J Korean Soc Food Sci Nutr
41(12), 1798~1804(2012)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.12.1798

Ultraviolet-C 조사에 의한 복숭아의 저장 중 품질변화

장주희 · 박재희 · 반기은 · 이경행†
한국교통대학교 식품영양학과

Changes in the Quality of Peaches (*Prunus persica* L. Batsch) Treated by UV-C Irradiation during Storage

Joo-Hee Jang, Jae-Hee Park, Ki-Eun Ban, and Kyung-Haeng Lee†
Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

Abstract

To prolong the shelf-life of domestic peaches, samples were treated with UV-C (0~10.0 kJ/m^2) and the spoiling rate and changes in physico-chemical and sensory properties were investigated. No spoiled peaches were observed within the first four days of storage in the control and 2.5 kJ/m^2 UV-C treatment groups. However, spoilage was observed in these groups on day six, and 29.17% and 25.0% of the samples showed spoilage on 10 day, respectively. Moreover, samples treated with greater than 5.0 kJ/m^2 of UV-C showed a higher percentage (41.67% or higher) of spoilage than those of the control or 2.5 kJ/m^2 UV-C treatment groups on 10 day. Additionally, weight changes in the peaches were the lower in the control group and 2.5 kJ/m^2 UV-C treatment group than in those treated with 5.0 kJ/m^2 of UV-C treatment or higher during 10 days of storage. There was no difference in pH among treatments, regardless of storage time. The hardness of the samples was not changed immediately after UV-C treatment, but that of samples treated with 5.0~10.0 kJ/m^2 of UV-C decreased rapidly after four days, when compared to the control and 2.5 kJ/m^2 UV-C treatment groups. No significant changes in the lightness and redness of the samples were observed in response to UV-C treatment, however, UV-C treatment led to a slight decrease in the yellowness of the samples. The initial taste, flavor, color, texture, and overall acceptance did not differ among control and UV-C treatments. The sensory score of the samples was the highest after 2 and 4 days of storage, while it decreased thereafter. In general, samples in the control and the 2.5 kJ/m^2 UV-C treatment groups showed higher sensory quality than those treated with UV-C at 5.0 kJ/m^2 or higher.

Key words: peach, UV-C irradiation, spoilage rate, physico-chemical property

서 론

식품산업의 고도화와 국제화 시대를 맞아 고부가가치의 제품을 생산하기 위해서는 원료의 안정적 공급, 위생적 제품 생산, 효율적인 제조공정, 안전한 저장 및 유통기술 등이 확보되어야 한다. 특히 식품의 저장 안정성 및 기능성에 대한 국민관심이 높아짐에 따라 식품의 저장성과 기능성을 높일 수 있는 식품가공·저장 기술의 개발이 절실히 요구되어지고 있다(1).

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 장미과, 자두속, *Amygdalus* 아속에 속하는 낙엽, 교목성 식물로(2) 복숭아는 조직이 매우 연약하고 저장성이 매우 낮은 과실로 작은 충격에도 쉽게 과피가 손상되기 때문에 갈변이 빠른 속도로 일어나며 이에 따라 유통기간이 짧은 단점이 있다. 하지만 독특한 향기와 맛으로 소비자의 선호도가 높아 매년 소비량의 증가와 함께 재배면적이 늘어나고 있는 추세이다.

현재 국내에서의 복숭아 이용 현황을 보면 대부분의 백도 품종은 당도가 높아서 주로 생과로 이용되고 있고, 당도는 낮으나 산도가 높고 향기 성분이 많은 황도는 주로 가공용으로 이용되고 있다(3,4). 특히 생과용은 저장성이 낮고 대량으로 일시출하 될 때에는 가격경쟁력이 떨어지고 있다(3). 따라서 품질 유지기간이 짧은 복숭아의 저장기간을 연장시키고 유통 중의 품질저하의 단점을 보완해야 한다(5)

일반적으로 고온 다습한 환경에서 수확되는 복숭아는 성장에서 가공공정에 이르기까지 초기에 오염된 미생물에 의해 미생물 증식이 빠르게 진행된다(6). 즉 복숭아의 부패는 과실 표면에 부착된 곰팡이와 세균이 과실의 상처부위를 통하여 과육의 부패를 유도하는 형태로 진행되고 여기에 관여하는 주요 미생물은 주로 *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* 등의 곰팡이와 *Saccharomyces cerevisiae* 등의 효모, *Pseudomonas* sp. 등의 세균들이 관여하는 것으로 알려져 있다(7-9).

†Corresponding author. E-mail: leekh@ut.ac.kr
Phone: 82-43-820-5334, Fax: 82-43-820-5851

이와 같이 저장성이 매우 짧은 복숭아의 보존성 향상을 위하여 포장방법, 가스치환, 감압처리, 감마선 조사 및 오존수 처리 등의 연구가 이루어졌으나(5,6,10-13) 산업적인 적용은 활발하지 않은 실정이다.

한편 자외선(UV)은 파장 100~400 nm 범위의 전자기파를 말하는데 그중 식품의 살균 및 소독에 사용되는 파장은 UV-C(100~280 nm)로 미생물의 DNA base에 손상을 일으켜 미생물을 사멸시키는 비열처리 기술이다(14,15). UV-C 조사는 기존의 감마선이나 전자선 조사와 비교하여 잠재적 위험요소에 대한 소비자 거부감이 적고, 또한 온도와 수분의 영향을 크게 받지 않으며 설치 및 조사비용이 저렴한 장점을 가지고 있어(16), 식품 표면의 살균 목적으로 미국 식품의약품안전청에서 사용이 허가되었다.

