

국내 시판 누룽지의 물리화학적 특성 및 항산화 성질 연구

양지원·최일숙^{1†}

한국식품연구원 기능성식품연구본부 바이오공정 연구단, ¹원광대학교 식품영양학과

The Physicochemical Characteristics and Antioxidant Properties of Commercial *Nurungji* Products in Korea

Ji-won Yang · Il Sook Choi^{1†}

Research Group of Bioprocess Engineering, Division of Functional Food Research, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

¹Department of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

Abstract

Purpose: *Nurungji* is a traditional Korean food made by yellowish scorched rice. After getting gelatinization of rice, a thin crust of scorched rice will usually be left in the bottom of the traditional cooking pot. In this study, physicochemical characteristics and antioxidant properties of five commercial *nurungji* products (CNP1, CNP2, CNP3, CNP4, and CNP5) were evaluated. **Methods:** Physicochemical properties of the five commercial *nurungji* products were evaluated with AOAC method. The antioxidant activities were assessed using the 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH), 2,2-azinobis-(3-ethyl-benzothiazolone-6-sulfonic acid)(ABTS), ferric reducing antioxidant power (FRAP), and reducing power assays. **Results:** Water content was the highest in CNP3, followed by CNP1, CNP2, CNP5, and CNP4. Crude ash content of all *nurungji* was less than 1%. In Hunter color parameter, the significantly highest a value (redness) and b value (yellowness) were measured in the CNP4 product, meanwhile the lowest in CNP3 ($p<0.05$). The *nurungji* products of CNP4 and CNP5 had the significantly higher content in total polyphenols and total flavonoids, compared to those of other products. CNP3 and CNP2 had the lowest in total polyphenols and total flavonoids, respectively. CNP4 and CNP5 products showed the significantly higher values in antioxidant activities, whereas CNP3 had the lowest activity. **Conclusion:** The high value of antioxidant activities in CNP4 and CNP5 might have been affected primarily by the total polyphenols with increasing browning color during the heat treatment.

Key words: *nurungji*, physicochemical characteristics, antioxidant property

I. 서론

최근 가구 구조와 식문화의 변화에 따라 국내 1인당 연간 쌀 소비량은 2005년 80.7 kg에서 2015년 62.9 kg으로 최근 10년간 지속적으로 감소하고 있으나, 국민 1인당 가공용 쌀 소비량은 2005년 4.1 kg에서 매년 증가하여 2014년 8.9 kg으로 약 2.2배 증가하였다(National Statistical Office 2016). 쌀 가공산업은 이러한 수요변화 등에 부응하여 다양한 제품으로 변모하는 등 성장 잠재력을 보이고 있으며 이에 농식품부는 쌀 가공산업 육성 방향을 고부가가치 창출에 방점을 두고 쌀 가공산업 육성 및 소비

촉진에 관한 법률 제정 및 쌀 가공산업 5개년 기본계획(2014년-2018년) 수립을 추진 중에 있고 2017년까지 쌀 가공산업을 매출액 5조원, 수출액 1억 달러 수준까지 증가시킬 계획에 있다(Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs 2016).

쌀 가공식품 중 전통식품인 누룽지는 오랜 옛날부터 오늘에 이르기 까지 밥을 주식으로 하는 우리나라의 생활과 밀접한 관계를 가지면서 널리 섭취되어 왔다(Do Y 등 2010). 밥을 지을 때 쌀이 물을 흡수하면서 끓고 나면 솥바닥에 물이 거의 남아 있지 않게 되는데, 솥바닥의 밑바닥에 붙어 있는 밥을 누룽지라고 한다(Lee SW 1985).

[†]Corresponding author: Il Sook Choi, Department of Food and Nutrition, Wonkwang University, 460, Iksan-daero, Iksan-si, Jeonbuk 54538, Korea

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2902-2911>

Tel: +82-63-850-6657, Fax: +82-63-850-5363, E-mail: chois@wku.ac.kr



누룽지는 우리 민족이 즐겨 애용하는 식품으로 오늘날처럼 과자나 빵, 그 밖의 간식거리가 그다지 많지 않던 시절, 구수하면서도 독특한 향미를 가지고 있어 가장 많이 찾던 간식거리의 하나로 누룽갱이, 가매치, 가마치 또는 높은밥이라고 하고(Lee SW 1985). 동의보감에서는 누룽지를 취건반(炊乾飯)이라 하였으며 ‘열격(噎膈)에는 취건반(炊乾飯)으로 치료한다’라고 기록되어 있어 소화불량을 해결하는데 누룽지가 약으로 쓰였음을 밝히고 있다. 취사도구의 변화로 인해 직접 가정에서는 누룽지를 조리하여 먹는 경우가 줄어들고 누룽지를 찾는 사람의 수요도 점차 줄어들어 가는 듯 했으나(Do Y 등 2010), 최근, 조리가 간편한 편의식품의 수요가 증가하면서(Kim MJ 2006), 대량 생산되어 상품화된 누룽지가 아침 식사대용, 간식, 후식 등으로 많이 소비되고 있는 추세에 있다(Yoo JS 등 2012). 누룽지 제조 시 일어나는 갈변은 식품 제조과정 중에 식품자체의 색이 점차 갈색으로 나타나는 일련의 반응을 일컫는데, 아미노카보닐반응에 의한 발생하는 비효소적 갈변이다(Lee JW 등 1998b, Bae SK & Kim MR 2002). 갈변에 따른 식품의 색의 변화는 제품의 품질뿐만 아니라 기호성에 영향을 주는 인자이며, 갈변의 진행 정도에 따라 식품의 품질에 직접적 또는 간접적인 영향을 준다(Keenan DF 등 2012). 식품 제조과정 중 주로 발생하는 비효소적 갈변은 당과 아미노화합물을 대상으로 한 model-system에 의해 연구가 많이 진행되었으며(Yamaguchi N & Koyama Y 1967, Wattenberg LW 1978, Lee JW 등 2006), 갈변에 의해 생성된 물질들은 수소공여능에 의한 지질의 항산화 활성, 항돌연변이원성 및 항산화성을 갖는다는 보고가 있고(Lee JW & Do JH 2006), 환원성 성분에 의한 라디칼 소거작용, 과산화물 분해 작용 및 중합물의 금속봉쇄작용 등의 기능성이 인정되고 있으며(Hwang CI & Kim DH 1973), 특히 항산화능 등의 생리활성이 있는 것으로 알려져 있다(Lee JW 등 1998a). 갈변물질의 항산화성은 갈변 반응 초기에 형성되는 물질에서 기인하며 갈변도가 증가할수록 항산화활성이 증가한다는 보고가 있고(Kirigaya N 등 1968), 고온에서 생성된 갈변물질이 저온에서 갈변물질보다 항산화 활성이 높다는 보고도 있다(Lee SJ 등 2010b). 비효소적 갈변반응으로 제조된 식품의 항산화 연구는 홍삼(Lee JW 등 1999, Lee JW 등 2000, Lee JW 등 2005), 흑마늘(Lee SJ 등 2010a, Shin JH 등 2010), 흑양파(Yang YR & Park YK 2011, Lee DJ 등 2016) 등이 보고되었고, 누룽지에 관한 연구는 취반조건에 따른 복원력 비교(Suh YK 등 1996), 즉석누룽지의 이화학적 특성(Park YH & Oh YJ 1997), 마 분말이 첨가된 누룽지의 품질특성(Lee HS 등 2009a), microwave를 이용한 즉석 누룽지의 품질특성(Lee HS 등 2009b), 벼 품종 간 누룽지의 특성에 대한 연구(Yoo JS 등 2012) 등이 보고되었으나, 누룽지의 항산화 연구는 거의 없는 실정이

