

焙炒处理对不同植物油品质特性的影响

董国鑫¹,王淑珍¹,雷 风¹,白 琴²,苏学民²,宋杨波¹,王进英¹

(1. 青海大学 农牧学院, 西宁 810016; 2. 青海通达油脂加工有限责任公司, 青海 海东 810500)

摘要:为了研究焙炒对植物油品质的影响,以油菜籽、亚麻籽、花生、葵花籽和芝麻为原料,经焙炒处理后采用液压压榨法制油(热榨油),分析植物油的理化指标(酸值、过氧化值、水分及挥发物、色泽)、主体组分(脂肪酸组成及含量、甘三酯组成及含量、挥发性组分)和总酚含量,并与未焙炒处理直接压榨制取的油(冷榨油)作对比。结果表明:热榨油酸值和过氧化值显著高于冷榨油($p < 0.05$),其中,热榨亚麻籽油酸值(KOH)最高(0.96 mg/g),热榨菜籽油过氧化值最高(1.02 mmol/kg);冷榨油水分及挥发物含量显著高于热榨油($p < 0.05$),其中冷榨花生油水分及挥发物含量最高(0.16%);热榨油的色泽较冷榨油深,其中热榨菜籽油的色泽最深(R1.1, Y31);焙炒对植物油脂肪酸和甘三酯组成及含量无显著影响($p > 0.05$);热榨油中醇类、醛类和酸类等挥发性组分较少,但杂环类物质较多;热榨菜籽油、亚麻籽油、花生油、葵花籽油和芝麻油总酚含量分别是其冷榨油的1.38、1.57、1.51、1.80倍和1.27倍。因此,焙炒对植物油品质影响较大,应根据生产需要选择合适的预处理方式。

关键词:焙炒处理;植物油;理化指标;脂肪酸组成;甘三酯组成;挥发性组分;总酚

中图分类号:TS224.3;TQ646 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2022)09-0019-07

Effect of roasting pretreatment on quality characteristic of different vegetable oils

DONG Guoxin¹, WANG Shuzhen¹, LEI Feng¹, BAI Qin²,
SU Xuemin², SONG Yangbo¹, WANG Jinying¹

(1. College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China;

2. Qinghai Tongda Oil Processing Co., Ltd., Haidong 810500, Qinghai, China)

Abstract: In order to study the effect of roasting on the quality of vegetable oils, rapeseed, flaxseed, peanut, sunflower seed and sesame were used as raw materials, and the oils were obtained by hydraulic pressing after roasting (hot pressed oil). The physicochemical indexes (acid value, peroxide value, moisture and volatile, color), main components (fatty acid composition and content, triglyceride composition and content, volatile components) and total phenols of the five hot pressed vegetable oils were analyzed and compared with those of the oils direct pressed with unroasted oilseeds (cold pressed oil). The results showed that the acid value and peroxide value of hot pressed oils were significantly higher than those of cold pressed oils ($p < 0.05$), and the acid value of hot pressed flaxseed oil was the highest (0.96 mgKOH/g), while the peroxide value of hot pressed rapeseed oil was the highest (1.02 mmol/kg). The moisture and volatile content of cold pressed oils were significantly higher than those of hot pressed oils ($p < 0.05$). The moisture and volatile content of cold pressed peanut oil with 0.16% were the highest.

收稿日期:2021-11-05;修回日期:2022-05-31

基金项目:青海省企业研究转化与产业化专项(2021-NK-C19)

作者简介:董国鑫(1997),男,在读硕士,研究方向为油脂加工与利用(E-mail)164797928@qq.com。

通信作者:王进英,副教授,硕士生导师,博士(E-mail) wangjinying0128@126.com。

The color of hot pressed oils were darker than that of cold pressed oils, and the color of hot pressed rapeseed oil was the darkest (R1.1, Y31). Roasting had no significant effect on fatty acid and triglyceride composition and content of vegetable oils ($p > 0.05$). The hot pressed oils contained

less volatile components, such as alcohols, aldehydes and acids, but more heterocyclic substances. The contents of total phenols in hot pressed rapeseed oil, flaxseed oil, peanut oil, sunflower seed oil and sesame oil were 1.38, 1.57, 1.51, 1.80, 1.27 times of the cold pressed oil, respectively. Therefore, roasting has a great influence on the quality of vegetable oil, and an appropriate pretreatment method should be selected according to production needs.

