

고온고압처리에 따른 마늘(*Allium sativum* L.)의 이화학적 특성

권오찬 · 우관식 · 김태명¹ · 김대중¹ · 홍진태² · 정현상*
충북대학교 식품공학과, ¹충북대학교 수의과대학, ²충북대학교 약학대학

Physicochemical Characteristics of Garlic (*Allium sativum* L.) on the High Temperature and Pressure Treatment

Oh Chan Kwon, Koan Sik Woo, Tae Myoung Kim¹, Dae Joong Kim¹, Jin Tae Hong², and Heon-Sang Jeong*
Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University
¹College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University
²College of Pharmacy, Chungbuk National University

Abstract Effects of high temperature and pressure treatment on garlic (*Allium sativum* L.) treated at 110, 120, 130, 140, and 150°C for 1, 2, 3, 4, and 5 hr were evaluated by investigating changes in antioxidant activities, and total polyphenol, total flavonoid, and 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde (5-HMF) contents of garlic juice. Antioxidant activities, and total polyphenol, total flavonoid, and 5-HMF contents increased with increasing treated temperature and time. IC₅₀ (1.952 mg/g) was achieved at 150°C for 4 hr, 50 times higher than untreated garlics. Highest total polyphenol content was 18.155 mg/g at 140°C and 2 hr, seven times higher than untreated garlics. Highest total flavonoid content was 532.73 µg/g at 150°C and 1 hr, sixteen times higher than untreated garlics. 5-HMF content was highest (7,765.9 ppm) at 150°C and 2 hr. Correlation coefficients among antioxidant activities, and total polyphenol, total flavonoid, and 5-HMF contents were very high ($p < 0.01$).

Key words: garlic (*Allium sativum* L.), polyphenol, flavonoid, 5-HMF, antioxidant activities, high temperature and pressure

서 론

대표적인 *Allium*속 식물인 한국산 마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과의 파속에 속하는 다년초 식물이며, 원산지는 아시아 서부로 생태형에 따라 한지형과 난지형으로 구분된다. 한국에는 중국을 거쳐 전래된 것으로 알려져 있으며, 단군신화에도 소개되어 우리 한민족에게는 매우 중요한 기호식품의 하나로 알려져 있다(1).

마늘은 고대부터 영양식품, 강장제, 향신료 등으로 애용되어 왔으며, 다른 채소들에 비해 에너지량, 비타민, 미네랄을 월등히 많이 함유하고 있고, 인, 칼륨, 게르마늄, 비타민 B₁, 비타민 B₂ 등이 풍부하다. 마늘은 식품의 맛을 증진시킬 뿐만 아니라 보존 능력이 있으며, 식중독균과 같은 균의 증식을 억제하는 항균작용(2), 고혈압 예방 및 혈압강하 효과(3), 항암 효과(4), 세포의 항돌연변이 효과(5) 등이 알려져 있으며, 그 작용기전이 규명되고 있다. 이러한 생리적 활성으로 인해 기능성 소재로 광범위하게 이용되고 있고, 신약개발에 관심 있는 많은 연구자들에게 관심의 대상이 되고 있다.

마늘의 유효 성분은 alliin, 즉 결정성 아미노산인 S-allyl-L-cysteine sulfoxide라고 알려져 있으며, 마늘 특유의 휘발성 향기성

분은 마늘 조직이 파괴될 때 자체효소인 alliinase에 의하여 alliin이 분해되어 생성된 alliin이 다시 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulphide 및 저급의 sulphide류로 분해되어 발생된다고 보고되었지만(6) 이러한 연구는 생마늘을 대상으로 대부분 연구 되어졌으며, 열처리 마늘에서는 효능이 감소되거나 소멸하는 것으로 알려져 있어 연구가 미비한 것이 실정이다. 김(7) 등에 의하면 열처리 마늘즙이 생마늘즙 보다 전반적으로 항균력이 낮게 나타나며, 김(8) 등은 조리방법을 달리한 마늘 추출물의 항균활성에 관한 연구에서도 열처리에 의해 활성이 급격히 소실된다고 보고되었지만 고온고압처리 조건에 따른 이화학적 특성 변화나 생리활성에 관한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

현재까지의 고온고압처리에 대한 연구로는 김, 미역 및 다시마를 소재로 기능성 해조차를 제조하기 위해 120°C에서 가압가열하여 기능성을 높이는 연구가 있었으며(9), 버섯을 autoclave에 처리하여 항산화활성을 측정된 결과 활성이 증가한다고 보고한 연구(10)와 배추추출물을 고압으로 가열(121°C에서 15분)하면 가열하지 않은 시료보다 미생물생육 저해효과가 크다고 보고하였다(11).

