pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 33, No. 6, pp. 495~499 (2018)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2018.33.6.495

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

후춧가루에 인위접종된 *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium에 대한 UV-C와 mild heat의 살균 효과

곽승해 · 김진희 · 오세욱*
국민대학교 식품영양학과

Combination Effect of UV-C and Mild Heat Treatment Against Artificially Inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium on Black Pepper Powder

Seung-Hae Gwak, Jin-Hee Kim, and Se-Wook Oh*
Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul, Korea
(Received September 6, 2018/Revised September 24, 2018/Accepted November 12, 2018)

ABSTRACT - The reduction effect of UV-C irradiation and mild heat treatment was examined against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium on black pepper powder. *E. coli* O157:H7 (ATCC 35150) and *S.* Typhimurium (ATCC 19585) were inoculated onto black pepper powder at approximately 10^7 and 10^6 CFU/g, respectively. *E. coli* O157:H7 and *S.* Typhimurium were treated with UV-C and mild heat at 60°C. A UV-C intensity (2.32 W/cm^2) was used for 10 min to 70 min at 60°C. After UV-C and heat treatment at 60°C, microbial analysis and color change of black pepper powder was conducted. *E. coli* O157:H7 and *S.* Typhimurium were reduced by a level of 1.89 and 2.24 log CFU/g, respectively, when treated with UV-C alone for 70 min. And *E. coli* O157:H7 and *S.* Typhimurium were reduced by 2.22 and 5.10 log CFU/g, respectively, when treated with mild heat treatment at 60°C alone for 70 min. But when combined with UV-C and mild heat, it showed higher levels of reduction by 2.46 and 5.70 log CFU/g. *S.* Typhimurium was more easily reduced than *E. coli* O157:H7. Color values were not significantly ($p > 0.05$) different in all treated samples. Therefore, these results suggest that the combined treatment with UV-C and mild heat was effective to inactivate the food pathogens in black pepper powder and can be used as a food industrial microbial intervention method.

Key words: Black pepper powder, UV-C irradiation, Mild heat, Sterilization, *E. coli* O157:H7, *S.* Typhimurium

향신료(Spices)는 스파이스(spices)와 향료식물(herbs)의 총칭으로 식품에 맛, 색, 향을 변화시켜 풍미를 주어 식욕을 증진시키고 소화흡수를 돕는 기능이 있으며 생선의 이취를 제거하는데 효과적이다[1-3]. 후추는 후추과(Piperaceae)의 열대성 식물인 *Pirernigrum L.*의 열매를 건조한 것으로 식품공장 및 가정에서 향신료로 많이 사용되고 있다[4]. 후추의 주성분 중 하나인 Piperine은 위액 분비를 촉진시켜 소화흡수를 돕는 기능이 있으며, 항염, 항산화 작용이 있다는 보고도 있다[4].

후춧가루는 수확 후 세척하여 건조, 분쇄 과정을 거치는 가공 특성상 가공처리 중 다양한 곰팡이류, 세균 및 내열성 포자 형성균 등에 오염될 수 있으며 가공 처리를 한 후에도 식중독 균에 오염될 가능성이 있다[5]. 또한 *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Clostridium* 등의 미생물들이 후추에서 검출되었다는 보고가 있어 효과적인 살균 기술이 필요한 실정이다[6]. 일반적으로 향신료에 사용되는 식품 살균처리 기술에는 감마선 조사, 오존수 처리, microwave 처리, ethylene oxide를 이용한 훈증제 처리 등이 있다[7,8]. 그러나 감마선 조사는 시설의 초기 설비 비용이 많이 들고 방사선 식품 표시의무로 인해 소비자의 인식이 부정적이며[9], 오존수 처리는 시간이 많이 소요되고 휘발성 화학물질이 발생하여 품질을 저하시킬 수 있으며[10], microwave 처리는 살균 효과가 미미하며 훈증제 처리는 유해한 독성물질의 생성으로 인한 발암가능성이 있

*Correspondence to: Se-Wook Oh, Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 02727, Korea
Tel: 82-2-910-5778, Fax: 82-2-910-5249
E-mail: swoh@kookmin.ac.kr

어 사용이 금지되었다. 이외에도 처리 후 풍미 및 품질 변화, 영양 손실, 2차 오염 가능성, 부산물의 잔류 등 많은 문제점을 내포하고 있다[11,12].

