

연구노트

UV-C 조사가 햄버거 패티 저장 중 *Listeria monocytogenes*의 생육저해 및 지질산화에 미치는 영향

김현진·김슬기·천호현·송경빈[†]
충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과

Effect of UV-C Irradiation on the Inactivation of *Listeria monocytogenes* and Lipid Oxidation in Hamburger Patties during Storage

Hyun-Jin Kim, Seul-Ki Kim, Ho-Hyun Chun and Kyung-Bin Song[†]
Department of Food Science & Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

Inactivation by UV-C irradiation of *Listeria monocytogenes* cocktail inoculated on hamburger patties was examined. Hamburger patty samples were inoculated with 6-7 log CFU/mL of *L. monocytogenes* cocktail, and then exposed to doses of 0, 1, 5, or 10 kJ/m² of UV-C light, followed by storage at 4±1 °C for 7 d. Microbiological evaluation indicated that the populations of *L. monocytogenes* decreased significantly ($p < 0.05$) as irradiation dose increased. In particular, *L. monocytogenes* populations decreased by 2.03 log CFU/g after exposure to 10 kJ/m², compared with control samples. The thiobarbituric acid-reactive substance levels of hamburger patty samples increased during storage, regardless of UV-C irradiation status. These results indicate that UV-C irradiation may be useful in improving the microbial safety of hamburger patties during storage.

Key words : UV-C irradiation, hamburger patty, *Listeria monocytogenes*, storage

서 론

최근 현대인들의 식생활이 서구화되고 젊은 층 중심의 소비구조로 변화하면서 편의식 및 즉석식품의 수요가 증대되고 있는데, 햄버거 패티(햄버거 스테이크)와 같은 분쇄육 가공제품은 대표적인 즉석식품의 예이다(1). 이러한 분쇄육 가공식품은 풍부한 영양소와 많은 수분을 함유하고 있어서 저온 유통과정 중에 미생물 증식에 의해 부패가 쉽게 일어날 수 있을 뿐만 아니라(2), 분쇄 또는 혼합과정에서 *Listeria monocytogenes* 등 미생물의 오염에 의한 안전성 문제가 제기될 수 있다(3). 특히 *L. monocytogenes*는 냉장 온도에서도 자랄 수 있는 식중독균으로(1), 냉장보존을 요하는 육제품, 유제품 등에 오염가능성이 있고 저온저장 중

생존 및 증식이 가능하여 식중독 발생의 가능성이 있다(4).

따라서 미생물에 의한 오염 문제를 해결하기 위해 가공 및 저장 방법 등에 대한 연구가 수행되어 왔으나, 각 공정들의 한계성이 지적되면서 신선육 상태로 살균 처리할 수 있는 새로운 기술개발이 요구되고 있다(5). Ultraviolet(UV) 조사는 대표적인 비가열 살균처리 기술로써 파장 100-400 nm 범위의 전자기파를 이용하는데, UV 영역은 크게 UV-A(315-400 nm), UV-B(280-315 nm), UV-C(100-280 nm)로 구분되며, 살균 및 소독에 사용되는 UV source는 주로 UV-C이다(6-8). UV-C는 주로 식품 표면의 미생물학적 오염을 줄이는데 이용되는데, UV-C가 미생물의 DNA base에 손상을 일으킴으로써 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(6-9). UV-C 조사는 기존의 감마선이나 전자빔 처리 방법과 달리 잠재적 위해요소에 대한 소비자의 거부감이 적고 온도와 수분의 영향을 크게 받지 않으며 설치 및 조사비용이 저렴한 장점을 가지고 있는데, UV-C의 살균

[†]Corresponding author. E-mail : kbsong@cnu.ac.kr,
Phone : 82-42-821-6723, Fax : 82-42-825-2664

효과는 조사선량에 비례하므로 균일하고 적절한 선량의 UV-C 조사 처리기술이 식품 살균의 유효성을 유지하기 위해 필요하다(10-14).