따라서 본 연구에서는 마늘을 고온고압조건하에서 처리할 경우, 이화학적 특성의 변화와 유용성분 변화를 확인하고 이들의 상관관계를 분석하여 최적의 고온고압처리조건을 선정하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 마늘은 2005년 봄에 생산된 호남산의 난지형 깎마늘로 2005년 충북 농수산물 시장에서 구입하여 polyeth-

*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 November 26, 2005; accepted April 13, 2006

ylene 필름으로 밀봉하여 -20°C 냉동고에 저장하면서 실험에 사용하였고 구입 당시 시료의 수분함량은 65.3%로 나타났다.

처리 조건 및 시료액 조제

고온고압 마늘의 이화학적 특성을 조사하기 위하여 처리온도 (110, 120, 130, 140 및 150°C)와 시간(1, 2, 3, 4 및 5시간)을 변수로 25개 실험구를 설정하여 10 kg/cm^2 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안·제작(JISCO, Korea)된 고온고압처리장치(12)로 처리하였다. 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 밀봉한 다음 oil bath에 넣어 고온고압처리하였다. 즉, 깎마늘 100 g을 각 처리조건별로 고온고압처리한 후 100 mL의 증류수를 가하여 마쇄한 다음 3,000 rpm으로 4°C 에서 10분간 원심 분리한 후 상등액을 얻고, 남은 마늘박을 면포로 착즙하여 상등액과 더했다. 이렇게 만들어진 착즙액을 여과지(Whatman No. 2)를 이용하여 여과하였고, 이 여액을 -20°C 에서 냉동보관 하면서 실험에 사용하였다.

DPPH에 의한 전자공여능의 IC_{50} 측정

Blois(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 $2 \times 10^{-4}\text{ M}$ DPPH(Sigma Chemical Co., USA) 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, Vortex mixer로 10초간 진탕하고, 10,000 rpm으로 3분 동안 원심 분리시킨 다음, 상등액은 DPPH용액을 첨가한 30분 후에 분광광도계(BECKMAN DU-650, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 ethanol만의 흡광도를 측정하여 보정해 주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA(Electron donating ability, %)값을 50% 감소시키는 IC_{50} 를 구하였다(14). 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

총 폴리페놀 측정

Dewanto 등(15)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 각 추출물 100 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL 를 가하였다. Na_2CO_3 용액을 가한 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 tannic acid(Sigma Chemical Co. USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다.

총 플라보노이드 측정

Jia 등(16)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 각 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL를 넣어 희석한 다음 5% NaNO_2 , 75 μL 를 넣고 5분간 방치하고 10% AlCl_3 , $6\text{H}_2\text{O}$ 를 150 μL 를 넣고 6분간 다

시 방치한 다음 1 M NaOH 500 μL 를 가하였다. 11분 후 510 nm에서 O.D.값을 측정하였다. 표준물질은 (+)-catechin hydrate(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하여 검량선 작성하였으며, 총 플라보노이드 함량은 시료 g 중의 μg (+)-catechin hydrate로 나타내었다.

5-HMF(5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde) 함량

Bae 등(17)의 방법을 변형하여 5-HMF (5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde) 함량을 분석하였다. 착즙액을 일정량을 취하여 ethyl acetate 50 mL로 3회 분획을 실시하였다. 여기서 얻은 ethyl acetate 층을 감압농축하고 증류수 5 mL를 넣어 완전히 용해시킨 후 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC(TSP Co. USA)로 분석하였다. 컬럼은 LC-18($4.6 \times 250\text{ mm}$) column, 이동상은 acetonitrile-water(20 : 80 v/v), 검출기는 UV detector로 280 nm로 하였고 유속은 0.8 mL/min, 주입량 20 μL 로 하였다. 표준물질은 5-HMF(Sigma-Aldrich Co., USA)를 사용하였다.

