

## 맨드라미, 비트, 홍갓 색소 추출물의 항산화 및 항균 효과

김미혜\*

호서대학교 자연과학대학 바이오산업학부 및 에코푸드 연구소

### Antioxidant and Antibacterial Activity of Extracts from *Brassica juncea czerniak et coss.*, *Celosia cristata L.*, and *Beta vulgaris L.*

Mi-Hye Kim\*

Research Institute of Eco-Food, Hoseo University

#### Abstract

We sought to study the qualities and scientific benefits of Dongchimi, a traditional Korean food. We compared and analyzed ingredients used for the appearance and storability of dongchimi - honggot (*Brassica juncea czerniak et coss.*), cockscomb (*Celosia cristata L.*), and beet *Beta vulgaris L.*). We specifically examined the antioxidative and antibacterial activity of pigments from extracts of these ingredients. Distilled water (H<sub>2</sub>O) and 1% citric acid were used to safely extract pigments. The antioxidative activity of the pigments was then measured for total phenolic compounds, SOD (Super Oxide Dismutase), and EDA (Electron Donation Ability) by DPPH. The antibacterial activity of was also assessed by a Paper disc solution. Our results show that the pigments had sufficient antioxidative activity and had antibacterial properties against Gram positive and negative bacteria. In particular, Cockscomb (used for enhancing color) contained the highest amount of polyphenol compounds and had the most efficient antioxidative activity.

Key Words: Anthocyanin, antioxidants, antibiotic, *Brassica juncea czerniak et coss.*, *Celosia cristata L.*, *Beta vulgaris L.*

#### 1. 서론

과일, 채소, 곡류와 같은 상용식물(culinary plants), 치료를 목적으로 사용되는 약용식물(medicinal plants), 그리고 맛과 향기를 제공하는 향신식물(spices)에 이르기까지 다양한 식물로부터 유래되는 수십종의 파이토뉴트리언트(phytonutrients)가 있고, 이와 같은 파이토뉴트리언트의 유용성은 최근 다양한 종류의 과일, 채소 섭취 권장과 함께 컬러푸드 섭취운동으로 전개되고 있다(한국영양학회 2011).

예로부터 우리나라는 다양한 천연 식물에서 필요한 색소를 생산하여 식용 및 염료용 색소로 사용되어 왔으나, 현대에 이르러 색소 적용의 편의성과 경제성, 지속성을 추구하게 되면서 광범위한 분야에서 합성색소가 천연 색소에 대체하여 사용되게 되었다(Boo 등 2011). 현재 식품가공에는 적색계통의 색소가 가장 많이 이용되고 있는데(Newsome 1986), 천연 색소 적색원 중에 주로 사용하는 것은 파프리카(paprika), 코치닐(cochineal), 비트(beet), 선인장 열매에서 추출한 베타닌(betainin) 색소 및 안토시아닌(anthocyanin) 등이 있다. 이들 중 안토시아닌은 수용성 색소로서 수분을 함유하

는 식품에 첨가하여 매력적인 색을 부여할 수 있다(Markakis 1982).

전통 발효식품인 김치류 중 국물김치로 가장 보편화된 동치미는 양념류가 많이 들어가지 않고 국물을 많이 사용하기 때문에 맛이 담백하며 국물에 생성된 젖산을 비롯한 각종 유기산과 이산화탄소가 주는 독특한 맛과 상쾌한 청량감의 탄산미 그리고 무가 씹힐 때 느껴지는 아삭아삭한 텍스처 때문에 예부터 즐겨 찾던 김치이다(Lee & Lee 1997). 동치미는 주로 겨울철에 무를 통째로 담그는 통 동치미가 일반적이었으나 냉장고 등의 보급이 일반화 된 후 겨울철뿐만 아니라 계절에 관계없이 적당히 잘라서 편리하게 사계절 이용하고 있다.

하지만 동치미는 발효와 숙성이 진행됨에 따라 풍미의 변화가 일어나는데 과숙되면 이러한 풍미와 조직감이 급격히 저하되어 동치미로서의 특성을 잃게 된다. 장기 저장시 동치미에서 나타나는 신맛, 군덕맛, 그리고 무 조직의 연화는 동치미의 품질을 저하시키는 주요한 요인으로 지적되고 있다. 이에 동치미의 저장성을 증대시키기 위한 다양한 연구들이 이루어져 왔으며, 그 연구들에는 첨가물에 관한 연구(Hwang & Jang

\*Corresponding author: Mi-Hye Kim, Research Institute of Eco Food, Hoseo University, 165, Asan, Chungnam, Korea  
Tel: +82-41-540-9663 Fax: +82-41-548-0670 E-mail: kimmihye92@hoseo.edu

2001; Moon & Jang 2004), 저온저장(Jeong 등 1997; Noh 등 2009), 열처리(Kang 등 1991), 동결처리(Lee 등 1999), 초임계처리(Hong 등 2008) 그리고 향신료 및 천연부재료 첨가 효과(Jang 등 2000; Park 2005; Park & Jang 2006) 연구 등 다양한 연구들이 동치미의 품질을 유지하면서 가식기간을 연장시킬 수 있는 방법을 찾기 위해 진행되어 왔다. 최근 연구들은 식품의 부패를 억제하기 위한 방법으로 합성보존료 대신 천연항균성 물질의 첨가가 활발히 연구되고 있다.

음식의 맛과 향을 증진시키고 불쾌한 냄새를 없애기 위한 향신료로 서양에서는 주로 oregano, basil, sage 등이 사용되며, 국내에서는 파, 마늘, 고추 등이 많이 이용되어 왔다. 그 밖에 허브의 소화촉진, 항균, 살균, 산화방지 등의 작용이 알려지면서 다양하게 활용되고 있다(Son 등 2005). 임원십육지(이 등 2007), 규합총서(정 2008), 수운잡방(윤 1998) 등의 고조리서에서도 동치미에 다양한 식재료를 첨가하여 동치미 맛을 다양화 하였을 뿐만 아니라 동치미 저장기간도 연장시켰음을 알 수 있다.

파이토뉴트리언트(phytonutrients)가 풍부한 천연식재료 중 특히 홍갓과 맨드라미는 전통적으로 동치미에 색을 더하기 위해 사용되었던 식재료이며, 비트는 명아주과에 속하는 뿌리채소로 최근 붉은 색소원(color source)으로 다양한 음식에 응용되고 있어 컬러 동치미 제조에 적합할 것으로 사료된다. 이들 홍갓, 맨드라미, 비트 등 적자색 식재료에 많은 안토시아닌(anthocyanin)은 페놀성 화합물에 속하며 수용성 플라보노이드계 색소로서 항암, 항산화, 항바이러스, 면역증강 등 다양한 생리활성 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Jang 등 2009; Kim 등 2010). 또한 안토시아닌은 pH에 따라 색이 변하므로, 동치미의 발효가 진행되면서 무의 당이 유기산으로 변화하여 동치미 국물이 산성으로 변화하는데 안토시아닌 산성에서 안정된 빨간색을 나타냄에 따라 안토시아닌 천연 색소의 첨가는 동치미의 기능성을 향상시킬 뿐 아니라 관능적 품질 향상에도 도움이 될 것이다.

본 연구에서는 전통적으로 동치미의 관능성과 저장성 향상을 위해 활용되었던 홍갓(*Brassica juncea czerniak et coss*), 맨드라미(*Celosia cristata L.*)와 현재 식품소재로서 많이 이용되고 있는 비트(*Beta vulgaris L.*)에서 안토시아닌 색소를 추출하여 추출물의 항산화 활성과 항균력을 측정하고 비교 분석해 보고자 하였다. 이를 통하여 컬러동치미 제조 가공적성 향상을 위한 기초 자료로 사용 할뿐만 아니라 소비자의 다양한 기호 변화에 맞추어 전통음식을 개발하고 전통음식의 과학적인 고찰을 통하여 한식의 세계화에 이바지하고자 시도 되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에 사용한 맨드라미(*Celosia cristata L.*)는 2011년

7월 직접 파종하여 10월 수확한 후 자연 건조하여 사용하였으며, 홍갓(*Brassica juncea czerniak et coss*)은 2012년 3월 순천시 소재 오병이어 영농조합 법인에서 수확한 것으로 길이 45-48 cm, 무게 94 g 내외의 것의 잎사귀를 잘게 다져서 사용하였다. 비트(*Beta vulgaris L.*)는 2012년 3월 인근 재래시장에서 구입한 지름 10-14 cm의 것을 외피 제거 후 잘게 다져서 사용하였다.

