

토마토의 생육과정에 따른 성분 변화 II

- Ascorbic acid, Chlorophyll, Carotene, Lycopene 분석을 중심으로 -

김동석* · 小机信行** · 한재숙*** · 김미향****

영남대학교 식품·외식학부*, 영남대학교 가정관리학과**,
위덕대학교***, 대구산업정보대학 호텔조리계열****

(2004년 9월 30일 접수)

The Changes of Components by Maturity Stage of Tomato II

Dong-Seok Kim*, Nobuyuki Kozukue**, Jae-Sook Han***, and Mi-Hyang Kim****

*Food Processing & Food Service Management, Yeungnam University**

*School of Human Ecology, Yeungnam University***

*President, Uiduk University****

*Faculty of Hotel Cuisine, Daegu Polytechnic College*****

(Received September 30, 2004)

Abstract

This was aim to study the changes of components by different parts and maturity of tomato. Tomato include the green pigment chlorophyll, the yellow pigment -carotene. the red pigment lycopene and the other component. These colors of tomatoes are reported to have important functional roles to promote health in human. The main objective of this study was to define changes in the content of the four tomato maturation that is ascorbic acid, chlorophyll, carotene, lycopene. A ascorbic acid contents of tomato fruits was the highest at 50th day. Chlorophyll contents of tomatoes fruits was the highest at 10th days after flowering. α -carotene contained low-quantity while all growth period. β -carotene contained the highest at 50th days after flowering, 1036.97 μ g. Lycopene contained the highest at 50th days after flowering, 5800 μ g.

Key Words : ascorbic acid, chlorophyll, carotene, lycopene.

I. 서론

토마토는 혈관을 강화하고 혈압을 낮추는 역할을 하기 때문에 고혈압이 있는 사람에게 아주 좋은 식품이며¹⁾, 유기산은 신진대사를 원활하게 하고²⁾, 다량의 비타민 C는 혈전 예방효과가 우수하여 특히 위궤양 질환에 탁월한 효과를 나타낸다. 그리고 토마토에 함유되어 있는 비타민 C는 오래 보존해도

잘 파괴되지 않는 장점이 있다^{3,4)}.

또한 토마토에 함유된 영양소와 색소, 제2의 대사 산물은 인체에 다양한 영향을 미치고 있다. 이들은 녹색의 chlorophyll, 노란색의 β -carotene, 붉은색의 lycopene과 무색의 ascorbic acid등이다⁵⁻⁸⁾. 이 화합물 들은 동물과 인간의 질병을 예방하고 건강을 증진 시키는 기능성을 가질 뿐만 아니라⁹⁻¹³⁾ 식물에 있어서 중요한 구조적인 역할을 한다고 보고되어 있다

14-16). 이러한 복합화합물들의 함량은 토마토의 생육 과정에 따라 크게 달라지며 뿐만 아니라, 토마토의 종류, 토양 등에 의해 영향을 받게 된다.

토마토에 대한 연구는 국내외에서 광범위하게 연구되어 있다. 토마토의 성분에 관한 연구로는 생육 중의 색 변화^{17,18)}, 경도 및 무기성분의 변화¹⁹⁾, 생육 방법과 수확시기가 토마토의 비타민 함량에 미치는 영향²⁰⁾, 감압 저장 중 토마토 과실의 향기 및 지질 성분의 변화²¹⁾, 건조 토마토의 성분 조성²²⁾ 등이 있다. 토마토의 기능성에 관한 연구로는 토마토와 토마토 가공 식품 중 lycopene이 암과 항산화에 미치는 영향^{23,24)}, 토마토 가공에 관한 연구로는 토마토와 토마토 가공 제품의 영양성분⁹⁾이 있다.

