

자색고구마를 사용한 항산화 활성이 강화된 동치미 냉면육수 제조

서원택¹ · 김한곤¹ · 이진성² · 조계만^{1*}

¹경남과학기술대학교 식품과학부, ²(주)나라바이오테크 부설 미생물연구소

Making of *Dongchimi Naengmyeun* Broth Which Has Enhanced Antioxidant Activity Using Purple Sweet Potato

Weon Taek Seo¹, Han Gon Kim¹, Jin Sung Lee², and Kye Man Cho^{1*}

¹Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju 660-758, Republic of Korea

²Research Institute of Microbiology, Naraebio Inc., Hwaseong 445-892, Republic of Korea

(Received March 14, 2011 / Accepted June 7, 2011)

Lactic fermented *dongchimi naengmyeun* broth which has enhanced antioxidative activity was developed. During lactic fermentation of *dongchimi naengmyeun* broth at 25°C, changes of total lactic acid bacteria, pH, acidity, soluble phenolics, and anthocyanins were investigated. After 72 h of fermentation, the stronger antioxidant activities were observed in *dongchimi naengmyeun* broth supplemented with purple sweet potato than those of control *dongchimi naengmyeun* broth which showing 96.80% in DPPH radical scavenging activity, 100.82% in ABTS⁺ scavenging activity, 7.77 in reducing power, and 6.89 in ferric reducing/antioxidant power, respectively. These high antioxidant activities related with higher contents of soluble phenolics and anthocyanins in *dongchimi naengmyeun* broth supplemented with purple sweet potato. The results suggest that the making of functional *dongchimi naengmyeun* broth by using high soluble phenolics and anthocyanins supplements such as purple sweet potato powder was possible.

Keywords: antioxidant activities, *dongchimi naengmyeun* broth, purple sweet potato, soluble anthocyanins, soluble phenolics

자색고구마는 일본 Kyushu 지방에서 자생하던 ‘산천자’라고 알려진 식물을 국내에 도입하여 재배한 것으로 새로운 천연 식용 색소자원으로 주목 받고 있다. 자색고구마에는 전분과 단백질 이외에도 비타민과 무기질 및 식이 섬유 등을 풍부하게 함유하고 있고 특히 생리 기능성 물질의 하나로 알려진 수용성 anthocyanins 색소를 다량 함유하고 있다(9, 21, 23, 27, 28). 따라서 고품질의 기능성 식품이나 건강보조제품의 원료로서 활용이 기대되고 있으며 자색고구마를 이용한 요구르트 제조(8, 16, 29) 및 민속주 제조(11), 설기떡 제조(1), 제빵 제조(24) 등에 관한 연구가 보고되어 있다.

한국의 전통 발효식품 가운데 하나인 동치미는 물을 많이 사용하고 양념류를 적게 사용하여 발효시키는 국물 김치 형태로 맛이 담백하며 국물에 생성된 젖산을 비롯한 각종 유기산

과 이산화탄소가 주는 독특한 맛과 상쾌한 탄산미로 예로부터 즐겨 찾던 음식 가운데 한 종류이다(35). 동치미는 주로 겨울철에 무를 통째로 담그는 통동치미가 일반적이었으나 냉장고 등의 보급이 일반화 된 후 계절에 상관없이 무를 적당하게 잘라서 동치미를 담그고 있다(2). 냉면은 예로부터 겨울철에 즐겨 찾는 음식이었지만 최근에 와서는 여름철의 대표음식이 되어가고 있다. 문화관광부는 2006년 7월26일 한국민족문화상징 100개 선정해 발표를 하였는데, 그 가운데 냉면이 소주, 막걸리 등과 함께 우리나라를 상징하는 음식으로 선정된 바 있다.

동치미 냉면육수에 관한 연구는 냉면용 동치미액 제조를 위한 항균 활성이 높은 젖산균의 선발(40), 냉면육수용 동치미 제조(2) 등이 보고되어 있다. 동치미 냉면육수는 소비자가 가장 선호하는 육수의 한 가지 형태임에도 불구하고 산업적으로 동치미 냉면육수를 제조하는 회사는 없을 뿐만 아니라 항산화 활성 등의 기능성을 고려한 동치미 냉면육수 제조에 대한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 저자들은 기능성이 잘 알려진

* For correspondence. E-mail: kmcho@gntech.ac.kr; Tel: +82-55-751-3272; Fax: +82-55-751-3279

자색고구마를 이용하여 기호성과 영양뿐만 아니라 항산화활성이 높은 기능성 냉면육수 개발을 시도하였으며, 얻어진 결과의 일부를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료 및 시약

동치미 냉면육수 제조를 위한 주요 재료인 무 및 배추, 마늘, 배, 소금, 설탕, 생강, 파, 밀가루 등은 진주시 소재 지역에서 구입하였고 자색고구마는 함양군 소재 함양영농조합법인에서 구입하였다. 자색고구마는 세척하여 약 5 mm 두께로 절단한 후 100°C에서 1시간씩 5회 증자하고 60°C에서 3일간 열풍건조한 후 100 mesh 이하가 되도록 분쇄하여 사용하였다.

미생물 배양용 배지는 Difco 사(USA) 제품을 사용하였다. Folin-Cicalteu phenol, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), potassium ferricyanide, trichloroacetic acid, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS), 2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ)은 Sigma-Aldrich 사(USA) 제품을 사용하였다. 기타 시약은 필요에 따라 분석용 1급 또는 특급시약을 구입하여 사용하였다.