Ultraviolet (UV)는 물리적인 비가열 처리기술로써 파장의 범위에 따라 UV-A, UV-B, UV-C로 구분되는데, 그 중 UV-C가 일반적으로 식품 살균에 쓰이는 파장이다[13]. 특히 UV-C인 253.7 nm의 파장이 식품 살균에 주로 사용되는데, DNA base에 손상을 일으켜 pyrimidine dimer를 생성하고 DNA 전사와 복제를 방해하여 미생물을 사멸 시킨다고 알려져 있다[14]. 열을 적게 발생시키는 물리적 처리 방법으로 식품의 품질 변화가 적고 화학적 위해 요소 생성이 없으며 또한 온도와 수분의 영향을 크게 받지 않는다. 이러한 장점 때문에 유통기한 연장을 위한 식품 표면의 살균 기술로써 FDA에서 사용이 승인된 기술이다[15,16]. 그러나 UV-C는 식품 내부 깊숙이 침투하기 어려워 높은 효율의 미생물 살균은 어렵다는 단점이 있어 다른 살균 기술과 병합하여 사용되기도 하였다[17].

전통적으로 행하여져 왔던 열처리 방법은 곰팡이 및 식품에 부패를 일으키는 미생물을 저해하는 효과적인 방법이지만 너무 높은 온도로 처리할 경우 식품의 관능적 품질을 저하시킬 수 있다[18,19].

현재 국내에서 UV-C 조사와 mild heat을 병합 처리하여 후춧가루의 미생물적 안전성을 파악한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 후춧가루의 안전성과 저장성을 확보하기 위해 물리적인 방법인 UV-C와 mild heat을 단일 처리 및 병합 처리하여 이에 의한 미생물 사멸 효과 및 관능적 품질 변화를 조사하였다.

Materials and Methods

사용 균주 및 활성화

Escherichia coli O157:H7 (ATCC 35150)와 *Salmonella* Typhimurium (ATCC 19585)는 한국미생물자원센터(Korean Collection for Type Cultures, KCTC, Jeollabukdo, Korea)에서 분양 받은 후 −80°C 초저온 냉동고에서 50% glycerol stock (v/v)에 보관하여 사용하였다. 모든 균주는 tryptic soy broth (Difco, Franklin Lakes, New Jersey, USA) 10 mL에 50% glycerol stock (v/v)을 0.1 mL 접종하여 37°C에서 7시간 동안 1차 배양한 뒤, 16시간 동안 2차 배양하여 균주를 활성화한 후 실험에 사용하였다.

시료 준비 및 미생물 접종

후춧가루는 서울시 성북구에 위치한 대형마트에서 구매하여 사용하였다. 후춧가루에 균을 접종하기 위하여 후추를 120 g씩 멸균 비닐백(Whirl-pak, 19 × 30 cm; Nasco, Fort Atkinson, WI, USA)에 넣고 10^9 CFU/mL 수준으로 배양한 *E. coli* O157:H7와 *S.* Typhimurium 배양액을 각각 12 mL씩 접종하여 2분간 마사지한 뒤 1시간 동안 clean bench에서 건조시켰다. 결과적으로 *S.* Typhimurium와 *E. coli* O157:H7이 각각 10^6, 10^7 CFU/g 수준이 되도록 접종하였다.

