

저선량의 UV-C 처리 복숭아의 주요 성분 변화

†이경행 · 장현정 · 최지혜 · 반기은 · 박재희 · 이유진
한국교통대학교 식품영양학과

Changes in Chemical components of Peach (*Prunus persica* L. Batsch) Treated with Low Dose UV-C Irradiation

†Kyung-Haeng Lee, Hyun-Jung Jang, Ji-Hye Choi, Ki-Eun Ban, Jae-Hee Park and Yu-Jin Lee
Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

Abstract

To extend the shelf-life of the domestic peach, a low dose UV-C irradiation (0~3.0 kJ/m²) was treated and the changes of the major chemical components were investigated. The contents of polyphenols in UV-treated peaches were higher than that of control with the highest at 0.25 kJ/m² UV treatment. The contents of polyphenols of control and UV treatments were slightly reduced by storage period. The contents of flavonoid were not significantly different among the control and UV treatments. Detected free sugars of the control and UV treatments were fructose, glucose, maltose and sucrose. Sucrose content was higher than that of other free sugars and free sugar content increased during storage. And free sugar content was not significantly different between the control and UV treatments. The free amino acid content of the control and UV treatments were 115.38 mg% and 95.92~120.94 mg% respectively, but there was no significant difference between the control and UV treatments.

Key words: peach, low dose, UV-C irradiation, chemical component

서 론

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 장미과, 자두속, *Amygdalus* 아속에 속하는 낙엽, 교목성 식물(Park 등 1999)로 사과, 배 다음으로 많이 생산되는 우리나라에 5대 과일 중의 하나이다.

복숭아에는 수분이 많고, 당, 유기산과 다양한 비타민류 및 독특한 향과 과즙을 많이 함유하고 있어 여름철 생과용으로 알맞을 뿐만 아니라, 통조림 가공에도 많이 이용되고 있다(Horvat 등 1990). 그러나 복숭아는 다른 과일에 비하여 호흡량이 많고 온도가 높을수록 호흡 작용에 의한 과실 내 양분의 소모가 많아 신선도가 급격히 떨어지거나 쉽게 과육이 물러지므로 저장성이 매우 낮고(Park 등 1999), 유통 중에 많은 양이 폐기되고 있는 실정이다(Kim 등 2009).

이와 같이 저장성이 매우 짧은 복숭아의 보존성 향상을 위하여 포장방법, 가스 치환, 감압처리, 감마선 조사 및 오존수

처리 등의 연구가 이루어졌으나(Fernandez-Trujillo 등 1999; Kader 1997; Cho 등 2003), 산업적인 적용은 활발하지 않은 실정이다.

Jang 등(2012)은 국내산 복숭아의 저장성 증진을 위하여 2.5, 5.0 및 10.0 kJ/m²의 선량으로 UV-C를 처리하여 저장 중의 변화를 측정된 결과, 2.5 kJ/m² 처리시 대조군과 비슷하거나 약간 품질 변화가 적은 것으로 나타나, Stevens 등(1996)의 결과와는 다소 상이한 결과를 보였다. 전보(Lee 등 2013)에서는 국내산 복숭아의 저장성 향상을 위하여 0.5~3.0 kJ/m²의 저선량으로 UV-C를 국내산 복숭아에 처리하고 저장기간에 따른 부패율, 이화학적 변화 및 기호도의 변화를 측정된 결과, 0.5~1.0 kJ/m²의 UV-C를 처리시 저장기간 중 복숭아에의 품질 변화가 다소 우수한 결과를 보였다.

따라서 본 연구에서는 0~3.0 kJ/m²의 저선량으로 UV-C를 처리하고 저장하면서 복숭아의 polyphenol 화합물, flavonoid 화합물, 유리당 및 유리아미노산 등 주요 화학 성분의 변화가

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

어느 정도 일어나는지 측정하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 2013년 7월부터 8월까지 충청북도 음성군 음성읍에서 수확하자마자 바로 구매하여 외관상 상처가 없는 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

2. UV-C 처리

UV-C 처리는 전보(Lee 등 2013)의 방법과 동일한 방법으로 처리하였고, 선량은 각각 0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 kJ/m²로 하였으며, 조사한 시료는 상자에 넣어 20°C 내외의 온도에서 6일 동안 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. Polyphenol 화합물 함량

저선량의 UV-C를 처리한 복숭아를 저장하면서 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량 변화를 A.O.A.C.법(1995)에 따라 측정하였다.