### 2. 색소 추출물 제조

안토시아닌 추출에 사용된 용매는 인체에 가장 안정하며, 추출 후 음식에 바로 적용할 수 있도록 증류수(H<sub>2</sub>O)와 구연산(citric acid)을 사용하였다. 보통 anthocyanin 색소 추출에 사용된 용매는 추출 효과를 높이기 위해 HCl이나 유기산을 사용하여 용매를 산성으로 조절하여 사용하는데 Lee 등(2000)의 연구에 의하면 HCl과 같은 강산보다는 citric acid와 같은 유기산을 사용하는 것이 anthocyanin 색소의 안정성을 확보하는데 바람직할 것으로 보고된 바 있다. 용매에 사용된 증류수는 증류수 제조기에서 제조된 1차 증류수를 사용하였다.

색소추출은 CHMLAB(F1002-240) 필터를 이용하여 용매 200 mL에 시료 20 g을 넣어 12, 24시간 동안 상온에서 정치 추출 하여 5°C 냉장 보관하여 사용하였다. 색소 추출량은 분광광도계(Perkin Elmer Lambda 25, USA) 흡광도로써 추정하였다. 안토시아닌의 일종인 베타시아닌(beta-cyanin)의 최대 흡수파장이 530-545 nm이기 때문에 530 nm 조건에서 흡광도를 측정하였다(김 1999).

### 3. 항산화 활성의 측정

#### 1) 페놀성 화합물

추출물 0.1 mL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>을 2.0 mL 가하고 혼합하여 실온에서 30분 정치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 페놀성 화합물 정량을 위한 검량선은 catechin을 이용하여 0-1.0 mg/mL의 농도로 작성하였으며, 모든 과정은 3회 반복하였다.

#### 2) SOD(super oxide dismutase) 유사활성 측정

시험관에 Tris-HCl buffer 3 mL, 0.2 mM pyrogallol 0.2 mL, 추출물 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분 방치한 후, 1 N HCl 1 mL를 첨가하여 반응을 정지시키고, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{SOD-liked activity (\%)} = 100 - \left( \frac{A}{B} \times 100 \right)$$

A: 시료 첨가군의 흡광도

B: 시료 무첨가군의 흡광도

#### 3) 전자공여능(EDA:electron donating ability) 측정

DPPH 라디칼은 매우 안정한 자유 라디칼(free radical)이

다. 이 라디칼을 소거하는 정도로써 항산화 작용을 평가하였다. DPPH 용액 180 µL와 추출물을 각각 26 µL씩 가하고 인큐베이터(JEIO TECH IB-600M, Korea)에서 차광 상태로 37°C에서 20분간 배양하였다. 배양 후 spectrofluouometer (Perkin Elmer Lambda 25, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물 0.5 mL에 0.15 mM DPPH 용액 3.5 mL 가하여 잘 섞은 후 517 nm에서 30분간 흡광도의 변화를 측정하여 다음과 같이 계산하여 나타내었다.

$$EDA (\%)=100 - \left(\frac{A}{B} \times 100\right)$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
- B: 시료 무첨가군의 흡광도

4) Hydroxyl radical 소거활성 측정

시험관에 0.1 mM FeSO<sub>4</sub>/EDTA 용액 0.2 mL, 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL, 추출물 0.1 mL와 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) 1.3 mL, 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.2 mL를 가하고, 37°C incubator에서 2시간 반응시킨 후 20% TCA(trichloroacetic acid)용액 1 mL를 가하여 100°C에서 15분간 가열한 후 급속히 냉각시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} = \frac{B-A}{B} \times 100$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
- B: 시료 무첨가군의 흡광도

4. 항균력 측정

시료 추출물의 항균성 검정을 위하여 세균 4종을 사용하였으며 <Table 1>과 같다. 균의 생육 배지는 액체영양배지(Difco, USA)를 사용하였으며, 세균의 한천영양배지의 배양 온도는 37°C로 하였다.

천연재료 추출물의 항균력은 paper disc법으로 측정하였다. 즉, 액체배지에서 12시간 배양된 균주들을 접종한 후 천연 추출물을 문힌 paper disc를 올려놓고 12시간 배양하여 disc 주위에 나타나는 저해환의 크기를 측정하였다. 항균력 측정에는 12시간 추출물과 24시간 추출물을 가지고 측정, 비교하였다.

5. 통계분석

실험결과는 Mean±SD로 나타내었고, 분석된 실험 데이터

<Table 1> List of bacteria used for the experiments

Gram (-)	<i>E. coli</i> <i>Salmonella Enteritidis</i>
Gram (+)	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>

는 대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 자료로부터 one-way ANOVA를 실시하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

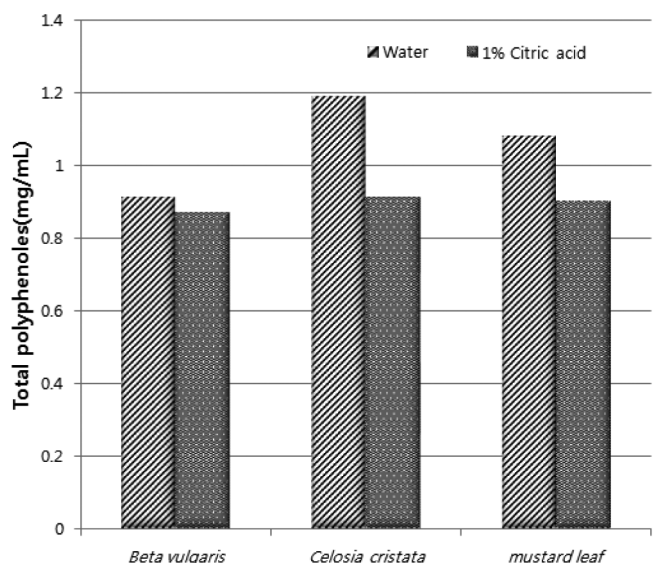
1. 홍गत, 맨드라미, 비트 추출 색소의 항산화 활성

1) 총 폴리페놀 함량

세포가 성장하면서 발생하는 자유라디칼(free radical)에 의해 세포가 산화되어 손상되는데 페놀성 화합물은 환원성이 강해서 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 항산화 능력이 있는 것으로 보고되고 있다(Sanchez 등 2007).

식물에는 산화와 관련된 매우 다양한 유해산소 소거활성 분자들이 내재되어 있으며, 특히 고등식물에서 발견되는 천연 항산화 물질 중 가장 많은 부분을 차지하는 것이 페놀성 화합물이다. 페놀은 독성이 강한 물질이나 페놀분자의 환상 구조에 치환기로서 수산기(-OH)가 더해짐에 따라 일반적으로 독성이 저하하고 항산화활성과 라디칼 소거 활성이 증가하게 되는데 이와 같은 페놀화합물의 대표적인 것이 안토시아닌이다(Larson 1988).

동치미에 첨가하기 위한 안토시아닌 색소 추출물의 기능성을 검증하기 위해 1% 구연산과 증류수를 사용하여 비트, 맨드라미, 홍गत을 추출한 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정 한 결과 <Figure 1>과 같다. 비트 증류수 추출물(BW)의 총 폴리페놀 함량은 평균 0.91±0.01 mg/mL, 1% 구연산 추출물(BC)의 총 폴리페놀 함량은 평균 0.87±0.01 mg/mL, 맨드라미 증류수 추출물(CW)의 경우 평균 1.19±0.00 mg/mL, 구연산 추출물(CC)은 평균 0.91±0.01 mg/mL이며, 홍गत 색소의 증류수 추출물(MW)은 평균 1.08±0.0 mg/mL, 구연산 추출



<Figure 1> Contents of total polyphenols of *Brassica juncea* Czerniak et coss, *Celosia cristata* L., and *Beta vulgaris* L. extracts

물(MC)은 평균  $0.9 \pm 0.00$  mg/mL로 나타났다. 결과적으로 비트, 맨드라미, 홍갓 중 맨드라미의 증류수 추출물(CW)의 총 폴리페놀 함량이 가장 높았고, 그 다음이 홍갓 증류수 추출물(MW)이었으며, 비트 구연산 추출물(BC)의 총 폴리페놀 함량이 가장 낮게 나타났다.

