

고들빼기의 항산화 활성, 유기산 함량 및 유산균 평가

이정훈 · 박정민 · 김하정 · 최유정 · 김진만*

건국대학교 동물생명과학대학 축산식품공학과

Antioxidant Effect, Organic Acids Contents and Lactic Acid Bacteria of *Godulbaegi kimchi*

Jung-Hoon Lee, Jung-Min Park, Ha-Jung Kim,
You-Jeong Choi and Jin-Man Kim*

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

Abstract

This study of objective is to investigate the antioxidant properties of *Godulbaegi kimchi* by antioxidant activity, and evaluate the organic acid contents. An increase in antioxidant inhibitory effect was observed as the concentration of extraction solvent increased. The sample of methanol 80% extract showed higher DPPH radical scavenging activity. As the pH increased, the nitrite scavenging activity is decreased, and the sample diluted with methanol was the highest at 77.8% at pH 1.2. Total phenol content was the highest at 76.7 mg GAE/g when extracted from ethanol. The organic acids of *Godulbaegi kimchi* were detected malic acid, lactic acid and citric acid. As the storage period became longer, the total number of bacteria and lactic acid bacteria increased. It is suggested that *Godulbaegi kimchi* is very high in availability as a functional food and in its materials.

Keywords

Godulbaegi, antioxidant effects, organic acids

서 론

최근 질병의 예방 및 노화억제 등 건강을 유지하고자 기능성 식품의 섭취가 증가하였으며, 채소 등 비타민 및 무기질이 풍부한 식물성 식품의 소비가 점차 확대되고 있다(Kim *et al.*, 2012). 식물로부터 천연 기능성 소재를 탐색하는 연구가 많이 이루어지고 있는데, 이는 식물 중에 함유되어 있는 페놀 화합물이 항염, 항산화기능, 항암, 항균활성을 가지고 있기 때문이다(Ames *et al.*, 1995; Kang *et al.*, 2010). 지금까지 보고된 대부분의 천연 항산화제는 식물에서 유래된 것으로 알려져 있는데(Alonso-Salces *et al.*, 2001), 이런 성분들은 섭취 시 생체 내에서 항산화제로 작용하여 세포의 free radical을 소거하여 산화 및 노화를 막는 등 건강에 유익한 여러 가지 작용을 한다(Heo *et al.*, 2011). 인체는 생명을 유지하기 위해 하는 호흡과정을 거치는데, 이렇게 체내로 들어간 산소는 산화과정에 의해 생체조직을 공격하고, 세포를 손상시키는 활성산소를 생성하게 된다.

Received: 5월 1일, 2016
Revised: 5월 14일, 2016
Accepted: 5월 20일, 2016

*Corresponding author :
Jin-Man Kim
Department of Food Science and
Biotechnology of Animal
Resources, Konkuk University,
Seoul 05029, Korea
Tel: +82-02-450-3688,
Fax: +82-02-455-1044
E-mail: jnmkim@konkuk.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



체내 활성산소 생성이 증가하게 되고, 산화적 스트레스의 증가와 환경오염물질 및 자외선 등으로 인해 free radical 생성이 촉진되어 생체막 지질을 파괴하게 된다(Plaa and Witschi, 1976). 이를 억제하기 위한 항산화제에 대한 관심이 집중되고 있는데, BHT(butylated hydroxytoluene), BHA(butylated hydroxyanisole)와 PG(propyl gallate) 등의 합성 항산화제의 사용으로 독성 등 안전성 문제가 대두되고, 허용대상 식품이나 사용량이 엄격히 규제되고 있다(Jang and Jeong, 2010). 이러한 free radical을 제거함으로써 노화를 억제하고, 만성 질환 등 다양한 질병을 예방하고자 식물성 식품에 존재하는 항산화 물질에 대한 연구가 활발히 진행되어야 한다.

한국 전통 음식의 가장 대표적인 음식인 김치는 카로티노이드, 비타민, 플라보노이드 및 기타 페놀 화합물질과 같은 천연 항산화물질의 좋은 공급원이다(Sun *et al.*, 2009). 그 중 고들빼기 김치는 우리나라 가을철에 담가 먹으며, 해열, 진위, 조혈, 소화불량, 종기 등의 치료제로도 쓰여왔다(Kim, 1984). 고들빼기는 국화과에 속하는 2년생 산채류로서 주성분은 이눌린(inulin)으로 매우 짭고 쓴 맛을 가지고 있기 때문에, 주로 어린잎이나 뿌리를 데친 후 양념에 무치거나 김치를 담가 먹는다. 최근에는 혈청의 지질 농도를 낮추고(Kim, *et al.*, 1998), 고콜레스테롤 혈증 개선효과(Young *et al.*, 1992) 및 지방간으로 인한 간세포의 손상을 지연시키는 효과(Lim *et al.*, 1997)와 섬유소가 많이 들어 있는 것으로 보고되는 등 기능성 식품으로서의 가치가 높은 것으로 평가되고 있다(Ryu *et al.*, 1995).

