J. Fd Hyg. Safety
Vol. 23, No. 3, pp. 227~232 (2008)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

항균 필름과 저장 온도의 돼지고기 저장성 및 미생물학적 안전성에 대한 병행 효과

하지형 · 이유시 · 허선경 · 배동호[1] · 박상규[2] · 하상도*
중앙대학교 식품공학과, [1]건국대학교 생명과학과, [2]건국대학교 생명정보학센터

Combined Effects of Antibacterial Film and Storage Temperature on Shelf-life and Microbiological Safety of Pork Meat

Ji-Hyoung Ha, Yu-Si Lee, Sun-Kyung Heo, Dong-Ho Bae[1], Sang-Kyu Park[1], and Sang-Do Ha*
Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
[1]Department of Bioscience and Biotechnology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
[2]Biomolecular Informatic Center (BMIC), Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
(Received June 5, 2008/Revised June 21, 2008/Accepted June 27, 2008)

ABSTRACT – The purpose of this study was to investigate the antibacterial effect of films on shelf-life and microbiological Safety of pork meat. Effects of antimicrobial films against total aerobic bacteria, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* in pork meat were evaluated during storage of 14 days at 5°C, 10°C and 15°C. Antimicrobial films were developed with addition of a natural substance, wasabi extracts (*Wasabia japonica*). At 5°C storage, growth of total aerobic bacteria, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* were inhibited higher than at 10 and 15°C. Especially, the numbers of *S. Typhimurium* and *S. aureus* were increased gradually at 5°C even in the control sample, and it takes more than 14 days to increase in every sample upto 6 $\log_{10}$ cfu/g. The higher antimicrobial effects of the films were observed at storage of 5°C than at 10°C and 15°C. There was a limit of a single treatment of antimicrobial film to prolong shelf-life of pork meat. The synergistic effect of antimicrobial film were observed with addition of refrigeration at 5°C.

Key words: antimicrobial films, antimicrobial effects, wasabi extracts (*Wasabia japonica*), pork meat

국내의 식육산업은 외국산 냉동육과 무한경쟁을 통해 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 웰빙 및 로하스(LOHAS, Lifestyle Of Health And Sustainability)를 중심으로 한 식품 소비의 트렌드가 변화하면서 소비자들은 고품질의 식육을 선호하고 있다[1,2]. 따라서 이러한 소비자의 욕구를 만족시키기 위해 맛과 품질 뿐만 아니라 식육의 안전성 측면을 고려한 HACCP 시스템 구축이 절실히 요구되고 있다. 또한 저장기간이 긴 냉동육을 주로 소비해 왔던 과거에 비해 최근에는 맛과 품질이 좋은 냉장육을 소비자들이 선호하고 있으며, 냉장육의 소비량도 지속적으로 증가하고 있는 추세다. 이와 같이 고품질의 신선육을 선호하는 요구에 충족하기 위해 최근에는 산화방지제 및 합성보존료를 첨가하는 화학적인 방법[3]과 질소, 탄산가스치환포장 또는 진공포장 등의 물리적 방법[4]이 많이 이용되고 있다. 그러나 화학적인 방법에 대한 소비자들의 거부반응이 높아지면서 화학첨가물이 첨가되지 않으면서 품질이 우수한 식품이 선호되기 시작했다. 물리적 방법 역시 식육의 조직감이나 성상을 변형시키기 때문에 소비자들이 기피하는 경향이 있다.

이와 같은 소비자들의 기호도 변화로 인해 식육의 보존을 위한 선도유지 기술이 꾸준히 연구되어 왔으며 최근 선도 유지를 위해 다양한 기능성 재료를 조합한 포장재가 개발되기 시작했다. 기능성 포장이란 식품의 초기 품질을 유지함과 동시에 안전성 및 향미 특성을 향상시키거나 저장성을 연장하기 위해 포장조건을 변화시키는 새로운 포장형태[5]로써 이러한 기능성 포장재는 1차적으로 식품 표면에서 발생하는 위해미생물의 생육 억제를 목적으로 항미생물 제제를 직접 포장필름에 첨가하여 식품의 표면과 접촉 또는 발산의 형태로 생육을 억제하는 방법이다. 이들 항균제는 화학적 처리법에 사용되는 살균소독제와 달리 안전성이 입증된 식품첨가물로 허가되어 있는 물질로 한정되어 있다[6]. 따라서 항균포장은 소비자들이 느끼고 있

*Correspondence to: Sang-Do Ha, Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-4831, Fax: 82-31-675-4853
E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

