

황색고구마의 Carotenoid 색소 함량

김선재 · 임종환 · 정순택 · 안영섭* · 오용비*
목포대학교 식품공학과, *호남농업시험장 목포시험장

Carotenoid Contents of Yellow Sweet Potatoes

Seon-Jae Kim, Jong-Whan Rhim, Soon-Teck Jung,
Young-Sup Ahn* and Yong-Bee Oh*

Department of Food Engineering, Mokpo National University
*Mokpo Experiment Station, Honam Agriculture Experiment Station

Abstract

Twelve varieties of yellow sweet potatoes were measured for carotenoids content to assess their potential as a source of natural food colorant. Benihayato variety had the highest content of carotenoids (20.2 mg/100 g fr wt) but other varieties ranged with 4.6~16.7 mg/100 g fr wt. Hunter's +a-values (redness) increased linearly ($R^2=0.826$) with carotenoids content of yellow sweet potatoes. Absorption spectrum of carotenoids extracted from the Benihayato variety was similar to that of standard β -carotene indicating that carotenoids in yellow sweet potato are mostly composed of β -carotene.

Key words: yellow sweet potato, carotenoids, Benihayato

서 론

최근에 인공합성색소의 인체에 대한 안전성 문제가 제기되면서⁽¹⁾ 점차적으로 그 사용이 제한되는 추세에 있어 새로운 천연 식용색소의 개발에 관심이 높아지고 있다. 이러한 천연 식용색소원의 하나로 황색고구마가 있는데 일반고구마와는 달리 육질이 진한 황색을 띠고 있다⁽²⁻⁴⁾. 이는 지용성 색소인 carotenoid가 다량 함유되어 있기 때문이다.

Carotenoid계 색소는 오렌지색, 노란색, 또는 빨간색을 갖는 지용성색소로서 현재 600여 종의 carotenoid 화합물이 알려져 있으며, 매년 약 1억 톤 이상의 carotenoid가 자연계에서 생산되는 것으로 알려져 있다^(5,6). 이들 carotenoid계 화합물들은 식품의 착색제로서의 기능과 vitamin A의 전구물질, 광 에너지의 흡수제, 산소전달, 및 singlet oxygen의 강력한 제거제로서의 기능 등⁽⁹⁻¹¹⁾을 갖고 있으므로 그 용도는 매우 다양하다. Carotenoid 화합물 중에서 vitamin A로서의 역가가 가장 높은 β -carotene은 식품, 의약품 및 화장품 등의 착

색제 및 첨가제로서 오래 전부터 사용되고 있으며⁽¹²⁾, 현재는 강력한 항암 효과^(13,14), 대사과정에서 retinol의 주 공급원으로 보고되어⁽¹⁵⁾ 건강식품으로서 그 중요성이 크게 인식되고 있다. 이 색소는 1831년 홍당무에서 최초로 분리동정되었는데⁽¹⁶⁾, 홍당무는 현재까지도 대표적인 β -carotene의 원료로 쓰이고 있다. β -carotene의 화학적 합성품이 1954년에 상업화되어 원료의 안정적인 공급과 가격 안정으로 인한 장점 때문에 현재 널리 쓰이고 있으나, 이들 화학합성제품은 구조상 *trans* form만을 형성하고 있어, 약 50% 이상이 9-*cis*- β -carotene으로 구성되어 있는 천연의 β -carotene과 구별되고 있다. 실제로 *in vivo* 실험에서도 *cis* form이 *trans* form보다 bioavailability가 높은 것으로 보고되어 고가의 천연제품이 합성제품보다 우수할 것이라는 가설⁽¹⁶⁻¹⁸⁾이 있을 뿐만 아니라 식생활 pattern이 합성제품보다는 천연제품을 선호하는 추세에 따라 천연 β -carotene의 수요가 급증하고 있는 실정이다. 이와 같이 급증하는 천연식용색소에 대한 욕구를 충족시키고, 국내의 낙후된 식용색소산업을 발전시키기 위해서는 새로운 천연의 식용색소원의 개발과 이를 산업적으로 이용하기 위한 체계적인 연구가 이루어져야 한다.