통계분석

모든 분석은 3회 반복 측정하였으며 측정값을 평균 \pm S.D.로 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

DPPH assay에 의한 항산화활성(IC_{50})

DPPH free radical을 이용하여 고온고압처리 조건별 마늘 착즙액의 전자공여능(EDA %)의 IC_{50} 값은 Table 1과 같다. IC_{50} 값은 고온고압처리 온도(X_1)와 시간(X_2) 2가지 변수에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며($p < 0.001$), 처리온도(X_1)에 따른 F-값은 193.88이고 처리시간(X_2)의 F-값은 63.52으로 온도가 시간보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났으며(Table 2) 항산화활성의 IC_{50} (Y)에 대한 온도(X_1)와 시간(X_2)간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다(Table 3).

$$Y_{\text{IC}_{50}} = 35.948 - 12.983X_1 - 6.1471X_2 + 1.285X_1^2 + 0.935X_2X_1 + 0.360X_2^2$$

$$(R^2 = 0.9069)$$

대조구인 생마늘의 IC_{50} 값은 112.29 mg/g이었지만 고온고압처리 온도 및 시간에 따라 110°C , 1시간 처리구의 19.91에서 150°C , 4시간 처리구의 1.95 mg/g 범위로 나타나 처리조건에 따라 생마늘에 비해 약 50배 이상의 항산화활성 증가를 보였다. 2시간 고온고압처리한 시료를 온도별로 비교해 보면, 110°C 에서는 19.18,

Table 1. IC_{50} values of EDA (%) of garlic juice with heat treatment conditions

(unit: mg/g)

Time (hr)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)				
	110	120	130	140	150
1	19.91 \pm 0.97	11.92 \pm 0.43	3.94 \pm 0.38	2.28 \pm 0.07	2.05 \pm 0.08
2	19.18 \pm 1.07	5.19 \pm 0.21	2.28 \pm 0.09	2.02 \pm 0.12	2.57 \pm 0.10
3	10.73 \pm 0.61	3.31 \pm 0.11	2.16 \pm 0.09	2.21 \pm 0.15	1.98 \pm 0.05
4	8.13 \pm 0.20	2.38 \pm 0.14	2.89 \pm 0.29	2.29 \pm 0.17	1.95 \pm 0.07
5	7.83 \pm 0.23	2.28 \pm 0.10	2.35 \pm 0.14	2.45 \pm 0.20	2.44 \pm 0.06

Untreated: 112.29 \pm 1.32 mg/g.

Table 2. Analysis of variance for IC₅₀, polyphenol, flavonoid and 5-HMF of heat treated garlic

	Variable ¹⁾	Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F-value
IC ₅₀	X ₁	3	1,522.58	507.53	193.88**** ²⁾
	X ₂	3	498.82	166.27	63.52***
polyphenol	X ₁	3	158,604	528.68	104.55***
	X ₂	3	31,736	105.79	20.92***
flavonoid	X ₁	3	1,528,344	509,448	70.32***
	X ₂	3	254,803	84,934	11.72***
5-HMF	X ₁	3	551,904,837	183,968,279	100.47***
	X ₂	3	55,162,058	18,387,353	10.04***

