

대기압 플라즈마 처리에 의한 쥐치포 중 주요 식중독세균의 살균 효과

박신영^{1,2*}

¹경상대학교 해양산업연구소, ²경상대학교 해양식품생명의학과

Antibacterial Effects of Atmospheric Plasma against Main Foodborne Bacteria on the Surface of Dried Filefish (*Stephanolepis cirrhifer*) Fillets

Shin Young Park^{1,2*}

¹Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea

²Department of Seafood and Aquaculture Science, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea

(Received December 19, 2018/Revised January 29, 2019/Accepted March 25, 2019)

ABSTRACT - This study investigated the antibacterial effects of BioZone atmospheric plasma (AP) against *Bacillus cereus* (F4810/72) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) as the major foodborne bacteria on the surface of dried filefish (*Stephanolepis cirrhifer*) fillets. The fillets were experimentally contaminated with 7-8 log CFU/mL of *B. cereus* or *S. aureus* using a spot inoculation method. Bacterial counts were measured by standard plate method on tryptic soy agar, and were significantly reduced with the increase in the treatment time (1, 3, 5 or 20 min) of AP on the fillets ($p < 0.05$). The reductions of the pathogens by AP treatment ranged from 0.9 to 2.93 logCFU/g for *B. cereus* and from 1.04 to 2.55 logCFU/g for *S. aureus*. A reduction of >1 -logCFU/g for *B. cereus* and *S. aureus* was observed on the fillets treated with AP for >3 min. The differences in color on the Hunter scale (L=light vs. dark, a=red vs. green, b=yellow vs. blue) of the fillets were not significantly different between the nontreated (control) and AP-treated fillets ($p > 0.05$). This study suggested that 3 min of AP could be effective in reducing $>90\%$ of the bacteria without causing any concomitant changes in the color of the fillets.

Key words : *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, Atmospheric Plasma, Dried filefish fillet, Hunter color

전통적으로 한국인들은 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*)에 대하여 못생긴 생김새와 무미건조한 맛 때문에 가치 없는 어류로 간주하여 어획하지 않았고 어획시 바다로 도로 투척하였다. 그러나 1970년대 이래로 쥐치로 포를 뜨고 설탕, 솔비톨, 글루타민, 소금 등의 다양한 시즈닝을 첨가하여 구수한 맛과 달콤함이 가미된 건 쥐치포로 개발 발전시켜왔다¹⁾. 이 때부터 쥐치포는 건오징어와 함께 술안주와 간식 등으로 일상에서 자주 섭취되고 있다²⁾. 특히, 깊은 풍미, 값싼 가격, 용이한 섭취 및 단백질, 칼슘, 나이아신, 티아민 등의 영양을 풍부히 함유하고 있고, 아울러 장기간 보관 유통 될 수 있기 때문에 계절에 상관없이 일년 내내 즐길 수 있는 국민 간식으로 사랑받고 있다.

그러나 전통적으로 소규모의 영세 가내수공업의 형태로

제조되고 일반적으로 장시간의 유통기간 때문에 저장과 유통 중 다양한 경로에 의해 미생물 오염이 발생할 수 있다. 또한 추가적인 가열없이 그냥 섭취할 수 있기 때문에 잠재적인 식중독의 원인 식품이 된다. 특히, 쥐치포는 베트남, 태국 등의 고온다습한 기온과 비위생적 환경에서 제조·운송되었을 뿐만 아니라 국내에 수입되어 비위생적 유통 및 보관 등의 원인으로 *Staphylococcus aureus*과 *Salmonella* spp.이 검출되었다³⁾. 식품의약품안전청(2014)는 조미쥐치포가 다른 건어포류(조미오징어, 조미대구포, 조미명태포)에 비하여 *Bacillus cereus*와 *S. aureus*가 상대적으로 높은 검출율인 40.9%(18/44)와 18.1%(8/44)를 보였음을 보고하였다⁴⁾. 그 외의 *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* 및 *Vibrio parahaemolyticus*의 식중독세균은 불검출 되었다⁴⁾. 따라서 *B. cereus*와 *S. aureus*는 쥐치포의 미생물 안전 관리대상의 주체가 되는 주요 식중독 세균이다.