동치미 냉면육수 발효

무 15.0%, 배추 3.75%, 마늘 1.87%, 배 0.45%, 소금 0.93%, 설탕 0.93%, 생강 0.18%, 파 0.93%, 밀가루 0.93%, 및 정제수 75.03% 중량비율로 재료를 정량하고 호모믹스기로 분쇄 혼합하여 8 L 플라스틱용기에서 총 부피가 4 L 되도록 담기하여 일반 동치미 냉면육수(G-DNB, general *dongchimi naengmyeum* broth without purple sweet potato powder) 발효를 위한 발효물을 조제하였으며, 자색고구마를 첨가하는 동치미 냉면육수(PSP-DNB, *dongchimi naengmyeum* broth supplemented with purple sweet potato powder)는 G-DNB에서 밀가루 대신 같은 비율로 자색고구마 분말을 첨가하여 발효물을 조제하였다. 25°C 항온기에서 72시간 발효 시키면서 12시간 간격으로 배지를 200 ml씩 채취하여 분석을 위한 시료로 사용하였다.

젖산균수

발효 중 젖산균수 변화는 채취한 시료를 멸균생리수로 적당히 희석하여 MRS 평판배지에 도말하고 30°C 항온기에서 48시간을 배양 후 젖산균 특유의 집락을 계수하여 젖산균수로 계산하였다.

pH 및 산도

발효 중 pH 변화는 pH meter (model 3510, Jenway, UK)를 사용하여 측정하였다. 발효 중 산도 변화는 AOAC (3) 방법으로 측정하였다. 즉, 채취한 시료 10 ml를 0.1 N-NaOH 용액으로 pH 8.2±0.1까지 중화시키는데 소요된 0.1 N-NaOH의 소비 ml 수를 구하고 아래 식에서와 같이 젖산(lactic acid) 양으로 환산하여 총산도로 표시하였다.

$$\text{산도}(\%, \text{lactic acid}) = (0.009 \times \text{ml of } 0.1 \text{ N NaOH} \times F \times 100) \div \text{Sample (ml)}$$

F : factor of 0.1 N NaOH

Brix 당도

발효 중 brix(°Bx) 변화는 채취한 시료를 원심분리기(Hanil micro-12, Hanil Co., Korea)로 원심분리한 후 상등액을 취하여 굴절당도계(N-1a, Atago Co., Japan)를 이용하여 °Bx를 측정하였다.

수용성 phenolics

발효 중 수용성 phenolics 변화는 Folin-Ciocalteu법(39)으로 측정하였다. 채취한 시료를 원심분리하고 상등액을 10-100 배 희석하여 500 µl를 시험관에 분주한 다음 25% Na₂CO₃ 용액 500 µl를 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2N-Folin-Ciocalteu phenol 시약 250 µl 첨가하여 혼합한 다음 상온에서 1시간 동안 정치하여 발색시켰다. 발색된 청색을 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co., USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 수용성 phenolics 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 구하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하여 평균값으로 나타내었다.

수용성 anthocyanins

발효 중 수용성 anthocyanins 함량은 Francis (10)가 제안한 방법으로 Lambert-Beer 법칙을 적용하여 정량하였다. 채취한 시료를 원심분리하고 상등액을 1 ml를 두께 10 mm quartz cell에 분주한 다음 분광광도계 530 nm에서 측정한 후 아래와 같은 식으로 anthocyanin 함량을 구하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하여 평균값으로 나타내었다.

수용성 anthocyanins

$$= \text{흡광도}(OD_{530nm}) \div 98.2 \text{ (anthocyanins의 흡광계수)}$$

DPPH 라디칼 소거 활성

발효액을 원심분리하여 얻은 상등액을 0.45 µm PVDF 필터로 여과하여 항산화활성 측정을 위한 시료로 준비하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 Blois의 방법(4)을 약간 변형하여 측정하였다. 시료 200 µl에 1.5×10⁻⁴ M DPPH 에탄올 용액 800 µl 가하고 vortex로 균일하게 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 200 µl를 취하여 사용하였고 양성 대조구 실험은 상용항산화제인 ascorbic acid (5 mg/ml)를 이용하여 동일한 방법으로 실시하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 다음 식에서와 같이 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 백분율(%)로 표시하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성(%)

$$= [1 - (\text{실험구의 흡광도} \div \text{음성 대조구의 흡광도})] \times 100$$

Table 1. Changes of total lactic acid bacteria (LAB) during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth

Sample	Total viable LAB (CFU/ml) ¹⁾						
	Fermentation time (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
G-DNB ²⁾	5.5×10 ^{4a}	2.7×10 ^{8c}	9.1×10 ^{7ab}	7.9×10 ^{8d}	2.2×10 ^{8a}	3.4×10 ^{9c}	2.4×10 ^{9c}
PSP-DNB ³⁾	1.3×10 ^{5bc}	2.9×10 ^{8c}	1.5×10 ^{8d}	1.1×10 ^{9d}	4.1×10 ^{8b}	2.2×10 ^{9b}	1.3×10 ^{9a}

¹⁾ Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-d} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾ G-DNB, general *dongchimi naengmyeum* broth.

³⁾ PSP-DNB, *dongchimi naengmyeum* broth supplemented with purple sweet potato powder.