황색고구마는 그 품종에 따라 색소함량이 달라 육

Corresponding author: Soon-Teck Jung, Department of Food Engineering, Mokpo National University, 61 Dorim-ri, Chonggye-myon, Muan-gun, Chonnam 534-729, Korea

종에 의한 우수한 품종을 선발하여 새로운 천연식용 색소의 개발이 가능할 뿐만아니라 다양한 가공식품의 원료로 사용될 수 있는 가능성이 기대된다. 따라서 본 연구에서는 황색고구마 색소의 생산과 산업화의 기초 연구로서 황색고구마의 일반성분, 황색고구마 색소의 특성 및 색소함량에 대해 조사하였다.

재료 및 방법

재료

황색고구마는 AVRDC (Asia Vegetable Research Development Center, Taipei, Taiwan)에서 분양받은 품종인 MA, 일본의 Kyushu National Agriculture Experiment Station에서 분양받은 Benihayato 그리고 호남농업시험장 목포시험장에서 재배 육종한 품종인 MI 등 총 10종을 상대습도 85%, 온도 13°C로 조절된 항온항습기에 보관하면서 시료로 사용하였다.

일반성분분석

시료의 수분, 탄수화물, 지방, 단백질 그리고 회분 등은 AOAC 표준방법⁽¹⁾으로 2회 반복 측정하였다.

총 carotenoid 정량

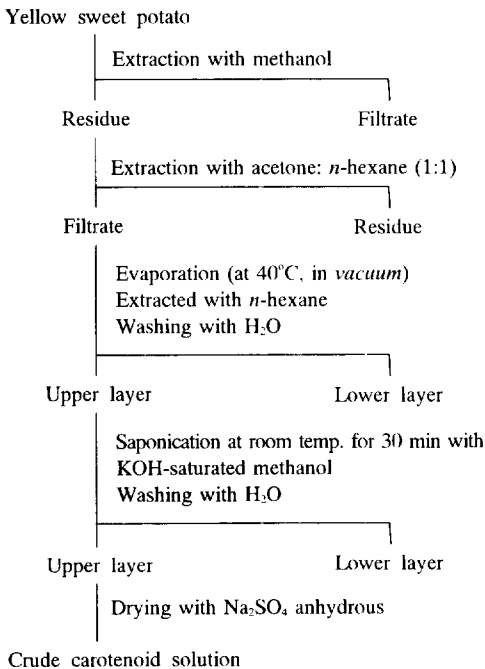


Fig. 1. Extraction scheme of carotenoids in yellow sweet potatoes.

황색고구마의 총 carotenoid 함량은 Chandler의 방법⁽²⁰⁾에 따라 Fig. 1에 나타난 바와 같이 황색고구마 20 g을 두께 2 mm, 길이 0.5 cm로 세절하고 methanol 60 mL를 사용하여 추출한 후 Whatman No. 1 여과지로 여과하고 잔사는 acetone-*n*-hexane (1:1) 70 mL의 용매로 잔사에 색이 없어질 때까지 추출하였다. 얻어진 여과액을 합하여 vacuum evaporator (Buchi RE 111, Switzerland)를 사용하여 40°C의 온도에서 수분이 거의 제거될 때까지 감압농축하였다. 농축물은 *n*-hexane 30 mL로 용해시키고 증류수 100 mL로 3회 세척하였다. 분리된 상정액을 취하여 과포화 KOH/methanol용액을 첨가하고 30분간 검화한 후 증류수 100 mL 3회 세척하였다. 이어 무수 Na₂SO₄로 탈수하고 조 crotenoid용액을 200 mL로 정용한 색소액을 spectrophotometer (8452A, Hewlett Packard, U.S.A.)를 사용하여 448 nm에서 흡광도를 측정하고 색소함량을 결정하였다. 대조구로서는 일반품종의 고구마인 목포 18호, 율미 그리고 자색고구마 및 당근을 사용하였다.