플라즈마는 물질의 네 번째 상태로 완전히 또는 부분적으로 이온화 된 가스이다. 자연계에 존재하는 플라즈마를 인위적으로 발생시켜 반도체와 신에너지 사업에 적용하다

*Correspondence to: Shin Young Park, Dept. of Seafood and Aquaculture Science, Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea
Tel: 82-55-7729147, Fax: 82-55-7729149
E-mail: sypark@gnu.ac.kr

가 점차 그 영역이 확대되어 현재는 환경개선(공기 정화, 폐기물 처리, 수 처리 등)과 바이오 의료 분야까지 약진하고 있다⁵⁾. 식품산업에서 비가열 플라즈마 기술(Non-thermal technology, NTP)은 식품 중 오염물질 제거 및 유통기한 연장, 효소 불활성화, 독소 제거, 식품포장 개선 및 폐수 처리 등에 활용되고 있다⁶⁾. 최근, 저온 또는 비가열 플라즈마 기술은 식품과 식품접촉표면, 공기 등 식품산업환경에 적용되어 연구되고 있는 신물리적 살균소독방법으로 인식되고 있다⁷⁾. *Escherichia coli*⁸⁾를 포함한 *S. Typhimurium*⁹⁾ 및 *L. monocytogenes*¹⁰⁾ 등의 식중독 세균과 노로바이러스와 간염바이러스^{11,12)}를 효과적으로 제어한다.

이 중 대기압 플라즈마 (Atmospheric plasma, AP)는 상온과 대기압에서 플라즈마를 형성한다. 이 때 생성되는 플라즈마를 구성하는 입자는 전자, 광자, 유리 라디칼 및 극성이 없는 기체 분자들이다. 바이오존 회사는 새로운 NTP 접근의 하나인 AP를 개발하여 공기중의 호흡기 바이러스를 효과적으로 사멸하였다⁴⁾. 또한 바이오존의 AP를 활용하여 식품 중의 곰팡이 제어와⁵⁾ 식품접촉표면 중의 식중독 바이러스 불활성화⁶⁾에 대한 연구결과가 보고되었다.

따라서 본 연구는 바이오존의 대기압 플라즈마 기술을 활용하여 쥐치포의 미생물 안전관리의 대상인 *B. cereus*와 *S. aureus*에 대한 추가적인 살균력을 평가하여 식품산업현장의 궁극적 적용을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

Materials and Methods

시험 균주

B. cereus F4810/72와 *S. aureus* ATCC 6538은 본 실험실에서 30% glycerol stock으로 -80°C에서 보관중인 균주를 사용하였다. 보존 배양된 각 시험 균주는 tryptic soy broth (TSB; BD사, Franklin Lakes, NJ, USA)에 접종하여 활성화시킨 후 tryptic soy agar(TSA; BD사, Franklin Lakes, NJ, USA)에 계대하여 37°C에서 18~24 시간 배양하였다. 같은 방법으로 2차 배양과 3차 배양으로 활성화된 균만을 사용하였다.

시험 시료와 접종 방법

쥐치포는 경기도 안성의 대형 마트에서 구입하여 아이스 박스에 담아 4~6°C로 유지하면서 실험실로 이동하여 곧장 사용하였다. 멸균 칼을 이용하여 시료를 5g(6×6cm)으로 준비하였다. 시험균의 접종 전 시료의 표면 잔존 미생물 제거를 위해 70% 에탄올로 표면을 닦은 후 260 nm에서 자외선을 10 분 동안 처리하였다.

배양된 시험 균주는 10,000×g에서 10 분 동안 원심 분리한 후 10 mL의 멸균 펩톤수에 현탁하였다. Laminar Flow 후드(Scientific사, Seoul, Korea)내에서 시료의 앞쪽 표면의 시험 균주 현탁액 0.1 mL를 10군데 점 접종(spot-

inoculation) 하였다. 시험 균주의 흡수를 위해 1 시간 동안 방치하여 건조시켰다. *B. cereus* F4810/72와 *S. aureus* ATCC 6538는 7~8 logCFU/mL의 농도로 접종되었다.