Wen(2006) 등의 보고에서도 맨드라미의 주요한 유효성분으로 betacyanin, kaempferitrin, amaranthin, pinito, cristatein 등 뿐만 아니라 많은 페놀(phenolic)성분이 함유되어 있어 항산화 작용과 항염증 작용에 두드러진 활성을 가지고 있음이 밝혀졌다. 한국산 맨드라미의 말린꽃에 3-5%의 betacyanin이 함유되어 있으며, 이 베타시아닌은 레드비트(red beet)의 베타시아닌과 매우 흡사하고, 맨드라미꽃은 오래전부터 한국의 전통 음식의 색을 내기 위해 사용되어졌다(Lee 등 1989).

## 2) SOD 유사활성

SOD 유사활성 물질은 생체내 효소는 아니지만 SOD와 유사한 역할을 하는 저분자 물질로 주로 파이토케미칼(phytochemicals)에 속하며 superoxide의 반응성을 억제하여 산화적 장애를 방어할 수 있다(Kim 등 2005). 즉, 비트, 맨드라미, 홍갓 내에 SOD 유사 활성 물질이 존재하는 경우 pyrogallol이 수용액에서 빠르게 자동산화(autooxidation)되는 것을 억제할 수 있고, 억제되는 정도를 비교하여 시료의 효능을 비교하는 것이다.

비트, 맨드라미, 홍갓 추출물의 SOD 활성도 분석결과는 <Table 2>와 같다. 샘플별 SOD 활성도는 차이를 나타냈다( $p < 0.01$ ). 비트, 맨드라미, 홍갓 추출물의 SOD 유사활성은 맨드라미 증류수 추출물(CW)이  $88.21 \pm 1.94\%$ 로 가장 높았으며, 다음이 비트 증류수 추출물(BW)의 SOD 활성도  $82.57 \pm 2.55\%$ 이며, 홍갓 증류수 추출물(MW)  $75.69 \pm 4.91\%$ , 홍갓 구연산 추출물(MC)  $66.52 \pm 3.16\%$ 이며, 비트 구연산 추출물(BC)과 맨드라미 구연산 추출물(CC)이 가장 낮은 활성도인  $61.31 \pm 4.21\%$ 로 나타났다.

비트, 맨드라미, 홍갓 중 맨드라미 증류수 추출물(CW)의 총 폴리페놀 함량이 가장 높았던 결과와 같이 SOD 유사 활성도 맨드라미 증류수 추출물(CW)이 가장 높게 나타났다. 이를 통하여 총 폴리페놀 함량이 높을수록 항산화력이 높다는 것을 알 수 있다. 단, 맨드라미 구연산 추출물(CC)이 가장 낮은 SOD 활성을 보인 것은 SOD 활성이 산도에 의해 영향을 받기 때문이며(Korycka-Dahl 등 1979) 맨드라미를 추출한 용매인 1% 구연산이 pH 2 정도로 높은 산도를 보여 효소 활성이 저해된 것으로 보여진다.

두 번째로 높은 SOD 유사 활성도를 보인 추출물은 비트 증류수 추출물(BW)이다. 비트의 뿌리 조직에 있는 대표적인 색소인 베타라틴(betalains)은 자유 라디칼 소거능에 매우 효과적이어서 활성 산소 및 자유라디칼에 의해 유도된 지질과 산화를 예방하는 것으로 알려져 있다(Gliszcznaska-Swiglo 등 2006). Kanner 등(2001)도 betalains류가 매우 적은 농도로도

<Table 2> Analysis of SOD (superoxide dismutase) activity of *Brassica juncea Czerniak et coss*, *Celosia cristata* L., and *Beta vulgaris* L. extractions

Samples	SOD-liked activity(%)	
	Before <sup>8)</sup>	After <sup>9)</sup>
Control <sup>1)</sup>	$0.00 \pm 0.00^{10)}$	
BW <sup>2)</sup>	$0.01 \pm 0.00$	$82.57 \pm 2.55^{ab11)}$
BC <sup>3)</sup>	$0.01 \pm 0.00$	$61.31 \pm 4.21^c$
CW <sup>4)</sup>	$0.02 \pm 0.00$	$88.21 \pm 1.94^a$
CC <sup>5)</sup>	$0.01 \pm 0.00$	$61.31 \pm 4.21^c$
MW <sup>6)</sup>	$0.01 \pm 0.00$	$75.69 \pm 4.91$
MC <sup>7)</sup>	$0.01 \pm 0.00$	$66.52 \pm 3.16^c$
p-value		<0.0001

<sup>1)</sup>Control: Water substitute Sample

<sup>2)</sup>BW: *Beta vulgaris* Water extraction

<sup>3)</sup>BC: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction

<sup>4)</sup>CW: *Celosia cristata* Water extraction

<sup>5)</sup>CC: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction

<sup>6)</sup>MW: *Brassica juncea Czerniak et.* Water extraction

<sup>7)</sup>MC: *Brassica juncea Czerniak et.* 1% Citric acid extraction

<sup>8)</sup>Response time is 0 minute

<sup>9)</sup>Response time is 10 minute

<sup>10)</sup>Mean $\pm$ SD

<sup>11)abcde</sup>: Means followed by different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$

지질과 산화를 저해하고 이러한 능력은 카테킨(catechins)과 다른 flavonoids 보다 높다고 보고하였다.

## 3) DPPH 라디칼 소거 활성

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)는 자체가 비교적 안정된 free radical을 지니고 있는 화합물로 항산화 물질에 의해 환원되어 항산화 능력을 확인하는데 널리 사용되는 물질로서 DPPH를 이용한 유리 라디칼 소거 반응은 항산화 물질의 전자공여능으로 인해 방향족 화합물 및 방향족 아민류에 의해 환원되어 자색의 탈색 정도를 지표로 하여 항산화능을 측정하는 방법이다(Choi 등 1994). Free radical인 DPPH는 안정한 형태이나 안토시아닌과 같은 항산화성분에 의해 환원되어 자신의 짙은 자색이 탈색되면서 유리를 상실하게 된다고 알려져 있다(Halliwell & Gutteridge 1986).

비효소계 시스템에서의 비트, 맨드라미, 홍갓 색소 추출물의 항산화능을 비교하기 위한 DPPH 분석결과는 <Table 3>과 같다. 비트, 맨드라미, 홍갓 색소 추출물에 대한 DPPH 활성도는 30분 시간이 경과함에 따라 모두 유의수준( $p < 0.001$ )에서 높은 활성도를 나타냈다. 그 중 맨드라미 증류수 추출물(CW)이 20.82%로 가장 높은 활성도를 나타냈으며, 홍갓 증류수 추출물(MW)이 18.24%, 홍갓 구연산 추출물(MC)이 16.46%였고, 비트 구연산 추출물(BC)과 맨드라미 구연산 추출물(CC)이 각각 13.52%와 12.98%로 비슷하였고, 비트 증류수 추출물(BW)은 12.13%로 가장 낮은 활성도를 나타냈다. Pyo 등(2008)의 연구에서도 DPPH를 이용한 유리 라디