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

²⁾***: *p* < 0.001

120°C에서는 5.19, 130°C는 2.28, 140°C는 2.02, 150°C는 2.57 mg/g의 값을 나타내어 110에서 130°C까지는 온도가 증가할수록 항산화활성이 급격히 증가하였지만 140 및 150°C 처리 시에는 130°C 처리와 크게 차이가 나타나지 않았다. 또한 140°C까지는 증가하는 경향을 보였으나 150°C에서는 오히려 활성이 감소하는 것으로 나타나 150°C 정도의 고온으로 처리할 경우 유효성분들이 많이 파괴되는 것으로 생각된다. 140°C 고온고압처리한 경우를 시간별로 살펴보면 1시간 처리에서는 2.28, 2시간은 2.02, 3시간은 2.21, 4시간은 2.29 그리고 5시간의 경우 2.45±0.20 mg/g으로 나타났다. 고온고압처리시간이 2시간까지는 항산화활성이 증가하다가 3시간부터는 감소하는 경향을 나타내었는데 이러한 현상은 고온에서 뿐만 아니라, 장시간 처리시에도 항산화활성이 감소함을 의미한다. 대체적으로 온도와 시간이 증가할수록 IC₅₀값은 낮게 나타났지만, 140과 150°C, 5시간 처리구에서는 4시간 처리구보다 오히려 증가하는 경향을 나타내었는데 이러한 현상은 너무 높은 처리온도와 오랜 처리시간에 의해 탄화가 많이 진행되어 착즙 수율도 감소하고 유용성분이 많이 파괴되어 활성이 떨어진 것으로 생각된다. 따라서 항산화활성이 가장 높은 최적의 고온고압처리 조건의 선정과 상업화를 위한 경제적인 측면을 고려할 때 130°C, 2, 3시간 처리가 가장 적합한 처리조건으로 판단되었다. 한편, 임 등(18)은 서산마늘 에탄올 추출물과 물 추출물의 전자공여능은 각각 70.4, 63.0%로 보고하였고 신 등(19)의 연구에서는 전자공여능이 산지별로 큰 차이를 보이는 것으로 보고하였다. 본 연구에서의 난지형 마늘의 전자공여능은 생마늘에서 41.65%, 130°C, 2시간 처리구에서는 약 90% 이상의 전자공여능을 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

고온고압처리조건에 따른 총 폴리페놀의 함량변화는 Fig. 1과 같다. 총 폴리페놀 함량은 처리 온도와 시간, 2가지 변수에 대하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며(*p* < 0.001), 처리온도(X₁)에 따른 F-값은 104.55이고 처리시간(X₂)의 F-값은 20.92로 나타나 항산화활성과 마찬가지로 온도가 시간보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났으며(Table 2), 총 폴리페놀(Y)에 대한 온도(X₁)와 시간(X₂)간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다(Table 3).

$$Y_{\text{poly phenol}} = -18.978 + 15.670X_1 + 4.850X_2 - 1.790X_1^2 + 0.954X_2X_1 - 0.256X_2^2 \quad (R^2 = 0.8237)$$

총 폴리페놀 함량은 대조구인 생마늘이 2.52 mg/g이었으며, 고온고압처리 조건에 따라 2.22 mg/g에서 140°C, 2시간의 18.16 mg/g의 범위로 조건에 따라 약 7배 정도 증가하였다. 110, 120°C 처

리온도에서는 고온고압처리 시간의 증가에 따라 총 폴리페놀 함량도 증가하였으며, 130°C 처리구에서는 1시간 처리할 경우 9.07 mg/g로 증가했다가 2시간 처리구에서는 16.26 mg/g을 급격하게 증가하였고 3, 4 및 5 시간 처리구에서는 일정한 함량을 나타내었다. 140°C에서는 2시간 처리구에서 18.16 mg/g로 가장 높은 함량이 나타났다가 처리시간이 증가할수록 감소하였고 150°C에서는 1시간 처리구에서 17.11 mg/g으로 최대값을 보인 후 감소하는 경향을 나타내었다. 신 등(19)에 의하면 수용성 페놀화합물은 산지별로 다소 차이가 있었으며, 남해마늘이 24.0±0.45 mg/g로 가장 높은 함량을 나타내었다고 보고하였으며, 본 연구결과와 다소 차이가 있었는데, 시료의 제조방법과 품종별, 산지별 차이에서 기인된 것으로 생각된다.