UV-C와 mild heat 병합 처리 방법

후춧가루에 대한 UV 조사와 mild heat 처리는 자체 제작한 UV incubator를 사용하여 진행되었다. UV incubator에 2개의 UV lamp (58W, SANTO-UV, Incheon, Korea)와 roaster (MK-300, JC Company, Foshan, China)을 설치하였다. 후춧가루는 UV incubator 안에 roaster (diameter 24 cm, depth 3.5 cm)에 둔 뒤 UV-C를 조사하고 이 후 mild heat 처리하였다. 시료와 UV lamp 사이의 거리는 5 cm로 조정하였고, UV-C가 후춧가루에 고르게 조사되도록 하기 위해 roaster를 이용하여 균일하게 혼합되도록 하였다. UV-emitting lamp (length 510 mm, lamp diameter 19 mm)의 파장은 253.7 nm이었고, 조사선량은 2.32 W/cm^{2}이었다. Incubator 내부 온도는 30°C와 60°C로 설정한 후, UV-C와 mild heat 처리를 단독 또는 병합하여 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70분 동안 처리하였다.

생균수 측정

후춧가루에 존재하는 미생물을 분석하기 위해 후춧가루 10 g에 90 mL의 멸균한 0.85% saline을 첨가하여 stomacher (Laboratory Blender Stomacher 400; Seward, MO, USA)로 2분간 균질화하였다. 그 후, 0.85% 생리식염수를 사용하여 십진 희석하였다. 이 후 *S.* Typhimurium와 *E. coli* O157:H7은 각각 선택배지인 xylose-lysine-deoxycholate agar (XLD, Oxoid, Hampshire, UK)와 Eosin methylene blue agar (EMB agar, Oxoid, Hampshire, UK)에 도말하였다. 도말 후 37°C에서 24-48 시간 배양하고 형성된 집락 수를 계수하였다.

색도 측정

UV-C와 mild heat 처리에 따른 후춧가루의 색도 변화를 파악하기 위해 각 시간 별로 처리 후, 2 g의 후추를 petri dish에 소분한 뒤 colorimeter (CR-400 Chroma Meter, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan)를 이용하여 명도(lightness, L-value), 적색도(redness, a-value), 및 황색도(yellowness, b-value)를 측정하였다.

통계적 처리 분석

모든 실험 결과의 유의성 검정은 각 3회 반복 측정하여 IBM SPSS statistics program (version 23, IBM Corp., New York, USA)을 사용하여 통계처리 하였다. One Way ANOVA와 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 $p < 0.05$ 범위 내에서 실험 데이터의 유의성을 검증하였다.

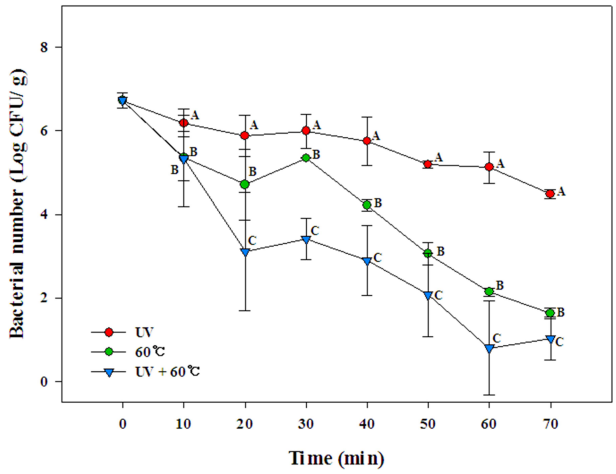

Fig. 1. Effect of UV-C and mild heat treatment against *S.* Typhimurium inoculated on black pepper powder. The date are expressed at the mean value ± standard deviation of three individual experiments. Each experiment was conducted in duplicated. Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each time

