

조리시 가열 시간, 온도 및 돈육 두께가 돈육에 오염된 미생물 수준에 미치는 영향

김묘영 · 이현승 · 김윤지* · 이종경 · 오세욱 · 송양훈¹
한국식품연구원 식품안전성연구본부, ¹충북대학교 농업경제학과

The Survival Level of Microorganisms Contaminated on Pork Depending on the Time and Temperature of Heating, and Thickness of Pork

Myo-Young Kim, Hyun-Seung Lee, Yun-Ji Kim*, Jong-Kyung Lee, Se-Wook Oh, and Yang Hoon Song¹

Division of Food Safety, Korea Food Research Institute

¹Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University

Abstract Effects of pork thickness (5 and 7 mm), heating temperature (190 and 220°C) and time (40-180 sec), and flipping interval (10 and 30 sec) during cooking against survival levels of general bacteria and pathogenic microorganisms in pork were investigated. Under same heating temperature and time, 10 sec interval of flipping was more effective in sterilizing bacteria than 30 sec interval. Bacteria was not detected in 5-mm thick pork cooked for 80 sec at 190°C with 10 sec flipping interval, and 120 sec heating at 190°C and 30 sec flipping interval. Bacteria were not detected in most 7-mm thick pork cooked for 100 sec at 190°C with 10 sec flipping interval, and 180 sec heating at 190°C and 30 sec interval. Bacteria were not detected in most 5- and 7-mm thick pork cooked for 80 sec at 220°C with 10 sec flipping interval, and 120 sec heating with 30 sec interval.

Key words: heat treatment, pork, *Salmonella*, *Listeria*, cooking style

서 론

우리나라 육류 소비량은 지난 10년간 1,043천톤('92)에서 1,598천톤('02)으로 약 53.2% 증가하였고, 1인당 육류 소비량도 23 kg에서 34 kg('02)으로 약 47.8% 증가한 것으로 나타났으며, 돈육 소비량도 약 26.8% 증가하였는데 이것은 우육이나 계육과 같은 다른 종류의 고기와 비교하였을 때 가장 소비량이 높은 것으로 나타났다(1). 이처럼 축산물의 소비가 증가하는 가운데 근년 축산물의 소비 증대와 수입자유화 정책에 따라 소비자들의 식육에 대한 안전성 문제가 급진적으로 대두되고 있으며 육류는 풍부한 영양소와 수분을 함유하고 있어 저온 유통과정 중에도 부주의하게 취급할 경우 미생물 성장에 의해 부패가 쉽게 일어날 수 있기 때문에(2) 도축장에서부터 도축처리, 가공, 유통 및 소비에 이르기 까지 모든 공정에 있어서의 위해분석 및 중점관리점(Hazard analysis and critical control point: HACCP)을 밝혀내어 유해 병원 미생물 관리를 하여야 한다(3).

축산물의 생물학적 위해요소 중 주요 식중독균에는 *Salmonella*, *Vibrio*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* 등이 있다(4,5). 이들 식중독균은 자연

계에 널리 존재하고 가축 및 가금에 감염되거나, 도살 해체 과정에서 2차적으로 오염됨으로써 이들 축산물은 식중독의 주요원인 식품이 될 수 있다(6,7). 이와 같은 식중독 균주 중 *Salmonella*는 장관에서 옮겨지는 인수공통 전염병으로써 살아있는 동물에의 전염을 감소시키기 위한 시도와 도살장 및 가공 중 이를 최소화하기 위한 조치가 식품산업에서 중요한 과제로 되어 있다. 이러한 관점에서 제조관리수칙(GMP)과 위해요소중점관리기준(HACCP)을 적용하고 있는데도 불구하고, 일부 생고기가 병원균에 오염되어 있다는 것은 분명하다(8,9). 또한 농, 축, 수산식품 등 다양한 경로를 통해 식중독을 일으키는 *Listeria monocytogenes*는 1980년대 중반 이후 발생빈도가 높아진 식중독 균이다(10). 이 균은 임신부에 감염하여 유산, 사산, 신생아, 면역손상환자, 노인에게서는 폐렴, 심내막염, 패혈증, 국소농양, 결막염 등을 유발하여 국민건강에 큰 피해를 초래하며(11) 특히 열에 비교적 저항력이 강하며 냉장고의 온도에서 성장 할 수 있어 안전하다고 생각되는 냉장 저장 식품을 통해 식중독을 발생시키면서 건강한 사람에게 는 치사율이 30%, 노약자와 면역이 약해진 사람에게는 70%로써 상당히 독성이 강한 균주로 알려져 왔다(12). 식품을 섭취할 때 관습이나 식습관에 의한 일반적 조리 형태가 어떠한가에 따라서 안전성에 상당한 영향을 미친다고 볼 수 있는데 돼지고기의 조리 형태 별 식품 중 편육이 식중독 발생의 주요 원인인 것은 우리나라의 관습과 식습관이 집단 식중독 발생과 밀접한 관련이 되는 좋은 예라고 하겠다. 또한 음식점 및 집단 급식소 위생관리의 critical control point인 time temperature relationship 관점에서 볼 때, 가열 단계를 거치지 않는 날 음식의 경우 그 위험도는 가장 높았고, 국물 형태의 음식류는 제공 시 재가열을 하므로 상대적