Key words: roasting pretreatment; vegetable oil; physicochemical index; fatty acid composition; triglyceride composition; volatile component; total phenols

植物油是我国居民日常膳食不可或缺的重要组成部分,在国家食品安全中占有重要地位。据中国国家统计局统计数据显示,2021年我国油料作物(油菜籽、亚麻籽、花生、葵花籽、芝麻和其他油料作物)种植面积达1 310万 hm^2 ,年产量达3 613万t。其中:菜籽油含有丰富的不饱和脂肪酸油酸和植物甾醇等,营养价值高,风味浓郁,被广泛应用于餐饮业和家庭用油。近些年浓香菜籽油产品被陆续推出,成为了深受地方消费者喜爱的油品,是菜籽油的主导产品之一,具有良好的市场前景^[1]。亚麻籽油富含 α -亚麻酸, α -亚麻酸含量高达40%~60%,是n-3系列脂肪酸含量最高的植物油之一。适当食用亚麻籽油可降低患冠心病的风险,抑制1型和2型糖尿病以及预防乳腺癌和结肠癌^[2]。花生油富含油酸,热稳定性好,被认为是最优质的煎炸油之一,其丰富的锌含量在食用油中堪称“佼佼者”^[3]。葵花籽油以高亚油酸含量著称,亚油酸含量达55%以上,有防止胆固醇蓄积、降血糖和促进人体细胞再生的功能^[4]。芝麻油是一种风味独特、口感良好的调味油,油中所含芝麻素有抗氧化、调节脂质代谢、稳定血压等作用^[5],所含芝麻酚有延缓衰老、降低炎症反应、保护肝脏等功效^[6]。同时,芝麻油与其他植物油相比,还表现出镇痛、解热等特殊功效^[7]。

焙炒是制油过程中常见的油料预处理方式,油料焙炒后出油率提高,风味物质增加^[8],但经焙炒所得植物油色泽较深,所含维生素E等营养物质容易被破坏,同时产生氧化物、多环芳烃、丙烯酰胺等有害物质^[9-10]。而未经焙炒制得的植物油,能避免热敏性微量营养因子的损失,同时能避免高温造成的色泽变深和出现焦糊味的现象^[11]。目前,焙炒处理对单一植物油品质影响的研究较多^[12-16],而有关焙炒对菜籽油、亚麻籽油、花生油、葵花籽油及芝麻油的系统对比研究较少。本文在已有研究的基础上系统分析了焙炒处理对这5种植物油理化指标、主体组分和总酚的影响,探讨了焙炒处理对植物油品质特性的影响与成因,以期对植物油生产工艺的选

择和质量控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

青杂12号油菜籽,产地为青海省;定亚18号亚麻籽,产地为青海省;豫花花生,产地为河南省;油葵562号葵花籽,产地为内蒙古自治区;小颗粒油麻白芝麻,产地为河南省。

十一酸甲酯、棕榈酸甲酯、硬脂酸甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯标准品,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;可溶性淀粉、氢氧化钾、无水碳酸钠、盐酸、95%乙醇、冰乙酸、正庚烷、三氯甲烷、异丙醇等,分析纯;甲醇、乙腈,色谱纯;福林酚试剂,北京索莱宝科技有限公司;酚酞,上海展云化工有限公司。

BYAD-02-WW单灶,西宁保元电灶经销商;H/T16MM台式高速冷冻离心机,湖南赫西仪器装备有限公司;XZ-YZ200液压榨油机,广州旭众食品机械有限公司;HHS-4S电子恒温不锈钢水浴锅,上海宜昌仪器纱筛厂;SB-3200DTD超声波清洗机,宁波新芝生物科技股份有限公司;FA2004B电子天平,上海佑科仪器仪表有限公司;WSL-2比较测色仪,上海易测仪器设备有限公司;PC-420D磁力加热搅拌器,美国CORNING公司;UV-1780紫外可见分光光度计,岛津企业管理有限公司;GC-2030气相色谱仪、GCMS-QP2020NX气相色谱质谱联用仪、SFC/U HPLC高效液相色谱仪,日本岛津仪器有限公司;XW-80A旋涡混合器,上海驰唐电子有限公司;PDMS/DVB/CAR 50/30 μm PK3固相微萃取头,康林科技有限责任公司。