Stevens 등(17)은 복숭아에 UV-C를 처리한 경우, 7.5 kJ/m^2로 UV-C를 처리하고 실온에서 17일 동안 저장하였을 때 대조군에 비하여 40~53% 내외의 부패율이 감소하였다고 하여 UV-C 처리로 복숭아의 저장성을 증진시킬 수 있다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 국내산 복숭아에의 비가열 살균기술인 UV-C 적용 가능성을 확인하기 위하여 복숭아에 UV-C를 처리하고 저장기간에 따른 부패율, 이화학적 변화 및 기호도의 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 2012년 7월부터 8월까지 충청북도 음성군 음성읍에서 수확하자마자 바로 구매하여 외관상 상처가 없는 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

UV-C 처리

UV-C 조사는 자체 제작한 UV 살균기(80 cm×60 cm×60 cm)의 상부에 254 nm 파장의 unfiltered germicidal emitting lamp(Sylvania, G15T8, Phillips, Haarlem, Netherlands)를 6개 설치하였고, 복숭아는 램프로부터 약 15 cm의 위치에 놓았으며 UV-C 강도는 시료 tray 상에서 UV light meter(UV-340, Lutron Electronic Co., Taipei, Taiwan)를 이용하여 3 반복하여 측정하였다(14.85 W/m^2). 본 연구에서 사용된 UV-C 조사선량은 각각 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 kJ/m^2이었고 조사시간은 각각 2분 48초, 5분 37초, 8분 25초, 11분 14초였으며, 각각의 복숭아는 1/2시간이 되는 시점에 각각 회전시켜 전체적으로 조사될 수 있도록 하였다. 또한 미생물의 photoreactivation을 최소화하기 위하여 암실에서 조사하였다. 조사한 시료는 상자에 넣어 20℃ 내외의 온도에서 10일 동안 저장하면서 실험에 사용하였다.

부패율 및 중량 변화

복숭아의 저장 중 부패율과 중량변화는 저장 초기부터 UV-C 처리한 후 복숭아 24개를 정해진 포장용기에 넣고 저장기간에 따른 변화를 측정하였다. 부패율의 경우, 육안검사와 관능검사에 의해서 상품성 여하에 따라 판별하여 백분율(%)로 나타내었다.

pH 측정

pH는 과실의 과피를 제거한 후 여러 부위에서 시료를 채취하였으며 채취한 시료 5 g을 증류수로 10배 희석하여 충분히 교반한 후 pH meter(Orion 520A, Thermo Electron Co., Boston, MA, USA)로 측정하였다.

경도 측정

복숭아의 경도는 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. 지름 5 mm의 plunger를 이용하여 hardness를 측정하였으며, 분석조건은 pre test speed, 2.0 mm/sec; test speed, 1.0 mm/sec; post test speed, 2.0 mm/sec; strain, 20%로 복숭아 적도부분의 과피 2 mm를 제거한 후 다섯 부분을 측정하였다(5).

색도 측정

색도는 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 반복 측정한 뒤 평균값으로 나타내었으며 측정부위는 과실의 핵과 과피의 약 1/2이 되는 지점을 절단하여 절단된 면을 측정하였다.

관능검사

UV-C 처리에 의한 복숭아의 저장 중 관능적 변화를 측정하기 위하여 식품영양학과 학생 10명을 선정하여 시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후 세자리 난수를 써놓은 시료를 무작위로 배열하고 나눠준 뒤 시료의 맛, 향, 색 및 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 3점, 대단히 좋다(like extremely)를 5점으로 하는 Likert 5점 척도법에 따라 측정하였다.

통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성($p<0.05$)을 검증한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

부패율 및 무게 변화

복숭아의 저장성 증진에 UV-C 처리가 효과적인지를 검토하기 위하여 복숭아에 0~10.0 kJ/m^2의 UV-C를 처리하고 저장기간에 따른 부패율 및 무게 변화를 측정한 결과는

Table 1. Changes in spoilage rate and weight of peach stored for 10 days at 20°C after UV-C irradiation (%)

	UV-C dose (kJ/m^2)	Storage period (day)					
		0	2	4	6	8	10
Spoilage rate	Control	−[1)]	−	−	4.17	12.50	29.17
	2.5	−	−	−	4.17	12.50	25.0
	5.0	−	−	−	8.33	16.67	41.67
	7.5	−	−	4.17	4.17	25.0	50.00
	10.0	−	−	4.17	8.33	25.0	58.33
Weight	Control	100.00	99.09	97.14	96.76	95.81	95.23
	2.5	100.00	99.08	97.25	96.94	95.53	94.65
	5.0	100.00	98.82	98.14	96.09	94.91	93.92
	7.5	100.00	98.72	97.15	95.75	95.63	93.58
	10.0	100.00	99.05	98.37	96.21	94.89	93.79

[1)]No spoilage.

Table 1과 같다.