*Corresponding author: Yun-Ji Kim, San 46-1, Baekhyun-Dong, Bundang-Ku, Songnam-Si, Kyunggi-Do, 463-746, Korea
Tel: +82-31-780-9085
Fax: +82-31-780-9076
E-mail: yunji@kfri.re.kr
Received September 23, 2005; accepted April 4, 2006

으로 세균성 식중독 발생의 위험도가 낮은 것으로 나타났으며 편육과 구이류는 조리 후 냉장보존을 하고 그대로 제공되거나 또는 제공 시 충분한 가열처리가 어렵다는 점에서 부적절한 식품보존 시에는 오염세균의 생존 및 증식조건이 부여되어 식중독 발생 위험도가 높은 식품류로 구분된다는 보고가 있다(13). 이와 같은 한국 식습관과 더불어 집단 급식과 수입식품의 소비증가 등 육류 식품의 생산 및 소비방식이 변화함에 따라 식중독 발생이 증가하고 대형화하는 추세가 뚜렷하여 그 이전에는 문제시되지 않던 각종 식품의 위생이 식품품질과 함께 사회적인 문제로 대두 되고 있어 이에 대한 대책이 시급한 가운데 본 실험에서는 돼지고기의 두께와 고기의 굽는 시간 및 굽는 방법, 온도를 달리 하여 일반 미생물수 및 집중된 *Salmonella*, *Listeria*의 생존률을 비교해 봄으로써 돈육을 소비하는 개인의 일반적 조리습관이나 조리 시간에 따라서 식육 섭취 시 미생물 섭취균수의 변화를 분석하고 더 나아가 병원성 미생물에 의한 식중독의 발생률을 줄이는데 기여 할 수 있을 것으로 기대하였다.

재료 및 방법

돈육 시료

본 실험에 사용된 돈육은 국내산 목살로 시중에 일반적으로 유통되는 두께인 5, 7 mm의 두께 돈육을 25 g씩 정량하여 사용하였다.

가열처리

가열처리 방법으로는 가정에서 일반적으로 선호하는 조리방법인 전열불판을 사용하여 각각 190°C 및 220°C에서 10초, 30초 간격으로 뒤집으며 가열하였다. 10초 간격으로 뒤집으며 굽는 경우는 최종 가열 시간을 40, 60, 80, 100, 또는 120초로 하여 가열하였고, 30초 간격으로 뒤집는 경우는 60, 120, 또는 180초 동안 가열하였다.

일반 세균수

검체 25 g에 펩톤수(peptone water, BD, Sparks, USA) 225 mL를 가한 후 균질한 것을 검액으로 사용하였다. 검액 1 mL를 단계 희석한 후 각 단계별 희석액 1 mL를 멸균된 petri dish 2매에 무균적으로 분주하고, 약 50°C로 유지한 PCA(plate count agar, Merck, Darmstadt, Germany) 약 20 mL를 무균적으로 가하여 검액과 혼합한 후 37°C에서 48시간 동안 배양하고 평판당 30-300개의 집락을 생성한 평판을 선택하여 시료 1 g당 Log CFU를 구하였다.

시험균주

시험균주로는 *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, ATCC 6994, DT 104, PT 10, PTU 302를, *Listeria monocytogenes*는 ATCC 7644, ATCC 19113, ATCC 19114를 각각 배양 후 카테일하여 사용하였다.