폴리페놀 화합물은 한 분자 내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl 기를 가진 방향족 화합물로 자연계에 널리 분포되어 있는 물질로서 특히 차잎에 다량 포함되어 다양한 생리활성을 나타내는데(20), 본 연구 결과 마늘에 존재하는 여러 화합물들이 고온고압처리에 의해 폴리페놀 화합물로 전환되어졌거나, 고온고압처리로 인해 폴리페놀성 화합물의 추출이 용이하기 때문에 함량이 증가하는 것으로 생각되지만 구조적 전환에 대해서는 좀 더 연구해야 할 것으로 판단된다. 또한 장시간 고온고압처리로 인해 폴리페놀 함량이 감소한 것은 탄화가 심하게 일어나 수율이 감소하고, 폴리페놀 함량도 낮게 측정된 것으로 사료된다.

총 플라보노이드 함량 변화

각각의 처리조건에서 측정된 총 플라보노이드의 함량변화는 Fig. 1과 같다. 처리 온도와 시간, 2가지 변수에 대하여 유의적으

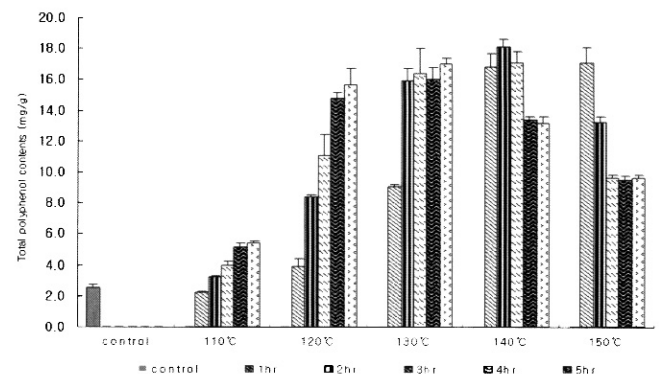


Fig. 1. Changes of total polyphenol contents of garlic juice with heat treatment conditions.

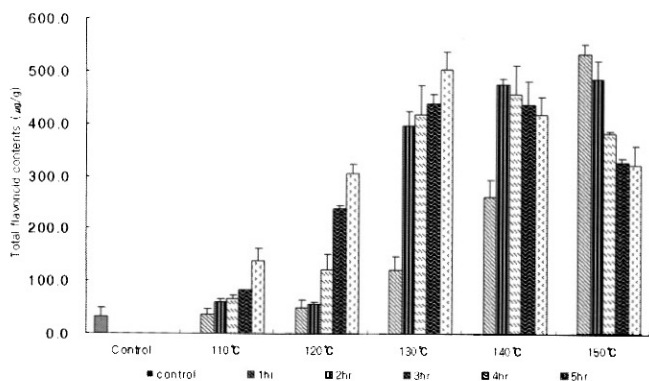


Fig. 2. Changes of total flavonoid contents of garlic juice with heat treatment conditions.

로 영향을 받는 것으로 나타났으며($p < 0.001$), 처리온도(X_1)에 따른 F-값은 70.32이고 처리시간(X_2)의 F-값은 11.72로 나타나, 온도에 의한 영향이 큰 것으로 나타났으며(Table 2), 총 플라보노이드 함량(Y)에 대한 온도(X_1)와 시간(X_2)간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다(Table 3).

$$Y_{\text{flavonoid}} = -483.238 + 300.471X_1 + 133.563X_2 - 24.573X_1^2 - 20.234X_2X_1 - 7.421X_2^2 \quad (R^2 = 0.7686)$$

Fig. 2에서 보는 바와 같이 총 플라보노이드 함량은 생마늘이 32.06 µg/g이었으나 150°C, 1시간 고온고압처리한 마늘에서 532.73 µg/g으로 가장 높은 함량을 보여 생마늘에 비해 약 16배 높은 함량을 나타내었다. 3시간의 고온고압처리에서 처리온도(110, 120, 130, 140 및 150°C)별 함량은 각각 64.12, 120.76, 418.38, 457.25 및 381.91 µg/g으로 130°C까지 급격하게 증가하였지만 150°C에서는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 110-130°C 범위의 온도에서는 처리온도와 시간이 증가할수록 총 플라보노이드 함량은 증가하였지만 140°C의 경우는 1, 2시간의 처리에서는 각각 260.09 및 476.09 µg/g으로 증가하였지만, 3시간부터는 감소하였다. 또한 150°C에서도 1시간에서 가장 높은 함량을 나타낸 후 처리시간의 증가에 따라 총 플라보노이드 함량은 급격히 감소하였다. 엽채류(시금치, 근대, 아욱)의 총 플라보노이드 함량은 데치기 시간이 증가함에 따라 유의적으로 감소한다는 보고(21)와 본 실험결과는 다르게 나타났는데 이는 열처리 조작에 차이가 있고, 엽채류와 마늘과의 성분차이에서 기인된 것으로 사료된다. 본 실험 결과 고온에서 단시간 열처리시 플라보노이드 함량의 증가를 기대할 수 있으나 고온에서 장시간 열처리는 탄화로 인한 유용성분 파괴가 발생되므로 적절한 고온고압처리가 중요한 것으로 판단되었다.

