KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 48, No. 1, pp. 36~41 (2016)
http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2016.48.1.36

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

# 고강도 광원을 이용한 새싹 채소의 살균

박희란 · 차경희[1] · 신정규[1,2,*]
전주대학교 전통식품산업학과, [1]전주대학교 한식조리학과, [2]전주대학교 식품산업연구소

# Sterilization of Rapeseed Sprouts by Intense Pulsed Light Treatment

**Heeran Park, Gyung-Hee Cha[1], and Jung-Kue Shin[1,2,*]**
*Department of Traditional Food Industry, JeonJu University*
[1]*Department of Korean Cuisine, JeonJu University*
[2]*Food Industry Research Institute, JeonJu University*

**Abstract** In this study, the effects of intense pulsed light (IPL) treatment on microbial inactivation and quality in rapeseed sprouts were investigated. Untreated rapeseed sprouts exhibit a high level of total aerobic bacteria (TAB) ($1.2\times10^7$ CFU/g), coliform bacteria (coliform) ($3.3\times10^6$ CFU/g), and pathogenic *E. coli* (PE) ($2.1\times10^5$ CFU/g). The microorganisms found on rapeseed sprouts decreased with exposure to increasing light intensity and treatment time. The greatest reduction in microbial content was observed with a treatment of 1000 V, 5 pps for 10 min, where TAB, coliform, and PE levels decreased to 1.0 log CFU/g, 1.6 log CFU/g, and 1.8 log CFU/g, respectively. In agreement with these data, the microbial inactivation rate increased with the increase in the distance between the light source and the samples during IPL treatment. After IPL treatment of rapeseed sprouts, water content and vitamin C content decreased.

**Keywords:** rapeseed sprouts, intense pulsed light (IPL), non-thermal sterilization

## 서 론

신선편이 식품은 가공과정 중 별도의 열처리 과정을 거치지 않기 때문에 원료 자체가 빠르게 부패되고 작업자나 작업환경으로부터 오염이 쉽게 이루어지는 단점이 있으며, 또한 가공 단계나 유통 중에 일어날 수 있는 온도 관리의 실패는 신선편이 식품의 품질 열화 및 안전성을 위협하는 요인이 되고 있다(1). 특히 세척 포장된 새싹 채소나 샐러드는 대부분 가열처리 없이 제품화하고 구매 후 그대로 섭취하는 제품의 특성상 생산, 세척, 포장 및 유통 과정 중에 주의를 소홀히 할 경우 식중독 발생의 우려가 있으며, 철저한 위생 관리가 필요한 식품이다(2).

새싹 채소란 발아시킨 종자를 물로만 재배하여 1주일 이내에 수확하는 본잎이 전개되지 않은 미성숙한 채소로 완전히 성숙한 채소에 비해 단백질, 비타민, 무기질, 식이섬유 등의 많은 영양성분 뿐만 아니라 항산화 성분의 약리작용으로 인하여 식품 이상의 기대를 갖게 되면서 건강식품으로서 수요와 공급이 확대되고 있다(3). 그러나 새싹 채소는 조직이 연하여 세척에 의한 제균 작업이 매우 제한적일 수밖에 없으며, 이에 따라 주의를 소홀히 할 경우 식중독을 야기하는 병원성 미생물의 오염에 노출될 수 있다(4). 따라서 새싹 채소의 미생물학적 안전성 확보와 고품질 유통을 위해서는 생산에서부터 유통 단계에까지 이르는 관리가 필요하다.

소비자들의 건강에 대한 관심의 증가로 최소가공식품에 대한 수요는 지속적으로 확대되고 있으나, 이러한 최소가공식품은 식품의 안전성을 확보하기 위해 일반적으로 식품산업에서 적용해 왔던 열처리에 의한 공정을 적용할 수 없어 미생물학적 안전성에 대한 우려가 지속적으로 지적되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 열처리를 제외한 비가열 처리에 대한 연구가 꾸준하게 진행되고 있는데 이러한 비가열 처리로는 초고압(high hydrostatic pressure), 고전압 펄스 전기장(high voltage pulsed electric fields), 진동자기장(oscillating magnetic fields), 광펄스(intense pulsed light) 등의 물리적 방법과 광촉매 산화(photocatalytic oxidation), 전기분해수(electrolyzed water) 등의 화학적 방법, 박테리오신(bacteriocin)과 같은 천연항균물질을 이용하는 생물학적 방법 등이 있다(5).

광펄스 기술은 intense light pulse (IPL), high intensity broad spectrum pulsed light 등으로 불리는 비가열 살균 기술의 하나(6,7)로서 햇빛과 유사한 범위의 파장의 갖는 강한 빛을 짧은 시간동안 식품에 조사하여 식품 표면에 존재하는 미생물을 사멸시켜 보존 기간을 연장하는 기술(8,9)로 매우 짧은 처리 시간, 소요 에너지 감소, 잔류물의 비존재 등의 장점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(10).

