J. Fd Hyg. Safety 13(4), 441 - 447(1998)

조리과정에 따른 살모넬라(*Salmonella typhimurium*) 식중독균수의 변화 및 중점관리점(CCP)의 관찰

- 돼지고기와 잡채를 중심으로 -

김종규†

계명대학교 자연과학대학 공중보건학과

Effects of Cooking Processes on the Amount of *Salmonella typhimurium* in Pork and Korean Japchae and Identification of Critical Control Point in the Processes

Jong-Gyu Kim†

Department of Public Health, College of Natural Sciences, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

ABSTRACT—This study was performed to investigate the changes of amount of *S. typhimurium* during cooking processes using pork and japchae (a Korean food which is made from meat, vegetables and noodles), and to support a practical application to develop a hazard analysis critical control point (HACCP) model. The pork was purchased in a retail shop, cut (0.5 cm × 10 cm × 10 cm, 25 g), tested for *Salmonella* contamination (results: negative), inoculated with *S. typhimurium* (10^7 CFU/g), then treated in various conditions related to cooking. After thawing for 24 hours in various conditions, the number of *S. typhimurium* was increased to 10^{10} CFU/g at a refrigerated temperature (4~10°C), and to 10^{21} CFU/g at room temperature (22~29°C). After thawing in a microwave oven for 40 seconds, the number of *S. typhimurium* increased to 10^8 CFU/g. During the thawing period, the number of *S. typhimurium* increased over time. At the refrigerated temperature, the number of the bacteria was 10^{10} CFU/g after 24 hours, 10^{13} CFU/g after 48 hours, and 10^{20} CFU/g after 72 hours. At room temperature the number of bacteria reached 10^{11} CFU/g in 2 hours, 10^{15} CFU/g in 4 hours, 10^{16} CFU/g in 8 hours, 10^{18} CFU/g in 12 hours, and 10^{21} CFU/g in 24 hours. After cooking in a frying pan (150±7°C) for 3 minutes, the bacterial count was 10^6 CFU/g. After cooking in hot water for 20 minutes, the bacterial count was 10^7 CFU/g at 60°C, 10^6 CFU/g at 63°C, and 10^4 CFU/g at 65°C. The fried pork was mixed with cooked vegetables, noodles, sesame oil, sesame seeds, and seasonings to make Korean japchae. This process took 10±2 minutes. The bacterial count in the japchae increased to 10^7 CFU/g from the count of 10^6 CFU/g of the fried pork before it was mixed with the other ingredients. These results indicate that the amount of *S. typhimurium* is effected by various different cooking processes. This study can suggest that pork should be cooked in water at over 65°C for 20 minutes in order to prevent food poisoning, if the pork is contaminated with *S. typhimurium*. The presence of *S. typhimurium* in the raw pork is identified in an HA for japchae, and the primary CCP for japchae is inadequate cooking (cooking method and time/temperature). We need to standardize time-temperature-size and amount of pork in cooking japchae, because pork is usually cooked in ordinary frying pans when we make this food.

Key words □ *Salmonella typhimurium*, Pork, Korean japchae, Thawing conditions, Thawing period, Cooking methods, HACCP

† Author to whom correspondence should be addressed.

역사적으로 가장 오래된 식중독으로 기록되어 있는 살모넬라(*Salmonella*) 식중독은 *Salmonella*屬에 속한 특정 균종이 오염되어 증식된 식품을 섭취하여 발생되는 감염형 식중독이다. 이 균속(Genus)에는 약 2,000여 종이 있으며[1-3] 그 중에서 인체에 유해한 균종은 *S. typhi, S. paratyphi, S. cholerae-suis, S. enteritidis, S. typhimurium, S. abortus equi* 등 약 200여 종이고, 식중독에 관여하는 균은 약 50여 종에 이르는 것으로 알려져 있다.[1,2]

세계적으로 빈번히 발생되는 *Salmonella* 식중독은 해당 국가별로 그 나라의 식습관과 관계 있는 것으로 보여지고 있으며, 주요 원인균으로는 *S. enteritidis, S. typhimurium, S. thompson, S. postsdam, S. oranienburg, S. senftenberg, S. infantis, S. derby* 등이 제시되고 있다.[3-5] *Salmonella* 식중독은 우리 나라에서도 과거로부터 높은 발생을 나타낸 식중독이다.[6,7] 생활환경이 고도로 향상된 근년에도 이러한 경향은 계속되어 최근 수년간의 식중독 발생 통계에서도 *Salmonella* 식중독이 단연 수위를 차지하고 있다.[8-10]

