보고서를 “한돈 안전성 검증 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018년 10월 31일

연구책임자 : 강원대학교 교수 장애라

※ 본 연구 결과는 연구진의 의견 및 주장이며, 한돈자조금의 공식 입장과는 다를 수 있음.

요약문

본 연구는 유통 중인 한돈에 대한 미생물학적 안전성, 신선도, 잔류 항생제 잔류 여부를 평가하고 이를 수입돈육과 비교하여 한돈의 안전성을 검증하고자 하였다. 또한, 저장기간 중의 한돈과 수입돈육의 신선도 변화 분석을 통해 실제 소비자에게 유통되는 과정에서 발생할 수 있는 한돈과 수입돈육의 신선도 변화를 규명하고자 하였다.

2018년 5월부터 8월까지 서울/경기에 소재하고 있는 무작위로 선정된 식육 판매점 120곳에서 각각 한돈(목살)과 수입돈육(목살)을 수집하여 분석에 이용하였다. 미생물학적 안전성 분석 결과 한돈의 평균 일반세균수는 2.90 Log CFU/g으로 120개 샘플 모두 일반세균수 권장 기준(6.7 Log CFU/g) 이하로 존재하였다. 하지만 수입돈육의 평균 일반세균수는 5.54 Log CFU/g으로 국내 권장 기준을 초과하는 경우가 4건 검출되었다. 또한, 병원성 미생물은 수입돈육에서만 2건(*Staphylococcus aureus* 1건, *Listeria monocytogenes* 1건) 검출되었다. 따라서 한돈은 수입돈육 보다 미생물학적으로 더 안전하다고 판단된다.

유통 중인 한돈과 수입돈육에 대한 신선도 분석 결과, 한돈 내 평균 휘발성 염기태질소(VBN) 함량은 7.27 mg/100g으로 11.15 mg/100g인 수입돈육 보다 낮은 단백질 변패도를 나타내었다. 또한, 본 연구에 이용된 각 120개의 한돈과 수입돈육 모두에서 잔류 항생제는 검출되지 않았다.

한돈과 수입돈육을 구매 후 냉장 저장 중 신선도 변화를 규명하기 위해 한돈과 수입돈육을 랩포장하여 4±2℃에서 저장하며 분석에 이용하였다. 그 결과, 한돈의 초기 일반세균수는 3.36 Log CFU/g으로 수입돈육(4.94~5.34 Log CFU/g) 보다 낮았으며 저장 기간 동안 낮은 일반세균수를 유지하여 한돈이 수입돈육 보다 미생물학적으로 안전하다고 판단하였다. 또한, 한돈은 저장 9일차에 휘발성염기태질소가 신선도 기준(20 mg/100g)을 초과하였으나, 수입돈육은 이미 저장 7일차에 기준을 초과하여 한돈이 수입돈육 보다 더 오랫동안 신선도를 유지하는 것으로 나타났다. 관능패널들은 냄새부분에서 한돈의 선호도를 높게 평가했으며 부패취가 나지 않아 결과적으로 한돈의 종합적 기호도를 수입돈육보다 높게 평가하였다.

결론적으로, 유통 중인 한돈은 수입돈육보다 높은 미생물학적 안전성과 신선도를 보였으며 이러한 특성 때문에 냉장 저장 중, 한돈이 수입돈육보다 더 오랫동안 신선도를 유지할 수 있는 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 현재 유통되는 한돈의 안전성에 대한 과학적인 기초 자료가 될 수 있으며, 수입돈육에 대한 한돈의 안전성 차별화를 통해 소비를 촉진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

목 차

제1장. 연구 개요 ····· 1
제1절. 연구 배경 및 필요성 ····· 1
제2절. 연구 목적 ····· 13

제2장. 연구 내용 및 방법 ····· 14
제1절. 연구 내용 ····· 14
제2절. 연구 방법 ····· 16

제3장. 연구 결과 ····· 21
제1절. 최근 국내·외 돈육의 안전성 관리 현황 ····· 21
1. 이상육 ····· 21
2. 국내·외 돈육 내 잔류 항생제 검출률 ····· 23
3. 국내·외 돈육 내 미생물 검사 결과 ····· 28
제2절. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성 ····· 33
1. 국내 유통 중인 한돈의 미생물학적 안전성 ····· 33
2. 국내 유통 중인 수입돈육의 미생물학적 안전성 ····· 38
3. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성 비교 ····· 43
제3절. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도 ····· 45
1. 국내 유통 중인 한돈의 신선도 ····· 45
2. 국내 유통 중인 수입돈육의 신선도 ····· 54
3. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도 비교 ····· 62
제4절. 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제 ····· 65
1. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제 ····· 65
제5절. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화 ····· 66
1. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 미생물 변화 ····· 66
2. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화 ····· 67

제4장. 목표달성도 ····· 71
제1절. 연구추진 일정 및 달성도 ····· 71

제5장. 요약 및 결론 ····· 72
제1절. 요약 ····· 72
제2절. 결론 ····· 74

제6장. 참고문헌 ·····75

표 목차

표 1. 저장온도 및 포장방법에 따른 돼지고기 저장기간
표 2. 도체 내 대장균수의 실행기준
표 3. 도체 내 살모넬라균의 실행기준
표 4. 식육 중 미생물 모니터링 검사 권장기준
표 5. 돈육 내 잔류 항균제 허용 기준
표 6. 최근 4년간(2014~2017) 돼지 내 잔류물질(항생물질, 호르몬, 농약, 기타 잔류물질) 검출 두수
표 7. 최근 4년간(2014~2017) 돼지 내 잔류물질의 항목별 정밀정량검사 결과
표 8. 최근 3년간(2015~2017) 돼지 내 주요 잔류위반 항생물질
표 9. 최근 3년간 미국에 유통되는 돼지 내 잔류물질(항생물질, 합성항균제, 호르몬, 농약, 기타 잔류물질) 검출 두수
표 10. 최근 3년간(2015~2017) 미국에 유통되는 돼지 내 주요 잔류위반 항생제
표 11. 중국 상하이 돈육 내 잔류 항생제
표 12. 남아프리카 공화국 돈육 내 잔류 항생제
표 13. 시도별 도축장 내 돈육의 일반세균수 모니터링 결과(2015~2018년)
표 14. 시도별 도축장 내 돈육의 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)
표 15. 전라북도 식육포장처리장, 식육판매장의 돈육 내 일반세균수 및 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)
표 16. 강원도 북부지구 식육포장 처리장, 식육판매장의 돈육 내 일반세균수 및 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)
표 17. 충청남도 식육포장처리장, 식육판매장의 돈육 내 일반세균수 및 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)
표 18. 미국 돈육 내 병원성 미생물 오염도(2017.4~2018.3)
표 19. 베트남 호치민 지역 돈육 내 non-typhoidal Salmonella 오염도
표 20. 국내 유통 중인 한돈 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과
표 21. 국내 유통 중인 한돈의 병원성 미생물 검출률
표 22. 국내 유통 중인 수입돈육 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과
표 23. 국내 유통 중인 수입돈육의 병원성 미생물 검출률
표 24. 국내 유통 중인 수입돈육에서 검출된 병원성 미생물 수
표 25. 한돈과 수입돈육의 일반세균수 비교

표 26. 한돈과 수입돈육의 대장균/대장균군 및 병원성 미생물 검출률 비교
표 27. 국내 유통 중인 한돈의 pH
표 28. 국내 유통 중인 한돈의 육색
표 29. 국내 유통 중인 한돈의 VBN 함량(mg/100g)
표 30. 국내 유통 중인 수입돈육의 pH
표 31. 국내 유통 중인 수입돈육의 육색
표 32. 국내 유통 중인 수입돈육의 VBN 함량(mg/100g)
표 33. 한돈과 수입돈육의 pH 비교
표 34. 한돈과 수입돈육의 육색 비교
표 35. 한돈과 수입돈육의 VBN 함량 비교
표 36. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제 검출률
표 37. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 일반세균수(Log CFU/g) 변화
표 38. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 대장균/대장균군수(Log CFU/g) 변화
표 39. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 pH 변화
표 40. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 육색 변화
표 41. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 VBN 함량(mg/100g) 변화
표 42. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 관능적 품질 변화

그림 목차

그림 1. 주요 국가별 돼지고기 자급률(%)
그림 2. 우리나라의 연간 돼지고기 수입량
그림 3. 돼지고기 안전성에 대한 국외 보도 사례(2015~2018)
그림 4. 돼지고기와 항생제 관련 국내 보도 사례(2015~2017)
그림 5. 도축 후 해체검사 처리 절차도
그림 6. 기생충 검사법(표준기법)
그림 7. Premi® Test AOAC 인증서
그림 8. Premi® Test의 항생제별 검출 한계
그림 9. 국내 돼지 도체 내 결함육(농양) 발생율(%)
그림 10. 이상육에 대한 전문가들의 의견
그림 11. 한돈과 수입돈육의 일반세균수 분포도
그림 12. 원산지별 수입돈육의 일반세균수 및 신선도 비교
그림 13. 한돈 안전성 검증 연구 요약

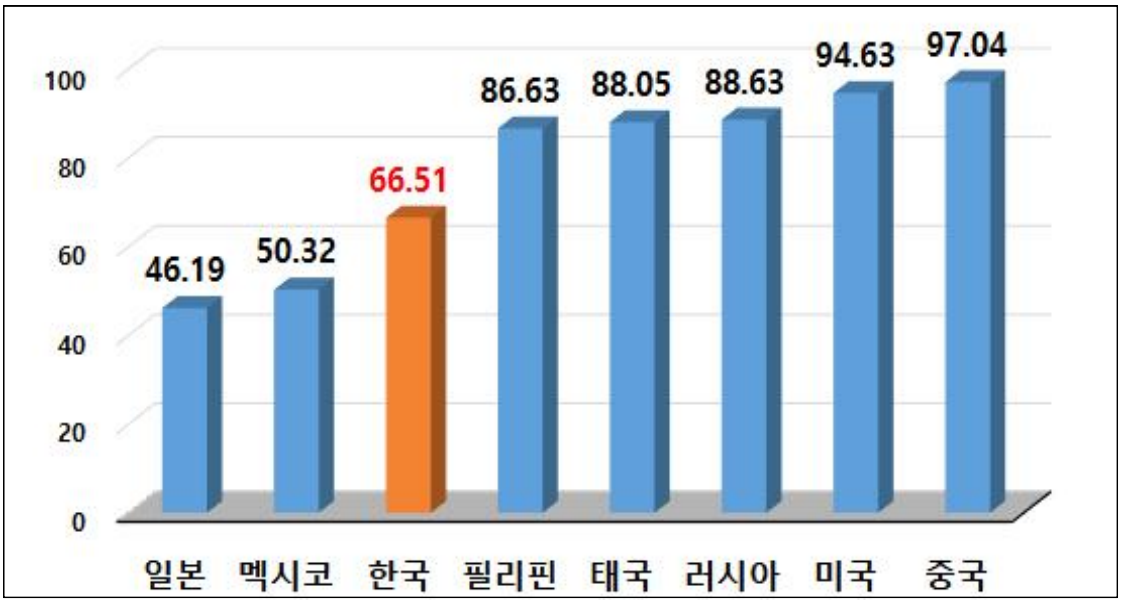
제1장. 연구의 개요

제1절. 연구 배경 및 필요성

1. 연구 배경

○ 국내 돼지고기 소비량 증가와 낮은 자급률

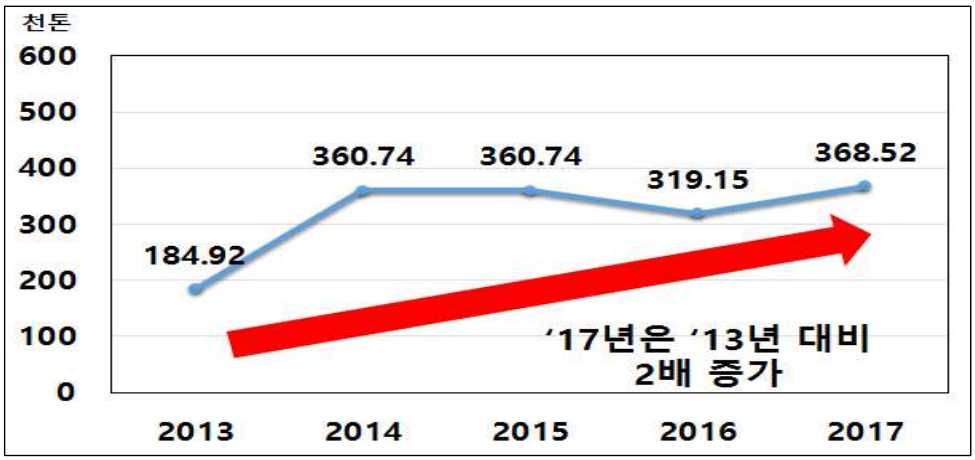
- 우리나라의 연간 1인당 돼지고기 소비량은 2017년을 기준으로 28.7 kg/capita로 OECD 국가 중 4번째 소비국가에 해당하며, 이는 OECD 평균 돼지고기 소비량인 23.6kg/capita 보다도 높은 수준이다(OECD, 2017).
- 하지만 우리나라의 돼지고기 자급율은 낮은 수준인 66.51%이며(그림 1), 연간 돼지고기 수입량이 증가해 2017년을 기준으로 약 36만 8천톤에 달했다(그림 2). 또한 돼지고기의 수입량은 관세 철폐 등의 무역적인 이유로 더 증가될 수 있다.



(USDA, 2018)

그림 1. 주요 국가별 돼지고기 자급률(%)

* 자급률 = 자급량(소비량-수입량)/소비량×100



(농림축산검역본부, 2018)

그림 2. 우리나라의 연간 돼지고기 수입량

○ 돼지고기 안전성에 대한 위협

- 돼지고기 섭취에 대한 안전성은 바이러스, 미생물, 기생충, 항생제 등에 의해 계속 위협받고 있으며, 특히 국외에서 안전성 관련 위험 사례가 꾸준히 보고되고 있다(그림 3).
- 최근 2017년 8월 유럽 전역에 퍼진 E형 간염 바이러스의 원인으로 지목된 독일·네덜란드산 소시지가 국내에도 대량 수입된 것으로 나타났으며, 이에 식품의약품안전처는 유럽산 비가열 햄·소시지의 유통을 전면 중단하였다.
- 2018년 2월 미국 플로리다에 사는 성인 남성이 덜 익은 햄을 먹고 눈에 갈고리 촌충이 감염된 사례가 있었다.
- 2018년 3월 중국 광저우에서 덜 익은 돼지고기를 먹은 남성의 뇌에 기생충이 감염되어 신경낭미충증을 진단받았다.

그림 3. 돼지고기 안전성에 대한 국외 보도 사례(2015~2018)

- 우리나라는 돼지고기 내 항생제 잔류 허용 기준을 설정하여 엄격하게 관리하고 있으나 여전히 소비자들은 돼지고기 내 잔류 항생제에 대해 우려하고 있다.
- 최근 구제역 백신의 사용으로 간혹 돼지 목살에서 '흰색 덩어리(고름)' 이 발견되고 있으며, 소비자들은 섭취 안전성에 대해 우려하고 있다(그림 4).

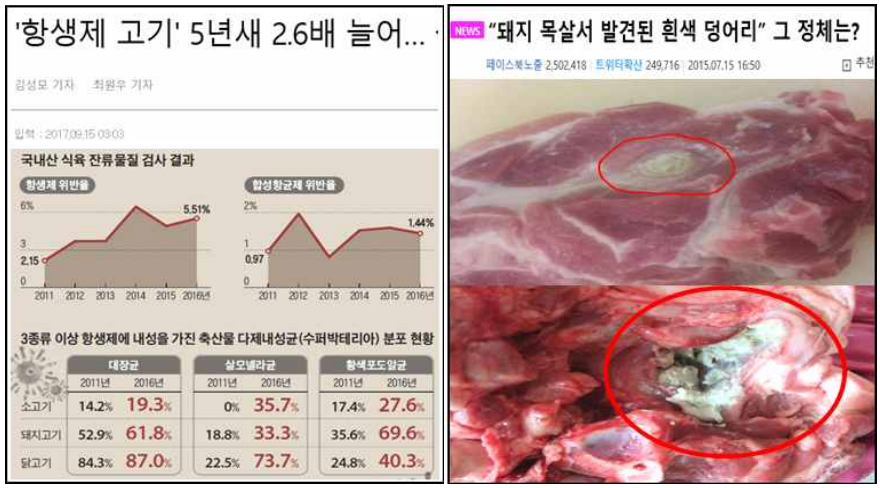


그림 4. 돼지고기와 항생제 관련 국내 보도 사례(2015~2017)

○ 한돈의 안전성 관리

- 축산물은 부패세균 및 병원성 세균에 의하여 직간접으로 오염되기 쉬우며, 이로 인한 식중독 역시 꾸준히 발생하고 있다. 따라서 축산물에 대한 미생물학적 안전 관리와, 소비자의 신뢰도를 높이기 위한 노력이 필요하다.
- 돼지고기는 일반적으로 0~2℃에서 저장 시 10~14일 이내로 보관해야하며, 비닐포장의 경우 0℃에서 최대 30일, 5℃에서 최대 15일까지 저장이 가능하지만, 구매 후 3~5일 이내에 소비할 것을 권고하고 있다(표 1)(농촌진흥청, 2010).

표 1. 저장온도 및 포장방법에 따른 돼지고기 저장기간

돼지고기	포장방법				
	일반	비닐포장		진공포장	
	0~2℃	0℃	5℃	0℃	5℃
저장기간	10~14일	30일	15일	40일	30일

○ 한돈 내 미생물 안전성 관리에 관한 규정

- 도축장 내 대장균(*Escherichia coli* Biotype Ⅰ) 및 살모넬라균(*Salmonella* spp.)의 검사는 '식품 및 축산물 안전관리인증기준'에 따라 실시한다(표 2~3)(식품의약품안전처 고시 제2018-69호).

표 2. 도체 내 대장균수의 실행기준

도축장	허용기준치 (CFU/cm^2,mL)	최대허용한계치 (CFU/cm^2, mL)	대장균수 평가기준	
			검사 시료수	허용기준치 이상에서 최대허용한계치 이하까지 최대 허용 시료수
소	5 미만	100	13	3
돼지	**10 미만**	**10,000**	**13**	**3**
닭·오리	100 미만	1,000	13	3

표 3. 도체 내 살모넬라균의 실행기준

도축장	살모넬라균 검출 허용기준		살모넬라균 검출률(년간)
	검사 시료수	최대 허용 검출 시료수	
소	26	1	2.5% 이내
돼지	**26**	**2**	**7% 이내**
닭·오리	26	5	18% 이내

- 국내에 유통되는 식육에 대해 대장균(*Escherichia coli* Biotype Ⅰ)수 및 일반세균수를 모니터링하며 권장 기준을 준수하도록 하고 있으며, 권장 기준(표 4)을 초과한 경우 해당 작업장 등의 영업자에게 위생감독 강화를 지시하도록 하고 있다(식육 중 미생물 검사에 관한 규정, 식품의약품안전처 고시 제2018-2호)

표 4. 식육 중 미생물 모니터링 검사 권장기준

구분	일반세균수(CFU/g 또는 cm^2)			대장균수(CFU/g 또는 cm^2)		
	도축장	식육포장 처리장	식육판매장	도축장	식육포장 처리장	식육판매장
쇠고기, 양고기	1×10^5이하	5×10^6이하	5×10^6이하	1×10^2이하	1×10^3이하	1×10^3이하
돼지고기	**1×10^5이하**	**5×10^6이하**	**5×10^6이하**	**1×10^4이하**	**1×10^4이하**	**1×10^4이하**
닭, 오리고기	1×10^5이하	5×10^6이하	5×10^6이하	1×10^3이하	1×10^4이하	1×10^4이하

- 또한 식육 내 살모넬라(*Salmonella* spp.), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 장염 비브리오(*Vibrio parahaemolyticus*), 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*), 리스테리아 모노사이토제네스 (*Listeria monocytogenes*), 장출혈성 대장균 등 식중독균의 수준을 n=5, c=0, m=0/25 g으로 규정하고 있다(축산물 성분규격, 식품의약품안전처 고시 제2018-74호).