다. 따라서 본 연구에서는 누룽지의 이용가치를 향상시키기 위하여 시중에 판매되고 있는 누룽지의 물리화학적 특성과 항산화 특성을 비교하여 품질의 차이를 평가하고 갈변 정도에 따른 누룽지의 우수성을 과학적으로 입증하여 추후 누룽지의 품질 향상 및 기능성 향상과 제조법 표준화에 기초자료로 활용함으로써 쌀 가공제품의 품질 고급화에 기여하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시료 제조

실험에 사용한 누룽지는 국내에 시판되고 있는 5개의 제조 및 유통회사의 제품으로 모두 국내산 백미로 제조되었으며, 성남시 소재의 대형마트 및 온라인 쇼핑몰을 이용하여 구입하였다. 구입 후 -20°C 의 냉동고(CFD-1762, Samsung, Suwon, Korea)에서 냉동보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 항산화 특성 측정을 위한 시료 제조는 다음과 같다. 시료 100 g씩 채취하고 증류수 400 mL를 가하여 실온에서 200 rpm으로 1시간 교반추출한 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리하여(centrifuge 5810f, Eppendorf, Hamburg, Germany) 상등액을 취하고 남은 잔사에 다시 증류수 200 mL를 가하여 반복 추출한 후 원심분리하여 얻은 상등액을 처음 얻은 상등액과 합하여 -80°C 에 동결시킨 후 동결 건조(PVTFD 100R, IIShinBioBase, IIShin, Korea)하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

2. 일반성분

누룽지의 일반성분 분석은 AOAC법(2005)에 따라 실시하였다. 수분의 함량은 105°C 상압가열 건조법, 조회분은 600°C 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법으로 분석하여 결과를 백분율(%)로 나타냈다.

3. 가용성 고형물 함량

누룽지의 가용성 고형물 함량은 시료 5 g에 증류수 70 mL를 가하여 실온에서 30분간 교반 한 후 4,000 rpm에서 5분간 원심분리(Eppendorf)하여 얻은 상등액을 당도계(PR-201a, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

4. 색도 측정

누룽지의 색도는 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, New Windsor, NY, USA)를 이용하여 분말 시료를 측정하여 Hunter's value인 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 정도를 나타내는 a값(redness), 황색도의 정도를

나타내는 b값(yellowness)으로 나타냈다. 이때 사용된 표준 백판의 L값은 98.75, a값은 -1.02, b값은 1.10이었다. 누룽지의 UV-VIS spectra는 spectrophotometer(Epoch Microplate Spectrophotometer, Biotek, Winooski, VT, USA)를 이용하여 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 용액으로 250-750 nm 사이의 파장에서 측정하였다.

5. 항산화 성분 측정

1) 총 페놀성 화합물 함량

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법(Swain T & Hills WE 1959)에 따라 측정하였다. 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 용액 0.2 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.1 mL와 증류수 1.4 mL를 첨가하여 혼합한 후 20% sodium carbonate 0.3 mL를 가하여 암소에서 20분간 방치한 후 765 nm에서 흡광도(Biotek)를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 이용하여 함량을 표시하였다.

2) 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Shen Y 등(2009)의 방법으로 측정하였다. 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 용액 0.5 mL에 5% sodium nitrite 0.15 mL를 가하여 5분간 방치한 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.3 mL와 1 M sodium hydroxide 1 mL를 가하여 혼합한 후 암소에서 15분 방치한 후 415 nm에서 흡광도(Biotek)를 측정하였다. 표준물질로는 catechin을 이용하여 함량을 표시하였다.

6. 항산화 활성 측정

1) DPPH radical 소거능

DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) radical에 대한 소거활성은 Brand-Williams W 등(1995)의 방법을 변형하여 측정하였다. 70% 에탄올에 녹인 0.2 mM DPPH 용액 1 mL에 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 용액 0.2 mL을 넣어 잘 혼합한 후 실온인 암소에서 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도(Biotek)를 측정하였다. 소거활성은 아래의 식에 따라 계산하여 백분율로 나타냈다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} \\ = \left(1 - \left(\frac{\text{Absorbance of the control}}{\text{Absorbance of the sample}}\right)\right) \times 100$$

2) ABTS radical 소거능

시료 용액의 ABTS radical 소거능은 Re R 등(1999)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. ABTS 용액(Sigma-

Aldrich, Missouri, USA)과 2.45 mM potassium persulfate (Sigma-Aldrich, Missouri, USA)를 14:1로 혼합(v/v)하여 실온의 암소에서 20시간 방치한 후 증류수를 가하여 734 nm에서의 흡광도 값이 0.70 내외가 되도록 희석하였다. 이 중 1.6 mL를 취하여 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 용액 0.1 mL를 가하고 실온에서 5분간 방치한 다음 734 nm에서 흡광도(Biotek)를 측정하였다. 소거활성은 아래의 식에 따라 계산하여 백분율로 나타냈다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} \\ = \left(1 - \left(\frac{\text{Absorbance of the control}}{\text{Absorbance of the sample}}\right)\right) \times 100$$

3) 환원력(reducing power)

환원력은 Oyaizu M(1986)의 방법에 따라 측정하였다. 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 1 mL, 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 용액 1 mL 및 1% potassium ferricyanide 1 mL를 가하고, 이 혼합물을 50°C에서 20분간 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid 1 mL를 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 1,000 rpm에서 10분간 원심분리(Eppendorf)하여 얻은 상등액 2 mL와 메탄올 2 mL를 넣고 0.1% iron chloride 용액 0.1 mL를 넣은 후 700 nm에서 흡광도(Biotek)를 측정하였다. 표준물질로는 Trolox를 이용하여 mL당 함량을 표시하였다.

