

국내 유채 품종별 저온압착유의 품질특성 비교

[†]안다희 · 유경단 · 정재희 · 최지봉 · 조현민 · 김동성 · 차영록*

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구사,
*농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구관

Quality Characteristics of Cold-pressed Rapeseed Oils according to Different Varieties in Republic of Korea

[†]Da-Hee An, Gyeong-Dan Yu, Jae-Hee Jeong, Ji-Bong Choi,
Hyun-Min Cho, Dong-Sung Kim and Young-Lok Cha*

Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

*Senior Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

Abstract

Rapeseed (*Brassica napus* L.) oil is mostly refined oil (RO). However, with increasing interest in health, the consumption of cold-pressed oil (CPO) without chemical refining is increasing in Korea. In this study, quality characteristics of CPO from rapeseed varieties 'Jungmo7001', 'Jungmo7002', 'Jungmo7003', and 'Yuryeo' were evaluated and compared with RO, a commercial product. L-value and a-value were lower while b-value was significantly higher for CPO than those for RO. Analysis of fatty acid compositions of each oil revealed that CPO from 'Yuryeo' contained the highest oleic acid at 74%. Analyses of contents of bioactive compounds in CPOs and RO revealed that contents of tocopherol, β -carotene, and canolol were the highest in CPOs from 'Jungmo7003', 'Jungmo7002', and 'Jungmo7001' at 55.5, 0.3, and 0.2 mg/100 g, respectively. In addition, CPOs contained higher contents of bioactive compounds than RO, suggesting that CPO could provide health benefits. The induction period of CPOs measured using Rancimat were 9~52% longer than that for RO, indicating that CPOs had a higher oxidative stability under given conditions. These results could be used to obtain basic data on quality of domestic rapeseed varieties.

Key words: rapeseed, cold-pressed-oil, quality properties, functionality

서 론

유채(*Brassica napus* L.)는 십자화과에 속하는 작물로 식용 유 생산에 주요한 자원 중 하나이며, 전 세계 식물성 유지 시장에서 유채유는 팜유, 대두유 다음으로 생산량이 많다(FAO 2017). 유채유는 포화지방산이 적고, 올레인산(oleic acid, C18:1) 등의 불포화지방산이 90% 이상으로 많다(An 등 2023). 유채유의 불포화지방산은 총 콜레스테롤과 저밀도-콜레스테롤을 낮춰 심혈관 질환의 위험을 감소시킬 수 있다(Baxheinrich 등 2012). 더불어, 스테롤 및 폴리페놀 등의 다양

한 지용성 미량 성분이 함유되어 있고, 이러한 유용성분은 항산화, 항염 등 생물학적 효능으로 건강상 이점이 높다(Azadmard-Damirchi 등 2010; Chew SC 2020).

국내에서는 재배 목적에 맞는 다양한 유채 품종이 육성되고 있다. '중모7001'은 대조품종인 '한라유채'에 비해 꽃잎이 약 1.6배 크기 때문에 경관용으로 적합하다(Kim 등 2014). 마찬가지로 '중모7002'는 대조품종 대비 개화초기에 꽃이 일시적으로 개화하는 특성을 나타내기 때문에 개화 균일도가 좋다(Kim 등 2015). '중모7003'의 경우, 흰색 꽃이 피며 대조품종보다 꽃과 꽃잎의 크기가 약 1.2배 정도 크기 때문에 경관

[†] Corresponding author: Da-Hee An, Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea. Tel: +82-61-450-0139, Fax: +82-61-453-0085, E-mail: andahee@korea.kr

용으로 재배되고 있다(Kim 등 2016). 경관용 외 식용유 생산용 품종으로 도복 저항성이 높은 품종 ‘유려’가 최근 개발되었다(Jeong 등 2024). 그러나 다양한 유채 품종을 대상으로 수행된 식용유의 품질특성 연구는 부족한 실정이다.

성숙한 유채 종자로부터 식용 유채유를 생산하는 공정은 원료곡 전처리, 원유 추출 및 기름 정제 등 여러 단계를 포함한다(Matthäus B 2012). 정제(refining) 과정에는 일반적으로 탈검(degumming), 중화(neutralization), 탈색(bleaching) 및 탈취(deodorization)의 연속적인 작업이 해당한다. 정제는 불필요한 성분을 제거함으로써 식용유의 감각적·기능적 특성을 개선할 수 있으나, 정제 중 건강에 유용한 성분들이 다소 소실되며 유해한 트랜스지방산 등이 형성될 수 있다(Szydłowska-Czerniak 등 2008; Lamas 등 2016; Gharby S 2022). 최근 국내에서 안전한 먹거리에 관한 관심이 높아짐에 따라 정제를 최소화한 저온압착 유채유의 생산·소비가 증가하고 있다. 그러나 유채유의 제조 방법에 따른 품질 및 영양학적 특성에 대한 정보가 부족하므로 관련 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 육성된 4품종을 대상으로 저온압착유의 지방산 조성, 유용성분 함량 및 산화안정성 등의 품질특성을 구명하였으며, 시중에 판매되는 정제유와 비교하여 국내 유채 활용성 증진을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

본 연구에서는 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지 작물연구소에서 육성된 품종 ‘중모7001’, ‘중모7002’, ‘중모7003’ 및 ‘유려’를 이용하였다(Kim 등 2014; Kim 등 2015; Kim 등 2016; Jeong 등 2024). 2021년 10월 중순 파종하여 2022년 6월경 수확한 종실을 정선 및 세척한 후 재료로 사용하였다. 각 품종별로 반복당 100 g의 종실을 엑스펠러식 소형착유기(Korea-pack, Korea)로 착유부의 가열없이 착유하였다(저온압착유, cold-pressed oil; CPO). 대조구로 사용한 카놀라유는 저온압착유와 달리 정제 과정을 거친 기름으로 시중에 유통되는 제품을 구매하여 이용하였으며, 품종별 저온압착유와 구분하기 위해 정제유(refined oil; RO)로 표기하였다.

