

열처리 조건에 따른 한국산 배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)즙의 이화학적 특성 변화

황인국 · 우관식 · 김태명¹ · 김대중¹ · 양미희² · 정현상*
충북대학교 식품공학과, ¹충북대학교 수의과대학, ²숙명여자대학교 약학대학

Change of Physicochemical Characteristics of Korean Pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) Juice with Heat Treatment Conditions

In Guk Hwang, Koan sik Woo, Tae Myoung Kim¹, Dae Joong Kim¹, Mi Hye Yang², and Heon-Sang Jeong*

Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

¹College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University

²College of Pharmacy, Sookmyung Women's University

Abstract Korean pear juice heat-treated at various temperatures (110, 120, 130, 140, and 150°C) and times (1, 2, 3, 4, and 5 hr) was analyzed to determine total polyphenol, total flavonoid, free sugar, and 5-HMF contents, and DPPH free radical-scavenging activity. Total polyphenol, total flavonoid, and 5-HMF contents, and antioxidant activities increased, whereas fructose content decreased with increasing heat treatment temperature and time ($p \pm 0.007$ mg/g with treatment at 150°C for 1 hr (unheated pear juice: 0.233 ± 0.024 mg/g). Highest total flavonoid content was 561.49 ± 16.93 µg/g with treatment at 150°C for 4 hr (unheated pear juice: 1.50 ± 0.20 µg/g). IC₅₀ value was highest, 1.93 ± 0.01 mg/g, at 150°C for 2 hr, whereas that of unheated pear juice was 64.58 ± 0.99 mg/g. Glucose content was not affected by treatment conditions, whereas fructose content decreased with treatment at 140°C for 3 hr. Highest 5-HMF content was $5,594.93 \pm 6.43$ ppm at 150°C for 5 hr (unheated pear juice: 2.04 ± 0.21 ppm). Correlation coefficients were observed among total phenolic, total flavonoid, and antioxidant activities, and between fructose and 5-HMF at significance level ($p < 0.001$).

Key words: pear juice, heat treatment, polyphenol, flavonoid, antioxidative activity

서 론

배나무는 배나무과(Pomoideae), 배나무속(Pyrus)에 속하는 식물로 30여 종이 분포되어 있으며, 생식용으로 재배되는 배속식물은 동양계종 남방형인 일본배, 북방형인 중국배 및 유럽계인 서양배 등 3종류가 있다(1). 발상지는 모두 중국의 서부와 남서부로 알려져 있으며, 우리나라의 배에 대한 재배기록은 삼한과 신라시대의 문헌에 기록되어있다(2,3). 배는 우리나라에 1906년 일본에서 개량된 품종들이 도입되어 전국적으로 재배되고 있는 4대 과실종의 하나로서 기호도가 좋아 대부분 생과로 소비되고 있으며, 1966년부터 배를 가공한 음료수가 상품화되어 그 시장성을 확대해 나가고 있고 한방에서는 변비, 이뇨, 기침 등의 치료제로 이용되고 있다(4,5). 국내배의 주된 생산지는 전남의 나주, 영암, 곡성지방과 경기의 평택, 충남의 천안, 경북의 상주 및 영천, 경남의 울산 등 주로 중남부 지역에 걸쳐 많이 재배되고 있다.

배는 먹을 수 있는 가식율이 80-82%, 수분함량이 85-88%이며 열량은 51 kcal이며, 배의 주성분은 탄수화물이고 당분은 10-13%

로 품종에 따라 차이가 많다. 단백질은 0.3% 내외, 지방질은 0.2%, 섬유소 함량은 0.5% 내외로서 다른 과실에 비해 다소 적은 편이다. 그러나 배는 Na, K, Mg, P 등이 많아 강한 알칼리식품으로 건강에 좋은 식품으로 알려져 있다(6).

배에 관한 연구로는 한국산 배의 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량 및 성분변화와 항산화효과에서 과육보다는 껍피에 많은 polyphenol 화합물이 존재하며, 항산화력의 주된 원인이 polyphenol 화합물이라 보고하였고(5), 한국산 배의 polyphenol 화합물의 구조결정(6), 한국산 배의 polyphenol 분획물이 지질대사에 미치는 영향에 관한 연구가 보고 되었다(4). 또한 배의 효소적 갈변의 원인인 polyphenoloxidase(PPO) 활성(7,8), 배의 저장 중 향기성분, 화학적, 물리적 성질의 변화(9), 배의 수확시기 및 저장방법에 따른 호흡률변화와 관능검사, O₂, CO₂ 조건에 따른 배의 갈변화정도 등의 저장실험(3,10,11)에 대한 연구가 진행되었다.