광펄스에 의한 미생물의 사멸은 광열(photothermal), 광화학적(photochemical), 그리고 광물리적(photophysical) 효과에 의한 것으로 이 중 어느 하나에 의해서라기 보다는 복합적 작용에 의해 일어나는 것으로 알려져 있다. 강한 빛을 가진 광원에 미생물이 노출될 경우 세포 표면의 온도가 급격히 상승하여 열적 작용에 의해 사멸이 이루어기도 하며, 강한 빛의 충격에 의해 세포벽이나

*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, JeonJu University, JeonJu 55069, Korea
Tel: 82-63-220-3081
Fax: 82-63-220-3264
E-mail: sorilove@jj.ac.kr
Received October 7, 2015; revised January 1, 2016;
accepted January 4, 2016

세포막의 파괴가 이루어지기도 하고, 광원에서 조사되는 자외선이 세포내의 DNA의 손상 또는 파괴를 일으켜 사멸을 일으키는 것으로 보고되고 있다(6-10).

본 실험은 신선편이 식품으로 여러 음식에 다양하게 사용되고 있으나 가열살균이 불가능한 새싹 채소를 대상으로 비가열 살균 기술인 광펄스 기술을 적용하여 미생물의 사멸효과를 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 새싹 채소는 시중에서 유통되고 있는 유채, 다채, 콜라비, 적무싹 4종의 새싹이 들어있는 새싹 패키지(Wangin bioland, Youngam, Korea)를 지역의 대형유통매장에서 구입하여 사용하였다. 4종류의 새싹에 대해 총균수 검사를 통해 가장 많은 균이 존재하는 유채 새싹을 본 실험의 대상 시료로 사용하였다.

### 광펄스 처리 시스템 및 처리 방법

본 연구에 사용된 광펄스 처리 장치는 Kim과 Shin(11)이 사용한 것과 같은 장치로 전원공급부, 펄스발생기, 광원과 처리용기로 구성되어 있다. 장치에 사용된 전원을 AC 220 V, 60 Hz의 단상전원이며, 장치에서 발생 가능한 펄스 수는 1-50 pps (pulse per second)이고, 1회에 작동할 수 있는 최대 시간은 60분이다. 광펄스 처리에 사용된 광원은 50 kPa의 압력으로 xenon gas를 충진한 석영재질의 Heareus Noblelight XAP series (type NL 4006, Heraeus Noblelight, Cambridge, UK)로 무수은 제논 가스(xenon gas)로 충진되어 있는 램프를 사용하였다. 광원에서 발생되는 빛의 세기는 인가되는 전압의 세기나 광원에서 발생되는 빛을 에너지로 표기하여 쓸 수 있는데 본 실험에서는 광원에 인가되는 전압의 세기를 기준으로 실시하였다. 새싹의 광펄스 처리는 유채 3 g을 평판에 고르게 펼친 후 전압 700, 850, 1000 V, 펄스 수 5 pps, 그리고 시료와 광원사이의 거리는 장치에 미리 설치되어 있는 spacer를 활용하여 6.7-9.7 cm의 조건에서 120-600초 사이의 임의의 시간을 선택하여 처리하였다.

### 생균수 측정

광펄스 처리한 시료의 생균수를 측정하기 위하여 표준한천배지(plate count agar), Desoxycholate lactose agar, MacConkey sorbitol agar (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 사용하였다. 광펄스 처리하지 않은 시료와 처리한 시료를 각각 3 g을 취하여 생리식염수(NaCl 0.85%) 27 mL를 넣고 균질기(stomacher, Stomacher lab blender 400, Seward Ltd., West Sussex, UK)를 사용하여 약 40초간 중속으로 균질화 시킨 후 멸균 생리식염수를 사용하여 단계적 희석법에 의해 적절한 희석 배수로 희석하였다. 희석한 시료를 측정하고자 하는 균의 종류에 맞는 평판 배지에 도말한 후 37°C에서 24시간 배양한 후 평판배지에 형성된 군락수를 계수하였다. 군락수는 30-300개 사이의 것을 계수하였으며 CFU/g으로 나타내었고, 광 펄스 처리에 따른 균체의 사멸율은 초기균수($N_0$)에 대한 처리 후 생균수(N)의 비율을 계산하여 표시하였으며, 모든 실험은 각 시료당 3회 반복 실험하여 측정하였다.