○ 한돈 내 기생충 안전성 관리에 관한 규정

- 돼지고기 중 기생충에 대한 안전성 관리를 위하여 해체 검사(그림 5) 시 지육의 기생충 검사를 실시하며, 발생 시 해당 식육 및 내장을 폐기한다(도축하는 가축 및 그 식육의 세부검사 기준, 농림축산검역본부 고시 제2016-18호).

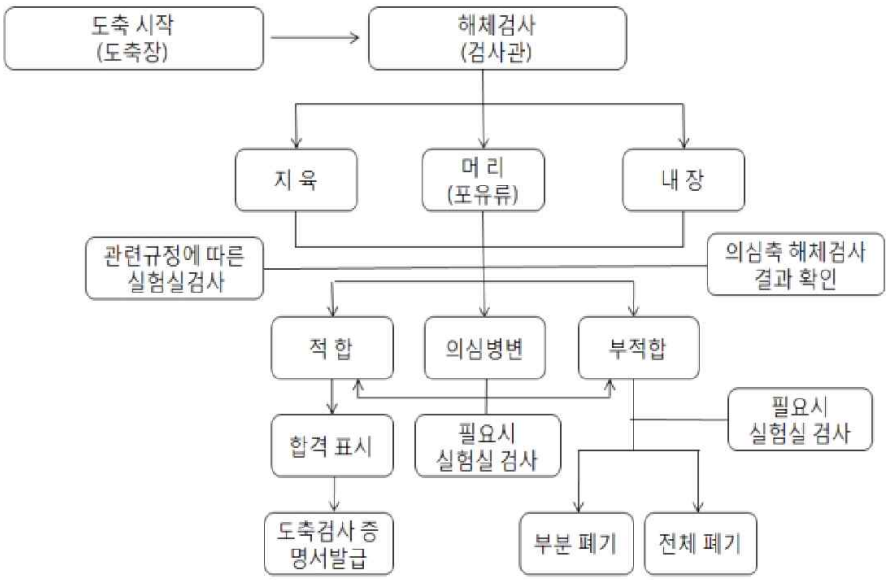


그림 5. 도축 후 해체검사 처리 절차도

- ‘식품의 기준 및 규격’에 식육 내 기생충 검사법이 제시되어 있다(그림 6)(식품의약품안전처 고시 제2018-74호).

① 인공 소화를 위하여, 가능하다면 혀, 늑간 또는 횡격막 근육을 선택한다.
② 마쇄기로 검사 시료를 마쇄한다.
③ 37℃에서 수돗물로 조제된 1% 펩신 또는 0.5% 염산용액에 넣고 교반한다. 마쇄재료 10 g에 대하여 용액을 최소한 100 mL를 사용하도록 한다. 진단을 위해서는 500 mL을 사용한다.
④ 자석식 교반기로 계속 교반하든지 또는 빈번한 간격으로 초자봉으로 교반 하면서 37℃에서 4~6시간 동안 항온 시킨다.
⑤ 0.25 mm와 0.075 mm 크기의 망체를 통하여 걸러서 수돗물 줄기를 이용하여 잘 세척한다.
⑥ 600 mL 평량병에 침전법으로 3회 세척해 넣는다. 진단검사를 위한 완전한 침전 재료를 얻기 위하여 20분간 정치한다.
⑦ 따듯한 물을 넣고 해부 현미경하에서 조심스럽게 검사한다.
⑧ 선모충 유충의 감염이 확인된 돼지는 도체 전체를 폐기한다.

그림 6. 기생충 검사법(표준기법)

○ 한돈 내 잔류 항생제 안전성 관리에 관한 규정

- 우리나라는 ‘식육 중 잔류물질 검사요령’에 의거하여 식육 중 항균제(항생물질, 합성항균제), 호르몬제, 농약 등의 잔류물질을 검사한다(식품의약품안전처 고시 제2018-51호).
- 모니터링 검사 : 유해성잔류물질에 대한 잔류 여부를 확인하기 위해 실시하는 검사로 출하 전 잔류검사와 도축 후 식육잔류검사로 나누어진다.
- 규제검사 : 출하제한농가 및 잔류위반농가에서 출하한 가축, 기립불능 가축 등 생체·해체 검사에서 잔류위반 가능성이 높은 가축 또는 그 식육을 대상으로 실시하는 검사이며, 검사결과 판정 시까지 도축장 출고보류 조치를 전제로 한다.
- 박층크로마토그라프법(TLC), BmDA법(*B. megaterium* disc assay), EEC 4-plate법, 효소면역분석법(ELISA), 미생물수용체분석법 또는 형광면역분석법 등을 이용하여 간이정성 검사를 실시한 결과가 양성판정인 도체에 대해서 정밀정량검사를 실시한다.
- 돈육 내 잔류 항균제 기준은 표 5에 나타내었다(식품의 기준 및 규격, 식품의약품안전처 고시 제2018-74호).

표 5. 돈육 내 잔류 항균제 허용 기준

항균제 종류	잔류 허용 기준 (mg/kg)
겐타마이신(Gentamicin)	0.1
네오마이신(Neomycin)	0.5
다노플록사신(Danofloxacin)	0.1
디히드로스트렙토마이신/스트렙토마이신 (Dihydrostreptomycin과 Streptomycin의 합)	0.6
바시트라신(Bacitracin)	0.5
버지니아마이신(Virginiamycin)	0.1
벤질페니실린(Benzylpenicillin, Penicillin G, Procaine benzylpenicillin)	0.05
설파제(Sulfonamides의 총합)	0.1
세프티오퍼(Ceftiofur)	1.0

표 5. 돈육 내 잔류 항균제 허용 기준(계속)

항균제 종류	잔류 허용 기준 (mg/kg)
스펙티노마이신(Spectinomycin)	0.5
스피라마이신(Spiramycin)	0.2
아목시실린(Amoxicillin)	0.05
암피실린(Ampicillin)	0.05
에리스로마이신(Erythromycin)	0.05
엔로플록사신(Enrofloxacin) (Enrofloxacin과 Ciprofloxacin의 합)	0.1
옥소린산(Oxolinic acid)	0.05
옥시테트라싸이클린/클로르테트라싸이클린/테트라싸이클린 (Oxytetracycline, Chlortetracycline 및 Tetracycline의 합)	0.2
타일로신(Tylosin)	0.1
티암페니콜(Thiamphenicol)	0.05
틸미코신(Tilmicosin)	0.1
플루메퀸(Flumequin)	0.2
독시싸이클린(Doxycycline)	0.1
노르플록사신(Norfloxacin)	불검출
오플록사신(Ofloxacin)	
페플록사신(Pefloxacin)	
린코마이신(Lincomycin)	0.2
밤버마이신(Bambermycin, Flavomycin, Flavophospholipol)	0.01
아빌라마이신(Avilamycin)	0.05
아프라마이신(Apramycin)	0.1
엔라마이신(Enramycin)	0.03
콜리스틴(Colistin)	0.15
티아물린(Tiamulin)	0.1
디클록사실린(Dicloxacillin)	0.3
디플록사신(Difloxacin)	0.4

표 5. 돈육 내 잔류 항균제 허용 기준(계속)

항균제 종류	잔류 허용 기준 (mg/kg)
마보플록사신(Marbofloxacin)	0.15
세파졸린(Cefazolin)	0.05
세팔렉신(Cefalexin)	0.2
세프퀴놈(Cefquinome)	0.05
오비플록사신(Orbifloxacin)	0.02
조사마이신(Josamycin)	0.04
카나마이신(Kanamycin)	0.1
클라불라닌산(Clavulanic acid)	0.1
클록사실린(Cloxacillin)	0.3
키타사마이신(Kitasamycin)	0.2
플로르페니콜(Florfenicol)	0.3
트리메토프림(Trimethoprim)	0.05
발네물린(Valnemulin)	0.05
툴라스로마이신(Tulathromycin)	0.1
아미카신(Amikacin)	0.1
틸디피로신(Tildipirosin)	1.2
아미노피린(Aminopyrine)	0.01
폴리믹신 비(Polymyxin B)	0.01
미노싸이클린(Minocycline)	0.01
파로모마이신(Paromomycin, Aminosidine, Monomycin)	0.01
나이트록소린(Niroxoline)	0.01
틸바로신(Tylvalosin)	0.05
노시헵타이드(Noshiheptide)	0.01

○ Premi® Test (R-Biopharm AG, Germany)

- 식육 내 잔류 항생제를 검사할 수 있는 간이검사키트로서 고온균인 *B. stearothermophilius* 균주를 이용하여 이 균의 성장 억제 여부를 통해 항생제 잔류 여부를 검사할 수 있다.
- 결과 판독까지 4시간 정도의 짧은 시간이 소요되는 장점을 가지고 있으며 여러 종류의 항생제를 축산물에서 광범위하게 검출할 수 있다. 또한, 우리나라에서 잔류위반율이 높은 설파제, 테트라사이클린계 등의 잔류 항생제 검출을 위해 적용 가능하다.
- 본 시험법은 AOAC의 인증(그림 7)을 받은 시험법으로 현재 프랑스, 독일(2002/657/EC), 러시아(no. 14.6/01921), 벨기에, 체코, 홍콩, 대만 등에서 상용화되어 사용 중이다.
- Premi® Test 제조사에 제시한 각 항생제별 검출 한계는 그림 8에 나타내었다.

AOAC RESEARCH INSTITUTE

CERTIFICATION

AOAC® *Performance Tested*℠

Certificate No.

060601

The AOAC Research Institute hereby certifies that the performance of the test kit known as:

Premi®Test

manufactured by
DSM PREMI® Test B. V.
P. O. Box 6500
6401 JH HEERLEN
The Netherlands

This method has been evaluated in the AOAC® *Performance Tested Methods*℠ Program, and found to perform as stated by the manufacturer contingent to the comments contained in the manuscript. This certificate means that an AOAC® Certification Mark License Agreement has been executed which authorizes the manufacturer to display the AOAC *Performance Tested*℠ certification mark along with the statement - "THIS METHOD'S PERFORMANCE WAS REVIEWED BY AOAC RESEARCH INSTITUTE AND WAS FOUND TO PERFORM TO THE MANUFACTURER'S SPECIFICATIONS" - on the above mentioned method for a period of one calendar year from the date of this certificate (November 28, 2017 – December 31, 2018). Renewal may be granted at the end of one year under the rules stated in the licensing agreement.

Deborah McKenzie
Deborah McKenzie, Senior Director
Signature for AOAC Research Institute

November 28, 2017
Date

2275 Research Blvd., Ste. 300, Rockville, Maryland, USA Telephone: +1-301-924-7077 Fax: +1-301-924-7089
Internet e-mail: aoacri@aoac.org * World Wide Web Site: http://www.aoac.org

그림 7. Premi® Test AOAC 인증서

Substances	Chicken	Pork	Beef	Eggs	Shrimp
β-lactams					
Amoxicillin	5	5	5	5	15
Ampicillin	5	5	5	5	
Penicillin-G	2.5	2.5	2.5	2.5	5
Cloxacillin		>100		100	
Oxacillin		100			
Dicloxacillin					
Cephalosporins					
Cefquinome	75	100	100		
Ceftiofur	100	200	100	400	
Macrolides					
Tylosin	50	25 - 50	50	50	
Erythromycin	100	100	100	50	100
Lincomycin	100	100	100		
Tilmicosin	50	50	50		
Spiramycin	1000	1000	1000		
Tetracyclins					
Chlortetracycline	100	100	100	600	1000
Oxytetracycline	100	100	100	400	100
Doxycycline	100	100	100	200	
Tetracycline		50		200	
Demeclocycline		50			
Sulfonamides					
Sulfamethazine	75	50-100	100	25	
Sulfadiazine	75	50-75	75	25	50
Sulfamethizole		50-100			
Sulfguanidine	<200	150	<200		
Sulfadimethoxine		25 - 50	<100		50
Sulfapyridine	<50	50	<100		
Sulfamethoxypyridine	<100	25			
Sulfisoxazole	<100	25			
Sulfathiazole	<100	25			
Sulfachloropyridazine	<100	25			
Sulfamerazine	<100	25	<100		
Sulfanilamidee	<100	150			
Sulfaquinoxaline	<100	50	<50		
Sulfametiozole	<100		<50		
Sulfamethoxazole				25	

Substances	Chicken	Pork	Beef	Eggs	Shrimp
Aminoglycosides					
Gentamicin	100	100	100	100	
Streptomycin	1500	1500	3000	1000	
Neomycine	300	300	300	300	200
Spectinomycine			5000		
Chinolone					
Oxolin acid					>10000
Enrofloxacin	>600	>600	>600		
Flumequine	>100	>100	>100		
Polypeptide					
Virginiamycin	500	500	500		
Bacitracin	500	500	500		
Zn-bacitracin	1250				
Colistin	>1000				
Ionophores					
Salinomycin	1000				
Monensin	1250				
Lasalocid	10000				
Oligosaccharides					
Avilamycin	>5000				
Andere					
Florfenicol	100	100	100		5000
Chloramphenicol	2500	2500	2500	2500	
Trimethoprim	50				
Narasin	1250				
Amprolium	>2000				
Phosphomycine	>1500				
Ronidazole					>5000
Furazolidone	>1500				

(단위 : μg/kg = ppb)

그림 8. Premi® Test의 항생제별 검출 한계

2. 연구 필요성

○ 우리나라는 안전한 돼지고기 공급을 위해 다양한 정책을 통하여 관리하고 있으나, 돼지고기 안전성을 위협하는 요소들이 계속 보고되고 있어 한돈의 안전성에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.

○ 특히 국외에서 보고되는 오염 사례가 많아 한돈 뿐만 아니라 수입돈육에 대한 안전성 비교 검증분석이 필요하다.

○ 우리나라는 돼지고기 수요에 비해 공급량이 부족하여 일부를 수입에 의존하고 있으나 수입돈육은 한돈보다 가격 경쟁력이 높아 한돈의 경쟁력 제고를 위한 연구가 필요하다.

○ 한돈과 수입돈육을 구분하는 가장 주요한 요소는 유통과정으로, 소비자에게 유통되기까지 장시간 소요되는 수입돈육과 바로 유통되는 한돈과 비교하여 한돈의 안전성 차별화 연구가 필요하다.

제2절. 연구 목적

○ 국내 유통중인 한돈과 수입돈육에 대한 미생물학적 안전성, 신선도 분석 및 잔류 항생제 검사를 통해 한돈의 안전성 검증

○ 한돈과 수입돈육의 냉장 저장 중에 신선도 변화 비교 분석을 통해 유통 과정에서 발생할 수 있는 한돈의 안전성 검증

○ 최종적으로 이러한 결과들을 수입돈육과 비교하여 한돈의 안전성을 알리고 수입돈육과의 차별화를 통해 한돈의 소비 촉진 유도

제2장. 연구 내용 및 방법

제1절. 연구 내용

1. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성

○ 국내 유통 중인 한돈과 냉장 수입돈육의 미생물학적 안전성 분석

- 시료 : 냉장 한돈 및 수입돈육 목살(각각 n=120)
- 수집 범위 : 서울/경기 내 유통중인 한돈과 4개국 수입돈육
- 분석항목 : 일반미생물(일반세균, 대장균, 대장균군) 및 병원성 미생물 (*Listeria monocytogenes, Salmonella* spp. *Staphylococcus aureus*)

2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도

○ 국내 유통 중인 한돈과 냉장 수입돈육의 신선도 분석

- 시료 : 냉장 한돈 및 수입돈육 목살(각각 n=120)
- 수집 범위 : 서울/경기 내 유통중인 한돈과 4개국 수입돈육
- 분석항목 : pH, 육색, 휘발성염기태질소(VBN)

3. 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제

○ 국내 유통 중인 한돈과 냉장 수입돈육 내 잔류 항생제 검사

- 시료 : 냉장 한돈 및 수입돈육 목살(각각 n=120)
- 수집 범위 : 서울/경기 내 유통중인 한돈과 4개국 수입돈육
- 분석항목 : 잔류 항생제(테트라사이클린, 스트랩토마이신, 암피실린 등)

4. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화

○ 냉장 저장(4℃) 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화 분석

- 시료 : 냉장 한돈 및 수입돈육 목살
- 분석항목 : 일반세균, 대장균/군, pH, 육색, 휘발성염기태질소(VBN), 관능평가

5. 분석 및 연구 결과에 따른 공동 홍보 대응

○ 일반미생물 및 병원성 미생물 검사 결과를 바탕으로 국내 유통 중인 한돈의 미생물학적 안전성 홍보

○ 국내 유통 중인 냉장 한돈 및 수입돈육의 신선도 및 잔류 항생제 분석을 통한 한돈의 안전성 홍보

○ 한돈의 신선도 우수성 홍보

제2절. 연구 방법

1. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성

1) 공시재료

○ 2018년 5월부터 8월까지 서울/경기에 소재하고 있는 무작위로 선정된 한돈 판매점 120곳과 냉장 수입돈육(멕시코, 캐나다, 칠레, 미국) 판매점 120곳에서 목살을 구매하였다(각각 n=120).
○ 시료 구매 시에는 작업환경의 오염을 최소화하기 위하여 진열되어 있지 않은 냉장 온도에서 진공팩 상태로 저장 중인 고기를 꺼내어 시료로 이용하였다.
○ 한돈과 수입돈육은 현재 유통 상황을 고려하여 한돈은 도축 후 약 14~28일 이내의 시료를 이용하였으며, 수입돈육의 경우 수입되는 과정을 포함하여 도축 후 약 35~56일 이내의 시료를 이용하였다.
○ 한돈은 HD(HanDon), 수입돈육은 IP(Imported Pork)로 명명하여 120개 샘플에 각각 1~120번까지 일련번호를 부여하였으며, 미생물학적 안전성 분석과 신선도 분석, 그리고 잔류 항생제 검사에 대해 동일한 샘플로 분석을 시행하였다.

2) 분석 방법

가. 일반세균 및 대장균/군

한돈과 수입돈육의 일반세균 및 대장균군/군 시험은 축산물의 가공 기준 및 성분 규격(식품의약품안전처 고시 제2017-24호) 내 축산물 시험방법에 의거하여 실시하였다. 멸균된 가위와 집게를 이용하여 한돈과 수입돈육 시료를 각각 10 g씩 채취하였으며, 시료 10 g과 멸균생리식염수 90 mL을 멸균백에 넣고 stomacher (Bag Mixer 400, Interscience, France)를 이용하여 1분간 균질화하였다. 균질액은 멸균생리식염수를 이용하여 각각의 희석배수로 희석하였다. 일반세균과 대장균 및 대장균군은 3M Petrifilm (Aerobic count plate, *E. coli*/Coliform count Plate, 3M, USA)을 사용하여 제조사의 방법에 따라 1 mL을 Petrifilm에 분주한 후 37℃에서 48시간 배양하여 군락수를 계수하였다.

나. 병원성 미생물

*Listeria monocytogenes*은 PALCAM (MBcell, Korea) 선택배지를 사용하였으며, *Salmonella* spp.와 *Staphylococcus aureus* 배양은 각각 XLD agar와

Baird-Parker (MBcell, Korea) 선택 배지를 사용하였다. 각 단계별 희석액을 선택배지에 1 mL씩 분주하여 배양하였다. 이 후 *Listeria monocytogenes*는 30℃에서 48시간 동안 배양하였으며, *Salmonella* spp.는 37℃에서 24시간 동안, *Staphylococcus aureus*는 37℃에서 48시간 동안 배양한 후 각각의 전형적인 콜로니 수를 계수하였다.