대조군의 경우 부패율은 저장 4일까지는 부패된 것이 하나도 없었으나 저장 6일 이후부터는 부패된 복숭아를 보이기 시작하였으며 저장 10일에는 29.17%의 부패율을 나타내었다. UV-C 처리군의 경우 2.5 kJ/m^2에서는 대조군과 마찬가지로 저장 4일까지는 부패된 것이 발견되지 않았으나 그 이후로는 대조군과 마찬가지로 부패된 복숭아가 발견되었으며 저장 10일차에는 25.0%의 부패율을 보여 대조군보다는 약간 낮은 부패율을 나타내었다. UV-C 조사선량이 5.0~10.0 kJ/m^2에서는 저장 10일되었을 때 부패율이 각각 41.67, 50.00 및 58.33%로 조사선량이 높을수록 오히려 더 많은 부패를 가져오는 것으로 나타나 복숭아의 부패율을 감소시키기 위해서는 되도록 2.5 kJ/m^2 또는 이보다 낮은 선량으로 처리하여야 효과적일 것으로 판단되었다.

복숭아를 저장하면서 무게 변화를 측정한 결과에서는 대조군 및 UV-C 처리군 모두 저장 중 수분증발에 따른 무게가 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 대조군과 2.5 kJ/m^2의 UV-C 처리 시에는 대체적으로 저장 10일 동안 무게 변화가 유사하였으며 변화폭이 가장 적었으나 5.0 kJ/m^2 이상의 처리군에서는 이들보다는 무게 변화가 많이 일어나는 것으로 확인되었다.

Stevens 등(18)은 0~40 kJ/m^2의 UV-C를 복숭아에 처리하였을 때 7.5 kJ/m^2의 선량이 가장 효과적이라고 하였으며 Stevens 등(17)은 7.5 kJ/m^2로 UV-C를 처리하고 실온에서 17일 동안 저장하였을 때 대조군에 비하여 40~53% 내외의 부패율이 감소하고 UV-C 처리 시 저장성이 증진되었다고 하여 본 결과와 비교할 때 비교적 높은 선량이 필요한 것으로 나타나 상이한 결과를 가져왔다. 이와 같은 이유는 복숭아의 종류 및 토질을 비롯한 복숭아 재배환경 등 다양한 조건의 차이에 기인하는 것으로 사료되며 우리나라 복숭아 저장성 증진을 위한 UV-C 처리 시 시료와의 거리, lamp의 수 및 복숭아의 숙성정도 등 다양한 조건의 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

pH의 변화

UV-C 조사에 의한 복숭아의 저장성 증진을 확인하기 위하여 선량별로 처리하고 저장하면서 복숭아 과육의 pH 변화를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

수확 직후 대조군의 pH는 4.90이었으며 UV-C 처리군은 조사선량별로 각각 4.69, 4.62, 4.83 및 4.94로 약간씩의 차이는 있었지만 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 pH의 변화에서는 저장 2일차일 때만 각 실험군별로 유의적인 차이를 보일 뿐 대조군과 UV-C 처리군 간에는 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났으며 대체적으로 저장 초기보다는 저장 10일차의 pH가 다소 높은 것으로 나타나 저장 중 약간 pH가 증가하는 것으로 판단되었다.

Kim 등(5)은 복숭아의 저장성 증진을 위하여 감마선을 조사한 결과, 감마선 조사에 의해 pH가 증가하였고 저장 중에도 감마선 조사군이 높은 pH를 유지하였다고 하여 본 결과와 비교할 때 UV-C는 감마선 조사보다 투과율이 낮기 때문에 pH 변화에서 뚜렷한 차이를 보이지 않는 것으로 판단되었다. Kang 등(19)은 사과에 감마선을 조사한 결과, pH 변화는 조사량에 따라 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며 전반적으로 저장 중 증가하는 경향을 나타내었다고 하여 본 결과

Table 2. Changes in pH of peach stored for 10 days at 20°C after UV-C irradiation

UV-C dose (kJ/m^2)	Storage period (day)					
	0	2	4	6	8	10
Control	$4.90\pm0.04^{AB1)}$	4.46 ± 0.08^{abB}	4.85 ± 0.09^{AB}	4.64 ± 0.47^{AB}	4.82 ± 0.22^{AB}	5.19 ± 0.19^{A}
2.5	4.69 ± 0.00^{BC}	4.77 ± 0.32^{abABC}	4.69 ± 0.06^{BC}	4.41 ± 0.02^{C}	5.03 ± 0.26^{AB}	5.22 ± 0.25^{A}
5.0	4.62 ± 0.09	4.84 ± 0.04^{a}	4.82 ± 0.13	4.59 ± 0.03	4.60 ± 0.01	5.11 ± 0.59
7.5	4.83 ± 0.14^{AB}	4.60 ± 0.02^{abB}	4.77 ± 0.04^{AB}	4.22 ± 0.19^{C}	4.82 ± 0.11^{AB}	4.96 ± 0.00^{A}
10.0	4.94 ± 0.48^{AB}	4.44 ± 0.01^{bB}	5.15 ± 0.36^{A}	4.44 ± 0.06^{B}	4.85 ± 0.06^{AB}	4.84 ± 0.00^{AB}

[1)]Values with different superscripts within a column (a,b) and a row (A-C) were significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Changes in hardness of peach stored for 10 days at 20°C after UV-C irradiation (unit: N)