총 carotenoid 색소의 함량은 β-carotene함량으로 환산하였으며 검량선은 β-carotene표품(β-carotene, from carrots, Sigma사) 15 mg을 *n*-hexane 100 mL로 녹인 후 이 용액을 희석하고 희석용액에 대하여 spectrophotometer를 사용하여 448 nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였다(Fig. 2).

색차계를 사용한 색소함량 측정

신선한 황색고구마를 세절한 후 freeze dryer (Beta 1-8k, B. Braun, Germany)를 사용하여 72시간동안 동결건조한 후 믹서로 분쇄하고 얻어진 분말에 대해 색차계(HunterLab, USA)를 이용하여 Hunter L, a, b값을 측정하고 이들 값과 색소함량의 분석치의 상관관계를 조사하여 황색고구마의 색소함량 결정법의 간이법을

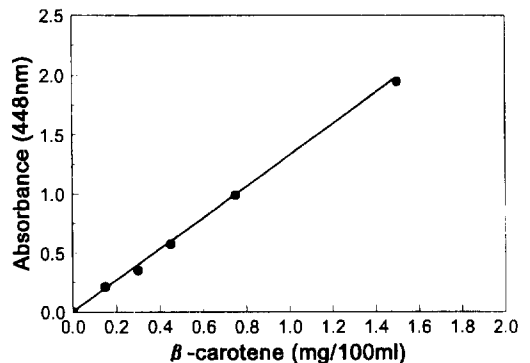


Fig. 2. Calibration curve of β-carotene.

로서 색차계의 사용가능성을 검토하였다.

분광학적 특징

황색고구마로부터 추출한 carotenoid색소의 성분화인을 위하여 추출된 색소액의 absorption spectrum을 spectrophotometer를 사용하여 측정하고, β-carotene 표준의 absorption spectrum과 비교 검토하였다.

결과 및 고찰

품종별 일반성분 함량

황색고구마의 일반성분은 Table 1에 나타난 바와 같이 품종에 따라 수분함량은 68~77%의 범위를 나타내어 일반고구마의 수분함량이 60~80%^(21,22)인 것과 비슷하였다. 탄수화물이 주성분인 무질소물은 22~29%로서 김 등^(22,23)이 보고한 25~26%의 범위와 유사하였다. 조지방함량은 황색고구마는 0.11~0.34%로 넓은 범위로 나타나 국내산 고구마와 감자의 조지방함량⁽²⁴⁾과 비교하면 황색고구마는 품종에 따라 광범위한 조지방함량을 나타냈으며 특히 황색색소를 다량 함유하고 있는 것으로 알려진 Benihayato는 0.34%로 높게 나타났다. 이는 지용성 색소인 carotenoid색소가 함께 추출되었기 때문이다. 황색고구마의 단백질함량은 1.42~2.34%로 나타나 일반고구마의 단백질함량⁽²⁵⁾ 1.95~2.01%와 비슷하였다. 회분은 0.81~1.73%로 나타나 외국의

타품종 고구마⁽²²⁾와 비교할 때 거의 비슷하거나 절반 수준으로 다양하게 나타났다.

품종별 총 carotenoid함량

황색고구마의 총 carotenoid함량은 미리 작성된 검량선을 이용하였으며, carotenoid함량을 측정된 결과 Fig. 3에 나타난 바와 같이 황색고구마 중에서 Benihayato가 20.2 mg/100 g로 가장 높았으며 대부분의 다른 황색고구마의 carotenoid함량은 4.6~16.7 mg/100 g수준으로 일반고구마인 울미, 목포18호와 자색고구마의 0.4~1.1 mg/100 g 보다는 높았으나 당근의 26 mg/100 g 보다는 낮게 나타났다. Gross의 보고⁽⁶⁾에 의하면 식물체 중에 존재하는 총 carotenoid함량은 생체 100 g중에 banana 0.8 mg, mandarin pulp 1.4 mg, apricots 3.5 mg, tomato 5.4 mg, red pepper 15 mg, mandarin peel 30 mg 그리고 persimom peel 49 mg이고 Rosenberg 등⁽²⁶⁾이 천연색소 자원으로 제시한 Valencia orange는 37 mg을 함유하고 있는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 사용한 황색고구마 중에서 Benihayato는 carotenoid함량이 다른 식물자원에 비해 비교적 높은 값을 나타내어 새로운 천연식용색소의 소재로서의 이용 가능성이 기대된다.