5-HMF 함량 변화

마이알 반응과 카라멜 반응의 중간생성물을 확인하고자 고온고압처리 조건에 따른 5-HMF의 함량을 측정한 결과는 Fig. 3과

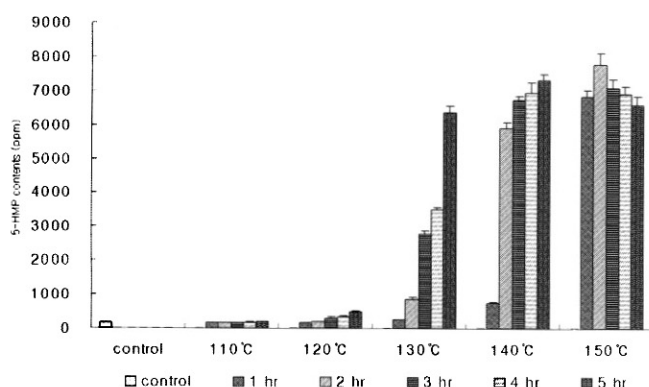


Fig. 3. Changes of 5-HMF contents of garlic juice with heat treatment conditions.

같다. 5-HMF 함량은 처리 온도와 시간의 변수에 대해 유의적으로 영향을 받으며($p < 0.001$), 처리온도(X_1)에 따른 F-값은 100.47, 처리시간(X_2)의 F-값은 10.04로 처리 온도가 시간보다 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며(Table 2). 5-HMF 함량(Y)에 대한 온도(X_1)와 시간(X_2)간의 회귀식은 다음과 같이 나타났다(Table 3).

$$Y_{5\text{-HMF}} = -2617.226 + 257.528X_1 + 998.185X_2 - 220.482X_1^2 - 104.715X_2X_1 - 123.801X_2^2 \quad (R^2 = 0.7686)$$

Fig. 3에서와 같이 5-HMF 함량은 대조구에서 165.3 ppm이었고 110 및 120°C에서는 변화가 작았지만 130°C에서는 고온고압처리 시간에 따라 각각 260.1, 863.2, 2,779.9, 3,487.1 및 6,350.5 ppm으로 시간이 증가할수록 급격히 증가하였다. 140°C에서는 고온고압처리 2시간에서 5,904.0 ppm으로 급격히 증가하였으며, 그 이후에는 시간에 크게 영향을 받지 않았으며, 150°C에서는 2시간 처리구에서 7,765.9 ppm으로 가장 높은 함량을 보인 후 3시간 처리구부터는 감소하였다. 5-HMF 농도는 가열처리의 정도에 따라서 증가하므로 우유 중의 5-HMF 정량이 우유가 받은 열처리의 평가에 이용되어져 왔으며(22), 숙지황 제조에서 5-HMF 함량의 안정화(23) 그리고 천문동을 대상으로 roasting 온도와 시간에 따른 5-HMF 함량변화를 측정된 결과 190°C 처리 시 최대함량을 나타내고 190°C 이상에서는 온도가 증가하더라도 함량이 증가에 영향을 주지 않았고 5, 10, 30, 60분 조건에서 처리한 결과 60분간 처리하였을 때 함량이 가장 높게 나타났다고 보고하였는데(24), 본 연구 결과에서도 140°C, 2시간 처리구에서 가장 높은 함량을 나타내어 특정시점에서 증가함을 확인하였고 140, 150°C로 장시간 처리한 결과 온도의 영향을 크게 받지 않는 결과를 얻을 수 있었다.

