Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2017;36(1):7-16. Korean
Published online 2017 March 29. https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.1.04

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

유채꽃 가공유형별 플라보노이드 조성 및 함량 변화

임예훈[1], 천진혁[1], 이기택[2], 홍순택[2], 이영화[3], 김선주[1*]

[1]충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학과, [2]충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과

[3]농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소

Changes in Composition and Content of Flavonoids by Processing Type in Rapeseed (*Brassica napus*) Flowers

Ye-Hoon Lim[1], Jin-Hyuk Chun[1], Ki-Taek Lee[2], Soon-Taek Hong[2], Yong-Hwa Lee[3] and Sun-Ju Kim[1*] ([1]Department of Bio-Environmental Chemistry, Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea, [2]Department of Food Science and Technology, Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea, [3]Bio-Energy Crop Center, National Institute of Food Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea)

Received: 17 Feruary 2017/ Revised: 20 March 2017/ Accepted: 22 March 2017

ORCID
Ye-Hoon Lim
http://orcid.org/0000-0001-8774-7171
Sun-Ju Kim
http://orcid.org/0000-0003-4872-9637

Abstract

BACKGROUND: Increased value added by rapeseed (*Brassica napus*) by-product and the development of a usable rapeseed functional tea.
METHODS AND RESULTS: To develop a usable rapeseed functional tea, the total flavonoid content in the varieties Youngsan, Tammi, Tamra, Naehan, Hanra, Mokpo No. 68, and Mokpo No. 111 was investigated. Effect of three treatments, i.e., drying, leaching, and roasting, on flavonoid contents or flower was tested using multiple processing methods per treatment. Total flavonoid content decreased under the various drying methods, confirming that flavonoid content is heat-dependent. This finding was more pronounced for freezing and oven-drying (15.3 and 13.8 mg/g DW, respectively), with a 10% difference in the total flavonoid content between the two methods. Under leaching conditions, the flavonoid content decreased with increasing treatment time. Notably, roasting methods did not result in loss of flavonoid content. The total flavonoid content in the rapeseed varieties decreased in the following order: Youngsan, Tammi, Tamra, Naehan, Hanra, Mokpo No. 68, and Mokpo No. 111.
CONCLUSION: The flavonoid content in rapeseed flower was higher in Youngsan than in the other varieties, under processing conditions such as freeze-drying, leaching at 90℃ for 5 min, and roasting.

Key words: Flavonoids, HPLC, Rapeseed Flower Tea, UPLC-Q-TOF/MS

*Corresponding author: Sun-Ju Kim
Phone: +82-42-821-6738; Fax: +82-42-821-7142;
E-mail: kimsunju@cnu.ac.kr

서 론

유채(*Brassica napus* L.)는 스칸디나비아반도부터 시베리아, 코카커스 지역이 원산지로, 배추과(Brassicaceae) 채소에 속한다(Downey, 1983). 유채는 BC 2300년경부터 기름 생산을 목적으로 재배되었으며, 우리나라에는 중국 명나라 시대에 들어와 1960년대부터 대량 재배되기 시작하였다(Prakash, 1980; Jung *et al.*, 2007). 유채에는 쓴맛을 내는 글루코시놀레이트를 비롯하여, 토코페롤, 피토스테롤, 폴리페놀 같은 항산화물질, 불포화 지방산인 올레산등 여러 기능성 성분을 함유하고 있다(Lee *et al.*, 2014). 특히 유채는 약 지

방 40%와 단백질 25～35%을 함유하고 있는 세계 5대 유지 자원 작물(대두, 낙화생, 면실, 유채, 해바라기)로써, 유채 종실에서 얻은 기름은 대부분 바이오디젤의 원료, 식용유 등으로 사용되고 있다(Kim *et al.*, 1988; Lee *et al.*, 1994). 유채는 재배 시 기계화가 용이하고, 동계작물로써 타 식량작물과 경합을 피할 수 있는 장점을 가지고 있다(Kim, 2009; Trethewey, 2012). 따라서 최근 유채가 대체 에너지용 원료와 휴경지의 효율적 이용이라는 측면에서 각광받고 있는 추세이다(Kim *et al.*, 2007). 한편 유채 종실에서 채유 후 부산물로 얻은 유채박은 주로 농업 비료 및 사료 단백질 원으로 사용되고 있다(Roger and Frank, 1980; Danielsen *et al.*, 1994). 그러나 유채에서 현재까지 이용 및 연구 되고 있는 부분은 대부분 주로 유채 종실에 국한되어 있으며, 부산물 대부분은 폐기처분되고 있다(Yang *et al.*, 2014).

현재까지 국내에서 수행된 유채 내 플라보노이드 성분 연구는 유채꿀의 플라보노이드 함량에 따른 항산화활성연구(Kim *et al.*, 2010), LED 광원 처리에 따른 유채 새싹 내 플라보노이드 함량 연구(Cho *et al.*, 2008), 미숙, 완숙한 유채종자의 플라보노이드 함량 조사(Lee *et al.*, 2010) 등이 있다. 그리고 해외 연구로는 유채박의 항산화작용과 플라보노이드와의 관계 연구(Amarowicz, 2000), 유채유 내 플라보노이드 함량 조사(Mariassyova *et al.*, 2006) 등이 있다. 유채 종자 내 플라보노이드 성분 계열로는 isorhamnetin계열, quercetin계열, kaempferol계열이 보고(Shao *et al.*, 2014)되었다.

차(茶)는 커피, 코코아, 홍차와 함께 전 세계적으로 소비되고 있는 대중적인 비알콜성 음료이다(Jo *et al.*, 2006). 차는 식물의 열매나 뿌리, 줄기, 잎 등을 적절하게 가공 처리함으로써 고유의 맛, 향기, 기능을 나타낸다. 식물의 꽃으로 차를 우려낸 꽃차는 정확한 유래는 찾을 수 없으나, 중국 당나라 시대를 최초로 우리나라에서는 고려시대 때 처음 등장한 것으로 보고 있다(Jae, 2008). 주로 매화, 장미, 국화, 귤꽃 등의 꽃을 자연 풍건시켜 사용하며, 국내 꽃차 시장 규모는 연간 500억 원 정도이다(Jo *et al.*, 2002). 최근 발전된 각종 분석법으로 차 성분의 분리 및 생화학적 변화 등에 관한 많은 연구가 진행되어 약효 및 생리효과가 밝혀지고 있으며, 그중 특히 폴리페놀 화합물과 항산화 활성이 주목받고 있다(Rice-Evans, 1999). 차 제품은 재료의 선택, 건조 및 덖음처리 등의 공정을 거치며, 차의 기능성은 이러한 차를 만드는 과정에 따라 영향을 받는다. 최근 서구화된 식습관에 따라 세계적으로 성인병 발병률이 증가하고 있으며, 차 제품의 성인병에 대한 생리활성이 발견됨에 따라 그 가치가 재인식 되고 소비자들의 관심이 증가하고 있다.

