

몇 가지 작물 종실의 Tocotrienol과 Tocopherol 함량

박경열*† · 강창성* · 이용선* · 이영현* · 이영상**

*경기도농업기술원, **순천향대학교 생명과학부

Tocotrienol and Tocopherol Content in Various Plant Seeds

Kyeong Yeol Park*†, Chang Sung Kang*, Yong Sun Lee*, Young Hyun Lee*, and Young Sang Lee**

*Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-972, Korea

**Division of Life Sci., Soonchunhyang Univ., Asan 336-745, Korea

ABSTRACT : Vitamin E, consisting of tocotrienols (T₃) and tocopherols (T) is well-known nutraceutical compound for its antioxidant, anticancer and cholesterol-lowering activity. The contents of alpha (α-), beta (β-), gamma (γ-) and delta (δ-) tocotrienols and tocopherols in some Korean crop seeds were evaluated by using HPLC after saponification. Among tested crops, total T₃ contents (mg/100 g) were purple perilla 25.06, barley 4.50, corn 3.54, iris 3.04, adlay 2.58, safflower 0.12. Other crops including 5 soybean cultivars, kidneybean, sunflower and perilla contained no tocotrienols. Regarding T₃ isomers, β-T₃ were not observed in adlay and corn, and δ-T₃ were not in iris and purple perilla, while safflower exhibited no detectable α-, β-, and δ-T₃. Total T contents (mg/100g) were high in iris (51.82), perilla (40.90), soybean (34.11), sunflower (20.88), and they all contained all α-, β-, γ- and δ- tocopherol isomers. Total Vit E contents (T + T₃, mg/100g) were iris 54.86, purple perilla 41.80, perilla 40.90, soybean 34.11, sunflower 20.88, safflower 14.73, corn 11.49, evening-primrose 10.07, barley 7.48, adlay 6.24 and kidneybean 5.27.

Keywords: vitamin E, tocotrienol, tocopherol, soybean, barley, corn, kidneybean, adlay, evening-primrose, safflower, perilla, purple perilla, iris.

비타민E는 식물성油脂 麥芽 곡물 과일 녹황색채소 달걀 상선 등에 포함되어 있으며 항산화작용, 면역기능개선, 혈소판 응집억제 조절작용, 동맥 경화증 예방 등의 약리작용을 한다. 비타민E는 단일 화합물이 아니고 측쇄가 포화된 tocopherol(T)과 불포화된 tocotrienol(T₃) 두 종류의 화합물에 각각 α, β, γ, δ의 4가지 동족체가 있어 모두 8종류의 이성체가 있다.

Palm 기름의 tocotrienol과 carotenoids는 유방암세포를

억제하며(Guthrie *et al.*, 1999), 미강 중 tocotrienol은 동맥경화증 장애와 콜레스테롤 함량을 감소 시키며 또한 혈청의 triglyceride를 감소시킨다(Qureshi *et al.*, 2001)고 보고하였다.

작물별 tocopherol과 tocotrienol 함량은 canola 옥수수 해바라기 등의 유지에 α-T와 α-T₃는 0.5~7.5, β-T는 0.5~10, α-, γ-T₃와 γ, δ-T는 0.5~15μg/ml가 함유되어 있고(Gama *et al.*, 2000), 옥수수기름 1kg에는 α-T가 67~276, β-T는 0~20, γ-T는 583~1048, δ-T는 12~71mg으로 총 tocopherol은 약 763~1344 mg이고, α-T₃는 48~89, γ-T₃는 53~164mg으로 총 tocotrienol은 약 99~230mg이 함유되어 있다고 하였다(Goffman *et al.*, 2001).

미강에는 항산화물질인 T와 T₃가 많다고 하였고(Lloyd *et al.*, 2000), Park *et al.*(2003)은 미강 중 T와 T₃의 함량을 벼 품종별로 보고 하였으며, Kim *et al.*(2002)은 쌀눈 기름에 T의 4가지 동족체는 다 있으나 T₃에는 β-T₃가 없다고 하였다. 또한 유채 종자 기름(Goffman *et al.*, 2000) 등에도 T와 T₃가 있으나 삼 종자 기름에는 α-T는 많으나 T₃는 없다고 하였다(Bagci *et al.*, 2003).

