

## 몇가지 과실, 채소류를 혼합한 사과주스의 SOD 유사활성

홍희도 · 강남길 · 김성수  
한국식품개발연구원

### Superoxide Dismutase-like Activity of Apple Juice Mixed with Some Fruits and Vegetables

Hee-Do Hong, Namkil Kang and Sung-Soo Kim  
Korea Food Research Institute

#### Abstract

Superoxide dismutase (SOD)-like activities of sixteen kinds of fruits, vegetable juice and commercial concentrates were measured by pyrogallol autoxidation method. The changes in SOD-like activity by heat treatment and the increase in SOD-like activity of apple juice mixed with fruits and vegetables were investigated. SOD-like activity of broccoli juice was 41.7%, the highest value among tested sample. SOD-like activities of strawberry juice, carrot concentrate, kiwi juice, radish juice and apple juice were 30.2, 30.0, 27.6, 26.7, 24.1 and 14.6%, respectively. SOD-like activity was increased generally after heat treatment at 95°C until 20 min. SOD-like activity of apple juice was increased 20~35% by mixing with 20% of carrot concentrate, kiwi juice, strawberry juice, broccoli juice, respectively and particularly was increased 48% by mixing with 20% of raddish juice.

Key words: apple juice, fruit, vegetable, SOD-like activity

#### 서 론

Superoxide dismutase (SOD)는 생체내에서 superoxide radical (O<sub>2</sub><sup>-</sup>)을 산소로 산화시켜주는 천연 항산화제로 알려져 있으며 활성위치에 결합되어 있는 전이금속이온의 종류에 따라 Cu/Zn-SOD, Fe-SOD, Mn-SOD 등 세 가지의 다른 metalloform으로 존재하고 있다<sup>(1,3)</sup>. 그러나 SOD는 열에 매우 약하여 70°C 이상의 온도에서는 쉽게 불활성화되며 생리적 조건이나 pH 5.0~9.5사이에서는 활성에 큰 영향을 받지 않으나 pH 10 이상에서는 매우 불안정한 것으로 알려져 있다<sup>(4,8)</sup>. 또한 SOD는 30 KDa이상의 분자량을 가진 단백질 물질로 체내에 쉽게 흡수되지 못하고 체외로 배출되는 것으로 보고된 바 있다<sup>(9,10)</sup>. 따라서 SOD와 유사한 활성을 가지면서도 SOD의 단점들을 보완할 수 있는 저분자 물질에 관한 연구가 진행되고 있으며 그 중에서 Nice 등<sup>(11)</sup>은 SOD 정제시 열안정이 뛰어나고 SOD와 유사한 활성을 나타내는 물질을 함께 정제하여 이를 SOD

와 결합된 phenol류 물질인 것으로 보고한 바 있다. 국내의 경우에도 박 등<sup>(12)</sup>이 감잎차의 추출시간에 따른 SOD 유사활성의 변화를 보고한 바 있으며 김 등<sup>(10,13)</sup>은 pyrogallol의 autoxidation을 이용하여 국내산 과실, 채소류의 물과 에탄올 추출물중의 SOD 유사활성, SOD 활성 activator, L-ascorbic acid 등의 천연 항산화제들의 SOD 유사활성 등을 비교하여 보고한 바 있다.

본 연구에서는 식품이 가진 여러가지 기능성 중에 인체 중요부분의 산화방지는 물론 노화억제와도 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는 SOD 유사활성을 강화시킨 사과주스를 개발해 보고자 다양한 식품소재 중에서 국내산 과실, 채소류의 SOD 유사활성과 사과주스에 첨가시의 SOD 유사활성 강화 효과 등을 검토하여 보았다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

사과, 배, 오렌지, 딸기, 키위, 무, 브로콜리, 샐러리의 과실 · 채소류는 시중에서 구입하여 사용하였고 혼합야채, 양파, 파조미, 무 등의 농축분말은 삼화(주)

Corresponding author: Hee-Do Hong, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bundang-ku, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

로부터 제공 받아 사용하였으며 당근, 케일, 파슬리, 셀러리등의 농축품은 명신(주)으로부터 구입하여 사용하였다.