Salmonella 식중독의 감염경로는 식품뿐만 아니라 보균동물이나 보균자 및 배설물 등 상당히 광범위하다. 그 중에서도 식품으로는 세계적으로 특히 육류와 난류를 중심으로 한 식품이 주된 원인 식품으로 제시되고 있다.[2-4] 식육이나 난류 등이 다른 식품에 비해 높은 율로 *Salmonella*의 오염을 받고 있기 때문에 이들을 중심으로 한 식품이 원인식이 될 수 있는 것으로 보인다. 우리 나라에서는 과거로부터 삶은 돼지고기와 이를 이용한 음식이 문제시되는 경우가 많았다. 특히 잔칫집이나 상가 등에서 잡채나 편육 등 돼지고기를 이용한 음식물을 통해 집중적으로 *Salmonella* 식중독이 일어나고 있는 상황이다. 이는 돼지고기 자체의 오염뿐만 아니라 조리 및 취급 과정의 부적절함으로부터 야기되는 것으로 추측할 수 있다. 우리 나라의 육류 소비중 1인당 소비량이 가장 많은 것이 돼지고기라는 점[11]으로부터 돼지고기에 의한 *Salmonella* 식중독의 발생은 계속될 것으로 예측된다. 따라서 그 예방 관리를 위해서는 돼지고기 및 이를 사용하는 음식에 대한 구체적이고 과학적인 실험 데이터를 축적할 필요가 있다.

저자는 이와 같이 지역사회별로 식습관의 특징에 따라 과거의 식중독 사례로부터 원인식품으로 자주 문제가 되었던 특정식품을 '고위험식품'이라고 칭하고, 이러한 식품에 대해서 전체 작업과정을 표준화 할 것을 제안한 바 있다.[12] 본 연구는 그 선행연구로서 한국인이 일상적으로 많이 먹는 돼지고기 음식을 조리하는 과정에서 *Salmonella*의 균수가 어떻게 변화되는지를 실험함으로써 조리 과정이 *Salmonella* 식중독을 방지 또는 유발시키는 데 기여하는 정도를 알아보고자 수행되었다. 더불어 이를 근거로 돼지고기 음식의 취급 및 조리시에 *Salmonella* 식중독 예방을 위해서 중점적으로 관리해야 할 포인트(중점관리점, critical control points, CCPs)를 제시함으로써 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Points) model 설정을 위한 실증 자료를 제공하고자 하였다. 이를 위하여 돼지고기를 *S. typhimurium*에 오염시키고 해동 조건별, 해동 기간별 및 조리 방법별로 처리하여 균의 증식 및 사멸정도를 관찰하였으며, 오염된 돼지고기를 사용해서 잡채를 조리하고 잡채에서 균수 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

균주

Salmonella 식중독을 일으키는 것으로 알려진 *S. typhimurium* ATCC 14028을 서울대학교 보건대학원에서 분양받아서 사용하였다.

배지

배지는 *S. typhimurium*의 증균 배지로 TSB(trypticase soy broth)(Difco Lab., MI)에 agar를 일정량 첨가하여 사용하였다. 배양 배지로는 살모넬라 선택 배지(SS agar for isolating salmonella and some shigella(Difco Lab., MI))를 사용하였다.

돼지고기 시료

식육점에서 냉동 돼지고기를 필요한 크기(크기: 0.5 cm × 10 cm × 10 cm=50 cm^3, 무게: 약 25 g)로 절단하여 구입 후 ice box에서 냉동 상태로 운반하였다. 실험실 도착 후 clean bench 안에서 시료별로 무균적으로 포장하여 실험 조건별로 처리하면서 사용하였다. 한편 구입한 이 돼지고기 시료에서 살모넬라균의 존재 여부를 시험하여 검출되지 않음을 확인하였다.

살모넬라균의 증균 및 배양물의 조제

분양받은 *S. typhimurium*을 trypticase soy agar에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 3회 연속 계대배양하여 증균시켰다. 전형적인 집락을 trypticase soy broth에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 진탕 배양한 후 원심분리하여 농축시켰다. 이를 멸균완충식염수에 접종하고 hematometer와 현미경(Nikon, HFX-II, Japan)을 이용해 균수가 일정량이 되도록 조절하였다. 살모넬라균이 식중독을 일으킬 수 있는 균량은 10^5~10^9/g으로 알려져 있는 바,[13] 본 실험을 위하여 10^7/m*l*로 조절하였다.

시료의 처리 및 *S. typhimurium* 균수 측정

준비한 냉동 돼지고기에 위에서 조제한 *S. typhimurium*

배양물을 시료별로 2.5 ml씩 접종하여 오염시켰다(10^7 CFU/g). *S. typhimurium*의 생육이 활발한 온도가 21~38°C이며 7~8°C에서 성장이 위축된다는 점과[14,15] 보통의 가정에서 수행하는 조리과정을 고려하여 이 시료의 처리 조건을 설정하였다. 즉, 조리 과정에 따른 *S. typhimurium*의 증식 및 사멸을 평가하기 위한 조건으로 해동 조건별(실온: 22~29°C, 냉장: 4~10°C, 전자레인지: 40초), 해동기간별(실온: 0, 2, 4, 8, 12 및 24시간, 냉장: 0, 24, 48 및 72시간) 및 조리 방법별(볶기: 150±7°C, 삶기: 60°C, 63°C 및 65°C)로 처리하였다. 볶기 방법의 경우 150±7°C에서 3분 동안 볶았다. 삶기 방법에서는 온도계가 설치된 용기에서 물의 온도를 60°C, 63°C 및 65°C로 고정시키고 뚜껑을 연 상태에서 고기를 넣고 20분 동안 삶았다.