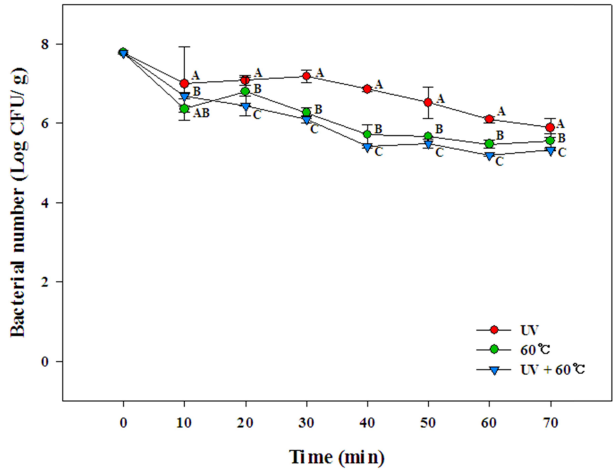

Fig. 2. Effect of UV-C and mild heat treatment against *E. coli* O157:H7 inoculated on black pepper powder The date are expressed at the mean value ± standard deviation of three individual experiments. Each experiment was conducted in duplicated. Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each time

Results and Discussion

UV-C와 mild heat 병합 처리에 의한 살균 효과

후춧가루에 인위 접종한 존재하는 식중독 세균에 대한 UV-와 mild heat 병합 처리 후 살균 효과를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 1은 *S.* Typhimurium에 대한 효과를 나타내었다. 후춧가루에 *S.* Typhimurium의 초기 농도가 6.73 log CFU/g이 되도록 접종하였다.

Mild heat 처리 없이 30°C에서 2.32 W/cm^{2}의 조사선량으로 UV-C를 단독으로 조사했을 때, 20분 동안 *S.* Typhimurium을 0.84 log CFU/g 정도 저감하였으며, 70분 동안 처리하였을 때 약 2.24 log CFU/g 수준의 살균 효과를 나타내었다. 60°C에서 20분 동안 처리했을 때 2.01 log CFU/g 정도로 저감되었고, 70분 동안 처리했을 때에는 약 5.10 log CFU/g으로 저감되었다. UV-C와 mild heat 병행 처리를 70분 이상 처리했을 때, 약 5.70 log CFU/g 이상의 저감 효과를 나타내었다. UV-C와 60°C 병행 처리는 UV-C 단독 처리보다 유의적인($p < 0.05$) 차이가 있었다. 결과적으로 UV-C와 60°C를 병합 처리했을 때, 후춧가루에 인위 접종한 식중독 균에 대한 가장 큰 살균효과가 있었으며 UV-C와 60°C 단독 처리에 비하여 유의적 차이($p < 0.05$)가 있었다.

S. Typhimurium에 대하여 각 처리구의 살균 효과를 비교하였을 경우, UV-C와 60°C 병합 처리, 60°C 단독 처리, UV-C 단독 처리 순으로 효과가 크게 나타났으며 각 처리구 간에 유의적 차이($p < 0.05$)가 있었다.

E. coli O157:H7에 대한 UV-C와 mild heat 병행 처리에 대한 저감효과를 Fig. 2에 나타내었다. 후춧가루에 인위적으로 접종된 *E. coli* O157:H7의 초기 농도는 약 7.78 log CFU/g 수준이었다.

Mild heat 없이 UV-C를 단독으로 처리했을 때, 30분 동안 *E. coli* O157:H7을 0.59 log CFU/g 정도 저감하였으며, 70분 동안 처리했을 때 약 1.89 log CFU/g 정도 살균 효과를 나타내었다. 60°C에서 30분 동안 처리했을 때에는 1.51 log CFU/g 정도로 저감 효과가 나타났고 70분 동안 처리했을 때는 약 2.22 log CFU/g 정도로 효과가 나타났다. UV-C와 mild heat 병행 처리를 70분 이상 처리했을 때, 약 2.46 log CFU/g 이상의 저감 효과를 나타내었다. UV-C와 60°C 병합 처리는 UV-C 단독처리보다 유의적인($p < 0.05$) 차이가 있었으나 60°C 단독처리구와 유의적인($p > 0.05$) 차이가 없었다. UV-C와 60°C 병합 처리했을 때, 식중독 균 저감 효과가 가장 크게 나타났으며, UV-C의 단독 처리 효과와 비교하였을 때 유의적 차이($p < 0.05$)를 나타내었다.