이와 같이 토마토의 성분과 가공에 관한 연구 보고는 많으나 토마토의 생육 과정에 따른 성분 변화에 관한 연구는 찾아보기 드문 실정이다. 토마토의 식품으로서의 가치성을 고려해 볼 때 그 수요는 앞으로 계속해서 증가 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 토마토의 생육 단계에 따라 나타나는 토마토 성분 변화를 연구하여 토마토의 성분 분석을 보다 정확하게 파악 할 수 있는 자료로 사용되어 기능성 식품으로서의 토마토를 부각 시키는데 더욱 중요한 자료로 이용될 것이다. 나아가 이러한 자료를 바탕으로 보다 적합한 가공 방법 및 조리방법을 모색하여 토마토의 식품으로서의 가치는 증진시키고 소비를 증진하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험재료는 2003년 4월 15일 경산 시장에서 품종이 'Momotarō' 품종의 모종 12포기를 구입하여 대구 광역시 수성구 대흥동에 위치한 농원의 노지에 심어 재배하였다. 모종을 심은 후 30일경에 첫 개화가 시작되었으며, 개화 후 7일경 꽃이 지면서 열매가 열리기 시작하였다. 12포기 중 2포기는 모종을 심은 후 40일경에 생육에 불안정한 상태를 보여 다른 토마토에 피해를 주지 않기 위하여 폐기하고 남은 10포기에서 열린 토마토를 사용하였다. 각 시료는 개화 후

10, 20, 30, 40, 50일에 토마토를 각각 3회에 걸쳐 수확하여 사용하였으며, 각 생육 단계별로 수확한 토마토는 세로로 정확히 2등분하여 자른 면에서 5mm 두께로 잘라서 사용하였으나, 단지 개화 후 10일 된 토마토는 크기가 너무 작아 전체를 시료로 하였다.

2. Ascorbic acid의 추출 및 분석

시료 2g을 막자사발에 넣고 5% metaphosphoric acid를 첨가하고 마쇄한 후 glass filter를 이용하여 흡입 여과한 다음 추출한 용액을 25mL 메스플라스크에 정용하였다. 정용한 추출액을 여과지로서 다시 여과한 후(여과지: Advantec NO. 2) 원심분리(12,000rpm, 4°C, 10min)하여 상등액 40 μ L를 직접 HPLC에 주입하여 분석하였다. Ascorbic acid의 총 함량은 reduced standard ascorbic acid(Wako Chemical CO., Japan)의 retention time과 비교하여 동정하였으며, peak면적에 의하여 산출된 값을 기준으로 총 함량을 구하였다.

3. Chlorophyll의 추출 및 분석

Chlorophyll의 추출 및 분석은 Kozukue의 방법⁸⁾을 사용하였다. 시료 2g을 막자사발에 넣고 80% acetone을 첨가하여 마쇄한 후, 시료의 색소성분이 없어질 때까지 80% acetone을 첨가하여 흡입 여과하여 색소를 추출하였다. 25mL의 메스플라스크에 정용하여 여과한 추출액을 (여과지, Advantec NO. 2) UV-VIS Spectrophotometer (SHIMADZU UV mini 1240 Model)에서 검출기의 파장이 645 nm와 663 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 흡광도를 이용하여 계산한 chlorophyll 농도는 다음과 같다.

$$\text{Chlorophyll a(mg/L)} = 12.72 \cdot \text{OD}_{663} - 2.58 \cdot \text{OD}_{645}$$

$$\text{Chlorophyll b(mg/L)} = 22.88 \cdot \text{OD}_{645} - 5.50 \cdot \text{OD}_{663}$$

$$\text{Total Chlorophylls(mg/L)} = 7.22 \cdot \text{OD}_{663} + 20.3 \cdot \text{OD}_{645}$$

추출액 50 μ L를 HPLC에 직접 주입하여 chlorophyll과 chlorophyll 관련 색소의 함량을 측정하였다. chlorophyll 및 chlorophyll 관련 색소들의 동정은 시금치의 chlorophyll 및 관련색소의 retention time과 비교하였으며, 표준시료의 peak면적에 의해 산출된 평균값을 %로 나타내었다.

4. Carotene과 lycopene의 추출 및 분석

Carotene과 lycopene의 추출 및 분석은 Kozukue의 방법⁸⁾을 사용하였다. 시료 2g에 butyl hydroxy-toluene 0.05g, MgCO₃ 0.1g에 acetone 용액을 가하여 교반, 추출하고 acetone 여과액에 색소 성분이 추출되지 않을 때까지 이 조작을 반복하였다. 색소가 제거된 잔사에 다시 hexane 용액을 넣어 잔사의 색이 완전히 탈색될 때까지 추출, 여과하였다. 이렇게 얻어진 용액을 Büchner funnel에 옮겨 증류수를 첨가 분리 정제한 후 20% KOH/Methanol 용액을 넣어 5℃의 냉암소에서 24시간 동안 검화 시켰다. 검화할 수 없는 화합물은 증류수로 씻어서 검화된 용액을 분리, 정제하는 조작을 3~4회 반복한 후 rotary evaporator로 농축하였으며, 이들 색소 농축물에 hexane 5mL를 가하여 용해한 후 HPLC에 20μL를 주입하여 분석하였다.