균주배양

시험균주를 각각 nutrient agar(Difco Co., Detroit, USA)에 접종 후 37°C에서 24시간 배양한 후 이것을 10 mL의 nutrient broth(Difco, Co., Detroit, USA)에 1 백금이 접종하여 37°C에서 24시간 진탕배양(150 rpm)한 다음 이 배양액 1 mL을 취하여 100 mL의 새로운 nutrient broth에 접종하여 같은 방법으로 진탕 배양하였다. 이 배양액을 각각 15 mL씩 취하여 4°C에서 10분간 원심분리

(9,000×g)하여 얻은 균체를 멸균된 0.1 M phosphate buffer(pH 7.2, 이하 phosphate buffer) 20 mL을 이용하여 같은 방법으로 3회 세척한 후 최종 균의 농도가 10⁷-10⁹ CFU/mL 가 되도록 20 mL의 phosphate buffer에 현탁하여 돈육접종 실험에 사용하였다.

균수 측정

일반세균수와 동일한 방법으로 희석한 희석액 1 mL를 멸균된 petri dish 2매 이상에 무균적으로 분주하고, *Salmonella*의 경우 약 50°C로 유지한 XLD agar(Merck, Darmstat, Germany)에 약 20 mL씩 무균적으로 가하여 검액과 혼합한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하고 평판당 30-300개의 colony가 나타난 2 단계의 균수를 평균하여 구하였다. *Listeria*는 Oxford agar(Merk, Darmstat, Germany)에 단계별 희석액을 100 μL씩 분주하여 도말한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하여 같은 방법으로 colony를 측정하였다.

결과 및 고찰

일반세균수의 변화

실험에 사용한 돈육의 초기 세균수는 5, 7 mm 시료 모두에서 10⁸ CFU/g 정도 수준이었고, 불판을 이용한 실험 결과 190°C의 경우 10초 단위로 뒤집는 조리법에서 5 mm 두께의 시료는 80초의 가열로 미생물이 검출되지 않았고, 7 mm 두께의 시료는 60초 가열로 10⁴ CFU/g 정도 검출되었고 100초의 가열에도 10⁴ CFU/g 정도 검출되었다. 또한 30초 간격으로 뒤집는 열처리의 경우 5, 7 mm 두께 모두에서 60초의 가열로 균수가 10⁴ CFU/g으로 줄었다. 이 때 5 mm는 120초 가열했을 경우 균이 검출되지 않았으며, 7 mm 두께 시료는 180초의 가열로 균이 거의 사멸하는 결과를 보였다. 220°C의 열처리에서 10초 단위로 뒤집는 경우 5 mm 두께의 시료는 40초 가열로 10³ CFU/g, 7 mm 시료는 10⁶ CFU/g 정도까지 균이 감소하였으며, 80초 가열로 두 가지 두께의 시료 모두 균이 검출되지 않았다. 220°C 30초 간격으로 뒤집는 열처리에서는 120초의 가열로 5, 7 mm 시료 모두에서 균이 검출되지 않았다(Table 1, 2).

Salmonella 균수변화

*Salmonella typhimurium*의 초기 접종 균수는 10⁸ CFU/g 수준이었으며 190°C에서 10초 단위로 뒤집어 가열하는 경우 5 mm 시료에서 60초의 가열로 10² CFU/g 수준으로 균수가 줄어들었고,

Table 1. Viable cell number of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 10 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C
(unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10 ⁸	1.6×10 ⁸
	40	5.3×10 ⁵	8.5×10 ⁶
	60	8.0×10 ²	2.1×10 ⁴
	80	ND ¹⁾	7.5×10 ¹
	100	ND	3.8×10 ¹
220	0	1.6×10 ⁸	1.6×10 ⁸
	40	3.6×10 ³	1.9×10 ⁶
	60	5.8×10 ¹	3.6×10 ¹
	80	ND	ND
	100	ND	ND

¹⁾ND: not detected.