2. 색도 측정

유채유의 색도를 측정하기 위해 분광측색계(CM-5, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 명도(L-value), 적색도(a-value) 및 황색도(b-value)로 나타내었다. 대조구 대비 품종별 저온압착유의 색차(ΔE)는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2}$$

3. 산가 및 요오드가 측정

대조구와 품종별 저온압착유의 산가 및 요오드가는 식품공전(MFDS 2021)에 준하여 측정하였다. 산가는 기름 5 g에 ether : ethanol(3:2, v/v) 혼합용액 100 mL을 가하여 녹인 후 1% phenolphthalein 용액을 지시약으로 첨가하였고 옅은 홍색이 될 때까지 0.1 N KOH 에탄올성 용액으로 적정하였다.

요오드가는 기름 0.2 g을 chloroform 25 mL에 용해한 후 Wijs solution 25 mL을 가하여 암소에서 30분간 반응시켰다. 1 N potassium iodine 용액 20 mL과 증류수 100 mL을 넣은 후 1% starch 용액을 지시약으로 첨가하였고 무색이 될 때까지 0.01 N sodium thiosulfate 용액으로 적정하였다.

4. 지방산 조성 분석

대조구 및 품종별 저온압착유를 100 μ L 취하여 sodium methoxide 30 wt% solution 1 mL과 methanol 15 mL을 가한 후 지방산의 메틸화를 위해 80°C에서 2시간 반응시켰다. 상온에서 냉각한 후 n-hexane 15 mL을 가하여 형성된 fatty acid methyl esters(FAMEs)를 추출하였고, 상층액을 0.2 μ m PTFE syringe filter로 여과한 후 분석에 이용하였다(Lee 등 2014). 지방산 조성은 gas chromatograph(7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, CA USA)로 분석하였고, 검출기는 flame ionization detector(FID; Agilent Technologies)로 하였다. 분석에 사용한 컬럼은 HP-INNOWAX(30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μ m, Agilent Technologies)이며, 주입부와 검출기의 온도는 각 200°C와 250°C로 설정하였다. 오븐 온도는 140°C에서 1분간 유지하고 분당 6°C씩 상승시켜 250°C에서 5분간 유지하도록 하였다. 크로마토그램상 각 지방산의 머무름 시간을 확인하여 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

5. 기능성분 함량 분석

대조구 및 품종별 저온압착유의 토코페롤 함량 분석을 위해 각각의 기름 0.1 g을 정밀히 칭량하여 2-propanol 1 mL에 용해한 다음, 0.2 μ m PTFE syringe filter로 여과한 후 분석용 시료로 사용하였다(Gliszczyńska-Świągło & Sikorska 2004).

β -카로틴 함량을 비교하기 위해 알칼리 비누화법으로 추출 및 분석하였다(Hwang 등 2019). 기름 1 g에 3% pyrogallol 에탄올 용액 10 mL과 60% KOH 용액 2 mL을 가한 후 70°C 수욕 상에서 30분간 진탕하며 비누화하였다. 반응물을 냉각시킨 후 2.25% NaCl 용액 10 mL과 n-hexane : ethyl acetate (9:1, v/v) 혼합용액 15 mL을 가하여 진탕하였다. 분리된 상층액을 취하고 n-hexane : ethyl acetate 혼합용액을 동량 가하여

2회 반복 추출하였다. 추출한 용액은 감압농축한 후 ethanol로 적정량까지 희석하고 0.2 μm PTFE syringe filter로 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

카놀롤 함량은 Yu 등(2021)의 방법을 일부 변형하여 분석하였다. 기름 4 g에 80% methanol 용액 5 mL을 가한 후 15분간 초음파(sonication) 처리하여 폐놀 성분을 추출하였다. 추출물은 4,200 \times g에서 25분간 원심분리하였고, 상층액을 취하여 0.2 μm PTFE syringe filter로 여과한 후 분석에 사용하였다. 기름의 기능성분 함량은 high performance liquid chromatograph (HPLC; Agilent 1200, Agilent Technologies)를 이용하여 분석하였으며, 각 분석조건은 Table 1과 같다.

6. 산화안정성 분석

정제유와 품종별 저온압착유 간의 산화안정성 비교를 위해 Rancimat(893 biodiesel, Metrohm, Switzerland)을 이용하여 강제 산화시킨 후 산화유도기간(induction period)을 측정하였다. 각각의 기름을 reaction vessel에 1.5 g 취하여 100 $^{\circ}\text{C}$ 가열

및 20 L/h의 공기 주입하여 산화를 유도하였다. 산화반응 중 케톤류, 알데하이드류 등의 발생에 따른 measuring vessel 내 증류수의 전도도 변화를 측정하여 산화유도기간을 결정하였으며, 모든 시료에 대하여 3회 반복 측정한 평균값으로 나타내었다.