UV-C dose (kJ/m^2)	Storage period (day)					
	0	2	4	6	8	10
Control	$10.15\pm7.37^{bBC1)}$	22.19 ± 2.74^{aA}	12.10 ± 10.31^{aB}	7.02 ± 5.37^{abBC}	8.31 ± 3.63^{aBC}	4.76 ± 3.56^{aC}
2.5	10.95 ± 9.00^{bA}	12.90 ± 10.11^{bcA}	13.47 ± 5.80^{aA}	9.54 ± 2.08^{aAB}	4.00 ± 1.82^{bB}	3.89 ± 2.83^{abB}
5.0	18.46 ± 11.80^{aA}	9.40 ± 6.39^{cB}	3.52 ± 1.61^{bC}	4.88 ± 4.124^{bcBC}	2.09 ± 0.42^{bC}	3.29 ± 1.74^{abC}
7.5	20.49 ± 4.55^{aA}	17.45 ± 11.96^{abA}	5.45 ± 3.93^{bB}	2.34 ± 0.30^{cB}	2.74 ± 0.65^{bB}	3.46 ± 1.17^{abB}
10.0	13.54 ± 3.80^{abA}	7.48 ± 5.85^{cB}	3.34 ± 2.44^{bC}	4.69 ± 2.79^{bcBC}	2.70 ± 1.66^{bC}	1.93 ± 0.33^{bC}

[1)]Values with different superscripts within a column (a-c) and a row (A-C) were significantly different ($p<0.05$).

와 조사 선원은 차이가 있지만 유사한 결과를 보였으며 각 과실에 적합한 조사 처리방법 및 조사선량에 관한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

경도의 변화

복숭아의 저장성 증진을 위하여 수확한 복숭아에 UV-C를 조사선량별로 처리하고 경도를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

UV-C를 처리하지 않은 대조군의 경우, 초기의 경도는 10.15 N이었으며 UV-C 처리군은 조사선량별로 각각 10.95, 18.46, 20.49, 13.54 N으로 대조군과 비교할 때 2.50 kJ/m^2만 유의적인 차이를 보이지 않았고 5.0 kJ/m^2 이상의 선량에서는 높은 경도를 나타내었으나 조사선량에 비례하지는 않았으며 대체적으로 각각의 복숭아 및 부위에 따라 경도의 차이가 많이 나타나 편차가 큰 것으로 판단되었다.

저장기간에 따른 변화를 살펴보면, 대조군의 경우 대체적으로 4일 이후부터는 경도가 감소하였으며 저장 10일차에는 4.76 N으로 저장기간이 증가할수록 경도가 감소하는 것으로 나타나 저장기간의 증가에 따라 과육의 연화가 일어남을 알 수 있었다. UV-C를 처리한 경우에서의 경도변화는 2.5 kJ/m^2에서는 저장 6일까지는 대체적으로 대조군과 비슷하거나 약간 높은 경도를 보였으며 저장 8일 이후에는 대조군보다 감소하였다. 즉 복숭아에 2.5 kJ/m^2의 UV-C를 처리하였을 때 저장 6일까지는 대조군보다 약간 높은 경도를 유지하여 품질 변화가 적은 것으로 판단되었다. 한편 5.0 kJ/m^2 이상의 처리군에서는 낮은 경도를 보이는 것으로 나타나 5.0 kJ/m^2 이상의 UV-C 처리는 국내산 복숭아의 물리적 변화가 일어나면서 과육의 연화가 가속화되는 것으로 판단되었다.

Kim 등(5)은 복숭아에 방사선을 조사한 경우 조사선량이 증가할수록 경도가 감소하였고 저장 중의 경도 변화에서는 대조군보다 방사선 조사군의 경도가 낮다고 하여 본 결과와 비교할 때 조사 직후에는 UV-C 처리군이 다소 높았지만 저장기간에 따른 결과는 유사한 결과를 나타내었다.

한편 Obande 등(20)은 토마토에 UV-C를 처리한 결과, UV-C 조사 직후 대조군이 가장 높은 경도를 보였으나 저장 3일 이후부터는 가장 낮은 값을 보였고 8 kJ/m^2 조사군이 3 kJ/m^2 조사군에 비하여 더 높은 경도를 저장기간 내내 보였다고 하여 본 결과와는 상이한 것으로 나타났다. 따라서 국내산 복숭아의 경도에 영향을 미치지 않고 품질 변화를 최소화할 수 있는 적절한 UV-C 조사 방법에 대한 연구가 필요한 것으로 사료되었다.

색도 변화

UV-C 조사에 의한 국내산 복숭아의 저장성 증진 가능성을 확인하기 위하여 UV-C를 선량별로 처리하고 저장하면서 복숭아 과육의 색도 변화를 측정한 결과는 Table 4와 같다.

복숭아 과육의 명도(L)는 대조군의 경우 66.61이었으며 UV-C 처리군은 65.63~69.16으로 7.5 kJ/m^2까지는 증가하

Table 4. Changes in Hunter's color values of peach stored for 10 days at 20°C after UV-C irradiation