다. 통계분석

한돈과 수입돈육의 일반세균, 대장균/군, 병원성 미생물 비교 결과는 SAS program (ver. 9.4)의 General Linear Model (GLM) 방법을 이용하여 분산분석하였다. 처리군의 평균값간의 비교를 위해 tukey 방법에 의해 5% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도

1) 공시재료

○ 제2장, 제2절의 [1. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성]에 이용된 시료와 동일한 시료를 이용하였다.

2) 분석 방법

가. pH

pH는 시료 10 g을 90 mL의 증류수와 함께 homogenizer (PolyTron ® PT-2500E, Kinematica, Switzerland)로 균질화한 후, pH meter (Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)로 측정하였다.

나. 육색

육색은 색차계(Colormeter CR-30, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 L* (lightness, 명도), a* (redness, 적색도), b* (yellowness, 황색도) 값을 동일한 방법으로 6반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 이때 표준색은 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194인 표준백판을 사용하여 측정하였다.

다. 휘발성염기태질소(VBN)

휘발성염기태질소(Volatile Basic Nitrogen; VBN) 함량은 식품공전법에 의거하여 conway unit를 사용하는 미량확산법으로 측정하였다. 시료 5 g에 25

mL의 증류수를 넣고 magnetic stirrer를 이용하여 30분간 단백질을 추출하였다. 추출액을 Whatman No.1 여과지를 이용하여 여과한 후 시험에 이용하였다. Conway unit 외실에 여과액 1 mL과 K_2CO_3 포화용액 1 mL을 넣은 후 내실에 0.01N H_2SO_4를 넣고 바세린을 바른 후 conway unit 뚜껑을 신속하게 밀폐시켰다. 이후 25℃에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 종료된 후 conway unit 내실에 Brunswik 지시약(0.2 g methyl red와 0.1 g methylene blue in 100 mL ethanol) 첨가하고 0.01N NaOH로 적정한 후 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$VBN\ (mg/100g) = 0.14 \times \{(b-a)\times f\}/W \times 100 \times d$$

W : 시료채취량(g)
a : 본 실험에서의 적정값(mL)
b : 공실험에서의 적정값(mL)
f : 0.01N NaOH의 역가
d : 희석배수

라. 통계분석

한돈과 수입돈육의 신선도 비교 결과는 SAS program (ver. 9.4)의 General Linear Model (GLM) 방법을 이용하여 분산 분석하였다. 평균값간의 비교를 위해 tukey 방법에 의해 5% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

3. 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제

1) 공시재료

○ 제2장, 제2절의 [1. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성]에 이용된 시료와 동일한 시료를 이용하였다.

2) 분석 방법

가. Premi® 검사법(R-Biopharm AG, Germany)

한돈 및 수입돈육으로부터 100 μL의 육즙을 추출한 후 앰플 배지에 넣고 20분 동안 실온에서 배양하였다. 배양 후 증류수로 2번 세척한 후 완전히 증류수를 제거하여 64℃ 조건의 인큐베이터에서 3시간 10분 동안 배양하였다. 배지 앰플의 색이 보라색에서 노란색으로 변화하는 경우 항생물질이 검출 한계 이하로 존재한다는 것을 뜻하여 음성을 판정하고, 보라색이 나타날 경우 항생물질이 검출 한계 이상으로 존재한다는 것을 나타내 양성으로 판정하였다.

4. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화

1) 공시재료 및 저장 조건

○ 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육(멕시코, 캐나다)을 식육판매장에서 구입하여 이용하였으며, 현재 유통 상황을 고려하여 한돈은 도축 후 14일이, 수입돈육의 경우 수입되는 과정을 포함하여 도축 후 35~40일이 된 시료를 이용하였다.

○ 각 시료를 약 1 cm 두께로 일정하게 절단한 후 저밀도선상랩으로 호기포장하여 4±2℃에서 저장하며 분석에 이용하였다. 한돈과 수입돈육은 9일까지 저장하며 2일 간격으로 각 1, 3, 5, 7, 9일에 분석하였다.

2) 분석 방법

가. 일반세균 및 대장균/군

제2장, 제2절의 [1. 유통 중인 한돈과 수입돈육에 대한 미생물학적 안전성 분석]의 '가. 일반세균 및 대장균/군' 분석방법과 동일하게 진행하였다.

나. pH

제2장, 제2절의 [2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도]의 '가. pH' 분석방법과 동일하게 진행하였다.

다. 육색

제2장, 제2절의 [2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도]의 '나. 육색' 분석방법과 동일하게 진행하였다.

라. 휘발성염기태질소(VBN)

제2장, 제2절의 [2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도]의 '다. 휘발성염기태질소(VBN)' 분석방법과 동일하게 진행하였다.

마. 관능평가

관능평가는 관능패널 16명을 선별하여 9점 척도법으로 실시하였다. 관능평가 항목으로 육색, 냄새, 이취(부패취), 종합적 기호도를 평가하였으며, 이취를 제외하고는 각 평가 요인별로 1점은 매우 나쁨, 9점은 매우 좋음으로 표시하도록 하였다. 단, 이취는 1점이 매우 약함, 9점이 매우 강함으로 평가하였다.

바. 통계분석

분석 결과는 SAS program (ver. 9.4)의 General Linear Model (GLM) 방법을 이용하여 분산 분석하였다. 평균값간의 비교를 위해 tukey 방법에 의해 5% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

제3장. 연구 결과

제1절. 최근 국내·외 돈육의 안전성 관리 현황

1. 이상육

1) 이상육의 정의 및 발생원인

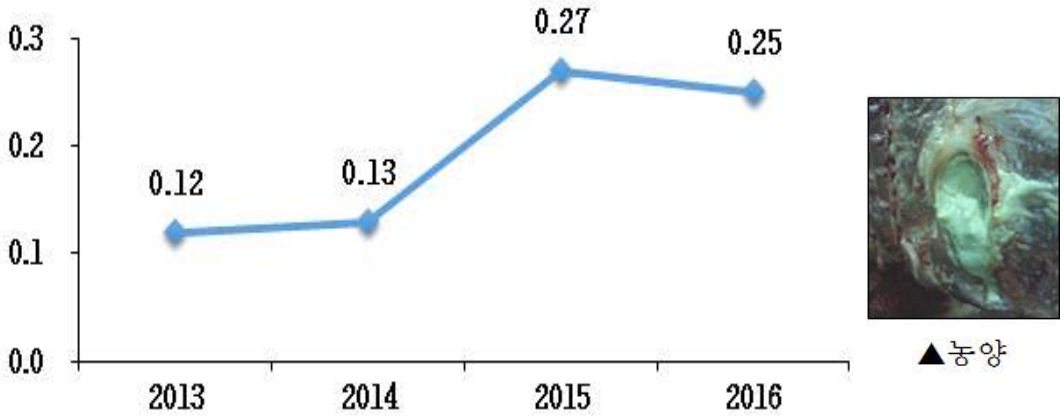


그림 9. 국내 돼지 도체 내 결함육(농양) 발생률(%)

(축산물품질평가원, 2017)

축산품질평가원(2017)의 자료에 따르면, 결함육은 방혈불량, 이분체 불량, 골절, 척추이상, 농양, 근출혈, 호흡기불량, 피부불량 등으로 인해 도체의 육질에 영향을 끼친 식육이라고 하며, 국내 돼지 도체 내 발생한 결함육 중 농양 발생률은 2015년 0.27%였으나 2016년에는 0.25%로 감소하였다(그림 9).

구제역 백신 접종의 부작용으로 비화농성 미세결절 혹은 비화농성 육아종 발생 등의 이상육이 발생할 수 있으며, 백신접종으로 인한 이상육 발생은 생산성 저하로 이어질 수 있다(박 등, 2015).

2) 이상육에 대한 전문가 의견

이상육(농양)이 발견된 식육 섭취와 관련하여 각 분야의 전문가들은 해당 부위를 제거하고 먹으면 안전성에 무리는 없다고 하였으나 이에 대한 과학적인 근거가 여전히 부족한 실정이다(그림 10).

(팩트올, 2015)

3) 이상육 관련 국내외 법률

도축장에서는 도축하는 가축 및 그 식육이 건강에 위해를 끼칠 우려가 있는지 '도축 검사'를 통해 검사하며, 도축 검사 중 지육에 농양이 발견된 경우 농양부위를 폐기한다고 명시되어 있다(축산물 위생관리법, 농림축산검역본부 고시 제 2016-18호).

캐나다 식품 검사국(Canadian Food Inspection Agency)의 'Annex F: Disposition for Red Meat Species' 보고서에 따르면 주사 부위에 주사침으로 인해 염증이 생긴 경우, 도체의 화학 잔류물 (항생제 또는 기타 화학 잔류물) 검사를 실시한다. 결과가 음성일 때는 감염부분만 제거하고 판매 가능하지만 양성일 경우 전체 도체를 폐기해야한다고 명시하고 있다.

2. 국내·외 돈육 내 잔류 항생제 검출률

1) 최근 국내 돼지 내 잔류 항생제 및 기타 잔류 물질 (호르몬, 농약 등) 검사 결과

표 6. 최근 4년간(2014~2017) 돼지 내 잔류물질(항생물질, 호르몬, 농약, 기타 잔류물질) 검출 두수

년도	구분	검사두수	검출두수 (%)	위반두수 (%)
2014	모니터링 검사*	87,821	274(0.31)	134(0.15)
	규제검사**	26,201	273(1.04)	210(0.80)
	소계	114,022	547(0.48)	344(0.30)
2015	모니터링 검사	63,000	306(0.49)	146(0.23)
	규제검사	22,333	195(0.87)	104(0.47)
	소계	85,333	501(0.59)	250(0.29)
2016	모니터링 검사	61,470	388(0.62)	156(0.24)
	규제검사	19,993	129(0.65)	65(0.33)
	소계	81,463	512(0.63)	211(0.26)
2017	모니터링 검사	57,329	260(0.45)	98(0.17)
	규제검사	19,722	187(0.95)	102(0.52)
	소계	77,051	447(0.58)	200(0.26)

* 모니터링 검사 : 축산물위생검사기관의 검사관이 도축장에서 시료를 채취하여 실시하는 검사
** 규제검사 : 잔류위반농가에서 출하한 가축이나 생체・해체 검사에서 가축질병의 증상 또는 병변이 확인되는 등 잔류위반 가능성이 높은 가축 또는 그 생산물을 대상으로 실시하는 검사

농림축산검역본부가 2014년부터 2017년까지 시행한 돼지 내 잔류물질 모니터링 검사 결과, 연도별로 잔류물질이 검출된 두수는 전체 검사 두수 57,329~87,821 두수 중 0.31~0.62% 수준이었으며, 위반두수는 최소 98건에서 최대 156건으로 모두 0.3% 이하의 잔류물질 위반율을 나타내었다(표 6).

또한, 농림축산검역본부가 실시한 규제검사 결과, 2014년도에 돼지 총 26,201두 중 210두(0.80%)가 위반하였으며 이후 2015년과 2016년도에는 점차 위반두수가 감소하여 2016년에 0.33%의 위반 두수율을 나타내었다. 하지만 2017년도에는 출하된 돼지 총 19,722두 중 102두가 위반하여 0.52%의 위반율을 나타내었다.

표 7. 최근 4년간(2014~2017) 돼지 내 잔류물질의 항목별 정밀정량검사 결과

(단위 : 물질건수)

검사항목	2014		2015		2016		2017	
	검사	위반(%)	검사	위반(%)	검사	위반(%)	검사	위반(%)
항생물질	3,511	343 (9.8)	3,015	202 (6.7)	3,377	193 (5.7)	2,658	189 (7.1)
합성항균제	5,400	192 (3.6)	5,027	169 (3.4)	4,875	146 (3.0)	3,954	91 (2.3)
호르몬	60	-	80	-	60	-	51	-
기타	453	-	430	-	437	-	279	-
농약	320	-	391	-	287	-	297	-
계	9,744	535 (5.5)	8,943	371 (4.1)	9,036	339 (3.8)	7,239	280 (3.8)

정밀검사는 작업장에서 무작위로 검체를 채취하여 실험실에서 간이정성검사 및 정밀정량검사를 통하여 위반여부를 판단하게 된다. 2014~2017년에 농림축산검역본부에서 실시한 돼지 내 잔류물질 정밀정량검사 결과는 표 7에 나타내었다. 지난 4년간 잔류 항생물질을 위반한 물질건수는 최소 189건에서 최대 343건(5.7~9.8%)으로 검사항목 중 항생물질에서 가장 많은 위반두수를 보였다.

표 8. 최근 3년간(2015~2017) 돼지 내 주요 잔류위반 항생물질

위반물질		2015	2016	2017
항생물질 1군	페니실린계	137/1,087 (12.6)*	121/1,041(11.6)	92/960 (9.6)
	테트라싸이클린계	6/664 (0.9)	5/725 (0.7)	5/531 (0.9)
	마크로라이드계	1/427 (0.2)	0/553 (0)	6/439 (1.4)
	아미노글리코싸이드계	57/430 (13.3)	60/506 (10.8)	79/391 (20.2)
	세팔로스폴린계	0/114 (0)	0/275 (0)	0/156 (0)
	기타	0/25 (0)	0/54 (0)	0/5 (0)
	계	201/2,747 (7.3)	186/3,154 (5.9)	183/2,513 (7.3)
항생물질 2군		2/190 (1.1)	7/223 (3.1)	7/145 (4.8)

* 위반물질건수/시료수(위반율, %)

최근 3년간 돼지 내 주요 잔류위반 항생물질을 살펴보면(표 8), 2015년에는 전체 검사 두수 중 7.3%가 항생 물질 1군을 위반하였으며, 항생물질 1군 중 가장 많이 위반한 물질은 아미노글리코싸이드계(13.3%), 페니실린계(12.6%)이었다. 또한 전체 검사 두수 중 항생 물질 2군을 위반한 비율은 1.1%이었다.

2016년에는 전체 검사 두수 중 항생물질 1군은 5.9%가 항생물질2군은 10.8%가 위반하였다. 항생 물질 1군 중 가장 많은 잔류 위반물질은 페니실린계(11.6%), 아미노글리코싸이드계(10.8%)이었다.

2017년에는 전체 검사 두수 중 항생 물질 1군을 위반한 비율이 9.6%이었으며, 항생 물질 1군 중 아미노글리코싸이드계(20.2%), 페니실린계(9.6%)가 대표적인 잔류위반 물질이었다. 또한 전체 검사 두수 중 항생 물질 2군을 위반한 비율은 4.8%이었다.

2) 최근 국외 돼지고기 내 잔류 항생제 및 기타 잔류물질 (호르몬, 농약 등) 검사 결과

가. 미국의 돼지고기 내 잔류 항생제 검사 결과

미국 농무부(USDA) 소속 Food Safety and Insepction Service (FSIS)는 매년 미국에 유통되고 있는 돼지에 대해 “The U.S. National Residue Program (NRP)” 을 도입하여 잔류 물질 검사를 하고 있다. 최근 3년간 FSIS에서 검사한 미국 내 돼지에 대한 잔류 물질 검사는 표 9에 나타내었다.

표 9. 최근 3년간 미국에 유통되는 돼지 내 잔류물질(항생물질, 합성항균제, 호르몬, 농약, 기타 잔류물질) 검출 두수

연도	분류	검사 두수	검출 두수	위반 두수 (위반율,%)
2015	일반 돼지	17,440	151	8 (0.05)
	통구이용 돼지	1,600	15	2 (0.13)
	암퇘지	9,359	97	27 (0.29)
2016	일반 돼지	18,754	175	4 (0.02)
	통구이용 돼지	1,527	20	1 (0.07)
	암퇘지	6,461	107	21 (0.33)
2017	일반 돼지	16,098	218	4 (0.02)
	통구이용 돼지	1,551	9	2 (0.13)
	암퇘지	6,534	102	20 (0.31)

최근 3년간 미국에서 유통되는 돼지 내 잔류물질 검사 결과, 2015년도에는 암퇘지가 잔류물질 검출 두수가 가장 높았으며, 위반율도 0.29%로 가장 높았다. 2016년과 2017년 모두 암퇘지에서 가장 많은 잔류물질 위반두수를 나타내었다. 하지만 검출률은 최대 0.33%로 1% 미만의 수준을 나타내었다.

표 10. 최근 3년간(2015~2017) 미국에 유통되는 돼지 내 주요 잔류위반 항생제

(단위 : 물질건수)

연도	항생제	분류		
		일반 돼지	통구이용 돼지	암퇘지
2015	아미카신	1	-	-
	플루닉신	-	2	1
	황산젠타마이신	-	-	2
	페니실린	2	-	30
	락토파민	2	-	-
	설파디메톡신	1	1	-
	설파메타진	7	-	3
	타일로신	-	1	-
	제랄레논	-	-	1
	합계	13	4	37
2016	시프로플록사신	-	-	1
	플루닉신	-	-	2
	페니실린	1	1	16
	설파독신	-	-	1
	설파메타진	5	-	1
	합계	6	1	21
2017	페니실린	1	1	18
	설파디메톡신	1	-	-
	설파메타진	2	1	2
	합계	4	2	20

최근 3년간 미국에 유통되는 돼지 내 주요 잔류위반 항생제는 표 10에 나타내었다. 일반 돼지, 통구이용 돼지, 암퇘지별 잔류 위반된 항생물질은 상이하였으나 최근 3년 모두 항생제 중 페니실린과 설파메타진이 주를 이었다. 특히 항생제 위반율이 높았던 암퇘지의 경우 항생제 종류 중 페니실린 위반율이 가장 높은 것으로 조사되었다. 우리나라에서 주로 집계되는 잔류 위반 항생물질은 아미노글리코싸이드계, 페니실린계로 공통적으로 페니실린에 대한 지속적인 관리가 필요한 것으로 사료된다.

나. 그 외 국외 돼지고기 잔류 항생제 검사 결과

표 11. 중국 상하이 돈육 내 잔류 항생제

항생제	검사두수	위반물질건수(위반율, %)
클로로테트라사이클린	17	3 (17.6)
테트라사이클린	17	2 (11.87)
노르플록사신	17	2 (11.87)
록시트로마이신	17	1 (5.9)
플로르페니콜	17	1 (5.9)

Wang 등(2017)의 연구에 따르면, 중국 상하이에서 2016년 7월 돈육의 잔류 항생제를 검사한 결과 17개의 시료 중 6개(35.3%)의 시료에서 항생제가 검출되었으며, 그 중 클로테트라사이클린은 3건, 테트라사이클린은 2건, 노르플록사신은 2건, 록시트로마이신은 1건, 플로르페니콜은 1건이 검출되었다(표 11).

표 12. 남아프리카 공화국 돈육 내 잔류 항생제

항생제	검사두수	위반물질건수(위반율, %)
시프로플록사신	16	8 (50.0)
스트렙토마이신	16	3 (19.0)
설폰아미드	16	0 (0.0)
테트라사이클린	16	3 (19.0)

남아프리카 공화국 북서부 Mafikeng 지역에서 유통되는 돈육 및 돼지 신장, 간에 대해 잔류 항생제 검사를 실시하였다(Ramatla 등, 2017)(표 12). 잔류 항생제 검출을 위해 ELISA법을 이용하였으며, 그 결과 총 16개의 돈육 중 시프로플록사신은 8 (50%), 스트렙토마이신은 3건(19%), 설폰아미드는 0건, 테트라사이클린은 3건(19%) 검출되었다.