4. Flavonoid 화합물의 함량

각각의 조건으로 UV-C를 처리한 복숭아를 저장하면서 저장기간에 따른 flavonoid의 함량은 Moreno 등(2000)의 방법에 의해 측정하였다.

5. 유리당 함량

UV-C를 처리한 복숭아의 유리당 함량 변화를 측정하기 위하여 복숭아 시료 추출물을 0.45 µm membrane filter를 이용하여 여과한 후 HPLC를 사용하여 분석하였다. 사용한 이동상은 acetonitrile과 증류수를 75:25의 비율로 혼합하여 사용하고, column은 carbohydrate column(250 mm×4.6 mm, Waters, Millipore Co-operative, Milford, MA, USA)을 사용하여 1.4 ml/min의 유속으로 분석을 실시하고, detector는 RI detector(Waters 2414)를 사용하였다.

6. 유리아미노산 함량

UV 조사 처리한 복숭아를 저장하면서 저장기간에 따른 유리아미노산의 함량 변화를 측정하기 위하여 Hughes 등(2002)의 방법에 따라 유리아미노산을 추출하였으며, 이를 Waters AccQ-Tag 법(1993)으로 유도체화 하였으며, RP-HPLC로 측정하였다. 이때 사용한 column은 AccQ·TagTM column(3.9×150 mm, Waters)이었으며, 주입량은 5 µl, column 온도는 37°C, detector는 fluorescent detector(Waters 2475)로 excitation wavelength

Table 1. HPLC gradient conditions for the measurement of free amino acid in peach

Time (min)	Flow rate (ml/min)	Mobile phase	
		A(%)	B(%)
Initial	1.0	100	0
0.5	1.0	98	2
15.0	1.0	93	7
19.0	1.0	90	10
32.0	1.0	67	33
33.0	1.0	67	33
34.0	1.0	0	100
37.0	1.0	0	100
38.0	1.0	100	0
45.0	1.0	100	0

는 250 nm, emission wavelength는 395 nm로 하였다. 이동상은 용매 Waters AccQ·Tag eluent A(용매 A)와 60% acetonitrile(용매 B)를 gradient법으로 분석하였으며, 용매 gradient 조건은 Table 1과 같다.

7. 통계처리

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

결과 및 고찰

1. Polyphenol 화합물 함량

복숭아의 저장성 증진을 위한 저선량의 UV-C를 조사하고 저장하면서 polyphenol 화합물의 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다.

대조군의 경우, 18.39 mg%를 나타내었으며 0.125~3.0 kJ/m²의 UV-C를 처리한 경우, 23.87~30.93 mg%로 대조군에 비하여 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 특히 0.25 kJ/m² 처리군은 가장 많은 함량을 나타내었다. 저장 과정 중의 polyphenol 화합물의 함량 변화에서는 대조군은 저장 2일차에 다소 증가하였으나, 그 후부터는 서서히 감소하는 경향을 나타내었고, UV-C 처리군도 대체적으로 저장 중 감소하는 경향으로 저장 6일차에는 모든 처리군이 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단되었다.

Kim 등(2009)은 복숭아에 감마선을 조사한 결과, polyphenol 화합물의 함량이 비조사구에 비하여 높은 함량을 나타내었고, 저장 중에도 높은 함량을 유지하였다고 하여 본 결과와 조사 선원은 차이가 있지만, UV-C 처리 직후에는 일치하는

Table 2. Changes in polyphenols contents of peach treated with UV-C irradiation (0~3.0 kJ/m²) (Unit: mg%)

Treatment (kJ/m ²)	Storage period(day)			
	0	2	4	6
Control	18.39±1.09 ^{cB1}	25.15±2.32 ^{bA}	23.23±0.36 ^{cA}	22.29±0.25 ^{abA}
0.125	28.26±1.21 ^{aA}	24.14±0.18 ^{bB}	24.02±1.36 ^{cB}	21.32±0.12 ^{bcdC}
0.25	30.93±0.93 ^{aA}	29.02±2.09 ^{aA}	20.91±0.37 ^{dB}	22.94±0.05 ^{aB}
0.50	24.63±0.55 ^{bA}	23.90±1.02 ^{bAB}	22.58±0.67 ^{cBC}	21.83±0.02 ^{abcC}
1.0	30.25±1.82 ^{aA}	25.71±0.81 ^{bB}	26.70±0.19 ^{abB}	21.19±0.27 ^{bcdC}
2.0	23.87±0.81 ^{bA}	25.30±0.14 ^{bA}	25.66±0.29 ^{bA}	20.41±0.94 ^{dB}
3.0	24.82±1.00 ^{bA}	25.41±1.26 ^{bA}	27.24±0.01 ^{aA}	20.62±1.01 ^{cdB}