처리된 시료에서 *S. typhimurium* 균수의 측정은 시료 25 g에 멸균완충식염수 225 ml의 비율(1 : 10)로 혼합하였으며 필요에 따라 멸균완충식염수로 10배 단계 희석하였다. 희석액을 미리 조제하여 둔 SS 평판배지에 0.1 ml씩 도말하여 35°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 형성된 집락을 colony counter로 계수하고 희석배수를 곱하여 균수를 산출하였다.[16] 실험의 신뢰도를 높이기 위하여 1회 시험당 2개의 검체(50 g)를 취하여 측정하였다.

잡채의 재료와 조리방법

위의 처리 조건을 근거로 돼지고기를 이용한 음식(잡채)을 조리하여 *S. typhimurium*의 증식 정도를 관찰하였다. 잡채 재료는 1인분 기준으로 돼지고기 25 g, 양파 30 g, 당근 20 g, 시금치 30 g, 표고버섯 10 g, 목이버섯 2.5 g, 식용유 7 g, 당면 20 g, 참깨 7 g, 참기름 3 g, 마늘 2 g, 간장 7 g, 설탕 2 g, 후추 0.1 g, 화학조미료 0.2 g을 사용하였다. 잡채의 재료를 미리 조리해 놓고 *S. typhimurium*으로 오염시킨 돼지고기를 일정 크기(0.5 cm × 0.5 cm × 5 cm)로 잘라 위의 볶기 방법대로 볶아서 즉시 상법[17]에 따라 잡채를 만들었다. 잡채를 완성하는데 소요된 시간은 10±2분이었다. 이렇게 조리한 잡채 50 g을 취하여 멸균완충식염수로 1 : 10의 비율로 희석해서 앞의 *S. typhimurium* 균수 측정방법으로 균수를 측정하였다.

낙하균 측정

조리실 내의 전반적인 청결도를 평가하기 위하여 낙하균을 측정하였다. 이는 보통한천배지를 사용하여 낙하법에 따라 다음과 같이 수행하였다.[18] 즉, 보통 한천평판배지를 넣은 Petri dish(1.5 × 9 cm)를 조리 실험실내의 5곳(높이: 60~70 cm)에 각각 3개씩 놓아 주의하면서 뚜껑을 열고 5분간 수평 정치한 후 다시 뚜껑을 덮었다. 이를 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 형성된 집락을 계수하였다.

결과 및 고찰

해동 조건별 *S. typhimurium*의 균수 변화

*S. typhimurium*으로 오염시킨(10^7 CFU/g) 돼지고기를 해동 조건별(실온: 22~29°C, 냉장: 4~10°C, 전자레인지: 40초)로 처리하여 균수를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 24시간 후에 냉장 온도에서 해동시에는 10^{10} CFU/g 수준으로 증가하였으며, 실온에서는 10^{21} CFU/g 수준으로 초기에 비하여 대단히 높은 수준으로 증가하였다. 급속 해동방법인 전자레인지(40초) 해동의 결과 다른 방법에 비하여 균수가 가장 낮게 측정되었으나 10^8 CFU/g으로 역시 초기보다 증가하였다.

오염된 돼지고기를 해동시킬 때 각 조건별로 균의 증식은 정도의 차이는 있지만 모두 식중독 유발 가능성이 증가된 것으로 나타났다. 우려되는 바와 같이 실온에서의 해동은 매우 위험한 것으로 나타났다. 실제로 여러 사례에서 원재료 또는 조리된 음식을 실온에서 해동시켰음으로 인하여 식중독이 야기되었음이 제시된다.[12] 냉장 온도에서 해동시에도 24시간 후에 *S. typhimurium*은 상당한 증식(약 1000배)을 보이고 있다. 이는 살모넬라균이 냉장온도에서는 성

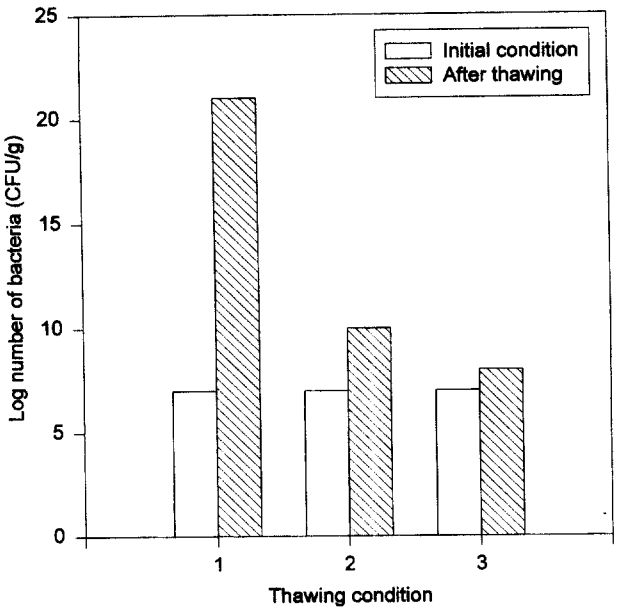

Fig. 1. Recovery of *S. typhimurium* from the pork inoculated with the bacteria in a frozen condition and thawed in different conditions: (1) Thawing at room temperature (22~29°C), (2) Refrigerated thawing (4~10°C), (3) Thawing in a microwave oven (40 seconds).