3. 국내·외 돈육 내 미생물 검사 결과

1) 최근 한돈 내 미생물 검출 결과

표 13-1. 시도별 도축장 내 돈육의 일반세균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

지역	연도			
	2015	2016	2017	2018
광주광역시	0/589	0/1,008	0/784	0/496 (1~4월)

표 13-2. 시도별 도축장 내 돈육의 일반세균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

지역	연도		
	2015	2016	2017
경기도	1/5,600	0/5,443	0/5,437
충청북도	0/208	0/212	1/208
제주특별시	0/488	0/804	0/752

표 13-3. 시도별 도축장 내 돈육의 일반세균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

지역	연도	
	2017	2018
전라남도	0/640 (1~6월)	0/820 (1~5월)
부산광역시	0/54	0/24 (1~6월)

2015~2018년 시도별 도축장 내 돈육의 일반세균수 모니터링 결과, 광주광역시에서는 지난 4년간 권장기준 초과 건수가 발생하지 않았다(표 13-1). 2015년에는 경기도에서 1건 권장기준 초과 건수가 발생하였으며, 2017년에는 충청북도 지역에서 1건 발생하였다(표 13-2). 전라남도와 부산광역시는 2017~2018년에 권장기준 초과 건수가 발생하지 않았다(표 13-3).

표 14-1. 시도별 도축장 내 돈육의 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

지역	연도			
	2015	2016	2017	2018
광주광역시	0/589	0/1,008	0/784	0/496 (1~4월)

표 14-2. 시도별 도축장 내 돈육의 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

지역	연도		
	2015	2016	2017
경기도	0/5,600	0/5,443	0/5,437
충청북도	0/208	0/212	1/208
제주특별시	0/488	0/804	0/752

표 14-3. 시도별 도축장 내 돈육의 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

지역	연도	
	2017	2018
전라남도	0/640 (1~6월)	0/820 (1~6월)
부산광역시	0/54	0/24 (1~6월)

2015~2018년 시도별 도축장 내 돈육의 대장균수 모니터링 결과는 표 14에 나타내었다. 지난 4년간 광주광역시에서는 돈육 내 대장균수에 대해 권장기준 초과 건수가 발생하지 않았으며(표 14-1), 지난 2015~2017년도에 경기도와 제주특별시 지역 또한 권장기준 초과 건수가 발생하지 않았다(표 14-2). 하지만 충청북도 지역에서 2017년도에 1건의 권장기준 초과 건이 발생하였다. 전라남도와 부산광역시 지역의 경우 2017~2018년에 검사한 결과 권장기준 초과 건수는 없었다(표 14-3).

표 15. 전라북도 식육포장처리장, 식육판매장의 돈육 내 일반세균수 및 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

구분	업소	연도			
		2015	2016	2017	2018년 2분기
일반세균수	식육포장처리장	0/79	0/74	0/53	0/22
	식육판매장	0/125	0/114	0/121	6/32
대장균수	식육포장처리장	0/78	1/74	0/53	0/22
	식육판매장	0/125	4/114	0/121	0/32

2015~2018년 전라북도의 식육포장처리장 및 식육판매장 내 일반세균수 모니터링 결과, 2018년도 2분기에 식육판매장에서 6건의 권장기준 초과 건수가 발생하였다(표 15). 또한, 대장균수는 2016년에 식육포장처리장과 식육판매장에서 각각 1, 4건 권장기준 초과 건수가 발생하였다.

표 16. 강원도 북부지구 식육포장처리장, 식육판매장의 돈육 내 일반세균수 및 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

구분	업소	연도			
		2015	2016	2017	2018년 상반기
일반세균수	식육포장처리장 및 식육판매장	0/42	0/38	0/33	0/26
대장균수	식육포장처리장 및 식육판매장	0/42	0/38	0/33	0/26

2015~2018년도에 강원도 북부지구에서 실시된 식육포장처리장 및 식육판매장 내 돈육에 대한 일반세균수와 대장균수 모니터링 결과, 권장기준 초과 건수는 발생하지 않았다(표 16).

표 17. 충청남도 식육포장처리장, 식육판매장의 돈육 내 일반세균수 및 대장균수 모니터링 결과(2015~2018년)

(단위 : 권장기준 초과 건수/전체검사건수)

구분	업소	연도		
		2015	2016	2017
일반세균수	식육포장처리장	0/93	0/70	0/45
	식육판매장	0/123	0/53	0/53
대장균수	식육포장처리장	0/93	1/70	0/45
	식육판매장	0/123	4/53	0/53

2015~2018년도에 충청남도에서 실시한 식육포장처리장 및 식육판매장 내 돈육의 일반세균수 모니터링 결과, 권장기준 초과 건수가 발생하지 않았다(표 17). 하지만, 대장균수의 경우 2016년도에 총 5건의 권장기준 초과 건수가 발생하였다.

2) 최근 국외 돼지고기 내 미생물 검출 결과

표 18. 미국 돈육 내 병원성 미생물 오염도(2017.4~2018.3)

제품형태	병원성 미생물	도축장 수	시료수	검출수	검출률(%)
생육	*E. coli* O157:H7	32	402	0	0.00
	non-O157 STEC*	32	400	0	0.00
	Salmonella spp.	129	1,076	109	10.13
가공육	E. coli O157:H7	12	281	0	0.00
	non-O157 STEC	12	281	0	0.00
	Salmonella spp.	48	1,002	70	6.99
분쇄육	*E. coli* O157:H7	41	535	1	0.19
	non-O157 STEC	41	532	1	0.19
	Salmonella spp.	140	1,374	294	21.40

*STEC(Shiga Toxin-Producing Escherichia coli)

미국의 FSIS에서 2017년 4월부터 2018년 3월 까지 돈육에서 발견된 병원성 미생물을 조사한 결과(표 18), *Salmonella* spp.가 돈육에서 검출 되었으며, 생육에서 10.13%, 가공육에서 6.99%, 분쇄육에서 21.40% 검출되었다. 생육 및 가공육은 *E. coli* O157:H7와 non-O157 STEC은 검출 되지 않았으나, 분쇄육에서는 *E. coli* O157:H7 (1건, 0.19%)와 non-O157 STEC (1건, 0.19%)가 모두 검출되었다.

표 19. 베트남 호치민 지역 돈육 내 non-typhoidal *Salmonella* 오염도

검사 범위	샘플수	검출건수	검출률(%)
시장	22	16	72.7
슈퍼마켓	19	13	68.4
합계	41	29	70.7

Nhung 등 (2018)의 연구 결과에 따르면 베트남 호지민 지역 돈육 총 41개의 non-typhoidal *Salmonella*에 대한 오염도를 분석한 결과 29건(70.7%)이 검출되었다(표 19). 세부적으로 검사 범위 별로 시장에서 22건을 검사한 결과 16건(72.7%)이 검출되었으며, 슈퍼마켓 내에서 돈육 19건을 검사한 결과 13건(68.4%)이 검출되었다.

제2절. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성

1. 국내 유통 중인 한돈의 미생물학적 안전성

표 20. 국내 유통 중인 한돈 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과

한돈 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
HD1[1)]	1.52±0.072[2)]	ND[3)]	ND
HD2	1.33±0.351	ND	ND
HD3	2.34±0.089	ND	ND
HD4	4.26±0.100	ND	ND
HD5	1.00±0.000	ND	ND
HD6	1.86±0.072	ND	ND
HD7	4.08±0.062	ND	ND
HD8	2.28±0.091	ND	ND
HD9	2.69±0.142	ND	ND
HD10	1.86±0.072	ND	ND
HD11	2.76±0.017	ND	ND
HD12	3.98±0.042	ND	ND
HD13	3.38±0.135	ND	ND
HD14	1.00±0.000	ND	ND
HD15	2.28±0.102	ND	ND
HD16	2.73±0.051	ND	ND
HD17	4.06±0.024	ND	ND
HD18	3.21±0.036	ND	ND
HD19	1.53±0.208	ND	ND
HD20	3.54±0.019	ND	ND
HD21	4.08±0.041	ND	ND
HD22	4.89±0.039	ND	ND
HD23	4.53±0.080	ND	ND
HD24	1.00±0.000	ND	ND
HD25	2.83±0.104	ND	ND
HD26	4.59±0.014	ND	ND
HD27	3.12±0.072	ND	ND
HD28	1.10±0.174	ND	ND
HD29	2.22±0.173	ND	ND
HD30	2.44±0.139	ND	ND

[1)]한돈(HD) 1~30번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

표 20. 국내 유통 중인 한돈 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과(계속)

한돈 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
HD31[1)]	3.48±0.000[2)]	ND[3)]	ND
HD32	2.15±0.066	ND	ND
HD33	4.37±0.028	ND	ND
HD34	3.16±0.108	ND	ND
HD35	2.96±0.114	ND	ND
HD36	2.45±0.145	ND	ND
HD37	1.72±0.122	ND	ND
HD38	2.31±0.098	ND	ND
HD39	1.42±0.102	ND	ND
HD40	1.10±0.174	ND	ND
HD41	1.88±0.349	ND	ND
HD42	1.82±0.310	ND	ND
HD43	1.00±0.000	ND	ND
HD44	1.26±0.241	ND	ND
HD45	3.37±0.047	ND	ND
HD46	2.94±0.077	ND	ND
HD47	1.10±0.174	ND	ND
HD48	1.75±0.262	ND	ND
HD49	3.48±0.050	ND	ND
HD50	1.62±0.151	ND	ND
HD51	3.41±0.030	ND	ND
HD52	3.50±0.058	ND	ND
HD53	3.68±0.024	ND	ND
HD54	3.13±0.025	ND	1.60±0.000
HD55	3.50±0.096	ND	1.79±0.103
HD56	3.52±0.060	ND	1.16±0.275
HD57	3.72±0.018	ND	1.36±0.318
HD58	2.10±0.054	ND	ND
HD59	2.51±0.061	ND	ND
HD60	1.88±0.174	ND	ND

[1)]한돈(HD) 31~60번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

표 20. 국내 유통 중인 한돈 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과(계속)

한돈 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
HD61[1)]	1.10±0.174[2)]	ND[3)]	ND
HD62	2.31±0.115	ND	ND
HD63	2.04±0.144	ND	ND
HD64	3.15±0.031	ND	ND
HD65	4.31±0.017	ND	ND
HD66	3.21±0.031	ND	1.20±0.174
HD67	3.11±0.030	ND	ND
HD68	2.09±0.077	ND	ND
HD69	2.64±0.045	ND	ND
HD70	1.96±0.117	ND	ND
HD71	2.47±0.031	ND	1.16±0.275
HD72	1.36±0.102	ND	ND
HD73	2.12±0.071	ND	ND
HD74	4.35±0.052	ND	ND
HD75	3.01±0.042	ND	ND
HD76	3.79±0.003	ND	ND
HD77	1.40±0.174	ND	ND
HD78	3.81±0.075	ND	1.96±0.160
HD79	2.09±0.222	ND	ND
HD80	3.56±0.016	ND	ND
HD81	2.77±0.049	ND	ND
HD82	3.21±0.030	ND	ND
HD83	1.20±0.174	ND	ND
HD84	2.93±0.020	ND	ND
HD85	3.20±0.014	ND	ND
HD86	2.36±0.091	ND	ND
HD87	3.20±0.089	ND	ND
HD88	3.63±0.055	ND	ND
HD89	3.35±0.077	ND	1.26±0.241
HD90	4.35±0.042	ND	ND

[1)]한돈(HD) 61~90번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

표 20. 국내 유통 중인 한돈 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과(계속)

한돈 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
HD91[1)]	2.92±0.039[2)]	ND[3)]	ND
HD92	3.53±0.023	ND	1.10±0.174
HD93	3.32±0.037	ND	1.10±0.174
HD94	3.58±0.018	ND	1.46±0.151
HD95	3.74±0.023	ND	ND
HD96	3.88±0.019	ND	1.10±0.174
HD97	3.17±0.058	ND	ND
HD98	4.86±0.010	ND	ND
HD99	3.64±0.015	ND	ND
HD100	2.14±0.131	ND	ND
HD101	2.85±0.036	ND	ND
HD102	2.20±0.104	ND	ND
HD103	3.57±0.018	ND	ND
HD104	3.89±0.082	ND	ND
HD105	3.29±0.046	ND	2.04±0.040
HD106	4.33±0.029	ND	ND
HD107	2.92±0.043	ND	ND
HD108	2.10±0.069	ND	ND
HD109	3.69±0.050	ND	ND
HD110	3.91±0.027	ND	1.36±0.102
HD111	3.37±0.062	ND	ND
HD112	2.80±0.031	ND	ND
HD113	3.33±0.032	ND	ND
HD114	2.97±0.047	ND	ND
HD115	4.63±0.028	ND	ND
HD116	3.34±0.031	ND	ND
HD117	4.73±0.038	ND	ND
HD118	3.45±0.022	ND	ND
HD119	4.54±0.008	ND	ND
HD120	3.96±0.027	ND	1.16±0.275

[1)]한돈(HD) 91~120번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

국내 유통 중인 한돈 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 검사를 실시한 결과는 표 20에 나타내었다. 수집된 총 120개의 한돈은 최소 1.00 Log CFU/g에서 최대 4.89 Log CFU/g로 모두 5 Log CFU/g 미만으로 분포하고 있었다. 또한, 돼지고기 중 일반세균수 모니터링 권장 기준인 6.7 Log CFU/g (5×10^6 CFU/g)(식품의약품안전처 고시 제2018-2호)을 넘는 건수는 없었다.

대장균은 검출되지 않았으며, 대장균군은 15건이 검출되었으나 1~2 Log CFU/g으로 낮은 수준을 나타내었다.

표 21. 국내 유통 중인 한돈의 병원성 미생물 검출률

병원성 미생물	시료수(건)	검출된 시료수(건)	검출률(%)
Staphylococcus aureus	120	0	0
Listeria monocytogenes	120	0	0
Salmonella spp.	120	0	0

국내 유통 중인 한돈 내 병원성 미생물(*Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Salmonella* spp.)을 분석한 결과, 수집된 120개의 한돈 모두 병원성 미생물이 검출되지 않았다(표 21).

2. 국내 유통 중인 수입돈육의 미생물학적 안전성

표 22. 국내 유통 중인 수입돈육 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과

수입돈육 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
IP1[1)]	3.46±0.151[2)]	ND[3)]	ND
IP2	4.89±0.100	ND	ND
IP3	5.32±0.091	ND	ND
IP4	5.57±0.125	ND	ND
IP5	6.04±0.077	ND	ND
IP6	4.81±0.020	ND	ND
IP7	5.41±0.062	ND	ND
IP8	5.47±0.091	ND	ND
IP9	6.31±0.062	ND	ND
IP10	4.71±0.010	ND	1.26±0.241
IP11	6.06±0.096	ND	ND
IP12	5.99±0.031	ND	ND
IP13	4.78±0.160	ND	ND
IP14	6.12±0.052	ND	ND
IP15	5.83±0.032	ND	ND
IP16	6.52±0.077	ND	ND
IP17	6.23±0.023	ND	ND
IP18	5.44±0.058	ND	2.00±0.044
IP19	5.07±0.118	ND	ND
IP20	5.35±0.131	ND	ND
IP21	3.03±0.100	ND	ND
IP22	3.73±0.016	ND	ND
IP23	6.49±0.022	ND	ND
IP24	5.94±0.026	ND	ND
IP25	6.51±0.051	ND	ND
IP26	5.38±0.099	ND	ND
IP27	5.88±0.083	ND	ND
IP28	4.35±0.113	ND	ND
IP29	5.87±0.034	ND	0.67±0.577
IP30	4.03±0.054	ND	ND

[1)]수입돈육(IP) 1~30번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

표 22. 국내 유통 중인 수입돈육 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과(계속)

수입돈육 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
IP31[1)]	2.82±0.072[2)]	ND[3)]	ND
IP32	5.44±0.124	ND	1.20±0.348
IP33	6.59±0.040	ND	ND
IP34	5.88±0.058	ND	1.59±0.111
IP35	5.60±0.017	ND	ND
IP36	6.38±0.025	ND	ND
IP37	5.34±0.138	ND	ND
IP38	2.72±0.122	ND	ND
IP39	5.15±0.163	ND	ND
IP40	5.06±0.143	ND	ND
IP41	3.89±0.039	ND	2.31±0.059
IP42	4.10±0.083	ND	ND
IP43	6.35±0.017	ND	ND
IP44	6.16±0.049	ND	ND
IP45	6.35±0.062	ND	1.87±0.154
IP46	3.31±0.096	ND	ND
IP47	5.27±0.047	ND	ND
IP48	4.22±0.052	ND	0.67±0.577
IP49	5.90±0.031	ND	ND
IP50	5.22±0.135	ND	ND
IP51	5.32±0.021	ND	ND
IP52	6.60±0.137	ND	ND
IP53	6.60±0.031	ND	ND
IP54	2.36±0.102	ND	ND
IP55	6.14±0.036	ND	1.63±0.056
IP56	5.73±0.025	ND	ND
IP57	3.99±0.032	ND	1.00±0.000
IP58	6.16±0.037	ND	ND
IP59	6.41±0.024	ND	ND
IP60	5.72±0.092	ND	ND

[1)]수입돈육(IP) 31~60번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

표 22. 국내 유통 중인 수입돈육 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과(계속)

수입돈육 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
IP61[1)]	3.37±0.061[2)]	ND[3)]	ND
IP62	4.31±0.005	ND	ND
IP63	6.14±0.057	ND	ND
IP64	3.00±0.128	ND	ND
IP65	6.04±0.022	ND	ND
IP66	5.35±0.114	ND	ND
IP67	4.73±0.041	ND	ND
IP68	4.61±0.105	ND	ND
IP69	6.12±0.002	ND	ND
IP70	4.04±0.032	ND	ND
IP71	6.06±0.062	ND	ND
IP72	6.07±0.048	ND	ND
IP73	4.20±0.174	ND	ND
IP74	6.60±0.007	ND	ND
IP75	4.95±0.098	ND	ND
IP76	5.55±0.055	ND	ND
IP77	3.22±0.104	ND	ND
IP78	5.20±0.143	ND	ND
IP79	5.25±0.146	ND	ND
IP80	5.60±0.061	ND	ND
IP81	6.60±0.030	ND	ND
IP82	6.32±0.023	ND	ND
IP83	5.92±0.018	ND	1.84±0.063
IP84	5.65±0.070	ND	0.67±0.577
IP85	5.88±0.046	ND	2.03±0.170
IP86	6.41±0.018	ND	ND
IP87	6.52±0.015	ND	ND
IP88	6.20±0.022	ND	ND
IP89	6.03±0.049	ND	ND
IP90	6.29±0.059	ND	ND

[1)]수입돈육(IP) 61~90번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

표 22. 국내 유통 중인 수입돈육 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 결과(계속)

수입돈육 목살	Log CFU/g		
	일반세균	대장균	대장균군
IP91[1)]	6.83±0.017[2)]	ND[3)]	1.97±0.119
IP92	5.57±0.053	ND	ND
IP93	6.35±0.041	ND	2.02±0.064
IP94	6.20±0.048	ND	ND
IP95	6.22±0.017	ND	ND
IP96	6.73±0.025	ND	ND
IP97	5.68±0.085	ND	ND
IP98	6.40±0.050	ND	2.48±0.050
IP99	6.30±0.032	ND	ND
IP100	6.03±0.053	ND	ND
IP101	6.82±0.026	ND	2.07±0.022
IP102	5.98±0.081	ND	1.10±0.174
IP103	6.26±0.017	ND	ND
IP104	6.29±0.010	ND	ND
IP105	6.03±0.016	ND	ND
IP106	6.30±0.027	ND	ND
IP107	5.97±0.000	ND	ND
IP108	5.97±0.052	ND	ND
IP109	7.05±0.027	ND	ND
IP110	5.88±0.030	ND	ND
IP111	5.63±0.051	ND	ND
IP112	6.04±0.036	ND	ND
IP113	6.15±0.038	ND	ND
IP114	5.95±0.031	ND	ND
IP115	6.09±0.022	ND	ND
IP116	6.02±0.044	ND	ND
IP117	5.80±0.035	ND	2.07±0.111
IP118	5.85±0.049	ND	ND
IP119	6.09±0.023	ND	ND
IP120	5.93±0.030	ND	ND

[1)]수입돈육(IP) 91~120번, [2)]평균±SD, [3)]ND : 검출되지 않음

국내 유통 중인 수입돈육 내 일반세균 및 대장균, 대장균군 모니터링 검사를 실시한 결과는 표 22에 나타내었다. 수집된 총 120개의 수입돈육은 최소 2.36 Log CFU/g에서 최대 7.05 Log CFU/g을 나타내었다. 한돈과 달리 수입돈육은 돼지고기 중 일반세균수 모니터링 검사 기준(식품의약품안전처 고시 제2018-2호)인 6.7 Log CFU/g(5×10^6 CFU/g)을 넘는 건수가 4건으로 IP91, 96, 101, 109 샘플이 기준을 초과하였다.