식품에 있어 열처리 가공은 일반적으로 저장수명을 연장하는데 적용하고 있다. 그러나 열처리 가공 중 영양소의 파괴 및 활성물질의 손실 등의 문제점들이 발생되어진다. 하지만 최근연구에서 과일 및 야채와 같은 식품을 열처리시 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다고 보고하였다(12). Dewanto 등(13) 토마토를 열처리시 lycopene 함량 및 총 항산화활성이 유의적으로 증가한다고 보고하였고, 또한 표고버섯(12), sweet corn(14) 및 Citrus peels(15) 등을 열처리시 polyphenol 함량 및 총 항산화활성이 증가한다고 보고한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 기능성 물질이나 이들을 함유한 식

*Corresponding author: Heon-Sang Jeong, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, 12 Gaeshindong, Heungduk-gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea
Tel: 82-43-261-2570

Fax: 82-43-271-4412

E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

Received January 9, 2006; accepted April 3, 2006

품에 대한 선호도가 증가함에 따라 각종 농산물의 기능성에 대한 연구와 아울러 이들을 이용한 각종 기능성 식품의 개발이 활발히 진행되고 있는 추세에 맞추어 일반 가정에서 열처리하여 착즙해 식음하는 배의 열처리조건에 따른 성분변화 및 항산화효과를 검토하고, 건강기능성 식품으로의 개발에 활용할 수 있는 최적 열처리조건을 확립하기 위한 연구결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 배는 나주에서 2004년도에 생산된 신고배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)를 나주농협에서 구입하여 사용하였다. 구입한 시료는 배 전체를 약 100 g씩 절단하여 polyethylene 필름에 포장한 후 -20°C 냉동고에 저장하면서 1개월 이내에 실험에 사용하였다.

열처리방법

열처리조건에 따른 배의 이화학적 특성 변화를 살펴보기 위하여 온도(110, 120, 130, 140 및 150°C) 및 시간(1, 2, 3, 4 및 5 hr)을 변수로 25개 구간으로 처리 하였으며, 무처리구를 대조구로 하였다. 열처리장치는 10 kg/cm^2 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안·제작된(JISCO, Korea) 것으로 가열에 의해 증기압을 발생시키는 외부용기, 안전변과 공기배출구, 압력계이저로 구성된 뚜껑, 그리고 시료를 넣는 내부용기로 구성되어 있다. 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 외부용기를 온도조절장치가 부착된 oil bath에 넣고 정해진 온도와 시간에 따라 가열됨으로서 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계되었다. 각 조건에서 열처리된 배는 분쇄 후 3,000 rpm으로 4°C 에서 10분간 원심분리하여 상등액을 시료로 사용하였다. 열처리된 배즙은 -20°C 의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

Mokbel 등(16)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 시료의 폴리페놀성 물질에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 즉, 열처리배즙 100 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL 를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 분광광도계(BECKMAN DU-650, USA)를 이용하여 750 nm에서 측정하였고, 표준물질로 tannic acid(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 열처리배즙의 총 폴리페놀 함량은 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

Zhishen 등(17)의 방법을 변형하여 분석하였다. 열처리배즙 250 μL 에 증류수 1 mL과 5% NaNO_2 75 μL 를 가하였다. 5분 후 10% AlCl_3 6H₂O 150 μL 를 가하여 6분 방치하고 1 M NaOH 500 μL 를 가하였다. 반응액의 흡광도값을 510 nm에서 측정하였고, 표준물질로 (+)-catechin hydrate(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 열처리배즙의 총 플라보노이드 함량은 g 중의 μg (+)-catechin hydrate로 나타내었다.

DPPH assay에 의한 항산화활성(IC_{50})

Tepe 등(18)의 방법을 변형하여 전자공여능(Electron donating ability, EDA(%))을 측정하였다. 열처리배즙 200 μL 에 에탄올에 용

해된 0.2 mM DPPH(2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl)용액 800 μL 를 첨가하여 30분 방치 후 반응액의 흡광도 값을 520 nm에서 측정하였다. 열처리배즙의 농도를 3구간으로 구배하여 흡광도를 측정 한 후 EDA(%) 값을 50% 감소시키는 IC_{50} (Inhibition concentration)을 각 열처리배즙의 수율에 대한 농도로 표현하였다.