<Table 3> Individual antioxidative activity of the extractions

Samples	Antioxidative activity (%)			
	A (0 min)	B (30 min)	B-A	p-value
BW <sup>1)</sup>	8.46	12.13 <sup>e</sup>	3.67	0.0001
BC <sup>2)</sup>	8.76	12.98 <sup>d</sup>	4.22	<0.0001
CW <sup>3)</sup>	12.65	20.82 <sup>a</sup>	8.17	<0.0001
CC <sup>4)</sup>	10.34	13.52 <sup>d</sup>	3.18	<0.0001
MW <sup>5)</sup>	14.65	18.24 <sup>b</sup>	3.59	0.0001
MC <sup>6)</sup>	13.44	16.46 <sup>c</sup>	3.02	<0.0001
p-value	<0.0001			

<sup>1)</sup>BW: *Beta vulgaris* Water extraction  
<sup>2)</sup>BC: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction  
<sup>3)</sup>CW: *Celosia cristata* Water extraction  
<sup>4)</sup>CC: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction  
<sup>5)</sup>MW: *Brassica juncea Czerniak et.* Water extraction  
<sup>6)</sup>MC: *Brassica juncea Czerniak et.* 1% Citric acid extraction  
<sup>abcde</sup>: Means followed by different superscripts are significantly different at p<0.05

칼 소거 반응에서 맨드라미 추출물이 농도 의존적으로 강한 항산화 작용을 나타내는 것으로 나타났다. Jang 등(2009)의 연구에서도 비트 물 추출물이 cell system에서 MeOH 분획물 보다는 낮았지만 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되었다. Pavlov 등(2005)도 비트 유래 베타라인(betalains)이 합성항산화제인 BHT(butylated hydroxytoluene)와 비교될 만큼 높은 유리라디칼 소거능을 나타내었다고 보고 하였다. Lee 등(2005)도 13가지 채소류의 DPPH 라디칼 소거능을 살펴 본 결과 그 중 비트 잎의 라디칼 소거능이 우수하였고 총 폴리페놀 함량도 높아 비트의 항산화 활성과 양의 상관관계가 있음을 보고 하였고, 비트 뿌리에 의한 높은 세포 생존율을 보여 우수한 산화적 스트레스 개선 효과를 가진다고 보고하였다.

추출 용매에 따른 맨드라미, 비트, 홍갓 색소의 항산화력 결과는 1% 구연산 용액(C)보다 증류수(W)로 추출한 것이 모두 총 폴리페놀 함량과 SOD 활성이 높게 나타났다. 하지만, DPPH 소거능에서는 비트 구연산 추출물(BC)이 비트 증류수 추출물(BW) 보다 높은 활성을 보였다. 이는 비트 뿌리를 물로 추출한 비트 레드 색소의 주요성분인 베타닌(betainin, C<sub>24</sub>H<sub>26</sub>O<sub>13</sub>N<sub>2</sub>=550.48)은 링 구조에 질소와 글리코시드잔기를 포함하며, 선명한 적색색소로 특히 pH 4-7 정도의 약산성에서 안정하기 때문이다(Lee 등 2005). 즉, 비트의 주색소인 베타닌이 약산성 조건에서 안정화되는 특성으로 다른 시료에 비해 비트는 물로 추출하는 것보다 구연산으로 추출 하였을 때 DPPH라디칼 소거능이 더 높은 것을 알 수 있었다.

4) Hydroxyl radical 소거 활성

Hydroxy radical은 금속과 반응시 생성되는 radical로 열화학적 반응성이 크기 때문에 염기를 변형시키거나 때로는 구성당을 분해하기도 하며 단백질의 기능을 손상시킬 수 있다

<Table 4> The hydroxyl radical scavenging activity (%) of the extractions

Samples	Hydroxyl radical activity (%)	
	Before <sup>9)</sup>	After <sup>10)</sup>
Control <sup>1)</sup>	1.27±0.00 <sup>8)</sup>	
BW <sup>2)</sup>	0.27±0.01	75.50±0.04 <sup>d</sup>
BC <sup>3)</sup>	0.26±0.00	78.11±0.27 <sup>c</sup>
CW <sup>4)</sup>	0.31±0.00	78.34±0.60 <sup>bc</sup>
CC <sup>5)</sup>	0.28±0.00	79.65±0.10 <sup>a</sup>
MW <sup>6)</sup>	0.28±0.00	78.15±0.24 <sup>c</sup>
MC <sup>7)</sup>	0.27±0.00	78.94±0.21 <sup>b</sup>
p-value	<0.0001	

<sup>1)</sup>Control : Water substitute Sample  
<sup>2)</sup>BW: *Beta vulgaris* Water extraction  
<sup>3)</sup>BC: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction  
<sup>4)</sup>CW: *Celosia cristata* Water extraction  
<sup>5)</sup>CC: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction  
<sup>6)</sup>MW: *Brassica juncea Czerniak et.* Water extraction  
<sup>7)</sup>MC: *Brassica juncea Czerniak et.* 1% Citric acid extraction  
<sup>8)</sup>Mean±SD  
<sup>abcd</sup>: Means followed by different superscripts are significantly different at p<0.05  
<sup>9)</sup>Response time is 0 minute  
<sup>10)</sup>Response time is 10 minute

(Richard 1997). 따라서 hydroxy radical 소거 활성은 Fenton reaction에 의해 생성된 hydroxyl radical이 deoxyribose를 분해하고 이때 생성된 malonaldehyde의 양을 측정함으로써 시료의 hydroxy radical 소거 활성을 측정하는 항산화능의 중요한 척도로 이용된다(Kwon 등 2007). 비트, 맨드라미, 홍갓 등에 함유되어 있는 안토시아닌(anthocyanins)의 항산화성은 주로 B ring에서 O-dihydroxy 구조의 환원력과 기타 구조 특성 그리고 결합하고 있는 다른 화합물에 의한 것으로 추정하고 있다(Noda 등 2000).

동치미 품질특성 향상을 위한 부재료들의 항산화력을 살펴보기 위한 색소 추출물의 hydroxy radical 소거능 분석 결과는 <Table 4>와 같다. 총 폴리페놀 함량과 SOD 활성, DPPH 소거능 등의 결과와 유사하게 맨드라미 추출물의 hydroxy radical 소거능이 가장 높았다. 그 중 맨드라미 구연산 추출물(CC)의 소거능이 79.65±0.10%로 가장 높았으며, 다음이 홍갓 구연산 추출물(MC) 78.94±0.21%로 높았으며, 맨드라미 증류수 추출물(CW) 역시 78.34±0.60%로 높게 나타났다. 비트 증류수 추출물(BW)은 75.50±0.04%로 가장 낮은 hydroxy radical 소거능을 보였다. 이와 같이 안토시아닌 색소 재료와 추출 용매에 따른 라디칼 소거능의 차이는 모두 높은 유의수준(p<0.01)에서 통계량의 평균 차이가 있었다.

비트, 맨드라미, 홍갓 색소의 총 폴리페놀 함량과 SOD 활성, DPPH 소거능의 결과와 hydroxy radical 결과를 비교해 보면 구연산 추출물(C)의 hydroxy radical 소거능이 증류수 추출물(W)의 소거능 보다 높음을 알 수 있다. 이는 Lee &

Park(2005)의 연구에서 브로콜리 추출물의 라디칼 소거 활성은 산성 pH에서 가장 안정적이었으며 알칼리 쪽으로 pH가 증가할수록 브로콜리가 가지는 라디칼 소거 활성은 현저히 감소한다고 보고 한 바와 같이 산성 조건일 때 hydroxy radical 소거능이 보다 왕성함을 알 수 있다.

또한, Han 등(1987)이 갖의 항산화 활성을 측정 한 결과 시금치보다 활성이 강하였으며 유효성분 중의 하나로 시나핀(sinapine)을 분리하여 갖의 항산화작용이 있음을 보고한 것과 같이 홍갓 추출물의 hydroxy radical 소거능도 맨드라미 추출물 다음으로 높은 hydroxy radical 소거능을 나타냈음을 확인하였다.