7. 통계분석

본 연구의 결과는 R-studio(ver. 1. 3. 1093)을 이용하여 통계 분석하였으며, 각 분석 항목의 평균에 대한 ANOVA 분석 후 던칸 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 품종별 저온압착유의 색도 비교

국내 육성 유채 4품종 ‘중모7001’, ‘중모7002’, ‘중모7003’ 및 ‘유려’ 유채 저온압착유 간의 색도를 비교하였고, 정제유

Table 1. The analytical conditions of HPLC for β -carotene and tocopherol in rapeseed oils

Bioactive compounds	Parameters	Conditions
Tocopherol	Mobile phase	Acetonitrile-methanol (5:5, v/v)
	Flow rate	1 mL/min
	Column	Symmetry C18 (3.9 \times 150 mm, 5 μm) μ -bondapak C18 guard column (3.9 \times 20 mm, 10 μm)
	Oven temp.	30 $^{\circ}\text{C}$
	Injection vol.	20 μL
	Detector	Fluorescence detector (1260, Agilent Technologies)
	Wavelength	Excitation 295 nm, Emission 325 nm
β -carotene	Mobile phase	Acetonitrile-methanol-dichloromethane (6:1:3, v/v)
	Flow rate	0.6 mL/min
	Column	Capcell Pak C18 UC120 (4.6 \times 150 mm, 5 μm)
	Oven temp.	40 $^{\circ}\text{C}$
	Injection vol.	20 μL
	Detector	UV detector (1260, Agilent Technologies)
	Wavelength	450 nm
Canolol	Mobile phase	Sol. A: 0.2% acetic acid (v/v), Sol. B: Methanol Gradient: Sol. B 50% (0~8 min) \rightarrow Sol. B 70% (8~20 min) \rightarrow Sol. B 75% (20~25 min) \rightarrow Sol. B 95% (25~30 min) \rightarrow Sol. B 50% (30~35 min)
	Flow rate	0.8 mL/min
	Column	Luna RP C18 (4.6 \times 250 mm, 5 μm)
	Oven temp.	30 $^{\circ}\text{C}$
	Injection vol.	10 μL
	Detector	UV detector (1260, Agilent Technologies)
	Wavelength	280 nm

Table 2. Comparison of color values between cold-pressed rapeseed oils from 4 varieties and refined oil

Oil type ¹⁾	Varieties	L*	a*	b*	ΔE ²⁾
RO	-	100.1 ^a	-0.45 ^a	1.48 ^c	-
	JM7001	94.15 ^c	-4.03 ^b	76.64 ^a	49.9
CPO	JM7002	94.30 ^c	-4.24 ^b	70.88 ^a	52.2
	JM7003	94.62 ^c	-4.64 ^c	69.53 ^a	56.3
	YR	95.83 ^b	-4.75 ^c	50.84 ^b	57.1

Different lowercase letters indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾ RO: refined oil, CPO: cold-pressed oil.

²⁾ ΔE: total color difference parameter.

와 색차(TCD parameter, ΔEab)를 평가하였다(Table 2). 저온압착유의 명도(L-value), 적색도(a-value) 및 황색도(b-value)는 각각 94.2~95.8, -4.8~-4.0 및 50.8~76.6의 범위로 나타났으며, 정제유의 명도, 적색도 및 황색도(각 100.1, -0.5 및 1.5)와 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 특히 '유려'의 경우, 95.8 (L*), -4.8 (a*) 및 50.8 (b*) 값을 나타내어 타 품종 대비 명도가 높고 적색도와 황색도는 낮았다. 이에 따라 정제유와의 색차 역시 크게 나타나는 것을 확인하였다. 기름의 색은 제품의 품질 및 소비자의 선호도 등과 연관이 있어 중요한 관능적 특성 중 하나이다. 하지만 기름은 원료곡의 재배 지역, 수확 시기 등의 환경요인뿐만 아니라 착유 방법, 정제-저장조건 등의 생산공정에 따라 색도가 상이할 수 있기 때문에 품종 외 다른 요인도 함께 고려해야 할 필요가 있다(Sydow 등 2021; Ning 등 2023).

2. 품종별 저온압착 유채유의 지방산 조성 비교

정제유와 저온압착유 4종을 대상으로 기름의 지방산 조성을 분석하였고, 일정 비율 이상(>1%)의 조성만을 나타내었다(Table 3). 모든 기름에서 올레인산(C18:1)이 65~74% 정도로 가장 높은 함량을 보였으며, 다음은 리놀렌산(C18:2, 11~20%), 리놀레산(C18:3, 6.9~8.6%), 팔미트산(C16:0, 3.4~4.2%),

그리고 스테아르산(C18:0, 2.0~2.2%) 순으로 나타났다. 4종의 저온압착유 중 '유려' 품종 유래 기름에서 올레인산의 함량이 74%로 타 품종 대비 높았고, 올레인산 함량 증가에 따라 리놀렌산이 유의하게 낮음을 확인하였다. 이는 원료곡에서 보인 고올레산 특성이 원료곡을 압착해 얻은 기름에서도 나타나는 것을 알 수 있었다(Jeong 등 2024). 또한 정제유와 저온압착유의 지방산 조성을 비교했을 때, 정제유에서 팔미트산이 4.2%로 3.4~3.8%인 저온압착유 대비 높은 경향을 보였으나, 그 외 유의미한 지방산 조성 차이는 관찰되지 않았다. 이전 옥수수 등 식물성 기름의 정제 단계별 지방산 조성을 비교한 결과도 본 연구 결과와 같이 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이를 통해 제조 방법에 따른 주요 지방산 조성 변화는 크지 않은 것으로 판단된다(Ferrari 등 1996; Sánchez-Machado 등 2015).