#### 과실, 채소류 착즙 및 SOD 유사활성 측정용 시료의 조제

시중에서 구입한 과일과 채소류는 착즙기(보성, BS-JB-400)를 이용하여 착즙한 후 여과하였다. 이 때 착즙액의 가용성 고형물함량이 12.5°Bx 보다 높은 경우에는 증류수를 이용하여 12.5°Bx로 희석하였으며 12.5°Bx보다 낮은 경우에는 그대로 4°C에 냉장보관하면서 SOD 유사활성 측정을 위한 시료로 사용하였다. 시판 과실, 채소류 농축품의 경우에는 12.5°Bx로 희석하여, 농축분말류의 경우에는 12.5°Bx로 용해시켜 시료로 사용하였다.

#### SOD-유사활성 측정

SOD-유사활성은 Marklund 등<sup>(14)</sup>의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 시료액 20 g에 55 mM Tris-cacodylic acid buffer (TCB, pH 8.20) 20 mL을 가한 후 2분간 균질화시키고 4°C에서 원심분리(12,000×g, 30 min)하였다. 원심분리 후 상층액의 pH를 8.2로 조정하고 TCB를 이용하여 50 mL로 정용한 다음 SOD 유사활성 측정을 위한 시료액으로 사용하였다. 시료액 0.95m 을 취해 기질로 24 mM pyrogallol (containing 10 mM HCl) 50 µL을 가한 후 420 nm에서 초기 2분간 흡광도 증가율을 측정하였으며 SOD 유사활성은 TCB 0.95 mL를 취하여 동일한 방법으로 측정된 흡광도 증가율을 대조군으로 하여 아래 식에 따라 계산하였다.

$$\text{SOD-like activity (\%)} = (A-B)/A \times 100$$

여기서 A는 시료액 대신 TCB를 이용하여 측정된 흡광도 증가율이며, B는 시료 첨가시의 흡광도 증가율이다.

### 결과 및 고찰

#### 과실, 채소류 착즙액 및 농축품, 농축분말의 SOD-유사활성

국내에서 시판되고 있는 8종의 과실, 채소 농축액 또는 농축분말제품과 시중에서 구입한 8종의 과실, 채소류 착즙액의 SOD-유사활성을 측정해 본 결과는 Table 1과 같다. 사과착즙액의 SOD-유사활성은 14.6%이었으며 가장 높은 SOD 유사활성을 나타낸 것은 브로콜리의 41.7%이었다. 그 밖에 혼합야채분말, 딸기 착즙액, 당근 착즙액(명신) 등이 30% 정도로 그 다음

**Table 1. SOD-like activities of fruits, vegetables juice and commercial concentrates**

Materials	Products	SSC <sup>1)</sup> (°Bx)	SOD-like activity <sup>2)</sup> (%)
Apple	Juice	15.0	14.6±2.8 <sup>3)</sup>
Radish	Juice	5.0	24.1±0.1
Celery	Juice	3.6	18.2±4.4
Broccoli	Juice	7.6	41.7±0.5
Strawberry	Juice	8.5	30.2±5.8
Kiwi	Juice	13.5	27.6±0.9
Pear	Juice	11.6	20.4±8.6
Orange	Juice	13.4	19.9±0.7
Carrot	Concentrate		30.0±0.1
Kale	Concentrate		26.7±1.9
Parsley	Concentrate		8.6±4.3
Celery	Concentrate		-30.4±6.9
Mixed vegetable	Conc. powder		30.4±5.1
Onion	Conc. powder		20.8±4.7
Welsh onion	Conc. powder		4.1±1.4
Radish	Conc. powder		-74.5±6.6

<sup>1)</sup>SSC: Soluble solid content.