ABTS⁺ 라디칼 소거 활성

7 mM ABTS⁺ 5 ml와 280 mM K₂S₂O₈ 5 ml를 섞어 어두운 곳에 14-16시간 방치시킨 후, 이를 무수 에탄올과 약 1:88 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.7±0.02가 되도록 조절한 ABTS⁺ 용액을 사용하였다. 여과한 시료 100 µl와 ABTS⁺ 용액 900 µl를 혼합하여 30초간 진탕한 후 3분간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였다(36). ABTS cation (ABTS⁺) 라디칼 소거활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래 식에서와 같이 백분율(%)로 표시하였고 양성 대조구 실험은 상용항산화제인 ascorbic acid (5 mg/ml)를 이용하여 동일한 방법으로 실시하였다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

$$\text{ABTS}^+ \text{ 라디칼 소거 활성(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도} \div \text{음성 대조구의 흡광도})] \times 100$$

환원력

여과한 시료 250 µl에 sodium phosphate buffer (200 mM, pH 6.6) 250 µl와 1% potassium ferricyanide 250 µl를 혼합시킨 후 혼합물을 50°C에서 20분 동안 반응시켰다. 반응액에 trichloroacetic acid (10%, w/v) 250 µl 첨가하고 6,500×g에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리 한 상등액 500 µl에 탈이온수 500 µl와 1% ferric chloride 1,000 µl를 첨가시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(14). 양성 대조구 실험은 상용항산화제인 ascorbic acid (5 mg/ml)를 이용하여 동일한 방법으로 실시하였다. 각 실험은 3회 반복한 평균값으로 나타내었다.

FRAP (Ferric Reducing/antioxidant Power) assay

FRAP assay은 Kim 등(19)의 방법을 사용하여 측정하였다. FRAP 시약은 acetate buffer (30 mM, pH 3.6), TPTZ 시약 (10 mM in 40 mM HCl) 및 FeCl₃ 용액(20 mM in DW)을 10:1:1의 부피 비율로 혼합하여 조제 하였으며, 37°C에서 15분간 항온하여 예열하였다. 시료 50 µl와 FRAP 시약 950 µl를 시험관에 분주한 후 37°C에서 15분간 반응시키고 분광광도계(Spectronic 2D)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조구 실험은 상용항산화제인 ascorbic acid (5 mg/ml)를 이용하여 동일한 방법으로 실시하였다.

통계분석

각 실험은 3회 반복 수행하여 평균값으로 나타내었고, 각 실험결과로부터 ANOVA (analysis of variance)를 구한 후 Duncan's multiple test을 이용하여 각 군의 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

동치미 냉면육수 발효 중 젖산균수

동치미 냉면육수의 발효 중 젖산균수의 변화는 Table 1과 같았다. 담금 직후의 젖산균수는 각각 5.5×10⁴ CFU/ml (G-DNB) 및 1.3×10⁵ CFU/ml (PSP-DNB) 있었으며, 발효가 진행됨에 따라 증가하여 발효 60시간째 3.4×10⁹ CFU/ml (G-DNB) 및 2.2×10⁹ CFU/ml (PSP-DNB)로 최대균수를 나타낸 후 발효종기에는 약간 감소하였다. 발효가 진행됨에 따라 젖산균은 증가하여 최고치에 달한 후 서서히 감소하는 회분배양에서와 같은 일반적인 증식양상을 나타내고 있었다(13, 17, 33).

Table 2. Changes of pH during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth

Sample	pH ¹⁾						
	Fermentation time (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
G-DNB ²⁾	5.80 ^{cd}	5.75 ^e	4.12 ^a	3.78 ^c	3.62 ^{ab}	3.76 ^b	3.63 ^f
PSP-DNB ³⁾	5.87 ^a	5.60 ^f	4.11 ^a	3.87 ^b	3.71 ^d	3.8 ^c	3.64 ^e

¹⁾ Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-f} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

For abbreviations, see Table 1.

Table 3. Changes of acidity during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth

Sample	Acidity (% as lactic acid) ¹⁾						
	Fermentation time (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
G-DNB ²⁾	0.04 ^d	0.07 ^c	0.24 ^c	0.41 ^a	0.52 ^{ab}	0.50 ^{cd}	0.56 ^b
PSP-DNB ³⁾	0.06 ^b	0.07 ^c	0.26 ^{bc}	0.40 ^b	0.50 ^b	0.49 ^d	0.52 ^a

¹⁾ Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-c} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. For abbreviations, see Table 1.

동치미 냉면육수 발효 중 이화학적 특성

동치미 냉면육수 발효 중 pH의 변화는 Table 2와 같았다. 동치미 냉면육수 담금 직후 각각의 pH는 5.8 (G-DNB) 및 5.87 (PSP-DNB)이었다. 담금 직후 pH는 큰 차이를 보이지 않았으며, 발효 36시간까지 급속히 감소하였고 이 후에는 서서히 감소하여 발효종기에 각각의 pH는 3.63 (G-DNB) 및 3.64 (PSP-DNB)이었다. 이와 같은 pH 감소는 젖산균 증식에 따른 젖산발효의 결과이다. 동치미 냉면육수의 최적숙기를 pH 3.9±0.1라 볼 때(30), 두 시료 모두 발효 60시간에서 pH 3.8에서 3.9로 감소하였으므로 최적 발효시간은 48-60시간으로 판단되었다. 이러한 결과는 김치 발효에서 초기에 급격한 pH의 감소를 나타내는 이전의 결과와 유사한 양상을 나타내고 있었다. 그러나 동치미 발효에서 전체 발효기간 동안 pH 4.0 이하로 낮아지지 않았다는 Kim과 Jang (17)의 연구와는 다른 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 발효온도와 젖산발효 기질이 되는 유리당 함량 차이에 기인한 것으로 판단할 수 있었다. Kim과 Jang (17)은 10°C에서 발효를 진행시킨 반면 본 연구에서는 이보다 높은 온도인 25°C에서 발효를 진행시킨 결과이다. 또한 Cho 등(7)은 25°C에서 발효후기에 산 생성이 우수한 *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sakei* 및 *Weissella korenesis*가 우점종이 되는 것으로 보고한 바 있는데, 본 연구에서도 비교적 고온인 25°C 발효 시 발효 후기에 산 생성이 우수한 균이 우점함으로써 pH가 4.0 이하로 낮아진 것으로 추정되었다.