Carotene과 lycopene의 동정은 standard carotene(Sigma, carotene mixed isomers, from carrots, α:β=1:2, USA), standard lycopene (Sigma, USA)의 retention time과 비교하였으며, 표준시료의 peak 면적에 의해 산출된 값을 기준으로 하여 총 함량을 구하였다.

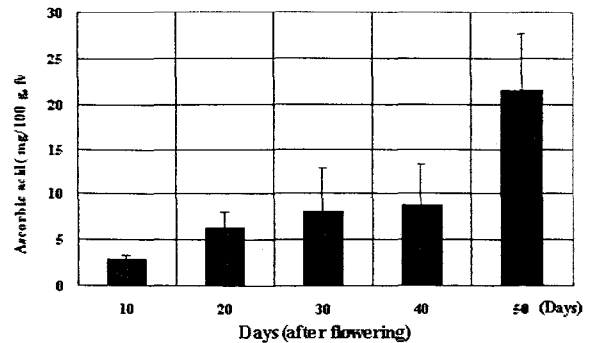
III. 결과 및 고찰

1. Ascorbic acid 함량

개화 후 토마토의 생육 단계에 따른 ascorbic acid의 함량은 <그림 1>과 같다. 개화 후 10일째 토마토의 ascorbic acid는 100g당 2.85mg을 함유하고 있었으며, 20일째(6.40mg)에는 약 2.5배 증가 하였으며, 30일과 40일째에는 약간의 차이를 나타내었다. 토마토가 빨갛게 완숙된 50일째에는 21.48mg으로서 10일째 보다 7배 증가하였으며, 완숙될수록 ascorbic acid가 증가하는 것을 알 수 있었다.

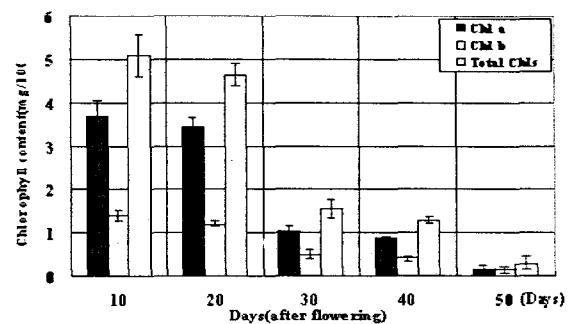
2. Chlorophyll 함량

<그림 2>는 개화 후 토마토의 생육 단계에 따른 chlorophyll의 함량 변화를 나타낸 것이다. 개화 후



<Fig. 1> Ascorbic acid contents of tomato fruits

* average ± SD; n=9
* fw : fresh fruits weight



<Fig. 2> Chlorophyll contents of tomato fruits

* Chl a: Chlorophyll a; Chl b: Chlorophyll b; Tal Chls: Total Chlorophylls
* average ± SD; n=9
* fw : fresh fruits weight

10일째 된 토마토의 총 chlorophyll함량은 토마토 100g당 5.08 mg 함유되어 있었으며, 20일째에는 90% 정도로 감소하였다. 30, 40일째에는 약 30% 감소하였으며, 완숙 단계인 50일에는 총 0.29 mg/100 g으로 미량 함유하고 있음을 알 수 있었다. 이는 토마토가 성장하고 익으면서 chlorophyll의 함량은 감소하는 것을 알 수 있었다.