는 화학물질에 대한 거부감을 없앨 수 있으며 식품 보존성 및 안전성에 크게 기여할 수 있는 기술이다. 천연화합물을 포장 재료에 첨가하여 항균효과를 연구한 Hale 등[7]과 Weng 등[8]은 항진균성 항생물질인 imazalil을 LDPE(low density polyethylene) 필름에 첨가한 후 과일과 채소 및 치즈의 포장에 사용하여 곰팡이의 생육억제 효과를 입증하였다. 또한 Halek등[9]은 항진균제인 benomyl을 사용하여 효과를 확인하였고 Weng등[10,11]은 유기산인 propionate, bezoate, sorbate를 사용하여 연구하였으며 Koichiro등[12]은 와사비 추출물을 포장 재료에 사용한 연구 결과를 보고한 바 있다. 그러나 이러한 천연물질 및 항균소재들은 안전성은 확보되었으나 필름 제조 시의 내열성, 식품 접촉 시의 용해성 등 기능성 측면에서 문제를 갖고 있다. 더욱이 국내에서는 아직까지 고추냉이 추출물이 함유된 항균흡습필름이 상용화되어 있지 않기 때문에 보다 활발한 연구가 필요한 실정이다. 이에 따라, 이미 본 연구에 앞서 고등어를 대상으로 항균 필름과 저장 온도의 미생물학적 안전성에 대한 병행 효과를 연구한 바 있으며, 본 연구를 통해서 고추냉이 추출물이 함유된 항균흡습필름의 상용화에 필요한 유용한 자료로서 제공하고자 한다[13].

본 연구는 고흡습성 필름에 고추냉이 추출물을 첨가하여 제작한 항균흡습필름의 항균력을 평가하기 위해 돼지고기(삼겹살) 표면에 식품위해미생물을 접종하여 항균흡습필름으로 포장한 후 다양한 저장온도, 저장기간 및 항균필름의 코팅 횟수가 균의 성장 및 사멸에 미치는 영향을 평가하였다.

재료 및 방법

재료와 샘플링 방법

본 실험에 사용된 돼지고기(삼겹살)는 2007년 3월 20일에서 4월 30일 사이에 경기도 안성시 농협 하나로 마트에서 구매한 냉장육이었다. 구매한 돼지고기를 멸균적으로 각각 25 g씩 정량한 후 대조구와 비교구로 나누어 포장, 저장하였다. 미생물학적 변화는 총호기성균과 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium (NO/NA), *Staphylococcus aureus*를 대상으로 실시하였고 총호기성균을 제외한 미생물의 균액 농도를 10^4~10^5 cfu/ml 로 조정하여 식품 표면에 점 접종하였다. 각각의 시료를 5°C, 10°C, 15°C 냉장고 및 저온 인큐베이터에 저장하였으며 5°C에 저장된 시료는 14일, 10°C, 15°C에 저장된 시료는 5일 동안 미생물의 성장 및 사멸을 관찰하였다.

미생물 접종

병원성 미생물 접종은 균주를 Tryptic Soy Agar (TSA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 3회 계대배양한 후, 전형적인 집락을 Triptic Soy Broth (TSB, Difco, USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 진탕배양하고 원심분리 하여 농축시켰다. 농축된 시험균을 멸균된 0.1% peptone water (Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England) 일정량 균량으로 재부유시킨 다음 돼지고기 표면에 충분히 부착되도록 점 접종하였다.

항균 필름 소재

본 실험에서 사용한 항균물질은 십자화과에 속하는 숙근성 반음지 식물인 고추냉이(*Wasabia japonica*)에서 가수분해에 의해 생성되는 isothiocyanate 화합물로서 이 천연물질을 고흡습성 필름에 코팅하여 제작하였다. 또한 흡습필름에 고추냉이 추출물을 1~3회 코팅하여 추출물 농도에 따른 항균효과를 비교, 평가하였다.

돼지고기의 미생물 정량분석을 위한 시료 준비

식품공전[14]의 방법에 의해 25 g의 돼지고기와 멸균된 0.1% peptone water 225 mL를 멸균된 stomacher bag에 넣어 stomacher (Elmex SH-II M, Tokyo, Japan)로 1분간 균질화한 후 0.1% peptone water 를 이용하여 10배씩 연속 희석하였다. 0.1% peptone water를 조제할 때는 1 g의 peptone water를 1,000 mL의 증류수에 녹여 autoclaving한 후 사용하였다.