상관관계

고온고압처리 변수인 온도와 시간에 따른 항산화활성, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 5-HMF 간의 상관관계를 분석한 결과

Table 3. Correlation coefficients among IC₅₀, total polyphenol, flavonoid and 5-HMF contents of heat treated garlic

Factor	IC ₅₀	Polyphenol	Flavonoid	5-HMF
IC ₅₀	1.0000	-0.8083*** ¹⁾	-0.7201***	-0.5282**
Polyphenol	-	1.0000	0.8431***	0.4698*
Flavonoid	-	-	1.0000	0.8207***
5-HMF	-	-	-	1.0000

¹⁾*) : $p < 0.05$, **) : $p < 0.01$, ***) : $p < 0.001$.

Table 4. Regression coefficients of the second order polynomials for IC₅₀, polyphenol, flavonoid and 5-HMF of garlic juice with heat treatment conditions

Parameter ¹⁾	df	Estimate			
		IC ₅₀	Polyphenol	Flavonoid	5-HMF
Intercept	1	35.95*** ²⁾	-18.98***	-483.24***	-2617.23*
X ₁	1	-12.98***	15.67***	300.47***	257.53
X ₂	1	-6.15***	4.85***	133.56**	998.18
X ₁ × X ₁	1	1.28***	-1.79***	-24.57***	220.48*
X ₁ × X ₂	1	0.93***	-0.95***	-20.23***	104.72
X ₂ × X ₂	1	0.36**	-0.26	-7.42	-123.80
R-square	-	0.9069	0.8237	0.7686	0.8270

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

²⁾*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$.

는 Table 4와 같다. 고온고압처리 온도가 높고 시간이 길수록 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 5-HMF 함량은 유의적으로 증가하였고, 항산화효과 또한 증가하였다(Table 3). 처리조건에 따른 항산화활성(IC₅₀)과 폴리페놀, 플라보노이드 및 5-HMF 간의 상관계수는 각각 -0.8083, -0.7201 및 -0.5282($p < 0.01$)로 매우 높은 음의 상관관계를 보였으며, 플라보노이드와 폴리페놀 간의 상관계수는 0.8431($p < 0.001$)로 매우 높은 양의 상관을 나타내었다. 또한 5-HMF와 폴리페놀 및 플라보노이드와의 상관계수는 각각 0.4698($p < 0.05$) 및 0.8207($p < 0.001$)로 폴리페놀과 플라보노이드가 증가할수록 5-HMF도 증가하는 양의 상관관계를 나타내었다.

요 약

고온고압처리 조건에 따른 마늘의 이화학적 특성의 변화와 유용성분 변화를 확인하기 위하여 고온고압처리온도(110, 120, 130, 140 및 150°C)와 시간(1, 2, 3, 4 및 5 시간)을 변수로 처리한 후 DPPH assay에 항산화활성(IC₅₀), 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량 및 5-HMF를 측정하였고 이들의 상관관계를 분석하였다. 마늘은 항산화활성(IC₅₀)은 고온고압처리 온도와 시간의 증가에 따라 증가하였으며, 150°C, 4시간 처리구에서 1.95 mg/g으로 가장 낮아 생마늘에 비해 약 50배 이상 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 고온고압처리 온도와 시간의 증가에 따라 증가하였으며, 140°C, 2시간에서 18.16 ± 0.51 mg/g으로 생마늘에 비해 약 7배 정도 증가하였다. 총 플라보노이드 함량도 고온고압처리 온도와 시간의 증가에 따라 증가하였으며, 150°C, 1시간에서 532.73 ± 18.79 µg/g으로 생마늘보다 약 16배 높은 함량을 나타내었다. 5-HMF 함량은 110 및 120°C에서는 변화가 작았지만 130°C에서는 고온고압처리 시간의 증가에 따라 급격한 증가를 보였고 150°C, 2시간에서 7,765.9 ± 359.6 ppm로 가장 높은 함량을 나타내었다. 통계분석 결과 고온고압처리온도와 시간이 항산화성, 폴리페놀, 플라보노이드 및 5-HMF 함량에 유의적으로 영향을 미치며 ($p < 0.001$), 처리 시간보다 온도가 더 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 항산화성, 폴리페놀, 플라보노이드 및 5-HMF 함량 간의 상관관계도 높게 나타났다($p < 0.01$).