Chlorophyll에 대한 연구는 chlorophyll 및 그 유도체의 함량 변화²⁵⁾, chlorophyll색소 성분에 영향을 주는 요인^{26,27)}과 지방의 자동산화 방지작용²⁸⁾이나 항돌연변이성 및 항암성 물질²⁹⁾에 대한 연구 보고가 있는 것으로 보아 많은 관심이 집중되고 있음을 알 수 있으므로 토마토의 chlorophyll을 이용할 수 있도록 10일째 된 토마토를 이용하기 위한 조리 방법을 모색할 필요성이 있을 것이다. 또 외국의 경우에는

푸른 토마토를 이용한 피클이 널리 소비되고 있다.

〈표 1〉은 개화 후 토마토의 생육 단계에 따른 chlorophyll과 chlorophyll 관련색소의 변화를 나타낸 것이다. 토마토가 익어가며 chlorophyll a와 chlorophyll b의 함량이 적어짐을 알 수 있었으며 pheophorbide a는 많아짐을 알 수 있었다. Chlorophyll은 그 자체가 불안정하므로 식품의 조리, 가공 및 저장 방법과 생육 단계에 따라 다양한 양상으로 분해되어진다. 특히 푸른 채소의 청록색이 황록색으로 변하는 것은 pheophytine과 pheophorbide의 생성 때문이라고 알려져 있다³⁰⁾. 이로써 토마토의 chlorophyll은 익는 동안 효소에 의하여 감소되며 chlorophyll을 잃는 것은 녹색을 잃어버리는 것임을 알 수 있었다⁸⁾.

3. Carotene 과 lycopene 함량

토마토에 들어 있는 lycopene은 비타민 A의 전구체인 카로티노이드계의 붉은 색을 띠고, 좋지 않은 생활 습관에 의해 걸리게 되는 병과 노화의 원인이 되는 활성 산소를 없애주는 항산화작용 뿐만 아니라 전립선암, 폐암, 대장암의 예방과 치료에 효과가

있다고 보고되어 최근 크게 주목을 받고 있는 성분이며, 또한 lycopene은 올리브 오일 등과 같은 기름과 함께 조리하면 흡수율이 훨씬 높다는 보고가 있다^{24,25,31)}.

〈표 2〉는 개화 후 토마토의 생육 단계에 따른 α -carotene, β -carotene, lycopene의 함량을 나타낸 것이다. α -carotene은 전 단계에 미량 함유되어 있었으며, β -carotene은 개화 후 10일 째에 823.4 μ g/100g 함유되어 있다가 점차 감소하여 30일째에는 239.82 μ g/100g으로 최소치를 나타내었다. 그리고 50일째에는 급격히 증가하여 1036.97 μ g/100g을 나타내어 개화 후 30일째와 비교하였을 때 4배정도 차이가 있음을 알 수 있었다.

Lycopene은 개화 후 40일째에 13.05 μ g/100g으로서 미량 함유하고 있었으며, 50일째에 5991.97 μ g/100g으로 급격히 증가하였다. 이는 개화 후 45일경부터 붉은 색을 띠게 되면서 급격한 증가를 나타내었다. 이것은 빨갭게 익은 토마토가 lycopene의 함량이 많다는 것을 알 수 있었다. 일본에서 재배된 모모타로 토마토의 경우, 개화 후 50일째 된 토마토의 lycopene함량은 약 5800 μ g/100g으로써 이는 Kozukue

<Table 1> Contents of chlorophyll and chlorophyll related pigment ratio of tomato fruits according to maturity (%)

| Days(after flowering) | P.B-a ¹⁾ | Chl-b | Chl-a | Phy-a | Total |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 17.20 ²⁾ | 13.66 | 67.75 | 1.39 | 100 |
| 20 | 30.17 | 13.45 | 54.16 | 2.27 | 100 |
| 30 | 40.30 | 26.97 | 12.71 | 20.02 | 100 |
| 40 | 28.64 | 14.33 | 51.13 | 5.90 | 100 |
| 50 | 96.47 | 3.53 | 0 | 0 | 100 |

1) P.B-a : Pheophorbide-a; Chl-b : Chlorophyll-b; Chl-a : Chlorophyll-a;
Phy-b : Pheophytin- b
2) average \pm SD; n=9