따라서 본 연구는 우리나라에서 재배되고 있는 작물을 중심으로 기능성 물질로 각광받고 있는 tocotrienol과 tocopherol 함량을 탐색하였던 바 작물별 특성이 뚜렷하여 tocotrienol 자원 확보에 큰 도움이 될 것으로 생각되어 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 콩 5품종, 보리 4품종, 그리고 강낭콩(선두) 홍화(진선) 들깨(엽실들깨) 울무(울무1호) 차조기(재래종) 종자는 경기도 농업기술원에서 '03년에 생산된 종자, 옥수수 5품종은 강원도 농업기술원 홍천옥수수 시험장에서 '03년에 생산된 종자를 분양 받아 사용하였고, 달맞이꽃 타래꽃 해

†Corresponding author: (Phone) +82-31-229-5820 (E-mail) park8285@gyeonggi.go.kr

<Received February 17, 2004>

바라기 종자는 서울 생약 종묘사에서 구입하여 시료로 사용하였다.

tocotrienol과 tocopherol 분석

각 종자의 시료는 가루를내어 0.5g을 50ml 원심분리관에 취하여 ascorbic acid 0.1g과 ethanol 5ml를 가하고 80°C의 항온수조에서 10분간 진탕 후 80% KOH 용액 0.15ml를 가하여 80°C에서 10분간 saponification을 실시한 후 ice bath에 옮겨 신속히 냉각하였다. 증류수 5ml와 hexane 5ml를 가하여 잘 혼합 후 원심 분리하고 hexane층을 100ml 분액여두에 취하였으며 hexane 5ml씩 2회 더 추출작업을 반복하여 분액여두에 합하였다. 이 hexane 층에 증류수 5ml를 가하여 3회 세척하였고 hexane층을 Na₂SO₄로 탈수시킨 후 질소 가스로 농축하였다. 이 농축 잔사물을 1ml Isooctane으로 용해하여 0.2 µm PTFE syringe filter로 여과한 것을 HPLC 분석시료로 8 종류의 이성체 별로 분석하였고, 그들 중 tocotrienol의 합(T₃)과 tocopherol의 합(T) 및 총 vitamin E 함량(V_E)으로 나타내었다.

HPLC(Sykam, S1101, Germany) 분석 조건은 Table 1과 같으며, tocotrienol과 tocopherol의 표준시약은 Merck사(Germany) 제품을 사용하였고 HPLC Chromatogram은 Fig. 1과 같다.

각 시료는 3반복으로 측정하여 그 결과를 SAS program으로 통계처리 하였다.

Table 1. HPLC conditions for the analysis of tocotrienol and tocopherol.

Conditions	
Column	Zorbax Silica, 4.6×250mm
Detector	Fluorescence detector (Excitation 290nm, Emission 330nm)
Mobile phase	Isooctane/ethyl acetate/acetic acid/2.2-dimethoxypropane = 98.15 : 0.7 : 0.7 : 0.1 (v/v)
Flow rate	1.6ml/min
Injection volume	20µl

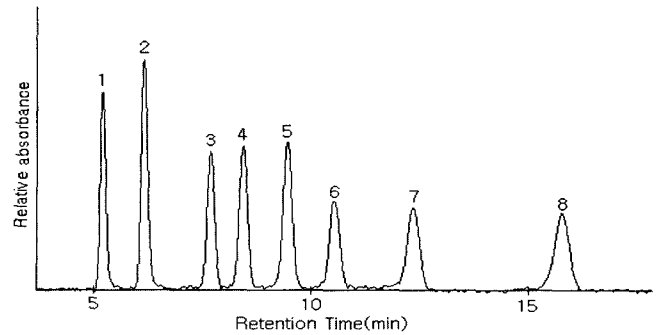


Fig. 1. Typical HPLC chromatogram of Vitamin E. Peaks: 1; α-tocopherol, 2; α-tocotrienol, 3; β-tocopherol, 4; γ-tocopherol, 5; β-tocotrienol, 6; γ-tocotrienol, 7; δ-tocopherol, 8; δ-tocotrienol.

결과 및 고찰

콩 종자의 tocotrienol 함량

콩의 tocotrienol(T₃)과 tocopherol(T) 함량은 Table 2에서와 같이 T만 존재하고 T₃는 전혀 검출되지 않아 vitamin E(V_E) 함량은 34.1mg/100g이었다. tocopherol의 동족체별 함량은 γ-T가 23.69로 대부분을 차지하였고 δ-T는 8.29mg/100g이었다.

콩 품종별 T함량은 일품검정콩과 대원콩이 38.99, 37.12 mg/100g으로 높았고 그 외 품종은 31 mg/100g 정도이었다. 동족체별로는 모든 품종에서 γ-T가 높은 경향으로 그 중 일품검정콩과 대원콩이 29.02, 26.04mg/100g으로 높았으며 δ-T는 일품검정콩 8.15, 대원콩 10.08mg/100g로 함량이 높았다.