플라보노이드는 자연계에 매우 널리 분포하는 식물 색소 성분으로, 약 8,000종 가량이 보고된 2차 대사산물이다(Harborne and Williams, 2000). 폴리페놀계 화합물의 일종인 플라보노이드는 플라본(flavone)의 C6-C3-C6을 기본 골격(Fig. 1)으로 하며, 노란색 또는 담황색을 나타내는 색소 성분이다(Hetog *et al.*, 1993; Zeng *et al.*, 1997). 플라보노이드는 식물체에서 광합성을 통해 생성된 phenylpropanoid

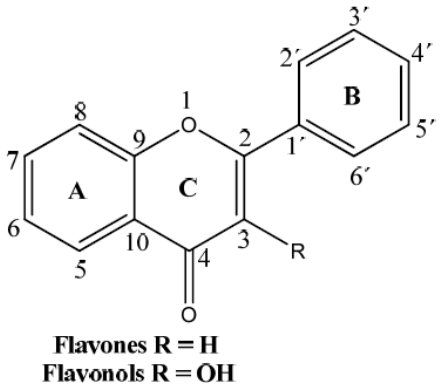

Fig. 1. Basic chemical structure of flavonoids.

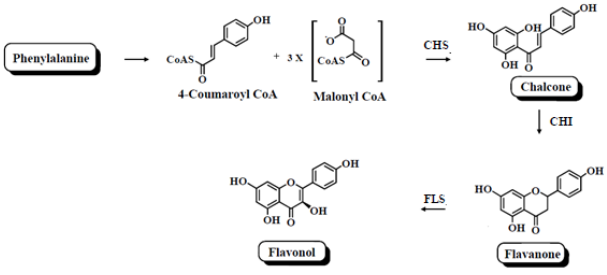

Fig. 2. The proposed flavonoid biosynthesis pathway. CHS, chalcone synthase; CHI, Chalcone isomerase; FLS, Flavone synthase.

(C6-C-C-C)가 복잡한 생화학 합성경로를 거쳐 생성되며(Fig. 2), 자외선 차단, 병원체 방어 등 다양한 식물체 보호 기능을 한다(Zhao and Dixon, 2010). 플라보노이드는 인체 내에서 여러 생리활성을 가지며 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하 작용, 면역증강 작용, 모세혈관 강화작용 등이 보고된 바 있다(Kawaguchi *et al.*, 1997; Cha *et al.*, 1999a). 특히 플라보노이드 내부의 다수의 히드록실기(-OH)는 여러 화합물과 쉽게 결합하는 특성을 가지고 있어 강한 항산화효과를 나타낸다(Lu and Foo, 2000; Cha *et al.*, 1999b).

최근 농업 부산물의 이용가치를 높이고자하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 현재까지 유채에 대한 연구는 유채 종자에 집중되었으며, 차에 대한 연구소재 또한 차나무(*Camellia sinenis*)잎에 국한되어왔다. 한편 유채꽃과 유채꽃차에 대한 연구 결과는 거의 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 유채 부산물의 이용가치 증가를 목적으로, 플라보노이드 고 함유 유채꽃차를 개발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시약

HPLC-glade methanol (CH_3OH)과 ethanol (C_2H_5OH)은 Fisher Scientific Korea Ltd. (Seoul, Korea)것을 사용

하였다. Phosphoric acid (H_3PO)는 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan) 것을 사용하였다. Formic acid (HCOOH)는 SAMCHUN Pure Chemical (Pyeongtaek, Korea)것을 사용하였다. Acetic-acid (CH_3COOH)는 Junsei Chemical Co., Ltd. (Tokyo, Japan)의 것을 사용했다. 플라보노이드 표준물질 kaempferol은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan)에서, quercetin은 Exrasynthese (Genay, France)에서, isorhamnetin은 Biopurify Phytochemicals Ltd (Chengdu, Sichuan, China)에서 구입하였다.

재료 및 품종 선별

2014년 4월 18일 바이오에너지작물센터(농촌진흥청 국립식량과학원, 무안)에서 '내한', '목포 68호', '목포 111호', '영산', '탐라', '탐미', '한라' 7품종의 유채꽃을 수확하였다. 수확한 7품종의 유채꽃은 자연 풍건한 후 플라보노이드 함량을 분석하였다. 이후 실험은 플라보노이드 함량이 가장 높은 '영산' 품종으로 진행하였다.

[실험 I] 유채꽃 건조

자연 풍건한 유채꽃을 끓는 1% 소금물(w/v)에 약 1~2초 정도 담가 불순물 제거 및 소독을 하였다. 이후 소독한 유채꽃을 자연건조(실험실 내, 온실 내 자연건조), 열풍 건조(40℃, 60℃ oven dry), 동결 건조 총 5가지 건조방법으로 건조를 진행하였다.

[실험 II] 차 침출

유채꽃 1 g을 3가지 침출 온도(70, 80, 90℃) 및 시간(1, 3, 5분)으로 침출하여 유채꽃차 100 mL를 얻었다(1 g/100 mL). 유채꽃차 시료는 여과한 후 밀폐된 용기에 넣어 초저온 냉동고(SFDSF 12, Samwon frezing engineering Co., Busan, Korea)에 보관하였다.

[실험 III] 덖음 처리

유채꽃을 hot plate에서 130℃로 5분간 덖음 처리하였다. 유채꽃 덖음 시료 1 g을 70℃에서 3분간 침출시킨 다음 여과하여 덖음 차 100 mL를 우려냈다. 덖음 차 시료는 밀폐된 용기에 넣어 초저온 냉동고(SFDSF 12, Samwon frezing engineering Co., Busan, Korea)에 보관하였다.

플라보노이드 추출

플라보노이드 추출은 유채꽃, 유채꽃 침출물에 따라 각각 다른 추출방법을 사용하였다(modified from Perez-Gregorio *et al.*, 2010).

유채꽃 내 플라보노이드 추출

유채꽃은 2.0 mL eppendorf tube에 분말시료(10 mg)를 칭량하여 10% phosphoric acid를 함유한 MeOH(1.0 mL)를 넣었다. 이후 진동혼합 한 후 37℃ 에서 3시간 정치하였다. 그리고 원심 분리(12,000 rpm, 10 min, 4℃) 한 후 상등액을 수거하여 0.45 μm PTFE hydrophilic syringe filter (직경 13 mm)로 여과한 후, HPLC용 vial에 보관하였다.

유채꽃 침출물 내 플라보노이드 추출

유채꽃 침출물을 농축 플라스크에 침출물 시료(50 mL)를 담아 45℃에서 감압농축 시켰다. 이후 추출 용매(5% formic acid, v/v) 2.0 mL 에 다시 용해시킨 다음 0.45 μm PTFE hydrophilic syringe filter(직경 13 mm)로 여과하여 HPLC용 vial에 보관하였다.

HPLC 분석

플라보노이드의 분석은 1200 series HPLC system (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. 분석 칼럼은 Capcell PAK C18 (4.6×250 mm, particle size 5 μm) (GL Science, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 칼럼 온도는 40℃, 검출 파장(detection wavelength)은 350 nm, 유량(flow rate)은 1.0 mL/min로 설정하였다. 시료는 자동주입기(automatic injector)를 사용하여 10.0 μL 주입하였다. 이동상 용매로는 A에 methanol: water: acetic acid, 5: 92.5: 2.5 (v/v/v)를 B에 methanol: water: acetic acid, 95: 2.5: 2.5 (v/v/v)를 사용하였다. 용매 구배는 0-27 min, 10-36% B; 27-32 min, 36-60% B; 35-35.1 min, 60-10% B; 35.1-40 min, 10% B 로 설정하였다. 각 플라보노이드 성분은 3종류 외부표준물질인 isorhamnetin, kaempferol, quercetin의 HPLC 피크 면적과 각 성분의 면적을 비교하여 정량화(mg/g DW)하였다.