4) FRAP assay

FRAP(Ferric Reducing Ability of Plasma) assay는 Benzie IFF & Strain JJ(1996)에 의한 방법을 일부 변형하여 측정하였다. pH 3.6 300 mM acetate buffer(3.1 g $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 16 mL per liter)와 40 mM HCl에 용해된 10 mM TPTZ(2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine), 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 10:1:1 비율로 혼합하여 FRAP reagent를 만들었다(사용 시 37°C로 가열). 동결건조한 시료 25 mg을 증류수 1 mL에 용해시킨 시료 0.1 mL에 증류수 0.3 mL와 FRAP reagent 3 mL를 혼합한 후 암소(실온)에서 30분간 방치시킨 다음 593 nm에서 흡광도(Biotek)를 측정하였다. 표준물질로는 Trolox를 이용하여 mL당 함량을 표시하였다.

7. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고 SPSS Statistics (ver. 20.0, IBM Corp., IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였다. 각 실험군 간의 차이는 유의수준 $p=0.05$ 에서 분산분석(ANOVA)으로 분석한 다음 Duncan's multiple range test로 평균치간의 유의적 차이를 검증하였다. 항산화 특성 간의 연관성을 알아보고

자 Pearson 상관분석을 실시하여 상관계수(r , correlation coefficient)로 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 일반성분

시판 누룽지 5가지 제품(CNP1, CNP2, CNP3, CNP4, CNP5)에 대한 외관과 주된 재료 및 일반성분에 대한 결과는 Table 1과 Table 2와 같다. 시판 누룽지의 수분 함량은 CNP1 6.81%, CNP2 6.02%, CNP3 11.40%, CNP4 1.46%, CNP5 5.92%이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$), 평균 6.32%로 CNP3이 가장 높은 값을, CNP4가 가장 낮은 값을 나타냈다. CNP3의 수분 함량(11.40%)은 Park YH & Oh YJ(1997)의 즉석 누룽지 수분 함량 11.0-11.7%와 Lee HS 등(2009b)의 microwave를 이용한 즉석 누룽지 수분 함량 11.33-11.82%, Yoo JS 등(2012)의 벼 품종간의 즉석 누룽지 수분 함량 12.60-14.40%와 유사한 값을 나타냈으며, CNP3를 제외한 시판 누룽지의 수분 함량은 기존 연구된 즉석 누룽지 수분 함량보다 낮은 값을 나타냈다. 회분 함량은 CNP1 0.95%, CNP2 0.76%, CNP3 0.67%, CNP4 0.39%, CNP5 0.93%이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$), 평균 0.74%로 CNP1이 가장 높은 값을, CNP4가 가장 낮은 값을 나타냈다. Yoo JS 등(2012)의 벼 품종간의 누룽지 회분 함량이 0.30-0.50%로 CNP4 0.39%와 가장 유사한 값을 나타냈으나, 나머지 시판 누룽지들은 다소 높게 나타났다. 조단백질 함량은 CNP1 5.65%, CNP2 6.47%, CNP3 7.66%, CNP4 6.66%, CNP5 3.74%이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$) 평균 6.06%로 CNP3이 가장 높은 값을, CNP5가 가장 낮은 값을 나타냈다. CNP5를 제외한 나머지 시판 누룽지의 조단백질 함량은 Yoo JS 등(2012)의 벼 품종간의 누룽지 조단백질 함량 5.7-7.9%와 유사한 값을 나타냈다. 시판 누룽지의 일반성

Table 2. Changes in proximate composition of 5 different commercial *nurungji* products

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)
CNP ¹⁾ 1	6.81±0.17 ^{2)b}	0.95±0.03 ^a	5.65±0.09 ^c
CNP2	6.02±0.12 ^b	0.76±0.07 ^b	6.47±0.02 ^b
CNP3	11.40±0.31 ^a	0.67±0.06 ^c	7.66±0.18 ^a
CNP4	1.46±0.03 ^c	0.39±0.01 ^d	6.66±0.10 ^b
CNP5	5.92±0.10 ^b	0.93±0.05 ^a	3.74±0.15 ^d

¹⁾ CNP: commercial *nurungji* products.

²⁾ Data are mean±SD of triplicate determinations.

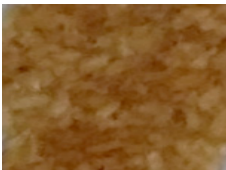



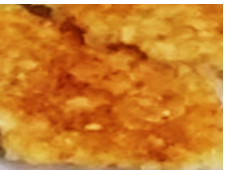
^{a-d} Values with the different superscript letter in each column are significantly different at $p=0.05$.

분이 즉석 누룽지의 일반성분과 다소 차이가 나는 이유는 누룽지 원재료인 쌀 품종 차이에 따른 제조 공정의 차이로 사료된다.

2. 가용성 고형물 함량과 색도 측정

시판 누룽지의 가용성 고형물 함량 측정 결과는 Table 3과 같다. 시판 누룽지의 가용성 고형물 함량은 CNP1 0.80 °Bx, CNP2 0.97 °Bx, CNP3 1.00 °Bx, CNP4 0.80 °Bx, CNP5 0.40 °Bx이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$) 평균 0.79 °Bx로 CNP3이 가장 높은 값을, CNP5가 가장 낮은 값을 나타냈다. Ha TY 등(1999)의 연구에서 승능의 가용성 고형분량은 찌미의 볶음 온도와 시간이 높을수록 증가하였으며 이는 가열 중에 일어나는 전분의 열분해 현상 및 물리화학적 변화에 의하여 전분이 수용성 물질로의 변화로 인한 결과라고 보고하고 있다. 색은 외관적 품질을 나타내는 요소로서 소비자가 식품을 평가하는 데 중요 요인 중의 하나이다. 색도의 L 값은 100에 가까울수록 백색을 의미하며, a값은 +값일 경

Table 1. Changes in appearance and food labeling of 5 different commercial *nurungji* products

Sample	CNP ¹⁾ 1	CNP2	CNP3	CNP4	CNP5
Appearance					
The content of the main ingredient (%)	100	100	100	99.9	99.5
Food type	Cereal based product	Cereal based product	Cereal based product	Ready-to-eat food	Cereal based product

¹⁾ CNP: commercial *nurungji* products.