유리당 함량 측정

Bae 등(19)의 방법을 변형하여 유리당 함량을 분석하였다. 열처리배즙을 0.45 μm syringe filter로 여과하여 분석시료로 사용하였다. 분석기기는 HPLC(TSP Co. USA)를 이용하였고, 컬럼은 carbohydrate analysis($4.6 \times 250\text{ mm}$, Agilent Technologies, USA), 이동상은 acetonitrile-water(75 : 25 v/v), 검출기는 RI detector, 유속은 1 mL/min, 주입량은 20 μL 로 하였다. 표준물질은 fructose, glucose, sucrose(Sigma Chemical Co., USA) 사용하였다.

5-HMF 함량 분석

Bae 등(19)과 Lee 등(20)의 방법을 변형하여 5-HMF(5-hydroxymethyl-2-furfural) 함량을 분석하였다. 열처리배즙 2 mL를 ethyl acetate 50 mL로 3회 분획한 후 농축하여 증류수로 용해시킨 다음 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC(TSP Co. USA)로 분석하였다. 컬럼은 Hypersil GOLD($4.6 \times 250\text{ mm}$, Thermo. Co. USA), 이동상은 acetonitrile-water(20 : 80 v/v), 검출기는 UV detector (280 nm), 유속은 0.8 mL/min, 주입량 20 μL 로 하였다. 표준물질은 5-HMF(Wako Pure Chemical Co. Japan)를 사용하였다.

통계분석

분석치는 3회 반복 측정하였으며 측정된 값으로부터 평균값 \pm SE로 나타내었다. 통계분석은 SAS(Statistical analysis system)를 이용하여 폴리페놀, 플라보노이드, 항산화활성에 영향을 미치는 온도와 시간의 효과를 ANOVA 분석으로 유의성을 검증하였으며, 이들 온도와 시간의 효과를 반응표면분석을 실시하여 model식을 구하였으며, 각 특성간의 상관관계를 살펴보았다.

결과 및 고찰

총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량

각각의 처리조건에서 열처리된 배즙의 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량은 Fig. 1, 2와 같이 열처리온도와 처리시간이 증가 할수록 증가하는 경향을 보였으며, 150°C 의 열처리에서는 시간의 증가에 따라 감소하거나 증가했다 감소하는 경향을 나타내었다. 열처리조건에 따른 열처리배즙의 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량은 처리온도와 처리시간의 2가지 변수에 대하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며($p < 0.001$) 처리시간보다 처리온도에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 1). 열처리온도(X_1)와 열처리시간(X_2)의 효과를 분석한 결과는 Table 2와 같고 이들 간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다.

$$Y_{\text{polyphenol}} = 30.213 - 10.245X_1 - 3.145X_2 + 0.1X_1^2 + 0.339X_2X_1 + 0.241X_2^2 \quad (R^2 = 0.938)$$

$$Y_{\text{flavonoid}} = 83.691 - 20.152X_1 + 41.823X_2 + 15.112X_1^2 + 5.561X_2X_1 - 5.657X_2^2 \quad (R^2 = 0.790)$$

총폴리페놀 함량은 무처리구인 대조구에서는 $0.233 \pm 0.024\text{ mg/g}$ 이었지만 열처리 조건에 따라 $0.615 \pm 0.011 - 3.342 \pm 0.007\text{ mg/g}$ 범위로 증가하였다. 열처리온도 110- 140°C 까지는 처리시간이 증가 할수록 폴리페놀 함량은 증가하였고 150°C , 1시간 처리구에서

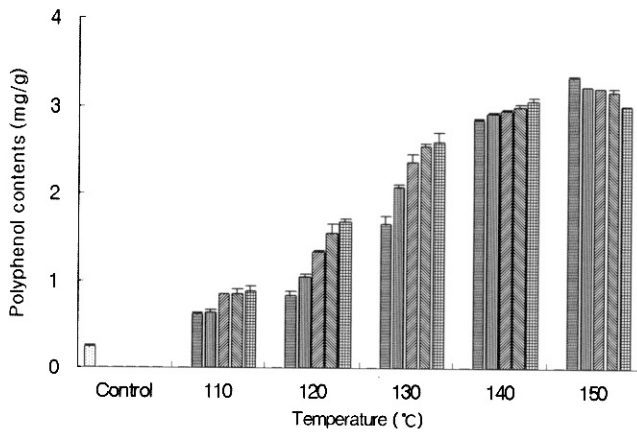


Fig. 1. Changes of total polyphenol contents of pear juice with heat treatment conditions. □: control, ▨: 1 hr, ▩: 2 hr, ▪: 3 hr, ▫: 4 hr, ▬: 5 hr.

