

Simulation Model for Monitoring Food Contaminants during Kimchi Fermentation

Kun Chun¹, Shin-Kyo Chung^{1,2}, Sang-Han Lee^{1,2*}

¹Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

김치 숙성 중 생물학적 이물질 혼입 검지 모니터링

천근¹ · 정신교^{1,2} · 이상한^{1,2*}

¹경북대학교 식품공학부

²경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

A simulation model was developed to monitor food contamination during the ripening process of Kimchi on a factory scale. The cabbages were divided into three groups: control (without salt or red pepper), samples with added salt, and samples with added salt and red pepper. The processed Kimchi was left to ripen in a refrigerator at 4°C and five frog heads (contaminant) left on the surface of the cabbages in each group. For the control, the contaminant exhibited a long life span of 10 days or more, however, for the samples with salt and samples with salt and red pepper, the contaminant showed a relatively short life span. In particular, for the processed Kimchi that included salt and red pepper, the life-span of the contaminant was dramatically decreased to around 3 days. Therefore, the present results suggest that the proposed simulation trial is suitable for monitoring contamination during Kimchi production. Moreover, since the contaminant could not survive more than 3 days, this suggests that the salt concentration in the Kimchi damaged the permeability of the skin and other tissue membranes.

Keywords: Kimchi, simulation model, monitoring, fermentation, frog

서 론

식품의약품안전청의 2010년 상반기에 접수된 이물 보고 현황을 분석한 결과, 총 4,217건으로 전년도 동기 대비 약 5배가 증가하였고, 이는 2009년에 발생한 이물 보고 건수인 2,134건을 2배가량 넘어서는 수치이다(Korea Food & Drug Administration, <http://kfda.go.kr/>). 이물 보고가 늘어난 것은 2010년부터 실시된 이물 보고 의무화와 소비자 24시간 인터넷 신고시스템에 기인되었다고 볼 수 있다. 실제 식품업체 보고가 2,815건으로 전년에 대비하여 6배가량 증가하였고, 소비자 신고도 4배가량 증가하였다. 최근 2012년 상반기에 보고된 이물 발생건수 중 조사가 완료된 사고만 1,756건으로 현재까지도 식품이물질 혼입 사고가 높은 것으로 나타났다. 식품의약품안전청에 따르면 주로 조미김, 건포류, 김치류, 빵·떡류 등에서 이물의 혼입률이 높은 것으로 확인되었으며, 식품이물질 중에서는 별레나 해충이 전체의 37.7%로 주로 볶음류, 라면, 짜장, 과자류,

김치류 등에서 발견되었다(Korea Food & Drug Administration, <http://kfda.go.kr/>). 이들은 주로 식품을 보관·진열·섭취하는 과정에서 용기·포장 파손 등 보관 소홀 또는 섭취 시 부주의로 인해 이물질이 혼입되거나 발생하는 경우이다. 이물의 혼입에 대한 경로의 조사 결과, 이들 이물질의 분실이나 훼손 등으로 인하여 판정불가인 경우가 전체의 1/3 정도로 추산되어 소비자의 불안감을 키우고 있는 실정이다. 그러나 이 수치도 정확하지 않은 것으로 판단되며, 일부 식품제조사가 소비자와의 합의를 통하여 이물질 혼입사고를 은폐하거나, 소비자의 부주의로 인하여 제조보다는 유통이나 보존 시 이물질이 혼입되기도 하므로 이에 대한 명확한 규명이 현실적으로 어려운 실정이다. 이러한 식품 관련 사고는 생활수준이 높은 선진국에서도 계속 증가하고 있고 이로 인하여 인간의 건강이 위협받고 있으며, 경제적 손실도 막대하게 발생하고 있는 실정이다(Abadias et al. 2008).

Received: March 7, 2014 / Revised: March 31, 2014 / Accepted: April 1, 2014

*Corresponding Author: Sang-Han Lee, Tel. 82-53-950-7754, Fax. 82-53-950-6772, Email. sang@knu.ac.kr

©2012 College of Agricultural and Life Science, Kyungpook National University

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, Provided the Original work is Properly cited.