	UV-C dose (kJ/m^2)	Storage period (day)					
		0	2	4	6	8	10
L^*	Control	66.61 ± 3.62^{abAB}	68.49 ± 5.28^{aA}	62.48 ± 7.99^{bC}	67.48 ± 2.56^{bAB}	66.61 ± 2.74^{aAB}	64.15 ± 3.22^{abBC}
	2.5	65.63 ± 2.96^{bB}	64.14 ± 7.29^{aB}	65.60 ± 5.23^{abB}	70.48 ± 2.69^{aA}	58.17 ± 6.79^{bC}	65.32 ± 2.85^{aB}
	5.0	68.64 ± 5.43^{abAB}	66.08 ± 3.11^{aB}	62.56 ± 3.55^{bC}	69.97 ± 2.31^{aA}	66.28 ± 3.91^{aB}	57.81 ± 3.18^{cD}
	7.5	69.16 ± 2.04^{aA}	68.49 ± 4.29^{aAB}	67.87 ± 3.29^{aAB}	68.90 ± 2.69^{abAB}	66.04 ± 2.20^{aB}	61.13 ± 4.91^{bcC}
	10.0	66.66 ± 2.09^{abA}	68.03 ± 2.52^{aA}	65.74 ± 3.45^{abA}	67.65 ± 2.68^{bA}	65.24 ± 2.14^{aA}	61.17 ± 5.26^{bcB}
a^*	Control	0.47 ± 2.38^{B}	-0.38 ± 2.31^{aB}	5.85 ± 7.55^{aA}	3.70 ± 2.57^{aA}	4.92 ± 2.82^{aA}	6.33 ± 2.05^{aA}
	2.5	-1.27 ± 1.67^{B}	-0.70 ± 1.39^{abB}	-0.80 ± 3.79^{bB}	-0.71 ± 2.27^{cdB}	4.86 ± 4.53^{aA}	0.19 ± 1.99^{bB}
	5.0	0.82 ± 6.40^{CD}	0.58 ± 3.58^{aCD}	5.93 ± 4.14^{aAB}	-1.45 ± 1.61^{dD}	2.54 ± 3.41^{abBC}	7.33 ± 5.89^{aA}
	7.5	0.21 ± 3.42^{B}	-0.25 ± 1.96^{aB}	-0.25 ± 1.13^{bB}	0.75 ± 2.00^{bcB}	0.97 ± 2.25^{bB}	6.28 ± 4.27^{aA}
	10.0	-0.71 ± 1.06^{BC}	-2.46 ± 0.96^{bC}	0.84 ± 2.28^{bB}	1.70 ± 2.22^{bB}	-0.08 ± 2.20^{bAB}	7.28 ± 6.23^{aA}
b^*	Control	15.82 ± 1.66^{aAB}	13.22 ± 0.78^{cD}	16.08 ± 3.39^{aA}	14.15 ± 1.36^{cdCD}	14.50 ± 0.77^{bBCD}	15.19 ± 1.09^{ABC}
	2.5	14.28 ± 2.38^{bBC}	13.51 ± 1.86^{cC}	15.84 ± 2.61^{aAB}	15.18 ± 1.23^{bcABC}	16.48 ± 3.11^{aA}	15.93 ± 2.08^{AB}
	5.0	12.45 ± 1.84^{cD}	15.04 ± 1.20^{bC}	15.43 ± 2.53^{aBC}	17.98 ± 2.62^{aA}	17.37 ± 1.59^{aAB}	16.70 ± 4.29^{ABC}
	7.5	12.98 ± 1.15^{bcC}	12.92 ± 1.64^{cC}	14.97 ± 1.72^{aB}	16.21 ± 1.62^{bA}	16.65 ± 1.64^{aA}	16.66 ± 1.17^{A}
	10.0	13.84 ± 0.88^{bcB}	16.81 ± 2.54^{aA}	15.86 ± 1.07^{aA}	13.58 ± 0.99^{dB}	16.71 ± 1.79^{aA}	15.65 ± 1.25^{A}

[1)]Values with different superscripts within a column (a-d) and a row (A-D) were significantly different ($p<0.05$).

였으나 10 kJ/m^{2}에서는 다시 감소하여 복숭아에의 UV-C 처리에 의한 증감 경향을 볼 수 없어 UV-C 처리 시 조사 직후 명도의 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 저장기간에 따른 변화를 살펴보면 대조군은 저장 중 증가와 감소를 되풀이하는 경향으로 뚜렷한 경향을 보이지는 않았지만 저장 중 약간씩 명도가 감소하는 것으로 나타났다. UV-C 처리군의 경우도 대체적으로 대조군과 마찬가지로 저장기간 증가에 따른 뚜렷한 경향을 보이지는 않는 것으로 나타나 복숭아에의 UV-C 처리 및 저장 중 명도의 변화는 크지 않은 것으로 판단되었다.

복숭아의 적색도(a)에서는 대조군의 경우 0.47이었으며 UV-C 처리군은 -1.27~0.82로 조사선량에 따른 증가 혹은 감소의 경향을 보이지는 않고 시료 간의 차이인 것으로 판단되었다. 저장기간에 따른 변화에서는 대조군은 대체적으로 저장 초기보다는 적색도 값이 증가하였으며 UV-C 처리군의 경우 2.5 kJ/m^2 UV-C 처리군을 제외하고는 대조군과 마찬가지로 저장 10일차의 적색도 값이 전반적으로 증가하는 경향이었다.

복숭아의 황색도(b)의 변화에서는 대조군은 15.82였으며 2.5~10.0 kJ/m^{2}의 선량으로 UV-C 처리 시 각각 14.28, 12.45, 12.98 및 13.84로 대조군에 비하여 낮은 황색도를 보여 UV-C 처리 시 다소 황색도가 낮아지는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 황색도의 변화에서는 대조군은 13.22~16.08 내외로 많이 변화되지는 않는 것으로 나타났다. 그러나 UV-C 처리군은 대체적으로 조사 직후보다는 황색도가 약간 증가하는 것으로 나타났으며 저장 10일에는 모든 실험군에서 황색도의 유의적인 차이는 없는 것으로 판단되었다.

Kim 등(5)은 복숭아에의 감마선 조사 시 저장기간 동안 명도는 감소하고 황색도는 증가하는 경향을 보인다고 하여 본 실험에서 사용한 조사 선원은 차이가 있지만 유사한 양상을 보였으며 복숭아의 색도 변화를 억제하기 위하여 다른 방법과의 병용처리 방법 등이 필요할 것으로 판단되었다.