동치미 냉면육수 발효 중 산도의 변화는 Table 3과 같았다. 동치미 냉면육수의 담금 직후 산도는 각각 0.04% (G-DNB) 및 0.06% (PSP-DNB)로 큰 차이를 보이지 않았으나, 발효이 진행이 되면서 산도가 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 동치미 냉면육수의 발효 12시간까지는 산도의 변화가 크게 없

었으나, 발효 24시간에는 0.24% (G-DNB) 및 0.26% (PSP-DNB)로 산도가 크게 증가하였고 이후 발효 72시간까지 산도가 완만하게 증가하는 것을 볼 수 있었다. pH가 낮아짐에 따라 산도는 증가하였는데, 이는 발효가 진행되면서 젖산균에 의해 생성된 젖산에 기인한 것으로 판단되었다(7, 12). 동치미의 경우 최적숙기 때 총산은 0.3-0.4%로 본 연구에서는 발효 36시간에서 생성된 총산이 0.3-0.4%이었으므로 최적 발효시간은 36시간 이상이면 충분할 것으로 판단되었다(19).

동치미 냉면육수 발효 중 °Bx의 변화를 살펴본 결과 Table 4와 같았다. 담금 직후 동치미 냉면육수의 °Bx은 각각 4.8°Bx (G-DNB) 및 5.0°Bx (PSP-DNB)로 큰 차이를 보이지 않았다. 동치미 냉면육수의 °Bx는 발효 24시간까지는 전반적으로 큰 변화를 보이지 않았지만, 발효가 진행됨에 따라 약간 감소하여 발효종기(72 h)에는 두 시료 모두 4.3°Bx 있었다. Oh 등 (34)은 순무 동치미의 가용성 고형분 함량 변화를 발효초기에는 변화가 거의 없다가 발효 중기 증가한 후 발효후기에는 감소한다고 보고하였으나, 본 실험결과에서는 가용성 고형분 전체적으로 약간 감소하였다.

동치미 냉면육수 발효 중 수용성 phenolics 및 anthocyanins

동치미 냉면육수 발효 중 수용성 phenolics 함량의 변화를 살펴본 결과 Fig. 1과 같았다. 수용성 phenolics 함량은 발효기간 동안 거의 변화가 없었다. G-DNB의 경우 0.21 g/L에서 0.23 g/L 수준이었으며, PSP-DNB의 경우에는 1.21 g/L에서 1.26 g/L 수준으로 PSP-DNB가 G-DNB가 약 6배 정도 높은 함량을 나타냈었다.

Woo 등(42)은 동결건조 발아현미 추출분말(GBREP)의 첨가량에 따른 배추김치 발효 중 발효 적숙기까지 폴리페놀 함량이 증가하다가 과숙기에 일정하게 유지된다고 보고하였으

Table 4. Changes of brix° during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth

Sample	Brix (°) ¹⁾						
	Fermentation time (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
G-DNB ²⁾	4.8 ^a	4.8 ^a	4.8 ^a	4.6 ^b	4.6 ^c	4.4 ^a	4.3 ^c
PSP-DNB ³⁾	5.0 ^c	4.8 ^a	4.8 ^d	4.6 ^b	4.6 ^c	4.4 ^a	4.3 ^c

¹⁾ Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-c} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. For abbreviations, see Table 1.

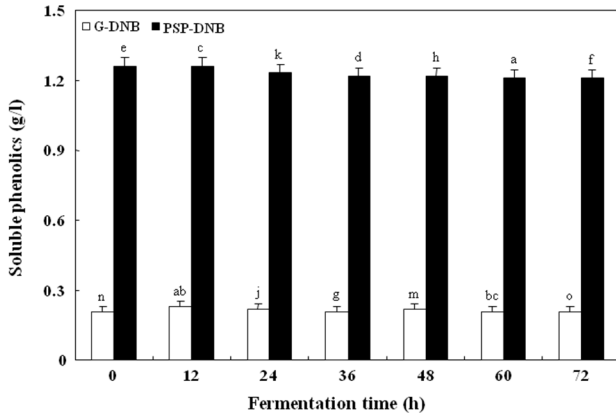


Fig. 1. Soluble phenolics contents during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth. For abbreviations, see Table 1. Values indicate the mean's of three replications ($n=3$). ^{a-o} Means with the different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. Ascorbic acid is positive control.

며, Cho 등(5)은 한방감주의 젖산발효 동안 수용성 phenolics 함량은 약간 감소한다고 보고한 바 있어 본 연구결과와는 상이하였다. 식물체내 페놀화합물은 2차 대사산물로서 항산화 및 항균 등 다양한 생리활성을 나타내며, 특히 항산화 활성은 phenolics 화합물이 관여하는 것으로 보고되고 있다(26, 37).

동치미 냉면육수 발효 중 수용성 anthocyanins 함량은 Fig. 2 와 같았다. 발효 기간 동안 거의 변화가 없었다. G-DNB의 경우 총 anthocyanins 함량은 발효가 진행됨에 따라 0.24 g/L에서 0.33 g/L 수준으로 거의 변화가 없었으나, PSP-DNB의 경우에는 발효초기 2.80 g/L에서 발효종기 8.59 g/L로 급격히 증가하여 발효종기에 anthocyanins 농도는 자색고구마를 첨가

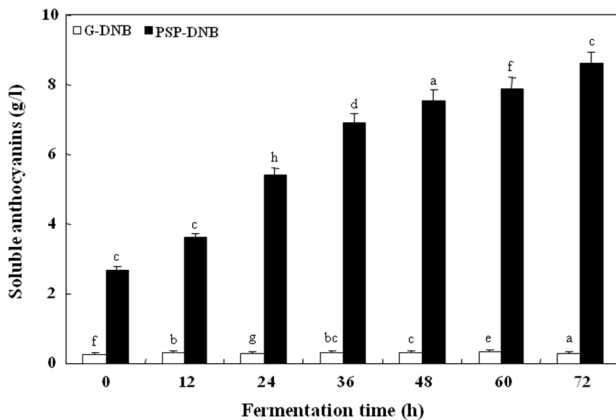


Fig. 2. Soluble anthocyanins contents during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth. For abbreviations, see Table 1. Values indicate the mean's of three replications ($n=3$). ^{a-h} Means with the different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. Ascorbic acid is positive control.