Table 3. Changes in physicochemical properties of 5 different commercial *nurungji* products

Sample	SSC ²⁾ (°Bx)	Color		
		L value	a value	b value
CNP ¹⁾ 1	0.80±0.00 ^{3)b}	73.59±1.24 ^c	8.30±0.65 ^b	20.06±0.89 ^c
CNP2	0.97±0.15 ^a	76.64±1.52 ^b	7.84±1.35 ^b	21.51±0.65 ^b
CNP3	1.00±0.00 ^a	79.26±1.86 ^a	2.82±0.33 ^d	15.79±0.59 ^d
CNP4	0.80±0.00 ^b	73.67±1.20 ^c	9.45±1.39 ^a	25.14±0.79 ^a
CNP5	0.40±0.00 ^c	78.67±1.34 ^a	6.48±0.36 ^c	21.07±0.94 ^b

¹⁾ CNP: commercial *nurungji* products.
²⁾ SSC: soluble solid contents.
³⁾ Data are mean±SD of triplicate determinations.
^{a-d} Values with the different superscript letter in each column are significantly different at $p=0.05$.

우 붉은색을 나타내고 -값일 경우 녹색을 나타낸다. b값은 +값일 경우 yellowness가 -에 가까울수록 파란색을 나타낸다(Cha HS 등 2007). 일반적으로 L값이 높고, a, b값이 낮을수록 시료의 색은 육안으로 더 밝게 보인다. L값은 CNP1 73.59, CNP2 76.64, CNP3 79.26, CNP4 73.67, CNP5 78.67이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고

($p<0.05$) 평균 76.36으로 측정되었으며, CNP3이 가장 높은 값을, CNP1이 가장 낮은 값을 나타냈다. a값은 CNP1 8.30, CNP2 7.84, CNP3 2.82, CNP4 9.45, CNP5 6.48이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p<0.05$) 평균 6.98로 CNP4가 가장 높은 값을, CNP3이 가장 낮은 값을 나타냈다. b값은 CNP1 20.06, CNP2 21.51, CNP3 15.79, CNP4 25.14, CNP5 21.07이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p<0.05$) 평균 20.71로 CNP4가 가장 높은 값을, CNP3이 가장 낮은 값을 나타냈다. Yoo JS 등(2012)의 연구에서 벼 품종 중 ‘친농’쌀로 제조된 즉석 누룽지가 L값이 가장 높고 a값과 b값이 가장 낮게 측정되었고 Lee HS 등(2009b)의 연구에서 마 분말 첨가량이 증가할수록 L값이 낮게 a값과 b값은 높게 측정되었다. Lee HS 등(2009a)의 연구에서는 증기솥 취반으로 제조한 즉석 누룽지가 L값이 가장 높고 a값과 b값이 가장 낮게 측정되었고 압력솥 취반으로 제조한 즉석 누룽지가 L값이 가장 낮고 a값과 b값이 가장 높게 측정되었다. 본 연구에서는 CNP3 누룽지가 L값이 가장 높고 a값과 b값이 가장 낮게 측정되었다. 열처리에 의한 색의 변화는 일반적으로 비효소적 갈변반응인 마일라드 반응에 의해 생성된다. 시판 누룽지의 visible spectra는 Fig. 1과 같다. 280 nm에서의 흡광도는 CNP1 3.60, CNP2 3.35, CNP3 2.99, CNP4 3.53, CNP5 3.65이며 CNP3이 가장 낮은 값을, CNP5가 가장

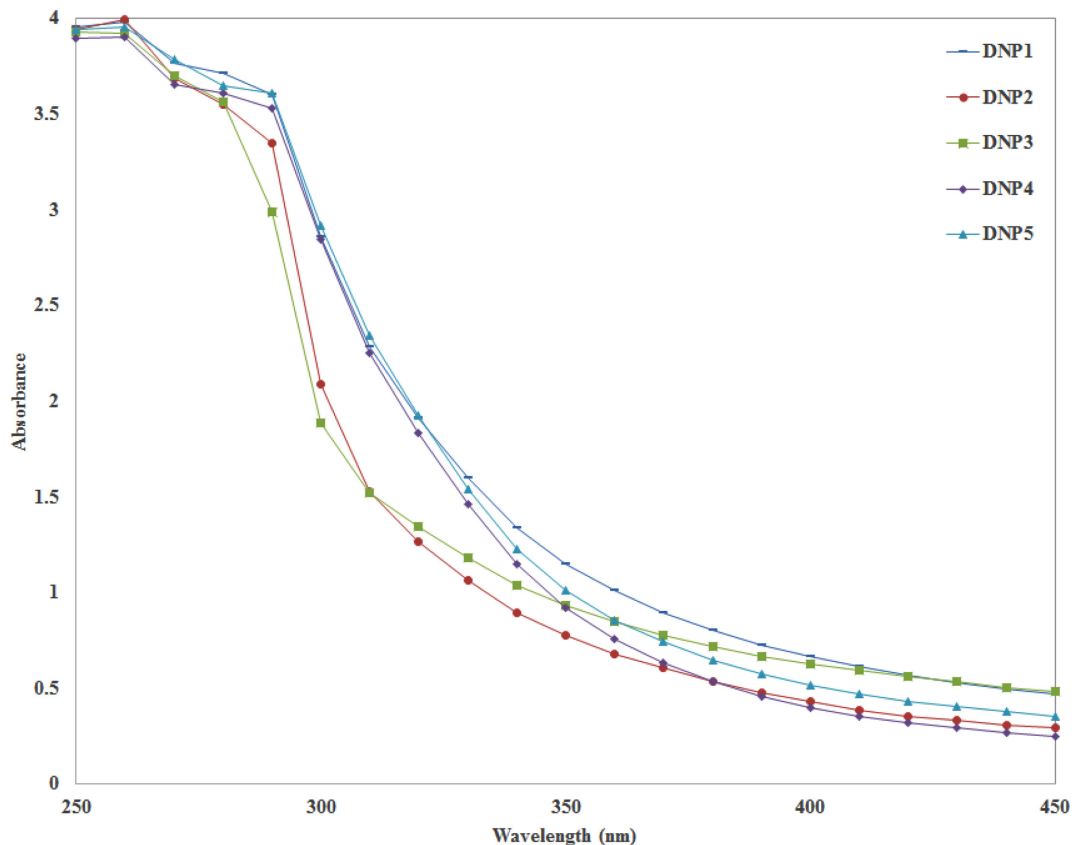


Fig. 1. Changes in visible spectra of 5 different commercial *nurungji* products.