플라보노이드 Ultraperformance Liquid Chromatography with Q-TOF Mass Spectrometry 분석

Acqutiy Ultra Performance Liquid Chromatographic System (Waters Co., Milford, MA, USA)을 사용하였고, Xevo G2-S Q-TOF Mass Spectrometer (Waters Co.)를 사용하여 positive ion mode ($[M+H]^+$)로 분석하였다. 분석 칼럼은 Kinetex 1.7 μ XB-C18 100A (2.1×150 mm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)을 사용하였다. 칼럼 온도는 30℃, 검출 파장(detection wavelength)은 350 nm, 유량(flow rate)은 0.3 mL/min로 설정하였다. 시료는 자동시료주입기(automatic injector)를 사용하여 10.0 μL 주입하였다. 이동상 용매로는 A에 water: formic acid, 99.5: 0.5 (v/v)를 B에 acetonitrile: formic acid, 99.5: 0.5 (v/v)를 사용하였다. 용매 구배는 0-10 min, 5-10% B; 10-25 min, 10-25% B; 25-30분, 25-50% B; 30-35 min, 50-90% B; 35-37 min, 90% B; 37-40 min, 90-5% B; 40-45 min, 5% B 로 설정하였다. 모세관압력(capillary voltage)은 3.5 kV, 콘가스(cone gas)는 50 L/h로 설정하였고, 커튼가스(curtain gas)는 N2로 1050 L/h, 탈용매화 온도(desolvation temperature)는 500℃, 시료 온도(source temperature)는 120℃, 스캔 범위(scan spectra)는 m/z 200-1,600로 설정하였고, 스캔시간(scan time)은 1.0s로 하였다.

Table 1. Flavonoids identified from the flowers of rapeseed

No.[a]	RT[b]	Flavonoids	Molecular weight	$[M+H]^+$ (m/z)	Fragment ion	Reference[d]
1	7.72	Quercetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	788	789	301. 465, 627	(1), (2)
2	8.64	Kaempferol-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	772	773	287, 479, 611	(1)
3	9.05	Kaempferol-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	772	773	287, 479, 611	(1), (2)
4	10.01	Isorhamnetin-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	802	803	287, 479, 611	(1)
5	10.34	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	802	803	287, 479, 611	(1)
6	11.28	Quercetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	626	627	303, 465	(1)
7	11.91	Quercetin-3-*O*-sinapoyl-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	994	995	303, 465, 627, 789	(1), (2)
8	13.53	Kaempferol-3-*O*-glucoside-7-*O*-D-glucoside	610	611	287, 449	(1), (2), (3)
9	14.23	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	640	641	317, 479	(1), (2)
10	14.54	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside-7-*O*-D-glucoside	802	803	317, 469, 641	(1)
11	15.63	Quercetin-3-*O*-sophoroside	626	627	303, 465	(1), (2), (3)
12	16.73	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside	640	641	317, 479	(1)
13	17.37	Kaempferol-3-*O*-sophoroside	610	611	287	(1), (2), (3)
14	17.77	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside	640	641	317, 479	(1)
15	18.91	Quercetin-3-*O*-D-glucoside	464	465	303	(1)
16	20.48	Quercetin-3-*O*-disnapoyl-triglucoside-7-*O*-D-glucoside	1362	1363	303, 465, 627, 833, 995, 1157	(1)
17	20.85	Kaempferol-7-*O*-D-glucoside[c]	448	449	287	(1)
18	21.02	Kaempferol-3-*O*-D-glucoside	448	449	287	(1), (2), (3)
19	21.61	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside	478	479	317	(1), (2), (3)

[a]No., the elution order of flavonoids from HPLC chromatograms (Fig. 3), [b]Retention time (min),
[c]Sufficient information was not available to identify the particular function group,
[d]References : (1), Schmidt *et al.* (2010); (2), Shao *et al.* (2014); (3), Romani *et al.* (2006).

통계분석

HPLC 분석 결과는 Microsoft Office Excel (2010)을 이용하여 각 성분에 대한 함량의 평균값과 반복(n=3)의 표준편차(SD, standard deviation)를 구하였다. 통계처리 프로그램은 IBM SPSS Statistics® Version 21을 사용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다(n=3). 유의수준(P)은 0.05 이하로 설정하였고, 사후분석(post-hoc analysis)은 Tukey 방법으로 검정하였다.

결과 및 고찰

유채꽃 내 플라보노이드 분리 및 동정

HPLC 및 UPLC-Q-TOF/MS 분석을 통하여 유채꽃 내에서 19종류의 플라보노이드(Table 1 and Fig. 3)를 분리 및 동정하였다. 플라보노이드 성분은 isorhamnetin 계열 7종류, quercetin 계열 6종류, kaempferol 계열 6종류로 나타났다. 분자량이 동일한 성분들은 용출 순서에 따라 참고 문헌(Schmidt *et al.*, 2010; Shao *et al.*, 2014; Romani *et al.*, 2006)의 자료와 비교하여 동정하였다.

품종별 플라보노이드 함량

7가지 품종의 유채꽃('내한', '목포 68호', '목포 111호', '영산', '탐라', '탐미', '한라') 내 플라보노이드 함량을 조사하였다(Table 2). 각각 '목포 111호'에서 quercetin-3-*O*-sinapoyl-sophoroside-7-*O*-D-glucoside이, '내한', '탐라', '목포 111

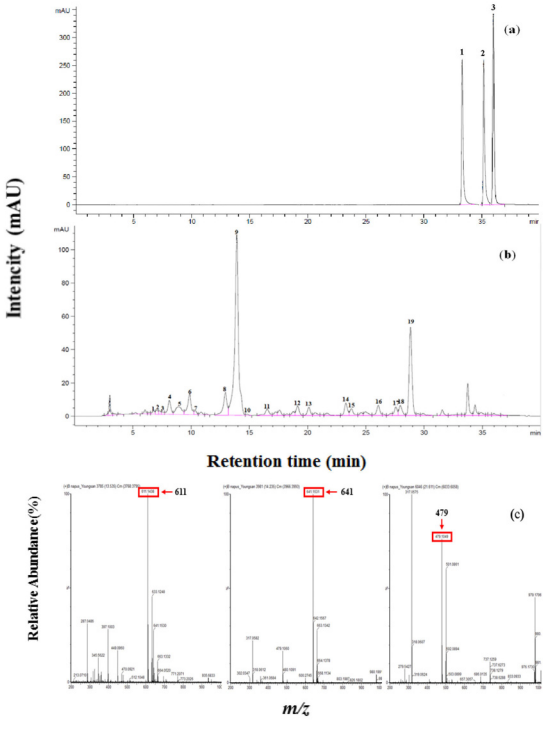

Fig. 3. HPLC chromatogram of flavonoids with a wavelength of 350 nm. (a), three flavonoid standards. Peak 1, quercetin; 2, kaempferol; 3, isorhamnetin. (b), separated from in the flowers of rapeseed ('Youngsan'). (c), Peak Number 8, 9 and 19 flavonoid MS spectra ($[M+H]^+$). Peak numbers refer to the flavonoids listed in Table 1.