햄버거 패티와 관련된 국외연구로, 전자선 조사를 이용한 ready-to-eat 햄의 저장기간 연장(15), 쇠고기 분쇄육에 감마선 조사처리(16) 등의 연구가 보고되었다. 또한 국내에서도 감마선 조사와 로즈마리 추출 분말 병용처리가 즉석 햄버거 스테이크에 미치는 영향(1), 감마선 또는 전자선 조사된 분쇄 돈육과 돈육 패티의 저장 중 품질 특성(5) 등 대부분 감마선 조사에 대한 연구로, 비가열처리로써의 UV-C 조사와 관련된 연구는 아직 보고된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 유통되고 있는 햄버거 패티의 미생물학적 안전성 확보와 저장성 증대를 위한 기초 연구로써, 오염 가능성이 높은 대표적인 병원성 미생물인 *L. monocytogenes*를 햄버거 패티에 인위적으로 접종하여 UV-C를 조사한 후 저장 중 미생물 수 감소 및 품질에 미치는 영향을 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료 및 저장 조건

본 연구에 사용된 햄버거 패티는 H 대형마트 대전점에서 직접 제조하여 시판하고 있는 제품(주원료; 돼지고기 65%, 쇠고기 9.85%)을 구입한 후 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 에 보관하며 24시간 이내에 사용하였다. 시료(diameter; 10 cm, thickness; 0.7 cm)의 무게가 개당 60 ± 1 g인 것으로 하였으며, UV-C 조사된 시료는 시중 저장-유통 조건과 동일한 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 7일 동안 low density polyethylene(LDPE) bag(21 cm × 29 cm, 두께: 0.13 mm)에 조사선량과 저장 일수에 따라서 각각 개별적으로 포장하여 실험에 사용하였다.

미생물 배양

L. monocytogenes(ATCC 19111, 19115, 15313)의 균주를 한국생명공학연구원 생물자원센터(KCTC, Daejeon, Korea)로부터 분양 받은 후 -80°C 초저온 냉동고에서 20% glycerol stock(v/v) 형태로 보관하면서 실험에 사용하였다. 3개의 *L. monocytogenes* strains는 modified Oxford medium agar (MOX; Difco Laboratories, Detroit, MI)를 사용하여 37°C 에서 48시간 동안 배양 후 형성된 각 균주의 단일 집락을 멸균된 loop로 취해 tryptic soy broth(TSB, Difco)와 brain heart infusion broth(BHI, Oxoid, Basingstoke, UK.)에 접종하여 37°C 에서 각각 24시간, 48시간 동안 진탕 배양하여 균주를 활성화하였다. 보관 균주의 오염여부를 확인하기 위하여 계대 배양한 균액을 0.1% sterile peptone water에 10 배수로 희석하여 각 균주의 선택배지에 접종 배양한 후 형성된 전형적인 집락 형태와 수를 관찰하였다. 배양된 각각의 *L.*

monocytogenes strain을 10 mL씩 취하여 멸균된 50 mL centrifuge tube에 옮겨 vortex mixer(Vortex Ginie-2, Scientific industries, INC., Bohemia, NY)를 사용해 균질화한 후 원심 분리($4,000 \times g$, 15 분, 4°C)하였다. 침전된 *L. monocytogenes* cell culture를 0.1% sterile peptone water로 세척한 후 vortex mixer를 사용하여 재현탁시키고 원심 분리하여 2회 세척한 후 침전된 cell pellet을 희석하여 균 접종액으로 사용하였다.

햄버거 패티에 균 접종

햄버거 패티의 표면에 자연적으로 부착되어 있는 미생물을 제거하기 위해 clean bench UV light에서 30분 동안 처리하였다. 부착되어 있는 미생물을 제거한 햄버거 패티에 *L. monocytogenes* cocktail 균 접종액 1 mL를 접종하여 *L. monocytogenes* cocktail의 초기 균수가 $6-7 \log \text{CFU/mL}$ 가 되게 하였다. 접종된 시료 표면의 수분을 제거하고 균이 잘 부착될 수 있도록 clean bench에서 30분 동안 건조하였다.

UV-C 조사 처리

UV-C 조사를 위해 제작된 UV 살균기(80 cm × 55 cm × 47 cm)의 상, 하부에 254 nm 파장의 unfiltered germicidal emitting lamps(G15T8, Sylvania, Haarlem, Netherlands)를 설치하였고(17), UV-C 강도는 시료 tray 상에서 UV light meter(UV-340, Lutron Electronic Co., Taipei, Taiwan)를 이용하여 3 반복하여 측정하였다(5W/m^2). 본 연구에서 사용된 UV-C 조사선량 1, 5, 10 kJ/m^2 이었고, 각 선량을 위한 조사시간은 3분 20초(1 kJ/m^2), 16분 40초(5 kJ/m^2), 33분 20초(10 kJ/m^2)이었다.