이러한 이물의 경우, 식품제조 특성상 제조단계나 유통·소비단계 모두에서 혼입될 가능성이 있기 때문에 이물 혼입의 원인을 명확하게 입증하기 어려운 경우도 있으나, 대개 벌레의 경우 방충시설이 미흡하여 벌레가 제조시설 내부에 유입되고 제조과정에서 제품에 혼입되거나, 농산물 등 원재료에서 이행된 사례가 높았으며, 배추에 있던 배추벌레, 개구리 등이 배추를 세척하는 과정에서 제거되지 않고 김치에서 발견된 사례들이 있다. 이러한 원인으로 급변하고 있는 기후변화에 따른 지구의 온난 다습화는 해충의 활동시간 및 번식활동을 증대시키고 있으며, 또한 해충의 개체 수 급증을 초래하여 식품의 제조, 유통과정 중 동물성 이물의 혼입 가능성을 점점 더 높이고 있다. 최근 인기 있는 초콜릿, 라면, 과자류에서 이물질이 발견되어 소비자에게 불쾌감을 주는 사례가 늘어나고 있으며 이러한 식품이 이물질에 오염되어 문제가 되는 사례들의 원인들 중 하나로 벌레가 살아가는 환경이 변했기 때문으로 판단된다(Lee et al. 2011). 또한 건강에 대한 관심의 증가로 여러 종류의 야채를 소비하면서 이와 관련된 이물질 혼입 사례가 다수 발생하고 있다(Hong et al. 2012). 이러한 이물질은 오염될 가능성이 있으므로 생산단계에서부터 야생동물, 곤충, 환경 등에 오염되지 않도록 주의를 기울여야 한다(Soriano et al. 2012; Brackett et al. 1999). 이렇듯 산업 발전에 의한 환경오염 증가, 세계적인 온난화로 인한 생태계 변화 등으로 인하여 보다 과학적이며 효율적인 식품안전 관리 체계의 마련과 시행의 필요성이 최우선적으로 부각되고 있다(USFDA/WHO 1999; WHO 2002; WHO 2003; Koh et al. 2011). 그러나 소비자의 인식부족으로 인하여 식품에 대한 보존이나 고의로 유통 중에 혼입되는 것도 많은 것으로 추정되며, 식품제조업자 측면에서 소비자의 비양심을 호소하는 경우도 많으나 이는 외부로 드러내지 못하는 실정이다.

식품은 생산지에서부터 매우 다양한 유통경로를 통해 소비자에게 전달되고, 또한 국제적 무역의 확대에 따라 식품보관에 대한 안전관리가 식품안전수준 향상을 위해서는 그 어느 때보다도 중요한 위치에 놓이게 되었다(Choi et al. 2011). 따라서 본 시험은 식품이물질에 대한 다양한 혼입의 가상모델을 적용하여 혼입을 방지 또는 예방을 강구할 목적의 일환으로 식품제조 및 숙성과정 중 혼입이 되어도 이의 판별이 어렵다고 판단되는 생물 중 양서류인 청개구리를 선택하여, 김치 숙성기간에 이물로 혼입되어 생존이 가능한지를 모니터링하였다.

재료 및 방법

시험에 사용된 재료

본 시험에 사용된 김치는 경북 경산군 압량면 압량리 소재의 D회사의 김치 공장에서 최신 설비에 의하여 조제된

배추김치를 2010년 7월-8월에 2회 제공받아서 공시 재료로 사용하였다. 김치의 제조 공정은 배추 원료의 입고 후, 1차 정선하고 배추를 2절로 하여 1차 선별과정을 거치며 약 5 cm로 세절 후, 2차 선별하여 숙달된 작업자에 의한 이물 제거를 2차 수행하여 세척공정을 완료하였다. 소금 절임, 양념 첨가, 버무림의 과정을 거쳐, 충전, 포장 및 저온(2-4℃)에서 7-14일 간 창고에서 숙성 후 유통과정을 거쳐 소비자에게 최종 납품된다. 따라서 시뮬레이션 시험에 사용된 시료도 이와 같은 제조과정을 거친 시료(pickled cabbage with salt, cabbage Kimchi, sliced radish Kimchi, washed cabbage, pickled cabbage with salt, seasoned cabbage) 중 무작위로 5 kg 채취하여 시료로 사용하였다. 예비 혼입 시험에서는 pickled cabbage with salt, cabbage Kimchi, sliced radish Kimchi를 사용하였고, 본 혼입시험에는 washed cabbage, pickled cabbage with salt, seasoned cabbage를 사용하였다.