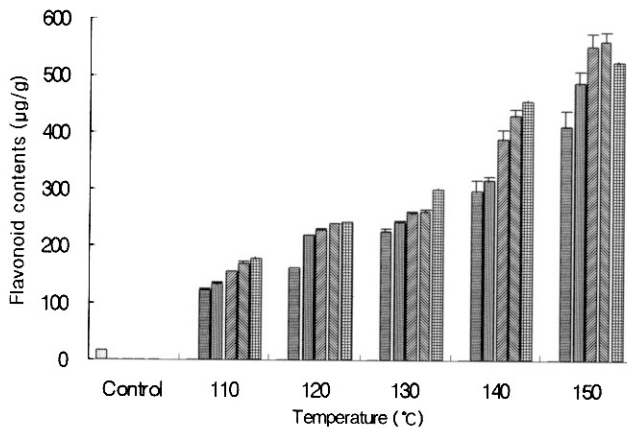


Fig. 2. Changes of total flavonoid contents of pear juice with heat treatment conditions. □: control, ▨: 1 hr, ▩: 2 hr, ▪: 3 hr, ▫: 4 hr, ▬: 5 hr.

3.342±0.007 mg/g로 가장 높은 함량을 보인 후 감소하였다. 총플라보노이드 함량은 대조구에서는 1.50±0.20 µg/g이었지만 열처리 조건에 따라 123.59±1.62 µg/g에서 최고 561.49±16.93 µg/g까지 증가하였다. 대부분의 처리구에서 열처리온도와 열처리시간이 증가할수록 총플라보노이드 함량은 증가하여 150°C, 4시간 처리구에서 561.49±16.93 µg/g로 가장 높은 함량을 보였고 150°C, 5시간 처리구에서는 감소하였다. Zhang 등(5)의 연구에 의하면 60%

Table 1. Analysis of variance for polyphenol, flavonoid, IC₅₀, 5-HMF and fructose of heat treated pear juice

	Variable ¹⁾	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Polyphenol	X ₁	3	1810.22	603.41	331.80**** ²⁾
	X ₂	3	115.96	38.66	21.26****
Flavonoid	X ₁	3	1,198,834	399,611	677.30****
	X ₂	3	106,572	35,524	60.21****
IC ₅₀	X ₁	3	65.24	21.75	521.87****
	X ₂	3	2.24	0.75	17.93****
5-HMF	X ₁	3	2.04×10 ⁷	6.79×10 ⁶	430.30****
	X ₂	3	2.31×10 ⁶	7.71×10 ⁵	48.88****
Fructose	X ₁	3	122.91	40.97	298.39****
	X ₂	3	16.64	5.55	40.40****

¹⁾X₁: temperature (°C), X₂: time (hrs).

²⁾****: *p* < 0.001.

acetone 추출한 배의 과피, 과육, 과심 부분의 저장에 따른 폴리페놀함량의 변화는 저장 1개월에서 62.38, 3.67 및 34.14 mg/g으로 분석되어 본 연구의 결과와는 많은 차이를 보였는데, 이는 본 실험에 사용된 시료는 용매추출이 아닌 착즙된 시료이기 때문에 나타난 결과로 생각된다.

열처리시 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량이 증가한 원인은 고분자의 페놀성 화합물 및 단백질에 결합한 페놀성 화합물이 열처리에 의해 저분자의 페놀성 화합물로 전환되거나 또는 열처리에 의해 이들 화합물의 결합이 파괴되었기 때문으로 생각되며(12-15,21), 150°C 열처리구간에서 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량이 감소한 것은 심한 탄화에 의한 것으로 생각되며, 이 부분에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

DPPH assay에 의한 항산화활성(IC₅₀)

DPPH free radical을 이용하여 측정된 처리조건별 열처리배즙의 전자공여능(EDA(%))의 IC₅₀값은 Table 3과 같다. 열처리조건에 따라 열처리배즙의 IC₅₀값은 처리온도와 처리시간 2가지 변수에 대하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며(*p* < 0.001) 처리시간보다 처리온도에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다 (Table 1). 열처리온도(X₁)와 열처리시간(X₂)의 효과를 분석한 결과는 Table 2와 같고 이들 간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다.

$$Y_{IC_{50}} = -1.143 + 1.149X_1 + 0.357X_2 - 0.06X_1^2 + 0.046X_2X_1 - 0.02X_2^2$$

(R² = 0.959)