보리 종자의 tocotrienol 함량

보리는 Table 3에서와 같이 tocotrienol 4.50, tocopherol 2.31mg/100g으로 vitamin E는 6.81mg/100g이었다. 보리는 T, T₃, V_E 모두 품종 간에는 큰 차이가 없이 낮은 함량을 나타내었으며 콩에 없었던 tocotrienol이 모든 품종에서 평균 α-T₃이 2.91, β-T₃ 0.42, γ-T₃ 1.11, δ-T₃ 0.07mg/100g 함유되어 있었으며 이들 중 서둔쌀보리의 α-T₃ 함량이 3.56mg/100g으로

Table 2. Contents (mg/100g DW) of tocotrienol, tocopherol and vitamin E in soybean seeds.

Variety	Tocotrienol					Tocopherol					Vit. E
	T ₃ [†]	α	β	γ	δ	T [‡]	α	β	γ	δ	
Daewon Kong	nd [§]	nd	nd	nd	nd	37.12 ab*	0.71	0.29	26.04	10.08	37.12 ab
Taekwang Kong	nd	nd	nd	nd	nd	30.58 c	0.90	0.41	21.28	7.98	30.58 c
Jinpum Kong	nd	nd	nd	nd	nd	32.07 bc	1.43	0.60	22.44	7.60	32.07 bc
Hwaseongput Kong	nd	nd	nd	nd	nd	31.81 bc	3.17	1.30	19.69	7.64	31.81 bc
Ilpumgumjeong Kong	nd	nd	nd	nd	nd	38.99 a	1.44	0.38	29.02	8.15	38.99 a
Mean	nd	nd	nd	nd	nd	34.11	1.53	0.60	23.69	8.29	34.11

[†]T₃ : Total tocotrienol, [‡]T : Total tocopherol, [§]nd : Not detected

*The same letter in each column are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 3. Contents (mg/100g DW) of tocotrienol, tocopherol and vitamin E in barley seeds.

Variety	Tocotrienol					Tocopherol					Vit. E
	T ₃ [†]	α	β	γ	δ	T [‡]	α	β	γ	δ	
Saessal Bori	4.46 b*	2.76	0.81	0.80	0.09	1.39 c	0.89	0.10	0.40	nd [§]	5.85 c
Saeol Bori	3.69 c	2.30	0.39	0.94	0.06	2.76 a	0.96	0.10	1.35	0.35	6.45 bc
Jaechalssal Bori	4.46 b	3.01	0.10	1.33	0.02	2.14 b	1.23	0.15	0.70	0.06	6.60 b
Seodunchal Bori	5.40 a	3.56	0.37	1.38	0.09	2.96 a	1.15	0.10	1.63	0.08	8.36 a
Mean	4.50	2.91	0.42	1.11	0.07	2.31	1.05	0.11	1.02	0.12	6.81

[†]T₃ : Total tocotrienol, [‡]T : Total tocopherol, [§]nd : Not detected

*The same letter in each column are not significantly different at the 5% level by DMRT

높은 경향이였다.

옥수수 종자의 tocotrienol 함량

옥수수의 T, T₃ 및 V_E 함량은 Table 4와 같다. 옥수수의 tocotrienol 함량은 3.54 mg/100g 이었으며, 동족체별로는 α-T, 0.58, γ-T₃ 2.87, δ-T₃ 0.09mg/100g로 β-T₃가 전혀 검출되지 않았다. tocopherol은 8.24mg/100g으로서 α-T 0.58, β-T 0.06, γ-T 7.49, δ-T 0.12이였으며 vitamin E는 11.79mg/100g이였다.

옥수수의 품종별 tocotrienol 함량은 두메찰과 미백찰이 4.60~4.75로 높았고 그 중 γ-T₃가 높았다. tocopherol 함량은 흑점찰 두메찰 찰옥2호가 9.50~11.01mg/100g으로 높았으며 그 중 γ-T가 대부분을 차지하였다. Goffman *et al.*(2001)은 옥수수기름에 α-, β-, γ-, δ-T와 α-, γ-T₃가 존재 한다고 하여 논 연구에서 β-T₃가 검출되지 않았던 것은 같았으나 δ-T₃가 소량 검출 된 것은 서로 달랐다.

몇 가지 작물 종자의 tocotrienol 함량

강낭콩 달맞이꽃 해바라기 들깨 홍화 울무 타래붓꽃 그리고 차조기의 T, T₃ 및 V_E 함량은 Table 5와 같다. 분석한 작물 중 강낭콩 달맞이꽃 해바라기 들깨의 종자들은 콩과 마찬가지로 tocotrienol은 검출되지 않았던 반면 tocopherol은 존재 하였으며, 그 함량은 작물에 따라 각각 다른 특성을 나타내었다.