이물질 선정 및 오염 구간 설정

본 시험에 사용된 이물질로서 김치숙성 과정 중에 혼입시킨 생물은 동양종합식품에서 요구한 양서류로 한정하였다. 특히 양서류 중 청개구리는 강한 생존력을 보이며(Kayes et al. 2009), 통상 배추와 색깔이 거의 유사하고 몸집이 작아서 오염이 되더라도 이의 식별이 어렵다고 판단하여 청개구리를 식품이물질로 사용하였다. 청개구리는 한국양서과충증양식연구소(Boryeong, Korea)에서 구입하였으며, 약 3 cm의 건강상태가 양호한 것을 선정하여 시험 1주일 전부터 적응시켜 실험에 사용하였다. 통상적으로 김치는 제조하고 포장 후 7-14일간 저온창고(2-4℃)에서 숙성과정 후 소비자에게 최종 납품되므로, 숙성과정에 이물질을 인위적으로 혼입시켜 이의 생존을 모니터링하도록 설정하였다.

이물질 혼입 시험

본 시험은 재현성을 확인하기 위하여 독립적으로 2회 수행하였고 본 이물질 혼입 시험 모니터링에서 실제 김치 숙성 공정 중 이물질 혼입 상황과 동일하도록 하기 위해 예비 혼입 시험을 통해 수정하고 시행하였다. 예비 혼입 시험으로 숙성기간 중 대조구로 소금에 절인 배추(pickled cabbage with salt)와 배추김치(seasoned cabbage Kimchi), 깍두기(sliced radish Kimchi)로 구분하여 시험을 수행하였다. 이들 절인 배추와 배추김치, 깍두기를 저온에서 재료의 표면 위에 구입한 청개구리 3마리를 두고 제품 포장용기인 비닐의 입구를 끈으로 2회 밀봉하여 4℃의 냉장고에서 5일간 숙성시켰다. 0 day에서 5 day까지 매일 경시적으로 동일시간에 김치의 표면에 접촉한 청개구리의 형태를 디지털 카메라로 촬영하고 이의 임상적 관찰을 수행하여 생존여부를 조사하였다 (Figure 1).

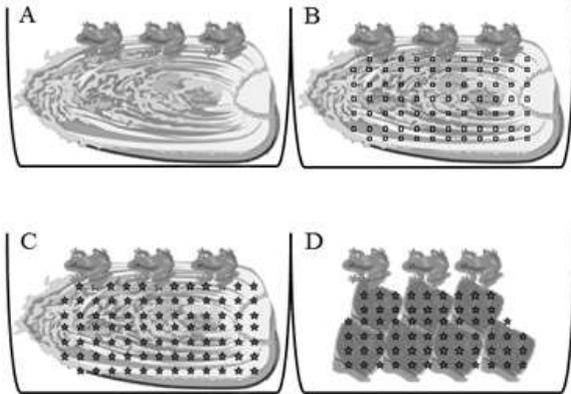


Figure 1. Scheme of the monitoring experiment using washed cabbage (A), pickled cabbage with salt (B), seasoned cabbage Kimchi (C) and sliced radish Kimchi (D).

Squares in (B) denote added salt and asterisks denote seasoning pepper.