장이 위축되기는 하지만 저온에 대해서 비교적 저항성이 강하여 생존할 수 있다는 이론[2,12]을 뒷받침하는 결과이다. 이러한 냉장보다 훨씬 낮은 냉동 온도에서도 살모넬라균이 살아남은 예가 있다. 실제로 한 가정에서 수입 냉동 새우를 구입하여 새우튀김을 만들어 먹은 후 일가족 모두가 식중독을 일으킨 사례가 있었다.[19] 또 전자레인지를 이용한 해동시에는 마이크로파에 의한 급속 해동으로서 증식이 일어나지 않을 것으로 기대되기도 하였으나 이러한 방법도 안전성을 확보하기에는 무리가 있는 것으로 평가된다. 고기의 해동뿐만 아니라 가열이나 재가열에 있어서도 전자레인지는 안전성을 보증하기가 어렵다. 실제로 *S. typhimurium*으로 오염된 돼지고기(roast pork)를 전통적인 가열 방법으로 재가열하여 섭취한 경우에는 식중독을 일으키지 않았으나 전자레인지로 재가열하여 섭취한 경우에는 섭취자 모두가 식중독을 일으킨 사례가 있다.[20] 이러한 예들로부터 식중독을 예방하기 위해서는 조리에 있어서 전자레인지를 과신하지 말아야 할 것이 제시되고 있다.

해동 기간별 *S. typhimurium*의 균수 변화

*S. typhimurium*으로 오염시킨 돼지고기를 실온(22~29 °C) 및 냉장 온도(4~10°C)에서 해동시키면서 경시적으로 균수를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 실온 해동에서 시간에 따른 증식 균수를 비교해 볼 때 2시간 후에는 10^{11} CFU/g 수준, 4시간 후에는 10^{15} CFU/g 수준, 8시간 후에는 10^{16} CFU/g 수준, 12시간 후에는 10^{18} CFU/g 수준, 그리고 24시간 후에는 10^{21} CFU/g 수준으로 계속 증가하였다. 실온에서 24시간 이후에는 고기의 변질이 초래되어 더 이상 실험을 진행할 수 없었다. 시간에 따른 증식의 정도 차이는 하루 중의 온도 변화에 의하여 영향받았을 것이다. 그러나 이 결과에서와 같이 여름철의 실온에서 일단 2시간 이상 방치된 육류는 폐기하여야 할 것으로 보인다.

냉장 온도에서 해동시에는 24시간 후에 10^{10} CFU/g 수준의 수치를 나타내었고, 48시간 후에는 10^{13} CFU/g 수준, 그리고 72시간 후에는 10^{20} CFU/g 수준으로 증가하였다. 이를 실온에서 24시간 해동시에 10^{21} CFU/g 수준으로 측정된 결과와 비교할 때, 저온은 살모넬라균의 증식의 억제에 상당히 도움이 되는 바를 증명하고 있다. 그러나 냉장 해동에서도 이미 상당한 균량으로 증식하여 있으며, 이러한 결과는 냉장 온도에서 육류의 해동이나 저장은 일시적으로만 이용될 수 있다는 바를 시사한다.