3. 유채 품종별 저온압착유의 이화학적 특성 분석

개봉 직후의 정제유 및 착유 직후의 저온압착유를 대상으로 유지의 산패를 나타내는 지표 중 하나인 산가를 측정하였다(Fig. 1). 정제유의 산가는 0.05 mg KOH/g으로 낮았고, 4종의 저온압착유는 0.31~0.67 mg KOH/g으로 정제유 대비 높은 값을 나타냈다. 산가는 글리세라이드 형태에서 유리된 지방

Table 3. The fatty acid composition of cold-pressed rapeseed oils from 4 varieties and refined oil

Oil type ¹⁾	Varieties	Fatty acid composition (%)						
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	Etc
RO	-	4.2 ^a	2.0 ^b	65.2 ^b	18.5 ^b	6.9 ^c	1.1 ^{n.s.}	2.1 ^a
	JM7001	3.7 ^c	2.0 ^b	64.8 ^{bc}	20.0 ^a	7.7 ^b	1.1	0.7 ^b
CPO	JM7002	3.8 ^b	2.1 ^{ab}	65.1 ^b	18.3 ^b	8.6 ^a	1.1	1.1 ^b
	JM7003	3.7 ^d	2.2 ^a	64.3 ^c	19.6 ^a	7.4 ^b	1.0	1.8 ^a
	YR	3.4 ^c	2.1 ^{ab}	73.9 ^a	11.2 ^c	7.4 ^b	1.2	0.6 ^b

Different lowercase letters indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. n.s., not significant.

¹⁾ RO: refined oil, CPO: cold-pressed oil.

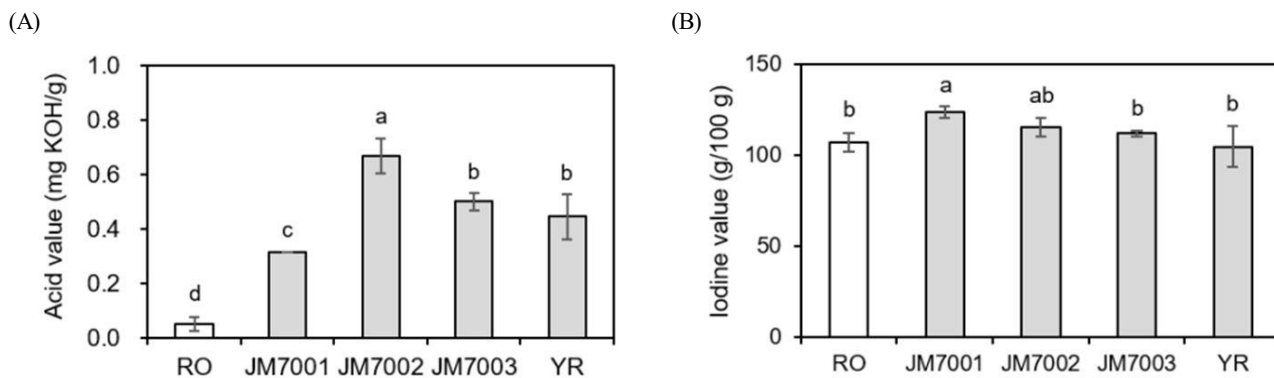


Fig. 1. The acid value (A) and iodine value (B) of each analyzed oils. Error bars indicated standard deviation of the mean (n=3). Different letters written on the bars indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. RO, refined oil; JM7001, JM7002, JM7003, and YR, CPO from variety 'Jungmo7001', 'Jungmo7002', 'Jungmo7003', and 'Yuryeo'.

산의 함량을 나타내는 값으로 산패가 진행될수록 유리지방산이 많아 산가 역시 높아지게 된다. 또한 유지 중에 유리지방산이 많을수록 산화 속도 역시 촉진할 수 있어 시중에 판매되는 식용유 대부분은 탈산(neutralization) 공정을 거친다(Barden & Decker 2016). 이에 본 연구 결과와 같이 정제유에서 낮은 산가를 보인 것으로 판단된다. 본 연구에 사용된 모든 유채유는 식품공전 상 규격에 적합한 산가를 보이거나(채종유 0.6 mg KOH/g, 압착유 <math>< 4.0</math>), 유지의 저장 및 사용에 따른 산가 변화를 통해 각 시료의 산패도 비교가 필요할 것으로 생각된다.

Fig. 1B는 정제유와 4종의 저온압착유에 대한 요오드가를 나타냈다. 요오드가는 지방질의 불포화도와 비례하며, 값이 클수록 불포화지방산이 많고 산패에 민감하다(Alireza 등 2010). 4종의 저온압착유 중 '중모7001' 유래 기름이 $123.7 \text{ g/100 g oil}$ 로 요오드가가 가장 높았고, '유려' 유래 기름이 $104.9 \text{ g/100 g oil}$ 로 가장 낮았다. 이는 '중모7001'의 다중불포화지방산(polyunsaturated fatty acid; 리놀레산과 리놀렌산의 합) 비율이 27.7%로 저온압착유 중 가장 높고, '유려'가 18.6%로 가장 낮은 것에 기인한 결과로 판단된다(Table 3).