대기압 플라즈마 (Atmospheric Plasma, AP) 장치

대기중의 산소를 이용한 대기압 플라즈마 장치는 Terrior 등에 의해 평가되었고¹³⁾ 본 장치(Photoplasma, Model; InDuct, ID 60)는 바이오존 회사(BioZone Scientific International Inc., Orlando, FL, USA)에서 공급되었다. 구체적인 장치에 대한 설명은 Park과 Ha¹⁴⁾와 Jahid 등¹⁵⁾에 의해 기술되었다. 대기중의 공기가 고 에너지의 자외선에 노출됨으로써 양이온, 음이온, 자유 라디칼, 자외선 광자와 오존의 광 이온화 반응을 일으킨다(<http://www.biozonescientific.com.au/biozone-technology>). 시료와 전극 사이의 거리는 조정이 가능하나 본 연구에서는 시료 위에 전극을 설치하였다. 오존 생성은 오존 분석기(Norwood, MA, USA)에 의해 모니터링 되었고 대략 3.0 ppm이 생성되었다. 분사되는 자외선은 Photoradiometer(HD2102.1; Delta Ohm, Padova, Italy)에 의해 측정되었다. 이때 9.5 cm의 거리를 두고 1,210-1,250 μW cm⁻²의 용량의 Photo-radiometer가 사용되었다. 시료의 온도도 지속적으로 모니터링 되었으나 32.5°C가 초과되지는 않았다. 본 장치는 실험 시작 전 적어도 30 분 전에 turn-on되어 멸균 페트리디시에 시료의 전면이 0, 1, 3, 5, 10 및 20 분 동안 처리되었다. 각 처리구는 3개 또는 4개의 시료를 사용하였다. 본 실험은 두 번 시행되었고 무처리 시료는 대조군으로 간주하였다.

미생물 분석

멸균된 24 oz(710 mL) Whirl-Pak filter bag (Nasco사, Fort Atkinson, WI, USA)에 시료와 0.1% 펩톤수 90 mL을 담아 stomacher(Bax mixer 400; Interscience Co., France) 1분간 균질화 후 10배씩 연속 희석하였다. TSA를 pouring 하여 37°C에서 18~24 시간 배양하였다. 배양 후 standard plate count (SPC)에 의해 배지 위에 형성된 30~300개의 집락을 계수하여 colony-forming unit (CFU)/g으로 나타내었으며 이를 logCFU/g으로 변환시켰다.

품질평가 : Hunter color 분석

시료(6×6 cm)를 멸균 페트리디시 놓은 후 color difference meter(UltraScan Pro/Hunterlab, USA)를 사용하여 중앙 부분의 색을 측정하였다. 색은 3군데 색의 평균으로 하였다. “L” (명도, lightness), “a” (적색도, redness) 및 “b” (황색도, yellowness)로 나타내었다. “L”, “a” 및 “b”의 표준편차는 각각 97.47, -0.22 및 0.01이었다.

통계분석

미생물 균수는 logCFU/g으로 나타내었으며 SAS 통계프

로그랩 Version 6.11을 사용하여 One-way ANOVA로 분석되었다. 각 AP 처리에 대한 세균수 및 Hunter color에 대한 차이는 Duncan's multiple-range로 테스트하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의차 검증을 실시하였다.

Results and Discussion

대기압 플라즈마 처리에 의한 쥐치포 중 *B. cereus*와 *S. aureus*에 대한 저감화 효과

*S. aureus*는 다양한 가공 식품 중에 증식하여 독소를 생성하여 섭취시 위장염을 일으키는 대표적인 독소형식중독의 원인균이다. 이 균이 생성한 장 독소는 100°C 이상의 열에 30 분 이상 가열해도 견디기 때문에 식품 위생상 중요하게 관리하고 있다⁶⁾. 특히, 식품공전에서 제시하고 있는 조미건어포류에 대한 병원성 세균의 규격은 *S. aureus* 한하여 국한되어 있으며 그 정량적 규격은 100 CFU/g이다¹⁷⁾. *B. cereus*는 토양, 물, 대기 중에 널리 퍼져있어 식품의 원료에 자연 오염되어 식품의 부패를 일으키거나 사람에게 질병을 일으키는 식중독 세균이다. 이 균은 포자를 형성하여 여러 화학 물질과 건조, 그리고 열에 대하여 저항력을 가지고 있으며 오염된 *B. cereus*는 enterotoxin을 생산하여 독소형식중독을 유발하기 때문에 식품 위생상 중요하게 관리되어야 한다¹⁸⁾. 이 두 균은 조미오징어, 조미쥐치포, 조미대구포, 조미명태포 등의 건어물에서도 중요하게 관리해야 하는 식중독세균으로 그 중요성이 부각되고 있다⁴⁾.