<sup>2)</sup>Samples for measurement of SOD-like activity were prepared after dilution to 12.5°Bx in the case that SSC of juices and concentrates was more than 12.5°Bx and suspension to 12.5°Bx in the case of conc. powder SOD-like activity (%)=(A-B)×100/A, which A and B are the autoxidation rate of pyrogallol in the absence and present of extracts, respectively.

<sup>3)</sup>The values are mean SD of 3 replications.

이며 케일농축액(명신), 키위착즙액, 무우착즙액 등도 각각 26.7, 27.6, 24.1% 정도로 나타났다. 동일시료의 경우, 직접 착즙한 경우와 시판 농축품간에는 매우 큰 차이를 나타내었으며 특히 가용성 고형물 함량이 5.0°Bx인 무우착즙액의 경우에 SOD 유사활성이 24.1%이었으나 시판 농축분말의 경우 -74.5%로 오히려 pyrogallol의 자동산화를 촉진시키는 것으로 나타났으며 셀러리의 경우에도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 시판 제품의 경우 농축공정 중에 SOD 유사활성을 나타내는 물질이 변화되어 나타난 결과로 추측되었으며 브로콜리, 키위와 딸기 착즙액의 경우에는 시료의 조제 방법이나 농도등의 차이는 있으나 김 등<sup>(13)</sup>의 결과와 비교해 볼 때에 다른 시료에 비해 상대적으로 높은 SOD 유사활성을 나타내어 유사한 경향을 나타내었다.

#### SOD 유사활성의 열안정성

사과주스 제조시에는 갈변관련 효소의 불활성화 및 미생물 살균을 목적으로 가열처리 공정을 거치게 되므로 첨가하고자 하는 과실, 채소류에서 SOD 유사활성을 나타내는 물질의 열안정성은 매우 중요한 요인

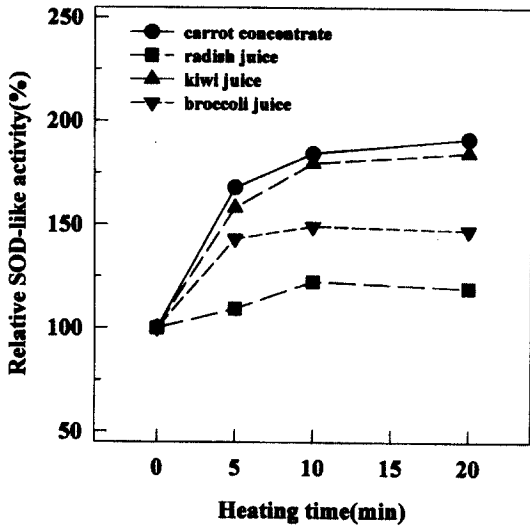


Fig. 1. Changes of relative SOD-like activity with different heating time at 95°C.

이 될 것으로 생각되었다. 따라서 SOD 유사활성이 높게 나타난 당근농축액, 키위, 브로콜리, 무 착즙액에서 SOD 유사활성 물질을 추출하고 100°C의 수욕조상에서 5, 10, 20분간 가열한 후, SOD 유사활성 변화를 비교해 본 결과는 Fig. 1과 같다. 가열처리시 SOD 유사활성은 오히려 증가하는 것으로 나타났으며 당근 농축액과 키위주스의 경우에는 20분 가열처리시에 SOD 유사활성이 2배 가량 증가하는 것으로 나타나 사과주스의 상업적 살균처리시에 SOD 유사활성에는 큰 변화가 없을 것으로 생각되었다. 이러한 결과는 감잎차를 80과 90°C에서 10분 정도 추출시 SOD 유사활성이 증가했다는 박 등<sup>(12)</sup>의 결과와 유사한 것으로 그 정확한 기작에 관한 연구는 더 진행되어야 할 것으로 생각되었으며 SOD 유사활성을 가진 물질이 과채류 조직에 결합된 상태로 존재하다가 가열시 분리되어 활성을 나타내는 것이 아닌가 추정되었다. 일반적으로 과일, 채소류에는 비타민 C가 다른 식품소재에 비해 풍부하게 함유되어 있으며 비타민 C는 그 자체가 높은 SOD 유사활성을 나타내는 것으로 보고되어 있다<sup>(10,15)</sup>. 그러나 비타민 C는 열처리시 쉽게 파괴되는 경향이 있으므로 본 연구에서 가열처리시 과일, 채소류의 SOD 유사활성이 오히려 증가한 것은 이들 과일, 채소류의 SOD 유사활성이 전적으로 vitamin C에 의한 것이 아님을 나타내는 결과로 생각되었다.