E. coli O157:H7에 대해 각 처리구의 살균 효과를 비교하면, *S.* Typhimurium에 대한 효과와 같이 UV-C와 60°C 병합 처리, 60°C 단독 처리, UV-C 단독 처리 순으로 효과가 큰 것으로 나타났다. UV-C와 60°C의 병합 처리와 UV-C 단독 처리 사이에는 유의적인($p < 0.05$) 차이가 나타났지만 열 단독 처리에는 유의적인($p > 0.05$) 차이가 없었다. Gabriel 등[20]은 *S.* Typhimurium이 *E.coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 보다 UV에 대한 저항성이 낮다고 보고하고 있다. 마찬가지로 실험 결과에서 *E. coli* O157:H7 보다는 *S.* Typhimurium의 저감효과가 더 큰 것으로 판단되었다.

UV-C는 DNA base에 돌연변이를 일으켜 광화학적 산화

Table 1. Changes in color values of black pepper powder treated with UV-C and mild heat in alone or combination according to treatment time

	Treatment	Time (min)							
		0	10	20	30	40	50	60	70
L*	UV	51.15 ± 1.13^{AB}	52.20 ± 0.80^{A}	50.22 ± 0.24^{B}	50.99 ± 1.69^{AB}	51.62 ± 0.21^{AB}	51.45 ± 0.34^{AB}	50.48 ± 0.42^{AB}	50.08 ± 2.50^{B}
	60°C heat	51.15 ± 1.13^{A}	51.09 ± 0.45^{A}	51.02 ± 0.55^{A}	50.62 ± 1.65^{A}	50.85 ± 0.46^{A}	49.99 ± 0.95^{A}	50.54 ± 2.14^{A}	51.51 ± 0.82^{A}
	UV + 60°C heat[b]	51.15 ± 1.13^{A}	50.53 ± 2.85^{A}	49.90 ± 0.55^{A}	50.86 ± 1.20^{A}	48.87 ± 2.97^{A}	48.69 ± 3.52^{A}	49.52 ± 2.60^{A}	48.89 ± 1.10^{A}
a*	UV	2.37 ± 0.08^{A}	2.29 ± 0.09^{AB}	2.34 ± 0.07^{AB}	2.26 ± 0.03^{AB}	2.23 ± 0.04^{B}	2.27 ± 0.09^{AB}	2.29 ± 0.02^{AB}	2.22 ± 0.12^{B}
	60°C heat	2.37 ± 0.08^{AB}	2.36 ± 0.03^{AB}	2.24 ± 0.07^{A}	2.36 ± 0.13^{AB}	2.29 ± 0.05^{AB}	2.30 ± 0.08^{AB}	2.37 ± 0.13^{AB}	2.40 ± 0.10^{B}
	UV + 60°C heat	2.37 ± 0.08^{AB}	2.22 ± 0.04^{A}	2.37 ± 0.10^{AB}	2.43 ± 0.29^{B}	2.25 ± 0.05^{AB}	2.27 ± 0.06^{AB}	2.29 ± 0.07^{AB}	2.34 ± 0.02^{AB}
b*	UV	10.13 ± 0.52^{AB}	10.78 ± 0.09^{B}	9.71 ± 0.30^{A}	10.17 ± 0.71^{AB}	10.45 ± 0.29^{B}	10.49 ± 0.22^{B}	9.53 ± 0.69^{A}	9.71 ± 0.40^{A}
	60°C heat	10.13 ± 0.52^{AB}	10.37 ± 0.27^{AB}	10.21 ± 0.19^{AB}	10.28 ± 0.29^{AB}	10.23 ± 0.19^{AB}	9.86 ± 0.33^{A}	11.21 ± 0.62^{C}	10.64 ± 0.58^{BC}
	UV + 60°C heat	10.13 ± 0.52^{A}	9.27 ± 1.67^{A}	9.94 ± 0.58^{A}	10.37 ± 0.21^{A}	9.42 ± 0.83^{A}	9.44 ± 1.12^{A}	9.92 ± 0.62^{A}	9.67 ± 0.10^{A}

Means ± standard deviation obtained from two repected experiments
Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among each time for treatments