Huter value와 색소함량의 상관관계

품종별로 제조한 황색고구마 분말에 대해 색차계를 사용하여 Hunter L, a, b값을 측정하고 그 값들을 황색고구마의 β-carotene함량 분석치와 비교한 결과, 색의 명도를 나타내는 L-값과 청색도를 나타내는 b-값은 색

Table 1. Content of components of yellow sweet potatoes

Sweet potatoes	Content (%) of components				
	Moisture	Nitrogen free extract	Crude fat	Crude protein	Ash
MA 3	73.89	23.39	0.15	1.42	1.15
MA 11	77.48	19.78	0.12	1.26	1.36
MA 48	68.69	28.37	0.12	1.61	1.21
MA 51	70.82	25.91	0.22	1.67	1.38
Benihayato	72.67	23.48	0.34	1.78	1.73
MI 9104	68.32	28.59	0.17	2.11	0.81
MI 9302	70.68	25.36	0.18	2.34	1.44
MI 9307	72.21	24.64	0.17	1.90	1.08
MI 9313	74.72	22.37	0.19	1.46	1.26
MI 9330	69.39	26.92	0.28	2.31	1.26
Mokpo 18	72.43	24.34	0.16	2.03	1.04
Yulmi	70.12	26.65	0.13	1.98	1.12
Purple sweet potato	72.34	24.28	0.14	2.04	1.20

MA: variety obtained from AVRDC (Asia Vegetable Research Development Center, Taipei, Taiwan), Benihayato: variety obtained from Kyushu National Agriculture Experiment Station, Japan, MI: Mokpo 18, Yulmi and purple sweet potato: variety obtained from Mokpo Experiment Station, Honam Agriculture Experiment, Korea.

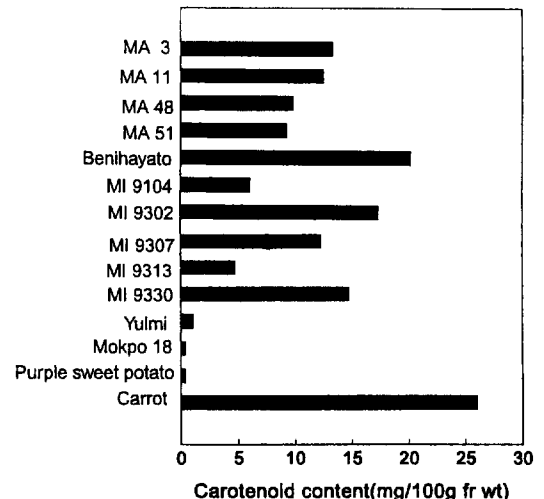


Fig. 3. Carotenoid content in sweet potato cultivars.

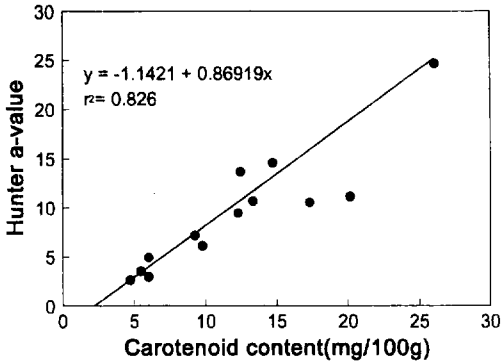


Fig. 4. Relationship between carotenoid content and Hunter a-value of yellow sweet potato.