강낭콩의 tocopherol 함량은 5.27mg/100g이였고 그 중 γ-T가 5.03이였으며, 달맞이꽃은 tocopherol 10.07mg/100g으로 그 중 γ-T가 6.66, 해바라기는 tocopherol 20.88mg/100g 중 α-T가 19.37, 들깨는 tocopherol 40.90mg/100g 중 α-T 10.3, γ-T 38.90mg/100g이였다. 들깨 종의 함량은 해바라기의 2배, 강낭콩의 8배 정도 높았으며, 동족체별로는 들깨와 강낭콩은 γ-T, 해바라기는 α-T가 대부분을 차지하였다.

홍화는 tocotrienol이 있기는 하나 그 함량이 매우 적었으며 동족체 중에는 γ-T₃만이 0.12mg/100g 검출되었고, tocopherol은 14.61mg/100g으로 그 중 α-T를 13.82mg/100g 함유하고 있었다.

울무는 현미 상태로 분석하였으며 vitamin E는 6.24로 낮았으며 tocotrienol은 2.58로 α-T₃ 0.17, γ-T₃ 2.11, δ-T₃ 0.30 mg/100g이였으나 β-T₃가 검출되지 않았으며, tocopherol은 3.66으로서 γ-T가 3.32 mg/100 g이였다.

타래붓꽃에서는 δ-T₃가 검출되지 않았으며 tocotrienol 함량은 3.04mg/100g로 α-T₃ 2.48, β-T₃ 0.06, γ-T₃ 0.50mg/100g으로 낮았으나 tocopherol은 51.82mg/100g로 α-T 43.81, γ-T 7.12mg/100g이였으며, vitamin E는 54.86mg/100g으로 탐색한 작물 중 가장 높게 나타났다.

차조기의 tocotrienol 함량은 25.06mg/100g으로서 α-T₃ 0.22, β-T₃ 18.50, γ-T₃ 6.35로 그 중 β-T₃가 높게 함유되어 있었던 반면 δ-T₃는 검출되지 않았다. tocopherol은 16.74

Table 4. Contents (mg/100g DW) of tocotrienol, tocopherol and vitamin E in corn seeds.

Variety	Tocotrienol					Tocopherol					Vit. E
	T ₃ [†]	α	β	γ	δ	T [‡]	α	β	γ	δ	
Dumechal	4.75 a*	0.54	nd [§]	4.11	0.10	10.48 ab	0.65	0.09	9.58	0.16	15.23 a
Heugjeomchal	2.84 b	0.47	nd	2.31	0.06	11.01 a	0.74	0.08	10.01	0.18	13.85 ab
Suweon 19	2.51 b	0.72	nd	1.75	0.04	4.20 d	0.56	0.04	3.56	0.05	6.72 d
Chalok 2	2.99 b	0.55	nd	2.39	0.05	9.50 b	0.55	0.05	8.79	0.11	12.49 b
Mibaekchal	4.60 a	0.60	nd	3.80	0.20	6.03 c	0.38	0.05	5.51	0.09	10.64 c
Mean	3.54	0.58	nd	2.87	0.09	8.24	0.58	0.06	7.49	0.12	11.79

[†]T₃ : Total tocotrienol, [‡]T : Total tocopherol, [§]nd : Not detected

*The same letter in each column are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 5. Contents (mg/100 g DW) of tocotrienol, tocopherol and vitamin E in some crop seeds.

Crop	Tocotrienol					Tocopherol					Vit. E
	T ₃ [†]	α	β	γ	δ	T [‡]	α	β	γ	δ	
Kidneybean	nd [§] b*	nd	nd	nd	nd	5.27 f	0.11	0.04	5.03	0.09	5.27 f
Evening-promise	nd b	nd	nd	nd	nd	10.07 e	3.06	0.19	6.66	0.16	10.07 e
Sunflower	nd b	nd	nd	nd	nd	20.88 c	19.37	1.05	0.44	0.02	20.88 c
Perilla	nd b	nd	nd	nd	nd	40.90 b	1.03	0.40	38.90	0.57	40.90 b
Safflower	0.12 b	nd	nd	0.12	nd	14.61 d	13.82	0.42	0.35	0.02	14.73 d
Adlay	2.58 b	0.17	nd	2.11	0.30	3.66 f	0.09	0.03	3.32	0.22	6.24 f
Iris	3.04 b	2.48	0.06	0.50	nd	51.82 a	43.81	0.89	7.12	0.00	54.86 a
Purple perilla	25.06 a	0.22	18.50	6.35	nd	16.74 cd	1.24	1.30	13.88	0.32	41.80 b