3. 홍갓, 맨드라미, 비트 추출 색소의 항균력

1) 홍갓 색소 추출물의 항균력

갖의 기능성 연구로는 갖의 조직이 절단 또는 상처를 받으면 조직 중에 존재하는 myrosinase가 다량 함유되어 있는 sinigrin에 작용하여 glucose, 함황성분과 그 관련물질 등을 생성하게 되는데, 그 가운데 allylisothiocyanate(AIT)는 갖의 대표적인 생리활성 성분으로 독특한 매운 맛을 낼 뿐 아니라 항균작용이 있음이 보고되었다(Dorman & Deans 2000).

<Table 5>에서와 같이 홍갓 추출물에 대한 항균 활성은 2 종류의 Gram(+) bacteria, 2 종류의 Gram(-) bacteria에 대하여 disc 확산법으로 측정 한 결과 모든 균에 대해 clear zone을 형성하였다. 홍갓 색소의 항균력은 12시간 구연산 추출물은 *E. coli*, *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 모든 균주에 있어 저해환이 나타났으며 특히, *E. coli* 균주에서 10 mm<sup>2</sup> 이상의 강력한 항균력을 나타냈고, *B. subtilis* 균주에서도 5-10 mm<sup>2</sup>의 강한 항균력을 보였다. 홍갓 24시간 구연산 추출물에서도 *E. coli*, *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 모든 균주에 있어 저해환을 나타냈으며, *E. coli*, *B. subtilis* 균주에 모두 10 mm<sup>2</sup> 이상의 강력한 항균력을 나타냈으며, *S. aureus* 균주에서도 5-10 mm<sup>2</sup>의 강한 항균력을 보였다.

다만 홍갓 색소를 추출한 용매가 증류수(W)인 경우는 항균력이 나타나지 않았으며 추출시간을 12시간과 24시간으로 구분하여 실험한 결과 시간차에 대한 항균력의 차이는 나타나지 않았다. 며, 구연산(C)으로 홍갓 색소를 추출한 경우 모든 균에 대해 항균 효과를 나타냈다.

Kang(1995)의 연구에서는 다양한 용매에 의해 갖에서 추출한 분획물의 항균 활성을 측정 한 결과 갖의 항균 물질은 에탄올 추출물의 경우 모든 균주에서 현저한 생육 억제 효과가 나타났으나, 물에 의한 추출물의 항균성은 *B. subtilis*, *E. coli*, *S. aureus* 등 일부 균주에서 약하게 나타났다. 이와 같이 갖 중의 항균성 물질은 특정용매에만 용해되지 않고 한 가지 성분이라기보다는 여러 가지 성분이 서로 복합적으로 작용하고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 Kim 등(2009)은 구연산을 이용한 미생물 저감화 효과를 본 결과 1% 구연산 처

<Table 5> Antimicrobial activities of *Brassica juncea czerniak et coss* extraction against various microorganisms

Samples	Antimicrobial activities			
	<i>E. coli</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>
1H12 <sup>1)</sup>	-	-	-	-
1H24 <sup>2)</sup>	-	-	-	-
3H12 <sup>3)</sup>	++	±	+	±
3H24 <sup>4)</sup>	++	±	++	+

Clear zone ±: less than 5 mm<sup>2</sup>/+: 5-10 mm<sup>2</sup>/++: greater than 10 mm<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>1H12: *Brassica juncea czerniak et coss* Water extraction for 12 hr

<sup>2)</sup>1H24: *Brassica juncea czerniak et coss* Water extraction for 24 hr

<sup>3)</sup>3H12: *Brassica juncea czerniak et coss* Citric acid extraction for 12 hr

<sup>4)</sup>3H24: *Brassica juncea czerniak et coss* Citric acid extraction for 24 hr

리구에서 미생물 저감화 효과가 나타난 것을 미루어 보아 본 연구 결과의 구연산으로 홍갓 색소를 추출한 분획물의 항균 효과가 물 추출물보다 큰 것은 용매 자체의 항균효과를 배제할 수 없는 것으로 보인다.

식물체에서 분리한 phenol화합물이 각종 세균, 효모의 생육 억제활성 및 효소 저해활성이 있음이 보고되었는데(Choi 등 2001), 특히 십자화과 채소에는 glucosinolate, 페놀, 플라보노이드, 함황화합물이 풍부하게 함유되어 있어 홍갓의 항균 효과가 강한 것으로 보인다.

12시간 구연산 용매로 추출한 홍갓 색소가 가장 강한 항균력을 보인 균주는 *E. coli* 균이다. *Escherichia coli*는 온혈동물의 대장과 소장에서 많이 볼 수 있는 박테리아다. 대부분의 대장균의 변종은 해롭지 않지만 항원 O157 등은 사람의 식중독을 일으키며 가끔 대규모의 식품 리콜의 원인이 된다. 독성인자가 있으면서 대장균에 의해 야기되는 질환은 설사, 비뇨기계 감염, 신생아 수막염, 쇠약해진 입원환자에서 흔히 일어나는 그람음성 패혈증 등이 있다(홍 등 1993).

위와 같이 홍갓 색소의 강한 항균력은 동치미의 발효와 숙성 중 일어나는 조직감 과 풍미 저하를 억제하여 동치미 품질 향상에 도움을 줄 것이라 예상된다. Lim 등(2000)의 연구에서도 갖에서 유리된 성분들은 효모, 곰팡이, 각종 박테리아 등에 대해 항균력이 있어서 갖김치로 제조시에 미생물 균에 항균작용을 하여 갖김치의 발효를 지연시켜 저장성을 높여준다고 하였다.

2) 비트 색소 추출물의 항균력

<Table 6>, <Figure 2>에서와 같이 비트 추출물에 대한 항균 활성은 2 종류의 Gram(+) bacteria, 2 종류의 Gram(-) bacteria에 대하여 disc 확산법으로 측정 한 결과 모든 균에 대해 Clear zone을 형성하였다. 비트 색소의 항균력은 12시간 구연산 추출물이 *E. coli*, *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 모든 균주에 있어 저해환이 나타났으며 특히, *B. subtilis* 균주에서는 5-10 mm<sup>2</sup> 크기의 강한 항균력을 보였다.

<Table 6> Antimicrobial activities of *Beta vulgaris* L. extraction against various microorganisms

Samples	Antimicrobial activities			
	<i>E. coli</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>
1B12 <sup>1)</sup>	-	-	-	-
1B24 <sup>2)</sup>	-	-	±	-
3B12 <sup>3)</sup>	±	±	+	±
3B24 <sup>4)</sup>	-	±	±	±

Clear zone ±: less than 5 mm<sup>2</sup>/+: 5-10 mm<sup>2</sup>/++: greater than 10 mm<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>1B12: *Beta vulgaris* L. Water extraction for 12 hr

<sup>2)</sup>1B24: *Beta vulgaris* L. Water extraction for 24 hr

<sup>3)</sup>3B12: *Beta vulgaris* L. Citric acid extraction for 12 hr

<sup>4)</sup>3B24: *Beta vulgaris* L. Citric acid extraction for 24 hr

비트 24시간 구연산 추출물에서는 *E. coli*를 제외한 *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 세 균주에 있어서 5 mm<sup>2</sup> 이하의 저해환을 나타냈다.

용매에 따른 비트 색소 추출물 중 구연산(C) 용매의 경우 모든 균주에 대해 항균력을 나타냈으나, 증류수(W) 추출물인 경우 *B. subtilis* 균주의 5 mm<sup>2</sup> 이하의 약한 항균력을 제외하고는 저해환이 나타나지 않았다. 추출시간을 12시간과 24시간으로 구분하여 실험한 결과 *B. subtilis* 균주를 제외하고는 시간차에 대한 항균력의 차이가 나타나지 않았다.