관능검사

복숭아의 저장성 증진을 위하여 수확 후 UV-C를 처리하고 저장하면서 저장기간에 따른 맛, 향, 색, 조직감 및 종합적 기호도를 측정한 결과는 Table 5와 같다.

맛의 경우 대조군 및 UV-C 처리군 모두 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나 UV-C 처리에 의한 맛의 변화는 없는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 맛의 변화에서는 모든 실험군에서 저장기간이 증가할수록 감소하였다. 즉 대조군, 2.5 및 5.0 kJ/m^{2}의 UV-C 처리군에서는 저장 4일까지 수확 직후 또는 UV-C 처리 직후와 유의적인 차이를 보이지 않았으며 그 후부터 맛에 대한 평가는 감소하는 경향이었다. 그러나 7.5 kJ/m^2 이상의 UV-C 처리 시에는 저장 4일부터 맛에 대한 평가가 감소하는 경향을 나타내어 UV-C 처리 시 품질 변화가 있는 것으로 판단되었다.

향의 경우 저장 초기에는 모든 실험군에서 유의적인 차이

Table 5. Changes in sensory evaluation of peach stored for 10 days at 20°C after UV-C irradiation

UV-C dose (kJ/m^2)		Storage period (day)					
		0	2	4	6	8	10
Taste	Control	3.8±0.4$^{A1)}$	4.1±0.3^{A}	3.9±0.2^{aA}	3.1±0.3^{aB}	2.5±0.4^{aC}	2.2±0.4^{aD}
	2.5	3.8±0.4^{A}	4.1±0.3^{A}	3.8±0.3^{aA}	3.1±0.3^{aB}	2.5±0.3^{aC}	2.1±0.3^{aD}
	5.0	3.9±0.4^{A}	3.9±0.3^{A}	3.8±0.3^{aA}	3.0±0.3^{aB}	2.0±0.4^{bC}	1.4±0.3^{bD}
	7.5	3.9±0.4^{A}	3.8±0.3^{A}	3.4±0.2^{bB}	2.5±0.3^{bC}	1.6±0.4^{cD}	1.2±0.2^{cE}
	10.0	4.0±0.4^{A}	3.8±0.4^{A}	3.5±0.3^{bB}	2.2±0.3^{cC}	1.6±0.3^{cD}	1.1±0.1^{cE}
Flavor	Control	3.5±0.4^{BC}	3.8±0.3^{AB}	4.0±0.3^{abA}	3.6±0.3^{aBC}	3.3±0.5^{aC}	2.2±0.4^{aD}
	2.5	3.7±0.4^{BC}	3.9±0.5^{AB}	4.2±0.3^{aA}	3.5±0.5^{aC}	3.4±0.5^{aC}	2.0±0.3^{aD}
	5.0	3.6±0.3^{AB}	3.7±0.3^{A}	3.7±0.4^{bcA}	3.2±0.4^{abB}	2.6±0.4^{bC}	1.6±0.4^{bD}
	7.5	3.6±0.4^{A}	3.6±0.3^{A}	3.6±0.3^{cA}	3.0±0.4^{bB}	2.0±0.4^{cC}	1.0±0.1^{cD}
	10.0	3.5±0.3^{B}	3.9±0.3^{A}	4.0±0.4^{abcA}	2.6±0.4^{cC}	1.7±0.4^{cD}	1.1±0.1^{cE}
Color	Control	3.5±0.3^{B}	3.7±0.3^{AB}	3.9±0.4^{A}	3.1±0.4^{aC}	2.6±0.2^{aD}	2.2±0.4^{aE}
	2.5	3.6±0.3^{A}	3.5±0.3^{A}	3.7±0.3^{A}	3.2±0.4^{aB}	2.6±0.3^{aC}	2.1±0.3^{aD}
	5.0	3.6±0.4^{A}	3.6±0.5^{A}	3.6±0.4^{A}	2.9±0.6^{abB}	2.2±0.2^{bC}	1.4±0.3^{bD}
	7.5	3.5±0.5^{A}	3.6±0.4^{A}	3.7±0.5^{A}	2.8±0.5^{abB}	2.0±0.4^{bC}	1.2±0.2^{cD}
	10.0	3.5±0.5^{A}	3.6±0.4^{A}	3.8±0.4^{A}	2.6±0.4^{bB}	2.1±0.4^{bC}	1.1±0.1^{cD}
Texture	Control	3.6±0.4^{A}	3.8±0.3^{A}	3.7±0.3^{abA}	2.9±0.4^{aB}	2.2±0.4^{aC}	1.5±0.2^{aD}
	2.5	3.7±0.3^{A}	3.8±0.5^{A}	3.8±0.3^{aA}	2.8±0.4^{aB}	1.9±0.3^{abC}	1.6±0.3^{aC}
	5.0	3.7±0.4^{A}	3.6±0.4^{A}	3.4±0.3^{bcA}	2.4±0.2^{bB}	1.8±0.4^{bcC}	1.6±0.3^{aC}
	7.5	3.8±0.4^{A}	3.8±0.4^{A}	3.3±0.4^{cB}	2.1±0.3^{bC}	1.5±0.4^{cD}	1.5±0.3^{aD}
	10.0	3.7±0.3^{A}	3.7±0.4^{A}	3.3±0.3^{cB}	2.2±0.3^{bC}	1.7±0.4^{bcD}	1.2±0.2^{bE}
Overall acceptance	Control	3.7±0.4^{A}	4.0±0.4^{A}	3.7±0.4^{aA}	3.2±0.4^{aB}	2.4±0.3^{aC}	2.1±0.5^{aC}
	2.5	3.9±0.4^{AB}	4.0±0.4^{A}	3.6±0.4^{aB}	3.0±0.4^{aC}	2.3±0.4^{aD}	2.0±0.3^{aD}
	5.0	3.7±0.3^{AB}	3.9±0.3^{A}	3.6±0.3^{abB}	2.9±0.4^{aC}	1.8±0.4^{bD}	1.5±0.2^{bE}
	7.5	3.9±0.4^{A}	3.9±0.3^{A}	3.3±0.3^{bB}	2.4±0.4^{bC}	1.5±0.6^{bcD}	1.3±0.2^{bcD}
	10.0	3.7±0.4^{A}	3.7±0.4^{A}	3.2±0.3^{bB}	2.2±0.5^{bC}	1.3±0.4^{cD}	1.2±0.2^{cD}

