pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 28, No. 4, pp. 337~341 (2013)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2013.28.4.337

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

채소류의 항산화 효과 비교 연구

서정혁[1]* · 백옥진[1] · 강영운[1] · 안지은[1] · 윤지숙[1] · 오금순[2] · 안영순[3] · 박선희[1] · 이상재[1]
[1]식품의약품안전평가원 식품평가부, [2]식품의약품안전처 건강기능식품기준과,
[3]식품의약품안전처 위해사범중앙조사단

Study on the Antioxidant Activity in the Various Vegetables

Junghyuck Suh[1]*, Ock Jin Paek[1], YoungWoon Kang[1], Ji Eun Ahn[1],
Jisuk Yun[1], Keum-Soon Oh[2], Yeong-Soon An[3], Sun-Hee Park[1], and Sang-Jae Lee[1]
[1]*Food Safety Evaluation Department, Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Chungcheongbuk-do, Korea*
[2]*Functional Food Standards Division, Ministry of Food and Drug Safety, Chungcheongbuk-do, Korea*
[3]*Criminal Investigations Office, Food Safety Evaluation Department, Ministry of Food and Drug Safety, Chungcheongbuk-do, Korea*
(Received April 23, 2013/Revised August 13, 2013/Accepted November 5, 2013)

ABSTRACT - After it was known that an antioxidant function was associated with a reducing risk of cancer and cardiovascular disease, a large number of plant have been investigated for their antioxidant activity. However, lacking of the extensive antioxidant data in vegetables, a few natural antioxidant was used in the food industry. Therefore, this study was carried out to provide some scientific antioxidant activity data in the various vegetables. The samples (n = 275) including 24 kinds of vegetables were examined for antioxidant activity. Total Phenol Contents (TPCs) were measured colorimetric determination method using the Folin-Ciocalteu reagent by gallic acid as the control group. DPPH radical scavenging activity were also investigated using calculation of IC_{50}(concentration of extracted needed to inhibit 50% of the DPPH radical). The contents of TPCs were 0.32~49.26 μg/kg and DPPH radical scavenging activity (CI_{50}) was 0.0~2.43 mg/mL in vegetables. The best antioxidant effect was shown in Garlic for both antioxidant assay methods.

Key words : antioxidant, Total Phenol Contents (TPC), DPPH, vegetable

1990년대 이후 「식품」에 대한 인식이 신체의 건강한 발달 유지와 활동에너지 보급을 위한 영양학적 측면에서, 보다 원활한 생체 · 생리 기능적 측면으로 전환됨에 따라 건강기능식품에 대한 우리나라 국민들의 관심이 증가하고 있다. 한편, 우리나라 국민들도 서구화된 식습관에 따라 육류 섭취와 비만이 증가하고 있어 암이나 심혈관 질환에 대한 우려가 높아지고 있는 실정이다. 한편, 항산화 효과가 암이나 노화, 심혈관계 질환 감소와 관련이 있다고 알려져 항산화 성분에 대한 관심이 증가하고 있다. 대표적인 항산화 성분인 비타민 C는 1930년대부터 연구가 수행된 바 있다[1)]. 이미 세계 각국에서는 기능성에 대한 허가 사항은 없으나 다양한 식물에 대한 항산화 효능에 대한 조사가 지속적으로 이루어지고 있다[2-5)]. 우리나라에서는 유니벡스 대나무 잎 추출물이 2005년에 처음으로 항산화 기능으로 인정을 받았으며, 이후 매년 그 허가 건수가 증가하여 메론 추출물, 복분자 추출물, 토마토 추출물 등 다양한 원료들이 항산화 기능성을 인정받았다. 그러나 항산화에 대한 연구가 특정 식물에 대해서만 주로 이루어지고 식물별 항산화 효과를 동일한 실험 조건에서 비교한 자료는 부족한 실정이다[6-7)]. 그 예로, 김 등이 다류 원료로 사용되는 식물에 대한 항산화 효과를 조사한 적이 있으며[8)], 우리나라에서 건강기능식품으로 실용화된 품목 수는 10개 원료 뿐이다[9-10)]. 현재 일반적인 항산화 효과를 측정하는 방법으로는 총 페놀 측정법, DPPH 소거능 측정 등 여러 가지 측정 방법이 보고되어 있다[11-13)]. 이들 항산화 효과를 측정하는 방법들을 구분하면 항산화시스템의 존재 여부와 활성산소의 수준 및 산화에 의한 손상을 측정하는 방법으로 나눌 수 있으며, 항산화 시스템 측면에서는 다시 효소적 항산화 시스템 (항산화 효소), 비효소적 항산화시스템