### 수분 및 비타민 C 함량 측정

광펄스 처리 전후의 시료의 수분함량 변화를 측정하기 위해 시료 3 g을 칭량접시에 담아 수분측정기(MA35, Satorius AG, Gottingen, Germany)를 이용하여 측정하였다. 비타민 C의 함량은 시료 2 g에 20 mL의 10% 메타인산용액을 가하여 10분간 현탁시킨 후 적당량의 5% 메타인산용액을 넣어 균질화한 후 시료를 100 mL메스플라스크에 옮기고 소량의 5% 메타인산 용액으로 용기를 씻은 후 메스플라스크에 합하여 100 mL로 한 후 0.22 mm의 membrane filter로 여과한 후 고성능액체크로마토그래피(HPLC, 1100 series, Hewlett-Packard Co., Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 컬럼(column)은 μ-Bondapak $NH_2$ (3.9×30 cm, I.D., Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였고, 용매(solvent)와 흐름속도(flow rate)은 각각 0.05 M $KH_2PO_4$:acetonitrile (60:40)과 1 mL/min으로 하였으며, UV 파장과 주입량(injection volume)은 254 nm와 20 μL였다(12).

**Table 1. Microbial contamination level of the rapeseed sprouts**

| Microorganisms | Contamination level (CFU/g) |
|---|---|
| Total aerobic bacteria | $(1.2\pm0.37)\times10^7$ |
| Coliform group | $(3.3\pm0.45)\times10^6$ |
| *E. coli* O157:H7 | $(2.1\pm0.28)\times10^5$ |
| *Staphylococcus aureus* | $(4.9\pm0.65)\times10^5$ |
| *Salmonella* | $(1.7\pm0.11)\times10^5$ |
| *Listeria monocytogenes* | $(4.3\pm0.33)\times10^4$ |

### 통계처리

모든 실험 데이터는 3회 측정하여 SPSS ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리하였으며, 대응표본 t-test 분석에 의한 비교를 실시하였고, 유의 수준은 $p<0.05$ 수준이다.

## 결과 및 고찰

### 새싹채소의 오염도

본 실험에 사용된 유채싹의 총균수(total aerobic bacteria)는 $1.2\times10^7$ CFU/g, 대장균군(coliform group)은 $3.3\times10^6$ CFU/g, 병원성대장균, *Staphylococcus aureus,* 살모넬라(*Salmonella*) 및 리스테리아(*Listeria*)는 각각 $2.1\times10^5$ CFU/g, $4.9\times10^5$ CFU/g, $1.7\times10^5$ CFU/g, $4.3\times10^4$ CFU/g의 오염도를 나타냈다. Kim 등(13)에 의하면 신선 농식품의 총균수, 대장균, 효모 및 곰팡이 수에 대한 검사 결과, 총균수는 3.7-8.1 log CFU/g으로 높은 수준의 균이 검출되는 것으로 보고되었으며, 특히 미나리, 새싹, 숙주, 도라지에서 7 log CFU/g 이상의 세균이 검출되었고, 상추, 콩나물, 부추, 깻잎 등에서도 2 log CFU/g의 대장균군이 검출되었다. 또한 Bae 등(14)도 총 20종의 신선 농식품에서 높은 수준의 호기성세균과 대장균이 오염되어 있는 것으로 보고하였다. 새싹 채소류의 미생물의 안전 수준을 평가하는데 있어 식품공전에는 생채소류에 대한 미생물학적 허용 기준은 규정되어 있지 않으나, 섭취직전의 식품에 대한 미생물적 안전 기준치로서 총균수 $10^5$ CFU/g이하로 제시하고 있다. 본 실험에 사용된 유채싹의 경우 이러한 안전 기준치를 대부분 초과하고 있어 포장 전후 위생 처리, 구입 후 세척 등에 있어 신경을 써야 할 것이다(15).

### 빛의 세기와 처리 시간에 따른 사멸효과

광펄스 살균에서 미생물의 사멸에 가장 많은 영향을 미치는 것은 빛의 세기와 처리 시간으로, 광원에서 발생하는 빛의 세기는 광원에 가해지는 전압의 세기가 높을수록 광원 내부에 충진되어 있는 기체를 강하게 여기시켜 밀도를 높이고 이에 따라 발생되는 빛의 양이 많아지게 되어 미생물의 사멸에 보다 효과적이다(16).