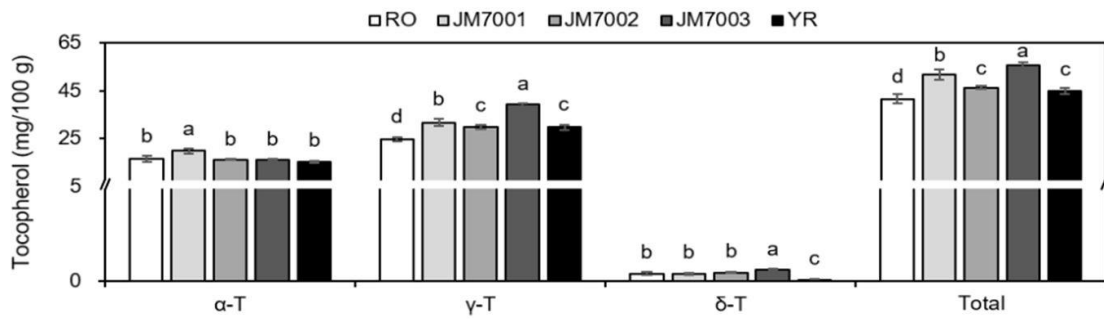
4. 유채 품종별 저온압착유의 기능성분 함량 비교

정제유와 4품종별 저온압착유의 토크페롤, β -카로틴 및 카놀롤의 함량을 비교하였다(Fig. 2). 품종별 저온압착유의 총 토크페롤 함량을 비교하면 '중모7003'이 55.5 mg/100 g 로 가장 높고, '중모7001'(51.8 mg/100 g), '중모7002'(46.3 mg/100 g), 그리고 '유려'(44.9 mg/100 g) 순으로 나타났다(Fig. 2A). 정제유의 총 토크페롤 함량은 41.6 mg/100 g 로 저온압착유 대비 유의하게 낮았다. 이는 정제유 제조과정 중 정제(refining)를 거치며 기능성분이 일부 소실된 것으로 판

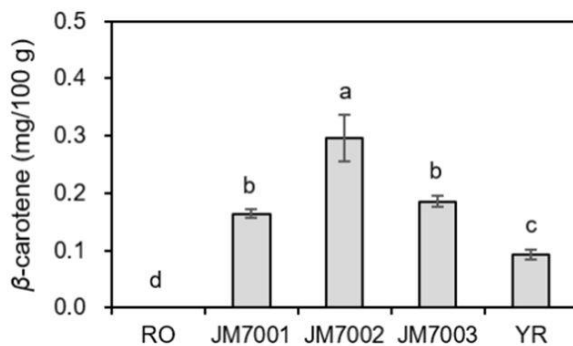
단된다. 이전 연구 결과를 통해 정제 과정 중 약 35%의 토크페롤이 소실되는 것을 확인하였다(Ferrari 등 1996; Ghazani 등 2014). 더불어 Rekas 등(2016)에 따르면 본 연구 결과와 같이 유채 품종 간 토크페롤의 함량이 유의하게 다른 것으로 나타났으나, 식물성 유지의 토크페롤 함량은 기후조건, 가공 및 저장조건 등 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있으므로 품종 외 다른 요인도 고려해야 할 필요가 있다(Obranović 등 2015). 또한, 유채유의 토크페롤 조성은 γ -토크페롤이 $24.7\text{--}39.0 \text{ mg/100 g}$ 로 가장 많았고, 다음 α -토크페롤이 $15.3\text{--}19.7 \text{ mg/100 g}$, δ -토크페롤이 $0.1\text{--}0.6 \text{ mg/100 g}$ 로 낮았다. 토크페롤은 지용성 비타민 중 하나로 지방산의 유리 라디칼에 수소 원자를 공여함으로써 지질의 자동산화를 지연시킨다(Barouh 등 2022). 주로 식물성 유지에 존재하는 토크페롤은 α -토크페롤과 γ -토크페롤이며, 이 두 토크페롤은 다른 형태보다 항산화 활성이 높다고 알려져 있다(Seppanen 등 2010).

β -카로틴은 기름 내 과산화물 음이온(superoxide anion)을 중화하여 산화의 전파(propagation)를 억제하고, 최종적으로 산화를 종료(termination)시킨다(Galano 등 2010). 이러한 β -카로틴의 항산화 활성으로 심혈관 질환 예방 등의 생리학적 기능을 갖기 때문에 유채유에서 주요한 영양성분 중 하나이다(Kulczyński 등 2017). 본 연구에서 4품종 간 저온압착유의 β -카로틴 함량을 비교한 결과, '중모7002'가 0.30 mg/100 g 로 높았고 '유려'가 0.09 mg/100 g 로 낮게 나타났다(Fig. 2B). 또한 저온압착유 대비 정제유에서는 β -카로틴이 전혀 검출되지 않았으며, 이는 정제 중 색소 성분이 제거되어 야기된 결과로 판단된다(Li 등 2019). Kreps 등(2014)에 따르면 물리적 정제가 유채유의 화학적 특성에 미치는 영향을 비교한 결과, β -카로틴의 함량이 탈색 과정에서 73.3% 소실되어 탈검

(A)



(B)



(C)

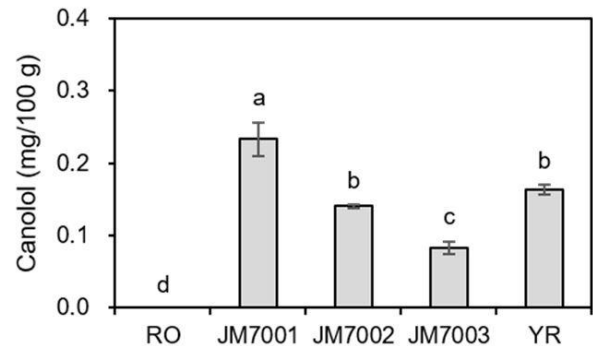


Fig. 2. The content of bioactive compounds in rapeseed oil samples. (A) Tocopherol content and composition of 4 CPOs and RO. Total tocopherol content is the sum of α -, γ -, and δ - tocopherol content. (B, C) Comparison of the β -carotene and canolol content among 4 CPOs and RO. β -carotene and canolol were not detected in RO. Means \pm S.D. followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). RO, refined oil; JM7001, JM7002, JM7003, and YR, CPO from variety 'Jungmo7001', 'Jungmo7002', 'Jungmo7003', and 'Yuryeo'.