조리 방법별 *S. typhimurium*의 균수 변화

*S. typhimurium*으로 오염시킨 돼지고기를 볶기(150±7°C) 및 삶기(60°C, 63°C 및 65°C)로 조리한 후 균수를 측정

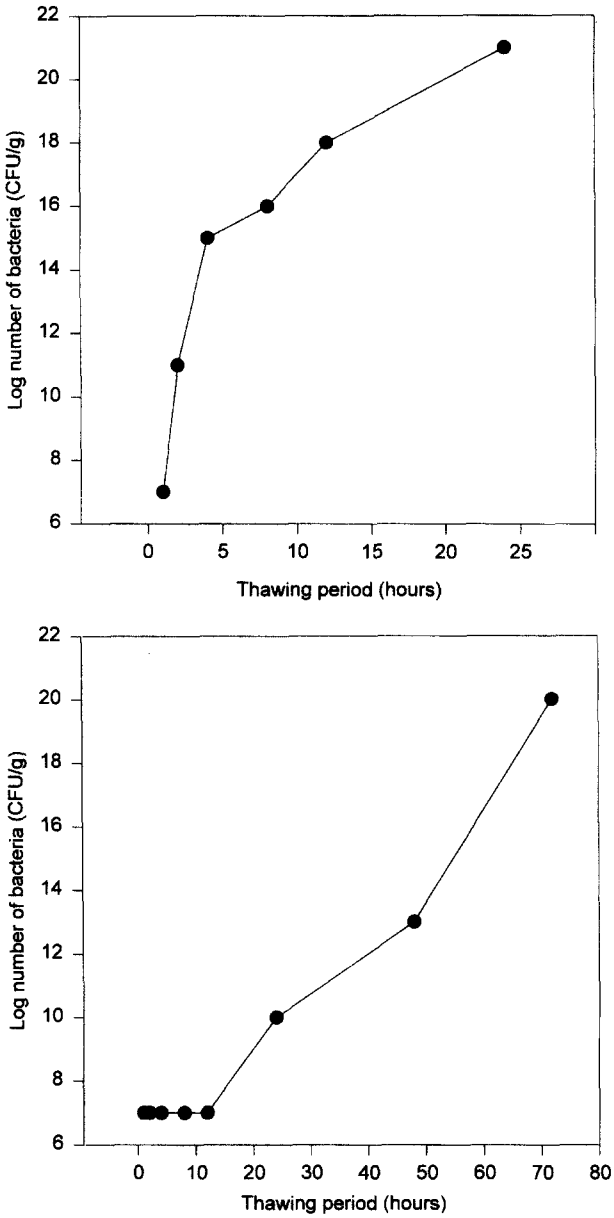

Fig. 2. Increases of recovery of *S. typhimurium* from the pork inoculated with the bacteria in a frozen condition and thawed over time (upper, thawing at room temperature: 22~29°C; lower, refrigerated thawing: 4~10°C).

한 결과는 Fig. 3과 같다. 볶기는 150±7°C에서 최대한 길게(3분간) 실시하였는데, 결과는 10^6 CFU/g 수준으로 초기 균수인 10^7 CFU/g보다 낮은 수치를 보였으나 아직 *Salmonella* 식중독의 유발 위험성이 남아 있는 것으로 나타났다. 볶기의 경우는 삶기보다 온도는 훨씬 높았으나 내부까지 균일한 열 전달이 미비하여 이러한 결과를 초래한 것으로 보인

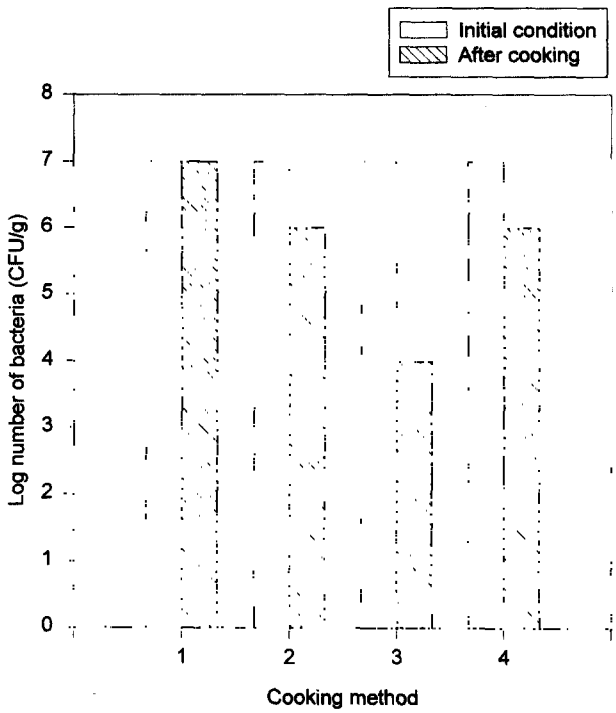

Fig. 3. Recovery of *S. typhimurium* from the pork inoculated with the bacteria in a frozen condition and cooked by the following methods: (1) Cooking in water at 60°C, (2) at 63°C, (3) at 65°C, (4) Frying in a pan at 150±7°C.

다. 튀김 음식에 의하여 유발된 *Salmonella* 식중독의 한 사례에서 튀김 기름의 온도는 142~154°C였으나 음식 중심부의 온도는 단지 48~60°C였다는 보고가 있어[21] 이러한 가정을 뒷받침한다. 따라서 높은 온도에서 조리하더라도 음식의 중심부까지 충분히 익히지 않는다면 병원성 미생물이 사멸될 것으로 기대하여서는 안된다.

삶기(20분)에서는 온도가 높을수록 균이 많이 감소된 것으로 나타났다. 60°C에서는 초기와 같은 10^7 CFU/g 수준, 63°C에서는 10^6 CFU/g 수준으로 역시 식중독 유발 가능성이 남아 있는 것으로 나타났으며, 65°C에서는 10^4 CFU/g으로 감소되었다. 그리고 볶기보다는 65°C 삶기에서 균의 감소가 더 많았다. 따라서 이러한 정도의 돼지고기(크기: 0.5 cm × 10 cm × 10 cm=50 cm^3, 무게: 약 25 g)를 삶을 때에는 65°C보다 높은 온도라야만 *S. typhimurium*을 모두 사멸시킬 수 있으며 *Salmonella* 식중독의 예방이 가능할 것으로 보인다.