Table 2. Regression coefficients of the second order polynomials for polyphenol, flavonoid, IC₅₀, 5-HMF and fructose with heat treatment conditions

Parameter ¹⁾	df	Estimate				
		Polyphenol	Flavonoid	IC ₅₀	5-HMF	Fructose
Intercept	1	30.213**** ²⁾	83.691****	-1.143****	998.001	4.885****
X ₁	1	-10.245****	-20.152	1.149****	-1625.113****	0.677
X ₂	1	-3.145****	41.823****	0.357****	299.066	0.115
X ₁ ×X ₁	1	0.100****	15.112****	-0.060****	366.940****	-0.179****
X ₁ ×X ₂	1	0.339****	5.561****	-0.046****	168.471****	-0.153****
X ₂ ×X ₂	1	0.241	-5.657****	-0.020****	84.795	0.015
R-Square	-	0.938	0.970	0.959	0.952	0.933

¹⁾X₁: temperature (°C), X₂: time (hrs).

²⁾****: *p* < 0.001.

Table 3. IC₅₀ values of EDA (%) of pear juice with heat treatment conditions

(unit: mg/g)

Time (hr)	Temperature (°C)				
	110	120	130	140	150
1	15.89±0.10	14.99±0.08	6.35±0.11	3.04±0.07	2.34±0.16
2	15.79±0.13	12.42±0.40	3.88±0.21	2.81±0.03	1.93±0.01
3	15.06±0.05	6.94±0.04	3.91±0.22	2.70±0.01	1.93±0.06
4	14.54±0.04	5.93±0.17	3.79±0.33	2.75±0.02	2.22±0.16
5	14.49±0.06	5.87±0.05	3.60±0.16	2.92±0.03	2.53±0.13

Untreated: 64.58±0.99.

Table 4. Correlation coefficients among total polyphenol, flavonoid, IC₅₀, 5-HMF and fructose of heat treated pear juice

Factor	Polyphenol	Flavonoid	IC ₅₀	5-HMF	Fructose
Polyphenol	1.00	0.89*** ¹⁾	-0.94***	0.78***	-0.82***
Flavonoid	-1.00	-0.79***	0.95***	-0.96***	
IC ₅₀	-	-	1.00	-0.66**	0.70***
5-HMF	-	-	-	1.00	-0.95***
Fructose	-	-	-	-	1.00

¹⁾***: $p < 0.001$.

각각의 조건에서 열처리배즙의 IC₅₀값은 Table 3에서 보는 바와 같이 대조구의 IC₅₀값은 64.58±0.99 mg/g으로 매우 높았으나 열처리 조건에 따라 15.89±0.10 mg/g에서 최저 1.93±0.01 mg/g의 분포를 나타내었다. 110°C, 1-5시간 처리구와 120°C, 1-2시간 처리구까지는 15.89±0.10-12.42±0.40 mg/g 범위로 열처리 온도와 시간에 따른 변화가 작았지만 120°C, 3시간 처리구에서는 6.94±0.04 mg/g으로 급격히 감소하였다. 150°C, 2-3시간 처리구에서 1.93±0.01 mg/g로 가장 낮은 값을 보인 후 150°C, 4시간과 5시간 처리구에서는 각각 2.22±0.16 mg/g 및 2.53±0.13 mg/g으로 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