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린 21 사업(과제번호: 20050401-034-603-181-01-00)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Kwon SK. Organosulfur compounds from *Allium sativum* and physiological activities. *J. Appl. Pharmacol.* 11: 8-32 (2003)
2. Choi HK. A study on the antibacterial activity of garlic against *Escherichia coli* O157. *J. Korean Practical Arts Edu.* 14: 159-167 (2001)
3. Ruffin J, Hunter SA. An evaluation of the effect of garlic as an antihypertensive agent. *Ctyobios.* 37: 85-89 (1983)
4. Kim ES, Chun HJ. The anticarcinogenic effect of garlic juice against DMBA induced carcinoma on the hamster buccal pouch (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.* 22: 398-404 (1993)
5. Belman S. Onion and garlic oils inhibit tumor promotion. *Carcinogenesis* 4: 1063-1067 (1983)
6. Stoll A, Seebeck E. Chemical investigation on alliin, the specific principle of garlic. *Adv. Enzymol.* 11: 377-400 (1951)
7. Chung KS, Kim JY, Kim YM. Comparison of antibacterial activities of garlic juice and heat-treated garlic juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 540-543 (2003)
8. Kim DY, Kim KM, Hur CK, Kim ES, Cho IK, Kim KJ. Antimicrobial activity of garlic extracts according to different cooking methods. *Korean J. Food Pres.* 11: 400-404 (2004)
9. Jo JS, Do JR, Koo JG. Pretreatment conditions of *Porphyra yezoensis*, *Undaria pinnatifida* and *Laminaria religiosa* for functional alage-tea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 275-280 (1998)
10. 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)
11. Yildiz F, Westhoff D. Associative growth of lactic acid bacteria in cabbage juice. *J. Food Sci.* 46: 962-963 (1981)
12. Woo KS. Effects of high temperature and pressure treatment on the physicochemical characteristics of licorice (*Glycyrrhiza uralemsis* Fisch). MS thesis, Chungbuk University, Cheongju, Korea (2005)
13. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1203 (1958)
14. Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *J. Korean. Food Sci. Technol.* 27: 80-85 (1995)
15. Dewnto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
16. 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)
17. Bae SK, Lee YC, Kim HW. The browning reaction and inhibition of apple concentrated juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 6-13 (2001)
18. Im KJ, Lee SK, Park DK, Rhee MS, Lee, JK. Effects of garlic extracts on the nitrosation. *Agric. Chem. Biotechnol.* 43: 110-115

- (2000)
19. Shin JH, Ju JC, Kwen OC, Yang SM, Lee SJ. Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. Korean J. Food Nutr. 17: 237-245 (2004)
 20. Hong JJ, Ahn TH. Changes in total flavonoid and total polyphenol contents of leafy vegetables (spinach, chard and whorled mallow) by Blanching time. Korean J. Food Cookery Sci. 21: 190-194 (2005)
 21. Park GY, Lee SJ, Im JG. Effect of green tea catechin on cytochrome xanthine oxidase activities in liver and liver damage in streptozotocin induced diabetic rats. J. Korean Soc. Food Nutr. 26: 901-907 (1997)
 22. Renner E. Effect of differences in technology on the organoleptic and nutritive quality of UHT milk. Rivista della Societa Italiana di Scienza dell'Alimentazione 7: 499-504 (1978)
 23. Lee CK, Seo JM. Changes of the Constituents in the *Rehmanniae Radix Preparata* during processing. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 1748-1752 (2004)
 24. Kwak HM, Kim JY, Lim JH, Chung SK, Kwon SH, Jeong HH, Hur JM, Song KS. Changes in chemical composition and biological activities of oriental crude drugs by food processing techniques III-changes of HMF contents from roasted *Asparagi tuber*. Korean J. Pharmacogn. 36: 235-239 (2005)