미생물 정량 분석

총호기성균은 시료 1 mL가 분주된 petri-dish 위에 50°C의 TSA 배지 15~20 mL를 부어(pour-plate technique) 잘 섞은 후 37°C에서 24 ± 1시간 배양하였다. 배양 후 standard plates count (SPC)에 의해 각각의 배지 위에 형성된 colony를 계수하여 colony-forming unit (CFU)/g으로 나타내었다. *E. coli* O157:H7의 항균흡습 필름 사용에 따른 저장온도, 기간별 변화추이시험에는 Eosin Methylene Blue agar (EMB, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 사용하였다. 시료 1 mL가 분주된 petri-dish 위에 50°C의 EMB agar 15~20 mL를 부어(pour-plate technique) 잘 섞은 후 37°C에서 24~36시간 배양 후 SPC에 의해 각각의 배지 위에 형성된 암녹색 colony를 계수하여 cfu/g으로 나타내었다. *L. monocytogenes*는 Palcam agar (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA))를 사용하였다. palcam agar는 palcam base에 0.4% palcam selective supplement (SR0150E)를 첨가하여 제조하였다. 균수 측정은 각각의 배지 위에 형성된 검은색 환으로 둘러싸인 회색 colony를 계수하여 cfu/g으로 나타내었다. *S.* Typhimurium은 Brilliant Green agar (BGA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 사용하였다. BGA에는 Novobiocin (NO, 25 g/ml), Nalidixic acid (NA, 25 g/ml)를 첨가하여 NO와 NA에 저항성을 지닌 *Salmonella* Typhimurium의 변화를 확인하였다. 시료 1 mL가 분주된 petri-dish 위에 50°C의 BGA 15~20 mL를 부어(pour-plate technique) 잘 섞은 후 37°C에서 36~48시간 배양한 후 SPC

에 의해 각각의 배지 위에 형성된 핑크색 colony를 계수하여 colony-forming unit (CFU)/g으로 나타내었다. *S. aureus*은 Mannitol Salt agar (MSA Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 사용하였다. 시료 1mL가 분주된 petri-dish 위에 50°C의 MSA 15~20 mL를 부어 잘 섞은 후 37°C에서 36~48시간 배양한 후 SPC에 의해 각각의 배지 위에 형성된 황색집락의 colony를 계수하여 CFU/g으로 나타내었다.

통계처리

처리조건별 항균효과에 대한 값들 간의 비교는 Paird T-test를 통하여 통계적으로 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

총호기성균(Total aerobic bacteria)의 변화 분석

항균흡습필름에 의한 총호기성균의 성장 및 사멸 변화를 측정한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 돼지고기의 자연오염된 총균수는 3.0 $\log_{10}$ cfu/g이었던 것이 5°C 저장 2일째에 항균물질 무처리 필름 처리군은 7.57 $\log_{10}$ cfu/g, 항균물질 1회, 2회, 3회 코팅 필름 처리군은 각각 7.15, 7.15, 6.96 $\log_{10}$ cfu/g으로 증가하여 균수의 차이를 보임으로써 고추냉이 추출물의 항균효과가 나타났다. 10°C 저장 1일째에는 각각 7.64, 7.48, 7.47, 7.34 $\log_{10}$ cfu/g을 나타내었고 15°C 저장 1일째에는 이미 부패가 진행 상태인 8.15, 8.25, 8.20, 8.04 $\log_{10}$ cfu/g 수준을 보였다. 하지만 15°C 저장 0.5일째에는 무처리 필름 처리군이 7.29 $\log_{10}$ cfu/g의 수준을 보인 반면 항균물질 1회, 2회, 3회 코팅 필름 처리군은 각각 6.03, 5.90, 5.64 $\log_{10}$ cfu/g 수준을 보임으로써 약 1.26~1.65 log의 항균효과를 나타냈다. Brown[15]은 지육의 미생물수가 10^6 CFU/g 일때 부패단계이며 부패취를 발생하는 시기로 보고 있으나, 본 연구에서는 Egan 등[16]이 보고한 정의에 따라 10^7 CFU/g 수준을 초기부패 수준으로