<Table 2> Contents of α -carotene, β -carotene and lycopene contents of tomato fruits according to maturity (%)

| Days(after flowering) | α -carotene ¹⁾ | β -carotene | lycopene |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 10 | 19.79 \pm 1.11 ²⁾ | 824.37 \pm 54.20 | n.d. ³⁾ |
| 20 | 20.05 \pm 1.83 | 625.73 \pm 40.47 | n.d. |
| 30 | 28.60 \pm 18.83 | 239.82 \pm 62.35 | n.d. |
| 40 | 9.80 \pm 1.47 | 255.41 \pm 37.55 | 13.05 \pm 11.49 |
| 50 | 35.39 \pm 10.53 | 1036.97 \pm 66.57 | 5991.97 \pm 1159.75 |

1) μ g per 100g fresh weight
2) average \pm SD; n=9
3) n.d. = not detected

등⁸⁾의 연구 결과와 거의 일치하였다. 이는 미국에서 일반적으로 소비되는 토마토보다 lycopene 함량이 3~4배 많은 것으로 본 연구에서도 앞선 연구와 비슷한 수준을 나타내었다^{9,32-34)}.

IV. 요약 및 결론

토마토는 세계적으로 애용되고 있는 영양과 조리 식품의 재료로서 뿐만 아니라 건강식품으로서 가치가 높은 식품 중의 하나이다. 또한 천연식품의 색소 성분에 관심이 고조되고 있는 오늘날 red food 열풍의 중심에 있는 토마토에는 중요한 색소 성분 즉, 붉은색의 lycopene과 β -carotene, 미숙 토마토에 다량 함유되어 있는 chlorophyll도 기능성 식품의 하나로써 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 토마토의 생육 단계에 따른 주요 성분의 함량을 측정 한 결과는 다음과 같다.

개화 후 토마토가 생육하는 동안 chlorophyll의 함량은 10일째 즉 미숙토마토일 때 가장 많았다. β -carotene과 lycopene, ascorbic acid의 함량은 50일째에 즉 완숙토마토일 때 가장 많았다. 인간의 건강에 유익한 chlorophyll, lycopene, β -carotene과 ascorbic acid의 성분함량이 우수한 토마토를 모두 이용하기 위해서는 미숙 토마토와 완숙 토마토 모두를 식용 할 수 있는 토마토의 연구가 필요하다고 하겠다.

이에 우리는 생육 단계에 따른 토마토 성분의 변화를 정확히 인지하고 인간에게 유익한 성분들을 적절히 섭취할 수 있도록 조리 방법 및 토마토의 품종 개량에도 적극적인 노력을 기울여야 하겠다. 토마토가 가진 천연의 기능성 물질들을 일상의 식생활을 통하여 적절히 섭취한다면 평범한 식생활이 국민 건강을 지킬 수 있으리라 생각된다.

■ 참고문헌

- 1) 유태종. 식품카르텔, 박영사, 113(1976).
- 2) 허봉수. 밥으로 병을 고친다, 동아일보사, 194 (1996)
- 3) 최명삼. 피를 맑게 하는 건강장수법, 청산, 200 (1994)
- 4) 유태종. 다시쓰는 음식 궁합, 아카데미 북,

- 141~142(1998)
- 5) Mendel F, Nobuyuki K and Harden LA. Structure the tomato glycoalkaloid tomatidienol-3- β -lycotetraose(dehydrotomatine), *J. Agri. Food Chem.*, 45, 1541-1547, 1997.
- 6) Friedman M and Levin CE. Dehydrotomatine content in tomatoes. *J. Agri. Food Chem.*, 46, 4571-4576, 1998.
- 7) Madhavi DL and Salunkhe DK. Tomato in handbook of vegetable science, Ed by Salunkhe and Kadam SS, Marcel Dekker, New York, 171-201, 1998.
- 8) Nobuyuki K and Mendel F. Tomatine, chlorophyll, β -carotene and lycopene content in tomatoes during growth maturation, *J. Sci, Food Agric.*, 83(3), 1-6, 2003.
- 9) Becher GR. Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 218, 98-100, 1998.
- 10) Agarwal S and Rao AV. Tomato lycopene and low lipoprotein oxidation a human dietary intervention study, *Lipids*, 33, 981-984, 1998.
- 11) Barrette EO. Can dietary choices prevent prostate cancer?, *Altern. Med.*, 4, 1-5, 2001.
- 12) Mendel F, Fitch TE, Levin and Yokoyama WH. Feeding tomatoes to hamsters reduces their plasma low-density lipoprotein cholesterol and triglycerides, *J. Agri. Sci.*, 65, 897-900, 2000.
- 13) Paica SA and Russell RM. Beta-carotene and other carotenoids as antioxidants, *J. AM. Coll. Nutr.*, 18, 426-433, 1999.
- 14) Roddick JG. Steroidal glycoalkaloids nature and consequences of bioactivity, *Adv. Exp. Med. Biol.*, 404, 277-295, 1996.
- 15) Martin-Hernandez AM, Dufresne M, Hugouvieux V, Melton R and Osbourn A. Effect of targeted replacement of the tomatinase gene on the interaction of *Septoria lycopersici* with tomato plants, *Mol. Plant-Microbe Interact.*, 13, 1301-1311, 2000.
- 16) Moehs CP, Tian L, Osteryoung KW and Dellapenna D. Analysis of carotenoid biosynthetic gene