고들빼기 항산화에 관한 연구로는 Kim 등(2010)은 무기질 및 폴리페놀 함량이 풍부하고, 항산화 효과가 우수하며, 아질산염 소거효과를 보여 기능성 소재로서의 활용이 가능할 것이라고 하였으며, Chun과 Kang (2013)은 항산화성과 항암활성 간에는 높은 상관관계를 나타내었다. Kim 등(2012)은 우수한 항산화 활성을 보여 기능성 식품 및 기능성 식품재료로서의 이용가능성이 매우 높은 것으로 나타냈다.

본 연구에서는 이러한 선행연구를 통하여 고들빼기에 대하여 기능성 식품으로써 이용 가능성을 검토하기 위하여 보편적으로 이용되는 고들빼기 김치를 용매별(에탄올, 메탄올, 물)로 추출하여 검출되는 항산화 효과를 조사하고, 함유하고 있는 유기산과 미생물을 측정하여 보았다.

실험재료 및 방법

실험재료 및 용매추출

본 실험에 사용된 고들빼기는 서울 대형마트에서 구입하여 사용하

였다. 고들빼기 김치를 동결건조(EYELA N-1000, Tokyo Rikakikai Co, Japan)한 후 균질화 시켰다. 균질화 된 샘플을 20, 40, 60, 80, 100% 메탄올, 에탄올, 물로 각각 024시간 동안 실온에서 흔들어 추출하였다. Whatman No. 2 여과지(Whatman, Maidstone, UK)를 통해 여과한 후 추출물을 샘플로 사용하였다. 샘플은 -42°C deep freezer(MDF-435, Sanyo, Tokyo, Japan)에 동결 보관하면서 사용하였다.

DPPH radical 소거능 측정

고들빼기의 DPPH radical 소거능은 Blois(Blois, 1958)의 방법에 준하여 안정한 free radical인 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma, USA)에 대한 시료 용액과의 전자공여 효과로써 이 반응에 의해 DPPH radical이 감소하는 정도를 spectrophotometer로 측정하였다. 각 추출물을 농도별로 제조한 시료 2 mL에서 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 가하고, 10초간 Vortex mixing 후 37°C 에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, DPPH radical 소거능은 시료 첨가 전후의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거능 (\%)} = (1 - (A/B)) \times 100$$

A : 시료 첨가구의 흡광도 값

B : 시료 비첨가구의 흡광도 값

총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 Peschel 등(2006)의 방법에 의하여 측정하였다. 용매에 따른 고들빼기 추출물 0.1 mL에 증류수 7.9 mL와 Folin Ciocalteu's phenol 시약(Fluka, Buchs, Switzerland) 0.5 mL를 가하였다. 2분 후 20% 탄산나트륨 용액 1.5 mL를 가하여 혼합하였고, 상온에서 2시간 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 표준품으로 200~1000 $\mu\text{g/L}$ 농도로 검량선을 작성한 후 gallic acid equivalents(mg GAE/g of sample)로 나타내었다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능은 Gray와 Dugan(1975)의 방법에 준하여 측정하였다. 1 mM NaNO_2 용액 1 mL에 각각의 분획물을 1 mL를 가하고, 0.1 N HCl을 사용하여 반응용액의 pH를 1.2로 조절하여 반응용액의 최종 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C 에서 1시간 동안 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여, 2% acetic acid 용액 5 mL, Griess 시약(30% 초산으로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합하여 사용 직전 제조한

것) 0.4 mL를 가하여 혼합하였다. 이를 실온에서 15분간 방치한 후 spectrophotometer를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 음성대조로 Griess 시약 대신에 증류수 0.4 mL를 가하여 동일한 방법으로 실험하였으며, 양성대조 물질로 ascorbic acid (50 μ g/mL)를 사용하였다. 소거능은 제거된 아질산염의 백분율을 다음의 식에 의하여 구하였다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = 1 - (A - B/C) \times 100$$

A : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응후의 흡광도

B : 시료 자체의 흡광도

C : 1 mM NaNO₂ 용액에 증류수를 첨가하여 1시간 반응후의 흡광도

유기산 함량 측정

유기산은 고들빼기 25 g을 225 g의 증류수와 함께 마쇄한 후 300 rpm에서 10분 동안 균질화 시켰다. Whatman No. 2 여과지(Whatman, Maidstone, UK) 및 NY 필터 0.45 μ m로 여과한 후, 유기산 (malic acid, lactic acid, citric acid)은 액체 크로마토그래피(Shimadzu Corp, Japan)로 분석하였다. Eclipse plus C₁₈ 5 μ m column(4.6×250 mm, Waters Co, Australia)을 사용하였으며, UV detector 210nm에서 이동상 0.02% potassium dihydrogen phosphate를 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min이며, 주입량은 10 μ L로 하였다(Table 1).

미생물 측정

고들빼기의 저장기간(40일)동안 5℃에서 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40일에 총균수와 유산균수를 측정하였다. 멸균팩에 시료를 채취하여 멸균된 펄톤수를 10배 가하여 stomacher(Laboratory Blender

Table 1. HPLC parameters for the determination of organic acid

Parameter	Conditions
Column	Eclipse plus C ₁₈ 5 μ m Column(4.6×250mm)
Mobile phase	0.02% Potassium dihydrogen phosphate
Injection volume	10 μ L
Wave length	210 nm
Flow rate	1 mL/min
Run time	30 min

Stomacher 400, Seward)로 균질화한 후, 단계 희석하였다. 총균수는 plate count agar(PCA, Difco Lab., USA)를, 유산균수는 MRS(MRS, Difco Lab., USA) 배지에 접종하여 37℃ 배양기에서 48시간 배양한 후 형성된 colony를 계측하였다. 시료는 1mL씩 추출하여 연속희석법의 방법으로 평판배지에 도말하였다.

결과 및 고찰

DPPH radical 소거능

DPPH radical은 비교적 안정한 free radical로 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므로 천연 추출물의 항산화능을 측정할 때 많이 이용되며, 비교적 빠르고 간단하여 널리 사용되고 있는 방법이다(Kim and Park, 2011; Yokozawa *et al.*, 1998). 고들빼기 추출물에 대한 DPPH radical 소거능은 Fig. 1과 같으며, 메탄올을 제외한 에탄올과 물에서 추출농도가 높아질수록 증가하는 경향을 보였고, 메탄올에서 추출한 80% 희석액에서 DPPH radical 소거능이 약 76.3%로 가장 높게 나타났다. 에탄올과 물로 추출한 희석액에서 DPPH radical 소거능이 15.1~73.1%, 15.2~59.5%로 나타났으며, 메탄올보다 낮은 소거능을 보였다. 다양한 용매 추출에서 김치가 DPPH radical 소거능이 페놀성 화합물, 비타민 C, 페놀산과 같은 활성 물질을 함유하고 있다는 연구결과가 보고되고 있다(Park *et al.*, 2011).

아질산염 소거능

고들빼기의 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 아질산염 소거능 활성은 pH 1.2, 3.0, 6.0에서 측정해 본 결과, pH가 증가함에 따라 아질산염 소거능은 감소하였다. 고들빼기의 아질

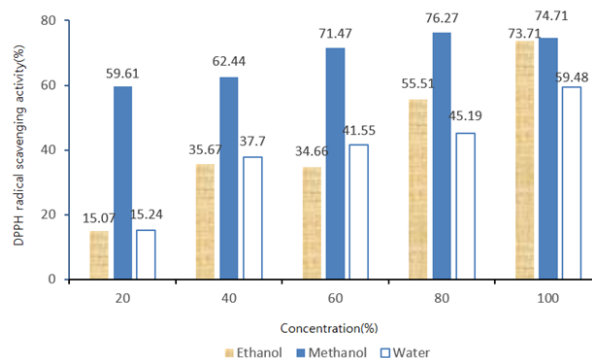


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity (%) of Godulbaegi kimchi by different solvents.