[†]T₃ : Total tocotrienol, [‡]T : Total tocopherol, [§]nd : Not detected

*The same letter in each column are not significantly different at the 5% level by DMRT

mg/100g으로 그 중 γ-T가 13.88로 대부분이었으며, vitamin E는 41.80mg/100g으로 비교적 높은 편이었다. 차조기와 들깨는 vitamin E함량은 비슷하였으나 차조기에는 들깨에 없었던 tocotrienol이 높게 함유되어 있었고, 차조기는 Park *et al.* (2003)이 보고한 미강 보다 tocotrienol 함량은 다소 낮았지만 미강에서 낮았던 β-T₃가 높은 특성이 있었다.

적 요

우리나라에서 재배되고 있는 콩 강낭콩 보리 옥수수 울무 들깨 차조기 홍화 해바라기를 비롯하여 달맞이꽃 타래붓꽃의 종실에 함유 되어 있는 tocotrienol(T₃), tocopherol(T)과 vitamin E 함량을 탐색 하였던 바 그 결과는 다음과 같다.

1. 종실 100g에 함유되어 있는 tocotrienol 함량은 차조기 25.06mg, 보리 4.50mg, 옥수수 3.54mg, 타래붓꽃 3.04mg, 울무 2.58mg, 홍화 0.12mg이었다.

2. tocotrienol이 전혀 검출되지 않은 작물은 콩 강낭콩 달맞이꽃 해바라기 들깨이었고, tocotrienol의 4가지 동족체 중 울무와 옥수수는 β-T₃, 타래붓꽃과 차조기는 δ-T₃, 홍화는 α-, β-, δ-T₃가 검출되지 않았다.

3. 종실 100g에 함유되어 있는 tocopherol 함량은 타래붓꽃 51.82mg, 들깨 40.90mg, 콩 34.11mg, 해바라기 20.88mg 순으로 높았으며, 탐색한 작물 모두 4가지 동족체를 함유하였다.

4. vitamin E 함량은 타래붓꽃 54.86, 차조기 41.80, 들깨 40.90, 콩 34.11, 해바라기 20.88, 홍화 14.73, 옥수수 11.49, 달맞이꽃 10.07, 보리 7.48, 울무 6.24, 강낭콩 5.27mg/100g이었다.

사 사

이 논문은 2003년도 농림기술관리센터 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

인 용 문 헌

- Bagci, E., L. Bruehl, K. Aitzetmuller, and Y. Altan. 2003. A chemotaxonomic approach to the fatty acid and tocopherol content of *Cannabis sativa* L.(Cannabaceae). *Turkish Journal of Botany* 27 (2) : 141-147.
- Gama, P., S. Casal, B. Oliveira, and M. A. Ferreira. 2000. Development of an HPLC/diode-array/fluorimetric detector method for monitoring tocopherol and tocotrienols in edible oils. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 23(19) : 3011-3022.
- Goffman, F. D. and C. Moellers. 2000. Changes in tocopherol and plastochromanol-8 contents in seeds and oil of oilseed rape (*Brassica napus* L.) during storage as influenced by temperature and air oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(5) : 1605-1609 May.
- Goffman, F. D. and T. Boehme. 2001. Relationship between fatty acid profile and vitamin E content in maize hybrids (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(10) : 4990-4994 October.
- Guthrie, N., K. K. Carroll, and T. Vandenberg. 1999. Effect of palm oil tocotrienol & carotenoids on human breast cancer cells injected into nude mice. *Annual Meeting of the Professional Research Scientists on Experimental Biology* 99, April. 17-21.
- Kim, I. H., C. J. Kim, J. M. You, K. W. Lee, C. T. Kim, S. H. Chung, and B. S. Tae. 2002. Effect of roasting temperature and time on the chemical composition of rice germ oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 79 (5) : 413-418.
- Lloyd, B. J., T. J. Siebenmorgen, and K. W. Beers. 2000. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chemistry* 77(5) : 551-555.
- Park, K. Y., C. S. Kang, Y. C. Cho, Y. S. Lee, Y. H. Lee, and Y. S. Lee. 2003. Genotypic difference in tocopherol and tocotrienol contents of rice bran. *Korean J. Crop Sci.* 48(6) : 469-472.
- Qureshi, A. A., W. A. Salser, R. Parmar, and E. E. Emeson. 2001. Novel tocotrienols of rice bran inhibit atherosclerotic lesions in C57BL/6 ApoE-deficient mice. *Journal of Nutrition* 131(10) : 2606-2618.