Table 2. Flavonoid contents (mg/g DW) in seven varieties of rapeseed flowers (*n*=3)

No.[a]	Flavonoids	Cultivars							Average ofsum (%)
		Hanra	Mokpo no.68	Mokpo no.111	Naehan	Tammi	Tamra	Young san	
1	Quercetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.07±0.04ab[c]	0.02±0.00bc	0.01±0.01c	0.03±0.00bc	0.03±0.00bc	0.05±0.01abc	0.10±0.01a	0.04 (0)
2	Kaempferol-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	0.15±0.01ab	0.10±0.01b	0.07±0.02b	0.12±0.00b	0.10±0.01b	0.09±0.03b	0.26±0.10a	0.13 (1)
3	Kaempferol-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.22±0.02a	0.16±0.01ab	0.08±0.04bc	0.13±0.03abc	0.15±0.03abc	0.06±0.01c	0.22±0.06a	0.15 (1)
4	Isorhamnetin-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	0.25±0.01bc	0.26±0.02bc	0.19±0.02c	0.33±0.01b	0.28±0.01bc	0.32±0.05b	0.58±0.09a	0.31 (2)
5	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.29±0.01b	0.22±0.03bc	0.13±0.01c	0.23±0.02bc	0.25±0.02b	0.21±0.04bc	0.63±0.09a	0.28 (2)
6	Quercetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	0.37±0.02d	0.83±0.11ab	0.44±0.02d	0.64±0.05c	0.66±0.02bc	1.00±0.09a	0.89±0.09a	0.69 (5)
7	Quercetin-3-*O*-sinapoyl-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.08±0.01b	0.03±0.00c	ND[b]	0.03±0.00c	0.02±0.00cd	0.01±0.01cd	0.12±0.02a	0.04 (0)
8	Kaempferol-3-*O*-glucoside-7-*O*-D-glucoside	1.35±0.03b	1.75±0.19a	0.65±0.03c	0.81±0.04c	1.12±0.02b	1.34±0.15b	1.96±0.11a	1.28 (9)
9	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	4.43±0.02c	6.36±0.71b	4.69±0.13c	6.95±0.61ab	6.75±0.15b	6.70±0.67b	8.02±0.06a	6.27 (42)
10	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside-7-*O*-D-glucoside	0.02±0.00b	0.01±0.01bc	ND	ND	0.02±0.00b	ND	0.05±0.02a	0.02 (0)
11	Quercetin-3-*O*-sophoroside	0.33±0.00a	0.12±0.01d	0.14±0.00d	0.21±0.00c	0.19±0.00c	0.10±0.01e	0.28±0.02b	0.20 (1)
12	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside	0.30±0.01b	0.17±0.01e	0.23±0.01cd	0.26±0.01c	0.23±0.00c	0.20±0.02de	0.36±0.02a	0.25 (2)
13	Kaempferol-3-*O*-sophoroside	1.06±0.04a	0.40±0.01e	0.30±0.01f	0.69±0.03b	0.54±0.02cd	0.49±0.03d	0.57±0.02c	0.58 (4)
14	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside	0.36±0.01c	0.38±0.05c	0.51±0.02b	0.49±0.01b	0.53±0.02b	0.71±0.08a	0.46±0.02bc	0.49 (3)
15	Quercetin-3-*O*-D-glucoside	0.10±0.00ab	0.13±0.00ab	0.05±0.01b	0.07±0.00b	0.10±0.02b	0.09±0.02b	0.20±0.09a	0.11 (1)
16	Quercetin-3-*O*-disnapoyl-triglucoside-7-*O*-D-glucoside	0.28±0.01b	0.08±0.03e	0.09±0.01e	0.25±0.1bc	0.20±0.01d	0.23±0.00cd	0.39±0.02a	0.22 (1)
17	Kaempferol-7-*O*-D-glucoside	0.28±0.05b	0.09±0.00c	0.11±0.05c	0.58±0.04a	0.36±0.01b	0.38±0.05b	0.56±0.1a	0.34 (2)
18	Kaempferol-3-*O*-D-glucoside	1.10±0.07a	0.50±0.05c	0.47±0.03c	0.32±0.01d	0.54±0.02c	0.54±0.06c	0.76±0.01b	0.60 (4)
19	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside	2.57±0.08c	1.68±0.22d	3.32±0.15ab	3.20±0.13ab	3.56±0.05a	3.02±0.33bc	3.02±0.02bc	2.91 (19)
	Total	13.62±0.25bc	13.30±1.41bc	11.48±0.43d	15.33±0.90b	15.65±0.36b	15.53±1.37b	19.41±0.60a	14.90

[a]No., the elution order of flavonoids, [b]ND, not detected, [c]Within each column, values follow by the same letters are not significantly different at $P<0.05$, using Tukey's multiple-range test (n=3).

Table 3. Flavonoid group contents (mg/g DW) in seven varieties of rapeseed flowers (*n*=3) (recalculated from Table 2.)

Flavonoid group	Cultivars							Average of sum (%)
	Hanra	Mokpo no.68	Mokpo no.111	Naehan	Tammi	Tamra	Young san	
Isorhamnetin	8.23	9.08	9.07	11.45	11.64	11.16	13.12	10.53 (70)
Quercetin	1.23	1.22	0.73	1.23	1.19	1.48	1.97	1.30 (9)
Kaempferol	4.16	3.00	1.68	2.65	2.82	2.90	4.32	3.08 (21)
Total	13.62	13.30	11.48	15.33	15.65	15.53	19.41	14.90

호',에서 isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside-7-*O*-D-glucoside이 검출되지 않았다. 총 플라보노이드의 함량은 '영산'(19.4)>'탐미'(15.7)>'탐라'(15.5)>'내한'(15.3)>'한라'(13.6)>'목포 68호'(13.3)>'목포 111호'(11.5 mg/g DW) 순으로 나타나 '영산'품종에서 가장 높았다. 모든 품종에서 총 플라보노이드 함량 대비 각 성분별 비율은 isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside (42), isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside (19), kaempferol-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside (9%) 순으로 높았고, 각 성분 함량을 계열별로 합쳐 정리한 결과(Table 3.), isorhamnetin 계열(10.5), kaempferol 계열(3.1), quercetin 계열(1.3 mg/g DW) 순으로 isorhamnetin 계열이 가장 높았다. Isorhamnetin은 quercetin의 3'-*O*-methylated metabolite로서 항산화, 항증식, 항염, 항암, 항혈관형성 등 여러 효능을 지니고 있다(Won *et al.*, 2016). 따라서 유채꽃 소재로부터 isorhamnetin의 기능적 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

7품종 유채꽃 내 주요 플라보노이드 성분의 함량범위는 각각 isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside이 4.4~8.0, isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside이 1.7~3.6, kaempferol-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside이 0.7~2.0 mg/g DW으로 나타났다. 특히 7품종 중 '영산' 품종 내 isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside, kaempferol-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside의 함량이 가장 높았다. Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside함량이 가장 높은 품종은 '탐미'였으며, 특이하게 '목포 68호'는 나머지 6품종들과는 달리 isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside (1.7)보다 kaempferol-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside (1.8 mg/g DW)의 함량이 높게 나타났다.