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

경향이였다. 그러나 저장 중의 변화는 상이한 것으로 나타나, 이에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

EL-Samahy 등(2000)은 낮은 선량에서 총 polyphenol 화합물 함량의 유의적인 증가는 phenylalanine ammonia lyase의 활성이 강화된 것이라 하여 UV-C 처리도 phenylalanine ammonia lyase의 영향을 받아 증가된 것으로 판단되었다.

2. Flavonoid 화합물의 함량

저장성 증진을 위하여 복숭아에 저선량의 UV-C를 조사한 후 저장 중 flavonoid 함량 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

대조군의 경우, 12.90 mg%였으며, UV-C 처리군은 9.87~14.81 mg%로 1.0과 0.25 kJ/m² 처리군을 제외하고는 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, UV-C 처리에 의한 flavonoid 함량의 차이는 없었으며, 약간의 함량 차이를 보이는 이유는 시료간의 차이에 의한 것으로 판단되었다.

저장기간에 따른 함량 변화에서는 대조군은 저장 2일차에 약간 감소하였고, 다시 증가하여 저장 6일차에는 12.14 mg%로 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 저장기간에 따른 flavonoid의 함량 변화는 없는 것으로 판단되었다. UV-C 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 저장 2일차에 flavonoid

의 함량이 다소 적었으며, 그 후 저장 중 약간 증가하는 경향을 나타내었으며, 대체적으로 모든 처리군에서 flavonoid 함량의 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타나 UV-C를 처리하여도 flavonoid와 같은 성분의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Liu 등(2012)은 토마토의 저장성 증진을 위하여 0~16 kJ/m²의 UV-C를 조사한 후 flavonoid 함량을 측정된 결과, 조사선량이 증가할수록 약간 증가한다고 하여 본 결과와는 차이가 있는데, 이와 같은 이유는 조사선량이 본 실험에서보다 높은 선량에서 조사하였으며, 시료의 차이 등에 의한 것으로 판단되었다.

3. 유리당의 변화

복숭아에 0~3.0 kJ/m²의 UV-C를 처리하고, 저장기간에 따른 유리당의 함량 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다.

대조군의 경우, fructose, glucose, maltose 및 sucrose 등 4종의 당이 발견되었고 sucrose가 가장 높은 함량을 보였으며, glucose, fructose의 순으로 나타났고, maltose는 가장 미량 함유되어 있었다.

UV-C 처리군에서의 유리당은 대조군과 동일한 경향이였으며, 함량 변화에서는 시료 개체간의 차이일 뿐 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지는 않아 UV-C 처리에 의한 변화는 없는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 유리당 함량의

Table 3. Changes in flavonoid contents of peach treated with UV-C irradiation(0~3.0 kJ/m²) (Unit: mg%)

Treatment (kJ/m ²)	Storage period(day)			
	0	2	4	6
Control	12.90±0.49 ^{aA1}	9.71±0.49 ^{abA}	11.51±0.76 ^{cA}	12.14±2.95 ^{aA}
0.125	14.81±1.24 ^{aA}	7.70±0.45 ^{bC}	12.50±0.51 ^{bcB}	9.45±0.55 ^{abC}
0.25	11.84±1.09 ^{abAB}	7.91±0.33 ^{bC}	13.24±0.25 ^{bA}	10.36±1.33 ^{abB}
0.5	13.46±0.23 ^{aA}	11.98±3.12 ^{aA}	12.42±0.90 ^{bcA}	11.09±0.52 ^{abA}
1.0	9.87±0.04 ^{bB}	7.65±1.11 ^{bC}	14.97±0.69 ^{aA}	10.73±0.44 ^{abB}
2.0	13.51±0.45 ^{aA}	7.24±0.45 ^{bC}	11.96±0.47 ^{bcA}	9.40±0.77 ^{abB}
3.0	12.15±2.52 ^{abA}	7.06±0.12 ^{bB}	12.91±0.00 ^{bcA}	8.49±0.74 ^{bB}