1.2 实验方法

1.2.1 植物油的制取

利用BYAD-02-WW单灶将清理后的油料在120~150 $^{\circ}\text{C}$ 下焙炒20 min^[17],然后通过液压榨油机进行压榨(压榨温度为60 $^{\circ}\text{C}$,压力设定为55 MPa,采用自动压榨模式进行压榨,当压力达到55 MPa时自动停止),再以4 500 r/min离心15 min后用滤纸

过滤除去固体杂质,得到热榨油。

以未经焙炒处理、直接通过液压榨油机压榨、离心、过滤后得到的冷榨油作为对照油样。

1.2.2 植物油理化指标测定

酸值测定按照 GB 5009.229—2016;过氧化值测定按照 GB 5009.227—2016;水分及挥发物测定按照 GB 5009.236—2016;色泽测定按照 GB/T 22460—2008。

1.2.3 植物油主体组分测定

1.2.3.1 脂肪酸组成及含量

参照王兴瑞等^[18]的方法采用气相色谱法测定植物油的脂肪酸组成及含量,内标法定量。

1.2.3.2 甘三酯组成及含量

参考王兴瑞等^[19]的方法(高效液相色谱法)并略作修改。

样品制备:取1 g植物油于10 mL容量瓶中,加入流动相(乙腈-异丙醇,体积比30:70)涡旋1 min充分溶解后定容,经0.45 μm尼龙过滤膜过滤后,

进行高效液相色谱分析。

高效液相色谱分析条件:C18色谱柱(4.6 mm × 250 mm,5.0 μm);柱温40℃;流动相为乙腈-异丙醇(体积比30:70);洗脱时间30 min;流速0.5 mL/min;进样量5 μL;示差检测器,检测器温度30℃。

根据每种植物油中甘三酯含量大小顺序和出峰时间确定有效碳原子数(ECN),利用每个ECN分区中植物油的特征甘三酯和脂肪酸含量进行定性,采用面积归一化法定量。

1.2.3.3 挥发性组分

参照韩玉泽等^[20]的方法,通过固相微萃取富集植物油中的挥发性组分,并利用气相色谱-质谱联用法(GC-MS)分析植物油中挥发性组分。

1.2.4 总酚测定

参照赵丹等^[21]的方法采用福林酚法测定植物油的总酚含量。

2 结果与分析

2.1 焙炒处理对植物油理化指标的影响(见表1)

表1 焙炒处理对植物油理化指标的影响

油样	预处理	酸值(KOH)/(mg/g)	过氧化值/(mmol/kg)	水分及挥发物/%	色泽(R,Y)
菜籽油	焙炒	0.61 ± 0.07 ^d	1.02 ± 0.06 ^a	0.06 ± 0.00 ^f	1.1,31
	对照	0.45 ± 0.04 ^e	0.42 ± 0.03 ^{de}	0.11 ± 0.01 ^d	0.9,28
亚麻籽油	焙炒	0.96 ± 0.03 ^a	0.98 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.00 ^f	0.8,20
	对照	0.66 ± 0.00 ^{cd}	0.74 ± 0.04 ^b	0.14 ± 0.00 ^{ab}	0.3,16
花生油	焙炒	0.72 ± 0.06 ^c	0.38 ± 0.04 ^e	0.13 ± 0.00 ^{bc}	0.3,9.0
	对照	0.37 ± 0.04 ^e	0.15 ± 0.00 ^f	0.16 ± 0.01 ^a	0.1,5.5
葵花籽油	焙炒	0.93 ± 0.04 ^{ab}	0.47 ± 0.02 ^d	0.08 ± 0.01 ^e	0.0,4.4
	对照	0.24 ± 0.03 ^f	0.38 ± 0.01 ^e	0.12 ± 0.00 ^{cd}	0.0,4.0
芝麻油	焙炒	0.86 ± 0.03 ^b	0.61 ± 0.02 ^c	0.11 ± 0.01 ^d	0.7,10
	对照	0.71 ± 0.02 ^{cd}	0.44 ± 0.02 ^{de}	0.14 ± 0.01 ^{bc}	0.6,8.0