하는 경우가 약 26배 높음을 알 수 있었다.

일반적으로 자색고구마에 함유되어 있는 anthocyanins 색소 성분은 pH가 낮은 산성쪽에서 안정한 것으로 보고되고 있으며(22), Jung과 Ju (16)는 자색고구마를 첨가한 요구르트 제조에서 젖산균 생육에 의한 pH가 낮아짐으로서 적색도가 증가한다고 보고하였다. Chun 등(8) 역시 자색고구마를 첨가한 요구르트 제조에서 적색도의 증가는 발효 중 pH가 낮아진 원인으로 판단하였다. 한편 자색고구마의 phenolics 함량뿐만 아니라 anthocyanins 색소가 항산화 활성과 밀접한 관련이 있다고 보고하였다(25, 41).

동치미 냉면육수 발효 중 항산화 활성

동치미 냉면육수 발효 중 항산화 활성은 Figs. 3-6과 같았다. 발효 중 항산화 활성은 거의 변화가 없었으나, G-DNB보다는 PSP-DNB가 높은 활성을 나타냈다.

동치미 냉면육수 발효 중 DPPH 라디칼 소거활성은 Fig. 3 과 같았다. 전체적으로 발효 전 기간 동안 활성의 변화는 거의 없었으며, PSP-DNB가 G-DNB보다는 약 4.2배 정도 높은 활성을 나타내었다. G-DNB의 경우 15.58%에서 23.65%로 증가하였는데 이는 발효 중 생성된 유기산에 기인한 것으로 판단되었다. PSP-DNB의 경우에는 ascorbic acid의 소거활성 98.86% (5 mg/ml)와 유사한 96.80%에서 98.83% 수준이었다.

Blois (4) 및 Joung 등(15)의 보고에 따르면 수소전자 공여 능력은 인체 내에서 지질, 단백질과 결합하여 각종 질병 및 노화를 일으키는 산화성 free radical의 반응을 정지시키는 것으로 알려져 있으며, 일반적으로 phenolics 및 anthocyanins 함량과 항산화 활성 간에 상관관계가 있는 것으로 널리 알려져 있는데, 본 실험에서도 이러한 경향과 동일한 결과를 보였다. Teow 등(41) 및 Kwak 등(25)은 자색고구마의 DPPH 라디칼 소거활성은 자색고구마의 폴리페놀과 anthocyanins 색소에 의

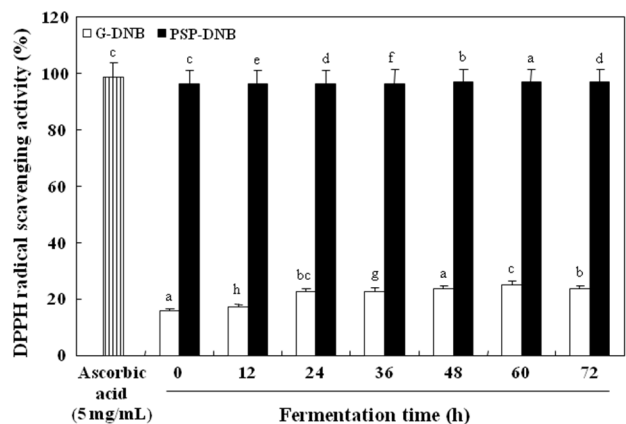


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth. For abbreviations, see Table 1. Values indicate the mean's of three replications ($n=3$). ^{a-g} Means with the different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. Ascorbic acid is positive control.

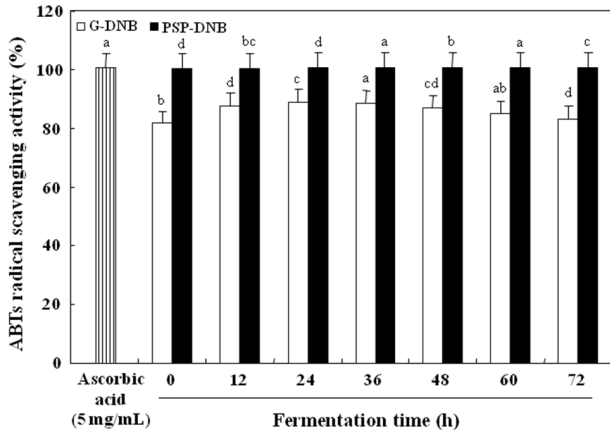


Fig. 4. ABTS⁺ radical scavenging activity during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth. For abbreviations, see Table 1. Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-d} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Ascorbic acid is positive control.