Table 2. Nitrite scavenging activity (%) of *Godulbaegi kimchi* by different solvents

Concentration (%)	pH	Ethanol	Methanol	Water
50	1.2	72.80±1.50	76.25±3.27	67.75±0.49
	3.0	57.62±2.13	61.11±1.37	49.21±2.80
	6.0	22.68±0.78	27.01±2.29	17.50±1.88
100	1.2	81.53±3.54	88.77±1.40	78.71±3.07
	3.0	76.55±0.97	82.72±0.24	53.58±2.05
	6.0	52.66±0.83	56.52±1.06	41.78±1.39

산염 소거능은 용매별(에탄올, 메탄올, 물)로 추출하여 50% 희석 후 pH 값이 1.2에서 각각 72.8, 76.3, 67.8%로 나타났다. 100% 에탄올, 메탄올, 물로 희석하여 측정했을 때 pH 1.2에서 각각 81.5, 88.8, 78.7%로 나타났다. 메탄올로 추출한 시료의 아질산염 소거능이 다른 용매로 추출한 시료의 활성보다 높게 나타났다. 질산염과 아질산염은 채소 등의 식품에 많이 함유되어 있으며 (Chung *et al.*, 1999), 아질산염은 일정농도 섭취시 아민류(amine)와 반응하여 니트로사민(nitrosamine)이라는 발암물질을 생성하여 메트헤모글로빈증(methemoglobinemia)을 유발하는 것으로 알려져 있는데(Park *et al.*, 2009), 고들빼기 김치 발효 후 추출물에서 아질산염을 소거하는 효과가 있는 것으로 나타나, nitrosamine의 생성 억제제로 활용이 가능할 것으로 사료된다(Sim and Han, 2008).

총 페놀 화합물 함량

페놀 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로 다양한 구조와 분자량을 가지며, phenolic hydroxyl이 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하여 생체내에서 항산화 활성과 항암 및 항균작용 등의 다양한 생리활성을 나타낸다(Han *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2011).

각 용매(에탄올, 메탄올, 물)에서 20, 40, 60, 80, 100% 희석하여 추출한 총 페놀 화합물 함량은 다음과 같다(Table 3). 총 페놀 화합물 함량은 에탄올로 추출하여 100% 희석액에서 76.7 mg GAE/g으로 가장 높았다. 다음으로 메탄올과 물에서 추출한 100% 희석액에서 72.0, 25.8 mg GAE/g으로 나타났다. Kim 등(Kim *et al.*, 2010)이 보고한 고들빼기의 잎과 뿌리의 총 폴리페놀함량(39.2, 19.9 mg/g)보다 높은 함량을 나타냈으며, 이는 추출되는 용매에 따라 추출 성분이 달라져 추출수율에 있어서도 많은 차이를 나타내기 때문이다(Cha *et al.*, 2009). 고들빼기의 섭취 시 총 폴리페놀의 높은 함량으로 천연 항산화제의 역할을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. The phenolic content (μ g of GAE/mg) of *Godulbaegi kimchi* by different solvents

Concentration (%)	Ethanol	Methanol	Water
20	12.30±0.02	7.48±0.02	0.09±0.00
40	31.95±0.07	18.33±0.02	8.50±0.02
60	46.83±0.00	51.61±0.08	11.00±0.05
80	63.17±0.04	59.27±0.15	19.66±0.10
100	76.74±0.06	72.01±0.31	25.82±0.15

유기산 함량

김치는 숙성과정에서 유기산과 유산균이 풍부해지고, 이것은 새로운 향기 성분이 생성되며 매운맛, 신맛, 짭맛, 단맛, 짭은맛, 시원한 감칠맛의 맛 성분인, 조화를 이루게 한다(Bae and Lee, 2008). 고들빼기의 유기산 함량을 알아보기 위해 사과산, 젖산, 구연산을 측정된 결과(Table 4), 사과산은 12.7분에 8.4 mg/mL 검출되었다. 젖산은 14.5분에 5.7mg/mL 검출되었으며, 구연산은 14.9분에 0.2 mg/mL 검출되었다. Shin(1996)의 연구결과와 같이, 배추와 고들빼기의 잎에서 사과산이 가장 많이 검출되었으며, 젖산, 구연산 순으로 높게 검출되었다. 유기산들은 김치 제조 후 발효가 시작되면 그 조성이 변화되어 다양한 맛에 관여할 것으로 사료된다.