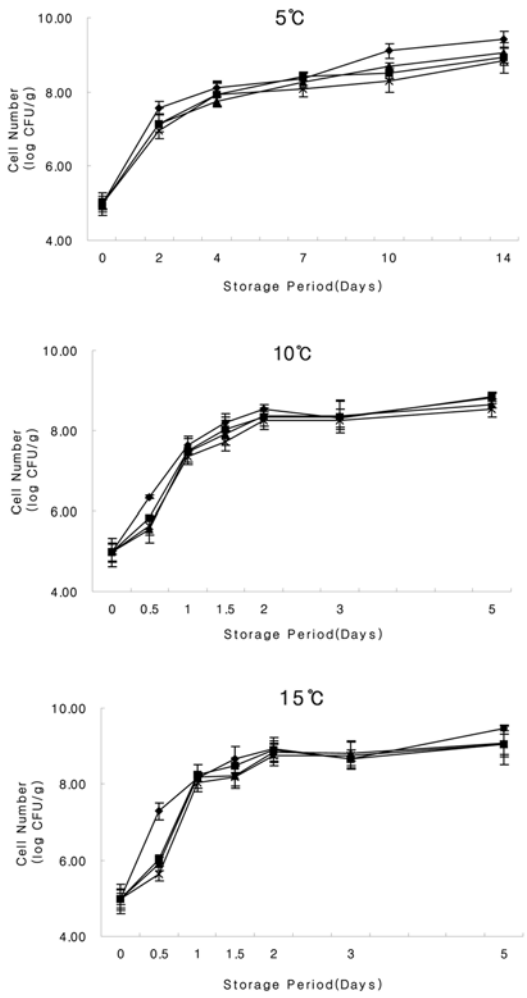

Fig. 1. Changes of cell number of total aerobic bacteria in pork meat. ◆: Untreated film, ■: Antibacterial film(once coating), ▲: Antibacterial film(twice coating), ×: Antibacterial film(three times coating).

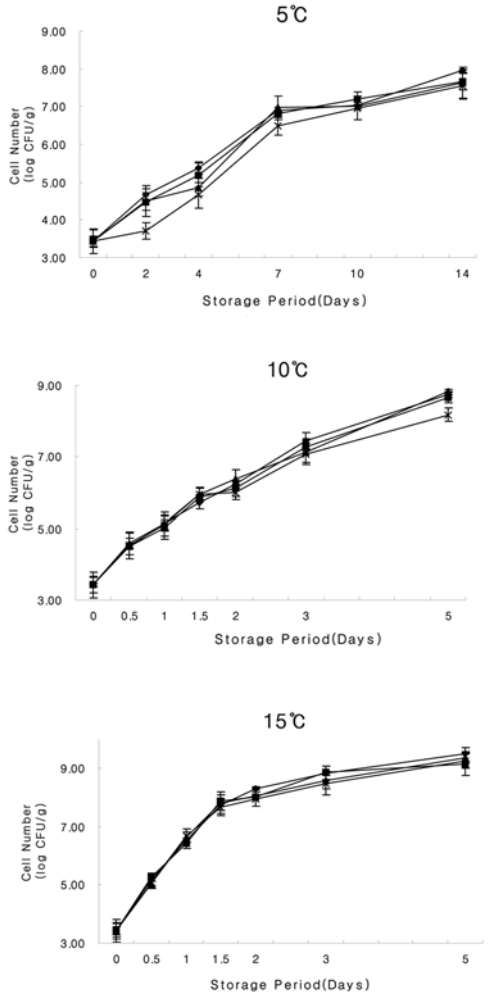

Fig. 2. Changes of cell number of *Escherichia coli* O157:H7 in pork meat. ◆: Untreated film, ■: Antibacterial film(once coating), ▲: Antibacterial film(twice coating), ×: Antibacterial film(three times coating).

나타냈다. 10^7 cfu/g 을 부패의 기준으로 볼 때 10°C, 15°C 보다 5°C에서 항균필름이 우수한 항균효과를 보였으며, 5°C에서는 2일 이내 저장이 적당하고 10°C에서는 1일 이내, 15°C에서는 12시간 저장이 적당한 것으로 판단된다. Tak 등[1]은 4°C의 저온저장이 돈육의 품질과 shelf-life에 큰 영향을 끼친다고 보고하였으며 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다. 돼지고기에 대한 세 가지 농도별 항균효과는 10°C, 15°C보다 5°C에서 두드러진 효과를 보였으며 코팅횟수에 따라 항균물질 농도가 높아질수록 항균효과가 우수하였다. 이는 저온저장과 항균물질의 두 가지 미생물 제어요소가 동시에 적용되어야 synergy 효과가 있다는 것을 보여주는 결과로 판단된다.