반응을 일으켜 pyrimidine dimer를 생성하여 DNA 전사와 복제를 방해함으로써 미생물을 사멸시킨다[14]. 그리고 UV-C를 이용한 살균효과는 UV lamp 사이의 거리, UV-C 조사선량, 조사 시간에 따라 달라진다[21]. 이러한 조건들을 조정하면 미생물 살균 효과가 커지지만 본 실험 결과에선 후춧가루를 UV-C 단독 처리 했을 때 큰 효과가 나타나지 않았다. Todo 등[22]은 UV-C가 균에 손상을 입히고 열처리에 따라 세포막의 유동성이 커지며 이에 따라 UV-C에 따른 효과가 커진다는 연구 결과가 있다. 이러한 결과를 통하여 후춧가루에 오염된 식중독 균을 살균시키는 데에 mild heat과 UV-C 조사를 병합 처리한 것이 효과가 있다고 판단하였다.

UV-C와 mild heat 병합처리에 따른 후추 색도 변화

후춧가루에 UV-C와 mild heat를 처리한 후, colorimeter로 측정한 색의 변화는 Table 1에 나타내었다. 처리 전 후춧가루의 L*, a*, b* 값은 각각 51.15 ± 1.13, 2.37 ± 0.08, 10.13 ± 0.52로 측정되었다. 후추에 UV-C와 mild heat 을 70분간 처리 후 측정한 L*, a*, b* 값은 각각 48.89 ± 1.10, 2.34 ± 0.02, 9.67 ± 0.10 이었다. Jaczynski 등[23]은 가열 및 전자선 조사에 따라 후춧가루의 색변화가 거의 없다고 보고한 바 있다. 60°C 열 단독 처리에서는 b* 값에 유의적인($p < 0.05$) 차이가 있었지만 이는 시료 간의 차이라고 판단되었다. 전체적으로 L*, a*, b* 값에 유의적인($p > 0.05$) 차이가 없었다. 이를 종합하여 판단하여 볼 때 UV-C와 mild heat 단독처리 뿐만 아니라 UV-C와 mild heat 병합처리가 후춧가루의 색 품질변화에 영향을 미치지 않으며 후춧가루에 대한 상업적 살균 기술로 이용이 가능할 것으로 판단되었다.

국문요약

후춧가루에 존재하는 식중독 균을 저감화시키기 위한 방법으로 UV-C와 mild heat를 병합 처리 가능성을 타진하였다. *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 35150)와 *Salmonella* Typhimurium (ATCC 19585)를 후춧가루에 각각 10^6, 10^7 CFU/g 수준으로 인위접종하여 2.32 W/cm^{2}의 UV-C와 60°C의 mild heat을 10분에서 70분 동안 처리하였다. 그 후 미생물 분석 및 후춧가루의 품질변화를 측정하였다. UV-C를 단독으로 70분 동안 처리했을 때 *E. coli* O157:H7과 *S.* Typhimurium는 각각 1.89, 2.24 log CFU/g 수준으로 감소하였지만, UV-C와 mild heat을 70분 동안 병합처리 했을 때는 각각 2.46, 5.70 log CFU/g으로 감소하였다. *E. coli* O157:H7 보다는 *S.* Typhimurium의 저감효과가 더 컸다. 색도는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 UV-C와 mild heat 병합처리는 후춧가루에 존재하는 식중독 균을 사멸시키는 데 효과적이기 때문에 산업적인 살균처리 기술로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.