注:同列不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

由表1可见,热榨油酸值和过氧化值均显著大于冷榨油。经焙炒后酸值升高的原因可能是多不饱和脂肪酸受热氧化,使游离脂肪酸含量增加,从而导致酸值升高,或是焙炒使内源性脂肪酶催化甘三酯水解生成游离脂肪酸所致^[22]。5种植物油中,热榨亚麻籽油的酸值(KOH)最高,为0.96 mg/g。过氧化值是油脂初级氧化产物的衡量指标。热榨油过氧化值较高的原因可能是焙炒加热过程除了导致植物油氧化酸败以外,还诱发生成了油脂氧化反应所需的自由基,从而导致油脂的过氧化值上升^[23]。5种植物油中,热榨菜籽油的过氧化值最高,为1.02 mmol/kg。冷榨油的水分及挥发物含量显著高于热榨油,原因可能是焙炒热处理过程脱除了部分水分。5种植物油中,冷榨花生油的水分及挥发物含量最高,为0.16%。热榨油的色泽较冷榨油深,原因可

能是高温焙炒有助于植物油料中脂溶性色素的溶出^[24],同时高温焙炒会促使油料蛋白质中的氨基酸与还原糖的羰基发生美拉德反应,使得热榨油的色泽进一步加深^[25]。5种植物油中,热榨菜籽油色泽最深,其红值(R)为1.1,黄值(Y)为31。

2.2 焙炒处理对植物油主体组分的影响

2.2.1 对脂肪酸组成及含量的影响

对经焙炒处理和未经焙炒处理所制取的植物油脂肪酸组成及含量进行分析,结果如表2所示。由表2可见,5种植物油中均含有棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)和亚麻酸(C18:3)。油酸和亚油酸在除亚麻籽油外的其他4种植物油中含量较高,其中菜籽油的油酸含量最高;亚麻酸在亚麻籽油中含量丰富;棕榈酸在花生油和芝麻油中含量较高,是其他植物油的2倍左右。