건조조건별 플라보노이드 함량

소독한 후 5가지 건조방법에 따라 건조한 '영산' 유채꽃 내 총 flavonoid 함량은 동결건조시료에서 15.3 mg/g DW으로 가장 높았으며 이어 40℃ 열풍건조(14.9)>실내건조(14.4)>온실건조(13.9)>60℃ 열풍건조(13.8 mg/g DW)순으로 나타났다(Table 4). 앞의 품종 선별 실험에서 소독하지 않은 풍건 유채꽃('영산')의 플라보노이드 함량은 19.4 mg/g

Table 4. Flavonoid contents (mg/g DW) in rapeseed flowers with dry conditions (*n*=3)

No.[a)]	Flavonoids	40℃ Oven dry	60℃ Oven dry	Lab dry	Green house dry	Freeze dry
1	Quercetin-3-*O*sophoroside-7-*O*D-glucoside	0.08±0.01a[c)]	0.06±0.00b	0.08±0.01a	0.07±0.00ab	0.08±0.01ab
2	Kaempferol-3,7,4'-*O*D-triglucoside	0.17±0.02bc	0.16±0.00c	0.19±0.01ab	0.15±0.01c	0.20±0.01a
3	Kaempferol-3-*O*sophoroside-7-*O*D-glucoside	0.20±0.01a	0.15±0.00bc	0.18±0.02ab	0.14±0.01c	0.21±0.01±
4	Isorhamnetin-3,7,4'-*O*D-triglucoside	0.41±0.01b	0.35±0.00c	0.42±0.02ab	0.37±0.02c	0.45±0.01a
5	Isorhamnetin-3-*O*sophoroside-7-*O*D-glucoside	0.44±0.01ab	0.38±0.00c	0.42±0.02b	0.37±0.01c	0.47±0.01a
6	Quercetin-3-*O*D-glucoside-7-*O*D-glucoside	0.61±0.01b	0.50±0.01d	0.54±0.01c	0.48±0.01d	0.66±0.01a
7	Quercetin-3-*O*sinapoyl-sophoroside-7-*O*D-glucoside	0.10±0.00a	0.08±0.00b	0.08±0.00b	0.08±0.00b	0.09±0.00a
8	Kaempferol-3-*O*glucoside-7-*O*D-glucoside	1.40±0.01a	1.19±0.01c	1.30±0.01b	1.14±0.03c	1.48±0.06a
9	Isorhamnetin-3-*O*D-glucoside-7-*O*D-glucoside	6.09±0.09b	5.68±0.06c	5.91±0.12bc	5.77±0.17bc	6.50±0.14a
10	Isorhamnetin-3-*O*gentiobioside-7-*O*D-glucoside	TR[b)]	TR	TR	TR	TR
11	Quercetin-3-*O*sophoroside	0.18±0.00a	0.18±0.01a	0.17±0.00a	0.17±0.01a	0.18±0.00a
12	Isorhamnetin-3-*O*gentiobioside	0.29±0.01ab	0.28±0.00b	0.31±0.01a	0.30±0.01ab	0.29±0.01ab
13	Kaempferol-3-*O*sophoroside	0.38±0.01b	0.36±0.00bc	0.35±0.00c	0.38±0.01b	0.42±0.01a
14	Isorhamnetin-3-*O*sophoroside	0.36±0.01a	0.36±0.01a	0.37±0.01a	0.37±0.01a	0.35±0.02a
15	Quercetin-3-*O*D-glucoside	0.15±0.01a	0.10±0.01bc	0.12±0.01b	0.09±0.00c	0.17±0.01a
16	Quercetin-3-*O*disnapoyl-triglucoside-7-*O*D-glucoside	0.29±0.01a	0.21±0.01b	0.20±0.01b	0.16±0.01c	0.32±0.01a
17	Kaempferol-7-*O*D-glucoside	0.45±0.01a	0.31±0.01b	0.30±0.02b	0.30±0.01b	0.46±0.01a
18	Kaempferol-3-*O*D-glucoside	0.63±0.02a	0.65±0.02a	0.68±0.02a	0.67±0.02a	0.55±0.03b
19	Isorhamnetin-3-*O*D-glucoside	2.63±0.11bc	2.74±0.03ab	2.80±0.08ab	2.93±0.11a	2.41±0.10c
	Total	14.86±0.34ab	13.75±0.13c	14.42±0.26bc	13.94±0.35c	15.28±0.36a

[a)]No., the elution order of flavonoids, [b)]TR, trace, [c)]Within each column, values follow by the same letters are not significantly different at $P<0.05$, using Tukey's multiple-range test (n=3).

DW 으로 나타났다. 따라서 소금물에 침출시키는 불순물 제거 및 소독과정이 유채꽃 내 플라보노이드 함량을 감소시키는 것으로 보여진다.

열처리는 페놀계 유도체의 가용화를 용이하게 함으로써 플라보노이드 함량을 증대시킨다(Kim *et al.*, 2011). 열풍건조된 방아풀(*Isodon japonicus*)의 총 플라보노이드 함량은 동결건조 시료보다 약 1.6배 높았으며(Kim *et al.*, 2009), 잣솔잎 또한 동결건조에 비해 열풍건조 시료가 약 1.2배 높았다(Chung *et al.*, 2013). 본 실험에서는 40℃ 열풍건조(14.9)에 비해 동결건조 시료(15.3 mg/g DW)에서 플라보노이드 함량이 높게 나타나 이전 실험들과 차이를 보였다.

본 실험에서 자연건조와 열풍건조에 따른 플라보노이드 함량을 비교하였을 때 자연건조 그룹(실내, 온실)의 플라보노이드 함량 평균값은 14.2 mg/g DW 이었으며, 열풍건조 그룹(40, 60℃)은 14.3 mg/g DW 으로 두 그룹 간 함량 차가 거의 없었다. 유채꽃을 자연건조(246.4), 열풍건조(239.0 mg/kg DW) 처리 시 플라보노이드 함량차이가 거의 없었다.

건조조건에 따른 주요 플라보노이드 성분의 함량범위는 각각 isorhamnetin-3-*O*sophoroside-7-*O*D-glucoside이 5.7~6.5, isorhamnetin-3-*O*D-glucoside이 2.4~2.9, kaempferol-3-*O*D-glucoside-7-*O*D-glucoside이 1.1~1.5 mg/g DW으로 나타났다. 특히 총 플라보노이드 함량과 비슷한 경향을 나타낸 isorhamnetin-3-*O*sophoroside-7-*O*D-glucoside, kaempferol-3-*O*D-glucoside-7-*O*D-glucoside과는 달리 isorhamnetin-3-*O*D-glucoside은 온실건조(2.9)>실내건조(2.8)>60℃ 열풍건조(2.7)>40℃ 열풍건조(2.6)>동결건조(2.4 mg/DW)로 나타나 건조조건에 따른 영향을 크게 받지 않는 것으로 사료된다.

침출조건별 플라보노이드 함량

3가지 시간(1, 3, 5분) 및 온도(70, 80, 90℃)로 차를 침출해서 찻물 내 플라보노이드 함량을 조사하였다(Table 5). 유채꽃차 침출물 내 총 플라보노이드 함량 범위는 3.8~13.2 mg/g DW 이었으며, 침출물 내 총 플라보노이드 함량은 90℃/5분(13.2)>80℃/5분(11.5)>90℃/3분(11.0)>80℃/3분(8.8)>70℃/5분(7.4)>90℃/1분(7.0)>70℃/3분(6.3)>80℃/1분(5.5)>70℃/1분(3.8 mg/g DW) 순으로 나타났다.