한 것으로 보고 하였다. Kim 등(20)은 매실을 첨가한 김치 발효에서 phenolics 함량의 변화와 DPPH 라디칼 소거활성의 변화가 유사한 경향을 나타낸 것으로 보아 매실 첨가 김치의 DPPH 라디칼 소거활성은 phenolics 함량과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고 하였으며, Woo 등(42)은 발효현미 첨가 배추 김치 발효 중 phenolics 함량이 증가함으로써 DPPH 라디칼 소거활성도 증가한다고 보고 하였다. 특히, Mo 등(32)은 배추 김치 제조시 흑미 추출물 첨가 실험에서 대조구보다 유의적으로 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 확인하였는데, 이는 흑미 유래 폴리페놀 및 anthocyanins에 기인한 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 대조구(control)보다 모든 실험구에서 DPPH 라디칼 소거활성이 높은 이유는 자색고구마의 수용성 phenolics와 anthocyanins 색소에 기인한 것으로 추정할 수 있었다.

동치미 냉면육수 발효 중 ABTS⁺ 라디칼 소거활성 변화는 Fig. 4와 같았다. 발효 기간을 통하여 활성 변화는 거의 없었다. G-DNB의 경우 81.73%에서 88.74% 수준이었다. PSP-DNB의 경우에는 ascorbic acid의 100.58% (5 mg/ml)와 유사한 100.41%에서 100.82% 수준으로 G-DNB보다 약 1.1배 정도 높은 활성을 나타내고 있었다.

ABTS⁺ 라디칼 소거활성이 DPPH 라디칼 소거활성보다 더 높게 나타나는 이유는 ABTS 방법은 DPPH 방법과 비교하여 수소공여항산화제(hydrogen-donating antioxidant)제로서의 능력과 연쇄절단형 항산화제(chain-breaking antioxidant)로서의 능력 모두를 측정할 수 있고 수용성물질(수용상) 및 지용성물질(유기상) 모두에 적용이 가능한 장점이 있기 때문에(36) ABTS⁺ 라디칼 소거활성이 더 높게 나타난 것으로 판단하였다. Teow 등(41) 및 Kwak 등(25)은 자색고구마의 ABTS⁺ 라디칼 소거활성 역시 자색고구마의 phenolics와 anthocyanins 색소에 의한 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 폴리페놀 혹은 플라보노이드, anthocyanins 함량이 높을수록 ABTS⁺ 라디칼 소

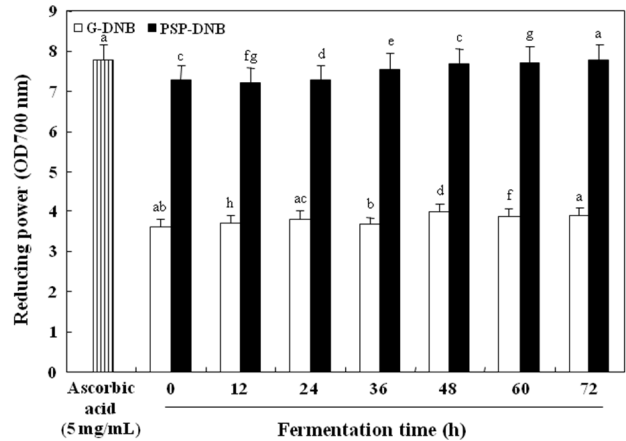


Fig. 5. Reducing power during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth. For abbreviations, see Table 1. Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-h} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Ascorbic acid is positive control.

거활성도 높게 나타나는 것을 의미하며, 이는 본 실험의 결과와도 유사한 경향을 보였다.

동치미 냉면육수 발효 중 환원력 변화를 살펴본 결과 Fig. 5와 같았다. 발효기간 동안 환원력은 약간 증가하였으며, PSP-DNB가 G-DNB보다는 약 2.0배 정도 활성이 높았다. G-DNB의 경우 3.63에서 3.90 수준 있었으며, PSP-DNB의 경우에는 ascorbic acid의 7.77 (5 mg/ml)과 유사한 7.26에서 7.77 수준이었다.

전자를 제공하는 능력이 클수록 환원력이 증가되며, 흡광도 값이 상승하게 된다. 시료가 Fe³⁺에서 Fe²⁺로 환원하는 능력은 항산화 활성을 측정하는데 사용할 수 있는데, 이때 환원제가

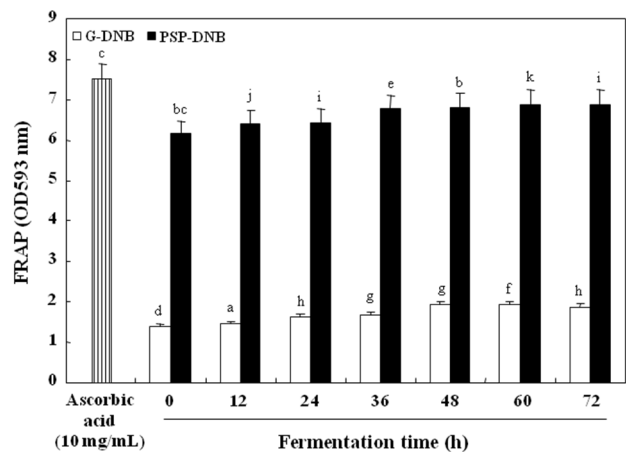


Fig. 6. Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) during fermentation of *dongchimi naengmyeum* broth. For abbreviations, see Table 1. Values indicate the mean's of three replications (n=3). ^{a-k} Means with the different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Ascorbic acid is positive control.

제공하는 수소원자가 유리 라디칼 사슬을 분해함으로써 환원력이 나타나게 된다(14). Kwak 등(25)은 자색고구마의 환원력은 전자 공여를 통한 라디칼 소거 활성과 관련성이 높기 때문에 환원력은 DDPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거 활성과 비례적이며, 그 값은 시료의 phenolics 및 anthocyanins의 함유량에 비례하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 G-DNB보다 PSP-DNB가 DDPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거 활성과 비례적으로 환원력이 높았으며, 이는 자색고구마의 수용성 phenolics와 자색고구마 유래 anthocyanins 색소에 의한 것으로 추정되었다.