E. coli O157:H7의 변화 분석

항균흡습필름에 의한 *E. coli* O157:H7의 성장 및 사멸 변화를 측정한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. *E. coli* O157:H7를 접종한 돼지고기의 초기 균수는 3.43 $\log_{10}$ cfu/g 였다. 5°C 저장 7일째에 항균물질 무처리 필름 처리군은 6.89 $\log_{10}$ cfu/g까지 증가한 반면 1회, 2회, 3회 코팅 필름 처리군은 각각 6.81, 6.98, 6.57 $\log_{10}$ cfu/g로 나타나 아직 초기부패 수준이 아니었으며 항균물질 필름 처리군이 0.01~0.32 $\log_{10}$ cfu/g 수준의 항균효과를 보여주었다. 10^7 cfu/g 수준으로 성장하는데, 5°C에서는 7일, 10°C에서는 2.5일, 15°C에서는 1.5일 정도 소요됨으로써 저장온도가 *E. coli*의 성장에 큰 영향을 미치는 것으로 확인하였다. 돼지고기에 대한 세 가지 농도별 항균효과는 10°C, 15°C에서는 항균효과의 차이가 없었으나 5°C에서는 농도별 항균효과를 나타냈으며 항균물질 농도가 높아질수록 항균효과가 우수하였다. Ono 등[17]은 고추냉이에서 추출된 6-methylsulphinylhexyl isothiocyanate가 *E. coli* O157:H7에 대하여

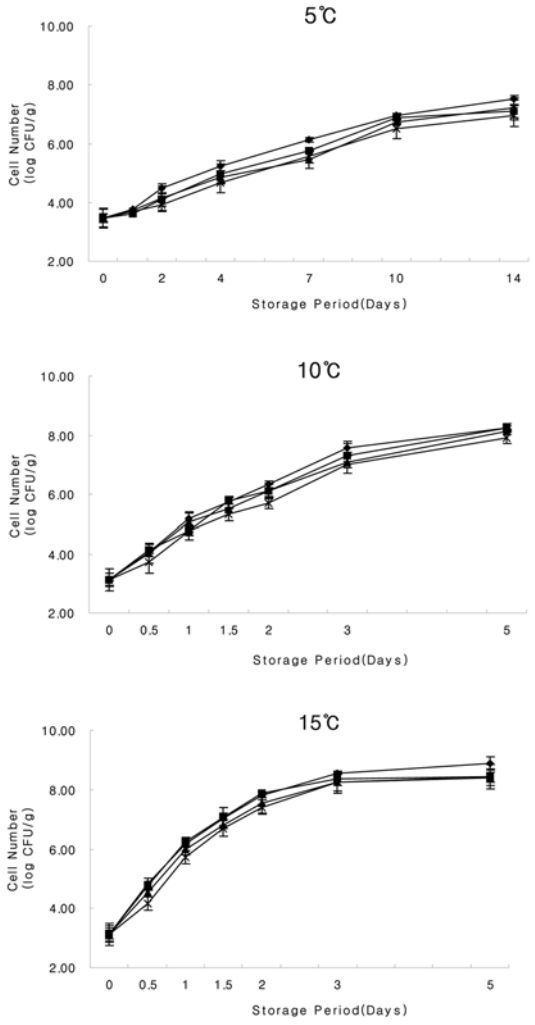

Fig. 3. Changes of cell number of *Listeria monocytogenes* in pork meat. ◆ : Untreated film, ■ : Antibacterial film(once coating), ▲ : Antibacterial film(twice coating), × : Antibacterial film(three times coating).