본 연구에서는 이러한 배경하에 쥐치포에 *B. cereus*와 *S. aureus*를 접종한 후 각 균주에 대한 신소재 물리적 처리법의 하나인 대기압 플라즈마(AP) 영향을 조사해보았다. 플라즈마 처리의 시간이 길수록 쥐치포 표면에 오염된 미생물이 더 많이 감소되는 경향을 보였다($p < 0.05$). 본 플라즈마 처리시 자연균총인 일반 세균수는 최고 1.38 logCFU/g 감소를 보였다 (data not shown)¹⁹⁾. 1분, 3분, 5분, 10분 및 20분 AP 처리시 *B. cereus* population 평균은 각각 5.51 (0.9 로그 감소, 87.41% 감소), 5.40 (1.01 로그 감소, 90.23% 감소), 5.18 (1.23 로그 감소, 94.11% 감소), 3.93 (2.48 로그 감소, 99.67% 감소) 및 3.48 (2.93 로그 감소, 99.88% 감소) logCFU/g을 보였다(Fig. 1). AP 3~20분 처리에 의한 *B. cereus*는 1 log~3 log 감소되는 경향을 보이고 있다.

최근 한 연구결과에 따르면 선식 중의 *B. subtilis*, *B. cereus* 및 *E. coli* O157:H7를 대기압 플라즈마로 처리시 각각 2.20, 2.22 및 2.52 logCFU/g 감소 되었다¹¹⁾. 유전체 장벽방전 플라즈마 20분 처리시 현미 중의 *B. subtilis*, *B. cereus* 및 *E. coli* O157:H7를 약 2.30 logCFU/g 감소 되었다²⁰⁾. 이는 본 연구 결과와 어느정도 유사한 감소치를 보여주고 있기에 대기압 플라즈마의 상용가능성이 기타

식품을 통해서도 확인되고 있음을 보여주고 있다.

AP 처리에 따른 *S. aureus*의 경우도 *B. cereus* population 생존 경향과 유사한 패턴을 보이고있다 (Fig. 2). 1분, 3분, 5분, 10분 및 20분 AP처리시 *S. aureus* population 평균은 각각 5.11 (1.04 로그 감소, 90.88% 감소), 4.89 (1.26 로그 감소, 94.50% 감소), 4.79 (1.36 로그 감소, 95.63% 감소), 4.26 (1.89 로그 감소, 98.71% 감소) 및 3.6 (2.55 로그 감소, 99.72% 감소) logCFU/g이었다. AP 1분~10분 처리에 의한 *S. aureus*는 1 log~3 log 감소되는 경향을 보이고 있다. Choi 등 연구에서도 코로나방전의 형태로 생성된 저온 플라즈마에 의해 건조오징어 표면 중의 *S. aureus* 은 0.9 로그 감소를 보였고 이에 따른 관능적 차이는 거의 나타나지 않았음을 보고하고 있다²¹⁾. Radio Frequency 플라즈마를 쇠고기 육포(Beef jerky)에 10분간 처리시 *S. aureus* 은 1.8 로그 감소를 보였으나 지방산 조성, 색차 및 조직감(Shear force) 유의적 변화는 없었다²²⁾.

시중 유통중인 쥐치포 중의 *B. cereus*와 *S. aureus*의 정량적 오염도는 각각 0.4 logCFU/g와 0.1~0.2 logCFU/g으로 평균 1 log CFU/g을 넘지 않았으나²⁾, 1 log 감소 (=90% 감소)를 기준으로 평가시 AP 3 분 처리만으로도 이 두 세

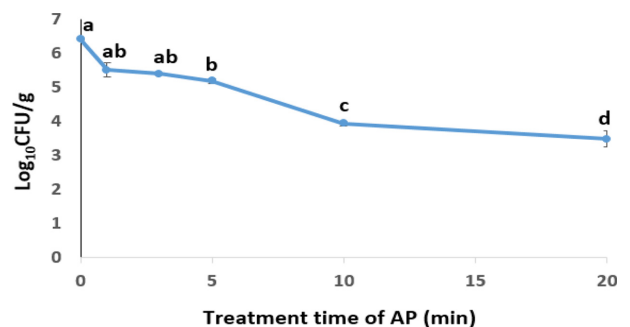


Fig. 1. Reduction of *B. cereus* (logCFU/g) number on the surface of dried filefish fillets after AP treatment.