동치미 냉면육수 발효 중 FRAP assay를 살펴본 결과는 Fig. 6과 같았다. 발효 진행 동안 활성은 약간 증가하였으며, PSP-DNB의 경우 G-DNB보다는 약 3.6배 정도 활성이 높았다. G-DNB의 경우 1.38에서 1.92 수준 있었으며, PSP-DNB의 경우에는 ascorbic acid의 7.52 (5 mg/ml) 보다는 약간 낮은 6.15에서 6.89 수준이었다.

FRAP assay는 colored ferrous-TPTZ 복합체 의해 ferric ion이 ferrous로 전환되어지는 과정을 분석함으로써 시료 내의 총 항산화력을 측정하는 방법으로 낮은 pH에서 환원제 의해 ferric-TPTZ (Fe³⁺-TPTZ) 복합체가 ferrous-TPTZ (Fe²⁺-TPTZ)으로 환원되는 원리에 기초하여 대부분의 항산화제가 환원력을 가지고 있다는 점에 착안하여 고안되어진 방법이다(18). Kwak 등(25)은 자색고구마의 FRAP assay는 자색고구마의 phenolics와 anthocyanins 색소에 의한 것으로 판단하였다. 역시 G-DNB보다 PSP-DNB에서 FRAP가 높은 것은 자색고구마 유래 수용성 phenolics와 anthocyanins 색소에 의한 것으로 추정되었다.

앞으로 좀 더 많은 생리활성 검정실험이 수행되어야 할 것으로 사료되나 자색고구마의 생리활성인 항산화 활성(25, 41), ACE 저해활성(25), 간 손상 보호효과(6) 및 젖산균의 장내개선 등(31, 38)의 기능성을 가질 것으로 판단되며, 본 연구에 의해 개발된 자색고구마 첨가 동치미 냉면육수와 관련한 결과는 현대인의 건강 지향적 성향에 맞는 새로운 기능성 제품 개발을 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

적요

기능성이 밝혀져 있는 자색고구마를 첨가하여 기호성과 영양뿐만 아니라 인체에 유익한 기능성 동치미 냉면육수 개발을 위한 연구를 수행하였다. 자색고구마를 첨가한 동치미 냉면육수 발효 과정에서 젖산균, pH, 산도, 유기산, 수용성 phenolics, anthocyanin, 및 항산화 활성 변화를 조사하였다. 특히, 자색고구마를 첨가한 경우 발효종기(72시간)에 수용성 phenolics 및 anthocyanins 함량은 각각 1.26 g/L 및 8.59 g/L로 대조실험과 비교하여 각각 5배 및 34배 높았다. DPPH 라디칼 소거 활성 96.80%, ABTS⁺ 라디칼 소거활성 100.82%, 환원력 7.77 (OD₇₀₀), FRAP 6.89 (OD₅₉₃)로 대조실험과 비교하여 각각 4배, 1.2배, 2배 및 3.6배 높은 항산화 활성을 나타내었다. 이상의 결과로부터 동치미 냉면육수의 항산화 활성은 자색고구마의 수용성 phenolics와 anthocyanins과 밀접한 관련이 있는

것으로 판단되었으며, 항산화 활성이 증가된 기능성 동치미 냉면육수 제조가 가능하였다.

감사의 말

본 연구는 농심그룹 재단법인 울촌재단에서 시행한 2009년 식품분야 기초연구과제 지원 사업의 재원으로 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Ahn, G.J. 2010. Quality characteristics of sulgidduk prepared with amount of purple sweet-potato powder. *Korean J. Cul. Res.* 16, 127-136.
- Ann, Y.G. 2001. Dongchimi fermentation for nangmyeon "Changes of chemical property during fermentation". *Korean J. Food Nutr.* 14, 145-149.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 17th ed. Method 942.15. Association of Official Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.
- Blois, M.S. 1954. Antioxidant determination by the of a stable free radical. *Nature* 26, 1199-1204.
- Cho, K.M., B.Y. Ahn, and W.T. Seo. 2008. Lactic acid fermentation of gamju manufactured using medicinal herb decoction. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40, 649-655.
- Cho, Y.J., H.A. Kim, M.A. Bang, Y.B. Oh, B.C. Jeon, Y.H. Moon, and W.J. Jeong. 2003. Protective effect of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) on hepatotoxicity rats induced by carbon tetrachloride. *Korean J. Food Cult.* 18, 202-210.
- Cho, K.M., R.K. Math, S.M.A. Islam, W.J. Lim, S.Y. Hong, J.M. Kim, M.G. Yun, J.J. Cho, and H.D. Yun. 2009. Biodegradation of chlorpyrifos by lactic acid bacteria during kimchi fermentation. *J. Agric. Food Chem.* 57, 1882-1889.
- Chun, S.H., S.U. Lee, Y.S. Shin, K.S. Lee, and I.H. Ru. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J. Food Nutr.* 13, 71-77.
- Fan, G., Y. Han, Z. Gu, and F. Gu. 2008. Composition and color stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. *Food Chem.* 41, 1412-1416.
- Francis, F. 1989. Food colourants: Anthocyanins. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 28, 273-314.
- Han, K.H., J.C. Lee, G.S. Lee, J.H. Kim, and J.S. Lee. 2002. Manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using purple-fleshed sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34, 673-677.
- Hwang, J.H. and M.S. Jang. 2001. Physicochemical properties of dongchimi added with jasoja (*Perillae semen*). *Korea J. Soc Food Cookery Sci.* 17, 555-564.
- Jang, M.S. and N.Y. Kim. 1997. Physicochemical and microbiological properties of dongchimi added with citron (*Citrus junos*). *Korean J. Soc. Food Sci.* 13, 286-292.
- Jeong, C.H., G.N. Choi, J.H. Kwak, J.H. Kim, S.G. Choi, K.H. Shim, and H.J. Heo. 2010. *In vitro* antioxidant activities of cocoa phenolics. *Korean J. Food Preserv.* 17, 100-106.
- Joung, Y.M., S.J. Park, K.Y. Lee, J.Y. Lee, J.K. Sunh, S.Y. Hwang, K.E. Park, and M.H. Kim. 2007. Antioxidative and antimicrobial activities of *Lilium* species extracts prepared from different aerial part. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39, 452-457.
- Jung, G.T. and I.O. Ju. 1997. Studies on the preparation of yogurt from milk added purple sweet potato powder. *Korean J.*