돼지고기에서 문제가 되는 선모충 등의 기생충의 사멸을 위해서 일반적으로 62°C 이상으로 가열할 것이 권장되나 본 연구의 결과와 같이 *Salmonella* 식중독균을 사멸시키기 위해서는 기생충 사멸보다 더 높은 온도가 요구된다. Donatelle와 Davis는 돼지고기를 조리할 때 150°F(65.55°C)까지 익힐 것을 권장하였으며,[22] Hui 등은 가정이나 단체급식에서의 일반적인 조리과정에서 돼지고기의 안전성을 확보하려면 65~77°C가 적절하다고 제시하고 있다.[23] 그러나 식품에서 살모넬라균 등의 유해 미생물을 사멸시키기 위한 온도/시간의 조건은 그 식품의 특징(크기, 양 및 보관 조건 등과 식품자체의 물성)과 오염된 초기의 균수, 그리고 어떤 방법으로 조리하는 가에 따라 달라질 것이다. 특히 돼지고기는 한국인이 많이 섭취하는 식품 중의 하나이며 또 다양한 형태로 조리하여 먹는 만큼, 돼지고기 음식을 위하여 이러한 식품위생관련 실험 연구를 통한 기초자료의 축적이 절실하게 필요하다. 이를 위하여 지속적인 연구가 있어야 할 것이다.

*S. typhimurium*에 오염된 돼지고기를 사용한 잡채에서의 균수 변화 및 중점관리점(CCP)

앞의 실험 결과를 근거로 돼지고기를 이용한 음식(잡채)을 만들어 *S. typhimurium*의 증식 정도를 관찰하였으며 *Salmonella* 식중독 유발 가능성 여부를 평가하고자 하였다. 그 결과는 Fig. 4와 같다. 조리 방법중 볶기(150±7°C, 3분)로 처리하여 *S. typhimurium*의 균수가 10^6 CFU/g의 수준인

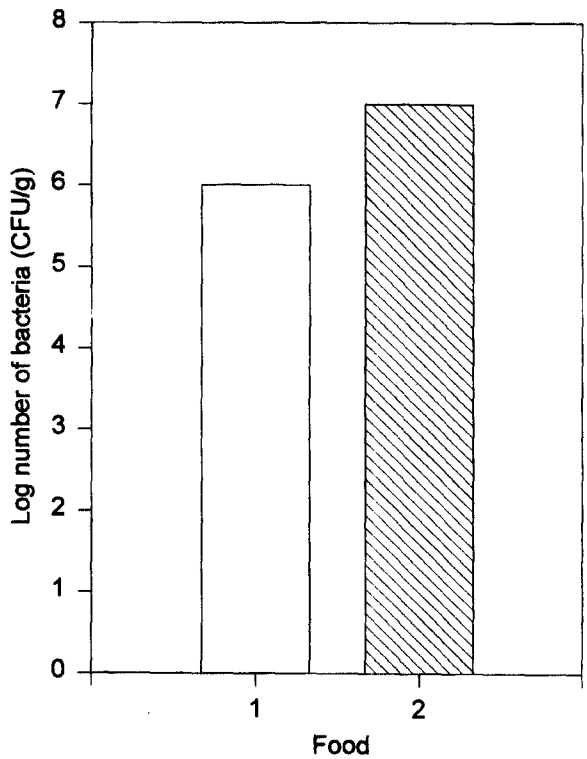

Fig. 4. Comparing the recovery of *S. typhimurium* from the fried pork and the japchae using some of the same pork. (1) Fried pork, (2) Japchae.

돼지고기를 사용해서 잡채를 조리하고 균수를 검출해 본 결과, 잡채에서는 10^7 CFU/g 수준으로 증가된 것으로 나타났다. 이러한 결과는 잡채의 한 재료의 식중독 미생물 오염도가 위험한 상태라면 완성된 잡채는 충분히 식중독을 야기시킬 수 있는 바를 시사한다. 이를 보아서 음식물 조리시 원재료 중 한가지라도 오염된 것을 사용하였을 때에는 조리과정 중에서 다른 재료들까지 오염시킬 수 있으며 또 최종 완성품도 식중독의 유발 가능성을 높임을 알 수 있다. 특히 잡채와 같이 여러 가지 재료를 사용하는 복합조리식품에서는 원재료의 구입 단계로부터 조리 완료에 이르기까지 취급과 관리에 특별한 주의가 필요하겠다.