홍갓, 맨드라미와는 다르게 비트 추출물에서 강한 항균력을 나타내는 균주는 *B. subtilis*이다. *Bacillus subtilis*는 자연계에 널리 분포하는 비병원성 세균으로, 막대 모양의 간균으로 편모가 있어 활발히 운동한다. 이 균의 특징은 아포(芽

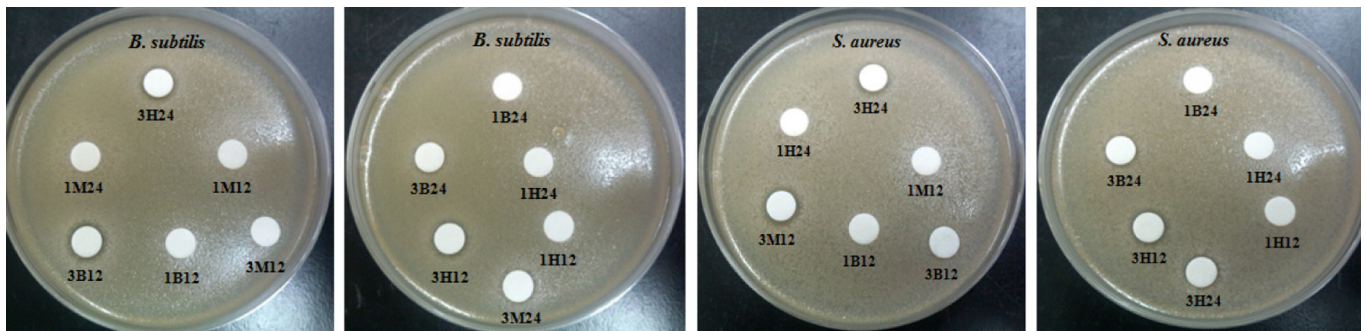
胞)를 갖고 있어 저항력이 강하며, 균체는 글리코겐을 함유하는 그람양성균인 점과 다수의 탄수화물을 분해하여 산을 생성하는 점이다. 쌀밥이 부패하는 원인도 이 균에 의한 경우가 많다(홍 등 1993).

위와 같이 비트 추출물의 항균력 특징은 Gram(-)인 *E. coli*에 대한 저해환의 크기가 가장 작았으나, Gram(+ )인 *B. subtilis*에 대해서는 증류수 추출물에서도 저해환을 나타내 Gram(+ ) bacteria에 대한 항균력이 더 강한 것으로 나타났다. Lee & Park(2005)의 연구에 따르면 브로콜리 추출물의 항균성 검정에서 음성균에서는 전혀 항균성을 보이지 않았으나, 양성균 중 *B. amyloliquefaciens*에서 브로콜리 꽃과 꽃줄기 추출물이 두드러진 항균성을 보였다고 보고하였다.

3) 맨드라미 색소 추출물의 항균력

맨드라미에는 식물체에 널리 존재하는 페놀성 화합물(phenolic)이 있어 다양한 약리적, 생물학적인 활성화 항산화 작용을 하고 있다. 또한 강한 항바이러스 단백질인 2개의 유력한 당단백질 CCP-25와 CCP-27가 꽃이 피고 있는 성장 시기 단계의 맨드라미 잎들에서 존재한다고 보고되었다(Begam 등 2006).

맨드라미 구연산 추출물에 대한 항균 활성은 <Table 7>, <Figure 3>과 같이 2종류의 Gram(+ ) bacteria, 2종류의 Gram(- ) bacteria에 대하여 모든 균에 대해 clear zone을 형성하였다. 12시간 구연산 추출물의 경우 *S. enteritidis* 균주에서는 나타나지 않았으나, 나머지 *E. coli*, *B. subtilis*, *S. aureus* 세 균주에서는 5-10 mm<sup>2</sup> 이상의 항균력을 보였다.



<Figure 2> Inhibition hole obtained by the agar diffusion method for 1B12-3M24 on *B. subtilis* and *S. aureus* which are the types of Gram positive

1B12: *Beta vulgaris* Water extraction for 12 hr

1B24: *Beta vulgaris* Water extraction for 24 hr

3B12: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction for 12 hr

3B24: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction for 24 hr

1H12: *Brassica juncea* Czerniak et coss, Water extraction for 12 hr

1H24: *Brassica juncea* Czerniak et coss, Water extraction for 24 hr

3H12: *Brassica juncea* Czerniak et coss, 1% Citric acid extraction for 12 hr

3H24: *Brassica juncea* Czerniak et coss, 1% Citric acid extraction for 24 hr

1M12: *Celosia cristata* Water extraction for 12 hr

1M24: *Celosia cristata* Water extraction for 24 hr

3M12: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction for 12 hr

3M24: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction for 24 hr

<Table 7> Antimicrobial activities of *Celosia cristata*. extraction against various microorganisms

Samples	Antimicrobial activities			
	<i>E. coli</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>
1M12 <sup>1)</sup>	-	-	-	-
1M24 <sup>2)</sup>	-	-	-	-
3M12 <sup>3)</sup>	++	-	++	+
3M24 <sup>4)</sup>	+	±	+	±

Clear zone ±: less than 5 mm<sup>2</sup>/+: 5-10 mm<sup>2</sup>/++: greater than 10 mm<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>1M12: *Celosia cristata* Water extraction for 12 hr

<sup>2)</sup>1M24: *Celosia cristata* Water extraction for 24 hr

<sup>3)</sup>3M12: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction for 12 hr

<sup>4)</sup>3M24: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction for 24 hr

24시간 구연산 추출물의 경우 *E. coli*, *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 모든 균주에 있어 저해환이 나타났으며 특히, Gram(-)인 *E. coli*, Gram(+ )인 *B. subtilis* 균주에서는 5-10 mm<sup>2</sup> 이상의 강한 항균력이 나타났다. Abdel-Ghani (2001)에 따르면 맨드라미에 들어 있는 flavonoid 중의 하나인 캠페리트린(Kaempferitrin, C<sub>24</sub>H<sub>30</sub>O<sub>14</sub>)은 그람음성균의 외막 구성성분이며 발열물질로 알려진 엔도톡신을 저해하고 *E. coli*에 대항하는 anti-bacterial 효과가 존재한다고 보고되었으며, Gram(+ )과 Gram(-) 균에서 여러 가지 antibiotic 효과와 antimicrobial 효과가 존재하는 것으로 보고 하였다.

이와 같이 맨드라미 구연산 추출물은 Gram(+ )과 Gram(-) bacteria 모두에서 항균력을 나타냈으며, 특히 *B. subtilis*, *S. aureus*와 같은 그람양성균에서 조금 더 강한 항균력을 나타냈

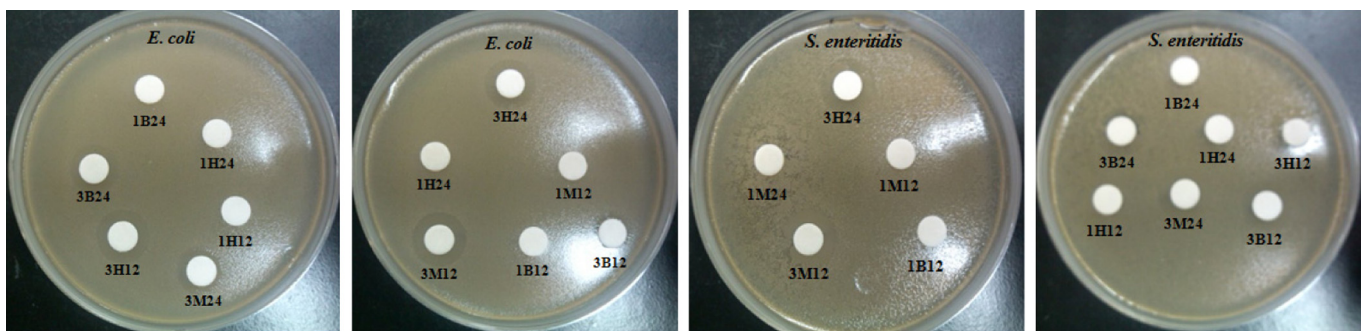
다. Lee 등(2006)의 보고에 의하면 싸리나무(*Lespedeza bicolor*) 추출물의 경우에도 그람음성균보다 그람양성균에 대한 항균성이 높은 것으로 보고하였다. 즉, 싸리나무 추출물에 함유되어 있는 폴리페놀 및 플라보노이드 성분이 인지질, 리포폴리사카라이드, 리포프로테인 등으로 구성된 그람양성균의 세포외막(outer membrane) 투과성이 높아 그람양성균에 대한 항균성이 높은 것으로 보고하였다.