총균수 및 유산균수 측정

Table 4. The contents of organic acids (mg/mL) of *Godulbaegi kimchi* by different solvents

	Malic acid	Lactic Acid	Citric Acid
Retention time	12.718	14.550	14.973
Content	8.40	5.73	0.20

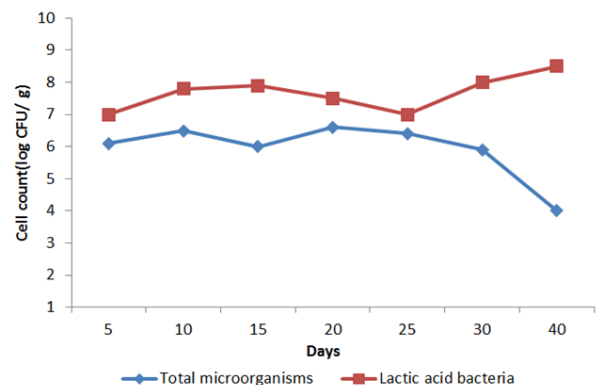


Fig. 2. Changes in microorganism colony count of *Godulbaegi kimchi* during fermentation at 5°C.

고들빼기 김치의 수거중 생균수의 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 일반적으로 고들빼기 김치의 초기 발효가 진행되면서 총균수가 증가하여 최대치에 도달한 후 다시 서서히 감소하는 발효양상을 띄는데(Park and Park, 2004), 본 실험에서도 고들빼기 김치 처리구의 총균수가 숙성 20일경에 6.6 log CFU/g으로 최대치에 도달하였다가 그 이후부터 조금씩 감소하는 것으로 나타났다. 숙성 중 유산균의 변화를 조사한 결과, 숙성기간이 늘어날수록 유산균이 7.0 log CFU/g에서 8.5 log CFU/g으로 증가하였다.

요 약

건강한 삶에 대한 현대인의 관심이 나날이 고조되고 있으며, 이에 따라 노화와 질병의 예방에 효과가 있는 항산화제의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 천연물이나 식품을 소재로 한 식이성 항산화제에 대한 연구는 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 천연물의 소재나 연구 분야의 폭이 매우 넓다.

본 연구는 고들빼기의 기능성 식품으로서 이용 가능성을 검토하기 위하여 동결건조 후, 각각의 용매(에탄올, 메탄올, 물)로 추출한 샘플을 DPPH radical 소거능, 아질산염 소거능, 총 페놀함량, 유기산 및 미생물함량을 측정하였다. 고들빼기 추출물에 대한 DPPH radical 소거능은 대체로 추출농도가 높아질수록 증가하는 경향을 보였고, 메탄올로 추출한 80% 희석액으로 추출했을 때 DPPH radical 소거능이 약 76.3%로 가장 높게 나타났다. pH가 증가함에 따라 아질산염 소거능은 감소하였고, 메탄올로 희석한 시료가 pH 1.2에서 77.8%로 가장 높았다. 총 페놀 화합물 함량은 에탄올로 추출한 100% 희석액에서 76.7 mg GAE/g으로 가장 높았다. 고들빼기 김치의 유기산은 젖산, 구연산 순으로 높게 검출되었다. 저장기간이 길어질수록 총균수는 줄어들고, 유산균수함량이 증가하였다. 이러한 결과로 볼 때 고들빼기는 폴리페놀 함량이 풍부하고, DPPH, 아질산염 소거효과를 보여, 기능성 소재로서의 활용이 가능하리라 생각된다.

참고문헌

1. Alonso-Salces, RM, Korta E, Barranco A, Berrueta LA, Gallo B, and Vicente F. (2001) Pressurized liquid extraction for the determination of polyphenols in apple. *J. Chromatogr. A*. **933**, 37-43.
2. Ames BN, Gold LS, and Willett WC. (1995) The causes and prevention of cancer. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **92**,