본 실험에서는 빛의 세기를 전압발생기로부터 광원인 램프에

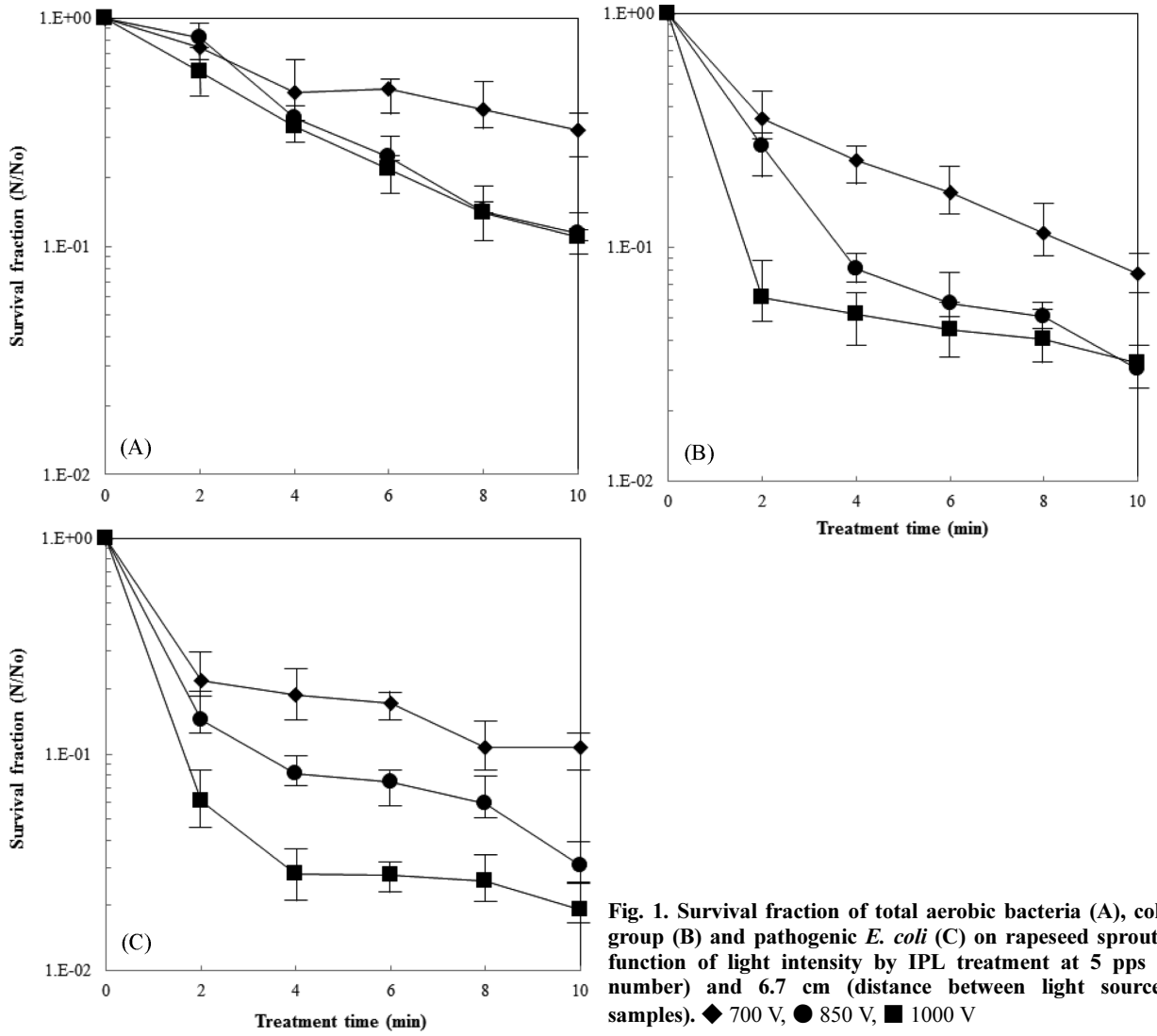


**Fig. 1. Survival fraction of total aerobic bacteria (A), coliform group (B) and pathogenic *E. coli* (C) on rapeseed sprouts as a function of light intensity by IPL treatment at 5 pps (pulse number) and 6.7 cm (distance between light source and samples).** ◆ 700 V, ● 850 V, ■ 1000 V

실제로 인가되는 전압의 세기로 나타내었으며, 펄스 수 5 pps, 광원과 시료 사이의 거리 6.7 cm의 동일한 조건에서 빛의 세기 700, 850, 1000 V로 하여 10분간 처리하였다.

일반세균의 경우 최대 1.0 log CFU/g정도의 사멸율을 나타냈으며, 700 V의 빛의 세기에서는 10분간 처리하였을 때는 약 0.7 log CFU/g, 850 V, 1000 V에서는 1.0 log CFU/g 정도의 사멸율을 보여 빛의 세기가 강해짐에 따라서 살균 효과가 증가하는 경향을 나타냈다(Fig. 1A). Park 등(17)은 무 새싹을 이산화염소수와 열수로 처리하였을 경우 이산화염소수의 농도에 따라 살균효과가 다르게 나타났지만 200 ppm에서 20분간 처리하였을 경우 일반세균이 약 1 log CFU/g 정도의 감소효과를 나타내었으며, 열수처리에 의해서도 55°C에서 20분간 처리하였을 경우 1 log CFU/g에 못 미치는 감소효과를 나타내어 고강도 광원 처리가 지금 화학적 처리나 열수 처리와 비교해서 비슷하거나 높은 사멸율을 나타내는 것으로 보인다.