맨드라미 추출물이 강한 항균력을 보인 *Staphylococcus aureus*는 1978년 Koch가 화농염증 검체에서 처음 발견한 포도상구균이다. 그람 양성균으로 포도송이 모양의 불규칙한 배열을 하고 있으며 사람의 피부와 구강, 인후 점막에 상재하고 분포하는 균이다. 자연계에 널리 분포되어 있는 세균의 하나이며 식중독뿐만 아니라 피부의 화농, 중이염, 방광염 등 화농성 질환을 일으키는 원인균이다(Galis 1984).

Mc Swan 등(2000)의 연구에 의하면 식물에 들어 있는 페놀성 화합물(phenolic compound)는 낮은 수용성에도 불구하고 hydroxyl group이 있어 항균활성이 높고, 이들 물질은 세포막 구조의 투과력을 파괴함으로써 살균 효과를 나타낸다고 한다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 전통적으로 동치미의 관능성과 저장성 향상을 위해 활용되었던 홍갓, 맨드라미와 현재 식품소재로서 많이 이용되고 있는 비트에서 색소를 추출하여 색소 추출물의 항산화 활성과 항균력을 측정하고 비교 분석해 보고자 하였다.



<Figure 3> Inhibition hole obtained by the agar diffusion method for 1B12-3M24 on *S. enteritidis* and *E. coli* which are the types of Gram negative

1B12: *Beta vulgaris* Water extraction for 12 hr

1B24: *Beta vulgaris* Water extraction for 24 hr

3B12: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction for 12 hr

3B24: *Beta vulgaris* 1% Citric acid extraction for 24 hr

1H12: *Brassica juncea* Czerniak et coss, Water extraction for 12 hr

1H24: *Brassica juncea* Czerniak et coss, Water extraction for 24 hr

3H12: *Brassica juncea* Czerniak et coss, 1% Citric acid extraction for 12 hr

3H24: *Brassica juncea* Czerniak et coss, 1% Citric acid extraction for 24 hr

1M12: *Celosia cristata* Water extraction for 12 hr

1M24: *Celosia cristata* Water extraction for 24 hr

3M12: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction for 12 hr

3M24: *Celosia cristata* 1% Citric acid extraction for 24 hr



이를 통하여 컬러동치미 제조 가공적성 향상을 위한 기초 자료로 사용 할뿐만 아니라 소비자의 다양한 기호 변화에 맞추어 전통음식을 개발하고 전통음식의 과학적인 고찰을 통하여 한식의 세계화에 이바지 하고자 시도 되었다.

색소 추출에 사용된 용매는 증류수(H<sub>2</sub>O)와 1% 구연산을 사용하였으며 총 페놀성화합물, SOD(superoxide dismutase) 유사활성, DPPH에 의한 전자공여능(EDA: electron donating ability), hydroxyl radical 소거활성 측정 등을 통하여 추출 색소의 항산화력을 측정하였고, paper disc법을 통하여 추출물의 항균력을 측정하였다.

홍갓, 맨드라미, 비트 추출 색소의 항산화 활성 결과는 다음과 같다. 세 가지 재료 추출물 중 맨드라미의 증류수 추출물의 총 폴리페놀 함량과 SOD 유사활성이 가장 높았다. 이로써 총 폴리페놀 함량이 높을수록 항산화력이 높다는 것을 알 수 있었다. 비효소계 시스템에서의 비트, 맨드라미, 홍갓 색소 추출물의 항산화능을 비교하기 위한 DPPH 분석결과 모든 시료에 있어 높은 항산화 활성도를 나타냈다. 그 중 맨드라미 증류수 추출물이 가장 높은 활성도를 나타냈으며, hydroxy radical 소거능에서도 맨드라미 추출물의 활성이 가장 높았다.

색소 추출물의 항균력을 disc 확산법으로 측정한 결과 홍갓 추출물에 대한 항균 활성은 2종류의 Gram(+) bacteria, 2종류의 Gram(-) bacteria 모든 균에 대해 clear zone을 형성하였다. 비트 색소의 항균력은 12시간 구연산 추출물이 *E. coli*, *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 모든 균주에 있어 저해환이 나타났으며 특히, *B. subtilis* 균주에서는 5-10 mm<sup>2</sup> 크기의 강한 항균력을 보였다. 맨드라미 24시간 구연산 추출물의 경우 *E. coli*, *S. enteritidis*, *B. subtilis*, *S. aureus* 모든 균주에 있어 저해환이 나타났으며 특히, Gram(-)인 *E. coli*, Gram(+)인 *B. subtilis* 균주에서는 5-10 mm<sup>2</sup> 이상의 강한 항균력이 나타났다. 맨드라미 구연산 추출물은 Gram(+) 과 Gram(-) bacteria 모두에서 항균력을 나타냈으나 특히 Gram(+)에서 더 강한 항균력을 나타냈다. 이상에서와 같이 홍갓, 맨드라미, 비트 색소 추출물은 높은 항산화 활성을 나타냈으며, Gram(+), Gram(-) bacteria 모두에서 강한 항균력을 나타냈다. 특히, 한국의 전통 음식의 색을 내기 위해 사용되었던 맨드라미는 가장 많은 총 폴리페놀 화합물을 함유하고 있었으며, 이에 따라 효소계, 비효소계 시스템에서 모두 가장 강한 항산화 활성을 보였다.

본 연구결과를 통해 다양한 생리활성을 지니고 있는 천연 식물색소에 대해 높은 항산화 기능성을 확인함으로써 향후 고부가가치의 식품소재로서의 개발가능성이 매우 높음을 시사해 주고 있다. 특히 홍갓, 맨드라미, 비트와 같은 안토시아닌이 풍부한 천연 색소를 첨가한다면 동치미의 저장성을 증대시킬 뿐만 아니라 조직감과 풍미 저하를 억제하여 동치미 품질 향상에도 도움을 줄 것으로 예상된다.

## 감사의 글

본 논문은 호서대학교 신입교수연구비 지원사업(과제번호: 2011-0083)에 의해 이루어진 것이며 이에 감사 드립니다.

### ■ 참고문헌

- 김중화. 1999. 화색의 본질. 진솔. 서울. p 188
- 윤숙경 편역. 1998. 수운잡방, 주찬(김유, 1540). 주)신광출판사. 서울. p 268
- 이효지, 조진호, 정낙원, 차경희 편역. 2007. 임원십육지-정조지 (서유구 원저, 1798). 주)교문사. 경기도. pp 134-135
- 정양완 역주. 2008. 규합총서(빙허각이씨, 1809). 주)보진재. 경기도. pp 69-71
- 한국영양학회. 2011. 파이토뉴트리언트 영양학. 라이프사이언스. 서울. pp 2-12
- 홍재식, 이갑상, 최동성, 노완섭. 1993. 응용미생물학. 학문사. 서울. pp 90-91
- Abdel-Ghani AE, Hafez SS, Abdel Aziz EM, El-Shazly AM. 2001. Phytochemical and biological studies of *Lotus corniculatus* var. *tenuifolius* L. growing in Egypt. *Alex. J. Pharm. Sci.*, 15(2):103-108
- Begam M, Narwal S, Roy S, Kumar S, Lodha ML, Kapoor HC. 2006. An antiviral protein having deoxyribonuclease and ribonuclease activity from leaves of the post-flower stage of *Celosia cristata*. *J. Biochemical*, 1:44-48
- Boo HO, Hwang SJ, Bae CS, Park SH, Song WS. 2011. Antioxidant Activity According to Each Kind of Natural Plant Pigments. *Korean J. Plant Res.*, 24(1):105-112
- Choi DY, Do JH, Lee KS, Yang CB. 1994. Changes in hydrogen donating activities of the extract from *Hololeion maximowiczii* root by drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26:147-151
- Choi MR, Yoo EJ, Song SH, Kang DS, Park JC, Lim HS. 2001. Comparison of physiological activity in different parts of dolsan leaf mustard. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30(4):721-725
- Dorman HJ, Deans SG. 2000. Antimicrobial agents from plants:antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.*, 88(2):308-316
- Galis HA. 1984. *Staphylococcus*. In WK Joklik HP. Willet and DB. Ammos (8th ed). Zinsser Microbiology. ACC. Norwalk. Conneticut. pp 472-473
- Gliszcznska-Swiglo A, Szymusiak H, Malinouska P. 2006. Betanin, The main pigment of red beet: Molecular origin of its exceptionally high free radical-scavenging activity. *J. Food Addit. Contam.*, 23:1079-1087
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1986. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. *J. Arch. Biochem. Biophys.*, 246:501-514