높은 값을 나타냈다. 320-360 nm에서의 흡광도는 CNP1 1.34-1.92, CNP2 0.90-1.27, CNP3 1.04-1.34, CNP4 1.15-1.84, CNP5 1.23-1.93이며 CNP2가 가장 낮은 값을, CNP5가 가장 높은 값을 나타냈다. 420-450 nm에서의 흡광도는 CNP1 0.47-0.57, CNP2 0.29-0.36, CNP3 0.48-0.56, CNP4 0.25-0.32, CNP5 0.36-0.43이며 CNP2가 가장 낮은 값을, CNP1과 CNP3이 가장 높은 값을 나타냈다. Billaud C 등(2004)은 포도당과 시스테인에 의해 생성된 Millard Reaction Products(MRPs)는 285 nm에서 높은 흡광도를 340-360 nm에서 최대 흡광도를 나타낸다고 보고하였고 Hardy J 등(1999)은 MRPs의 생성물은 식품의 제조 중 처리 온도 및 시간에 의존한다고 보고하였다. 그러므로 시판 누룽지의 색의 차이는 제조 공정 중의 처리 온도 및 시간에 따라 형성된 마일라드 반응 생성물질과 관계가 있을 것으로 사료된다.

3. 항산화 성분 및 항산화 활성 측정

시판 누룽지의 항산화 성분을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 총 페놀성 화합물 함량 측정은 phosphomolybdate와 phenolic 물질의 반응으로 청색을 나타내는 반응을 이용한 실험이다(Kim HJ 등 2012). 시판 누룽지의 총 페놀성 화합물 함량은 CNP1 14.45 ug GAE/mL, CNP2 14.42 ug GAE/mL, CNP3 5.97 ug GAE/mL, CNP4 27.62 ug GAE/mL, CNP5 24.51 ug GAE/mL이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$) 평균 17.39 ug GAE/mL로 CNP4이 가장 높은 값을, CNP3이 가장 낮은 값을 나타냈다. 플라보노이드는 식물의 적색, 청색 및 황색을 나타내는 주요 성분인 C6-C3-C6를 기본 골격으로 하는 식물성 폴리페놀계 화합물의 큰 부류로 과일과 채소에 풍부하게 함유되어 있으며 항산화제로서의 역할을 하는 생리활성물질이다(Yoon S 등 2008). 시판 누룽지의 총 플라보노이드 함

량은 CNP1 17.07 $\mu\text{g CAE/mL}$, CNP2 12.87 $\mu\text{g CAE/mL}$, CNP3 16.45 $\mu\text{g CAE/mL}$, CNP4 30.28 $\mu\text{g CAE/mL}$, CNP5 31.94 $\mu\text{g CAE/mL}$ 이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$) 평균 21.72 $\mu\text{g CAE/mL}$ 로 CNP5이 가장 높은 값을, CNP2이 가장 낮은 값을 나타냈다. Ioannou I 등(2012)의 연구에서 플라보노이드 유효성은 열처리 시간 및 강도에 큰 영향을 받으며, 열처리 시, 총 플라보노이드 함량의 증가와 감소는 식품제조공정 조건에 따라 다르다고 보고했다. 시판 누룽지의 항산화 활성을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. DPPH radical을 이용한 방법은 항산화 물질의 전자공여능을 이용한 항산화 활성 측정법으로 phenolic 구조와 방향족 amine 화합물을 대상으로 주로 사용되고 있다. DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)는 보라색 화합물로서 간단한 mechanism을 통해 일정량의 시료용액과 빠르게 반응하여 DPPH radical이 감소되는 정도를 보라색에서 옅은 노란색으로의 색변화를 통해 측정하는 실험으로 시료의 항산화력을 분석할 수 있다(Re R 등 1999, Kwon JE 2011). 시판 누룽지의 DPPH radical 소거능(Fig. 3(A))은 CNP1 20.17%, CNP2 12.40%, CNP3 0.54%, CNP4 24.29%, CNP5 24.22%이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.05$). CNP4와 CNP5의 DPPH radical 소거능은 유의적으로 같았으며 소거능의 순서는 CNP4, CNP5 > CNP1 > CNP2 > CNP3의 순으로 나타났다. ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) free radical은 항산화 물질과 결합하여 색이 변하는 특성을 가지고 있으며, 수용성 및 지용성 항산화 물질이나 단일물 또는 추출물 등의 항산화력 측정에 사용된다(Re R 등 1999). 시판 누룽지의 ABTS radical 소거능(Fig. 3(B))은 CNP1 23.82%, CNP2 19.85%, CNP3 5.33%, CNP4 40.31%, CNP5 35.47%이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고($p < 0.05$) 소거능 순서는 CNP4 > CNP5 >

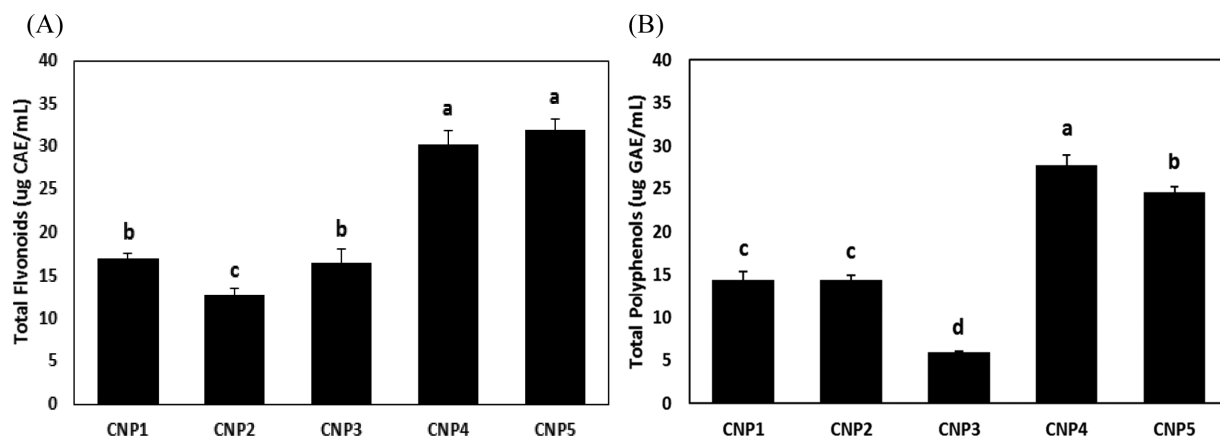


Fig. 2. Changes in total flavonoid (A), and total polyphenol (B) content of 5 different commercial *nurungji* products. Vertical bars are mean of triplicate determinations. Error bars are SD of triplicate determinations. ^{a-d} Values with the superscript letters inside the figure are significantly different at $p = 0.05$.