¹⁾ Values with different superscripts within a column(a-c) and a row(A, B) were significantly different($p < 0.05$)

Table 4. Changes in free sugar contents of peach treated with UV-C irradiation(0~3.0 kJ/m²) (Unit: %)

Treatment (kJ/m ²)	Storage period(day)							
	Fructose		Glucose		Maltose		Sucrose	
	0 day	6 day	0 day	6 day	0 day	6 day	0 day	6 day
Control	0.51±0.09	0.75±0.01	0.51±0.08	0.66±0.08	0.01±0.00	0.01±0.00	3.84±1.12	4.94±1.83
0.125	0.46±0.10	0.61±0.07	0.50±0.02	0.54±0.18	0.01±0.00	0.01±0.00	5.18±1.99	6.78±0.53
0.25	0.61±0.16	0.59±0.22	0.58±0.24	0.55±0.15	0.01±0.00	0.01±0.00	3.63±1.27	6.60±0.62
0.5	0.54±0.04	0.70±0.12	0.59±0.06	0.57±0.20	0.01±0.00	0.01±0.00	4.64±1.97	4.65±1.91
1.0	0.51±0.02	0.60±0.14	0.52±0.18	0.53±0.17	0.01±0.00	0.01±0.00	3.94±2.13	6.09±2.08
2.0	0.50±0.04	0.65±0.08	0.57±0.19	0.53±0.16	0.01±0.00	0.01±0.00	5.91±1.53	4.80±1.66
3.0	0.46±0.04	0.59±0.16	0.43±0.07	0.55±0.21	0.01±0.00	0.01±0.00	5.89±0.48	5.17±2.96

변화에서는 저장 기간 6일차에 maltose를 제외하고는 모든 당의 함량이 증가하는 것으로 나타났으며, 대조군과 UV-C 처리군 모두 유리당 함량의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

4. 유리아미노산 함량

복숭아의 저장성 증진을 위한 저선량의 UV-C를 조사하였을 때 복숭아의 주요 맛 성분 중의 하나인 유리 아미노산의 함량 변화를 측정한 결과는 Table 5와 같다.

대조군의 경우, 총 유리 아미노산의 함량은 115.38 mg%였으며, 가장 많은 함량을 차지하는 아미노산으로는 serine이 58.13 mg%로 다른 아미노산에 비하여 많은 함량을 차지하였다. 그 다음으로는 alanine의 함량이 높은 것으로 나타났다.

UV-C 처리군의 경우, 총 유리아미노산의 함량은 95.92~120.94 mg%로 함량의 차이가 약간 있긴 하지만 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

개별적인 유리아미노산의 경우, 모든 처리군에서 대부분의

Table 5. Changes in free amino acid contents of peach treated with UV-C irradiation(0~3.0 kJ/m²) (Unit: mg%)

Amino acid	Treatment(kJ/m ²)						
	Control	0.125	0.25	0.5	1	2	3
Asp	2.81	3.93	2.75	3.30	3.45	3.31	3.00
Ser	58.13	48.24	42.32	41.22	69.07	42.60	69.41
Glu	2.63	2.24	2.68	2.62	2.82	3.75	3.18
Gly	1.43	1.27	1.02	0.97	0.42	0.87	0.62
His	9.10	17.35	8.97	11.69	6.73	14.36	9.82
Arg	4.67	2.12	1.25	1.28	0.84	1.49	2.89
Thr	0.26	2.90	2.49	2.32	1.49	2.56	0.30
Ala	24.30 ^{a1)}	23.60 ^{ab}	21.37 ^{ab}	18.25 ^{ab}	4.56 ^b	17.38 ^{ab}	8.98 ^{ab}
Pro	5.51 ^{ab}	12.62 ^a	4.89 ^b	9.08 ^{ab}	5.91 ^{ab}	5.71 ^{ab}	4.59 ^b
Cys	0.05	0.10	0.05	0.04	0.08	tr ²⁾	tr
Tyr	0.90	0.90	0.62	0.72	0.32	0.49	0.42
Val	2.62	2.69	2.22	2.05	0.85	1.91	1.34
Met	0.08	0.11	0.04	0.06	tr	tr	tr
Lys	0.27	0.35	0.21	0.29	0.30	0.16	0.14
iLe	0.90	0.75	0.64	0.64	0.28	0.50	0.38
Leu	0.56	0.54	0.35	0.44	0.24	0.26	0.19
Phe	1.16	1.23	0.85	0.92	0.30	0.57	0.48
Total	115.38	120.94	92.72	95.89	97.66	97.92	105.74