Table 2. Viable cell number of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 30 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C (unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	60	1.0×10^4	1.0×10^4
	120	ND ¹⁾	6.0×10^2
	180	ND	3.8×10^0
220	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	60	6.3×10^2	1.0×10^4
	120	ND	ND
	180	ND	ND

¹⁾ND: not detected.**Table 3. Viable cell number of *Salmonella typhimurium* cocktail of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 10 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C** (unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	40	1.1×10^4	3.8×10^5
	60	3.8×10^2	4.3×10^4
	80	ND	ND
220	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	40	8.3×10^3	1.1×10^5
	60	ND	8.5×10^2
	80	ND	ND

¹⁾ND: not detected.**Table 4. Viable cell number of *Salmonella typhimurium* cocktail of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 30 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C** (unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	60	1.3×10^5	2.4×10^5
	120	ND	1.3×10^5
	180	ND	ND
220	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	60	1.7×10^3	32.8×10^3
	120	ND	ND
	180	ND	ND

¹⁾ND: not detected.

80초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 또한 7 mm 시료에서는 60초의 가열로 10^4 CFU/g 수준이었으며 5 mm 두께 시료에서와 같이 80초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 220°C에서는 10초 단위로 뒤집을 때 5 mm 시료의 경우 40초의 가열로 10^3 CFU/g 검출되었고, 60초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 7 mm 시료에서는 40초 가열로 10^5 CFU/g, 80초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 30초 간격으로 뒤집는 경우 균수는 190°C에서 5 mm 시료는 60초의 가열로 10^5 CFU/g 수준으로 감소하였으며, 120초의 가열로 균이 검출되지 않았고, 7 mm 시료에서는 120초의 가열로 10^5

Table 5. Viable cell number of *Listeria monocytogenes* cocktail of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 10 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C (unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	7.5×10^5	1.3×10^6
	80	ND	5.8×10^2
	100	ND	ND
220	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	7.3×10^4	2.2×10^5
	80	ND	1.1×10^2
	100	ND	ND

¹⁾ND: not detected.**Table 6. Viable cell number of *Listeria monocytogenes* cocktail of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 30 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C** (unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	3.3×10^4	4.0×10^5
	120	ND	3.0×10^2
	180	ND	ND
220	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	6.8×10^3	8.3×10^4
	120	ND	5.5×10^1
	180	ND	ND

¹⁾ND: not detected.

CFU/g 수준으로 되었고 180초 정도 가열을 해야 균이 검출이 되지 않았다. 220°C에서는 두 가지 두께 시료 모두 120초에서 사멸하였다(Table 3, 4).

Listeria 균수변화

준비된 고기 시료에 접종한 초기 *Listeria* 균수는 10^7 CFU/g 이었으며, 이를 이용하여 가열 조리된 후 결과는 190°C에서 10초 단위로 뒤집는 경우 60초의 가열로 5 mm는 10^5 CFU/g, 7 mm는 10^6 CFU/g 정도로 균이 감소하였고, 미검출 한계는 5 mm는 80초였고, 7 mm 시료는 100초였다. 220°C에서는 60초의 가열로 5 mm는 10^4 CFU/g, 7 mm는 10^5 CFU/g로 균수가 줄어들었고, 중온에서와 같이 5 mm 시료는 80초, 7 mm 시료는 100초에서 균이 검출되지 않았다. 30초 간격으로 뒤집으며 굽는 실험에서는 중온 60초의 가열로 5 mm 시료는 10^4 CFU/g, 7 mm 시료는 10^5 CFU/g 수준이 되었으며, 미 검출 한계는 각각 120초와 180초였다. 고온에서는 60초의 가열로 5 mm 시료는 10^3 CFU/g, 7 mm 시료는 10^4 CFU/g으로 감소하였으며, 각각 중온에서와 같이 120초, 180초의 가열로 균이 검출되지 않았다(Table 5, 6).

Rhee 등(14)은 ground beef에서 조리 조건을 달리하여 *E. coli* O157:H7의 감소 효율을 비교하여 보고한 바 있다. 이때 양면 grill, 단면 grill을 1회 뒤집기, 단면 grill을 수회 뒤집기 방법을 이용하였는데 그 결과, 단면 1회 뒤집는 조리방법 보다 여러 번 뒤집는 경우나, 양면으로 된 grill을 이용하는 것이 더 효과적이라고 하였다. 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 보여 30초 간격으로

뒤집는 것보다 10초 간격으로 뒤집는 경우가 미생물 사멸에 더 효과적이었다. 또한 본 연구에서 적용한 가열온도 조건 중에서 모든 D value 값이 3초 미만이며 일반적으로 100초 정도 가열했을 때 눈으로 보아 먹을 수 있을 정도로 표면이 익었다고 생각이 되나 7mm 두께에서는 미생물 분석 결과 30초 간격으로 뒤집어 조리했을 때, 경우에 따라 120초의 가열에서도 미생물이 검출되었다. 위와 같은 결과들로서 돈육을 소비하는 개인의 일반적 조리습관이나 조리 시간에 따라서 식육 섭취 시 미생물 섭취 수준 및 식중독 발생 가능성이 달라질 수 있다고 예상된다.