*Correspondence to: Junghyuck Suh, Food Contaminants Division, 643 Yeonje-ri, Gangoe-myeon, Cheongwon-gun, Chungbuk 363-951, Korea
Tel: 82-43-719-4253, Fax: 82-43-719-4250
E-mail : rndsuh@korea.kr

(항산화 물질) 및 총 항산화능을 측정하는 3가지 방법으로 구분할 수 있다. 첫 번째, 효소적 항산화 측정방법은 라디칼을 줄이는 superoxide dismutate, glutathione peroxidase 등 활성 효소의 활성도를 측정하는 방법이며, 두 번째, 비효소적 항산화 측정방법은 항산화 효과를 나타내는 것으로 잘 알려진 glutathione, ascorbic acid, carotenoids 등의 양을 측정하는 방법이다. 세 번째 총 항산화능 측정방법은 대상 물질에 존재하는 모든 가능한 항산화 효과를 측정하는 방법으로 Ferric reducing antioxidant power, Total radical-trapping antioxidant parameter 등이 있다. 따라서 본 연구는 국내 유통 채소류 중 장래 항산화 효과가 있는 기능성 원료 개발의 기초 자료를 제공하고자 스크리닝 방법의 편리성과 측정 결과의 정확성을 고려하여 총 항산화능 측정 방법 중 2가지 방법(Ferric reducing antioxidant power, 1,1-diphneyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assay)을 선정하여 국내 유통 채소류 중 항산화 효과를 비교 평가하였다.

재료 및 방법

조사대상 선정 및 검체 수거

국내 유통 채소류의 항산화 측정을 위한 대상 식품 선정은 '2009년도 국민건강영양조사-영양조사부분-결과처리 및 통계분석 보고서'의 연령별 섭취자료를 근거로 국민들이 많이 섭취하는 다소비・다빈도 식품을 우선적으로 선정하였으며, 샐러리, 근대, 치커리, 파슬리 등 최근 건강에 좋다고 알려진 품목을 추가하여 총 24품목의 식품을 선정하였다. 채소류가 재배 환경에 따라 항산화 효과가 상이할 것으로 추정되어 서울특별시 및 4대 권역 (대구, 광주, 부산, 강릉 지역)의 마트를 중심으로 배추, 양배추 등 품목별로 총 272건의 채소를 2012년 3월부터 9월까지 구입하였다(Table 1).

Table 1. The results of total phenol activity in vegetable samples

Food Items	Number	Levels of TPCs(mg/kg)	
		min.~max	Average
Chinese cabbage	10	1.92~8.23	4.97
Cabbage	11	1.28~5.70	2.95
Lettuce	13	2.50~13.18	5.79
Spinach	14	6.15~21.35	12.83
Crown daisy	12	3.16~10.98	5.67
Chard	13	2.36~11.69	6.47
Chicory	12	1.37~7.84	3.54
Parsley	5	15.95~23.82	20.58
Radish	13	1.28~5.94	3.06
Onion	12	4.83~16.30	9.47
Carrot	14	2.91~17.78	5.46
Garlic	12	15.25~49.25	30.63
Pumpkin	13	1.43~8.02	5.15
Cucumber	13	0.32~6.18	2.41
Chilly pepper	11	9.73~29.16	19.87
Egg plant	10	2.87~7.93	5.15
Green onion	11	2.88~11.39	6.69
Chinese chive	12	5.72~14.04	10.31
Celery	13	3.42~13.69	8.57
Kohlrabi	2	2.15~4.48	3.31
Soybena sprouts	13	6.52~16.70	10.96
Green bean sprouts	9	3.96~7.03	5.14
Potato	13	3.06~11.95	5.06
Sweet potato	11	5.42~16.08	10.21
Total	261	0.32~49.25	