- expression during marigold petal development, *Plant Mol. Biol.*, 45, 281-293, 2001.
- 17) Grame E Hobson, Peter Adams and Tinothy J Dixon. *J. Sci. Food Agri.*, 34, 286, 1986.
 - 18) Lee MS and Kim GH. Quality Evaluation of Raw Tomato Fruits, *J. Food Sci. Biotechnology*, 18(5), 335-338, 1986.
 - 19) Ryu BH, Moon KD, Kim SD and Sohn TH. The Changes of Hardness and Mineral Components of Tomato Fruits during Ripening, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 19(2), 115-120, 1990.
 - 20) Lee YC. Effect of Ripening Methods and Harvest Time on Vitamin Content of Tomatoes, *Food Sci. Biotechnology*, 16(1), 59-65, 1984.
 - 21) Sohn TW, Cheon SH, Choi SW, Moon KD and Chung SK. Changes of Flavor Components and Lipid Contents in Tomato fruits during Storage : Changes of Lipid Condents and Its Correlation with Flavor Components, *Food Sci. Biotechnology*, 20, 63-71, 1988.
 - 22) Chung TY, Fumitaka H, Akihiro O and Hiromichi K. Constituents of the dried tomato fruits(Lycopersicon esculentum, Mi Soo), *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 16, 1-10, 1987.
 - 23) Edward G. Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer, *J. National Cancer Institue*, 91(4), 317-331, 1999.
 - 24) G, Eric B Rimm, Yan L, Meir J Stampfer and Walter CW. A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk, *J. National Cancer Institue*, 94(5), 391-398, 2002.
 - 25) Kim GE, Kim SH, Cheong HS, Yu YB and Lee JH. Changes of chlorophylls and their derivatives contents during storage of green onion, leek and Godulbaegi Kimchi, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 27(6), 1071-1076, 1998.
 - 26) Lee SH, Choe EO, Lee HG and Park KH. Factors Affecting the Components of Chlorophyll Pigment in Spinach during Storage, *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 44(2), 73-80, 2001.
 - 27) Kim YS and Rhee HS. The Changes of Chlorophylls in Blanched and Fermented Chinese Cabbage, *Korean J. Soc. Food Sci.*, 1(1), 27, 1985.
 - 28) Tan YA. Chlorophyll and vegetable oils, *Porin Bulletin*, 28, 30, 1994.
 - 29) Park KY. The Nutritional Evaluation, and Antimutagenic and Anticancer Effects of kimchi, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24(1), 169-182, 1995.
 - 30) Aronoffs S. The chemistry of chlorophyll, *Advances in food research*, 4, 133-184, 1953.
 - 31) 石黒辛雄. 토마토 혁명, 청림출판, 2001.
 - 32) Abushita AA, Daood HG and Biacs PA. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2075-2081, 2000.
 - 33) Tonucci LH, Holden JM, Beecher GR, Khachik F, Davis CS and Mulokozi G. Carotenoid content of thermally processed tomato-based foot products, *J. Agric. Food Chem.*, 43, 579-586, 1995.
 - 34) Fraser PD, Pinto MES, Holloway DE and Brandy PM. Application of high-performance liquid chromatography with photodiode array detection to the metabolic profiling of plant isoprenoids, *Plant J.*, 24, 213-233, 2001.