미생물 생육 측정

UV-C 조사 후, 시료의 표면 25 g을 멸균된 scalpel로 채취하여 0.1% sterile peptone water 225 mL와 함께 멸균 bag에 넣고 3분 동안 stomacher(MIX 2, AES Laboratories, Combourg, France)에서 균질화 처리하였다. 균질화 된 시료는 멸균된 거즈를 이용하여 거르고 0.1% sterile peptone water로 희석한 후 배지에 분주하였다. *L. monocytogenes* cocktail은 modified Oxford agar(MOX; Difco Laboratories)를 사용하여 37°C 에서 48시간 동안 배양 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타냈다.

TBARS(thiobarbituric acid reacted substance) 양 측정

UV-C 조사 후 품질 척도의 하나로써의 저장 중 지방산패 정도는 Ahn 등(18)의 방법에 의하여 측정하였다. 시료 5 g를 취하여 증류수 15 mL와 함께 균질화시킨 후 시료 1 mL를 취하여 여기에 thiobarbituric acid(TBA)/ trichloroacetic

acid(TCA) 2 mL를 첨가한 후 vortex mixer로 혼합하였다. 이것을 100°C 항온수조에서, 15분간 끓인 뒤 방냉하여 2,000 × g에서 15분 동안 원심분리 후 상등액을 취해 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. TBARS 값은 시료 중 malonaldehyde(MDA)의 양을 mg/kg으로 나타내어 표시하였다.

통계적 처리 분석

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고 그 결과는 평균값 ± 표준편차로 나타냈다. 통계적 분석은 SAS(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC) 프로그램을 이용하여 각 실험군 간의 유의성(p<0.05) 검증을 위해 분산 분석(analysis of variance, ANOVA) 후 Duncan's multiple range test로 다중비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

햄버거 패티에 *L. monocytogenes* cocktail을 인위적으로 접종한 후 UV-C 조사 처리에 따른 저장 중 미생물 수 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 저장 초기 대조구의 *L. monocytogenes* 수는 6.15 log CFU/g이었다. *L. monocytogenes* 수는 UV-C 조사 직후 10 kJ/m² 처리구에서 4.39 log CFU/g로 대조구에 비해 초기 미생물이 1.77 log CFU/g 감소한 것으로 나타났으며 UV-C 처리구에서는 조사선량이 증가할수록 미생물 수가 유의적으로(p<0.05) 감소함을 보였다(Table 1). 또한 대조구는 저장 중 6.15 log CFU/g에서 6.61 log CFU/g로 유의적으로(p<0.05) 미생물 수가 증가하는 경향을 보인 반면에, UV-C 처리구는 저장 중 미생물 수의 유의적인 변화는 없었다. 특히, 저장 3일에 10 kJ/m² 처리구가 4.34 log CFU/g로 대조구의 6.37 log CFU/g와 비교하여 2.03 log CFU/g 차이로 가장 큰 미생물 감균 효과를 나타냈다. 그러나, 조사선량 1과 5 kJ/m² 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다. Chun 등(19)은 닭 가슴살에 병원성 미생물

을 접종한 후 UV-C 조사를 하였는데, 대조구와 비교하여 UV-C 조사선량이 0.5, 1, 3, 5 kJ/m²로 증가함에 따라 미생물 수가 감소하였고 5 kJ/m² 처리구에서는 대조구와 비교해 1.29 log cycle 감소를 나타냈다고 보고하였다. Aziz 등(20)은 시중에서 판매되는 분쇄우육에 감마선 조사 5 kGy 처리구가 대조구와 비교 시 균수에 있어서 2-3 log cycle 정도가 감소하여 UV-C 조사보다 다소 좋은 효과를 보인 반면에, 전자레인지 20초, 30초 조사 결과 각각 1, 2 log cycle 감소하였다고 보고하여 UV-C 조사와 유사한 효과를 보여주는 것이었다.

TBARS value는 지방 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 복합체의 양을 측정하는 방법이다(21). TBARS는 육제품 중에 지방이 산패되면 malonaldehyde가 생성되어 산패취를 발생하기 때문에 신선도 판정 기준에 이용되고 있다. 저장 중 햄버거 패티의 TBARS 값의 변화는 Table 2에 나타냈다. 저장 초기 대조구의 TBARS 값이 2.82 mg MDA/kg을 나타냈으며 UV-C 1, 5, 10 kJ/m² 처리구는 3.08, 3.13, 3.26 mg MDA/kg을 나타내어 조사선량이 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다. 저장 3일 후 TBARS 값이 증가하여 저장 7일에는 대조구가 6.19 mg MDA/kg을 나타냈고 처리구에서 0.25-0.76 mg MDA/kg 높게 나타났지만 역시 유의적인 차이는 없었다. 또한 저장 중 대조구를 포함한 UV-C 처리구의 TBARS 값이 증가하는 경향을 나타냈는데, Chun 등(19)의 UV-C 처리한 닭 가슴살의 TBARS 값이 조사선량의 증가에 따라 다소 증가하는 경향을 보였으나 조사선량 간에 통계학적으로 유의적인 변화가 없었다는 보고는 본 연구결과와 일치하는 것이다. 또한, Wong 등(22)의 전자선 조사한 쇠고기 패티에 있어서 저장 중 TBARS 값이 유의적으로 증가하였다는 보고는 본 연구에서 저장 중 모든 처리구의 TBARS 값이 저장기간이 증가함에 따라 증가함을 보여서 같은 경향을 보여주었다. 따라서 본 연구 결과, 햄버거 패티의 UV-C 조사 처리는