Means with different letters (a-d) differ significantly ($p < 0.05$) by Duncan's multiple-range test at the 5% level of probability.

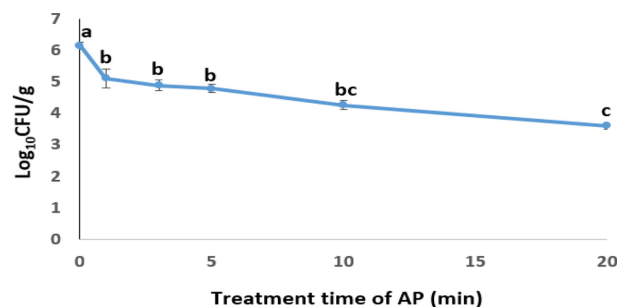


Fig. 2. Reduction of *S. aureus* (logCFU/g) number on the surface of dried filefish fillets after AP treatment.

Means with different letters (a-c) differ significantly ($p < 0.05$) by Duncan's multiple-range test at the 5% level of probability.

Table 1. Effects of AP treatment on the color of dried filefish fillet

Hunter color	Treatment time of AP (min)					
	0	1	3	5	10	20
“L”	56.67±1.04	56.89±1.21	55.99±1.18	56.38±1.30	56.77±1.23	56.25±1.19
“a”	3.25±0.12	3.34±0.22	3.52±0.15	3.43±0.13	3.60±0.22	3.43±0.31
“b”	10.93±0.11	11.01±0.14	10.95±0.21	10.98±0.12	11.03±0.15	10.95±0.19

AP, atmospheric plasma.

Means did not different ($p>0.05$) by Duncan's multiple-range test within the same now.

균을 사멸할 수 있음이 확인되었다. 아울러 본 연구에서 사용된 AP 장치는 쥐치포 중의 *Penicillium citrinum*과 *Cladosporium cladosporioides* 곰팡이 역시 효과적으로 사멸하였으며 1 log 사멸하는데 각각 9.32 분과 7.42 분 소요되었다¹⁴⁾.

플라즈마의 미생물 사멸 기작은 아직까지 완벽하게 밝혀지지는 않았으나 전리된 플라즈마에는 전자, 양이온, 음이온, 자유라디칼 및 자외선 광자 등을 포함한 다양한 활성종(reactive species)이 존재하고 있으며 이런 물질들이 미생물 세포막의 지질과 단백질, 세포내의 핵산과 같은 거대분자들과 반응하여 미생물 생리에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다^{14,21)}. 그러나, 플라즈마 방전 가스, 에너지 수준, 노출 시간 등의 다양한 플라즈마 처리 공정 및 조건, 미생물의 종류, 식품의 물성 및 성분, 식품의 표면상태 등에 따라 플라즈마의 미생물 저감화 효과는 다양하다²³⁾.

대기압 플라즈마 처리에 의한 쥐치포의 품질 영향

대기압 플라즈마 처리에 의한 쥐치포의 색도 변화를 관찰한 결과 처리 시간에 따른 Hunter 색도인 “L”(명도), “a”(적색도) 및 “b”(황색도)의 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($p>0.05$). Choi 등²⁴⁾의 연구에서도 코로나방전의 형태로 생성된 저온 플라즈마에 의해 반건조 오징어 표면 중의 “L”, “a” 및 “b” 기계적 색차는 무처리균의 표면 색차와 유의적 차이는 나타나지 않았음을 보고하고 있다.