CNP1 > CNP2 > CNP3의 순으로 나타냈다. 항산화 활성의 여러 기작 중에서 활성 산소종과 유리기에 전자를 공여하는 능력을 환원력이라고 하는데, 환원력은 Fe⁺³이온을 Fe⁺²로 환원시키는 능력을 측정하여 환원력이 클수록 녹색에 가깝도록 발색되어 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타내게 된다(Oyaizu M 1986). 또한 환원력은 시료가 항산화제로서 사용될 수 있음을 나타내는 지표이기도 하다(Baron AD 1998). 시판 누룽지의 환원력(Fig. 3(C))은 CNP1 47.32 µg TE/mL, CNP2 46.74 µg TE/mL, CNP3 10.53 µg TE/mL, CNP4 69.81 µg TE/mL, CNP5 64.26 µg TE/mL이며 제품에 따른 유의적인 차이를 나타냈고(*p*<0.05), 환원력의 순서는 CNP4 > CNP5 > CNP1, CNP2 > CNP3의 순으로 나타냈다. FRAP법에 의한 항산화 활성 측정법은 혈장의 환원력을 측정하기 위한 방법이었으나 식물의 항산화력 측정에도 이용되며, 낮은 pH에서 TPTZ(ferric 2,4,6-tripyridyl-s-triazine)가 환원력을 가진 시료에 의해 ferrous형으로 환원되는 원리를 이용한 방법으로 hydroxylation의 정도와 polyphenol에 결합하는 정도를 측정하는 것이다(Prior RL 등 2005). 흡광도 변화는

반응 혼합물 속에 존재하는 전자를 공여하는 항산화제의 전체 환원능력 또는 결합능력과 직접적인 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Kim SJ 2004). 시판 누룽지의 FRAP assay에 의한 항산화력(Fig. 3(D))은 CNP1 68.10 µg TE/mL, CNP2 62.37 µg TE/mL, CNP3 15.39 µg TE/mL, CNP4 84.92 µg TE/mL, CNP5 85.02 µg TE/mL이며 제품들 간에 유의적인 차이를 나타냈으나(*p*<0.05), CNP4와 CNP5의 항산화력은 유의적 차이를 나타내지 않았다. 이들 항산화력에 대한 실험의 결과에서, 누룽지 제품 CNP4와 CNP5는 항산화력이 다른 누룽지 제품들에 비해 높았으며, CNP3는 항산화력이 가장 낮게 나타났다.

4. 상관관계

일반성분(수분, 회분, 조단백질), 이화학적 특성(가용성 고형물 함량, 색도) 및 항산화 성질(총 페놀성 화합물 함량, 총 플라보노이드 함량)의 상관관계는 Table 4와 같다. 누룽지의 수분 함량은 적색도, 황색도, 총 페놀성 화합물 함량, ABTS radical 소거능, 환원력, FRAP와 음의 상관관계를 나타냈으며, 상관계수는 각각 -0.901, -0.996, -0.903,