Table 1. Effect of UV-C irradiation on the populations of *L. monocytogenes* cocktail in hamburger patty during storage at 4°C

UV-C dose (kJ/m ²)	Storage period (day)				
	0	1	3	5	7
0	6.15±0.05 ^{C1a2)}	6.26±0.05 ^{Ca}	6.37±0.07 ^{BCa}	6.48±0.15 ^{ABa}	6.61±0.18 ^{Aa}
1	5.28±0.10 ^{Ab}	5.32±0.14 ^{Ab}	5.31±0.04 ^{Ab}	5.32±0.05 ^{Ab}	5.39±0.09 ^{Ab}
5	5.00±0.46 ^{Ab}	5.11±0.13 ^{Ab}	5.12±0.08 ^{Ac}	5.16±0.12 ^{Ab}	5.25±0.18 ^{Ab}
10	4.39±0.35 ^{Ac}	4.33±0.39 ^{Ac}	4.34±0.13 ^{Ad}	4.47±0.06 ^{Ac}	4.72±0.10 ^{Ac}

¹⁾ Any means in the same row followed by different letters are significantly(p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

²⁾ Any means in the same column followed by different letters are significantly(p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

Table 2. Changes in TBARS of UV-C irradiated hamburger patty during storage at 4°C

UV-C dose (kJ/m ²)	Storage period (day)				
	0	1	3	5	7
0	2.82±0.11 ^{D1a2)}	3.25±0.18 ^{Db}	4.67±0.27 ^{Cb}	5.54±0.32 ^{Bb}	6.19±0.58 ^{Aa}
1	3.08±0.20 ^{Ca}	3.48±1.03 ^{Cab}	4.77±0.21 ^{Bab}	5.75±0.60 ^{Aab}	6.44±0.74 ^{Aa}
5	3.13±0.62 ^{Da}	3.70±0.29 ^{Dab}	4.80±0.54 ^{Cab}	5.96±0.44 ^{Bab}	6.65±0.83 ^{Aa}
10	3.26±0.67 ^{Ca}	4.05±0.33 ^{Ca}	5.26±0.45 ^{Ba}	6.31±0.53 ^{Aa}	6.95±1.18 ^{Aa}

¹⁾ Any means in the same row followed by different letters are significantly(p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

²⁾ Any means in the same column followed by different letters are significantly(p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

UV-C 조사에 따른 지방산패 등 품질에는 커다란 영향을 주지 않으면서, 햄버거 패티의 저장 중 미생물학적 안전성 확보에 효과적일 수 있는 방법이라고 판단된다.

요 약

햄버거 패티에 *L. monocytogenes* cocktail을 인위적으로 접종한 후 UV-C 조사 처리에 따른 저장 중 미생물 수 변화를 조사하였다. 햄버거 패티에 접종된 *L. monocytogenes*의 초기 균수가 6-7 log CFU/mL가 되게 하였고, 사용된 UV-C 조사선량은 1, 5, 10 kJ/m²이었으며 조사된 시료는 4±1℃에서 7일 동안 저장하였다. UV-C 조사는 *L. monocytogenes* 수에 있어서 조사선량이 증가할수록 유의적으로(p<0.05) 감소하는 것을 나타냈다. 특히, 10 kJ/m² 처리구는 대조구와 비교하여 *L. monocytogenes* 수를 2.03 log CFU/g까지 감소시켰다. 햄버거 패티의 UV-C 처리에 의한 품질 변화 척도로써 측정된 TBARS 값은 저장 중 UV-C 처리 여부와 관계없이 증가하였다. 따라서 본 연구결과, UV-C 조사 처리는 햄버거 패티의 저장 중 품질 변화에 큰 영향을 주지 않으면서 미생물학적 안전성 확보에 효과적인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Oh, S.H., Kim, J.H., Lee, J.W., Lee, Y.S., Park, K.S., Kim, J.G., Lee, H.K. and Byun, M.W. (2004) Effect of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks: I. Microbiological quality and shelf-life. J. Korean Soc. Food Nutr., 33, 687-693
2. Lee, S.H., Moon, W.S. and Park, K.N. (2000) Antimicrobial activity of *Caesalpinia sappan* L. extracts and its effect on preservation of ground meats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 29, 888-892
3. Passos, M.H.C.R. and Kuaye, A.Y. (2002) Influence of the formulation, cooking time and final internal temperature of beef hamburgers on the destruction of *Listeria monocytogenes*. Food Control, 13, 33-40
4. Kim, S.J., Bahk, G.J. and Oh, D.H. (2007) Adherence rate *Listeria monocytogenes* contaminated from pork