본 이물질 혼입 시험 모니터링에서는 숙성기간 중 대조구 A (washed cabbage without salt) 및 B (pickled cabbage with salt)와 시험구인 배추김치(seasoned cabbage Kimchi)로 구분하여 시험을 수행하였다. 이들 대조구와 시험구를 저온에서 김치 표면 위에 구입한 청개구리 5마리를 표면에 두고 포장용기인 비닐의 입구를 끈으로 2회 밀봉하여 4°C의 냉장고에서 숙성시켰다. 숙성기간이 통상적으로 7일 내외이므로, 0 day에서 10 day까지 매일 경시적으로 동일시간에 김치의 표면에 접촉된 청개구리의 형태를 디지털 카메라로 촬영하고 이의 임상적 관찰을 수행하여 김치의 숙성기간 중 생존 여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

예비 혼입 시험

본 예비 혼입 시험에서는 사용 재료를 대조구인 소금에 절인 배추(pickled cabbage with salt)와 배추김치(seasoned cabbage Kimchi), 깍두기(sliced radish Kimchi)로 구분하여 시험해 본 결과, 깍두기에 투입한 청개구리가 1일째에 가장 먼저 사망하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 대조구인 소금에 절인 배추에서는 청개구리가 환경의 변화(4°C 및 염분)를 감지하여 대사량을 극도로 제한하여 생존하는 반면, 배추김치 내의 청개구리는 공히 3일 경과 후부터 김치에 존재하는 염분과 양념으로 인하여 (1)청개구리의 피부를 통한 체내 생체액의 밸런스의 파손이나, (2)김치발효과정 중에 생성되는 휘발성 가스에 의한 질식의 영향으로 사망한 것으로 추정되었다(Figure 2). 따라서 본 예비실험에서 인위적으로 투입한 청개구리는 숙성기간 중 김치 내외의 염분, 양념, 또는 휘발성 가스에 등에 의하여 생존할 수 없는 것을 확인할 수 있었다.

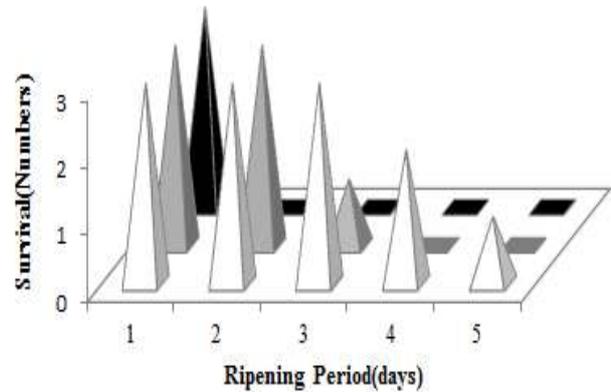


Figure 2. Comparison of survival numbers of contaminants in control (pickled cabbage with salt), seasoned cabbage Kimchi and sliced radish Kimchi during fermentation.

Data show a classical observation of three independent experiments.

이물질 혼입 시험 모니터링

본 시험은 김치 제조공정을 고려하여 대조구 A(washed cabbage without salt), 대조구 B(pickled cabbage with salt), 시험구(seasoned cabbage Kimchi)로 구분하여 수행하였다. 그 결과 대조구 A의 청개구리는 10일 이상 생존하는 반면 대조구 B의 청개구리는 4일, 시험구의 청개구리는 3일간 생존하였다(Figure 3). 사망한 시험구의 청개구리 피부는 양념이나 염분액이 많이 묻어 있어 해부를 실시한 결과,

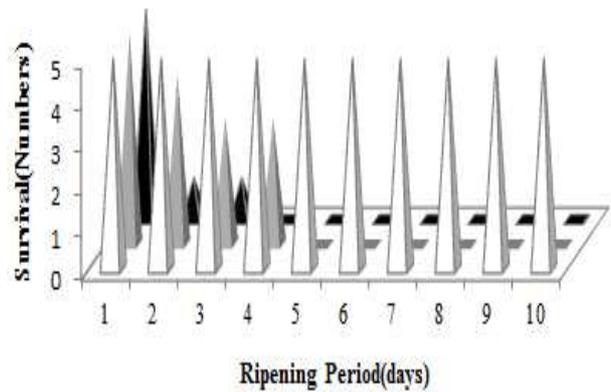


Figure 3. Comparison of survival numbers of contaminants in control A (washed cabbage without salt), control B (pickled cabbage with salt) and Seasoned cabbage Kimchi during ripening period.