대장균은 검출되지 않았으며, 대장균군은 총 19건이 검출되었다. 검출된 대장균군의 수준은 1~2 Log CFU/g 수준으로 한돈과 유사하였다.

표 23. 국내 유통 중인 수입돈육의 병원성 미생물 검출률

병원성 미생물	총시료수(건)	검출된 시료수(건)	검출률(%)
Staphylococcus aureus	120	1	0.83
Listeria monocytogenes	120	1	0.83
Salmonella spp.	120	0	0

표 24. 국내 유통 중인 수입돈육에서 검출된 병원성 미생물 수

병원성 미생물	검출시료	미생물 수(Log CFU/g)
Staphylococcus aureus	IP5[1)]	1.32±0.275[2)]
Listeria monocytogenes	IP16	2.01±0.092

[1)]IP5, 수입돈육 5번; IP16, 수입돈육 16번, [2)]평균±SD

국내 유통 중인 수입돈육 내 병원성 미생물(*Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Salmonella* spp.)을 분석한 결과, *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*가 각각 1건씩 검출되었다(표 23). *Staphylococcus aureus*는 IP5 샘플에서 1.32 Log CFU/g 수준으로 검출되었으며, *Listeria monocytogenes*는 IP16 샘플에서 2.01 Log CFU/g 수준으로 검출되었다(표 24).

3. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성 비교

표 25. 한돈과 수입돈육의 일반세균수 비교

시료 (목살)	일반세균수(Log CFU/g)					
	≤3	>3~≤4	>4~≤5	<5~≤6.7	>6.7[1)]	평균
한돈 (n=120)	59(49.17)[2)]	45(37.50)	16(13.33)	0(0.0)	0(0.0)	2.90[b]
수입돈육 (n=120)	3(2.50)	9(7.50)	13(10.83)	91(75.83)	4(3.33)	5.54[a]
					SEM[3)]	0.092

[a-b] Means within a column with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
[1)] 일반세균수 권장 기준 : 5×10^6 CFU/g (6.7 Log CFU/g) 이하(식품의약품안전처 고시 제2018-2호)
[2)] 건수(비율, %)
[3)] SEM, 평균표준편차

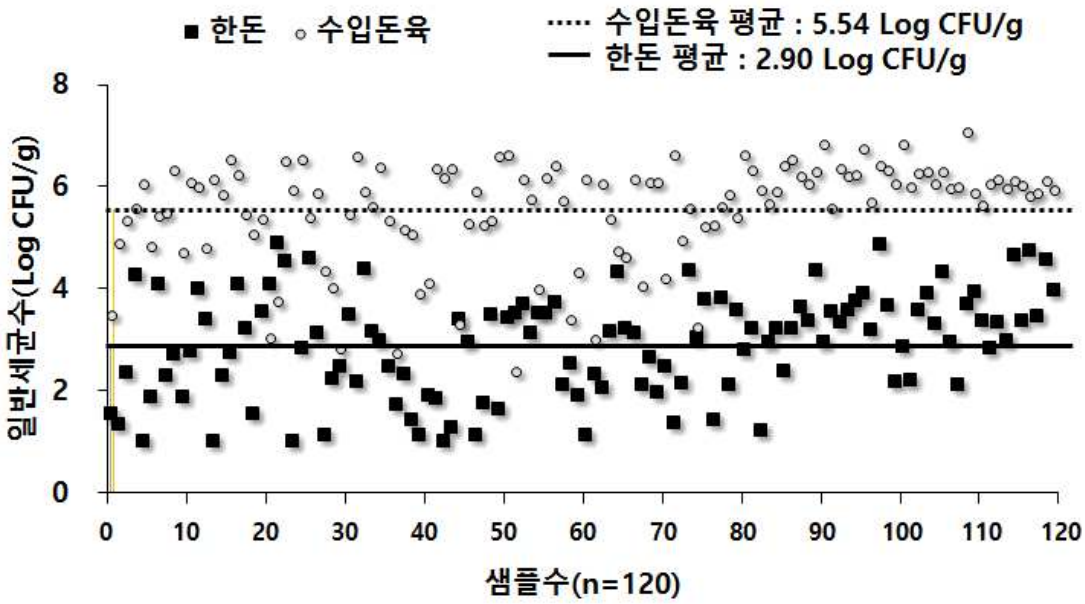


그림 11. 한돈과 수입돈육의 일반세균수 분포도

국내 유통 중인 한돈과 수입돈육의 일반세균수를 비교한 결과는 표 25에 나타내었다. 한돈의 일반세균수 평균은 2.90 Log CFU/g이었으며, 5.54 Log CFU/g인 수입돈육보다 낮아($p<0.05$) 한돈이 수입돈육보다 미생물학적으로 더

안전한 것으로 판단되었다. 또한 한돈은 3 Log CFU/g 이하에 49.17%가 분포한 반면에 수입돈육은 <5~≤6.7 Log CFU/g 범위에 75.83%가 분포하였다. 특히 수입돈육은 일반세균수 권장 기준을 초과한 건수가 4건(3.33%)으로 집계되었다. 한돈과 수입돈육 샘플 120개에 대한 일반세균수 분포도를 살펴본 결과(그림 11), 한돈(■)은 대부분 4 Log CFU/g 이하 구역에 분포하는 반면에 수입돈육(◯)은 4 Log CFU/g 초과 구역에 분포하는 것을 확인하였다. 이러한 일반세균수 수준의 차이는 한돈과 수입돈육의 유통과정이 차이에 따른 것으로 사료된다. 수입돈육은 도축 후 운송과정 및 세관과정을 거쳐 최종적으로 국내에 유통되기까지 3주 이상의 시간이 소요된다. 이후 소비자에게 보통 35~56일 정도에 유통되고 있었다. 반면에 한돈은 도축 후 최소한의 유통과정만 거쳐서 소비자에게 유통되어 보통 도축 후 14~28일 정도에 유통되고 있었다. 따라서 유통과정이 짧은 한돈은 수입돈육 보다 더 미생물학적으로 안전한 것으로 판단된다.

표 26. 한돈과 수입돈육의 대장균/대장균군 및 병원성 미생물 검출률 비교

시료 (목살)	대장균	대장균군	병원성 미생물		
			Staphylococcus aureus	*Listeria monocytogenes*	*Salmonella* spp.
한돈 (n=120)	0(0.0)[1)]	15(12.5)	0	0	0
수입돈육 (n=120)	0(0.0)	19(15.83)	1(0.83)	1(0.83)	0

[1)]검출건수(검출률, %)

한돈과 수입돈육의 대장균/대장균군 및 병원성 미생물 검출률을 비교한 결과는 표 26에 나타내었다. 대장균은 한돈과 수입돈육에서 모두 검출되지 않았으나 대장균군은 한돈에서 15건(12.5%), 수입돈육에서 19건(15.83%) 검출되었다. 또한 한돈에서는 병원성 미생물이 검출되지 않았으나 수입돈육에서는 *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*가 각각 1건(0.83%)씩 검출되어 한돈이 미생물학적으로 수입돈육보다 안전한 것으로 판단되었다.

제3절. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도

1. 국내 유통 중인 한돈의 신선도

표 27. 국내 유통 중인 한돈의 pH

한돈 목살	pH	한돈 목살	pH
HD1[1)]	6.05±0.006[2)]	HD31	6.27±0.012
HD2	6.17±0.006	HD32	5.93±0.006
HD3	6.07±0.021	HD33	6.05±0.006
HD4	6.11±0.006	HD34	6.07±0.006
HD5	6.17±0.006	HD35	6.03±0.006
HD6	5.93±0.036	HD36	5.90±0.026
HD7	5.96±0.010	HD37	5.76±0.042
HD8	6.19±0.012	HD38	6.18±0.015
HD9	6.11±0.025	HD39	6.01±0.006
HD10	5.71±0.006	HD40	6.00±0.006
HD11	6.02±0.030	HD41	6.10±0.006
HD12	5.74±0.006	HD42	6.32±0.015
HD13	6.18±0.020	HD43	6.37±0.006
HD14	5.94±0.012	HD44	6.28±0.006
HD15	6.06±0.015	HD45	6.38±0.010
HD16	5.99±0.012	HD46	6.01±0.035
HD17	6.16±0.017	HD47	5.83±0.006
HD18	6.21±0.006	HD48	6.28±0.006
HD19	5.76±0.023	HD49	6.17±0.006
HD20	6.17±0.010	HD50	6.21±0.006
HD21	6.01±0.006	HD51	6.25±0.006
HD22	6.09±0.017	HD52	5.93±0.017
HD23	6.05±0.006	HD53	6.02±0.006
HD24	6.17±0.010	HD54	6.18±0.006
HD25	5.94±0.006	HD55	6.01±0.006
HD26	6.19±0.026	HD56	6.02±0.006
HD27	6.17±0.015	HD57	6.05±0.006
HD28	6.11±0.015	HD58	6.33±0.006
HD29	5.85±0.021	HD59	6.02±0.012
HD30	5.94±0.023	HD60	6.24±0.006

[1)]한돈(HD) 1~60번 [2)]평균±SD

표 27. 국내 유통 중인 한돈의 pH(계속)

한돈 목살	pH	한돈 목살	pH
HD61[1)]	6.25±0.010[2)]	HD91	5.81±0.006
HD62	6.02±0.012	HD92	6.29±0.006
HD63	6.16±0.006	HD93	6.01±0.006
HD64	5.95±0.006	HD94	6.15±0.010
HD65	6.18±0.006	HD95	6.35±0.046
HD66	6.60±0.012	HD96	6.10±0.006
HD67	5.80±0.000	HD97	6.31±0.006
HD68	6.07±0.006	HD98	6.45±0.021
HD69	5.81±0.006	HD99	5.95±0.006
HD70	6.45±0.006	HD100	6.40±0.015
HD71	6.34±0.006	HD101	6.09±0.006
HD72	5.85±0.000	HD102	5.92±0.006
HD73	5.84±0.006	HD103	6.04±0.006
HD74	6.26±0.012	HD104	6.02±0.006
HD75	5.91±0.006	HD105	6.39±0.006
HD76	6.00±0.006	HD106	6.07±0.006
HD77	5.77±0.006	HD107	5.78±0.029
HD78	5.67±0.006	HD108	6.38±0.006
HD79	5.82±0.025	HD109	5.83±0.006
HD80	5.74±0.006	HD110	6.33±0.006
HD81	6.39±0.006	HD111	6.21±0.010
HD82	5.86±0.006	HD112	6.31±0.044
HD83	6.18±0.026	HD113	6.17±0.006
HD84	6.26±0.015	HD114	5.99±0.015
HD85	6.42±0.010	HD115	5.76±0.006
HD86	5.90±0.006	HD116	6.41±0.012
HD87	5.92±0.006	HD117	6.18±0.006
HD88	6.09±0.006	HD118	5.93±0.017
HD89	6.19±0.012	HD119	6.20±0.032
HD90	6.06±0.010	HD120	5.94±0.012

[1)]한돈(HD) 61~120번 [2)]평균±SD

국내 유통 중인 한돈(목살)의 pH 분석 결과는 표 27에 나타내었다. 한돈 pH는 5.67~6.60의 범위를 나타내었으며, 신선도 판정기준(pH 6.2~6.3이면 부패초기로 의심, 식품의약품안전처 고시 제2018-74호)을 초과하는 샘플은 120개 중 29개(24.17%)로 나타났다.

표 28. 국내 유통 중인 한돈의 육색

한돈 목살	L*	a*	b*
HD1[1)]	46.68±1.007[2)]	14.30±0.264	8.46±0.585
HD2	47.31±0.388	14.29±0.307	8.25±0.299
HD3	42.49±0.393	15.39±0.265	8.43±0.235
HD4	43.24±0.584	15.53±0.511	7.60±0.301
HD5	46.31±0.207	13.72±0.486	6.76±0.068
HD6	46.45±0.773	15.07±0.102	8.86±0.115
HD7	47.62±0.283	15.02±0.279	9.41±0.208
HD8	45.71±0.654	14.39±0.609	6.21±0.589
HD9	46.75±0.806	14.35±0.105	7.78±0.320
HD10	50.82±0.509	16.60±0.293	9.86±0.393
HD11	45.55±0.716	14.76±0.617	6.98±0.289
HD12	47.89±0.433	16.60±0.436	10.95±0.518
HD13	41.51±0.436	14.55±0.260	6.93±0.242
HD14	47.52±0.424	15.30±0.588	9.79±0.140
HD15	47.92±0.465	16.21±0.371	9.05±0.148
HD16	50.54±0.430	13.65±0.973	9.42±0.456
HD17	43.71±1.330	15.43±0.254	6.96±0.377
HD18	48.24±0.831	14.21±0.438	7.12±0.605
HD19	51.56±0.733	17.92±0.282	9.69±0.598
HD20	46.64±0.901	15.74±0.463	6.81±0.203
HD21	44.19±0.667	18.15±0.403	9.07±0.492
HD22	52.84±0.570	15.51±0.157	9.35±0.456
HD23	47.51±0.336	16.38±0.573	8.46±0.222
HD24	49.84±0.371	17.22±0.298	11.43±0.140
HD25	48.79±0.709	16.62±0.195	10.25±0.361
HD26	52.07±1.261	17.00±0.445	11.06±0.559
HD27	46.68±0.531	18.47±0.324	9.95±0.203
HD28	51.02±0.771	17.36±0.355	10.57±0.317
HD29	46.69±0.428	15.06±0.213	7.83±0.204
HD30	48.57±0.452	15.00±0.370	10.11±0.299

[1)]한돈(HD) 1~30번 [2)]평균±SD

표 28. 국내 유통 중인 한돈의 육색(계속)

한돈 목살	L*	a*	b*
HD31[1)]	46.50±0.192[2)]	13.32±0.471	8.58±0.311
HD32	49.60±0.808	17.51±0.250	11.14±0.194
HD33	48.42±0.331	15.90±0.250	10.07±0.264
HD34	48.49±0.480	16.03±0.159	9.95±0.305
HD35	47.34±0.271	15.00±0.499	8.65±0.433
HD36	46.74±0.642	17.10±0.268	10.83±0.546
HD37	49.18±0.511	17.04±0.879	11.21±0.482
HD38	49.95±0.457	15.20±0.646	8.63±0.220
HD39	48.06±0.475	14.17±0.693	6.70±0.199
HD40	50.87±0.689	17.03±0.340	9.92±0.703
HD41	50.58±1.786	16.87±0.643	7.85±0.268
HD42	52.24±0.645	13.67±0.544	7.40±0.768
HD43	46.40±0.462	15.43±0.355	6.98±0.255
HD44	51.97±0.505	16.86±0.511	7.06±0.188
HD45	49.31±1.132	16.16±0.330	8.67±0.308
HD46	50.64±0.586	18.66±0.466	9.47±0.516
HD47	48.93±0.486	15.42±0.607	9.74±0.626
HD48	44.88±0.470	15.08±0.739	7.69±0.353
HD49	47.11±0.642	13.66±0.619	8.87±0.670
HD50	41.12±0.248	13.73±0.685	5.77±0.291
HD51	44.11±0.627	13.92±0.339	6.16±0.663
HD52	50.81±0.368	16.51±0.309	10.14±0.610
HD53	46.06±0.392	15.61±0.219	8.93±0.294
HD54	47.42±0.278	17.51±0.468	10.83±0.344
HD55	45.09±1.097	16.12±0.316	8.96±0.238
HD56	45.27±0.265	15.60±0.282	8.43±0.179
HD57	47.60±0.294	17.78±0.425	8.61±0.155
HD58	49.88±0.533	18.16±0.615	9.81±0.205
HD59	50.16±1.213	19.07±0.293	9.41±0.452
HD60	49.08±0.724	15.32±0.714	7.28±0.405

[1)]한돈(HD) 31~60번 [2)]평균±SD

표 28. 국내 유통 중인 한돈의 육색(계속)

한돈 목살	L*	a*	b*
HD61[1)]	46.40±0.870[2)]	16.57±0.477	7.72±0.934
HD62	50.71±0.670	16.31±0.717	8.90±0.692
HD63	54.10±0.829	17.63±0.568	8.78±0.433
HD64	50.74±0.586	17.39±0.412	10.22±0.488
HD65	50.82±1.180	17.65±0.519	8.86±0.384
HD66	46.12±0.687	16.31±0.525	7.03±0.307
HD67	51.01±0.205	17.72±0.680	8.01±0.519
HD68	50.07±0.467	18.37±0.511	8.50±0.239
HD69	52.08±0.652	17.60±0.646	9.54±0.167
HD70	52.74±1.344	15.21±0.758	8.50±0.222
HD71	48.99±0.291	18.67±0.177	8.77±0.130
HD72	52.96±0.904	17.11±0.446	10.20±0.415
HD73	50.00±0.688	15.38±0.389	7.19±0.155
HD74	47.58±0.474	15.26±0.315	7.66±0.212
HD75	45.31±0.461	15.26±0.597	5.68±0.318
HD76	48.61±0.146	15.40±0.502	9.63±0.288
HD77	51.93±0.291	15.05±0.308	9.43±0.480
HD78	44.81±0.468	16.35±0.471	9.14±0.386
HD79	47.41±1.219	17.92±0.639	9.95±0.619
HD80	50.48±0.603	19.65±0.566	12.53±0.296
HD81	46.79±0.980	16.60±0.630	6.94±0.368
HD82	50.51±0.242	18.42±0.718	11.84±0.478
HD83	48.83±1.324	16.86±0.519	9.53±0.341
HD84	47.50±1.353	18.13±0.725	8.27±0.294
HD85	44.08±1.465	17.78±0.645	8.46±0.214
HD86	50.18±0.921	17.44±0.535	11.07±0.369
HD87	50.90±0.544	17.51±0.590	11.36±0.307
HD88	49.63±0.251	13.86±0.837	8.03±0.126
HD89	43.69±0.381	16.49±0.167	9.92±0.261
HD90	48.02±0.278	16.14±0.374	7.36±0.412

[1)]한돈(HD) 61~90번 [2)]평균±SD

표 28. 국내 유통 중인 한돈의 육색(계속)

한돈 목살	L*	a*	b*
HD91[1)]	50.55±0.721[2)]	17.84±0.332	11.15±0.521
HD92	48.57±0.390	16.76±0.357	7.09±0.403
HD93	49.69±0.571	18.35±0.523	10.31±0.579
HD94	48.23±0.922	19.24±0.324	9.72±0.213
HD95	47.52±0.715	16.82±1.237	7.26±0.197
HD96	47.96±0.423	19.04±0.400	9.22±0.265
HD97	48.99±0.754	17.27±0.553	9.99±0.331
HD98	43.80±0.839	15.03±0.404	7.36±0.334
HD99	50.91±1.050	17.08±0.337	12.16±0.242
HD100	45.52±1.192	13.91±0.326	7.38±0.256
HD101	49.29±0.960	14.69±0.847	7.88±0.581
HD102	47.35±0.541	15.04±0.249	9.52±0.253
HD103	47.26±0.568	15.82±0.347	8.49±0.460
HD104	50.58±0.233	14.28±0.502	10.51±0.169
HD105	47.62±0.198	13.49±0.567	8.33±0.250
HD106	52.73±1.466	16.91±0.627	9.63±0.402
HD107	51.29±0.632	18.19±0.359	10.68±0.381
HD108	47.29±0.304	17.61±1.001	8.63±0.416
HD109	51.63±0.415	15.54±0.539	11.26±0.311
HD110	50.01±1.105	18.60±0.640	9.63±0.424
HD111	46.49±1.025	16.69±0.498	8.69±0.202
HD112	47.00±0.687	19.44±0.978	8.10±0.375
HD113	53.46±1.132	17.85±0.237	10.07±0.551
HD114	51.33±0.763	18.77±0.812	11.97±0.313
HD115	48.43±0.788	18.14±0.569	10.00±0.210
HD116	42.96±0.179	16.15±0.683	6.70±0.511
HD117	46.31±0.579	17.07±0.313	8.30±1.060
HD118	50.51±0.242	17.26±0.284	11.31±0.847
HD119	47.23±0.138	16.29±0.273	8.32±0.271
HD120	48.34±0.508	16.79±0.300	9.23±0.119

[1)]한돈(HD) 91~120번 [2)]평균±SD

국내 유통 중인 한돈(목살)의 육색 분석 결과는 표 28에 나타내었다. 명도를 나타내는 L*값의 경우 41.12~54.10의 범위를 나타내었으며, 적색도를 나타내는 a*과 황색도를 나타내는 b*값은 각각 13.32~19.65, 5.68~12.53의 범위를 나타내었다. 일반적으로 소비자들은 적색도가 높은 붉은 고기를 선호 한다고 알려져 있으며, 돼지고기의 경우 도축 시 스트레스를 급격히 받게 되면 pH가 낮고 고기의 색이 창백한 PSE육이 발생되기 쉽다. 최 등(2016)에 의하면 돈육 목살의 육색은 L*, a*, b*값이 각각 45.26, 17.20, 7.57이라고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였으며 따라서 현재 유통 중인 한돈의 육색은 일반적인 범위에 속하는 것으로 판단되었다.