- meat during pork meat processing. J. Food Hyg. Safety, 22, 332-337
5. Song, B.S., Park, J.G., Kim, W.G., Kim, J.H., Chio, J.I., Yoon, Y.H., Byun, M.W., Kim, C.J. and Lee, J.W. (2009) Comparison of the quality gamma ray- or electron beam-irradiated minced pork and patties. Korean J. Food Sci. Anim. Resour., 29, 194-202
6. Mok, C.K. and Lee, N.H. (2008) Distribution of ultraviolet intensity and UV leaking of commercial UV sterilizers used in restaurants. Korean J. Food Sci. Technol., 40, 228-233
7. Perkins-Veazie, P., Collins, J.K. and Howard, L. (2008) Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharvest Biol. Technol., 47, 280-285
8. Keyser, M., Muller, I.A., Cilliers, F.P., Nel, W. and Gouws, P.A. (2008) Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 9, 348-354
9. Allende, A. and Artes, F. (2003) UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. Food Res. Int., 36, 739-746
10. Allende, A., McEvoy, J.L., Luo, Y., Artes, F. and Wang, C.Y. (2006) Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. Food Microbiol., 23, 241-249
11. Rajkowski, K.T. (2007) Inhibition of *Shigella sonnei* by ultraviolet energy on agar, liquid media and radish sprouts. J. Food Safety, 27, 223-240
12. Wong, E., Linton, R.H. and Gerrard, D.E. (1998) Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella senftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. Food Microbiol., 15, 415-423
13. Lee, J.H., Sung, T.H., Lee, K.T. and Kim, M.R. (2004) Effect of gamma irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder. J. Food Sci., 69, 585-592
14. Kim, J.H., Chun, H.H. and Song, K.B. (2008) Effect of UV-C irradiation on the quality of imported dried fish during storage. Korean J. Food Preserv., 15, 922-926
15. Cabeza, M.C., Cambero, I. C., Hoz, L. and Ordóñez, J. A. (2007) Optimization of e-beam irradiation treatment to eliminate *Listeria monocytogenes* from ready-to-eat (RTE) cooked ham. Innov. Food. Sci. Emerg. Technol., 8, 299-305
16. Badr. H.M. (2007) Antioxidative activity of carnosine

- in gamma irradiated ground beef and beef patties. Food Chem., 104, 665-679
17. Kim, J.H., Kim, E.K., Shin, C.L. and Song, K.B. (2009) Effect of UV-C irradiation on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on wC hed carrot during storage. Korean J. Food Preserv., 16, 636-643
18. Ahn, D.U., Olson, D.G., Jo, C., Chen, X., Wu, C. and Lee, J.L. (1998) Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. Meat Sci., 49, 27-39
19. Chun, H.H., Kim, J.Y., Lee, D. J., Yu, D.j. and Song, K.B. (2010) Effect of UV-C irradiation on the inactivation of inoculated pathogens and quality of chicken breasts during storage. Food Control, 21, 276-280
20. Aziz, N.H., Mahrous, S.R. and Youssef, B.M. (2002) Effect of gamma-ray and microwave treatment on the shelf-life of beef products stored at 5°C. Food Control, 13, 437-444
21. Lee, S.H., Shin, H.Y., Ku, K.J., Jin, Y.Y., Jeon, S.J., Chae, H.S. and Song, K.B. (2007) Quality change of red meat by chlorine dioxide treatment during storage. Korean J. Food Sci. Technol., 39, 222-227
22. Wong, P.Y.Y., Wijewickreme, A.N. and Kitts, D.D. (2005) Fat content and ascorbic acid infusion influence microbial and physicochemical qualities of electron beam irradiated beef patties. Food Chem., 89, 93-102

(접수 2010년 1월 19일, 수정 2010년 6월 1일, 채택 2010년 6월 4일)