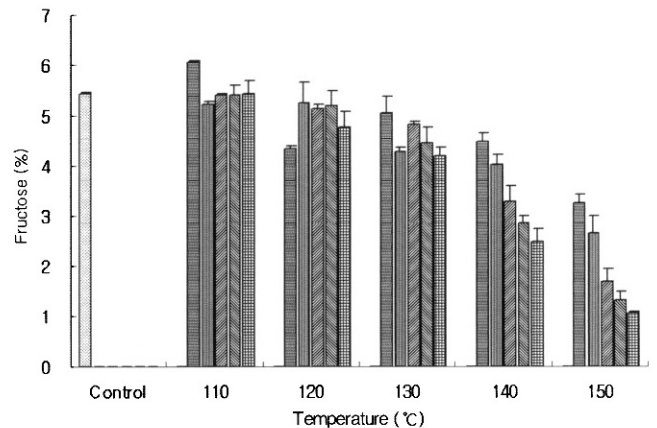
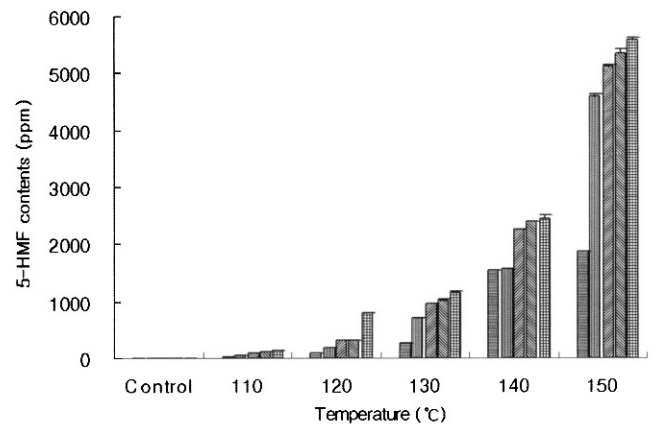
항산화활성에 대한 IC₅₀ 측정결과 각각의 처리구에서 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량이 높은 처리구가 IC₅₀ 값이 낮은 상관관계를 보였는데(Table 4) 이는 페놀성 화합물은 항산화 효과를 내는 대표적인 화합물로(5,22) 열처리에 따른 페놀성 화합물의 증가로 항산화 효과가 증가되었을 것으로 생각된다. 또한 열처리시 항산화활성을 가진 마이알 반응의 부산물의 형성에 의해 항산화 효과가 증가되었을 것으로 생각된다(23,24).

유리당 함량

각각의 처리조건에서 배의 유리당을 분석한 결과 fructose 및 glucose 2개의 당이 검출되었지만 변화가 많은 fructose에 대한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 열처리조건에 따라 열처리배즙의 fructose 함량은 처리온도와 처리시간 2가지 변수에 대하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며($p < 0.001$) 처리시간보다 처리온도에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 1). 열처리온도(X_1)와 열처리시간(X_2)의 효과를 분석한 결과는 Table 2와 같고 이들 간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다.

$$Y_{\text{fructose}} = 4.885 + 0.677X_1 + 0.115X_2 - 0.179X_1^2 - 0.153X_2X_1 + 0.015X_2^2 \quad (R^2 = 0.933)$$

대조구의 fructose 함량은 5.42±0.02%였고 110, 120 및 130°C, 1-5시간 그리고 140°C, 2시간 처리구까지 4.02±0.02-6.05±0.03%로 커다란 변화를 보이지 않았지만 140°C, 3시간 처리구 이후부

**Fig. 3.** Changes of fructose contents of pear juice with heat treatment conditions. ■: control, ▨: 1 hr, ▩: 2 hr, ▪: 3 hr, ▫: 4 hr, ▬: 5 hr.**Fig. 4.** Changes of 5-HMF contents of pear juice with heat treatment conditions. ■: control, ▨: 1 hr, ▩: 2 hr, ▪: 3 hr, ▫: 4 hr, ▬: 5 hr.

터 감소하는 경향을 보였고 150°C, 5시간 처리구에서 1.06±0.03%로 함량이 가장 낮게 나타났으며, 140°C, 3시간 처리구 이후부터 감소하는 것으로 보아 이 이상의 처리온도 및 처리시간에서부터 파괴 및 변형이 일어났을 것이라 사료된다. 최 등(2)의 연구에서 배의 성숙과정 중 유리당은 fructose, glucose, sucrose 3개의 당이 검출되었으며, fructose 2.03-3.75%, glucose 2.02-3.42%, sucrose 1.33-3.24%범위에 있다고 보고하였는데 본 연구결과와는 약간의 차이를 보였는데 이는 대조구의 총 당함량이 높고 배의 성장시기, 품종, 일조량, 분석방법의 차이 등에 의한 영향이라 생각된다(2).

5-HMF 함량

각각의 처리조건에서 열처리 배즙의 갈변정도를 나타내는 5-HMF 함량변화를 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 열처리조건에 따라 열처리배즙의 5-HMF 함량은 처리온도와 처리시간 2가지 변수에 대하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며($p < 0.001$) 처리시간보다 처리온도에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 1). 열처리온도(X_1)와 열처리시간(X_2)의 효과를 분석한 결과는 Table 2와 같고 이들 간의 회귀식은 다음과 같다.

$$Y_{5-HMF} = 988.001 - 1652.113X_1 + 299.066X_2 + 366.941X_1^2 + 168.472X_2X_1 - 84.795X_2^2 \quad (R^2 = 0.953)$$