- Han YB, Kim MR, Han BH, Han YN. 1987. Studies on Anti-oxidant Component of Mustard Leaf and Seed. *Korean J. Pharmacogn*, 18(1):41-49
- Hong JH, Park JS, Lee WY. 2008. Changes of quality characteristics of Dongchimi by supercritical carbon dioxide as sterilization method. *J. Food Sci. and Nutri.*, 37(10):1330-1336
- Hwang JH, Jang MS. 2001. Physicochemical properties of Dongchimi added with Jasoja (*Perillae semen*). *Korean J. Food Cookery Sci.*, 17(6):555-564
- Jang JR, Kim KK, Lim SY. 2009. Effects of Solvent Extracts from Dried Beet (*Beta vulgaris*) on Antioxidant in Cell Systems and Growth of Human Cancer Cell Lines). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 38(7):832-838
- Jang MS, Park JE, Kim HL. 2000. Sensory and Microbiological Properties of Dongchimi added with Gatt (*Brassica juncea*). *Korean J. Food Cookery Sci.*, 16(1):57-64
- Jeong DS, Lim KH, Jeong WC. 1997. Effect of low temperature storage and nisin treatment to extend the shelf life of Mul-Kimchi (modified Dongchimi). *Korean J. Natural Science Institute*, 9:76-80
- Kang KO, Sohn HJ, Kim WJ. 1991. Changes in chemical and sensory properties of Dongchimi during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23(3):267-271
- Kang SK. 1995. Isolation and antimicrobial activity of antimicrobial substance obtained from leaf mustard. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24(5):695-701
- Kanner J, Harsel S, Granit R. 2001. Betalains-a new class of dietary cationized antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, 49:5178-5185
- Kim HK, Han HS, Lee GD, Kim KH. 2005. Physiological activities of fresh pleurotus *eryngii* extracts. *Korean J. Soc. Food Sci. Nutr.*, 34:439-445
- Kim HW, Kim JB, Chu SM, Kim SY, Kim SN, Cho YS, Cho SM, Baek HJ, Park HJ, Kim JH, Lee DJ. 2010. Analysis of anthocyanin composition and content contained from grains of the korean purple rice varieties by liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionization/mass spectrometry (LC-DAD-ESI/MS)). *J. Korean Soc. Inter. Agri.*, 22(3):267-272
- Kim YG, Kim TW, Ding Tian, Oh DH. 2009. Effect of electrolyzed water and citric acid on quality enhancement and microbial inhibition in head lettuce. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 41(5):578-586
- Korycka-Dahl M, Richardson T, Hicks CL 1979. Superoxide dismutase activity in bovine milk serum and its relevance for oxidative stability of milk. *J. Food Prot.*, 42:867-871
- Kwon GJ, Choi DS, Wang MH. 2007. Biological activities of hotwater extracts from *Euonymusalatus* leaf. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 39:569-574
- Larson RA. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochem.*, 27:969-978
- Lee Ann, Kim BN, Zhoh CK, Shin GH. 2006. Studies on the antioxidantive and antimicrobial effects of lespedeza bicolor extracts. *J. of the Korean of Esthetic & Cosmeceutics*, 1(2):109-120
- Lee DH, Park SJ, Park JY. 1999. Effects of freezing and thawing methods on the quality of *dongchimi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31(6):1596-1603
- Lee DS, Lee YS. 1997. CO<sub>2</sub> Production in fermentation of *dongchimi* (pickled radish roots, watery radish *kimchi*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 26(6):1021-1027
- Lee HS, Park YW. 2005. Antioxidant activity and antibacterial activities from different parts of broccoli extracts under high temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34(6):759-764
- Lee JW, Lee HH, Rhim JW, Jo JS. 2000. Determination of the conditions for anthocyanin extraction from purple-fleshed sweet potato. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 29(5):790-795
- Lee SY, Cho SJ, Lee KA, Byun PH, Byun SM. 1989. Red pigment of the Korean cockcomb flower. *Korean J. Food Sci. Technol*, 21(3):446-452
- Lee TS, Jang YM, Hong KH, Park SK, Park SK, Kwon YK, Park JS, Chang SY, Hwang HS, Kim EJ, Han YJ. 2005. Survey of beet red contents in foods using TLC, HPLC. *J. Food Hygi. Safe.*, 20(4):244-252
- Lee YA, Kim HY, Cho EJ. 2005. Comparison of methanol extracts from vegetables on antioxidative effect under in vitro and cell system. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34(8):1151-1156
- Lim HS, Yoo EJ, Choi MR. 2000. Changes physiological activity of mustard leaf during its fermentation period. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 10:43-47
- Markakis. 1982. Anthocyanins as food additives. In *Anthocyanins as Food Colors*, Academic Press, London. pp 245-253
- Mc Swan D, Rue N, Linton R. 2000. Essential of food safety medicinal plants. *Gomal J. Medical Sci.*, 7(1):72-78
- Moon SW, Jang MS. 2004. Effect of xylitol on the taste and fermentation of *dongchimi*. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 20(1):42-48
- Newsome RL. 1986. Food colors. *J. Food Technol.*, 40:49-56
- Noda Y, Kneyuki T, Igarashi, Mori A, Packer L. 2000. Antioxidant activity of nasunin and anthocyanin in eggplant peels. *J. Toxicology*, 148:119-123
- Noh JS, Kim JH, Lee MJ, Kim MH, Song YO. 2009. Development of auto-aging system for the *kimchi* refrigerator for optimal fermentation and storage of *dongchimi*. *J. Kimch Science and Technology*, 12:51-58
- Park BH. 2005. Effect of glue plant (*codium fragile*) on

- physicochemical characteristics of *dongchimi* during fermentation. J. Korean Society of Dietary Culture, 20(5):508-515
- Park JE, Jang MS. 2006. Effects of *wasabi* (*wasabia japonica* matsum) on the microbiological and sensory characteristics of *dongchimi*. Korean J. Food Sci. Nutr., 35(8):1057-1063
- Pavlov A, Kovatcheva P, Tuneva D, Ilieva M, Bley T. 2005. Radical scavenging activity and stability of betalains from *Beta vulgaris* hairy root culture in simulated conditions of human gastrointestinal tract. J. Plant Food Human Nutr., 60:43-47
- Pyo YH, Yoon MY, Choi TB. 2008. The effect of *celosia cristata* L. water and ethanol extracts on anti-oxidant activity. J. Korean of Esthetic & Cosmeceutics, 3(2):51-57
- Richard AL. 1997. Naturally occurring antioxidants. Lewis publishers New York. pp 7-11
- Sanchez CS, Gozalez AMT, Garcia parrilla MC, Granados JJQ, Serrana HLG, Martinez MCL. 2007. Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol content. J. Anal. Chemical Acta., 593:103-107
- Son SY, Choi HR, Choi EH. 2005. Effect of herbs on the growth-inhibition of lactic acid bacteria and quality characteristics of *Dongchimi*. Korean J. Food Sci. Technol., 37(2):241-246
- Wen YL, Islam T, Tahara S. 2006. Phenolic constituents of *celosia cristata* L. Susceptible to spinach root rot pathogen *aphanomyces cochlioides*. J. Biosci. Biotechnol. Biochem., 70(10):2567-2570

---

2012년 8월 13일 신규논문접수, 10월 10일 수정논문접수, 12월 1일  
수정논문접수, 12월 12일 수정논문접수, 12월 13일 채택