과일, 채소류 첨가량에 따른 사과주스의 SOD 유사활성 변화

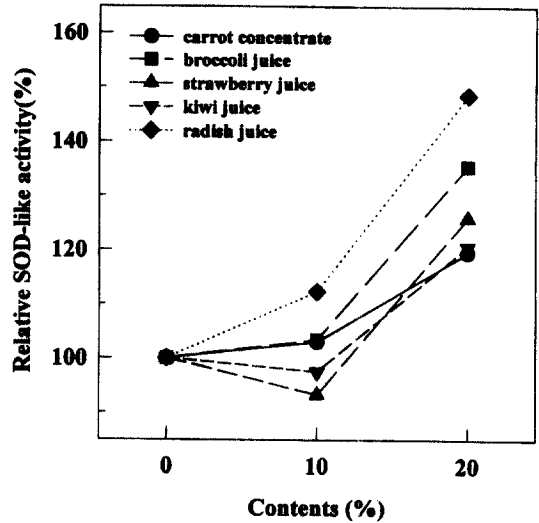


Fig. 2. Changes of relative SOD-like activity in apple juice with different contents of fruits and vegetables.

과일, 채소류 중에서 SOD 유사활성이 높고 열안정성이 뛰어난 딸기착즙액, 키위착즙액, 브로콜리 착즙액, 무 착즙액 및 12.5°Bx로 희석한 당근 농축액을 사과 주스에 0, 10, 20% 되게 첨가하고 100% 사과주스를 대조구(100%)로 하여 상대적인 SOD 유사활성 변화를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. 무 착즙액을 10% 첨가시에 사과주스의 SOD 유사활성이 110% 정도로 상승된 것을 제외하고는 다른 시료의 경우에는 그 상승효과가 그리 크지 않았다. 반면 20% 첨가시에는 당근 농축액과 키위 착즙액이 120% 정도, 딸기 착즙액이 125%, 브로콜리 착즙액 135% 정도까지 사과주스의 SOD 유사활성을 상승시키는 효과를 나타내었다. 특히 무 착즙액의 경우, 그 자체의 SOD 유사활성은 다른 시료에 비해 그리 높지 않았으나 사과주스에 20% 정도 첨가시에 148.5% 정도의 높은 SOD 유사활성의 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 무와 브로콜리 착즙액은 사과주스에 첨가시 관능적인 맛의 저하가 우려되기는 하나 다른 과일, 채소류와 함께 사과주스에 소량 첨가시 SOD 유사활성이 강화되고 관능적으로도 우수한 사과주스의 제조가 가능할 것으로 생각되었다.