Park과 Ha¹⁴⁾는 쥐치포의 AP 10분 처리까지 Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 값 (무처리: 0.63 mg MDA/kg, 플라즈마 처리 3 분~10 분: 0.65~0.93 mg MDA/kg)은 차이가 없었으나 20 분 처리시(1.40 mg MDA/kg) 무처리 쥐치포에 비해 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으나 관능적차이는 관찰되지 않았다고 보고하고 있다. 일반적으로 TBARS 값은 식품 중 불포화 지방산의 산패가 진행됨을 나타내는 지표로서 플라즈마 제트 처리된 신선 육류(돼지고기, 쇠고기, 닭고기)의 TBARS 값 역시 무처리 육류에 비해 유의적으로 증가하는 것으로 보고되었다¹⁴⁾. 또한 코로나방전 플라즈마 처리된 마른 오징어채의 TBARS 값(무처리: 1.75 mg MDA/kg, 플라즈마 처리 1~3분: 1.85~2.07 mg MDA/kg) 역시 처리 시간에 따

라 유의적으로 증가하였음이 Choi 등²²⁾의 연구에서도 확인 되었다²²⁾. 이는 플라즈마 처리에 의한 신선 육류와 마른 쥐치포·오징어채의 불포화 지방산의 산화와 부분적인 탈수(dehydration)에 기인되었다고 사료된다. 플라즈마에 의해 생성된 활성종(reactive species)이 지방산을 산화시킨다. 관능평가시, 플라즈마 처리된 오징어채의 식감이 좀더 아삭하였고 시각적인 색의 변화 역시 감지되지 않았으며 전반적 선호도에 있어서도 무처리 오징어채와 유사하게 나타났다.

아직까지 플라즈마가 식품의 물성 및 품질에 미치는 영향에 대해서는 다양하게 보고되고있지 않으나 다양한 식품의 적용을 위해서는 식품품질, 식품영양, 식품관능 등에 미치는 추가적인 연구의 확대가 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgments

본 연구는 2018년도 경상대학교 신입교원 연구기반조성 지원비에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문요약

바이오존의 대기압 플라즈마를 사용한 쥐치포(*Stephanolepis cirrhifer*) 중 미생물안전관리 대상인 *B. cereus* F4810/72와 *S. aureus* ATCC 6538의 저감화 정도 및 품질 특성을 관찰하였다. 대기중의 공기를 활용하여 플라즈마 발생을 유도하여 0 분, 1 분, 3 분, 5 분, 10 분 및 20 분 처리하였다. 이후 대상 미생물의 살균력 평가를 위해 표준평판법을 사용하여 로그 감소값을 계산하고 Color difference meter를 사용하여 Hunter “L”(명도), “a”(적색도) 및 “b”(황색도)의 차이를 분석했다. 대기압 플라즈마 3분 처리만으로도 이 두 세균을 1 로그 감소(=90% 감소) 시킬 수 있음이 확인되었다. 아울러 최대 20 분 처리시 쥐치포의 명도, 적색도 및 황색도의 차이는 관찰되지 않았다. 그러나, 본 연구에 사용된 대기압 플라즈마의 기타 수산 건어포와 일반 식품에 대한 산업적 적용을 위해서는 추가적인 목적 미생물의 살균력 연구와 각 품질의 특성을 고려한 품질평가 및 관능평가 등의 추가적인 연구의 확대가 필요하다고 사료된다.