침출 시간별, 온도별 플라보노이드 함량을 비교해 보았을 때, 침출 시간별 플라보노이드 함량(70, 80, 90℃ 조건에서의 플라보노이드 함량 평균값)은 5분(10.7)>3분(8.7)>1분(5.4 mg/g DW) 순으로 나타났으며, 침출 온도별 플라보노이드 함량(1, 3, 5분 조건에서의 플라보노이드 함량 평균값)은 90℃(10.4)>80℃(8.6)>70℃(5.8 mg/g DW) 순으로 나타났다. 즉 침출시간이 길수록, 침출온도가 높을수록 플라보노이드 함량이 증가하는 경향을 보였다. 녹차의 침출조건(Jang *et al.*, 2006)에 따른 플라보노이드 함량은 실험에 따르면 100℃/4.5분(8.1)>80℃/8.5분(8.0)>90℃/6.5분(7.9)>80℃/4.5분(7.1)>80℃/4.5분(6.9)>70℃/6.5분(6.1)>90℃/2.5분(6.0)>60℃/4.5분(4.4)>70℃/2.5분(2.7)>80℃/0.5분(1.4 mg/g DW)으로 유채꽃차와 비슷한 경향을 보였다.

Table 5. Flavonoid contents (mg/g DW) according to leaching temperature and time in the flower tea of rapeseed (*n*=3)

No.[a]	Flavonoids	70℃			80℃			90℃		
		1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min
1	Quercetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.02±0.00f[b]	0.05±0.00de	0.06±0.01cd	0.04±0.00ef	0.07±0.01c	0.11±0.01b	0.05±0.01de	0.11±0.01b	0.16±0.01a
2	Kaempferol-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	0.09±0.00f	0.16±0.01de	0.19±0.02cd	0.13±0.01e	0.22±0.02c	0.29±0.02b	0.17±0.02de	0.28±0.01b	0.34±0.00a
3	Kaempferol-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.11±0.01e	0.20±0.01d	0.23±0.03d	0.18±0.02d	0.30±0.03c	0.37±0.02ab	0.23±0.02d	0.36±0.00b	0.43±0.01a
4	Isorhamnetin-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	0.14±0.01f	0.26±0.01de	0.30±0.03d	0.23±0.02e	0.37±0.04c	0.50±0.02b	0.29±0.03de	0.48±0.01b	0.58±0.01a
5	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.04±0.00e	0.09±0.00de	0.13±0.02cd	0.08±0.01de	0.13±0.03cd	0.22±0.01ab	0.10±0.01cd	0.17±0.06bc	0.28±0.01a
6	Quercetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	0.12±0.01e	0.24±0.01d	0.29±0.05d	0.22±0.02d	0.39±0.06c	0.53±0.04b	0.30±0.03cd	0.53±0.01b	0.71±0.02a
7	Quercetin-3-*O*-sinapoyl-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.04±0.00f	0.06±0.00cd	0.07±0.01c	0.04±0.00ef	0.07±0.01c	0.11±0.01b	0.05±0.00de	0.10±0.00b	0.13±0.01a
8	Kaempferol-3-*O*-glucoside-7-*O*-D-glucoside	0.31±0.03d	0.61±0.03c	0.69±0.11c	0.59±0.06c	1.00±0.12c	1.25±0.09a	0.79±0.08bc	1.25±0.01a	1.44±0.06a
9	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	0.77±0.04e	1.47±0.05d	1.73±0.26d	1.29±0.14d	2.29±0.30c	3.09±0.22b	1.71±0.18d	3.02±0.07b	3.73±0.04a
10	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside-7-*O*-D-glucoside	0.36±0.02c	0.51±0.01ab	0.54±0.04ab	0.35±0.02c	0.48±0.06d	0.58±0.01a	0.38±0.02c	0.51±0.01ab	0.57±0.01a
11	Quercetin-3-*O*-sophoroside	0.09±0.01f	0.11±0.00de	0.14±0.01cd	0.10±0.01ef	0.15±0.01c	0.19±0.01b	0.13±0.00cd	0.19±0.01b	0.22±0.01a
12	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside	0.07±0.01e	0.12±0.00d	0.16±0.01c	0.10±0.01d	0.17±0.01c	0.23±0.01ab	0.12±0.01d	0.21±0.00b	0.25±0.00a
13	Kaempferol-3-*O*-sophoroside	0.45±0.05d	0.49±0.02cd	0.53±0.03cd	0.46±0.02d	0.58±0.02bc	0.66±0.05ab	0.55±0.02bc	0.65±0.04ab	0.71±0.09a
14	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside	0.10±0.01g	0.18±0.00ef	0.24±0.02cd	0.15±0.01f	0.26±0.02c	0.35±0.01b	0.20±0.02de	0.33±0.01b	0.39±0.01a
15	Quercetin-3-*O*-D-glucoside	0.01±0.00de	0.02±0.00cd	0.03±0.00c	0.00±0.00e	0.03±0.00c	0.07±0.00b	0.02±0.00cd	0.07±0.00b	0.09±0.01a
16	Quercetin-3-*O*-disnapoyl-triglucoside-7-*O*-D-glucoside	0.03±0.01f	0.06±0.01de	0.08±0.01dc	0.05±0.00ef	0.09±0.01c	0.13±0.01ab	0.06±0.01de	0.13±0.00b	0.15±0.01a
17	Kaempferol-7-*O*-D-glucoside	0.13±0.02b	0.18±0.04b	0.11±0.01b	0.20±0.01b	0.15±0.01b	0.32±0.10a	0.09±0.01b	0.33±0.01a	0.39±0.04a
18	Kaempferol-3-*O*-D-glucoside	0.27±0.03e	0.43±0.02cd	0.55±0.04b	0.36±0.02d	0.56±0.03b	0.68±0.03a	0.45±0.04c	0.61±0.02ab	0.66±0.01a
19	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside	0.63±0.08f	1.02±0.06de	1.32±0.14c	0.94±0.07e	1.51±0.14bc	1.79±0.08a	1.25±0.13cd	1.69±0.07ab	1.96±0.02a
	Total	3.79±0.31f	6.29±0.23de	7.38±0.82cd	5.53±0.39e	8.82±0.79c	11.47±0.57b	6.95±0.59de	11.00±0.17b	13.19±0.06a

[a]No., the elution order of flavonoids, [b]Within each column, values follow by the same letters are not significantly different at $P<0.05$, using Tukey's multiple-range test (*n*=3).