고강도 광원 처리에 의한 대장균군의 살균 효과를 보면(Fig. 1B) 일반세균보다는 약간 높은 살균 효과를 나타내어 1000 V, 850 V에서는 약 1.6 log CFU/g의 사멸율을 보였으며, 700 V의 낮은 빛의 세기에서도 1.2 log CFU/g정도의 사멸율을 보였다. 병원성 대장균에 대해서는 일반세균이나 대장균군보다 높은 사멸율을 나타내어 1000 V, 850 V에서는 각각 1.8 log CFU/g, 1.7 log CFU/g의 사멸율을 보였으며, 700 V에서도 1 log CFU/g의 사멸율을 나타내었다(Fig. 1C). Anderson 등(18)과 Rowan 등(19)은 고강도 광원 처리에 대해 미생물이 그람음성, 그람양성 그리고 포자의 순서로 민감하게 반응하여 높은 사멸율을 보이는 것으로 보고하였으며, MacGregor 등(20)은 미생물을 도말한 한천 배지에 고강도 광원을 512 μs 조사하였을 때 병원성 대장균(*E. coli*)과 *L. monocytogenes*에 대해서 6-7 log CFU/mL 정도의 사멸율을 나타낸다고 하였으며, Ghasemi 등(21)은 100 펄스, 총 9 J의 에너지를 *E. coli*와 *Salmonella*에 조사하였을 때 9 log CFU/mL 감소하였다고 보고하였다. 그리고 Han (22)은 미생물의 종류를 달리하여, 즉 그람음성균(*Salmonella* Typhimurium, *E. coli* O157:H7) 2종류와 그람양성균(*Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*) 2종류에 광펄스를 처리하였을 때 그람음성균이 그람양성보다 높은 사멸율을 보였으며, 포자의 크기가 클수록 사멸율이 낮아진다고 하였다. 본 실험에서도 일반세균이나 대장균군에 비해 비포자형성(no-sporulating) 그람음성의 간균인 병원성 대장균이 높은 사멸율을 보여 앞선 연구자들과 같은 결과를 보였다.