요 약

국내에서 시판되고 있는 16종의 과일, 채소 착즙액 및 농축품의 SOD 유사활성을 pyrogallol autoxidation 방법을 이용하여 측정하였으며 이들의 열안정성, 사

과주스에 첨가시 사과주스의 SOD 유사활성 상승효과를 조사하였다. SOD 유사활성은 브로콜리 착즙액이 41.7%, 딸기, 당근 착즙액 등이 30% 이상으로 높게 나타났다으며 그 다음은 케일농축액, 키위 착즙액, 무 착즙액이 24.1~27.6% 정도의 SOD 유사활성을 나타내었다. 95°C에서 20분까지 처리시에도 SOD 유사활성은 오히려 증가하는 경향을 나타내었다. 사과주스의 SOD 유사활성을 100%로 할 때 사과주스에 당근농축액과 키위착즙액을 20% 첨가시에는 120%정도, 딸기와 브로콜리 착즙액은 135%의 높은 SOD 유사활성 상승효과를 나타내었다. 특히 무 착즙액의 경우 사과주스에 20% 첨가시 148%로 가장 높은 상승효과를 나타내었다.

### 감사의 글

본 연구는 1995년도부터 수행한 농림수산특정연구과제인 "국내산 사과주스 제품의 수출증대를 위한 고품질화 및 다양화 연구"에 관한 연구의 일부이며, 연구비를 지원하여 준 농림수산기술관리센터에 깊이 감사드립니다.

### 문헌

- McCord, J.M. and Fridovich, I.: Superoxide dismutase-an enzymatic function for erythrocyte (hemocuprein). *J. Biol. Chem.*, **244**, 6049-6055 (1969)
- Halliwell, B.: Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase: solution to the problems of living with oxygen. *New Phytol.*, **73**, 1075-1080 (1974)
- Becana, M., Paris, F.J., Sandalio, L.M. and Del Rie, L. A.: Isoenzymes of superoxide dismutase in nodules of *Phaseolus vulgaris* L., *Pisum sativum* L. and *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Plant Physiol.*, **90**, 1286-1292 (1989)
- Korycka-Dahl, M., Richardson, T. and Hicks, C.L.: Superoxide dismutase activity in bovine milk serum. *J. Food Prot.* **42**, 867-871 (1979)
- Hicks, C.L., Bucy, J. and Stofer, W.: Heat inactivation of superoxide dismutase in bovine milk. *J. Dairy Sci.*, **62**, 529-532 (1979)
- Walker, J.L., McLellan, K.M. and Robinson, D.S.: Heat stability of superoxide dismutase in cabbage. *Food Chem.*, **23**, 245-256 (1987)
- Rotilio, G., Bray, R.C. and Fielden, E.M.: A pulse radiolysis study of superoxide dismutase. *Biochim. Biophys. Acta.*, **268**, 605-609 (1972)
- Klug, C., Rabani, J. and Fridovich, I.: A direct demonstration of catalytic action of superoxide dismutase through the use of pulse radiolysis. *J. Biol. Chem.*, **247**, 4839-4842 (1972)
- Donnelly, J.K., McLellan, K.M., Walker, J.L. and Robinson, D.S.: Superoxide dismutases in foods. A review. *Food Chem.*, **33**, 243-270 (1989)
- Kim, S.J., Han, D., Moon, K.D. and Rhee, J.S.: Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidants. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **59**, 822-826 (1995)
- Nice, D.J., Robinson, D.S. and Holden, M.A.: Characterisation of a heat-stable antioxidant co-purified with the superoxide dismutase activity from dried peas. *Food Chem.*, **52**, 393-397 (1995)
- Park, Y.J., Kang, M.H., Kim, J.I., Park, O.J., Lee, M.S. and Jang, H.D.: Changes of vitamin C and superoxide dismutase (SOD)-like activity of persimmon leaf tea by processing method and extraction condition. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 281-285 (1995)
- Kim, S.J., Han, D., Park, M.H. and Rhee, J.S.: Screening of superoxide dismutase-like compounds and its activators in extracts of fruits and vegetables. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**, 2263-2265 (1994)
- Marklund, S. and Marklund, G.: Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.*, **47**, 469-474 (1974)
- Chatterjee, I.B. and Nandi, A.: Ascorbic acid: a scavenger of oxyradicals. *Indian J. Biochem. Biophysic.*, **28**, 233-236 (1991)

(1998년 7월 21일 접수)