시약 및 초자

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급 또는 HPLC 분석급 시약을 구입하여 사용하였고, 증류수는 3차 증류수 제조장치(Nanopure diamond, Barnstead, Dubuque IA, USA)에 의해 18.2 MΩ 수준으로 정제된 증류수를 사용하였다. 총 페놀 측정 시 대조 표준물질로는 Gallic acid (Sigma-Aldrich G7384-100G, St Louis, MO, USA)을 사용하였다. 시약은 메탄올(HPLC용, Merck, Germany), Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-Aldrich 47641-100ML, St Louis, MO, USA), 탄산나트륨(Sigma-Aldrich, S6139-500G, St Louis, MO, USA), DPPH (Sigma-Aldrich 257621-100MG, St Louis, MO, USA)을 사용하였다. 실린지 필터(Millipore Co. Bedford, MA, USA)는 0.45 μm용을 사용하였다.

시료 전처리

수집된 채소류의 가식부를 취하여 물로 세척한 다음 실험실용 종이타올(Yuhan-Kimberly, Seoul, Korea)을 이용하여 수분을 제거하였다. 믹서(Hallde, Skalhotsgatan 4, Kista, Sweden)를 이용하여 각각의 시료를 세절하여 균질화한 후 50 mL tube에 10 g씩 취하여 동결건조기(IlshinBioBase, Gyeongggi, Korea)를 이용하여 건조하였다. Singleton(13)의 방법을 참고하여 동결 건조된 각각의 시료에 추출용매(메탄올 : 증류수 : 5 N HCl = 50:26:24) 20 mL를 넣어 30°C 항온수조(Vision Scientific Co. LTD, Daejeon, Korea)에서 2 h 동안 진탕 추출하였다. 추출이 끝난 다음 원심분리기(Beckman Coulter, South Kraemer Boulevard Brea, CA, USA)를 이용하여 4°C, 2500 g에서 10 min 동안 원심분리한 후 상등액을 취해 보관하였으며 이 과정을 2번 반복하였다. 이 용액을 합쳐서 추출액으로 하였으며 항산화 측정전까지 4°C로 냉장 보관하였다.

Total phenol contents (TPCs) 측정

10 mL 용량플라스크에 Gallic acid 0.01 g 을 취하여 물을 넣어 10 mL로 맞추어 TPCs 측정용 대조 표준용액으로 사용하였다. 시험관에 gallic acid가 각각 10, 25, 50, 100, 250 μg/mL의 농도가 되도록 5개 농도의 대조 표준용액

(100 µl)과 바탕시료로는 증류수(100 µl)로 하였다. 추출액 100 µl를 취하여 시험관에 넣고 증류수 860 µl 및 Floin-Ciocalteu 시약 20 µl를 넣어 잘 혼합한다. 3 min 후에 20% 탄산나트륨 100 µl와 증류수 900 µl를 넣어 1시간 동안 상온에서 방치한 다음 자외선/가시광선 흡광 광도계(UV/Vis Spectrophotometer, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 최대흡광도(max) 715 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각각의 대조 표준용액과 바탕시료도 추출액과 동일한 과정으로 흡광도를 측정하였다.

DPPH radical scavenging activity 측정

100 mL 갈색용량플라스크에 DPPH 7.8 mg을 취하여 메탄올로 100 mL로 맞추어 0.2 mM DPPH 용액을 제조하였다. 5개의 시험관에 시료가 각각 50, 100, 250, 500, 1000 µg/mL의 농도가 되도록 제조하였다. 각 농도의 추출액 1 mL를 취하여 시험관에 넣고 0.2 M DPPH 1 mL를 넣어 잘 혼합한 다음 30 min동안 암실에서 방치한 후 자외선/가시광선 흡광 광도계(UV/Vis Spectrophotometer, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여최대흡광도(λmax) 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래와 같이 백분율로 나타내었으며 IC_{50}으로 소거능을 계산하였다.