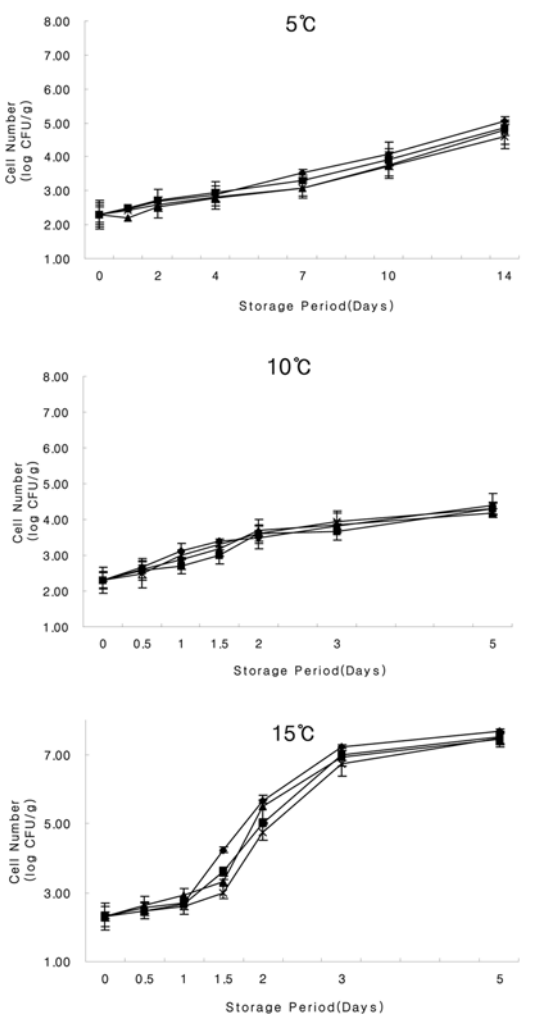

Fig. 4. Changes of cell number of *Salmonella* Typhimurium in pork meat. ◆: Untreated film, ■: Antibacterial film(once coating), ▲: Antibacterial film(twice coating), ×: Antibacterial film(three times coating).

생육 저해작용을 하는 것으로 보고하였으며 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 Park 등[18]은 고추냉이 추출물을 처리하지 않은 대조구에서는 3시간 이후 급격한 *E. coli* 증식 현상이 관찰되었으나 고추냉이 추출물을 처리한 실험구에서는 6시간까지 균 증식이 억제되었다고 보고하였으며 추출물 성분인 isothiocyanate 화합물 함량이 높은 경우에는 24시간까지 균의 증식이 전혀 이뤄지지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서도 항균필름 무처리군과 3회 코팅 처리군이 5°C, 10°C, 15°C에서 각각 0.32(7일), 0.30(2.5일), 0.35(1.5일) $\log_{10}$cfu/g 차이를 보이면서 항균효과를 보였다.

*L. monocytogenes*의 변화 분석

항균흡습필름에 의한 *L. monocytogenes*의 성장 및 사멸 변화를 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. *L. monocytogenes*를 접종한 돼지고기의 초기 균수는 3.47 $\log_{10}$cfu/g였다. 5°C, 10°C, 15°C에서 우수한 항균효과를 보였으며 5°C

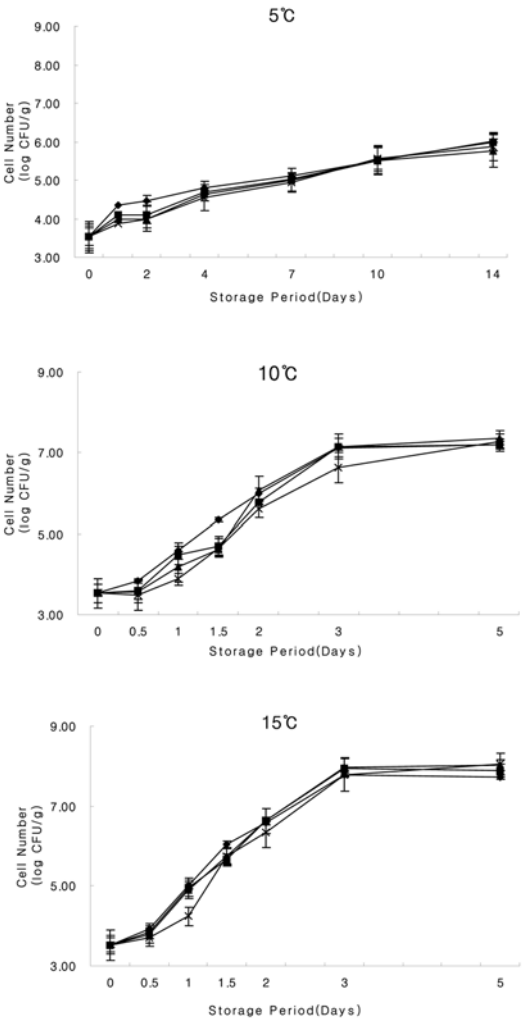

Fig. 5. Changes of cell number of Staphylococcus aureus in pork meat. ◆ : Untreated film, ■ : Antibacterial film(once coating), ▲ : Antibacterial film(twice coating), × : Antibacterial film(three times coating).

저장에서는 *L. monocytogenes* 증식 속도가 느려 저장기간 14일째에도 7 $\log_{10}$cfu/g 수준이었다. 5°C에서는 14일, 10°C에서는 3일, 15°C에서는 1.5일 이내에서만 항균 필름의 효과가 있었으며 10^7cfu/g 수준으로 성장하는데, 5°C에서는 14일, 10°C에서는 2.5일, 15°C에서는 1.5일 정도 소요되었다. 돼지고기에 대한 세 가지 농도별 항균효과는 15°C를 제외한 5°C, 10°C에서 항균효과를 나타냈으며 항균물질 농도가 높아질수록 항균효과가 우수하였다. 이는 Park 등[17]이 보고한 *L. monocytogenes*에 대한 고추냉이 추출물의 항균활성 측정 결과와 유사한 경향을 보임으로써 고추냉이 추출물질이 *L. monocytogenes*에 탁월한 효과를 나타냄을 확인하였다.