(20.6%) 및 탈취(24.4%) 대비 많이 일어나는 것을 알 수 있었다.

카놀롤(Canolol; 4-vinylsyringol)은 카놀라 원유에서 분리된 성분으로 시나핀산(sinapic acid)의 탈탄산 작용에 의해 생성되는 페놀산이다. Kuwahara 등(2004)은 카놀롤이 내인성 돌연변이 유발 물질인 과산화질산염(peroxynitrite, ONOO⁻) 소거 활성을 가지며, 이 활성은 α -토코페롤 또는 비타민C보다 높았다고 밝혔다. 뿐만 아니라 카놀롤은 알킬퍼옥시라디칼(ROO[·]) 소거 활성으로 높은 항산화능을 가진다(Wakamatsu 등 2005). 본 연구에서는 4품종별 저온압착유의 카놀롤 함량을 비교했을 때, '중모7001'이 0.23 mg/100 g으로 가장 많았으며, '유려' 0.16 mg/100 g, '중모7002' 0.14 mg/100 g, 그리고 '중모7003' 0.08 mg/100 g 순으로 낮았다(Fig. 2C). 또한 정제유에서는 카놀롤 성분이 검출되지 않아 β -카로틴과 같이 정제 과정에서 소실된 것으로 사료된다. 이전 보고에 따르면, 수용성의 카놀롤은 탈산 과정에서 검화되며 원유로부터 최대 80%까지 제거된다(Wakamatsu, 2005; Zacchi & Eggers 2008; Kraljić 등 2015).

5. 유채 품종별 저온압착유의 산화안정성 비교

산화안정성은 지질의 산화가 시작되는 시점까지 걸리는 시간을 나타낸 산화유도기간(induction period)으로 결정되며, 이는 식용유의 품질 유지 기한, 품질특성 등을 평가할 수 있는 중요한 요인 중 하나이다. 미국유지화학회(American Oil Chemists' Society, AOCS)는 산화안정성을 분석하는 다양한 방법 중 rancimat을 제안하였다(AOCS 2012). Rancimat은 강제산화 조건에서 생성된 휘발성 카보닐산 등에 의해 변화하는 전기전도도를 측정하며, 식용유지 및 식물추출물 등 다양한 시료의 산화안정성을 평가할 수 있다(Anwar 등 2003; Mateos 등 2006; Lante & Friso 2013). Rancimat 방법을 이용하여 정제유와 4품종의 저온압착유의 산화안정성을 측정하였다(Fig. 3). 가열 및 공기 주입을 통한 강제산화 조건 하에서 저온압착유의 산화유도기간은 '유려'가 25시간으로 가장 길었다. '중모7003'의 산화유도기간은 22시간이었으며, '중모7001'과 '중모7002'가 18시간으로 짧았다. 이를 통해 품종 '유려'가 다른 3품종 대비 상대적으로 산화에 안정적임을 알 수 있었다. 정

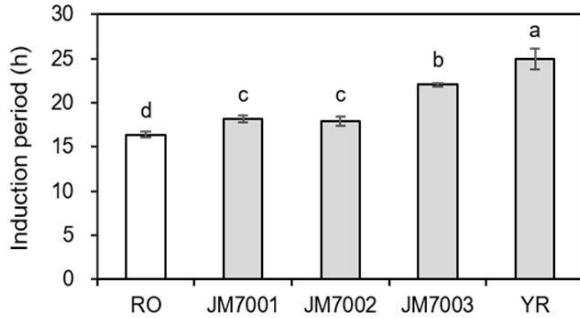


Fig. 3. The oxidative stability of each rapeseed oil through an accelerated oxidation test using Rancimat. The oxidative stability was expressed as induction period. The induction periods of samples means the point at which the water conductivity sudden increases in the measuring vessel. Each value is the mean±S.D. of three independent measurements. Data were statistically analyzed using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). RO, refined oil; JM7001, JM7002, JM7003, and YR, CPO from variety 'Jungmo7001', 'Jungmo7002', 'Jungmo7003', and 'Yuryeo'.

제유와 저온압착유 간의 산화유도기간을 비교한 결과, 정제유는 16시간으로 18~25시간인 저온압착유 대비 다소 짧았다. Fig. 4에서와 같이 산화유도기간은 올레인산과 높은 정의 상관, 리놀레산과 높은 부의 상관을 보였고, 상대적으로 토코페롤 등의 기능성분과는 비교적 상관이 낮은 것을 알 수 있었다(Sabolová 등 2017).

요약 및 결론

본 연구에서는 국내 육성 유채 품종 유래 저온압착유의 품질특성을 구명하고자 '중모7001', '중모7002', '중모7003'과 '유려' 품종을 이용하여 기름을 착유하였고, 시중에서 판매되는 정제유를 대조구로 하여 색도, 지방산 조성, 산가, 유용 성분 함량, 산화안정성을 비교하였다. 정제유와 비교하여 저온압착유는 기름의 명도와 적색도가 증가하고 황색도는 감소하였다. 각 유채유 시료별로 지방산 조성의 차이를 보면 정제유와 저온압착유 간의 조성 차이는 크지 않았으나, 4품종의 저온압착유에서 '유려'가 올레인산 함량이 73%로 가장 높게 나타났다. 또한 정제유의 산가는 0.05 mg KOH/g으로 낮았고, 4종의 저온압착유는 0.31~0.67 mg KOH/g으로 정제유 대비 높았다. 본 연구에서 분석한 기능성분 모두 정제유 대비 저온압착유에서 높게 나타났다. 4종의 저온압착유에서 총 토코페롤 함량은 '중모7003'이 55.5 mg/100 g으로 높았고, β -카로틴 및 카놀롤은 각각 '중모7002'(0.3 mg/100 g) 및 '중