대조구의 5-HMF 함량은 2.04 ± 0.21 ppm이었으며, 열처리온도와 시간이 증가 할수록 20.66 ± 0.40 ppm에서 최고 $5,594.93 \pm 28.46$ ppm까지 급격히 증가하는 경향을 보였다. 110, 120 및 130°C, 1-5시간 처리구와 140°C, 2시간 처리구까지는 20.66 ± 0.40 - $1,569.55 \pm 6.43$ ppm로 완만한 증가를 보였지만, 140°C, 3시간 처리구 부터 $2,248.95 \pm 20.85$ ppm에서 150°C, 5시간 처리구의 최고 $5,594.93 \pm 6.43$ ppm까지 급격히 증가하였다. 배 등(1)의 연구에서는 사과 농축액의 저장 중 5-HMF의 함량은 초기 2.06 mg/100 g에서 저장 90일째 30.61 mg/100 g으로 증가하는 것으로 보고되었는데 본 연구결과에서는 인위적인 열처리에 따라 5-HMF의 함량이 급격하게 증가된 것으로 생각된다. 유리당의 변화와 비교해 볼 때 fructose 함량이 감소하는 140°C, 3시간 처리구부터 5-HMF의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 이는 5-HMF가 마이알 반응 및 카라멜 반응으로 인한 멜라노이딘 형성 중 생성되는 물질임을 생각할 때 열처리시 비효소적 갈변반응 중 주로 카라멜 반응에 의해 5-HMF 함량이 증가했을 것이라 사료된다.

상관관계

열처리 변수인 온도와 시간에 따른 폴리페놀, 플라보노이드, 항산화활성, 5-HMF 및 fructose 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 열처리 온도가 높고 시간이 길수록 폴리페놀, 플라보노이드, 5-HMF 함량 및 항산화활성은 유의적으로 증가하였고 fructose는 유의적으로 감소하였다(Table 3). 처리조건에 따른 폴리페놀과 플라보노이드, fructose 및 5-HMF함량과 항산화활성(IC_{50})간의 상관관계는 각각 -0.94 , -0.79 , 0.70 및 -0.66 ($p < 0.001$)로 높은 상관관계를 보였고, 폴리페놀과 플라보노이드 및 fructose 함량과 5-HMF함량간의 상관계수는 0.78 , 0.95 및 -0.95 ($p < 0.001$)로 높은 상관관계를 보였다. 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 fructose함량간의 상관계수는 -0.82 및 -0.96 ($p < 0.001$)로 높은 음의 상관관계를 보였으며, 플라보노이드와 폴리페놀 간의 0.89 ($p < 0.001$)로 높은 상관관계를 보였다.

요 약

한국산 배의 열처리조건에 따른 성분변화 및 항산화효과를 검토하기 위하여 열처리온도(110, 120, 130, 140 및 150°C)와 열처리 시간(1, 2, 3, 4 및 5시간)을 변수로 처리하고 총폴리페놀, 총 플라보노이드, 유리당, 5-HMF 및 EDA(%)의 IC_{50} 값을 측정하였다. 대조구의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 각각 0.233 ± 0.024 mg/g 및 1.50 ± 0.20 µg/g이었으며 열처리온도가 높고 시간이 길수록 증가하는 경향을 보였고, 총 폴리페놀 함량은 150°C, 1시간 처리구에서 3.342 ± 0.007 mg/g, 총 플라보노이드함량은 150°C, 4시간 처리구에서 561.49 ± 16.93 µg/g로 가장 높았다. EDA(%)의 IC_{50} 값은 대조구에서 64.58 ± 0.99 mg/g이었으며 처리온도가 높고

처리시간이 길수록 IC_{50} 값은 낮아지는 경향을 보였고, 150°C, 2시간 처리구에서 1.93 ± 0.01 mg/g으로 최저 값을 보였다. 유리당 중 fructose는 110-140°C, 2시간 처리구까지 변화가 작았지만 140°C, 3시간 처리구부터 감소하였다. 5-HMF 함량은 대조구에서 2.04 ± 0.21 ppm이었고 처리온도가 높고 처리시간이 길수록 증가하였다. 140°C, 2시간 처리구까지 완만히 증가하다 그 이후 처리구부터 급격히 증가하였고, 150°C, 5시간 처리구에서 $5,594.93 \pm 6.43$ ppm으로 최고값을 나타내었다. 통계분석결과 처리온도와 시간이 증가함에 따라 총폴리페놀, 총플라보노이드, fructose, 5-HMF 및 IC_{50} 값 사이에 높은 상관관계를 나타내었다($p < 0.001$). 최적 열처리조건은 fructose 및 5-HMF의 함량변화가 적고, 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 항산화활성이 높은 130-140°C, 2-3 hr 처리구를 선정하였으며 열처리에 의한 성분변화에 대해 심도 있는 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 본 연구는 배에 국한되어 있으므로, 앞으로 과일 및 채소류 등의 다양한식품의 적용이 필요할 것으로 생각되어 진다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업특정연구사업 예산으로 추진된 연구의 일부(과제번호: 20050201-033-089-011-05-00)로서 연구비를 지원하여 주신 농촌진흥청 바이오그린 사업단에 감사를 드립니다.