5种植物油均含有较高的不饱和脂肪酸,其中菜籽油中的含量最高,而饱和脂肪酸含量以花生油最高。

此外,焙炒对植物油的脂肪酸组成及含量无显著影响($p > 0.05$),这与李志晓等^[26]的研究结果一致。

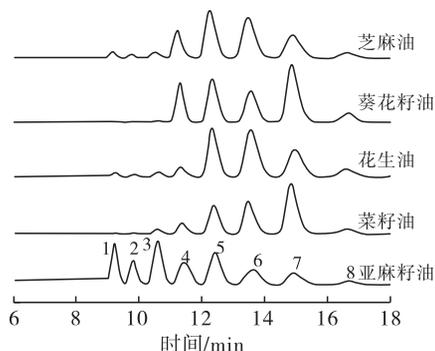
表2 焙炒处理对植物油脂肪酸组成及含量的影响

油样	预处理	g/100 g						
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	SFA	UFA
菜籽油	焙炒	4.44 ± 0.05 ^d	2.59 ± 0.02 ^d	64.47 ± 0.71 ^a	19.62 ± 0.50 ^d	7.56 ± 0.28 ^b	7.02 ± 0.07 ^c	91.64 ± 0.48 ^a
	对照	4.40 ± 0.09 ^d	2.66 ± 0.04 ^d	65.19 ± 0.40 ^a	19.38 ± 0.86 ^d	7.67 ± 0.13 ^b	7.06 ± 0.13 ^c	92.24 ± 0.60 ^a
亚麻籽油	焙炒	5.36 ± 0.04 ^c	5.05 ± 0.08 ^a	25.03 ± 0.05 ^c	13.80 ± 0.18 ^e	50.12 ± 0.83 ^a	10.41 ± 0.04 ^c	88.94 ± 0.71 ^c
	对照	5.40 ± 0.04 ^c	5.05 ± 0.07 ^a	25.24 ± 0.63 ^c	13.78 ± 0.15 ^e	50.15 ± 0.54 ^a	10.45 ± 0.11 ^c	89.16 ± 0.23 ^c
花生油	焙炒	10.69 ± 0.03 ^a	4.88 ± 0.07 ^{ab}	38.67 ± 0.39 ^c	42.67 ± 0.57 ^b	1.97 ± 0.03 ^c	15.57 ± 0.05 ^a	83.31 ± 0.15 ^e
	对照	10.56 ± 0.08 ^a	4.91 ± 0.05 ^{ab}	38.27 ± 0.28 ^c	42.78 ± 0.16 ^b	1.94 ± 0.03 ^c	15.47 ± 0.01 ^a	82.99 ± 0.16 ^e
葵花籽油	焙炒	4.51 ± 0.10 ^d	4.43 ± 0.09 ^c	52.45 ± 0.76 ^b	37.74 ± 0.64 ^c	0.38 ± 0.03 ^d	8.94 ± 0.01 ^d	90.57 ± 0.09 ^b
	对照	4.53 ± 0.04 ^d	4.39 ± 0.09 ^c	51.91 ± 0.30 ^b	38.00 ± 0.71 ^c	0.49 ± 0.06 ^d	8.92 ± 0.13 ^d	90.40 ± 0.47 ^b
芝麻油	焙炒	9.20 ± 0.06 ^b	4.86 ± 0.02 ^b	35.82 ± 0.01 ^d	48.32 ± 0.24 ^a	0.53 ± 0.05 ^d	14.05 ± 0.04 ^b	84.67 ± 0.18 ^d
	对照	9.22 ± 0.08 ^b	4.90 ± 0.11 ^{ab}	35.85 ± 0.27 ^d	48.69 ± 0.30 ^a	0.57 ± 0.02 ^d	14.12 ± 0.04 ^b	85.11 ± 0.59 ^d

注:表中 SFA、UFA 分别表示饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸;同列不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

2.2.2 对甘三酯组成及含量的影响

5种植物油的高效液相色谱图如图1所示。



注:1. ECN36;2. ECN38;3. ECN40;4. ECN42;5. ECN44;6. ECN46;7. ECN48;8. ECN48

图1 不同植物油高效液相色谱图

根据安广杰^[27]、梁少华^[28]等对菜籽油和亚麻籽油甘三酯的研究,将菜籽油中含量最高的 OOO (14.82 min) 定性为 ECN48 分区,将亚麻籽油中含量最高的 OLnLn (10.59 min) 定性为 ECN40 分区,并结合 Ciftci 等^[29]的研究确定亚麻籽油中 LnLnLn 和 LLnLn 分别位于 ECN36 分区(9.21 min)、ECN38 分区(9.81 min)。根据赵新楠等^[30]对花生油的研究,确定花生油中含量最高的 OOL (13.5 min) 位于 ECN46 分区。依据葵花籽油和芝麻油中甘三酯的组成,结合 Wei^[31]、Endo^[32]、Sara^[33]、张东^[34]等的研究,确定出 ECN42 分区和 ECN44 分区。根据对图1的定性分析,确定甘三酯种类,并采用面积归一化法计算不同植物油甘三酯含量,结果见表3。