표 29. 국내 유통 중인 한돈의 VBN 함량(mg/100g)

한돈 목살	VBN	한돈 목살	VBN
HD1[1)]	6.81±0.878[2)]	HD31	4.55±0.202
HD2	6.34±0.826	HD32	4.20±0.202
HD3	6.45±0.818	HD33	5.02±0.606
HD4	4.90±0.700	HD34	6.53±0.808
HD5	12.02±0.202	HD35	4.67±0.702
HD6	3.96±0.404	HD36	6.54±0.404
HD7	9.80±0.040	HD37	4.50±0.849
HD8	7.81±0.729	HD38	4.08±0.000
HD9	7.93±0.350	HD39	4.67±0.606
HD10	5.25±0.729	HD40	4.08±0.729
HD11	6.42±0.535	HD41	6.46±0.283
HD12	6.65±0.535	HD42	6.30±0.404
HD13	7.70±1.069	HD43	6.64±0.231
HD14	5.72±0.350	HD44	5.32±0.242
HD15	8.75±0.729	HD45	6.75±0.316
HD16	7.23±0.404	HD46	5.88±0.252
HD17	6.30±0.000	HD47	6.86±0.000
HD18	6.42±0.729	HD48	6.61±1.225
HD19	5.48±0.202	HD49	6.58±0.404
HD20	6.18±0.881	HD50	7.05±0.606
HD21	6.00±0.729	HD51	6.63±0.121
HD22	7.16±0.350	HD52	7.00±0.000
HD23	8.81±0.404	HD53	7.70±0.000
HD24	8.46±0.535	HD54	7.65±0.081
HD25	9.28±0.700	HD55	7.65±0.081
HD26	8.34±1.069	HD56	7.05±0.370
HD27	6.66±0.323	HD57	7.42±0.705
HD28	8.75±0.881	HD58	6.32±0.225
HD29	10.03±0.404	HD59	6.18±0.404
HD30	10.73±0.404	HD60	6.65±0.729

[1)]한돈(HD) 1~60번 [2)]평균±SD

표 29. 국내 유통 중인 한돈의 VBN 함량(mg/100g)(계속)

한돈 목살	VBN	한돈 목살	VBN
HD61[1)]	6.42±0.202[2)]	HD91	9.99±0.370
HD62	8.75±0.535	HD92	10.10±0.246
HD63	8.17±0.000	HD93	6.21±0.370
HD64	9.47±0.121	HD94	10.69±0.370
HD65	6.53±0.808	HD95	6.21±0.352
HD66	6.88±0.350	HD96	6.25±0.352
HD67	6.14±0.081	HD97	7.70±0.370
HD68	7.00±0.404	HD98	4.67±0.176
HD69	8.63±0.000	HD99	7.75±0.291
HD70	7.00±0.000	HD100	9.15±0.404
HD71	6.67±0.450	HD101	8.94±0.081
HD72	6.25±0.081	HD102	9.29±0.081
HD73	7.23±0.404	HD103	10.03±0.283
HD74	10.41±0.081	HD104	9.85±0.162
HD75	6.60±0.283	HD105	12.67±0.225
HD76	6.95±0.185	HD106	12.34±0.252
HD77	6.88±0.242	HD107	11.78±0.121
HD78	6.98±0.202	HD108	14.23±0.370
HD79	7.09±0.350	HD109	11.62±0.161
HD80	6.23±0.176	HD110	10.97±0.214
HD81	5.67±0.283	HD111	6.77±0.176
HD82	6.53±0.535	HD112	7.26±0.246
HD83	7.37±0.283	HD113	5.69±0.214
HD84	7.91±0.000	HD114	5.53±0.350
HD85	7.98±0.140	HD115	4.97±0.428
HD86	7.00±0.505	HD116	6.39±0.352
HD87	7.56±0.350	HD117	3.99±0.214
HD88	8.63±0.350	HD118	7.00±0.370
HD89	8.33±0.214	HD119	2.84±0.252
HD90	8.63±0.404	HD120	3.94±0.352

[1)]한돈(HD) 61~120번 [2)]평균±SD

국내 유통 중인 한돈(목살)의 VBN 함량은 표 29에 나타내었다. VBN은 휘발성 염기태질소의 생성량을 측정하는 방법으로 단백질의 부패로 인해 휘발성 염기태질소의 양이 증가하게 된다. 또한 식육의 신선도 판정기준으로 VBN 함량을 20 mg/100g 이하로 규정하고 있다(식품의약품안전처 고시 제2018-74호). 국내 유통 중인 한돈 내 VBN 함량은 2.84~14.23 mg/100g의 범위를 나타내어 모두 20 mg/100g 이하로 신선하게 유통되고 있음을 확인하였다.

2. 국내 유통 중인 수입돈육의 신선도

표 30. 국내 유통 중인 수입돈육의 pH

수입돈육 목살	pH	수입돈육 목살	pH
IP1[1)]	6.14±0.012[2)]	IP31	5.92±0.006
IP2	6.34±0.012	IP32	6.27±0.006
IP3	6.17±0.017	IP33	6.21±0.012
IP4	6.02±0.012	IP34	5.78±0.029
IP5	6.25±0.006	IP35	5.93±0.006
IP6	6.13±0.023	IP36	6.29±0.006
IP7	5.85±0.012	IP37	6.11±0.006
IP8	6.13±0.006	IP38	5.91±0.012
IP9	5.77±0.006	IP39	5.87±0.006
IP10	6.11±0.015	IP40	5.93±0.006
IP11	5.97±0.000	IP41	6.10±0.006
IP12	5.53±0.006	IP42	6.19±0.010
IP13	5.79±0.006	IP43	6.55±0.006
IP14	6.19±0.006	IP44	6.13±0.006
IP15	6.32±0.012	IP45	6.23±0.006
IP16	6.38±0.006	IP46	5.83±0.006
IP17	6.21±0.006	IP47	6.41±0.006
IP18	6.19±0.006	IP48	5.90±0.006
IP19	6.16±0.006	IP49	6.14±0.006
IP20	6.15±0.006	IP50	6.40±0.021
IP21	6.21±0.006	IP51	5.70±0.006
IP22	6.48±0.010	IP52	6.09±0.006
IP23	6.05±0.006	IP53	6.09±0.006
IP24	6.44±0.006	IP54	5.84±0.006
IP25	6.08±0.006	IP55	6.05±0.006
IP26	6.03±0.006	IP56	6.00±0.017
IP27	6.28±0.006	IP57	5.70±0.006
IP28	6.25±0.006	IP58	6.28±0.015
IP29	6.15±0.006	IP59	6.42±0.006
IP30	5.75±0.006	IP60	5.91±0.006

[1)]수입돈육(IP) 1~60번 [2)]평균±SD

표 30. 국내 유통 중인 수입돈육의 pH(계속)

수입돈육 목살	pH	수입돈육 목살	pH
IP61[1)]	6.32±0.006[2)]	IP91	6.27±0.006
IP62	6.03±0.006	IP92	6.01±0.006
IP63	6.29±0.006	IP93	6.36±0.000
IP64	6.09±0.010	IP94	5.73±0.015
IP65	5.88±0.012	IP95	6.01±0.010
IP66	6.06±0.006	IP96	6.15±0.010
IP67	6.47±0.040	IP97	6.01±0.012
IP68	6.23±0.006	IP98	6.01±0.006
IP69	6.11±0.006	IP99	5.97±0.031
IP70	6.13±0.012	IP100	6.29±0.000
IP71	6.09±0.006	IP101	6.32±0.006
IP72	5.87±0.006	IP102	6.01±0.010
IP73	6.17±0.006	IP103	6.13±0.021
IP74	6.14±0.006	IP104	6.46±0.020
IP75	5.94±0.006	IP105	5.97±0.006
IP76	6.22±0.026	IP106	5.96±0.006
IP77	5.87±0.012	IP107	6.15±0.006
IP78	6.27±0.017	IP108	6.19±0.000
IP79	5.89±0.006	IP109	6.42±0.015
IP80	5.99±0.006	IP110	5.86±0.012
IP81	5.98±0.006	IP111	6.43±0.035
IP82	6.17±0.006	IP112	6.49±0.000
IP83	5.94±0.006	IP113	6.47±0.017
IP84	6.01±0.006	IP114	6.23±0.000
IP85	6.28±0.010	IP115	6.3±0.006
IP86	6.17±0.006	IP116	6.45±0.026
IP87	6.34±0.000	IP117	6.41±0.015
IP88	5.86±0.000	IP118	6.38±0.006
IP89	6.08±0.006	IP119	6.02±0.000
IP90	6.09±0.000	IP120	6.08±0.000

[1)]수입돈육(IP) 61~120번 [2)]평균±SD

국내 유통 중인 수입돈육(목살)의 pH는 표 30에 나타내었다. 수입돈육 pH는 5.53~6.55의 범위를 나타내었으며, 신선도 판정기준(pH 6.2~6.3이면 부패초기로 의심, 식품의약품안전처 고시 제2018-74호)을 초과하는 샘플은 120개 중 41개(34.17%)로 나타났다.

표 31. 국내 유통 중인 수입돈육의 육색

수입돈육 목살	L*	a*	b*
IP1[1)]	47.39±0.520[2)]	15.85±0.167	9.11±0.182
IP2	46.57±0.857	13.89±0.372	7.54±0.187
IP3	44.99±0.569	15.23±0.421	8.87±0.254
IP4	45.04±0.480	15.90±0.221	10.39±0.208
IP5	45.68±1.240	17.10±0.310	9.83±0.292
IP6	45.07±0.494	15.56±0.216	9.42±0.130
IP7	48.27±0.847	16.09±0.227	10.83±0.095
IP8	50.59±0.571	16.39±0.709	11.29±0.723
IP9	50.34±1.286	17.64±0.760	12.14±0.434
IP10	46.87±0.495	16.96±0.481	10.69±0.283
IP11	48.62±0.684	15.26±0.605	10.44±0.449
IP12	49.81±0.352	16.97±0.797	12.19±0.446
IP13	42.25±0.378	15.18±0.445	8.69±0.220
IP14	48.93±0.185	15.38±0.336	9.40±0.404
IP15	43.83±0.388	15.94±0.397	6.74±0.224
IP16	44.60±0.265	15.96±0.711	7.32±0.578
IP17	49.65±0.588	15.71±0.318	8.44±0.400
IP18	46.63±0.186	17.71±0.334	10.79±0.251
IP19	49.81±0.578	15.94±0.417	10.68±0.340
IP20	47.36±0.856	17.05±0.203	11.21±0.221
IP21	47.87±0.315	17.77±0.558	11.50±0.257
IP22	44.74±0.606	16.54±0.339	9.19±0.233
IP23	43.84±0.785	17.21±0.601	10.40±0.180
IP24	45.21±0.313	16.14±0.334	9.43±0.126
IP25	45.02±0.522	16.50±0.276	10.40±0.180
IP26	44.93±0.252	15.76±0.153	7.96±0.185
IP27	46.51±0.517	14.31±0.247	8.16±0.169
IP28	47.82±0.513	16.41±0.317	7.96±0.151
IP29	50.84±0.664	16.56±0.290	10.05±0.798
IP30	51.16±1.508	19.39±0.435	12.75±0.228

[1)]수입돈육(IP) 1~30번 [2)]평균±SD

표 31. 국내 유통 중인 수입돈육의 육색(계속)

수입돈육 목살	L*	a*	b*
IP31[1)]	50.97±0.353[2)]	17.28±0.529	10.81±0.248
IP32	50.75±0.420	18.84±0.546	10.88±0.296
IP33	50.14±0.389	18.01±0.594	11.18±0.263
IP34	49.77±0.517	14.99±0.829	9.83±0.425
IP35	49.63±0.521	17.34±0.203	11.36±0.297
IP36	48.56±0.626	17.36±0.570	9.73±0.159
IP37	47.29±0.575	17.98±0.682	10.32±0.423
IP38	48.74±1.496	17.98±0.352	11.15±0.388
IP39	48.80±0.374	17.80±0.370	10.70±0.414
IP40	50.15±0.556	18.21±0.262	11.48±0.265
IP41	48.25±0.909	18.48±0.417	11.21±0.830
IP42	49.61±0.827	17.26±0.342	9.83±0.373
IP43	47.28±1.068	16.75±0.279	10.11±0.109
IP44	48.53±0.590	16.95±0.323	10.54±0.262
IP45	47.70±0.290	13.45±0.548	6.97±0.218
IP46	48.39±0.351	17.69±0.393	11.18±0.229
IP47	43.30±0.248	14.74±0.280	8.35±0.209
IP48	52.10±0.871	16.53±0.516	10.97±0.633
IP49	48.35±0.531	17.31±0.454	11.02±0.166
IP50	45.85±0.810	17.72±0.624	8.79±0.438
IP51	54.71±1.575	15.76±0.626	11.72±0.236
IP52	50.53±0.594	17.88±1.076	9.94±0.553
IP53	46.63±0.491	18.78±0.256	9.22±0.449
IP54	51.46±0.776	18.37±0.361	11.83±0.187
IP55	51.32±0.874	18.44±0.302	11.46±0.323
IP56	45.73±0.490	17.65±0.406	9.32±0.149
IP57	51.23±0.293	21.72±0.595	13.39±0.241
IP58	45.70±1.027	16.69±0.275	9.38±0.260
IP59	48.41±0.626	17.52±0.730	10.31±0.639
IP60	52.08±1.229	16.52±0.812	10.71±0.215

[1)]수입돈육(IP) 31~60번 [2)]평균±SD

표 31. 국내 유통 중인 수입돈육의 육색(계속)

수입돈육 목살	L*	a*	b*
IP61[1)]	51.08±0.432[2)]	16.77±0.187	10.55±0.261
IP62	48.98±0.444	16.11±0.435	10.05±0.125
IP63	47.06±0.902	17.35±0.480	11.01±0.281
IP64	49.71±0.572	18.41±0.365	10.58±0.188
IP65	54.19±0.598	16.92±0.255	11.58±0.172
IP66	48.98±0.992	16.40±0.249	9.01±0.123
IP67	53.24±0.817	17.07±0.401	10.84±0.765
IP68	49.41±0.331	17.13±0.263	11.46±0.225
IP69	49.19±0.446	18.12±0.455	11.75±0.177
IP70	50.59±1.089	18.94±0.802	11.54±0.544
IP71	51.19±0.713	17.43±0.434	10.99±0.204
IP72	51.70±1.494	18.91±0.523	11.87±0.514
IP73	50.92±0.155	18.12±0.331	11.01±0.323
IP74	48.28±1.446	17.87±0.606	11.06±0235
IP75	48.33±0.294	17.29±0.241	10.49±0.085
IP76	49.82±1.271	17.82±0.207	11.00±0.581
IP77	50.59±0.459	18.66±0.461	11.67±0.441
IP78	47.39±0.399	15.11±1.068	9.81±0.532
IP79	48.47±0.171	18.40±0.622	12.57±0.191
IP80	51.12±0.548	17.39±0.453	11.16±0.427
IP81	48.18±0.570	16.12±0.473	9.93±0.287
IP82	48.96±0.306	16.28±0.303	10.18±0.203
IP83	49.94±0.375	16.53±0.257	10.73±0.413
IP84	50.27±0.566	15.96±0.270	10.75±0.245
IP85	48.86±0.692	15.67±0.626	9.86±0.335
IP86	47.46±0.483	15.37±0.409	8.95±0.336
IP87	47.07±0.642	15.92±0.478	8.69±0.238
IP88	56.81±0.461	15.49±0.258	11.31±0.160
IP89	50.16±0.279	15.65±0.402	8.81±0.392
IP90	47.84±0.246	19.33±0.603	11.87±0.107

[1)]수입돈육(IP) 61~90번 [2)]평균±SD

표 31. 국내 유통 중인 수입돈육의 육색(계속)

수입돈육 목살	L*	a*	b*
IP91[1)]	43.80±0.489[2)]	15.72±0.175	7.54±0.297
IP92	47.63±0.346	18.21±0.538	10.16±0.432
IP93	45.56±0.162	15.92±0.317	8.79±0.247
IP94	52.20±0.599	16.56±0.571	11.85±0.471
IP95	48.46±0.346	15.78±0.295	10.29±0.264
IP96	45.38±0.411	12.27±0.809	6.75±0.454
IP97	45.10±0.578	17.27±0.468	10.67±0.245
IP98	49.62±0.494	17.02±0.278	10.24±0.314
IP99	50.02±0.554	17.53±0.776	11.08±0.132
IP100	47.29±0.437	14.83±0.467	9.15±0.197
IP101	46.16±0.512	14.35±2.317	8.18±0.996
IP102	47.74±0.239	17.44±0.193	10.48±0.179
IP103	50.49±1.436	16.50±0.441	9.80±0.676
IP104	44.85±0.325	18.05±0.640	9.92±0.668
IP105	50.21±0.542	14.84±0.974	9.43±0.768
IP106	52.81±0.537	16.78±0.353	11.26±0.115
IP107	46.91±1.227	18.10±0.317	11.51±0.174
IP108	44.67±0.457	14.26±0.424	7.40±0.347
IP109	42.79±0.576	15.48±0.728	7.65±0.304
IP110	52.08±0.650	16.55±0.289	11.43±0.356
IP111	45.07±0.934	15.93±0.198	7.53±0.211
IP112	44.44±0.537	15.50±0.188	7.03±0.116
IP113	46.81±1.153	17.53±0.920	7.84±0.839
IP114	46.36±0.202	16.15±0.156	7.44±0.139
IP115	45.35±0.277	16.74±0.357	7.85±0.362
IP116	46.25±1.209	16.42±0.497	7.31±0.432
IP117	45.41±0.196	17.80±0.403	7.01±0.215
IP118	44.71±0.397	15.53±0.401	6.34±0.236
IP119	50.43±0.264	17.95±0.257	8.45±0.527
IP120	45.36±0.155	16.03±0.718	6.12±0.529

[1)]수입돈육(IP) 90~120번 [2)]평균±SD

국내 유통 중인 수입돈육(목살)의 육색 분석 결과는 표 31에 나타내었다. 명도를 나타내는 L*값의 경우 42.25~56.81의 범위를 나타내었으며, 적색도를 나타내는 a*과 황색도를 나타내는 b*값은 각각 12.27~19.39, 6.12~13.39의 범위를 나타내었다.