References

1. Park, S.Y., Lee, N.Y., Kim, S.H., Cho, J.L., Lee, H.J., Ha, S.D.: Effect of ultraviolet radiation on the reduction of major food spoilage molds and sensory quality of the surface of dried filefish (*Stephanolepis cirrhifer*) fillets. *Food Res. Int.*, **62**, 1108-1112 (2014).
2. Cha, B.: Quality characteristics of dried filefish (*Stephanolepis cirrhifer*) treated with gamma irradiation. *J. Radiat. Ind.*, **3**, 221-226 (2009).
3. KCA (Korea Consumer Agency): Safety survey of imported and dried fishery products. Final Report (2007).
4. KFDA (Korean Food and Drug Administration): Studies on hazardous microbiological safety management of Seafood. Final Report (2014).
5. Yoo, S.J.: Status of plasma technology applied to agriculture and foods. *Vacuum Magazine* (2015).
6. Pankaj, S.K., Wan, Z., Keener K.M.: Effects of plasma on food quality : A Review. *Foods*, **7**, 4;10.3390/foods7010004 (2018).
7. Liao, X., Liu, D., Xiang, Q., Ahn, J., Chen, S., Ye, X.: Inactivation mechanisms of non-thermal plasma on microbes: A review. *Food Cont.* **75**, 83-91 (2017).
8. Bermúdez-Aguirre, D., Wemlinger, E., Pedrow, P., Barbosa-Cánovas, G., Garcia-Perez, M.: Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Cont.*, **34**, 149-157 (2013).
9. Fernández, A., Noriega, E., Thompson, A.: Inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on fresh produce by cold atmospheric gas plasma technology. *Food Microbiol.* **33**, 24-29 (2013).
10. Ziuzina, D., Patil, S., Cullen, P.J., Keener, K.M., Bourke, P.: Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiol.* **42**, 109-116 (2014).
11. Bae, S.C., Park, S.Y., Choe, W., Ha, S.D.: Inactivation of murine norovirus-1 and hepatitis A virus on fresh meats by atmospheric pressure plasma jets. *Food Res. Int.* **76**, 342-347 (2015).
12. Park, S.Y., Ha, S.D.: Application of cold oxygen plasma for the reduction of *Cladosporium cladosporioides* and *Penicillium citrinum* on the surface of dried filefish (*Stephanolepis cirrhifer*) fillets. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **50**, 966-973 (2015).
13. Terrier, O., Essere, B., Yver, M. et al.: Cold oxygen plasma technology efficiently against different airborne respiratory viruses. *J. Clin. Virol.*, **45**, 119-124 (2009).
14. Park, S.Y., Ha, S.D.: Assessment of cold oxygen plasma technology for the inactivation of major foodborne virus on stainless steel. *J. Food Eng.*, **223**, 42-45 (2018).
15. Jahid, I.K., Han, N.H., Zhang, C.Y., Ha, S.D.: Mixed culture biofilms of *Salmonella* Typhimurium and cultivable indigenous microorganisms on lettuce show enhanced resistance of their sessile cells to cold oxygen plasma. *Food Microbiol.*, **46**, 383-394 (2015).
16. Chang, D.S., Shin, D.H., Hung, D.H., Lee, I.S.: Bacterial food poisoning, pp. 71-111. In: Food hygiene. Chang, D.S., Shin, D.H., Hung, D.H., Lee, I.S. (eds). Chungmoongak, Inc., Seoul, Korea (2003).
17. MFDS (Ministry of Food and Drug Administration): Standard and specification of dried and seasoned fish fillets (2016).
18. Lim, J.H., Kim, Y.H., Ahn, Y.T., Kim, H.U.: Studies on the contamination and inhibition of *Bacillus cereus* in domestic raw milk and milk products. *J. Anim. Sci. Technol.*, **42**, 215-222 (2000).
19. Kim, H.J., Woo, K.S., Jo, C., Lee, S.K., Park, H.Y., Sim, E.Y., Won, Y.J., Lee, S.B., Oh, S.K.: Effect of atmospheric pressure plasma on the quality of commercially available sunsik. *J. Food Hyg. Saf.*, **31**, 375-379 (2016).
20. Lee, K.H., Kim, H.J., Woo, K.S., Jo, C., Kim, J.K., Kim, S.H., Park, H.Y., Oh, S.K., Kim, W.H.: Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. *LWT-Food Sci. Technol.*, **73**, 442-447 (2016).
21. Choi, S., Puligundla, P., Mok, C.: Effect of corona discharge plasma on microbial decontamination of dried squid shreds including physico-chemical and sensory evaluation. *LWT-Food Sci. Technol.* **75**, 323-328 (2017).
22. Kim, J.S., Lee, E.J., Choi, E.H., Kim, Y.J.: Inactivation of *Staphylococcus aureus* on the beef jerkey by radio-frequency atmospheric pressure plasma discharge treatment. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, **22**, 124-130 (2014).
23. Niemira, B.A.: Cold plasma decontamination of food. *Annu. Rev. Food. Sci.*, **2**, 125-142 (2012).
24. Choi, S., Puligundla, P., Mok, C.: Impact of corona discharge plasma treatment on microbial load and physico-chemical and sensory characteristics of semi-dried squid (*Todarodes pacificus*). *Food Sci. Biotechnol.* **26**, 1137-1144 (2017).