- 5258-5265.
3. Bae MS, and Lee SC. (2008) Preparation and characteristics of *kimchi* with added *Styela clava*. *Korean J. Food Cook Sci.* **24**, 573-579.
4. Blois MS. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. **181**, 1198-2000.
5. Cha JY, Ahn HY, Eom KE, Park BK, Jun BS, and Cho YS. (2009) Antioxidative activity of *Aralia elata* shoot and leaf extracts. *J. Life Sci.* **19**, 652-658.
6. Chon SU, and Kang JG. (2013) Phenolics level and antioxidant activity of methanol extracts from different plant parts in *Youngia sonchifolia*. *Korean J. Crop Sci.* **55**, 20-27.
7. Chung SY, Kim NK, and Yoon S. (1999) Nitrite scavenging effect of methanol fraction obtained from green yellow vegetable juices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 342-347.
8. Gray JL, and Dugan LR. (1975) Inhibition of n-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* **40**, 981- 984.
9. Han EK, Jung EJ, Lee JY, Jin YX, and Chun CK. (2011) Antioxidative activity of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum officinale*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 56-62.
10. Heo SJ, Ahn HY, Kang MJ, Lee JH, Cha JY, and Cho YS. (2011) Antioxidative activity and chemical characteristics of leaves, roots, stems and fruits extracts from *Acanthopanax senticosus*. *J. Life Sci.* **21**, 1052-1059.
11. Jang YS, and Jeong JM. (2010) Antioxidative effect and digestive enzyme inhibition of grape seed extract (GSE). *Korean J. Soc. Food Sci. Nutr.* **22**, 783-788.
12. Kang M, Kim MB, Kim JH, Ko YH, and Lim SB. (2010) Integral antioxidative capacity and antimicrobial activity of pressurized liquid extracts from 40 selected plant species. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **39**, 1249-1256.
13. Kim JG. (1984) Illustrated Natural Drugs Encyclopedia (color edition). Namsandang. pp. 42.
14. Kim JM, Kim JN, Lee KS, Shin SR, and Yoon KY. (2012) Comparison of physicochemical properties of wild



- and cultivated lactuca indica. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 526-532.
15. Kim JY, Oh SW, and Koh JB. (1998) Effect of *Godulbaegi* (*Ixeris sonchifolia* H.) powder on growth, protein and lipid concentration in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 525-530.
16. Kim MJ, and Park EJ. (2011) Feature analysis of different *in vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1053-1062.
17. Kim MJ, Park HS, Lee CI, Kim SH, Kim PN, Huh W, Lee DY, and Son JC. (2010) Component analysis and antioxidant effects of *Youngia sonchifolia* max. *J. Food Hyg. Safety.* **25**, 354-59.
18. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, and Lee IS. (2005) Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**, 233-240.
19. Lim SS, Jung HO, and Jung BM. (1997) Effect of *Ixeris sonchifolia* H. on serum liquid metabolism in hyperlipidemic rats. *Korean J. Food & Nutr.* **30**, 889-894.
20. Park JM, Shin JH, Gu JG, Yoon SJ, Song JC, Jeon WM, Suh HJ, Chang UJ, Yang CY, and Kim JM. (2011) Effect of antioxidant activity in *kimchi* during a short-term and over-ripening fermentation period. *J. Biosci. Bioeng.* **112**, 356-359.
21. Park SJ, Song SW, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Ahn JH, Yoon WB, and Lee HY. (2009) Biological activities in the extract of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 983-988.
22. Park SM, Choi YM, Kim YH, Ham HM, Jeong HS, and Lee JS. (2011) Antioxidant content and activity in methanolic extracts from colored barley. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1043-1047.
23. Park WP, and Park KD. (2004) Effect of whey calcium on the quality characteristics of *kimchi*. *J. FOOD Preserv.* **11**, 34-74.
24. Plass GL, and Witschi H. (1976) Chemicals, drugs and lipid peroxidation. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* **16**, 125-131.
25. Peschel W, Sanchez-Rabaneda F, Diekmann W, Plescher A, Gartzia I, Jimenez D, Diego Jimenez, Lamuela-Raventos R, Buxaderas and Codina S. (2006) An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, **97**, 137-150.
26. Ryu HS, Hwang EY, Chun SS, Park KY, and Rhee SH. (1995) Effect of *godulbaegi* (Korean Lettuce, *Ixeris sonchifolia* H.) *kimchi* on the *in vitro* digestibility of proteins. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **24**, 1010-1015.
27. Shin SC. (1996) Comparison of the properties of *Youngia sonchifolia* Max. for *kimchi* preparation. *Korean J. Plant. Res.* **9**, 105-112.
28. Sim KH, and Han YH. (2008) Effect of red pepper seed on *Kimchi* antioxidant activity during fermentation. *Food Sci. Biotechnol.* **17**, 295-301.
29. Sun YP, Chou CC, and Yu RC. (2009) Antioxidant activity of lactic-fermented Chinese cabbage. *Food Chem.* **115**, 912-917.
30. Yokozawa T, Chen CP, Dong E, Tanaka T, Nonaka GI, and Nishioka I. (1998) Study on the inhibitory effect of tannins and flavonoids against the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Biochemical pharmacology.* **56**, 213-222.
31. Young HS, Choi JS, and Lee JH. (1992) Further study on the anti-hypercholesterolemic effect of *Ixeris sonchifolia*. *Korean J. Pharmacogn.* **23**, 73-76.