$$\text{Inhibition}(\%) = (\text{흡광도}_{\text{바탕시료}} - \text{흡광도}_{\text{시료}})/\text{흡광도}_{\text{바탕시료}} \times 100$$

IC_{50} : The concentration of extract needed to inhibit 50% of the DPPH radical

결과 및 고찰

채소류 중 Total phenol contents (TPCs)

국내 유통 채소류 275건에 대한 TPCs를 측정한 결과 그 함량은 평균 0.32~49.26 mg/kg 수준이었다(Table 1). TPCs가 가장 높게 나타난 품목은 마늘로 그 함량이 40.29 mg/kg이었으며, 그 다음으로 고추 29.16 mg/kg, 파슬리 23.82 mg/kg, 시금치 21.35 mg/kg 순이었다. 가장 낮게 나타난 품목은 오이가 2.41 mg/kg)이였다. 평균 함량의 경우도 마늘에서 30.63 mg/kg으로 가장 높았으며, 다음으로 파슬리 20.58 mg/kg, 고추 19.87 mg/kg 순이었다. 조사된 채소류 중 TPCs 평균 및 최대 함량은 마늘에서 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 1).

품목별 TPCs 분포는 여러 범위에 있어서 품목별로 상이한 값을 갖는 것으로 나타났다. 또한, 마늘을 제외하고 일반적으로 잎을 갖고 있는 결구 엽채류(배추, 상추) 및 엽채류(시금치 등)가 서류(감자, 고구마)나 근채류(무, 양파, 당근, 마늘)와 비교하여 TPCs 함량이 높은 농도로 측정된 것을 알 수 있었다.

채소류 중 DPPH 소거능

국내 유통 채소류 275건에 대한 DPPH 라디칼 소거능은 0~2.43 mg/mL 수준이었다(Table 2). DPPH 라디칼 소거능이 가장 높게 측정된 품목은 마늘로 2.43 mg/mL이었으며, 그 다음으로 고구마 2.11 mg/mL, 감자 1.22 mg/mL 순이었으며 가장 낮게 측정된 품목은 근대, 치커리, 오이 순이였다. DPPH 라디칼 소거능는 TPCs와 마찬가지로 마늘이 평균 0.56 mg/mL으로 가장 높게 측정되었으며 다음으로 고구마 평균 0.54 mg/mL, 감자 평균 0.21 mg/mL 순으로 마늘을 제외하고는 서류가 비교적 높은 소거능을 나타내었다(Fig. 1).

품목별 DPPH 라디칼 소거능 분포는 TPCs 함량과 마찬가지로 품목별로 특이적인 형태를 보여주고 있지 않았다. 또한 DPPH 라디칼 소거능은 TPCs처럼 엽경 채소류에서