### 광원과 시료 사이의 거리에 따른 미생물의 사멸효과

광펄스 처리에 있어서 광원과 시료 사이의 거리는 광원으로부터 시료에 직접 조사되는 에너지의 양이나 밀도에 차이가 있어

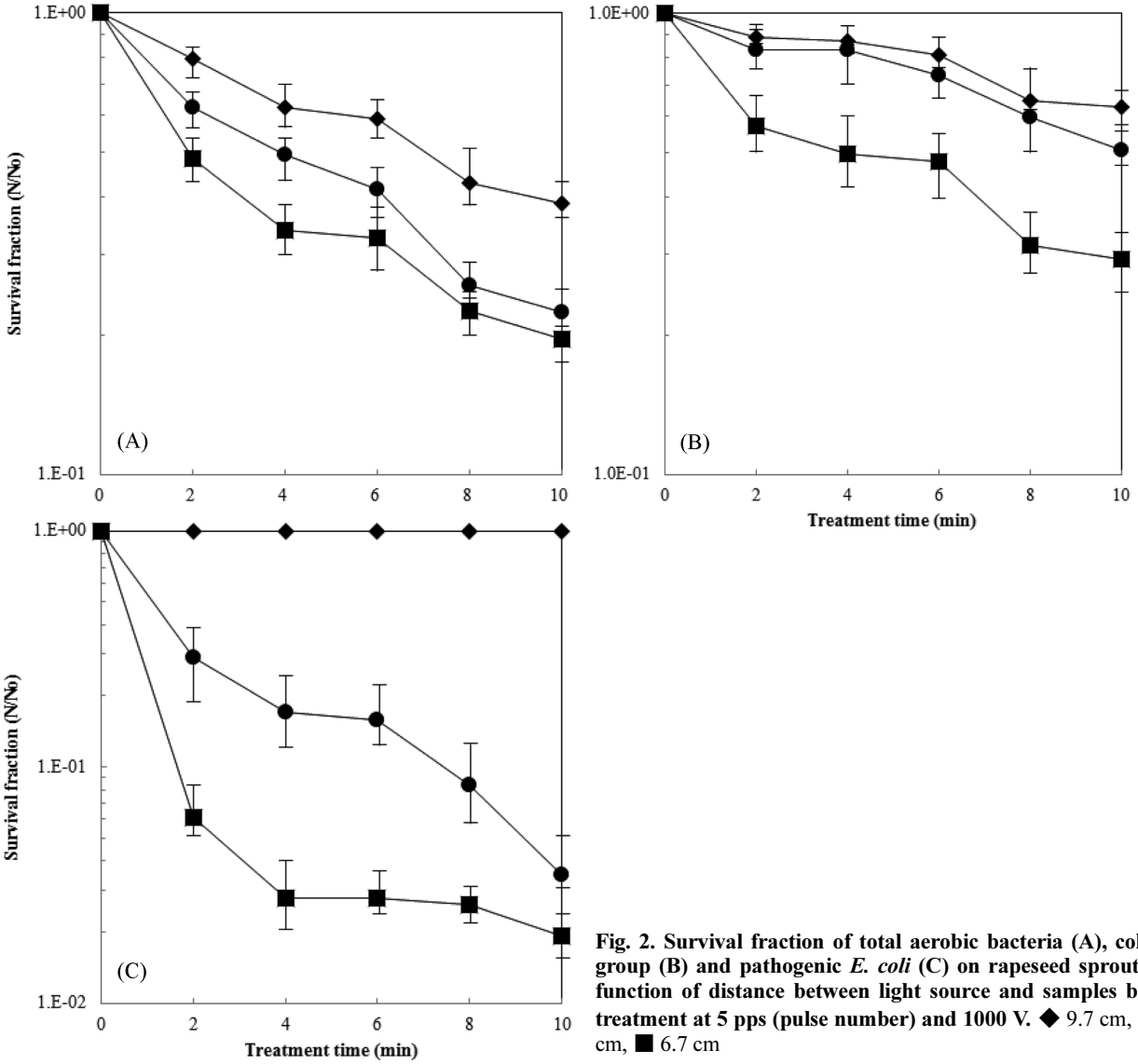


**Fig. 2. Survival fraction of total aerobic bacteria (A), coliform group (B) and pathogenic *E. coli* (C) on rapeseed sprouts as a function of distance between light source and samples by IPL treatment at 5 pps (pulse number) and 1000 V.** ◆ 9.7 cm, ● 7.9 cm, ■ 6.7 cm

사멸율에 영향을 미치는 것으로 보고(11,16)되고 있다. 광원과 시료 사이의 거리가 새싹 채소 내 균의 사멸에 미치는 영향을 검토하기 위하여 전압 1,000 V, 펄스 수 5 pps의 동일한 조건에서 광원과 시료 사이의 거리를 6.7, 7.9, 9.7 cm로 달리하여 10분간 처리하였다. Fig. 2A는 광원과 시료 사이에 따른 일반세균의 살균효과를 나타낸 것으로, 시료와 광원 사이의 거리가 가까울수록 살균효과가 높게 나타났다. 시료와 광원과의 거리가 6.7, 7.9 cm인 경우에는 0.9 log CFU/g의 사멸율을 보였으며, 9.7 cm에서는 다소 낮은 사멸율을 나타내었다. 대장균군과 병원성 대장균의 경우에도 광원과 시료의 사이가 가까울수록 사멸율이 높게 나타나 대장균군은 6.7 cm에서 0.8 log CFU/g, 7.9 cm에서는 0.5 log CFU/g, 9.7 cm에서는 0.4 log CFU/g의 사멸율을 보였다(Fig. 2B). 그리고 병원성 대장균은 6.7 cm에서 1.9 log CFU/g, 7.9 cm에서는 1.7 log CFU/g의 높은 사멸율을 보였으나, 9.7 cm에서는 사멸효과가 거의 나타나지 않았다(Fig. 2C). Kim 등(23)은 방사선에 저항성이 있는 *Micrococcus roseus*의 거리에 따른 광펄스의 살균효과를 살펴 본 결과 광원과 시료 사이의 거리가 짧을수록 살균효과가 높아져 약 6 cm의 거리에서 2분 처리하였을 때 약 6 log의 사멸율을 나타내었다고 보고하였다. 또한 Cheigh 등(24)은 연어, 광어, 새우 등의 수산물 표면에 있는 *Listeria*, 병원성 대장균, 슈도모나스(*Pseudomonas*) 미생물의 거리에 따른 살균 효과에서 시료와 광원사이의 거리가 가까울수록 시료 표면에 전달되는 에너지가 많아져서 높은 사멸율을 보여 최대 2.2 log 정도의 사멸율을 얻을 수 있다고 하여 거리가 가까울수록 사멸효과가 증가하는 본 실험의 결과와 일치하였다.

### 수분함량 및 비타민 C 함량

펄스 수 5 pps, 광원과 시료 사이의 거리 6.7 cm, 전압 1000 V에서 6분간 처리한 후 수분함량과 비타민 C 함량의 변화를 살펴보았다(Fig. 3). 광펄스 처리 후 새싹 채소의 수분함량의 변화를 보면 처리 전 시료는 89.56±0.44%의 수분함량을 보였으며, 처리 후에는 84.16±3.96%의 수분함량을 나타내었으나(Fig. 3A), 유의적으로 차이는 없는 것으로 나타났다($p<0.05$). Francisco 등(25)에 따르면 신선절단(fresh-cut) 사과에 광펄스 처리를 하게 되면 사과 세포의 세포막에 손상을 일으켜 수분의 손실을 촉진하여 수분함량이 감소하였다고 하였으며, Hong 등(26)도 파프리카에 광펄스 처리를 하였을 경우 파프리카의 종류에 상관없이 수분함량이 감소하였다고 보고하여 본 실험과 일치하는 결과를 보였다.