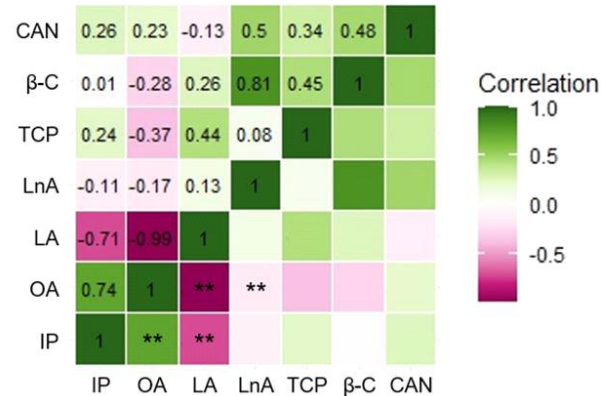


Fig. 4. Correlation analysis among quality properties in this study. The numbers on upper side represent the value of the Pearson correlation coefficient. The star marks on lower side indicate the significance of each correlation, and non-significant correlation are represented as blank ($p < 0.01$). Green and pink color denote positive and negative correlations, respectively. Color darkness indicates correlation strength. IP, Induction period; OA, Oleic acid (C18:1); LA, Linoleic acid (C18:2); LnA, Linolenic acid (C18:3); TCP, Total tocopherol; β -C, β -carotene; CAN, Canolol.

모7001'(0.23 mg/100 g)에서 높게 나타났다. 마지막으로 강제 산화조건 하에서 산화유도기간은 '유려'가 25시간으로 가장 길어 산화안정성이 '중모7002' 대비 1.4배 높은 것으로 판단되며, 이는 지방산 조성과 높은 상관을 보였다. 이를 종합해 볼 때, 정제유 대비 저온압착유에서 비교적 기능성분 함량이 높았으며, 품종에 따라 저온압착유의 지방산 조성 및 기능성분 함량 등에 차이가 있음을 확인하였다. 본 연구는 저온압착유의 품질특성을 기반으로 한 품종 육성에 기초자료로 활용될 수 있으며, 향후 기후, 재배 방법 등의 다양한 조건에서 유채유의 품질 분석이 이루어져야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 작물시험연구사업(과제번호: PJ016 815012024)의 지원에 의해 수행되었다.

References

- Alireza S, Tan CP, Hamed M, Che Man YB. 2010. Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *Int Food Res J* 17:295-302

- American Oil Chemists' Society [AOCS]. 2012. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 4th ed. American Oil Chemists' Society
- An DH, Yu GD, Kim KS, Cha YL, Jeong JH, Choi JB, Woo KS, Hwang EJ, Park YJ. 2023. Quality characteristics of rapeseed oils according to different roasting temperatures. *Korean J Food Nutr* 36:479-488
- Anwar F, Bhangar MI, Kazi TG. 2003. Relationship between rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats. *J Am Oil Chem Soc* 80:151-155
- Azadmard-Damirchi S, Habibi-Nodeh F, Hesari J, Nemati M, Achachlouei BF. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chem* 121:1211-1215
- Barden L, Decker EA. 2016. Lipid oxidation in low-moisture food: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56:2467-2482
- Barouh N, Bourlieu-Lacanal C, Figueroa-Espinoza MC, Durand E, Villeneuve P. 2022. Tocopherols as antioxidants in lipid-based systems: The combination of chemical and physicochemical interactions determines their efficiency. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 21:642-688
- Baxheinrich A, Stratmann B, Lee-Barkey YH, Tschöpe D, Wahrburg U. 2012. Effects of a rapeseed oil-enriched hypoenergetic diet with a high content of α -linolenic acid on body weight and cardiovascular risk profile in patients with the metabolic syndrome. *Br J Nutr* 108:682-691
- Chew SC. 2020. Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food Res Int* 131:108997
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2017. FAOSTAT. Available from <http://www.fao.org/faostat/> [cited 20 May 2024]
- Ferrari RA, Schulte E, Esteves W, Brühl L, Mukherjee KD. 1996. Minor constituents of vegetable oils during industrial processing. *J Am Oil Chem Soc* 73:587-592
- Galano A, Vargas R, Martínez A. 2010. Carotenoids can act as antioxidants by oxidizing the superoxide radical anion. *Phys Chem Chem Phys* 12:193-200
- Gharby S. 2022. Refining vegetable oils: Chemical and physical refining. *Sci World J* 2022:6627013
- Ghazani SM, García-Llata G, Marangoni AG. 2014. Micro-nutrient content of cold-pressed, hot-pressed, solvent extracted and RBD canola oil: Implications for nutrition and quality. *Eur J Lipid Sci Technol* 116:380-387
- Gliszczynska-Świągło A, Sikorska E. 2004. Simple reversed-phase liquid chromatography method for determination of tocopherol in edible plant oils. *J Chromatogr A* 1048:195-198
- Hwang KM, Bae JW, Hu SJ, Oh KS. 2019. Determination of β -carotene in infant formulas by high-performance liquid chromatography. *J Food Hyg Saf* 34:334-339
- Kim KS, Jang YS, Lee YH, Kim CW, Choi KH, Kang DS, Kim ST, Choi IH. 2014. A rapeseed intermediate parent 'Jungmo 7001' with wide adaptable large flower. *Korean J Breed Sci* 46:302-306
- Kim KS, Jang YS, Lee YH, Seo TC, Choi KH, Kang DS, Kim ST, Lee KB. 2015. A rapeseed intermediate parent 'Jungmo 7002' with flowering uniformity and lodging tolerance. *Korean J Breed Sci* 47:276-280
- Kim KS, Jang YS, Lee YH, Ko S, Choi KH, Shin JH, Lee KB. 2016. A new rapeseed variety 'Jungmo 7003' with white flower, early flowering and disease resistance. *Korean J Breed Sci* 48:339-343
- Kraljić K, Škevin D, Barišić L, Kovačević M, Obranić M, Jurčević I. 2015. Changes in 4-vinylsyringol and other phenolics during rapeseed oil refining. *Food Chem* 187:236-242
- Kreps F, Vrbiková, Schmidt Š. 2014. Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil. *Eur J Lipid Sci Technol* 116:1572-1582
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A, Kobus-Cisowska J, Kmiecik D. 2017. The role of carotenoids in the prevention and treatment of cardiovascular disease: Current state of knowledge. *J Funct Foods* 38:45-65
- Kuwahara H, Kanazawa A, Wakamatu D, Morimura S, Kida K, Akaike T, Maeda H. 2004. Antioxidative and antimutagenic activities of 4-vinyl-2,6-dimethoxyphenol (Canolol) isolated from Canola oil. *J Agric Food Chem* 52:4380-4387
- Jeong J, An DH, Cha YL, Choi JB, Kim SY, Kim KS. 2024. 'Yuryeo': A rapeseed with high oleic acid, resistant to Sclerotinia stem rot and lodging. *Korean J Breed Sci* 56:53-61
- Lamas DL, Constenla DT, Raab D. 2016. Effect of degumming process on physicochemical properties of sunflower oil. *Biocatal Agric Biotechnol* 6:138-143
- Lante A, Friso D. 2013. Oxidative stability and rheological properties of nanoemulsions with ultrasonic extracted green