S. Typhimurium의 변화 분석

항균흡습필름에 의한 *S.* Typhimurium의 성장 및 사멸 변화를 측정한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. *S.* Typhimurium를 접종한 돼지고기의 초기 균수는 2.30 $\log_{10}$cfu/g였다. *S.* Typhimurium은 저온에서의 성장이 매우 약하여 15°C보다 5°C, 10°C에서 잘 자라지 못하였다. Oscar[19]는 약 3.5 log CFU/g의 S. Typhimurium가 접종된 닭고기를 10°C에서 저장하여 균수 변화를 측정한 결과 3일까지 5 $\log_{10}$ CFU/g 수준으로 증가하다가 7일 후에도 5 $\log_{10}$CFU/g 수준을 유지하였다고 보고하였다. 이는 본 실험과 유사한 결과였으며, 이러한 연구 결과를 바탕으로 10°C 이하의 저온저장이 *S.* Typhimurium의 성장에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 5°C에서는 14일, 10°C에서는 5일까지 5 $\log_{10}$cfu/g 수준을 넘지 않고 항균 효과를 보였으며 10^5cfu/g 정도 성장하는데 5°C에서는 14일, 10°C에서는 7일 이상, 15°C에서는 2일 정도 소요되었다. 돼지고기에 대한 세 가지 농도별 항균효과는 5°C, 10°C, 15°C에서 1, 2, 3회 코팅 처리군이 모두 항균효과를 보였으나 코팅 농도별 효과는 없었다.

*S. aureus*의 변화 분석

항균흡습필름에 의한 *S. aureus*의 성장 및 사멸 변화를 측정한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. *S. aureus*를 접종한 돼지고기의 초기 균수는 3.53 $\log_{10}$cfu/g였다. 5°C, 10°C, 15°C에서 우수한 항균효과를 보였으며 5℃ 저장에서는 S. aureus 증식 속도가 느려 저장기간 14일째에도 6 $\log_{10}$cfu/g 수준이었다. 이는 Park 등[18]이 보고한 바와 마찬가지로 저온저장이 *S. aureus*의 생존에 영향을 끼친다는 결과와 유사하였다. 5°C에서는 14일, 10°C에서는 3일, 15°C에서는 2.5일 이내에서만 10^7cfu/g 수준을 유지함으로써 항균 필름의 효과가 있었으며 10^5cfu/g 수준으로 성장하는데, 5°C에서는 7일, 10°C에서는 1.5일, 15°C에서는 1일 정도 소요되었다. 돼지고기에 대한 세 가지 농도별 항균효과는 5°C, 10°C, 15°C에서 모두 항균효과를 나타냈으며 항균물질 농도가 높아질수록 항균효과가 우수하였다.

요 약

본 연구는 고흡습성 필름에 고추냉이 추출물을 첨가하여 제작한 항균흡습필름의 돼지고기 중 존재하는 식품위해미생물에 대한 살균효과를 확인하고자 하였다. 총호기성균 및 식품위해미생물인 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium (NO/NA), *Staphylococcus aureus*를 점 접종하여 항균흡습필름으로 포장한 후 저장온도, 기간별 및 항균 필름의 코팅 횟수가 균의 성장 및 사멸에 미치는 영향을 관찰하였다. 5°C에서 총균수, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*의 성장 억제 효과는 10°C, 15°C에서 보다 우수하였다. 특히 *S.* Typhimurium, *S. aureus*는 5°C에서 저온에 민감한 반응을 보이면서 6 $\log_{10}$ cfu/g 수준에 도달하는데 모두 14일 이상 소요되었다. 이는 총균수, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*가 냉장(5°C) 조건에서 성장이 활발하기 때문에 항균 필름의 두드러진 효과를 확인할 수 있었던 반면, *S.* Typhimurium, *S. aureus*는 5°C에서 성장이 느려 필름에 의한 항균 효과가 비교적 약하게 나타났다. 고추냉이 추출 물질이 함유된 흡습필름은 10°C, 15°C에서 보다 5°C에서 우수한 항균효과를 보였다. 세 가지 농도별 항균효과는 5°C에서 두드러진 농도별 항균효과 차이를 보였으며 코팅 횟수가 늘어날수록 항균효과가 컸다. 이는 항균필름 한 가지로만은 저장기간 향상에 한계가 있고 냉장저장이라는 hurdle을 동시에 적용하여 항미생물 synergy 효과를 보인다고 판단된다.