이상을 요약하면 *S. typhimurium*에 10^7 CFU/g으로 오염된 원재료 돼지고기를 150±7°C에서 3분 동안 볶아서 10^6 CFU/g이 된 것을 사용하여 잡채를 만들었을 때, 최종적으로 잡채에서 검출된 *S. typhimurium*은 10^7 CFU/g이었다. 이 조리 과정에서 *Salmonella* 식중독을 유발할 수 있는 위험요소는 출처로부터 안전하지 못한 원재료, 온도/시간 관리의 잘못(조리시 실온에서의 취급 및 음식을 만드는데 걸리는 시간 등), 부적절한 해동이나 조리방법, 그리고 교차오염 등이 지적될 수 있다. 그러나 음식물의 조리과정은 특수한 경우를 제외하고는 실온에서 행해질 수밖에 없으며, 또 본 실험에서 잡채를 만드는 데 소요된 시간은 10±2분으로 이는 최단시간으로 여겨진다. 조리에서 사용된 집기는 모두 멸균된 것으로 사전에 교차오염을 차단하였다. 잡채의 재료중 돼지고기를 제외한 다른 재료들에서 *Salmonella*의 존재 여부를 시험하지는 않았으나 이 등[24]의 연구에 의하면 시판 식물성 식품(채소류 및 유지식물류 포함) 390건에서 *Salmonella*를 비롯한 식중독 원인균이 검출되지 않았다고 보고되어 있는 바, 이 실험의 다른 재료에서도 *Salmonella*가 음성일 것으로 판단되었다. 조리실 내의 살모넬라균을 측정하지는 않았으나 환경 중의 전반적인 청결도를 조사하기 위하여 낙하법에 의한 낙하균을 측정한 결과 30 CFU 이하로 양호하게 나타났다. 따라서 조리 환경에서 살모넬라균의 오염이 없었다고 가정하면 이 잡채에서는 원재료인 오염된 돼지고기의 초기 미생물 오염도가 위해요소(hazard)로 지적된다. 그리고 조리시의 돼지고기를 익히는 과정(조리방법 및 조리 온도와 시간)이 부적절하였음이 가장 문제가 되었으며, 바로 이 단계가 중점관리점(CCP)으로 판명된다. 돼지고기의 안전성을 확보하기 위해서 권장되는 조리 온도는 여러 연구자의 의견을 종합하였을 때 최소한 65.5°C 이상이어야 한다. 그러나 본 실험에서는 볶기에 의하여 익혀진 돼지고기의 내부 온도를 확인하지 않았으며, 또 고기의 내부까지 열이 골고루 전달되었는지도 확인하지 않았다. 즉 돼지고기 볶기의 과정에서 온도 감시(monitoring)가 제대로 이루어지지 못하였으며, 이로부터 결국 잡채는 식중독을 야기할 수 있는 충분한 균량을 보유하게 되었던 것이다.

이와 같이 잡채에서 검출된 *S. typhimurium*의 균수는 돼지고기의 볶기 조리방법을 수정하여 식중독을 일으킬 수 있는 수준이하로 사멸시켜야 함을 제시한다. 그런데 본 실험에서 수행한 돼지고기의 볶기 방법에서 더 오래 볶지 못한 것은 고기의 표면이 타기 시작하여 관능적 및 영양적 가치의 열화가 우려되었기 때문이다. 잡채를 만들 때 대부분 돼지고기를 볶아서 사용하는 만큼, 더 자세한 연구를 통하여 조리 방법의 표준화(고기의 크기와 양에 따른 온도/시간/조리방법)가 필요하며, 향후 이를 위한 후속 연구가 수행되어야 할 것이다.

국문요약

본 연구는 조리과정 중에 *Salmonella* 식중독균수가 어떻게 변화되는지를 관찰하고, 이를 토대로 HACCP model 설정을 위한 실증 자료를 제공하고자 수행되었다. 돼지고기(크기: 0.5 cm × 10 cm × 10 cm, 무게: 약 25 g)에 살모넬라균(*S. typhimurium*)을 10^7 CFU/g으로 오염시키고 조리하는 과정(해동 방법, 해동기간 및 조리 방법) 에서 균수의 증가 또는 감소를 관찰하였으며, 오염된 돼지고기를 사용하여 한국인이 일상적으로 많이 먹는 돼지고기 음식(잡채)을 만드는 모의실험을 통하여 이 음식물에서 최종적인 균수를 측정하였다. 해동 방법별로는 24시간 후에 균수가 냉장 온도(4~10°C)에서 10^{10} CFU/g, 실온(22~29°C)에서 10^{21} CFU/g의 수준으로 증가하였다. 전자레인지에 의한 급속 해동(40초)에서는 균수가 가장 낮게 측정되었으나 10^8 CFU/g으로 역시 증가하였다. 해동 기간별로 냉장과 실온에서의 균수 변화를 보면 균수는 시간이 경과될수록 뚜렷이 증가를 나타내었다. 냉장 온도에서 해동시에는 24시간 후에 10^{10} CFU/g, 48시간 후에 10^{13} CFU/g, 72시간 후에 10^{20} CFU/g의 수준으로 증가하였다. 실온 해동시 2시간 후에는 10^{11} CFU/g 수준, 4시간 후에는 10^{15} CFU/g 수준, 8시간 후에는 10^{16} CFU/g 수준, 12시간 후에는 10^{18} CFU/g 수준, 그리고 24시간 후에는 10^{21} CFU/g 수준으로 증가하였다. 조리 방법별로는