- tea infusion. *Food Res Int* 54:269-276
- Lee TS, Lee YH, Kim KS, Lee HK, Jang YS, Choi IH, Kim KS. 2014. Effect of sowing time on oil content and fatty acid composition characteristics in rapeseed cultivars. *Korean J Plant Res* 27:202-208
- Li Y, Zhang L, Xu YJ, Li J, Cao P, Liu Y. 2019. Evaluation of the functional quality of rapeseed oil obtained by different extraction processes in a Sprague-Dawley rat model. *Food Fuct* 10:6503
- Mateos R, Uceda M, Aguilera MP, Escuderos ME, Maza GB. 2006. Relationship of Rancimat method values at varying temperatures for virgin olive oils. *Eur Food Res Technol* 223:246-252
- Matthäus B. 2012. Processing of virgin canola oils. Thiyam-Holländer U, Eskin NAM, Matthäus B (Eds.), In *Canola and Rapeseed: Production, Processing, Food Quality, and Nutrition*. pp.171-186. CRC Press
- Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2021. Korean Food Code (Test of Edible Oils). Munyoungsa
- Ning N, Hu B, Bai CY, Li XH, Kuai J, He HZ, Ren YL, Bo Wang, Jia CH, Zhou GS, Zhao SM. 2023. Influence of two-stage harvesting on the properties of cold-pressed rapeseed (*Brassica napus* L.) oils. *J Integr Agric* 22:265-278
- Obranović M, Škevin D, Kraljić K, Pospíšil M, Nederal S, Blekić M, Putnik P. 2015. Influence of climate, variety and production process on tocopherols, plastochromanol-8 and pigments in flaxseed oil. *Food Technol Biotechnol* 53: 496-504
- Rękas A, Wroniak M, Szterk A. 2016. Characterization of some quality properties and chemical composition of cold-pressed oils obtained from different rapeseed varieties cultivated in Poland. *Pol J Nat Sci* 31:249-261
- Sabolová M, Johanidesová A, Hasalíková E, Fišnar J, Doležal M, Réblová Z. 2017. Relationship between the composition of fats and oils and their oxidative stability at different temperatures, determined using the Oxipres apparatus. *Eur J Lipid Sci Technol* 119:1600454
- Sánchez-Machado DI, López-Cervantes J, Núñez-Gastélum JA, Servín de la Mora-López G, López-Hernández J, Paseiro-Losada P. 2015. Effect of the refining process on *Moringa oleifera* seed oil quality. *Food Chem* 187:53-57
- Seppanen CM, Song Q, Csallany AS. 2010. The antioxidant functions of tocopherol and tocotrienol homologues in oils, fats, and food systems. *J Am Oil Chem Soc* 87:469-481
- Sydow Z, Idaszewska N, Janeba-Bartoszewicz E, Bieńczyk K. 2021. The influence of pressing temperature and storage conditions on the quality of the linseed oil obtained from *Linum usitatissimum* L. *J Nat Fibers* 18:442-451
- Szydłowska-Czerniak A, Karlovits G, Dianoczki C, Recseg K, Szlyk G. 2008. Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 85:141-149
- Wakamatsu D, Morimura S, Sawa T, Kida K, Nakai C, Maeda H. 2005. Isolation, identification, and structure of a potent alkyl-peroxyl radical scavenger in crude canola oil, canolol. *Biosci Biotechnol Biochem* 69:1568-1574
- Yu J, Wang M, Zhang M, Liu Y, Li J. 2021. Effect of infrared ray roasting on oxidation stability and flavor of virgin rapeseed oils. *J Food Sci* 86:2990-3000
- Zacchi P, Eggers R. 2008. High-temperature pre-conditioning of rapeseed: A polyphenol-enriched oil and the effect of refining. *Eur J Lipid Sci Technol* 110:111-119

Received 24 June, 2024

Revised 15 July, 2024

Accepted 08 August, 2024