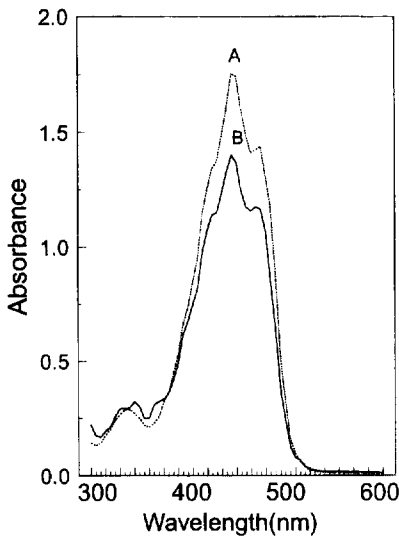


Fig. 5. Absorption spectra of β -carotene and Benihayato carotenoid. A: β -carotene, B: crude carotenoid solution extracted from Benihayato.

소함량과의 상관관계가 낮았으며 적색도를 나타내는 a-값은 Fig. 4에 나타난 바와 같이 비교적 높은 상관관계를 나타냈다. 이는 색차계를 사용하여 Hunter a-값을 측정하므로서 황색고구마의 색소함량을 간접적으로 측정할 수 있음을 시사한다. 이러한 간편법은 carotenoid의 함량이 높은 황색고구마를 선발하는 육종연구나 품질관리의 측면에서 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

분광학적 특성

시료로 사용된 황색고구마 중에서 carotenoid함량이 가장 높은 품종으로 Benihayato가 선발되었고 이어 Benihayato의 carotenoid추출액과 β -carotene표품의 분

광학적 특성을 비교하기 위하여 absorption spectrum을 조사한 결과는 Fig. 5에 나타난 바와 같다. Benihayato의 caotenoid와 β -carotene표품은 448 nm에서 최대흡수과장을 나타내어 분광학적인 spectrum이 유사하였다. Goodwin⁽¹⁾은 α -carotene은 444 nm, β -carotene은 449 nm 그리고 γ -carotene은 461 nm에서 최대흡수과장을 나타낸다고 하였으며 Chandler 등⁽²⁾은 고구마에 함유된 carotenoid의 90%이상이 β -carotene이라 하였다. 이러한 사실로 볼 때 Benihayato의 carotenoid 주성분은 β -carotene인 것으로 추정되며, 천연의 β -carotene의 신소재로의 개발이 기대된다.

요 약

천연 식용색소원으로서 carotenoid색소 함량이 높은 황색고구마를 선발하기 위하여 10종의 황색고구마를 수집하여 carotenoid의 함량을 조사하였다. 품종별 총 carotenoid함량은 Benihayato가 20.2 mg/100 g fr wt.으로 가장 높았으며, 다른 황색고구마의 carotenoid함량은 4.6~16.7 mg/100 g fr wt 수준이었다. 비교실험을 위해 사용된 당근은 26 mg/100 g fr wt의 carotenoid를 함유하였다. 적색도를 나타내는 Hunter +a-value는 황색고구마의 carotenoid함량과 정의 상관관계를 나타내어($R^2=0.826$) carotenoid함량의 간접적인 측정법으로 사용이 가능함을 알 수 있었다. Carotenoid의 함량이 가장 높은 것으로 나타난 Benihayato의 carotenoid와 β -carotene표품의 absorption spectrum은 서로 유사한 경향을 나타냈는데 이는 황색고구마에 함유된 carotenoid가 대부분 β -carotene인 것으로 추정되었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 목포대학교 서남권 식품가공연구 및 기술지원센터의 '97 지역협력연구과제 중 "황색고구마 carotenoid 색소의 특성에 관한 연구(97A-15-03-01-3)"의 연구비에서 수행한 결과이며 연구비를 지원해 준 과학재단과 센터에 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. 林孝三: 植物色素. 養賢堂發行, p.406 (1988)
2. Kukimura, H., Yoshida, T. and Komaki, K.: New sweet potato cultivars, Benihayato and Satsumahikari, making a new turn for processing. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 22, 8 (1988)
3. Kukimura, H.: New sweet potato cultivars registered.