돼지고기를 볶기(150±7℃, 3분)한 결과 균수는 10^6 CFU/g 수준으로 초기보다 약간 감소하였다. 삶기(20분)한 결과 60℃에서는 초기와 같은 10^7 CFU/g 수준, 63℃에서는 10^6 CFU/g 수준으로 볶기에서의 균수와 같게 나타났으며, 65℃에서는 10^4 CFU/g으로 감소하였다. *S. typhimurium*에 오염된 돼지고기를 위와 같이 볶은 것(10^6 CFU/g)을 사용하여 잡채를 만든 결과(소요시간: 10±2분) 균수가 10^7 CFU/g으로 증가하여 *Salmonella* 식중독의 발생 위험성이 더욱 커진 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 돼지고기에서 *S. typhimurium*의 증식은 조리 과정에 의하여 영향을 받는 것을 알 수 있다. 식중독을 야기할 수 있는 수준으로 오염된 돼지고기를 조리할 때에는 65℃에서 20분 이상 삶아야만 식중독 발생 예방이 가능한 것으로 사려되었다. 또한 이상과 같은 결과로부터 이 잡채에 대한 위해분석(HA)에서는 원재료 고기의 초기 미생물 오염도가 위해요소(hazard)로 지적되며, 부적절한 조리단계(조리방법 및 조리온도와 시간)가 중점관리점(CCP)으로 판명된다. 잡채의 경우 돼지고기를 볶아서 사용하는 경우가 많으므로 이 조리방법의 표준화(고기의 크기와 양에 따른 온도/시간/조리 방법)가 필요하다.

참고문헌

1. 신효선, 신광순, 정영채, 이용욱: 최신식품위생학, 신광출판사, 서울, pp. 105-110 (1996).
2. 이용욱, 김종규: 식품위생관리, 한국방송대학교출판부, 서울, pp. 43-46 (1997)
3. Eley, A.R., Fisher, I., Moss, M.O., Roberts, T.A. and Sharp, J.C.M.: Microbial Food Poisoning, Chapman & Hall, London, pp. 15-21 (1992).
4. Koren, H. and Bisesi, M.: Environmental Health and Safety, Lewis Publishers, New York, pp. 116-117 (1996).
5. Maurice, J.: The rise and rise of food poisoning. *New Scientist,* **144**, 28-33 (1994).
6. 이용욱, 김종규: 우리 나라의 식중독 발생동향 조사연구-통계자료를 중심으로, 한국식품위생학회지, **2**(4), 215-237 (1987).
7. 이용욱, 김종규: 우리 나라의 식중독에 관련된 문헌고찰, 한국식품위생학회지 **4**(3), 199-256 (1989).
8. 한국식품위생연구원: 식중독 발생동향 분석 및 효과적인 관리방안 모색 연구, pp. 71-86 (1996).
9. 국립보건원: 감염병 발생정보, 제 8권 (1997).
10. 국립보건원: 감염병 발생정보, 제 9권 (1998).
11. 송병춘, 맹원재: 현대인의 식생활과 건강, 건국대학교출판부, 서울, p.56 (1992).
12. 김종규: 식중독 발생의 사례를 통해 본 학교급식의 문제점, 한국식품위생안전성학회-위생적인 학교급식의 관리방안 세미나-자료집, pp. 23-35 (1997).
13. 김동한: 위생과 식중독, 광문각, 서울, pp. 62-68 (1998).
14. Neidhardt, F.C.: *Escherichia coli* and *Salmonella*, ASM Press, Washington, D.C., p.1570 (1996).
15. Hayes P.R.: Food Microbiology and Hygiene, 2nd ed., Elsevier, London, pp. 31-40 (1992).
16. 이용욱, 박석기: 식품위생미생물시험법, 신광출판사, 서울, pp. 181-189 (1996).
17. 전은자, 서민자: 영양급식과 조리, 홍익재, p.429 (1997).
18. 최한영, 박석기, 길충남, 유일광: 환경위생실험, 신광문화사, 서울, pp.67-68 (1993).
19. 김종규: 집단급식의 식중독 발생사례 및 교훈, 교육부-'98 학교급식 연수회-자료집, pp 91-118 (1998)
20. Gessner B.D. and Beller, M.: Protective effect of conventional cooking versus use of microwave ovens in an outbreak of salmonellosis. *Am. J. of Epidemiology,* **139**(9), 903-909 (1994).
21. Evans M.R., Hutchings P.G., Ribeiro C.D. and Westmoreland D.: A hospital outbreak of salmonella food poisoning due to inadequate deep-fat frying. *Epidemiol. Infect.* **116**, 155-160 (1996).
22. Donatelle, R.J. and Davis L.G.: Health-The basics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp.192-193 (1994).
23. Hui, Y.H., Gorham, R.J., Murrell, K.D. and Cliver, D.O.: Foodborne Disease Handbook-Disease caused by bacteria, Marcel Dekker, Inc., New York, pp.253-291 (1994).
24. 이용욱 외 11인: 식중독 원인물질의 신속다중검색을 위한 연구, 보건복지부 보건의료기술 연구개발사업 보고서, p. 96 (1998).