표 32. 국내 유통 중인 수입돈육의 VBN 함량(mg/100g)

수입돈육 목살	VBN	수입돈육 목살	VBN
IP1[1)]	8.87±0.881[2)]	IP31	12.74±0.146
IP2	9.33±0.350	IP32	12.11±0.107
IP3	8.05±0.404	IP33	9.54±0.291
IP4	6.18±0.926	IP34	11.53±0.210
IP5	11.20±0.404	IP35	8.66±0.242
IP6	11.67±1.069	IP36	14.51±0.000
IP7	13.34±1.388	IP37	12.97±0.140
IP8	10.45±0.485	IP38	12.76±0.000
IP9	10.39±0.202	IP39	12.23±0.162
IP10	8.29±0.535	IP40	11.67±0.081
IP11	10.62±0.350	IP41	11.67±0.081
IP12	9.47±0.459	IP42	10.03±0.202
IP13	9.80±0.202	IP43	9.50±0.070
IP14	9.45±0.107	IP44	10.29±0.291
IP15	10.66±0.485	IP45	10.99±0.081
IP16	9.68±0.350	IP46	12.02±0.000
IP17	12.13±1.212	IP47	9.59±0.675
IP18	13.23±0.081	IP48	8.63±0.081
IP19	12.76±0.450	IP49	8.03±0.352
IP20	11.88±0.000	IP50	12.02±0.202
IP21	8.98±0.700	IP51	11.08±1.069
IP22	8.54±0.566	IP52	12.37±0.535
IP23	9.12±0.185	IP53	12.37±0.535
IP24	9.52±0.525	IP54	10.85±0.140
IP25	10.85±0.535	IP55	10.27±0.535
IP26	10.69±0.525	IP56	12.09±0.176
IP27	11.43±0.000	IP57	11.97±0.370
IP28	12.25±0.081	IP58	10.92±0.252
IP29	12.48±0.350	IP59	12.67±0.404
IP30	11.85±0.000	IP60	10.52±0.370

[1)]수입돈육(IP) 1~60번 [2)]평균±SD

표 32. 국내 유통 중인 수입돈육의 VBN 함량(mg/100g)(계속)

수입돈육 목살	VBN	수입돈육 목살	VBN
IP61[1)]	11.15±0.350[2)]	IP91	15.40±0.530
IP62	9.29±0.202	IP92	9.57±0.428
IP63	12.95±0.350	IP93	11.20±0.428
IP64	13.65±0.926	IP94	11.15±0.420
IP65	10.57±0.556	IP95	12.06±0.305
IP66	12.74±0.121	IP96	12.51±0.428
IP67	13.37±0.598	IP97	12.46±0.450
IP68	13.42±0.535	IP98	11.11±0.428
IP69	11.55±0.350	IP99	12.04±0.352
IP70	11.69±0.252	IP100	11.53±0.214
IP71	14.40±0.202	IP101	11.99±0.586
IP72	15.05±0.176	IP102	11.43±0.420
IP73	14.40±0.535	IP103	12.18±0.291
IP74	12.41±0.350	IP104	10.13±0.214
IP75	13.81±0.350	IP105	10.41±0.492
IP76	13.77±0.081	IP106	11.99±0.370
IP77	14.16±0.350	IP107	8.10±0.214
IP78	12.76±0.323	IP108	8.61±0.370
IP79	11.15±0.283	IP109	8.05±0.420
IP80	12.83±0.202	IP110	7.12±0.291
IP81	8.24±0.121	IP111	11.76±0.352
IP82	8.24±0.252	IP112	10.87±0.280
IP83	8.80±0.252	IP113	11.29±0.370
IP84	10.59±0.291	IP114	12.27±0.280
IP85	10.87±0.291	IP115	12.13±0.280
IP86	11.11±0.352	IP116	9.75±0.492
IP87	9.94±0.252	IP117	10.97±0.280
IP88	10.78±0.420	IP118	10.83±0.280
IP89	10.24±0.252	IP119	11.34±0.352
IP90	11.13±0.283	IP120	11.29±0.214

[1)]수입돈육(IP) 61~120번 [2)]평균±SD

국내 유통 중인 수입돈육(목살)의 VBN 함량은 표 32에 나타내었다. 수입돈육 내 VBN 함량은 6.18~15.40 mg/100g의 범위를 나타내었으며 모두 20 mg/100g (식품의약품안전처 고시 제2018-74호)이하에 분포하였다.

3. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도 비교

표 33. 한돈과 수입돈육의 pH 비교

시료(목살)	pH
한돈(n=120)	6.09
수입돈육(n=120)	6.12
SEM	0.018

국내 유통 중인 한돈(목살)과 수입돈육(목살) 각 120개를 대상으로 pH를 비교한 결과는 표 33에 나타내었다. 한돈과 수입돈육의 평균 pH는 각각 6.09와 6.12로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표 34 한돈과 수입돈육의 육색 비교

시료(목살)	L*	a*	b*
한돈(n=120)	48.32	16.34^{b}	8.96^{b}
수입돈육(n=120)	48.27	16.77^{a}	9.96^{a}
SEM	0.243	0.132	0.138

$^{a-b}$ Means within a column with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

국내 유통 중인 한돈(목살)과 수입돈육(목살) 각 120개를 대상으로 육색을 비교한 결과는 표 34에 나타내었다. L*값의 경우 한돈과 수입돈육이 각각 평균 48.32와 48.27로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만 a*값은 각각 평균 16.34과 16.77로 수입돈육이 유의적으로 높았으며, b*값 또한 각각 평균 8.96과 9.96으로 수입돈육이 유의적으로 높았다.

표 35. 한돈과 수입돈육의 VBN 함량 비교

시료(목살)	VBN 함량(mg/100g)
한돈(n=120)	7.27[b]
수입돈육(n=120)	11.15[a]
SEM	0.172

[a-b] Means within a column with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

국내 유통 중인 한돈(목살)과 수입돈육(목살) 각 120개를 대상으로 VBN 함량 비교 분석 결과는 표 35에 나타내었다. VBN 함량은 한돈이 평균 7.27 mg/100g으로 수입돈육보다 유의적으로 낮은 VBN 함량을 나타내어 한돈이 수입돈육 보다 더 낮은 단백질 변패도를 나타내었다. 이와 같은 결과는 국내 유통 중인 한돈이 더 낮은 일반세균수를 보였다는 연구 결과(표 25)와 일치하였으며, 한돈이 수입돈육 보다 더 신선하게 유통되고 있음을 확인하였다.

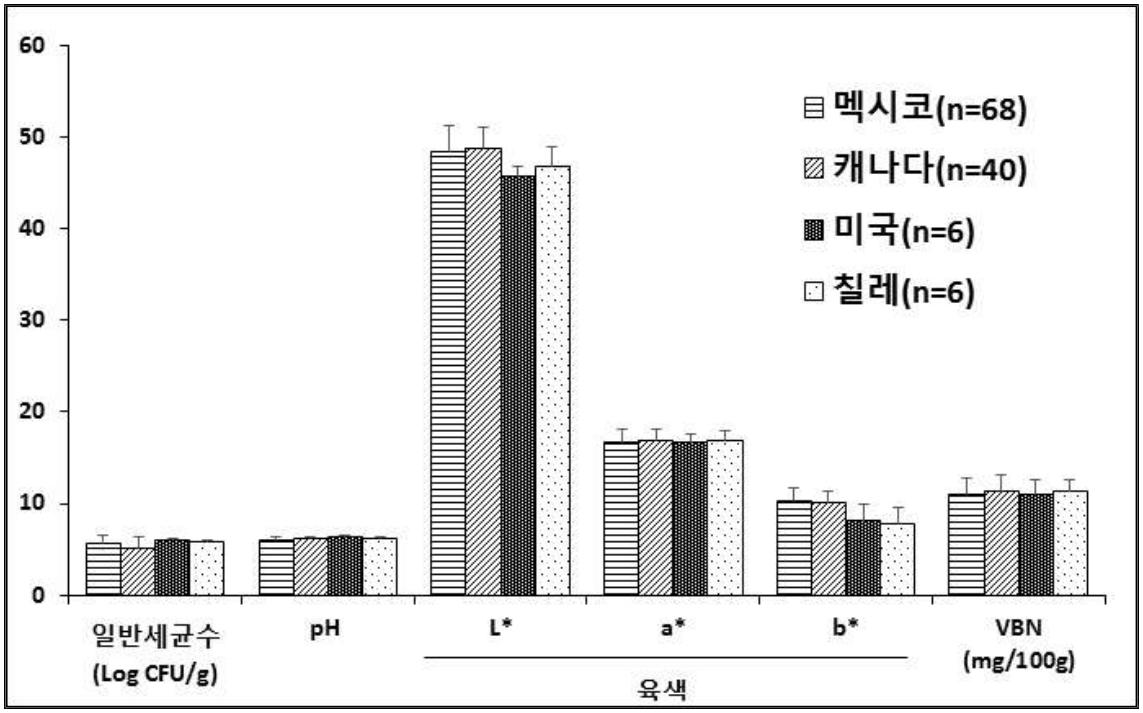


그림 12. 원산지별 수입돈육의 일반세균수 및 신선도 비교

수집된 120개의 수입돈육 중 멕시코산은 68개(56.67%), 캐나다산은 40개(33.33%), 미국산은 6개(5%), 칠레산은 6개(5%)로 집계되었다. 현재 냉장으로 유통되는 수입돈육은 주로 멕시코와 캐나다산이었으며, 각각의 원산지별 수입돈육의 일반세균수 및 신선도 비교 결과는 그림 12에 나타내었다. 멕시코, 캐나다, 미국, 그리고 칠레 원산지별 일반세균수는 각각 5.68, 5.10, 5.97과 5.87 Log CFU/g으로 미국산과 칠레산이 높은 일반세균수를 나타내었다. pH는 원산지별로 각각 6.07, 6.15, 6.35와 6.25를 나타내었으며 미국산과 칠레산은 부패 초기로 의심되는 6.2~6.3 범위에 속하였다. 육색의 경우 L*과 a*값은 차이를 보이지 않았으며 b*값의 경우 멕시코산과 캐나다산이 각각 10.19와 10.16으로 미국산과 칠레산보다 높은 경향을 나타내었다. VBN 함량의 경우 원산지별로 11.02~11.33mg/100g으로 모두 유사하여 단백질 변패도의 차이를 보이지 않았다. 따라서 원산지별로 일반세균수 수준과 pH, b*값 등의 품질적인 차이는 다소 보이는 것으로 보이나 VBN 함량으로 살펴본 신선도에는 차이를 나타내지 않는 것으로 판단된다.

제4절. 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제

1. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제

표 36. 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제 검출률

시료(목살)	총시료수(건)	검출된 시료수(건)	검출률(%)
한돈	120	0	0
수입돈육	120	0	0

국내 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제 분석 결과는 표 36에 나타내었다. 검사 결과 한돈과 수입돈육 모두 잔류 항생제가 검출되지 않았다.

제5절. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화

1. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 미생물 변화

표 37. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 일반세균수(Log CFU/g) 변화

처리구	저장기간(일)					SEM[1)]
	1	3	5	7	9	
한돈	3.36^{Ce}	4.36^{Bd}	5.38^{Bc}	5.80^{Bb}	6.99^{Ca}	0.039
멕시코	4.94^{Be}	6.05^{Ad}	6.74^{Ac}	7.72^{Ab}	8.83^{Aa}	0.025
캐나다	5.34^{Ae}	6.23^{Ad}	6.91^{Ac}	7.63^{Ab}	8.10^{Ba}	0.089
SEM	0.017	0.083	0.061	0.090	0.028	

$^{A-C}$ Means within a column with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
$^{a-e}$ Means within a row with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
1) SEM, 평균표준오차
* 권장 기준(6.7 Log CFU/g 이하) 초과(식품의약품안전처 고시 제2018-2호)

한돈과 수입돈육의 냉장 저장 중 일반세균수 변화는 표 37에 나타내었다. 저장 1일차의 일반세균수는 한돈이 3.36 Log CFU/g으로 가장 낮은 일반세균수를 나타내었으며($p<0.05$), 그 다음 멕시코산, 캐나다산 수입돈육 순으로 나타났다. 이후 저장기간이 증가함에 따라 일반세균수가 증가하였으며($p<0.05$), 초기에 일반세균수가 높았던 멕시코 및 캐나다산 수입돈육은 저장 5일차에 권장 기준인 6.7 Log CFU/g을 초과하였다. 반면에 한돈은 저장 9일차에 권장 기준을 초과하여 수입돈육과 4일의 차이가 발생하였다. 뿐만 아니라 한돈은 저장 기간 내내 수입돈육 보다 낮은 일반세균수를 유지하였다($p<0.05$). 따라서 한돈은 수입돈육보다 높은 미생물학적 안전성을 나타내었으며, 초기 일반세균수가 낮기 때문에 냉장 저장 과정에서 발생할 수 있는 일반세균수의 증가에 대해 한돈이 수입돈육 보다 더 미생물학적으로 안전한 것으로 판단된다.

표 38. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 대장균/대장균군수(Log CFU/g) 변화

처리구	저장기간(일)				
	1	3	5	7	9
한돈	ND[1)]	ND	ND	ND	ND
멕시코	ND	ND	ND	ND	ND
캐나다	ND	ND	ND	ND	ND

[1)] ND, 검출되지 않음

본 실험에 이용된 한돈과 수입돈육은 모든 저장기간에서 대장균과 대장균군이 검출되지 않았다(표 38).

2. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화

표 39. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 pH 변화

처리구	저장기간(일)					SEM[1)]
	1	3	5	7	9	
한돈	6.00^{Ab}	6.07^{Ab}	6.09^{Bb}	6.25^{Aa}	6.28^{Ba}	0.023
멕시코	6.18^{Aa}	6.24^{Aa}	6.30^{Aa}	6.30^{Aa}	6.37^{Aa}	0.047
캐나다	6.24^{Aa}	6.32^{Aa}	6.33^{Aa}	6.30^{Aa}	6.37^{Aa}	0.096
SEM	0.100	0.094	0.029	0.015	0.007	

[A-B] Means within a column with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
[a-b] Means within a row with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
[1)] SEM, 평균표준오차

한돈과 수입돈육의 저장기간 중 pH 변화는 표 39에 나타내었다. 저장 1일차에 한돈 및 수입돈육 내 pH는 6.00~6.24로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 저장기간이 증가함에 따라 저장 5일차에 한돈이 수입돈육보다 유의적으로 낮은 pH를 나타내었으며, 이 시기는 수입돈육의 일반세균수가 6.7 Log CFU/g을 초과한 시기와 일치하였다(표 37). 또한 마지막 저장일차인 9일차에서 한돈이 수입돈육보다 낮은 pH를 나타내어 한돈이 더 신선한 것으로 판단된다.

표 40. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 육색 변화

육색	처리구	저장기간(일)					SEM[1)]
		1	3	5	7	9	
L*	한돈	48.27^{Aa}	48.88^{Aa}	48.58^{Aa}	48.48^{Aa}	48.48^{Aa}	0.187
	멕시코	48.92^{Aa}	47.86^{Ba}	48.75^{Aa}	47.66^{Aa}	48.15^{Aa}	0.377
	캐나다	48.15^{Aa}	48.56^{Aa}	48.48^{Aa}	48.39^{Aa}	48.37^{Aa}	0.190
	SEM	0.296	0.190	0.257	0.301	0.274	
a*	한돈	17.99^{Ba}	16.85^{Bb}	15.80^{ABbc}	14.80^{Bc}	14.81^{Ac}	0.255
	멕시코	17.57^{Ba}	16.45^{Bb}	15.63^{Bb}	13.98^{Cc}	11.41^{Bd}	0.266
	캐나다	19.72^{Aa}	18.69^{Ab}	16.32^{Ac}	16.45^{Ac}	15.04^{Ad}	0.164
	SEM	0.244	0.353	0.168	0.209	0.126	
b*	한돈	8.52^{Bb}	10.24^{Ba}	10.38^{Ba}	10.74^{Ba}	10.54^{Ba}	0.205
	멕시코	8.61^{Bc}	10.65^{Bb}	10.49^{Bb}	10.80^{Bb}	11.82^{Aa}	0.203
	캐나다	9.93^{Ab}	12.03^{Aa}	11.79^{Aa}	12.26^{Aa}	11.63^{Aa}	0.168
	SEM	0.210	0.258	0.157	0.156	0.162	

$^{A-C}$ Means within a column with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
$^{a-d}$ Means within a row with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
[1)] SEM, 평균표준오차

한돈과 수입돈육의 저장기간 중 육색 분석 결과는 표 40에 나타내었다. 저장기간 중 육색의 변화는 적색도(a*)의 감소와 황색도(b*)의 증가로 나타날 수 있다. 저장 1일차에 한돈과 수입돈육의 L*값은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 3일차를 제외하고는 모든 저장기간 중에 유의적인 차이를 보이지 않았다. a*값의 경우 저장기간이 증가함에 따라 감소하였으며($p<0.05$), 저장 1일차에 캐나다산 수입돈육이 한돈과 멕시코산 수입돈육보다 높은 a*값을 나타내었다($p<0.05$). b*값의 경우 또한 저장 1일차에 캐나다산 수입돈육이 한돈과 멕시코산 수입돈육보다 높았다($p<0.05$). b*값은 저장기간이 증가함에 따라 증가하였으며($p<0.05$), 한돈은 모든 저장기간 동안 캐나다산 수입돈육보다 낮은 b*값을 유지하였다.

표 41. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 VBN 함량(mg/100g) 변화

처리구	저장기간(일)					SEM[1)]
	1	3	5	7	9	
한돈	8.63^{Ce}	11.43^{Bd}	13.65^{Bc}	15.63^{Cb}	21.00^{Ba}	0.295
멕시코	10.24^{Bd}	11.22^{Bd}	18.95^{Ac}	20.24^{Bb}	23.34^{Ba}	0.221
캐나다	12.83^{Ad}	13.65^{Ad}	19.37^{Ac}	22.98^{Ab}	26.60^{Aa}	0.708
SEM	0.183	0.378	0.428	0.501	0.672	

$^{A-C}$ Means within a column with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
$^{a-e}$ Means within a row with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
1) SEM, 평균표준오차
* 신선도 기준(20mg/100g) 초과(식품의약품안전처 고시 제2018-74호)

한돈과 수입돈육의 저장기간 중 VBN 함량 변화 결과는 표 41에 나타내었다. 저장 1일차에 한돈 내 VBN 함량은 8.63 mg/100g으로 멕시코와 캐나다산 수입돈육보다 유의적으로 낮은 단백질 변패도를 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 VBN 함량이 증가하였으며($p<0.05$), 한돈은 신선도 기준인 20 mg/100g을 저장 9일차에 초과하였으나, 수입돈육은 저장 7일차에 초과하여 신선도의 차이를 나타내었다. 뿐만 아니라 한돈은 캐나다산 수입돈육보다 모든 냉장 저장기간 동안에 낮은 VBN 함량을 나타내어($p<0.05$) 낮은 단백질 변패도를 나타내었다.