감사의 말

본 연구는 2006년도 보건복지부 바이오산업화기술개발 지원(A060596)에 의하여 이루어진 것이며, 또한 2007년도 중앙대학교 우수연구자연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. Tak, S.B., Kim, D.H., Yoon, S.K., and Lee, Y.C.: Effects of natural preservatives and storage temperatures on quality and shelf-life of fresh pork meat. *Korean J. Food Sci. Technol*., **37**, 557-561 (2005).
2. Yang, J.B., Ko, M.S., and Moon, Y.H.: Effects of vacuum packaging on lipid oxidation and meat color of chilled pork. *Korean J. Food Nutr.*, **15**, 1-6 (2002).
3. 馬相朝, 金東勳: 인스턴트 라면의 안전성에 대한 탈산소제의 효과. 韓國食品科學會誌, **12**, 229 (1980).
4. Ishikawa, S. Nakamura, and K. Fusii, T.: The modified atmosphere storage of fish products-I. Preervative effect on salted-dried horse mackerel. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., **59**, 110 (1983).
5. Lee, K.H. and Kwon, K.S.: New Functional Food Packaging Materials and Technology. *Food Ind. Nutr.*, **4**, 1-4 (1999).
6. Kim, H.S., Seong, L.S., and Yu, T.S.: Antimicrobial activity and food strage of LDPE ceramic film containing antimicrobial agents. *Korean J. Biotechnol. Bioeng*., **15**, 600-604 (2000).
7. Hale, P.W., Miller, W. R., and Smoor, J.J.: Evaluation of a heat-shrinkable copolymer film coated with imazalil for decay control of Florida Grapefruit. *Tropical Science*, **26**, 67-71 (1986).
8. Weng, Y.M. and Hotchkiss, J.H.: Inhibition of surface molds on cheese by polyethylene film contaning the antimycotic imazalil. *J. Food Prot*., **9**, 29-37 (1992).
9. Halek, G.W. and Granf, A.: Fungal inhibition by a fungicide coupled to an inomeric film. *J. Food Safety*, **9**, 215-222 (1989).
10. Weng, Y.M.: Devalopment and application of food packaging films containing antimicrobial agents. Ph. D. Dissertation, Comell University, Ithaca, New York (1992).
11. Weng, Y.M. and Hotchkiss, J.H.: Anhydrides as antimycotic agents added to polyethylene films for food packaging. *Packaging Technology and Science*, **6**, 123-128 (1993).
12. Koichiro, Y.: Maintenance of freshness by antimicrobial packaging material using a component of horseradish. *Food and Science*, **35**, 102-107 (1993).
13. Ha, J.H., Lee, Y.S., Heo, S.K., Bae, D.H., Park, S.K., and Ha, S.D.: Combined Effects of Antibacterial Film and Storage Temperature on Shelf-life and Microbiological Safety of Mackerel. *J. Food Hyg. Safety*. **22**, 317-322 (2007).
14. KFDA. Food code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea (2006).
15. Brown, M.H. and Baird-parker, A.C.: The microbiological examination of meat. In *Meat Microbiology*, 3rd ed. (Brown M. ed.) Applied Science Publishers Ltd, London, England, pp 423-520 (1982).
16. Egan, A.F. and Grau, F.H.: Environmental conditions and the role of Brochothrix themosphacta in the spoilage of fresh and processed meat. In *Psychrotroph Microorganism in Spoilage and Pathogenicity.* (Roberts, T.A., Hobbs, G., Christian, J.H.B., Skovgaad, N. eds.) Academic Press, New York, USA, pp. 211 (1981).
17. Ono, H., Tesaki, S., Tanabe, S., and Watanabe, M.: 6-Methylsulphinylhexyl isothiocyanate and its homologues as food-originated compounds with antibacterial activity against *Escherichis coli and Staphylococcus aureus. Biosci. Biotechnol. Biochem*., **62**, 363-365 (1998).
18. Park, Y.Y., Cho, M.S., Park, S., Lee, Y.D., Jeong, B.R., and Chung, J.B.: Sinigrin contents in different tissues of wasabi and antimicrobial activity of their water extracts. *Korean J. Hort. Sci. Technol*., **24**, 480-487 (2006).
19. Oscar, T.P.: Predictive models for growth of Salmonella Typhimurium DT104 from low and high initial density on ground chicken with a natural microflora. Food Microbiology, **24**, 640-651 (2007).