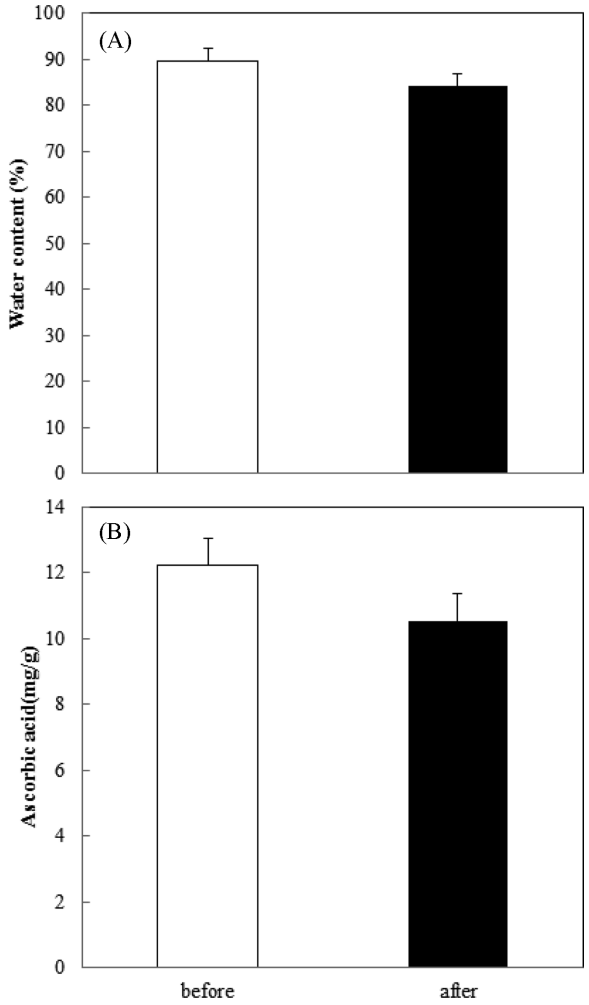


**Fig. 3. Changes in water content and ascorbic acid content of the rapeseed sprouts treated with intense pulsed light.**

광펄스 처리에 의한 새싹 채소의 비타민 C 함량의 변화를 보면 처리 전의 시료는 12.21±2.27 mg/g, 광펄스 처리 후에는 10.53 ±0.98 mg/g의 함량을 보였으며, 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나 광펄스 처리가 새싹 채소의 영양학적 품질에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다(Fig. 3B). 광펄스 처리에 의한 영양소의 변화에 대한 연구 보고는 그리 많지 않으나 Hong 등(26)은 파프리카를 광펄스 처리하였을 경우 파프리카의 색에 따라 다른 결과를 나타내어 광펄스 처리 후 증가하거나 변화를 보이지 않은 것으로 보고하였으며, 수박이나 딸기에 UV-C를 처리하였을 경우에는 처리 후 비타민 C의 함량에 변화가 없었으나(25,27), 사과 주스의 경우에는 다소 감소하는 경향(28)을 보여 일정한 경향을 나타내지는 않았다.

## 요 약

비가열 살균 기술 중 하나인 광펄스 기술을 이용하여 신선편이 식품 중 하나인 새싹채소에 존재하는 미생물의 저감 효과를 검토하였다. 새싹 채소에 존재하는 미생물의 오염도는 총균수 $1.2\times10^7$ CFU/g, 대장균군 $3.3\times10^6$ CFU/g, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus, Salmonella* 및 *Listeria*는 각각 $2.1\times10^5$ CFU/g, $4.9\times10^5$ CFU/g, $1.7\times10^5$ CFU/g, $4.3\times10^4$ CFU/g이었다. 펄스 수 5 pps, 광원과 시료 사이의 거리 6.7 cm의 동일한 조건에서 빛의 세기를 달리하여 처리하였을 경우 빛의 세기가 강할수록 사멸율은 증가하였으며, 빛의 세기 1000 V에서 일반세균은 1.0 log CFU/g, 대장균군은 1.6 log CFU/g, 병원성 대장균은 1.8 log CFU/g의 사멸율을 보였다. 광원과 시료 사이의 거리에 따른 사멸효과는 거리가 짧을수록 사멸율은 증가하여, 광원과 시료 사이의 거리 6.7 cm, 빛의 세기 1000 V, 펄스 수 5 pps에서 일반세균 0.9 log CFU/g, 대장균군 0.8 log CFU/g, 병원성대장균 1.9 log CFU/g의 사멸율을 나타내었다. 광펄스 처리 전후 새싹채소의 수분함량과 비타민 C의 함량변화는 처리 후의 시료가 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 새싹채소의 살균에 있어 광펄스 기술은 처리 조건에 따라 90-99%의 사멸율을 나타내어 신선편이 식품의 비가열 살균 기술로서의 적용 가능성을 보였다.