- 'Benihayato' and 'Shiroyutaka'. *J. Agric. Sci.*, **40**, 503 (1985)
4. Purcell, A.E.: Carotenoids of goldgrush sweet potato flakes. *Food Technol.*, **16**, 99 (1962)
 5. Hendry, G.A. and Houghton, J.D.: *Natural food colorants*. Blackie and Son Ltd., p.141 (1992)
 6. Gross, J.: *Pigments in Fruits*. Academic Press Inc. (London) Ltd. p.87 (1987)
 7. Gross, J.: *Pigments in Vegetable*. An avi Book, p.75 (1991)
 8. Harborne, J.B.: *Phytochemical Methods*. Chapman and Hall, p.129 (1984)
 9. Klaui, H.: *Natural Colours for Food and Other Uses*. Applied Science Publishers Ltd., p.91 (1981)
 10. Thompson, J.N.: Official methods for measurement of vitamin A. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **69**, 727 (1985)
 11. Gordon, H.T.: The carotenoids-current status as food colorants. In *Current Aspects of Food Colorants*, CRC press, p.41 (1977)
 12. Micheline, M.M.: Recent progress in medical applications of carotenoids. *Pure & Appl. Chem.*, **63**, 147 (1991)
 13. Francis, F.J.: *Carotenoids as Colorants*. The World of Ingredients, p.34 (1984)
 14. Peto, R., Doll, R., Buckley, J.D. and Sporn, M.B.: Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates. *Nature*, **290**, 201 (1981)
 15. Goodwin, T.W.: *The Biochemistry of the Carotenoids*. Chapman and Hall, p.2 (1980)
 16. Gordon, H.T. and Bauernfeind, J.C.: Carotenoids as food colorants. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **18**, 59 (1981)
 17. Ritter, E.D. and Purcell, A.E.: *Carotenoid Analytical Methods*. Academic Press. Inc., p.816 (1981)
 18. Mokady, S. and Cogen, U.: Nutritional evaluation of a protein concentration and of carotenes derived from *Dunaliella bardawil*. *J. Sci. Food Agric.*, **42**, 249 (1988)
 19. A.O.A.C.: *Official Method of Analysis*. 15th ed., Association of Official Agriculture Chemists, Washington, D.C. p.994 (1990)
 20. Chandler, L.A. and Schwartz, S.J.: Isomerization and losses of trans- β -carotene in sweet potatoes as affected by processing treatments. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 129 (1988)
 21. 馬場秀, 中間洋征, 田丸保夫, 河野利治: 低-アマラゲ活性 サツマイモの貯蔵中にける 糖類およびデンプソの變化. *日本食品工業學會誌*, **34**, 249 (1987)
 22. Syvanus, O., Anthony, O. and Olumide, T.: Some aspects of the biochemistry and nutritional value of the sweet potato (*Ipomea batatas*). *Food Chem.*, **31**, 9 (1989)
 23. 김용선: 한국산 마, 고구마 및 감자지방에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문 (1991)
 24. 김호식, 이춘영, 김재욱, 이서래, 이계호, 전재근: 고구마의 저장 및 이용에 관한 연구. *농화학회지*, **11**, 123 (1969)
 25. Picha, D.H.: Crude protein, mineral and total carotenoids in sweet potatoes. *J. Food Sci.*, **52**, 617 (1987)
 26. Rosenberg, M., Mannheim, C.H. and Kopelman, I.J.: Purification of citrus pell pigment prepartate by gel permeation chromatography. *Lebensm.-Wis.-u-Technol.*, **17**, 288 (1983)
 27. Chandler, L.A. and Schwartz, S.J.: HPLC speraration of cis-trans carotene isomers in fresh and processed fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, **52**, 669 (1987)

(1996년 12월 24일 접수)