Acknowledgments

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 고부가가치 식품개발사업(과제번호 농축2017300496호)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Reference

1. Kim, M.L.: Function of spice and herbs. *J. East Asian Soc. Dietary Life*., **12**, 431-453 (2002).

2. Kim, M.L., Choi, K.H., Park, C.S.: Antibacterial activity of powdered spice against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus. Korean J. Postharvest Sci. Technol.,* **7**, 124-131 (2000).
3. Park, J.H.: Sterilization effect of microorganism on black and white pepper using intense pulsed light. MS thesis, Jeonju University, Jeonju, Korea (2016).
4. Pursglove, J.W., Brown, E.G., Green, C.L., Robbins, S.R.J.: Spices. Vol. **2**. Longman, London, UK (1981).
5. Banerjee, M., Sarkar, P.S.: Growth and enterotoxin production by sporeforming bacterial pathogens from spices. *Food Control*., **15**, 491-496 (2004).
6. Sofia, M.S.F., Joseph, F.F.: Challenges in the control of foodborne pathogens in low-water activity foods and spices. In: The Microbiological Safety of Low Water Activity Foods and Spices. Gurtler JB, Doyle MP, Kornacki JL (eds.) Springer-Verlag, New-York, NY, USA. pp 15-34 (2014).
7. Byun, M.W., Lee, J.W.: Application of irradiation technology for food safety and security. *Food Sci. Indus*., **36**, 25-41 (2003).
8. Wang, J., Yang, J.S.: The effect of gamma-ray irradiation on the drying characteristics and final quality of dried potato slices. *Int. J. Food Sci. Technol.,* **40**, 75-82 (2005).
9. Yi, S.D., Oh, M.J., Yang, J.S.: Detection capability by change of amylograph characteristics of irradiated black pepper. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **33**, 195-199 (2001).
10. Zhao, J., Cranston, P.M.: Microbial decontamination of black pepper by ozone and the effect of the treatment on volatile oil constituents of the spice. *J. Sci. Food Agric*., **68**, 11-18 (1995).
11. Choi, S.G.: Food and spice. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **12**, 461-470 (2002).
12. Kim, B.H., Kim, H.J., Yoon, Y.H., Shin, M.G., Lee, J.W.: Comparison of the effects of gamma ray and electron beam irradiation to improve safety of spices for meat processing. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, **30**, 124-132 (2010).
13. Schenk, M., Raffellini, S., Guerrero, S., Blanco, G.A., Alzamora, S.M.: Inactivation of *Escherichia coli, Listeria innocua* and *Saccharomyces cerevisiae* by UV-C light: study of cell injury by flow cytometry. *LWT-Food Sci. Technol.,* **44**, 191-198 (2011).
14. Allende, A., Artės, F.: UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Res. Int.,* **36**, 739-746 (2003).
15. Artes-Hernandez, F., Robles, P.A., Gomez, P.A., Tomas-Callejas, A., Artes, F.: Low UV-C illumination for keeping overall quality of freshcut watermelon. *Postharv. Biol. Technol*., **55**, 114-120 (2010).
16. FDA.: Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. *Code of Federal Regulations.,* **21**, Part 179.39 (2002).
17. Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., Robinson, R.K.: Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. *J. Sci. Food Agric.,* **80**, 637-645 (2000).
18. Nissen, E., Koenig, P., Feinstone, S., Pauli, G.: Inactivation of hepatitis A and other enteroviruses during heat treatment (pasteurization). *Biologicals.,* **24**, 339-341 (1996).
19. Wilbey, R.A., Brennan, J.G.: Water and waste treatment, Food processing handbook. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., KGaA, Germany. pp. 399-428 (2006).
20. Gabriel, A.A., Nakano, H.: Inactivation of *Salmonella*, *E. coli* and *Listeria monocytogenes* in phosphate-buffered saline and apple juice by ultraviolet and heat treatments. *Food Control.,* **20**, 443-446 (2009).
21. Allende, A., McEvoy, J. L., Luo, Y., Artes, F., &Wang, C. Y.: Effectiveness of twosided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelflife of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. *Food Microbiology.,* **23**, 241-249 (2006).
22. Todo, T., Yonei, S., Kato, M.: The modulating influence of the fluidity of cellmembrane of excision repiar of DNA in UV-irradiated *Escherichia coli. Biochem. Biophys. Res. Commun*., **110**, 609-615 (1983).
23. Janczynski, J., Park, J.W.: Physicochemical properties of surimi seafood as affected by electron beam and heat. *J. Food Sci.,* **68**, 1626-1630 (2003).