표 42. 한돈과 수입돈육의 저장기간 중 관능적 품질 변화

관능 평가	처리구	저장기간(일)					SEM[1)]
		1	3	5	7	9	
육색	한돈	7.90^{Aa}	7.10^{Aab}	6.10^{Abc}	5.90^{Abc}	5.40^{Ac}	0.306
	멕시코	7.60^{Aa}	7.40^{Aa}	5.80^{Ab}	2.70^{Bc}	1.80^{Bd}	0.211
	캐나다	7.90^{Aa}	7.00^{Aab}	6.00^{Abc}	4.80^{Acd}	4.50^{Ad}	0.362
	SEM	0.194	0.281	0.336	0.314	0.347	
냄새	한돈	7.70^{Aa}	7.20^{Aa}	6.90^{Aab}	6.10^{Abc}	5.60^{Ac}	0.240
	멕시코	7.30^{Aa}	6.80^{Aa}	4.40^{Cb}	3.00^{Bc}	1.60^{Cd}	0.243
	캐나다	7.50^{Aa}	6.60^{Aab}	5.50^{Bb}	3.60^{Bc}	2.60^{Bc}	0.327
	SEM	0.217	0.308	0.257	0.294	0.280	
이취	한돈	1.30^{Ad}	2.00^{Acd}	2.30^{Bbc}	3.10^{Bb}	4.60^{Ba}	0.247
	멕시코	1.50^{Ac}	2.00^{Ac}	5.50^{Ab}	6.40^{Ab}	7.80^{Aa}	0.302
	캐나다	1.70^{Ac}	2.60^{Ac}	4.50^{Ab}	7.00^{Aa}	7.80^{Aa}	0.342
	SEM	0.217	0.301	0.418	0.238	0.283	
종합 적기 호도	한돈	7.50^{Aa}	7.50^{Aa}	7.30^{Aab}	6.40^{Ab}	5.20^{Ac}	0.236
	멕시코	7.80^{Aa}	6.80^{Ab}	4.30^{Cc}	3.20^{Bd}	2.10^{Ce}	0.210
	캐나다	7.80^{Aa}	7.00^{Aa}	5.40^{Bb}	3.60^{Bc}	3.50^{Bc}	0.294
	SEM	0.190	0.212	0.262	0.289	0.278	

$^{A-C}$ Means within a column with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
$^{a-e}$ Means within a row with different superscript differ significantly at $p<0.05$.
[1)] SEM, 평균표준오차

한돈과 수입돈육의 저장기간 중 관능적 품질 변화 결과는 표 42에 나타내었다. 저장 1일차에 한돈과 수입돈육의 육색, 냄새, 이취, 종합적기호도는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장기간이 증가함에 따라 육색, 냄새와 종합적기호도 점수는 감소하였으며, 이취 점수는 증가하였다($p<0.05$). 한돈은 저장 7, 9일차에 멕시코산 수입돈육보다 높은 육색 점수를 나타내었다. 단, 캐나다산과는 유의적인 차이를 나타내지 않았는데 이는 캐나다산의 높은 a* 값 때문인 것으로 사료된다. 또한 한돈은 저장 5, 7, 9일차에 수입돈육보다 높은 냄새 점수를 나타내었으며, 부패취에 해당하는 이취는 낮은 점수를 나타내었다($p<0.05$). 관능 패널들은 저장 5일차부터 한돈과 수입돈육의 관능적 품질 차이를 느낄 수 있었으며 결과적으로 한돈의 종합적기호도를 수입돈육보다 더 높게 평가하였다($p<0.05$).

제4장. 목표달성도

제1절. 연구추진 일정 및 달성도

연 구 내 용	추진일정(월)							달성도 (%)
	4	5	6	7	8	9	10	
1. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성 분석	▶	▶	▶	▶	▶			100
- 국내 유통 중인 한돈과 냉장 수입돈육의 미생물학적 안전성 분석	▶	▶	▶	▶	▶			100
2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도 분석	▶	▶	▶	▶	▶			100
- 국내 유통 중인 한돈과 냉장 수입돈육의 신선도 분석	▶	▶	▶	▶	▶			100
3. 저장기간 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화 분석			▶	▶	▶	▶		100
- 냉장 저장(4℃) 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화 분석			▶	▶	▶	▶		100
4. 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제 검사	▶	▶	▶	▶	▶			100
- 국내 유통 중인 한돈과 냉장 수입돈육 내 잔류 항생제 분석	▶	▶	▶	▶	▶			100
5. 분석 및 연구 결과에 따른 공동 홍보 대응				▶	▶	▶		100
- 한돈의 안전성에 대한 홍보 자료 작성				▶	▶	▶		100
- 한돈과 수입돈육 안전성 차별화에 대한 홍보 자료 작성				▶	▶	▶		100
6. 중간보고서 제출 및 중간보고회				▶				100
7. 수정 및 보완					▶	▶	▶	100
8. 최종보고서(가판) 제출 및 최종보고회							▶	100
9. 최종보고서(인쇄 본) 및 홍보용 자료 제출							▶	100

제5장. 요약 및 결론

제1절. 요약

1. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 미생물학적 안전성

○ 유통 중인 한돈 내 일반세균수는 평균 2.90 Log CFU/g으로 수입돈육(5.22 Log CFU/g) 보다 낮아 미생물학적으로 신선하다고 판단되었다. 또한 돈육 내 일반세균수 권장 기준(5×10^6 CFU/g)을 초과하는 경우는 수입돈육에서만 4건(3.33%) 발생하였다.

○ 수입돈육에서는 병원성 미생물이 2건 검출되었으나, 한돈은 검출 되지 않아 한돈이 수입돈육보다 미생물학적으로 안전한 것으로 판단되었다.

2. 유통 중인 한돈과 수입돈육의 신선도

○ 유통 중인 한돈과 수입돈육의 pH는 평균 6.09~6.12의 범위를 보여 차이를 보이지 않았다.

○ 육색의 경우 L*값(명도)은 차이를 보이지 않았으며, a*(적색도)와 b*(황색도)는 한돈보다 수입돈육이 높았다.

○ VBN 함량은 한돈이 평균 7.27 mg/100g이었으며, 수입돈육은 11.15 mg/100g으로 모두 신선한 것으로 판단되었으나 한돈이 수입돈육보다 낮은 단백질 변패도를 나타내었다.

3. 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제

○ 유통 중인 한돈과 수입돈육 내 잔류 항생제는 검출되지 않았다.

4. 냉장 저장 중 한돈과 수입돈육의 신선도 변화

○ 한돈(3.36 Log CFU/g)은 수입돈육(4.94~5.34 Log CFU/g)보다 초기 일반세균수가 낮았고 총 9일의 저장기간 동안 수입돈육보다 낮은 일반세균수를 유지하여 한돈이 수입돈육보다 미생물학적인 안전성이 높은 것으로 판단되었다.

○ 한돈은 냉장 저장 9일차에 VBN 함량이 신선도 기준(20 mg/100g)을 초과하였으나, 수입돈육은 이미 저장 7일차에 초과하여 한돈이 더 오랫동안 신선도를 유지하는 것으로 나타났다.

○ 관능패널들은 저장 5일차 이후부터 냄새부분에 대한 한돈의 선호도를 수입돈육보다 높게 평가하였으며, 부패취가 없어 결과적으로 종합적기호도를 높게 평가하였다.

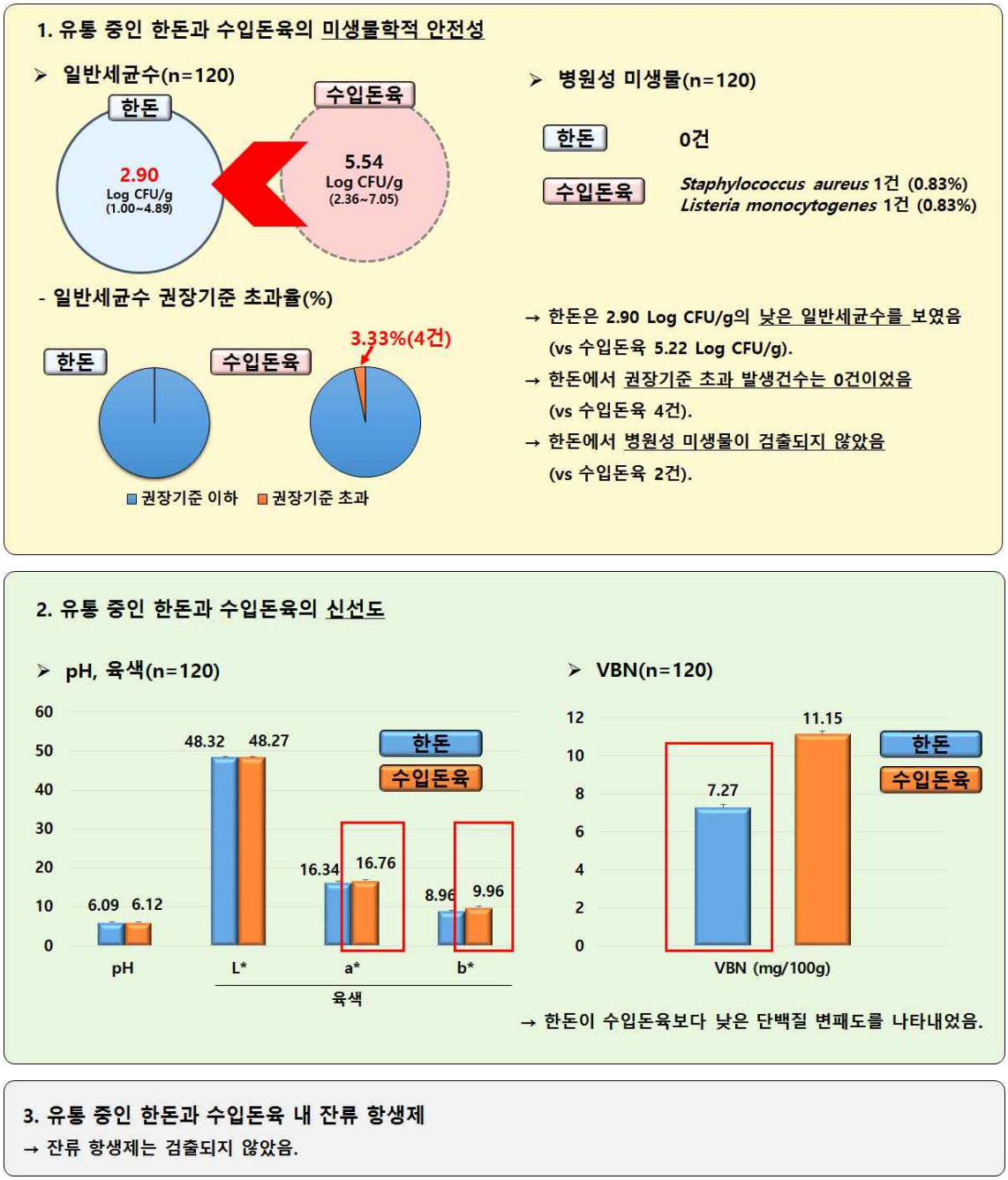


그림 13. 한돈 안전성 검증 연구 요약

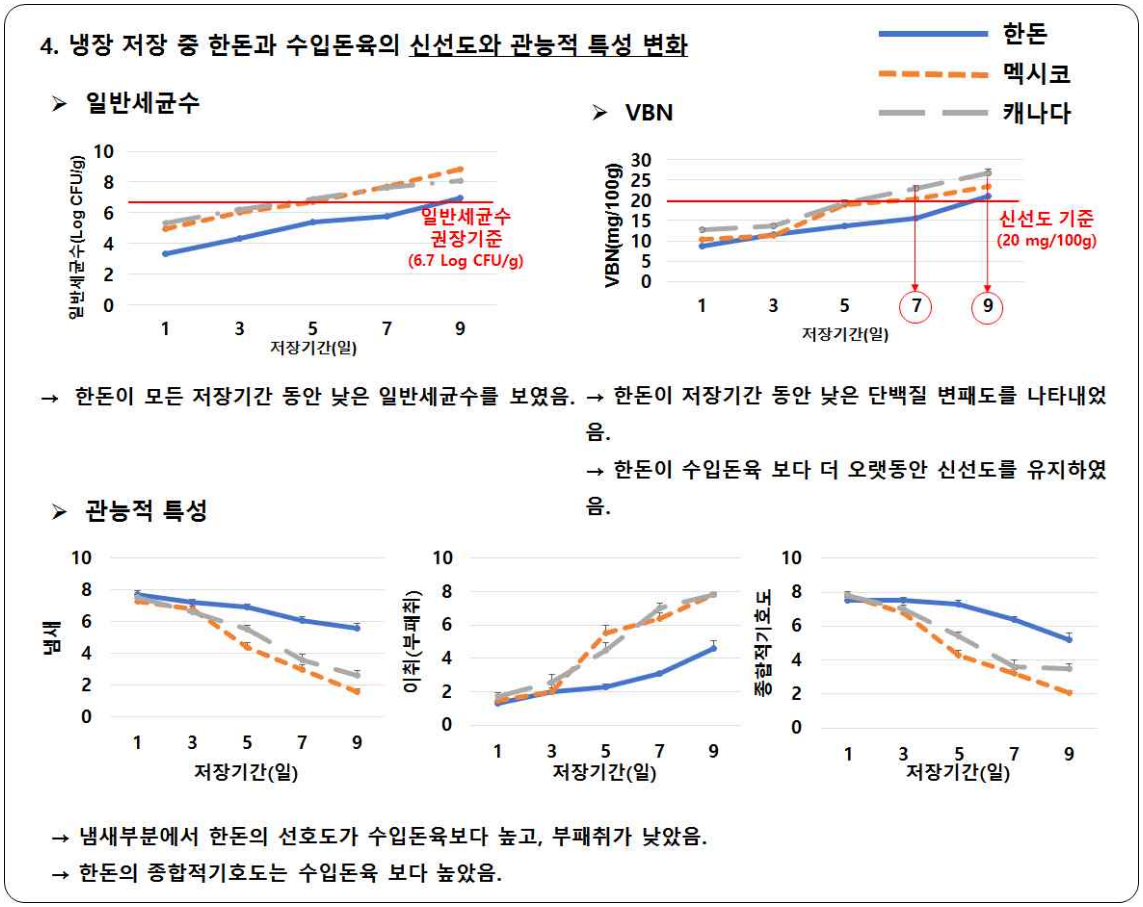


그림 13. 한돈 안전성 검증 연구 요약(계속)

제2절. 결론

○ 국내 유통 중인 한돈과 수입돈육에 대한 미생물적 안전성을 분석한 결과, 한돈은 일반세균수가 낮고 병원성 미생물이 검출되지 않아 수입돈육보다 미생물학적으로 안전함을 나타내었다.

○ 한돈은 수입돈육보다 낮은 단백질 변패도를 보였으며, 잔류 항생제는 한돈과 수입돈육 모두에서 검출되지 않았다.

○ 냉장 저장 중 한돈은 수입돈육보다 일반세균수가 낮아 미생물학적으로 안전하다고 판단하였으며, 단백질 변패도도 낮아 더 오랫동안 신선도를 유지하였다. 결과적으로 관능패널들은 냄새부분에서 높은 선호도를 보이고 부패취가 낮아 종합적 기호도를 높게 평가하였다.

○ 이와 같은 결과는 한돈의 안전성에 대한 과학적인 기초자료로 활용할 수 있으며 나아가 한돈과 수입돈육과의 안전성 차별화를 통해 소비 촉진에 기여할 수 있을 것이라 기대된다.

제6장. 참고문헌

- Canadian Food Inspection Agency (2017). Annex F: Disposition for Red M eat Species
- Choi, Y. S., Ku, S. K., Lee, H. J., Sung, J. M., Jeon, K. H., Kim, H. W., Kim, T. K., & Kim, Y. B. (2016). Study on processing quality of different parts of pork and beef. Korean Journal of Food and Cookery Science, 3 2(2), 157-167.
- de Rijk, Angelique., Validation Study Report Premi®Test, AOAC® Perform ance Tested℠ certication number 060601.
- http://m.wikitree.co.kr/main/news_view.php?id=226129
- http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/15/2017091500317.html
- http://www.insight.co.kr/news/140833
- http://www.insight.co.kr/news/140833
- http://www.wsobi.com/news/articleView.html?idxno=51560
- New Zeeland government (2013). Food safety for hunters.
- Nhung, N. T., Van, N. T. B., Van Cuong, N., Duong, T. T. Q., Nhat, T. T., Hang, T. T. T., Nhi, N. T. H., Kiet, B. T., Hien, V. B., Ngoc, P. T., Campbell, J., Thwaites, G., & Carrique-Mas, J. (2018). Antimicrobial resid ues and resistance against critically important antimicrobials in non-typho idal Salmonella from meat sold at wet markets and supermarkets in Viet nam. International Journal of Food Microbiology, 266, 301-309.
- OECD (2018). Meat consumption (indicator). doi: 10.1787/fa290fd0-en (Acc essed on 11 March 2018)
- Premi Test, R-Biopharm AG, Germany, https://www.grosseron.com/Assets/ Client/images/GROSSERON/Schema/1525148.pdf
- Ramatla, T., Ngoma, L., Adetunji, M., & Mwanza, M. (2017). Evaluation o f Antibiotic Residues in Raw Meat Using Different Analytical Methods. A ntibiotics, 6(4), 34.
- USDA (2015~2017). UNITED STATES national residue program for meat, poultry, and egg products.
- USDA (2018). Raw Pork Products Exploratory Sampling Program, https://w ww.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/data-collection-and-reports/microbiol ogy/special-sampling-projects/raw-pork-sampling.
- USDA/FAS PSD Online (2013). www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx.
- Wang, H., Ren, L., Yu, X., Hu, J., Chen, Y., He, G., & Jiang, Q. (2017) Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and h

uman exposure assessment. Food Control, 80, 217-225.
- 경기도 동물위생시험소 (2015~2017). 식육중 미생물 모니터링 검사실적, https://gvs.gg.go.kr/
- 광주광역시보건환경연구원 (2015~2017). 광주광역시 2015~2017년 도축장 미생물 검사 실적, https://hevi.gwangju.go.kr/BD_0202000000/boardList.do?infoReturn=&menuId=hevi0202000000&searchType=&searchText=&pageIndex=7
- 농림축산검역본부 (2015~2018), 2015~2018년 국내산 식육 잔류물질 검사결과 보고서
- 농림축산검역본부 (2018), 동물 및 축산물 검역 통계, https://eminwon.qia.go.kr/statistics/statistics_No1.jsp
- 농촌진흥청 (2010). 냉장육 유통을 위한 식육의 냉장저장
- 박선일, 이승윤 (2015), 구제역 백신주 선정 및 접종횟수에 따른 경제성 분석 검토 보고서, (사)대한한돈협회
- 부산광역시 보건환경정보 공개시스템 (2018). 축산물 미생물 검사결과, http://heis.busan.go.kr/livestock/livestock_006_02.aspx?&yearselect=13&year=2015
- 전라남도 동물위생시험소 (2015), 2015년 상반기 전라남도 도축장 미생물 모니터링 및 HACCP 관련 검사 결과, http://www.jnvsl.go.kr/bb/boardView.asp?action=view&currPage=3&boardNM=PDS&companyID=1&CHK=HO&book=5&part=2&chapter=1&boardSEQ=125
- 전라남도 동물위생시험소 (2018), 2018년 2분기 미생물 검사 (HACCP, 모니터링) 실적, http://www.jnvsl.go.kr/bb/boardView.asp?action=view&currPage=1&boardNM=PDS&companyID=1&CHK=HO&book=5&part=2&chapter=1&boardSEQ=165
- 정보공개 포털, https://www.open.go.kr/
- 제주특별자치도 (2018), 축산물 미생물 검사 결과, https://www.jeju.go.kr/animal/news/data.html
- 축산물품질평가원 (2017), http://www.ekapepia.com/645.su
- 충청북도 동물위생시험소 (2015~2017), 2015~2017년 축산물 미생물 검사 결과, http://www.chungbuk.go.kr/ilvr/selectBbsNttList.do?key=89355&bbsNo=6162&view=null&nttNo=417445&searchCtgry=&searchCnd=all&searchKrwd=&pageIndex=1&integrDeptCode=
- 팩트올, http://www.factoll.com/page/news_view.php?Num=2339