Table 6. Flavonoid contents (mg/g DW) in the flower tea of rapeseed roasted at 130℃ for 5 min and leached out at 70℃ for 3 min (*n*=3)

No.[a]	Flavonoids	No roasted	Roasted
1	Quercetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.05±0.00	0.21±0.01
2	Kaempferol-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	0.15±0.01	0.37±0.02
3	Kaempferol-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.20±0.01	0.41±0.02
4	Isorhamnetin-3,7,4'-*O*-D-triglucoside	0.27±0.01	0.54±0.03
5	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.09±0.02	0.27±0.01
6	Quercetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	0.26±0.02	0.59±0.03
7	Quercetin-3-*O*-sinapoyl-sophoroside-7-*O*-D-glucoside	0.06±0.01	0.16±0.01
8	Kaempferol-3-*O*-glucoside-7-*O*-D-glucoside	0.59±0.04	1.30±0.07
9	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside-7-*O*-D-glucoside	1.50±0.11	3.28±0.20
10	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside-7-*O*-D-glucoside	0.45±0.03	0.63±0.02
11	Quercetin-3-*O*-sophoroside	0.11±0.01	0.22±0.01
12	Isorhamnetin-3-*O*-gentiobioside	0.12±0.01	0.25±0.01
13	Kaempferol-3-*O*-sophoroside	0.46±0.03	0.81±0.06
14	Isorhamnetin-3-*O*-sophoroside	0.13±0.01	0.30±0.06
15	Quercetin-3-*O*-D-glucoside	0.02±0.00	0.11±0.01
16	Quercetin-3-*O*-disnapoyl-triglucoside-7-*O*-D-glucoside	0.04±0.00	0.14±0.04
17	Kaempferol-7-*O*-D-glucoside	0.17±0.01	0.68±0.15
18	Kaempferol-3-*O*-D-glucoside	0.34±0.03	0.55±0.03
19	Isorhamnetin-3-*O*-D-glucoside	0.87±0.09	1.44±0.05
	Total	5.89±0.42	12.29±0.34

[a]No., the elution order of flavonoids.

한편 앞의 실험에 따르면, 5가지 침출온도(60, 70, 80, 90, 100℃)와 5가지 침출시간(0.5, 2.5, 4.5, 6.5, 8.5분)에서의 플라보노이드 함량을 조사한 후, 이를 변수로 하여 반응표면분석을 실시한 결과 녹차의 최대 침출 조건은 침출온도 98.48℃ 및 침출시간 6.03분으로 나타났다(Jang *et al.*, 2006). 본 실험에서 조사한 침출 조건은 온도 최대 90℃, 시간 최대 5분에 그쳤으며, 이후 더 높은 온도 및 시간 조건에서의 실험을 통해 유채꽃차의 최대 침출 조건을 좀 더 자세히 규명할 필요가 있다.

덖음 유무별 플라보노이드 함량

소스 팬(냄비)에서 130℃/5분간 덖음 처리한 유채로 덖음차를 우려내어 플라보노이드 함량을 조사하였다(Table 6). 차 제조에 있어서 덖음 처리는 차 자체의 맛, 색깔, 향기 등의 관

능적 요소뿐만 아니라, 화학적 성분 조성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2009; Choi *et al.*, 2007). 특히 덖음 공정은 식물 내부 조직을 파괴하여 식물성분 추출을 용이하게 하며, 이에 따라 덖음 공정한 감국꽃 내 플라보노이드 함량이 5.0 mg/g 에서 9.8 mg/g 으로 약 2배 증가하였다(Yu *et al.*, 2008). 본 실험에서 덖음 처리에 따른 flavonoid 함량은 덖음 차에서 12.3 mg/g DW 으로 나타나 무처리(5.9 mg/g DW)에 비해 약 2.1배 이상 높았다. 따라서 유채꽃을 덖음 처리 하는 것으로 플라보노이드 함량이 더 높은 차 생산이 가능할 것이다.

결 론

유채 꽃의 이용가치를 높이기 위한 기능성 차 개발을 하기 위하여 '5가지 건조조건', '9가지 침출 조건', '덖음 유무'에 따른 유채꽃 내 flavonoid 성분을 조사하였다. 유채꽃 내 플라보노이드는 HPLC 및 UPLC-Q-TOF/MS 분석을 통하여 19종류가 분리 동정되었다. 유채꽃 내 flavonoids는 3가지 계열(isorhamnetin계열 7종류; quercetin계열 6종류; kaempferol계열 6종류)이었으며, 총 플라보노이드 함량 대비 isorhamnetin계열 비율이 가장 높았다. 7가지 품종의 유채 꽃 내 flavonoid 함량은 '영산'(19.4 mg/g DW)이 가장 높았고, 함량 범위는 11.5～19.4 mg/g DW로 나타났다. 5가지 건조조건에 따른 flavonoid 함량은 동결건조(15.3)에서 가장 높았으며, 40℃ 열풍건조(14.9), 실내건조(14.4), 온실건조(13.9), 60℃ 열풍건조(13.8 mg/g DW) 순으로 나타났다. 9가지 침출조건에 따른 flavonoid 함량은 90℃/5분(13.2)>80℃/5분(11.5)>90℃/3분(11.0)>80℃/3분(8.8)>70℃/5분(7.4)>90℃/1분(7.0)>70℃/3분(6.3)>80℃/1분(5.5)>70℃/1분(3.8 mg/g DW) 순으로 나타났으며, 침출온도가 높을수록, 침출시간이 길수록 함량이 높았다. 덖음 처리 유무에 따른 flavonoid 함량은 덖음 처리(12.3)가 무처리(5.9 mg/g DW)에 비해 약 2.1배 높았다. 따라서 분석결과 '영산' 품종, 동결건조, 90℃/5분 침출, 덖음 처리하였을 때 유채꽃차의 플라보노이드 고 함유 기능성 개발에 유용할 것이라 사료된다.

Acknowledgement

This work was supported by IPETs (Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries), Republic of Korea (Grant number 409164-03).

References

Amarowicz, R., Naczk, M., & Shahidi, F. (2000). Antioxidant activity of crude tannins of canola and rapeseed hulls. Journal of the American Oil Chemists' Society, 77(9), 957-961.

Cha, J. Y., Kim, S. Y., Jeong, S. J., & Cho, Y. S. (1999a). Effects of hesperetin and naringenin on lipid concentration in oratic acid treated mice. Korean Journal of Life Science, 9(4), 389-394.

Cha, J. Y., Kim, H. J., Chung, C. H., & Cho, Y. S. (1999b). Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of Cudrania tricuspidata. Korean Journal of Society Food Science Nutrient, 28(6), 1310-1315.

Cho, J. Y., Son, D. M., Kim, J. M., Seo, B. S., Yang, S. Y., Kim, B. W., & Heo, B. G. (2008). Effects of various LEDs on the seed germination, growth and physiological activities of rape(*Brassica napus*) sprout vegetable. Korean Journal of Plant Resources, 21(4), 304-309.

Choi, H. D., Koh, Y. J., Kim, Y. S., Choi, I. W., & Cha, D. S. (2007). Changes in physicochemical and sensory characteristics of dandelion(*Taraxacum officinale*) leaves by roasting treatment. Korean Journal of Food Science and Technology, 39(5), 515-520.

Chung, H. S., Kim, I. H., Kim, S. H., & Lee, J. H. (2013). Antioxidant properties of pinus koraiensis needle powder extracts as influenced by drying methods. Food Engineering Progress, 17(4), 396-400.

Danielsen, V., Eggum, B. O., Jensen, S. K., & Sorensen, H. (1994). Dehulled protein-rich rapeseed meal as a protein source for early weaned piglets. Animal Feed Science and Technology, 46(3-4), 239-250.

Downey, R. K. (1983). The original description of the *Brassica* oilseed crops. in High and Low Erucic Acid Rapeseed Oils by Kramer JKG, Sauer FD and Pigden WJ. pp. 61-83. Academic Press, Canada.

Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry, 55(6), 481-504.