¹⁾ Values with different superscripts within a row(a, b) were significantly different($p < 0.05$)

²⁾ tr: trace

유리아미노산은 유의적인 차이를 보이지 않았지만, alanine과 proline의 경우만 처리구간 유의적인 차이를 보였는데, 이와 같은 차이가 UV-C 처리인지 시료채취시의 오차인지에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 복숭아에 저선량의 UV-C 처리시 저장성도 약간 증가시킬 수 있고(Lee 등 2013), 화학성분의 경우, polyphenol 화합물의 함량은 증가하였고, 다른 주요 성분들에서는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장기간에 따른 변화에서도 큰 차이를 보이지 않아 복숭아의 저장성 연장을 위하여 저선량의 UV-C 처리도 가능할 것으로 사료되었다.

요 약

국내산 복숭아의 저장성 증진을 위하여 저선량(0~3.0 kJ/m²)의 UV-C를 조사하고, 저장 중 주요 성분의 변화를 측정하였다. Polyphenol 화합물 함량은 UV 처리시 대조군에 비하여 약간 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 특히 0.25 kJ/m² 처리군은 가장 많은 함량을 나타내었다. 저장 과정 중의 polyphenol 화합물의 함량은 대조군 및 UV 처리군 모두 서서히 감소하는 경향이였다. Flavonoid 함량은 대조군 및 UV 처리군 모두 저장하는 동안 특정한 경향을 나타내지는 않는 것으로 나타났다. 복숭아 내 유리당은 UV 처리군 및 대조군 모두 fructose, glucose, maltose 및 sucrose가 검출되었고, 이중 sucrose의 함량이 가장 많았으며, 저장 중 당 함량은 증가하였으며, UV 처리군 및 대조군 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. 유리아미노산은 대조군은 115.38 mg%였으며, UV-C 처리군의 경우, 총 유리아미노산의 함량은 95.92~120.94 mg%로 함량의 차이가 약간 있지만 유의적인 차이를 보이지 않아, 저선량의 UV-C 처리는 가능할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 지역전략 작목 산학연협력사업(과제번호 PJ0087852013)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis 16th ed., Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C.
- 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
- EL-Samahy SK, Youssef BM, Askar AA, Swailam HMM. 2000. Microbiological and chemical properties of irradiated mango. *J Food Safety* 20:39-156
- Fernandez-Trujillo, JP, Martinez JA, Artrs F. 1999. Modified atmosphere packing affects the incidence of cold storage disorders and keeps flat peach quality. *Food Res Int* 31:571-579
- Horvat RJ, Chapman GW, Robertson JA, Meredith FI, Scorza R, Callahan AM, Morgens P. 1990. Comparison of the volatile compounds from several commercial peach cultivars. *J Agric Food Chem* 38:234-237
- Hughesa MC, Kerryb JP, Arendtb EK, Kenneallyc PM, McSweeneya PLH, O'Neilla EE. 2002. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Sci* 62:205-216
- Jang JH, Park JH, Ban KE, Lee KH. 2012. Changes in the Quality of peaches (*Prunus persica* L. Batsch) treated by UV-C irradiation during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1798-1804
- Kader AA. 1997. Biological bases of O₂ and CO₂ effects on postharvest life of horticultural perishables. *Proc Seventh Int'l Controlled Atmosphere Res Conf* 4:160-163
- Lee KH, Park JH, Lee YJ, Ban KE, Jang JH. 2013. Application of low dose UV-C irradiation for shelf-life extension of peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Korean J Food & Nutr* 26:85-91
- Liu CH, Cai LU, Lu XY, Han XX, Ying TJ. 2012. Effect of postharvest UV-C irradiation on phenolic compound content and antioxidant activity of tomato fruit during storage. *J Integrative Agriculture* 11:159-165
- Moreno MN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- 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
- 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 and diseases of tree fruits. *Crop Protection* 15:129-134
- Waters AccQ · Tag Amino Acid Analysis System. 1993. Operator's Manual, Manual number 154-02TP REV O June, USA

접 수 : 2013년 9월 2일
 최종수정 : 2013년 9월 5일
 채 택 : 2013년 9월 10일