[1)]Values with different superscripts within a column (a-c) and a row (A-E) were significantly different ($p<0.05$).

를 보이지는 않는 것으로 나타났으며 저장기간 중의 변화에서는 대조군의 경우, 저장 4일차에 가장 높은 값을 보였으나 6일 이후부터는 다시 감소하는 경향이었다. 이와 같은 이유는 복숭아가 후숙되면서 향기성분 등의 생성으로 4일 정도에 가장 높은 값을 보이는 것으로 판단되었다. UV-C 2.5 kJ/m^2 처리군은 대조군과 마찬가지의 경향이었으나 저장 4일차에 대조군보다는 다소 높은 것으로 나타났으며 그 후에는 대조군과 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다. 그러나 UV-C를 5.0 kJ/m^2 이상 처리시에는 대조군 및 2.5 kJ/m^2 처리군에 비하여 저장 6일 이후부터는 낮은 것으로 나타나 5.0 kJ/m^2 이상의 처리는 효과가 없는 것으로 판단되었다.

색의 변화에 있어서는 전반적으로 모든 처리군이 저장 4일차까지는 차이가 없는 것으로 나타났으며 6일 이후부터는 색상에 대한 평가 결과가 감소하였으며 대조군과 2.5 kJ/m^{2}는 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 그 이상의 조사선량에서는 많이 감소하는 것으로 나타났다.

복숭아 조직감의 경우 대조군은 저장 4일까지는 유의적인 차이를 보이지 않았으며 저장 6일 이후부터는 감소하는 것으로 나타났다. UV-C 2.5 kJ/m^2 처리군의 경우는 대조군과 비교하여 저장 초기부터 저장 10일까지 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 5.0 kJ/m^2 이상의 UV-C 처리군에서는 저장 6일이부터는 조직감에 대한 결과가 감소하였으며 조사선량이 많을수록 많은 변화를 보이는 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 앞서의 경도 결과와 일치하였다.

종합적 기호도의 변화에서는 대조군의 경우 저장 2일차일 때 가장 높은 기호도를 보였고 저장 중 후숙에 따라 기호도가 감소하는 것으로 나타났다. UV-C 2.5 kJ/m^2 처리군의 경우 대조군과 저장초기 및 저장기간 내내 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 5.0 kJ/m^2 이상의 처리군에서는 저장 4일 이후부터 대체적으로 대조군 및 2.5 kJ/m^2 처리군보다 낮은 기호도를 보였으며 조사량이 많을수록 기호도는 감소하는 경향을 나타내었다.

이상의 결과로 보아 복숭아는 저장 중 관능적 품질이 감소하는 것으로 나타났고 5.0 kJ/m^2 이상의 UV-C를 처리한 경우에는 저장 6일 이후부터 대조군 및 2.5 kJ/m^{2}보다 기호도가 낮은 것으로 나타나 Stevens 등(17,18)이 실험 결과에 의한 7.5 kJ/m^{2}의 UV-C 처리 결과와는 상이한 결과를 보였으며, 이는 복숭아의 종류, 토질 및 수질, 수확시기 등 여러 가지 요인에 의한 차이로 생각되며 차이의 원인 분석 연구가 필요할 것으로 사료되며 현재까지의 연구 결과로 보아 UV-C를 활용한 국내산 복숭아의 저장성 증진을 위하여는 2.5 kJ/m^2 내외의 처리 또는 다른 비가열 살균방법과의 병용처리 등의 방법 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