요 약

본 연구에서는 돈육을 구워서 섭취할 경우 돈육 두께, 가열온도, 가열시간, 뒤집는 간격을 달리하여 구웠을 경우 돈육의 일반 미생물수와 식중독 균의 수준 변화를 분석하였다. 온도조건과 가열시간이 같은 경우 30초 간격으로 뒤집는 것보다 10초 간격으로 뒤집는 경우가 대체적으로 살균 효과가 더 크게 나타났다. 190°C에서 가열할 경우 5mm 두께의 돈육에서는 10초 간격으로 뒤집는 경우 80초 정도, 30초 간격으로 뒤집는 경우 120초 정도에서 대부분의 미생물이 사멸하였고, 7mm 두께에서는 10초 간격으로 뒤집을 경우 약 100초 이상, 30초 간격으로 뒤집을 경우 180초 정도에서 거의 모든 미생물이 사멸하였다. 또한 220°C에서는 10초 간격으로 뒤집는 경우 80초 정도의 가열로 5, 7mm 두께의 돈육에서 대부분의 균이 사멸되었고 30초 간격으로 뒤집는 경우 120초 정도에서 거의 사멸하였다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Cho SH, Park BY, Byun JS, Kim JH, Ahn JN, Yun SG. Visual evaluation factors of pork loin and korean consumer's preference

- choice. *J. Anal. Sci. Technol.* 46: 415-426 (2004)
2. Hao YY, Brackett R, Doyle M. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Acromonas hydrophila* by plant extracts in refrigerated cooked beef. *J. Food Prot.* 61: 307-312 (1998)
 3. Min JS, Lee JI, Shin DK, Lee SO, Byun JS, Kang SN, Kim IS, Lee MH. Studies on the safety assessment technology of pork and beef. *J. Anal. Sci. Technol.* 40: 421-430 (1998)
 4. Bean NH, Griffin PM. Foodborne disease outbreaks in the United States, 1973-1987 : pathogens, vehicles and trends. *J. Food Prot.* 53: 804-817 (1990)
 5. Hancock DD, Besser TE, Kinsel ML, Tarr PI, Rice DH, Paros MG. The prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy and beef cattle in Washington State. *Epidemiol. Infect.* 113: 199-207 (1994)
 6. McMullin E. update: *Salmonella enteritidis* prevention and control. *World Poultry* 10: 67-68 (1994)
 7. Poppe C, Johnson RP, Forsberg CM, Irwin RJ. *Salmonella enteritidis* and other *Salmonella* in laying hens and eggs from flocks with *Salmonella* in their environment. *Can. J. Vet. Res.* 56: 226-232 (1992)
 8. Karr KJ, Maretzki AN, Knabel SJ. Meat and poultry companies assess USDA's hazard analysis and critical point system. *Food Technol.* 48(2): 117-122 (1994)
 9. Tompkin RB. Indicator organisms in meat and poultry products. *Food Technol.* 37(6): 107-110 (1983)
 10. Gu DW, Chung CI, Jeong DK, Nam ES. Contamination of *Listeria* spp. in Market Beef. *J. Food Hyg. Safety* 10: 89-95 (1995)
 11. Hong CH, An SC. Isolation and serotyping of *Listeria monocytogenes* in pork fabrication processing environment. *J. Food Hyg. Safety* 13: 425-429 (1998)
 12. Seeligeri HPR, Finger H. Infectious diseases of the fetus and newborn infant, 2nd ed. W.B. Saunders, Philadelphia, PA, USA pp. 264-289 (1983)
 13. Hong CH. Characteristics of food poisoning outbreaks transmitted by foods of animal origin reported in Korea. *Korean J. Vet. Publ. Hlth.* 18: 147-154 (1994)
 14. Rhee MS, Lee SY, Hillers VN, Mccurdy SM, Kang DH. Evaluation of consumer-style cooking methods for reduction of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef. *J. Food Prot.* 66: 1030-1034 (2003)