Hetog, M. G., Hollman, P. C., & Van de Putte, B. (1993). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines and fruit juice. Journal of Agriculture Food Chemical, 41(8), 1242-1246.

Jae, S.J. (2008). *Flowering teas and flowering food.* p. 23, Sejong publishing company, Sejong, Korea.

Jang, M. J., Ha, H. J., Yoon, S. R., Noh, J. E., & Kwon, J. H. (2006). Prediction of optimal leaching conditions for green tea. Journal of the Korean Society of Food Science Nutrition, 35(6), 747-753.

Jo, G. S. (2002). Flower tea and aroma tea. Korean Society for People, Plants and Environment, 5(1), 47-58.

Jo, K. H., Pae, Y. R., Yang, E. J., Park, E. J., Ma, S. J., Park, Y. S., Chung, D. O., & Jung, S. T. (2006). Major

constituents and bioactivities of tea products by various manufacturing. Korean Journal of Food Preservation, 13(5), 596-602.

Jung, J. H., Yoon, S. Y., & Hwang, J. H. (2007). Economic analysis by types of income of a rape farmer for biodiesel. Korean Journal of Organic Agriculture, 15(4), 355-376.

Kawaguchi, K., Mizuno, T., Aida, K., & Uchino, K. (1997). Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 61(1), 102-104.

Kim, H. K., Lee, M. Y., Hong, I. P., Choi, Y. S., Kim, N. S., Lee, M. L., & Lee, S. C. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral honey correlation with phenolic and flavonoid contents. Korean Journal of Apiculture, 25(4), 275-282.

Kim, I. S., Kwon, T. B., & Oh, S. K. (1988). Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. Korean Journal of Food Science and Technology, 20(2), 188-193.

Kim, J. W., Lee, S. H., No, H. K., Hong, J. H., Park, C. S., & Youn, K. S. (2013). Effects of pretreatment and drying methods on quality and antioxidant activities of dried jujube (*Zizyphus jujuba*) fruit. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 42(8), 1242-1248

Kim, K. S., Kim, Y. B., Jang, Y. S., & Bang, J. K. (2007). Bioenergy crop production and research trends. Journal of Plant Biotechnology, 34(2), 103-109.

Kim, K.S. (2009). Timely sowing of rapeseed to increase yield. Korean Journal of Agricultural and Technology, 46(6), 20-21.

Kim, Y. M., Choi, M. S., Bae, J. H., Yu, S. O., Cho, J. Y., & Heo, B. G. (2009). Physiological activity of bang-A, aster and lettuce greens by the different drying methods. Journal of Bio-Environment Control, 18(1), 60-66.

Lee, A. Y., Hong, S. T., Jang, Y. S., & Lee, J. H. (2014). Lipid composition of korean rapeseed (*Brassica napus* L.)cultivar and antioxidant capacity of phenolic extract. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 43(12), 1817-1826.

Lee, J. I., Bang, J. K., Park, C. H., & Park, Y. H. (1988). Relationship between weoldongcho and cultivated rapeseed and its introduction to Korea. Korean Journal of Breeding, 20, 231-235.

Lee, S. H., Lee, Y. R., Hwang, I. G., Woo, K. S., Kim, K. H., Kim, K. J., & Jeong, H. S. (2009). Antioxidant activities and quality characteristics of germinated rough rice tea according to roasting temperature, time and leaching condition. Korean Journal of Food Science and Technology, 41(4), 386-391.

Lee, S. Y., Kim, N. R., & Lee, C. H. (2010). Antioxidant activities of extracts obtained from ten plant species. Korean Journal of Horticultural Science & Technology, 28(Special Ⅱ), 148-148.

Lu, Y., & Foo, L. Y. (2000). Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. Food Chemistry, 68(1), 81-85.

Mariassyova, M. (2006). Antioxidant activity of some herbal extracts in rapeseed and sunflower oils. Journal of Food and Nutrition Research, 45(3), 104-109.

Perez-Gregorio, R. M., Garcia-Falcon, M. S., Simal-Gandara, J., Rodrigues, A. S., & Almeida, D.P.F. (2010). Identification and quantification of flavonoids in traditional cultivars of red and white onions at harvest. Journal of Food Composition and Analysis, 23(6), 592-598.

Prakash, S. (1980). Cruciferous oilseeds in india. Brassica crops and wild allies: biology and breeding (eds. Tsunoda, S., Hinata, K., & Gómez-Campo, C.), pp. 151-163. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, Japan.

Rice-Evans, C. (1999). Implications of the mechanisms of action of tea polyphenols as antioxidants in vitro for chemoprevention in humans. Proceedings of the Society for experimental Biology and Medicine, 220(4), 262-266.

Roger Fenwick, G., Frank Curtis, R. (1980). Rapeseed meal and its use in poultry diets. A Review. Animal Feed Science and Technology, 5(4), 255-298.

Romani, A., Vignolini, P., Isolani, L., Ieri, F., & Heimler, D. (2006). HPLC-DAD/MS characterization of flavonids and hydroxycinnamic derivatives in turnip tops (*Brassica rapa* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(4), 1342-1346.

Schmidt, S., Zietz, M., Schreiner, M., Rohn, S., Kroh, L. W., & Krumbein, A. (2010). Identification of complex, naturally occurring flavonoid glycosides in kale (*Brassica oleracea var. sabellica*) by high-performance liquid chromatography diode-array detection/electrospray ionization multi-stage mass spectrometry. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 24(14), 2009-2022.

Shao, Y., Jiang, J., Ran, L., Lu, C., Wei, C., & Wang, Y. (2014). Analysis of flavonoids and hydroxycinnamic acid derivatives in rapeseeds (*Brassica napus L. var. napus*) by HPLC-PDA-ESI (−)-MS n/HRMS. Journal

of Agricultural and Food Chemistry, 62(13), 2935-2945.

Trethewey, J. A. K. (2012). Crop management strategies to improve forage rape seed yield. Agronomy New Zealand, 42(7), 111-117.

Won, B. Y., Shin, K. Y., Ha, H. J., Wee, J. H., Yun, Y. S., Kim, Y. R., Park, Y. J., Jung, K. O., Sung, H. M., & Lee, H. G. (2016). Inhibitory effects of dropwort (*Oenanthe javanica*) extracts on memory impairment and oxidative stress and the qualitative analysis of isorhamnetin in the extracts. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 45(1), 1-11.

Yang, I., Ahn, B. J., Kim, M. Y., Oh, S. C., Ahn, S. H., Choi, I. G., Kim, Y. H., & Han, G. S. (2014). Separation of reducing sugars from rape stalk by acid hydrolysis and fabrication of fuel pellets from its residues. Korean Journal of Plant Resources, 27(1), 60-71.

Yu, J. S., Hwang, I. G., Woo, K. S., Chang, Y. D., Lee, C. H., Jeong, J. H., & Jeong, H. S. (2008). Physicochemical characteristics of *Chrysanthemum indicum* L. flower tea according to different pan-firing times. Korean Journal of Food Science and Technology, 40(3), 297- 302.

Zeng, M., Zheng, H. M., & Zheng, S. Q. (1997). Dynamic study on active compounds from wild pueraria. Academic Journal of Second Military Medical University, 18(2), 150-152.

Zhao, J., & Dixon, R. A. (2010). The 'ins' and 'outs' of flavonoid transport. Trends in plant science, 15(2), 72-80.