## References

1. Hurst WC, Schuler GA. Fresh produce processing: An industry perspective. J. Food Protect. 55: 824-827 (1992)
2. Park SY, Yeon JH, Choi JW, Lee MJ, Lee DH, Kim KS, Park KH, Ha SD. Assessment of contamination levels of foodborne pathogens isolated in major RTE foods marketed in convenience stores. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 274-278 (2005)
3. Jun SY, Kim TH, Hwang SH. The consumption status and preference for sprouts and leafy vegetables. Korean J. Food Preserv. 19: 783-791 (2012)
4. Adams MR, Hartley AD, Cox LJ. Factors affecting the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. Food Microbiol. 6: 69-77 (1989)
5. Park JY, Na SY, Lee YJ. Present and future of non-thermal food processing technology. Food Sci. Ind. 43: 2-20 (2010)
6. Rowan NJ, MacGregor SJ, Anderson JG, Fouracre RA, McIlvaney L, Farish O. Pulsed light inactivation of food-related microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 65: 1312-1315 (1999)
7. Roberts P, Hope A. Virus inactivation by high intensity broad spectrum pulsed light. J. Virol. Method. 110: 61-65 (2003)
8. Dunn JE, Clark RW, Ott TW. Pulsed-light treatment of food and packaging. Food Technol. 49: 95-98 (1995)
9. Barbosa-Canovas GV, Schaffner DW, Pierson MD, Zhang QH. Pulsed light technology. J. Food Sci. 65: 82-85 (2000)
10. Gemma OO, Ingrid AA, Olga MB, Rovert SF. Effects of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut mushrooms (*Agaricus bisporus*). Postharvest Biol. Tec. 56: 216-222 (2010)
11. Kim AJ, Shin JK. Nonthermal sterilization of pathogenic *Escherichia coli* by intense pulsed light a batch system. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 81-86 (2015)
12. Jeong CH, Bae YI, Shim KH. Physicochemical properties of *Hovenia dulcis* Thunb. leaf tea. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 7: 117-123 (2000)
13. Kim JS, Bang OK, Chang HC. Examination of microbiological contamination of ready-to-eat vegetable salad. J. Fd. Hyg. Safety 19: 60-65 (2004)
14. Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu SG, Lee SY. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 165: 5-28 (2011)
15. Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, SChaffner DW, O'Neil K, Mcdowell J, Post LS, Boderck M. Microbiological safety assurance system for food service facilities. Food Technol. 44: 68-73 (1990)
16. Cho HY, Shin JK, Song YA, Yoon SJ, Kim JM, Pyun YR. Nonthermal pasteurization of lactic acid bacteria by high intensity light pulse. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 631-636 (2002)
17. Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW. Reduction of microbial load on radish (*Raphanus satius* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatments. J. Food Preserv. 14: 487-491 (2007)

18. Anderson JG, Rowan NJ, MacGregor SJ, Fouracre RA, Farish O. Inactivation of food-borne enteropathogenic bacteria and spoilage fungi using pulsed-light. IEEE Trans. Plasma Sci. 28: 83-88 (2000)
19. Rowan NJ, MacGregor SJ, Anderson JG, Fouracre RA, McIlcaney L, Farish O. Pulsed-light inactivation of food-related microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 65: 1312-1315 (1999)
20. MacGregor SJ, Anderson JG, Fouracre RA, Farish O, MaIlvancy L, Rowan NJ. Light inactivation of food-related pathogenic bacteria using a pulsed power source. Lett. Appl. Microbiol. 27: 67-70 (1998)
21. Ghasemi Z, Macgregor S, Anderson J, Lamont Y. Development of an integrated sold-state generator for light inactivation of food-related pathogenic bacterial. Meas. Sci. Technol. 14: N26-N32 (2003)
22. Han KH. Nonthermal sterilization against food-borne pathogens by high intensity pulsed light. MS thesis, Hoseo University, Cheonan, Korea (2010)
23. Kim BR, Kim AJ, Shin JK. Effect of sterilization by intense pulsed light on radiation-resistant bacterium, *Micrococcus roseus*. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 248-251 (2013)
24. Cheigh CI, Mun JH, Chung MS. Nonthermal sterilization and shelf-life extension of seafood products by intense pulsed light treatment. Korean J. Food Nutr. 25: 69-76 (2012)
25. Arts-Hernndez F, Robles PA, Gmez PA, Toms-Callejas A, Arts F. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. Postharvest Biol. Tec. 55: 114-120 (2010)
26. Hong HJ, Kim AJ, Park HR, Shin JK. Changes in physicochemical properties of paprika by intense pulsed light treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 339-344 (2013)
27. Allende A, Alicia M, Buenda B, Toms-Barbern F, Gil, MI. Impact of combined postharvest treatments (UV-C, gaseous $O_3$, superatmospheric $O_2$ and high $CO_2$) on health promoting compounds and shelf-life strawberries. Postharvest Biol. Tec. 46: 201-2011 (2007)
28. Falguera V, Pagan J, Ibarz A. Effect of UV irradiation on enzymatic activities and physicochemical properties of apple juices from different varieties. LWT-Food Sci. Technol. 44: 115-119 (2011)