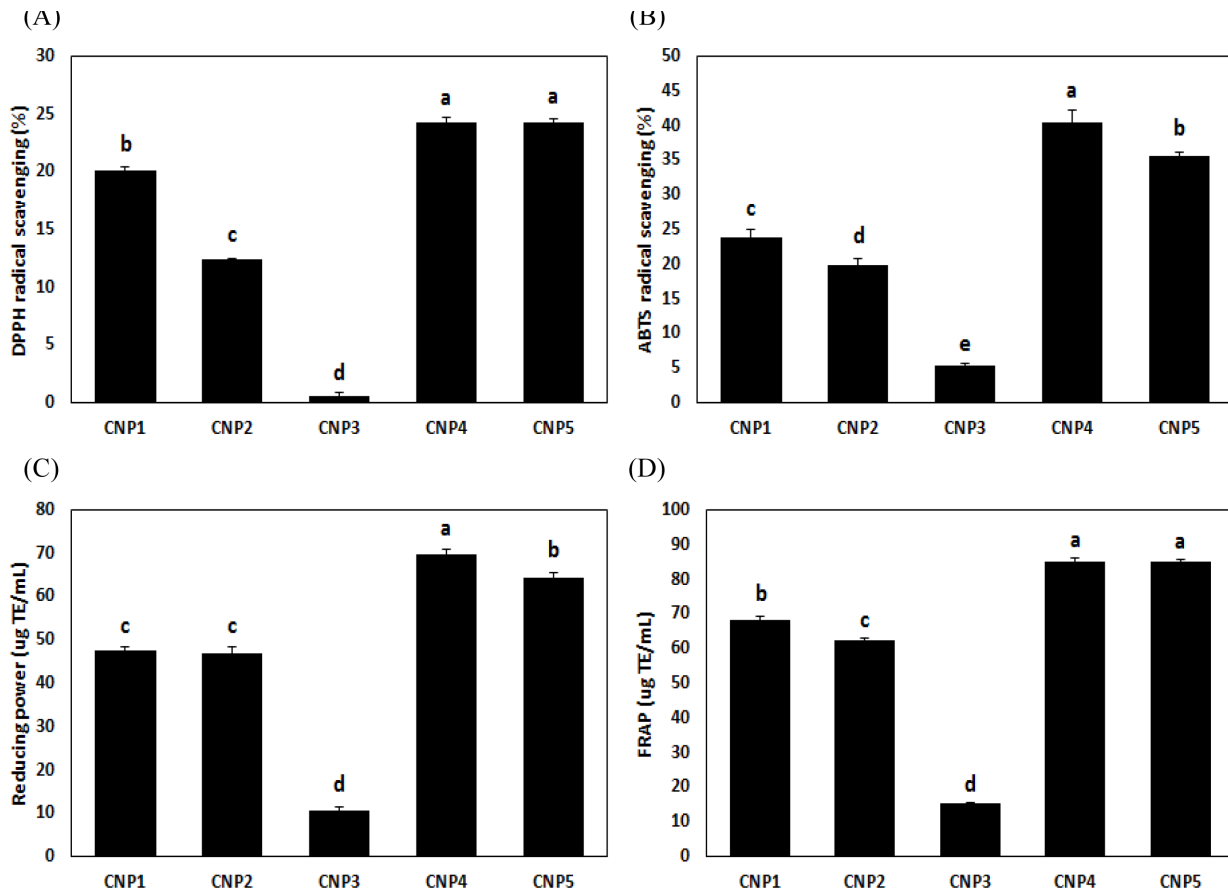


Fig. 3. Changes in antioxidant activities of 5 different commercial *nurungji* products. (A) DPPH radical scavenging, (B) ABTS radical scavenging, (C) reducing power assay, (D) FRAP assay. Vertical bars are mean of triplicate determinations. Error bars are SD of triplicate determinations. ^{a-d} Values with the superscript letters inside the figure are significantly different at *p*=0.05.

Table 4. Correlation coefficients (r) of antioxidant properties of 5 different commercial *nurungji* products

	Moisture	Ash	Crude protein	SSC	L value	a value	b value	Total flavonoid	Total polyphenol	DPPH	ABTS	Reducing power	FRAP
Moisture	1												
Ash	0.424	1											
Crude protein	0.280	-0.627	1										
SSC ¹⁾	0.333	-0.397	0.937*	1									
L	0.672	0.246	-0.069	-0.116	1								
a	-0.901*	-0.160	-0.280	-0.199	-0.849	1							
b	-0.996**	-0.411	-0.277	-0.309	-0.649	0.905*	1						
Total flavonoid	-0.584	-0.231	-0.559	-0.795	-0.046	0.271	0.541	1					
Total polyphenol	-0.903*	-0.265	-0.560	-0.677	-0.395	0.705	0.887*	0.856	1				
DPPH	-0.838	0.057	-0.710	-0.726	-0.561	0.807	0.817	0.710	0.910*	1			
ABTS	-0.912*	-0.187	-0.596	-0.683	-0.489	0.770	0.893*	0.816	0.989**	0.958*	1		
Reducing power	-0.925*	-0.099	-0.623	-0.642	-0.516	0.843	0.921*	0.697	0.958*	0.962**	0.978**	1	
FRAP ²⁾	-0.879*	0.035	-0.694	-0.675	-0.524	0.848	0.876	0.647	0.917*	0.977**	0.954*	0.990**	1

¹⁾ SSC: soluble solid contents.

²⁾ FRAP: ferric reducing ability of plasma assay.

*Significant at $p=0.05$.

**Significant at $p=0.01$.

-0.912, -0.925, -0.879로 매우 높았고($p<0.05$), 그 중 황색도가 가장 높은 상관관계를 나타냈다($p<0.01$). 적색도는 황색도와 양의 상관관계를 나타냈으며($p<0.05$), 상관계수는 0.905로 높았다. 황색도는 총 페놀성 화합물 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, 환원력, FRAP와 양의 상관관계를 나타냈으며, 상관계수는 각각 0.887, 0.817, 0.893, 0.921, 0.876으로 높았고, 그 중 총 페놀성 화합물 함량, ABTS radical 소거능, 환원력이 유의적으로 높은 상관관계를 나타냈다($p<0.05$). 이러한 결과는 수분 함량과 적색도, 황색도가 항산화 성질과 밀접한 관계를 가질 것으로 판단되며, 차후 갈변과 항산화 성질에 관한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

27.62 $\mu\text{g GAE/mL}$ 로 가장 높았고 CNP3가 5.97 $\mu\text{g GAE/mL}$ 로 가장 낮았다. 항산화 활성 또한 CNP4가 가장 높았으며, CNP3가 가장 낮았다. 수분 함량, 황색도, 총 플라보노이드 함량 및 항산화 활성(DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, 환원력, FRAP)의 상관관계를 분석한 결과, 수분 함량과 황색도가 항산화 활성 및 항산화 성분과 밀접한 관계를 가질 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 시중에 판매되는 누룽지는 원재료 및 제조방법, 처리온도 및 시간 등에 상이하여 물리화학적 특성 및 항산화 특성에 차이를 보이는 것으로 추측된다. 추후 누룽지의 품질 향상 및 기능성 향상을 위해 제조법의 표준화 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 누룽지의 이용가치를 향상시키기 위하여 시중에 판매되는 5종류(CNP1, CNP2, CNP3, CNP4 및 CNP5) 누룽지의 물리화학적 특성 및 항산화 특성에 대해 비교 연구하였다. 일반성분 중 수분 함량은 CNP3이 11.40%로 가장 높았고 CNP4가 1.46%로 가장 낮았으며 백색도(L값)는 CNP3가 79.26으로 가장 높았으며, CNP1이 73.59로 가장 낮았다. 적색도(a값)는 CNP4가 9.45로 가장 높았으며, 황색도(b값) 또한 CNP4가 25.14로 가장 높았으나, CNP3는 적색도와 백색도가 모두 낮게 나타났다. 항산화 성분 중 총 페놀성 화합물 함량은 CNP4가

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. pp 33-36.
- Bae SK, Kim MR. 2002. Effects of sodium metabisulfite and adipic acid on browning of garlic juice concentrate during storage. Korean J Soc Food Cook Sci 18(1):73-80.