Data show a classical observation of three independent experiments.

내부 장기에는 특이한 사항은 발견되지 않았다(data not shown). 대조구 B와 시험구에 비교하여 대조구 A의 생존일이 길어지는 것을 추정하여 볼 때, 숙성기간 중 김치 내외의 염분, 양념, 또는 휘발성 가스에 등에 의하여 청개구리의 생존이 매우 결정적이라는 것을 판단할 수 있었다. 따라서 청개구리는 김치 내의 염분에 의해 5일 이상 생존할 수 없다고 판단되었으며, 김치제조 원료인 배추에 오염되거나 김치 제조·숙성과정 중에 청개구리가 침투했다면 최종 유통단계까지 청개구리가 생존해 있을 가능성은 매우 낮을 것으로 판단되었다. 소비자가 청개구리를 살아 있는 상태로 개인이나 단체에서 급식 중 발견하였다면 이는 숙성과정 또는 이 과정 이전에 오염되었을 가능성 보다는 오히려 유통되는 과정 중에 혼입이 되었을 가능성이 높다고 판단되었다. 그러나 이물질이 죽은 상태로 발견되었다면 이는 해부를 통하여 청개구리의 체내 삼투압의 변화 유무나 피부괴사 등의 자세한 임상조건이 필요한 것으로 판단되었다.

요 약

김치의 숙성과정 중 일어날 수 있는 식품위생상 이물질의 오염방지를 위하여 혼입시험을 고안하여 이를 모니터링 하였다. 먼저, 시험군은 소금으로 절이고 양념으로 버무린 김치였고, 대조구는 소금에 절이지 않았거나 양념을 하지 않은 배추를 선택하였다. 오염원으로는 배추와 색깔이 유사한 청개구리를 선택하였다. 그 결과, 염분이 첨가되지 않은 대조구에서는 오염원이 10일 이상 생존하였으나 염분이 첨가된 시험구의 이물질은 5일 이상 생존할 수 없었다. 김치제조 중에 혼입된 생물학적 이물질은 대개 5일 정도 생존하므로 소비자에 의하여 살아있는 상태로 발견된 사실은 제조 후에 혼입되었다고 추정할 수 있다.

인용문헌

- Abadias M, Usall J, Anguera M, Solsona C, Vinas I (2008) Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables and sprouts from retail establishments. *Int J Food Microbiol* 123: 121-129.
- Brackett H, Oguz U, Karci K (1999) Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biol Technol* 15: 305-311.
- Choi EJ, Kim M, Bahk GJ (2011) Sanitary conditions for cold and frozen food storage warehouses in Korea. *J Food Hygiene Safety* 26: 283-288.
- Hong C, Seo Y, Choi C, Hwang I, Kim M (2012) Microbial quality of fresh vegetables and fruits. *J Food Hyg Safety* 27: 24-29.
- Kayes SM, Cramp RL, Hudson NJ, Franklin CE (2009) Surviving the drought: burrowing frogs save energy by increasing mitochondrial coupling. *J Exp Biol* 212: 2248-2253.
- Koh E, Shin H, Yon M, Nam E, Lee Y, Kim D, Lee J, Kim M, Park S, Choi H, Kim C (2011) Selection of representative foods and 'best-fit' mapping of other foods for estimation of a comprehensive exposure to food contaminants in a Korean total diet study. *Korean J Food Sci Technol* 43: 773-782.
- Lee YJ, Min SC, Na JH, Han J (2011) Demand for insect-proof packaging technology in food application. *Safe Food* 6: 24-30.
- Soriano JM, Rico H, Molto JC, Manes J (2001) Incidence of microbial flora in lettuce, meat and spinach potato omelette from restaurants. *Food Microbiol* 18: 159-163.
- USFDA/WHO. GEMS/FOOD total diet studies (1999) In: Report of a joint US FDA/WHO International workshop on total diet studies in cooperation with the Pan American Health Organization. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO global strategy for food safety: Safer food for better health (2002) World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Instructions For Electronic Submission of Data on Chemical Contaminants in Food and the Diet (2003) World Health Organization, Geneva, Switzerland.