요 약

국내산 복숭아에의 저장성 증진을 위하여 0~10.0 kJ/m^{2}의 선량으로 UV-C를 처리하고 저장 중 부패율, 이화학적 변화 및 기호도의 변화를 측정하였다. 대조군 및 2.5 kJ/m^2 UV-C 처리군의 경우 부패율은 저장 4일까지는 부패된 것이 하나도 없었으나 저장 6일 이후부터는 부패된 복숭아를 보이기 시작하였으며 저장 10일에는 각각 29.17% 및 25.0%의 부패율을 나타내었다. 그러나 5.0, 7.5 및 10 kJ/m^{2}의 UV-C 처리군에서는 저장 10일에 각각 41.67, 50.00 및 58.33%로 조사선량이 높을수록 더 많은 부패율을 나타내었다. 무게 변화의 경우 대조군과 2.5 kJ/m^2 UV-C 처리군은 저장 10일 동안 변화폭이 가장 적었으나 5.0 kJ/m^2 이상의 처리군에서는 이들보다 많은 변화를 보였다. 복숭아의 pH 변화에서는 UV-C 처리에 의한 차이를 보이지 않았으며 저장기간 중 pH가 증가하였으나 모든 실험군에서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 경도에서는 UV-C 처리 직후에는 모든 실험군에서 차이가 없었으나 저장 6일까지는 2.5 kJ/m^2 처리군이 대체적으로 대조군과 비슷하거나 약간 높은 경도를 보였으며 저장 8일 이후에는 대조군보다 감소하였다. 그러나 5.0 kJ/m^2 이상의 처리군에서는 저장 4일 이후부터는 빠르게 경도가 감소하는 것으로 나타났다. 명도 변화에서는 UV-C 처리 및 저장 중 모든 실험군에서 큰 차이를 보이지는 않았으며 적색도는 처리 직후에는 차이가 없었으며 대체적으로 저장 중 대조군과 마찬가지로 증가하는 경향이었다. 황색도는 UV-C 처리에 의하여 다소 황색도가 낮아졌으며 저장 중에는 모든 실험군이 약간 증가하였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 맛, 향, 색, 조직감 및 종합적 기호도의 변화에서는 UV-C 처리에 의한 변화는 없는 것으로 나타났다. 그러나 저장 중 모든 실험군에서 2일 혹은 4일차에 가장 높은 기호도를 보였으며 그 후부터는 기호도값이 감소하였다. 전반적으로 대조군과 2.5 kJ/m^2 UV-C 처리군이 가장 기호도가 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

2012년도 농촌진흥청 지역전략 작목 산학연 협력사업연구비의 지원을 받아 수행한 연구로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Byun MW. 1997. Utilization and prospect of radiation technology for food industry. *Food Science and Industry* 30: 89-100.
2. Park JD, Hong SI, Park HW, Kim DM. 1999. Modified atmosphere packaging of peaches (*Prunus persica* L. Batsch) for distribution at ambient temperature. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1227-1234.
3. Kim SD, Cho JW. 1999. Processing of peach and it's future prospect. *Res Bulletin Catholic Univ Taegu Hyosung* 7: 39-48.
4. Robertson JA, Horvat RJ, Lyon BG, Meredithm FI, Senter SD, Okie WR. 1990. Comparison of quality characteristics

of selected yellow- and white-fleshed peach cultivars. *J Food Sci* 55: 1308-1311.
5. Kim MS, Kim KH, Yook HS. 2009. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physicochemical and sensory quality of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv Dangeumdo). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 364-371.
6. Yun HJ, Lim SY, Hur JM, Lee BY, Choi YJ, Kwon JH, Kim DH. 2008. Changes of nutritional compounds and texture characteristics of peaches (*Prunus persica* L. Batsch) during post-irradiation storage at different temperature. *Korean J Food Preserv* 15: 377-384.
7. Smilanick JL, Denis-Arrue R, Bosch JR, Gonzalez AR, Henson D, Janisiewicz WJ. 1993. Control of postharvest brown rot of nectarines and peaches by *Pseudomonas* species. *Crop Prot* 12: 513-520.
8. Garza, S, Teixidó JA, Sanchis V, Viñas I, Condon S. 1994. Heat resistance of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from spoiled peach puree. *Int J Food Microbiol* 23: 209-213.
9. Karabulut OA, Baykal N. 2003. Biological control of postharvest diseases of peaches and nectarines by yeasts. *J Phytopathol* 151: 130-134.
10. Fernández-Trujilio JP, Martínez JA, Artés F. 1999. Modified atmosphere packing affects the incidence of cold storage disorders and keeps 'flat' peach quality. *Food Res Int* 31: 571-579.
11. Kader AA. 1997. Biological base of O_2 and CO_2 effects on postharvest life of horticultural perishables. Proceeding of the Seventh International Controlled Atmosphere Reash Conference. University of California, Davis, CA, USA. Vol 4, p 160-163.
12. Criososto CH, Garner D, Crisosto G. 2002. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. *Postharvest Biol Technol* 26: 181-189.
13. Cho JW, Kim IS, Choi CD, Kim ID, Jang SM. 2003. Effect of ozone treatment on the quality of peach after postharvest. *Korean J Food Preserv* 10: 454-458.
14. Keyser M, Mũller IA, Cilliers FP, Nel W, Gouws PA. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 9: 348-354.
15. Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB. 2010. Effect of combined treatment of ultraviolet-C with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit "Flamengo" during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 138-145.
16. Allende A, McEvoy JL, Luo Y, Artes F, Wang CY. 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.
17. Stevens C, Khan VA, Lu JY, Wilson CL, Pusey PL, Igwegbe ECK, Kabwe K, Mafolo Y, Liu J, Chalutz E, Droby S. 1997. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. *Biol Control* 10: 98-103.
18. Stevens C, Wilson CL, Lu JY, Khan VA, Chalutz E, Droby S, Kabwe MK, Haung Z, Adeyeye O, Pusey LP, Wisniewski ME, West M. 1996. Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits. *Crop Prot* 15: 129-134.
19. Kang HJ, Chung HS, Jo DJ, Byun MW, Choi SJ, Choi JU, Kwon JH. 2003. Effects of gamma radiation and methyl bromide fumgation on physiological and chemical quality of apples. *Korean J Food Preserv* 10: 381-387.
20. Obande MA, Tucker GA, Shama G. 2011. Effect of preharvest UV-C treatment of tomatoes (*Solanum lycopersicon* Mill.) on ripening and pathogen resistance. *Postharvest Biol Technol* 62: 188-192.

(2012년 9월 28일 접수; 2012년 10월 22일 채택)