- Baron AD. 1998. Postprandial hyperglycemia and α -glucosidase inhibitors. *Diabetes Res Clin Pract* 40:S51-S55.
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239(1):70-76.
- Billaud C, Maraschin C, Nicolas J. 2004. Inhibition of polyphenoloxidase from apple by Maillard reaction products prepared from glucose or fructose with L-cysteine under various conditions of pH and temperature. *LWT-Food Sci Technol* 37(1):69-78.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol* 28(1):25-30.
- Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS. 2007. Comparison of physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36(6):683-688.
- Do Y, Choi JS, Jung YK, Park JH, Roh KH, Kim SS, Choi SY, Lee KY, Han EJ. 2010. Evaluation of the level of microbial contamination in the processing company of *Nuroong-ji*. *J Food Hyg Saf* 25(4):333-340.
- Ha TY, Chun HS, Lee C, Kim YH, Han O. 1999. Changes in physicochemical properties of steamed rice for soong-neung during roasting. *Korean J Food Sci Technol* 31(1):171-175.
- Hardy J, Parmentier M, Fanni J. 1999. Functionality of nutrients and thermal treatment of food. *Proc Nutr Soc* 58(3):579-585.
- Hwang CI, Kim DH. 1973. The antioxidant oxidants. *Wld Hlth Org Techn Rept Ser* 228-233.
- Ioannou I, Hafsa I, Hamdi S, Charbonnel C, Ghoul M. 2012. Review of the effects of food processing and formulation on flavonol and anthocyanins behaviour. *J Food Eng* 111(2):208-217.
- Keenan DF, Rößle C, Gormley R, Butler F, Brunton NP. 2012. Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruits smoothies. *LWT-Food Sci Technol* 45(1):50-57.
- Kim HJ, Hong CO, Nam MH, Ha YM, Lee KW. 2012. Antioxidant and physiological activities of *Capsicum annuum* ethanol extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(6):727-732.
- Kim MJ. 2006. Characteristics of ordinary diets in present - Problems and solutions. *J Korean Home Econ Assoc* 44(8): 151-160.
- Kim SJ. 2004. DPPH radical scavenging and ACE Inhibitory effects of the aerial parts of *Fagopyrum esculentum*, and isolation of flavonoids. Master's thesis. Suncheon National University, Suncheon, Korea. pp 21-35.
- Kirigaya N, Kato H, Fujimaki M. 1968. Studies on antioxidant of activity of nonenzymic browning reaction products. Part I. Relations of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. *Agric Biol Chem* 32(3):287-290.
- Kwon JE. 2011. Determination of biological activity on methanol extracts of *Capsicum annuum* L. from different varieties. Master's thesis. Gyeongbuk National University, Daegu, Korea. pp 1-63.
- Lee DJ, Han JA, Lim ST. 2016. Enhancement of antioxidant activity of onion powders by browning during drying process. *Korean J Food Sci Technol* 48(1):15-19.
- Lee HS, Kwon KH, Kim BS, Kim JH. 2009a. Quality characteristics of instant *Nuroong-gi* to which *Dioscorea japonica* powder was added. *Korean J Food Preserv* 16(5):680-685.
- Lee HS, Kwon KH, Kim JH, Cha HS. 2009b. Quality characteristics of instant *Nuroong-gi* prepared using a microwave. *Korean J Food Preserv* 16(5):669-674.
- Lee JW, Do JH. 2006. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in Korean red ginseng. *J Ginseng Res* 30(1):41-48.
- Lee JW, Ko HR, Shim KH. 1998a. Structural characteristics of the water soluble red reaction products isolated from Korean red ginseng. *Korean J Food Nutr* 11(5):499-505.
- Lee JW, Lee SK, Do JH, Shim KH. 1998b. Characteristics of the water soluble browning reaction of Korean red ginseng as affected by heating treatment. *J Ginseng Res* 22(3):193-199.
- Lee JW, Oh SH, Kim JH, Byun EH, Kim KS, Lee HJ, Byun MW. 2006. The non-enzymatic browning reaction occurred by gamma irradiation in sugar-lysine aqueous model solution. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35(5):583-587.
- Lee JW, Park CK, Do JH. 2005. Antioxidant activity of the water soluble browning reaction products from Korean red ginseng. *J Ginseng Res* 29(1):44-48.
- Lee JW, Sohn HO, Do JH. 2000. Function of the water soluble browning reaction products isolated from Korean red ginseng. 2. Linoleic acid, Ox-brain autoxidant and Fe^{2+} ADP/NAD system. *J Ginseng Res* 24(1):35-40.
- Lee SJ, Nam H, Kim MM, Jang HJ, Park JA, Kim BW, Chung KT. 2010a. *In vitro* inhibitory effect of aged black garlic extract with antioxidant activity on MMP-2 and MMP-9 related to metastasis. *J Life Sci* 20(5):760-767.
- Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Jung WJ, Ryu JH, Kim RJ, Sung NJ. 2010b. Antioxidants activity of aged red garlic. *J Life Sci* 20(5):775-781.
- Lee SW. 1985. *Cookery cultural history of Korea*. Gyomoon Publishers, Paju, Korea. pp 74-124.
- Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs. 2016. Rice processing industry promotion plan. Available from: www.mafra.go.kr/main.jsp. Accessed July 15, 2016.
- National Statistical Office. 2016. A yearly per capita rice consumption. Available from: www.kostat.go.kr. Accessed July 15, 2016.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions - Antioxidative activities of products of browning reaction

- prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44:307-315.
- Park YH, Oh YJ. 1997. The physicochemical characteristics of instant *Nuroong-gi*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(4):632-638.
- Prior RL, Wu X, Schaich K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem* 53(10):4290-4302.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9):1231-1237.
- Shen Y, Jin L, Xiao P, Lu Y, Bao J. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *J Cereal Sci* 49(1):106-111.
- Shin JH, Lee HG, Kang MJ, Lee SJ, Sung NJ. 2010. Antioxidant activity of solvent fraction from black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(7):933-940.
- Suh YK, Park YH, Oh YJ. 1996. Cooking condition for the production of instant *Nuroongi*. *J Korean Soc Food Nutr* 25(1):58-62.
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10(1):63-68.
- Wattenberg LW. 1978. Inhibitors of chemical carcinogenesis. *Adv Cancer Res* 26:197-226.
- Yamaguchi N, Koyama Y. 1967. Studies on the browning reaction products yields by reducing sugars and amino-acid. *Jpn J Food Sci Technol* 14(3):110-113.
- Yang YR, Park YK. 2011. Black onions manufactured via the browning reaction and antioxidant effects of their water extracts. *Korean J Food Preserv* 18(3):310-318.
- Yoo JS, Baek MK, Baek SH, Park HS, Cho YC, Kim BK, Ha KY. 2012. Comparison of characteristics of *Nuroong-gi* made from japonica rice cultivars. *Food Eng Prog* 16(4):381-385.
- Yoon S, Kwak HG, Kim YK, Kim HK, Park MS, Yeom KJ, Oh HS, Lee MJ, Lee JH, Ji GE. 2008. *Functional foods life*. Life Science Publishing Co., Seoul, Korea. p 222.

Received on Aug.16, 2016 / Revised on Sep.22, 2016/ Accepted on Sep.26, 2016