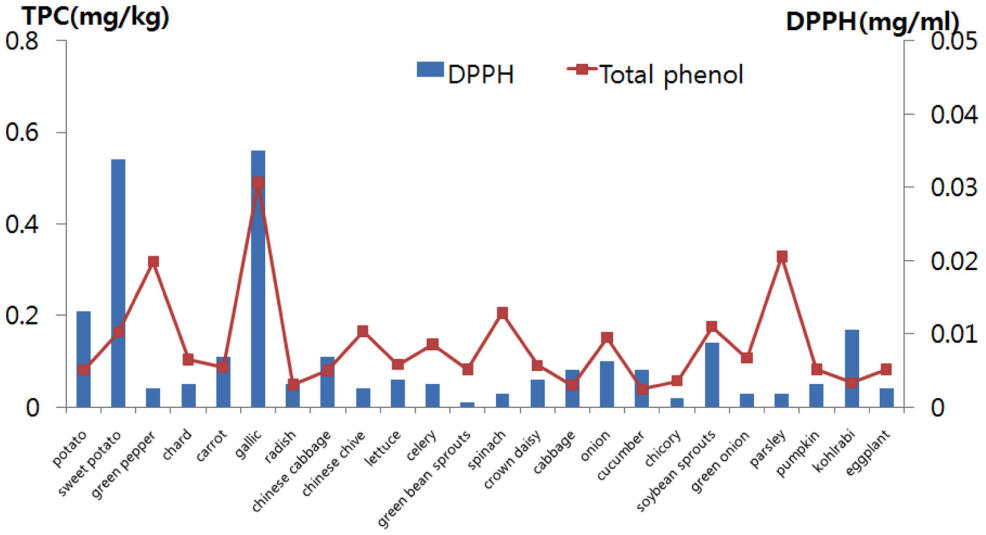

Fig. 1. The graphs of antioxidant activity test (TPC, DPPH) of vegetable samples.

Table 2. The results of DPPH radical scavenging activity in vegetable samples

Food Items	Number	Levels of DPPH radical scavenging activity(mg/mL)	
		min.~max	Average
Chinese cabbage	10	0.01~0.29	0.11
Cabbage	11	0.01~0.30	0.08
Lettuce	13	0.01~0.35	0.06
Spinach	14	0.02~0.06	0.03
Crown daisy	12	0.01~0.50	0.06
Chard	13	0.00~0.23	0.05
Chicory	12	0.00~0.04	0.02
Parsley	5	0.02~0.04	0.03
Radish	13	0.01~0.31	0.05
Onion	12	0.01~0.47	0.10
Carrot	14	0.02~0.38	0.11
Garlic	12	0.05~2.43	0.56
Pumpkin	13	0.01~0.31	0.05
Cucumber	13	0.00~0.25	0.08
Chilly pepper	11	0.02~0.15	0.04
Egg plant	10	0.01~0.14	0.04
Green onion	11	0.02~0.16	0.03
Chinese chive	12	0.02~0.16	0.04
Celery	13	0.01~0.22	0.05
Kohlrabi	2	0.12~0.22	0.17
Soybean sprouts	13	0.02~0.52	0.14
Green bean sprouts	9	0.01~0.02	0.01
Potato	13	0.03~1.22	0.21
Sweet potato	11	0.06~2.11	0.54
Total	261	0.00~2.43	

고농도로 검출된다거나 하는 품목별 특이성을 나타내지 않았다. 다만, DPPH 라디칼 소거능에서 서류(고구마, 감자)가 높게 검출된 것은 서류에 대한 몇 개의 시료가 높은 농도로 검출되어 평균값에 기여한 것으로 보인다.

고 찰

채소류의 항산화 효과 검토

Nabasree et al.[14]가 연구한 결과에 따르면 조사한 항산화 방법에 따라 항산화 효과가 상이하며, 항산화 효과와 총페놀함량(TPC) 및 플라보노이드 함량과는 어떤 상관성을 찾기 어렵다고 보고한 바와 같이 본 연구에서도 마늘을 제외하고는 총페놀 및 DPPH 소거능과의 연관성을 찾을 수는 없었다(Fig. 1). 따라서 향후 항산화 성분을 조사하기 위해서는 다양한 항산화 측정법을 사용하여 상호 보완적으로 측정하는 방법을 시도하는 것이 바람직할 것이다. 본 연구는 비록 항산화의 기능성 평가를 위한 여러 가지 바이오마커 중 2개 방법(TPC, DPPH 라디칼 소거능)만 사용하였으나 여러 가지 채소 품목에 대한 건강기능식품의 기능성 소재 검색을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다. 본 연구에서 조사된 유통 채소류 275건에 대한 항산화 효과를 측정한 결과 TPCs의 경우 마늘, 고추, 파슬리가 비교적 높게 측정되었으며 DPPH 라디칼 소거능의 경우 마늘, 고구마, 감자가 높게 측정되었다. 특히 마늘의 경우 TPCs와 DPPH 라디칼 소거능 모두 우수한 것으로 나타났으며 그 대상별 분포 특성도 비교적 고루 분포되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 현재 항산화 기능성이 인정되어 있는 10개 항산화 기능성 인정원료(녹차, 포도종자, 메론, 복분자, 비즈왁스알코올, 토마토, 피크노제놀-프랑스 해안송껍질, 대나무잎, 코엔자임Q10, 홍삼농축액)외에 유력한 항산화 원료가 될 수 있을 것이다. 즉, 본 연구에서 조사된 채소류 275 품목 중에서 조사된 2가지 방법 모두에서 우수한 항산화 효과를 보여준 마늘은 향후 건강기능식품으로 항산화 효과를 인정받을 수 있는 우수한 후보군으로 평가될 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