문 헌

1. An BJ, Lee JT, Gwag JH, Park JM, Lee JY, Son JH, Bae JH, Choe C. Biological activity of polyphenol group fraction from Korean pear peel. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 47: 92-95 (2004)
2. Choi OJ, Park HR, Chough SH. Variation of free sugar and amino acid contents of pears during the ripening period. Korean J. Soc. Food Sci. 14: 250-254 (1998)
3. Hong SS, Hong YP, Im BS, Jeong DS, Shin IS. Influence of picking stage and storage type on the fruit respiration change and panel test in 'Wonhwang', 'Hwasan', and 'Mansoo' pear. Korean J. Hort Sci. Technol. 22: 55-62 (2004)
4. Choi HJ, Park JH, Han HS, Son JH, Son GM, Bae JH, Choi C. Effect of polyphenol compound from Korean pear *Pyrus pyrifolia* Nakai on lipid metabolism. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 299-304 (2004)
5. Zhang YB, Bae MJ, An BJ, Choi HJ, Bae JH, Kim S, Choi C. Effect of antioxidant activity and change in quality of chemical composition and polyphenol compound during long-term storage. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 115-120 (2003)
6. Zhang YB, Choi HS, Han HS, Park JH, Son JH, Bae JH, Seung TS, An BJ, Kim HG, Choi C. Chemical structure of polyphenol isolated from Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Korean J. Food Sci. Technol. 35: 959-967 (2003)
7. Marina C, Maria M. Polyphenoloxidase activity and polyphenol levels in organically and conventional grown peach (*Prunus persica* L., cv. Reginabianca) and pear (*Pyrus communis* L., cv. Williams). Food Chem. 72: 419-424 (2001)
8. Carlos E, Mercedes M, Ramon V, Jose T, Francisco GC. Monophenolase activity of polyphenol oxidase from blanquilla pear. Phytochemistry 44: 17-22 (1997)
9. Ji I.C, Shijie Y, Zuoshan F, Lixia X, Xiao SH. Change in the volatile compounds and physical of Yali pear (*Pyrus bertschneideri* Reld) during storage. Food Chem. 97: 248-255 (2006)
10. Veltman RH, Kho RM, Schaik ACR, Sanders MG, Oosterhaven J. Ascorbic acid and tissue browning in pears (*Pyrus communis* L. cvs Rocha and Conference) under controlled atmosphere conditions. Postharvest Biol. Technol. 19: 129-137 (2000)
11. Veltman RH, Lenthéric I, Van der Plas LHW, Peppelenbos HW. Internal browning in pear fruit (*Pyrus communis* L. cv Confer-

- ence) may be a result of a limited availability of energy and antioxidants. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 295-302 (2003)
12. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99: 381-387 (2006)
 13. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3010-3014 (2002)
 14. Dewanto V, Wu X, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
 15. Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J. Agric. Food Chem.* 52: 3389-3393 (2004)
 16. Matook SM, Fumio H. Evaluation of the antioxidant activity of extracts from buntan (*Citrus grandis* Osbeck) fruit tissues. *Food Chem.* 94: 529-534 (2006)
 17. Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559 (1999)
 18. Bektas T, Munevver S, Akpulat HA, Atalay S. Screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food Chem.* 95: 200-204 (2006)
 19. Bae SK, Lee YC, Kim HW. The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 6-13 (2001)
 20. Lee JH, Koh JA, Hwang EY, Hong SP. Quantitative determination of 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde from *Rehmanniae radix* Preparata according to various processings. *Korean J. Herbol.* 17: 145-149 (2002)
 21. Tanrven D, Eki I. Phenolic compounds in pear juice from different cultivars. *Food Chem.* 93: 89-93 (2005)
 22. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS. The Antioxidant activities of the some commercial teas. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 723-727 (2003)
 23. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lericri CR. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci. Technol.* 11: 340-346 (2000)
 24. Nicoli MC, Anese M, Parpinel M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 94-100 (1999)