- Food Nutr.* 10, 458-461.
17. Kim, M.J. and M.S. Jang. 1999. Effect of bamboo (*Pseudosasa japonica* Makino) leaves on the physicochemical properties of dongchimi. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15, 459-468.
 18. Kim, J.H., C.H. Jeong, G.N. Choi, J.H. Kwak, S.G. Choi, and H.J. Heo. 2009. Antioxidant and neuronal cell protective effects of methanol extract from *Schizandra chinensis* using an *in vitro* system. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41, 712-716.
 19. Kim, H.R., Y.S. Kim, and M.S. Jang. 2004. Physicochemical properties of naengmyon broth added with dongchimi of different fermentation. *Korea J. Food Cookery Sci.* 20, 598-606.
 20. Kim, G.R., L.Y. Park, and S.H. Lee. 2010. Fermentation and quality characteristics of kimchi prepared using various types of maesil (*Prunus mume* Sied. net Zucc). *Korean J. Food Preserv.* 17, 214-222.
 21. Kim, S.J. and J.W. Rhim. 1997. Effect of freezing, thawing and blanching on the pigment of purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29, 9-14.
 22. Kim, S.J., J.W. Rhim, L.S. Lee, and J.S. Lee. 1996. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28, 345-351.
 23. Kim, S.Y. and C.H. Ryu. 1995. Studies on nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 27, 819-825.
 24. Kim, S.Y. and C.H. Ryu. 1997. Effect of certain additives on bread-marking quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J. Soc. Food Sci.* 13, 492-499.
 25. Kwak, J.H., G.N. Choi, J.H. Park, J.H. Kim, H.R. Jeong, C.H. Jeong, and H.J. Heo. 2010. Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract. *J. Agric. Life Sci.* 44, 57-66.
 26. Lee, Y.S. 2007. Antioxidant and physiological activity of extracts of *Angelica dahurica* leaves. *Korean J. Food Preserv.* 14, 78-86.
 27. Lee, J.S., Y.S. Ahn, H.S. Kim, M.N. Chung, and H.O. Boo. 2007. Proximate composition and minerals, phenolics, anthocyanins pigment characteristics on the parts of sweet potato. *Korean J. Intl. Agric.* 19, 196-204.
 28. Lee, L.S., S.J. Kim, and J.W. Rhim. 2000. Analysis of anthocyanin pigments from purple-fleshed sweet potato (Jami). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29, 555-560.
 29. Lee, J.C., K.S. Lee, J.K. Lee, K.H. Han, and M.J. Oh. 1999. Preparation and characteristics of curd yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6, 442-447.
 30. Lee, M.R. and H.S. Rhee. 1990. A study on the flavor compounds of dongchimi. *Korean J. Soc. Food Sci.* 6, 1-8.
 31. Lidbeck, J.G. and C.E. Nord. 1987. Impact of *Lactobacillus acidophilus* on the normal intestinal flora after administration of two antibiotic agents. *Infection* 16, 329-336.
 32. Mo, E.K., S.M. Kim, S.A. Yang, S.A. Jegal, Y.S. Choi, S.Y. Ly, and C.K. Sung. 2010. Properties of baechu kimchi treated with black water extract. *Korean J. Food Preserv.* 17, 50-57.
 33. Moon, S.W., D.W. Cho, W.S. Park, and M.S. Jang. 1995. Effect of salt concentration on tongchimi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27, 11-18.
 34. Oh, H.S., Y.M. Yoon, S.K. Lee, J.H. Sung, and M.R. Kim. 2003. Physicochemical and sensory properties of Turnip dongchimi during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32, 167-174.
 35. Park, B.H. and H.S. Cho. 2005. Effect of glue plant (*Codium fragile*) on physicochemical characteristics of dongchimi during fermentation. *Korean J. Food Cult.* 20, 508-515.
 36. Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio. Med.* 26, 1231-1237.
 37. Salah, N., N.J. Miller, G. Paganga, L. Tijburg, G.P. Bolwell, and C. Rice-Evans. 1995. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Arch. Biochem. Biophys.* 322, 330-346.
 38. Seo, J.H. and H. Lee. 2007. Characteristics and immunomodulating activity of lactic acid bacteria for the potential probiotics. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39, 681-687.
 39. Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16, 144-158.
 40. So, H.M. and S.H. Cho. 1999. Screening of high antibacterial lactic acid bacteria for the preparation of dongchimi-juice for naengmyon. *Korean J. Food Nutr.* 12, 69-76.
 41. Teow, C.C., V.D. Truong, R. McFeeter, R.L. Thompson, K.V. Pecota, and G.C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem.* 103, 829-838.
 42. Woo, S.M., Y.J. Jeong, and K. Whang. 2006. Effect of germinated brown rice extract powder on free amino acid content, antioxidant and nitrite scavenging ability of the Korean cabbage Kimchi. *Korean J. Food Preserv.* 13, 548-554.