항산화 기능은 암이나 심혈관질환 발생을 억제하는 것으로 보고되고 있어서 다양한 식물들에 대해서 항산화 효과가 연구되고 있다. 그러나, 채소류에 대해서는 항산화 효과에 대한 광범위한 조사는 이루어지지 않아 단지 몇몇 천연 항산화제만이 식품 산업에서 이용되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 식품 산업에서 다양한 천연 항산화제를 이용할 수 있도록, 여러 가지 채소류에 대해 항산화 활성을 조사하여 채소류 중 항산화 효과에 대한 과학적 자료를 제공하기 위해 수행되었다. 24 품목의 채소류를 대상으로 총 275개의 시료를 구입하여 항산화 효과를 측정하였다. 총 페놀 함량(TPCs)은 gallic acid를 대조 표준용액으로 Folin-Ciocalteu 시약을 사용하여 비색법으로 측정하였으며 DPPH 라디컬 소거능은 IC_{50}(DPPH 라디칼을 50% 저해하는데 필요한 추출물의 농도) 농도로 측정하였다. 조사 결과 여러 가지 채소류에 대한 총 페놀 함량은 0.32~49.26 μg/kg 였으며 DPPH 라디컬 소거 활성은 0.0~2.43 mg/mL로 조사되었다. 본 연구에서 조사된 채소류 중 항산화 효과가 가장 좋은 채소는 2가지 항산화 측정 방법에서 모두 마늘이였다.

참고문헌

1. Musulin. R. R., King C. G. : Metaphosphoric acid in the extraction and titration of vitamin C. *J. Biol. Chem.* **116**, 409-413 (1936).
2. Ana Z., Maria J. E., Isable F., Ana F. : Vitamin C, Vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. *Food Chemistry*, **103**, 1365-1374 (2007).
3. Fu L., Xu B. B., Xu X. R., Gan R. Y., Zhang Y., Xia E. Q., Li

H. B. : Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits, *Food Chemistry*, **129**, 345-350 (2011).
4. Anchana C., Aphiwa T., Nuansri R. : Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Food Chemistry,* **92**, 491-497 (2005).
5. Rafael L., Ascension M., Francisco A. T., Maria I. G., Federica F. : Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry*, **108**, 1028-1038 (2008).
6. Lee K. S., Kwon Y. J., Lee K. Y. : Analysis of chemical composition, vitamin, mineral and antioxidative effect of the Lotus Leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* **37(12)**, 1622-1626 (2008).
7. Kim K.H., Kim D.M., Yu S., Yook H.S. : Antioxidant and whitening activities of various cultivars of Korean unripe peaches. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* **41(2)**, 156-160 (2012).
8. Kim M., Kim M.C., Park J.S., Kim J.W., Lee J.O. : The antioxidative effects of the water-soluble extracts of plants used as tea materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* **33(1)**, 12-18 (2001).
9. Korea Food and Drug Administration : 영업자를 위한 건강기능식품 안내서, 정부발간등록번호 11-1470000-002733-01 p. 7 (2011).
10. Korea Food and Drug Administration : 건강기능식품의 기능성원료 인정현황, 정부발간등록번호 11-1470000-002746-01 pp. 80-82 (2012).
11. Singleton. V. L., Rossi J. A., : Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphosphotungstic acid reagents *Am J Enol Vitic.* **16**, 144-158 (1965).
12. Blois M., : Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature,* **181**, 1199-1200 (1956).
13. Chang W. H., : TLC fluorescent method for detecting and evaluating individual antioxidative component. *J. Food Sci.* **48**, 658-659 (1983).
14. Nabasree D. Bratati De., : Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: A comparative study, *Food Chemistry*, **101**, 471-474 (2007).