表3 焙炒处理对植物油甘三酯组成及含量的影响

甘三酯	菜籽油		亚麻籽油		花生油		葵花籽油		芝麻油	
	焙炒	对照								
LnLnLn	-	-	15.01 ± 0.04 ^a	15.03 ± 0.39 ^a	-	-	-	-	-	-
LLnLn	0.76 ± 0.02 ^b	0.74 ± 0.05 ^b	9.02 ± 0.00 ^a	9.16 ± 0.11 ^a	-	-	-	-	-	-
OLnLn	2.51 ± 0.21 ^b	2.40 ± 0.11 ^b	21.41 ± 0.49 ^a	21.48 ± 1.31 ^a	-	-	-	-	2.12 ± 0.03 ^b	2.05 ± 0.21 ^b
LOLn	-	-	13.44 ± 0.03 ^a	13.75 ± 0.16 ^a	-	-	-	-	-	-
LLL	6.62 ± 0.18 ^b	6.75 ± 0.06 ^b	-	-	4.69 ± 0.35 ^c	4.76 ± 0.28 ^c	12.34 ± 0.75 ^a	12.33 ± 0.64 ^a	13.27 ± 0.37 ^a	13.08 ± 0.09 ^a
OLnO	-	-	18.14 ± 0.04 ^a	18.37 ± 0.98 ^a	-	-	-	-	-	-
LLO	17.94 ± 1.32 ^c	17.99 ± 0.11 ^c	-	-	26.20 ± 0.04 ^a	26.42 ± 1.05 ^a	22.52 ± 1.07 ^b	21.89 ± 0.24 ^b	27.82 ± 1.15 ^a	27.51 ± 0.62 ^a
OOL	22.99 ± 0.11 ^c	23.67 ± 0.08 ^c	9.61 ± 0.48 ^c	9.71 ± 0.50 ^c	34.17 ± 0.11 ^a	34.22 ± 0.06 ^a	18.01 ± 0.11 ^d	18.45 ± 0.30 ^d	30.25 ± 0.24 ^b	30.36 ± 0.70 ^b
OOO	39.14 ± 0.32 ^a	39.66 ± 0.76 ^a	9.51 ± 0.06 ^c	9.82 ± 0.06 ^c	23.81 ± 0.11 ^c	22.14 ± 0.03 ^c	37.21 ± 1.53 ^b	36.85 ± 1.44 ^b	20.02 ± 0.28 ^d	19.68 ± 0.27 ^d
OOP	5.90 ± 0.04 ^b	5.86 ± 0.03 ^b	2.69 ± 0.02 ^d	2.67 ± 0.18 ^d	7.37 ± 0.45 ^a	7.28 ± 0.37 ^a	6.89 ± 0.11 ^a	6.90 ± 0.38 ^a	4.38 ± 0.06 ^c	4.20 ± 0.05 ^c
SOO	1.76 ± 0.01 ^b	1.65 ± 0.04 ^b	0.59 ± 0.04 ^c	0.61 ± 0.04 ^c	4.52 ± 0.01 ^a	4.56 ± 0.05 ^a	1.32 ± 0.04 ^c	1.41 ± 0.11 ^c	0.95 ± 0.01 ^d	1.01 ± 0.13 ^d

注:同行不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

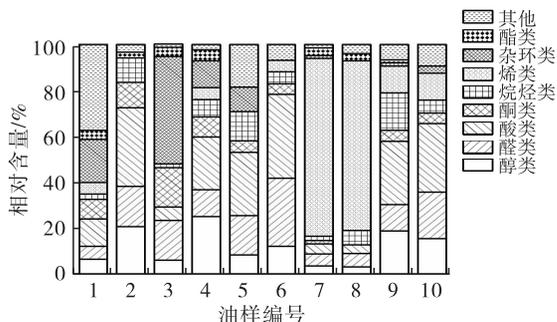
由表3可见,焙炒对植物油甘三酯组成和含量影响不显著($p > 0.05$),这与柴杰等^[35]研究结果一

致。另外通过分析不同植物油中甘三酯组成可知,菜籽油中甘三酯组成以 OOO 和 OOL 为主,葵花籽

油中以 OOO 和 LLO 为主,亚麻籽油中以 OLnLn 和 OLnO 为主,花生油和芝麻油中以 OOL 和 LLO 为主。另外,结合表 2 发现,植物油的脂肪酸组成与含量影响其甘三酯分布。

2.2.3 对挥发性组分的影响

气味是挥发性组分协同作用的结果,是植物油品质的重要评价指标。焙炒对挥发性组分的影响如图 2 所示。



注:1. 热榨菜籽油;2. 冷榨菜籽油;3. 热榨亚麻籽油;4. 冷榨亚麻籽油;5. 热榨花生油;6. 冷榨花生油;7. 热榨葵花籽油;8. 冷榨葵花籽油;9. 热榨芝麻油;10. 冷榨芝麻油

图2 焙炒处理对植物油挥发性组分的影响

由图 2 可见,焙炒对植物油挥发性组分影响较大,其主要原因是焙炒过程中发生了美拉德反应和脂肪酸氧化反应等^[36]。菜籽油、亚麻籽油和花生油中醇类物质在焙炒后减少,如热榨亚麻籽油中醇类物质含量较冷榨油低 76.13%,主要是正己醇、正辛醇等发生了变化,正己醇具有强烈的杏仁味和青草味,对香气贡献较大,其余醇类物质由于阈值较高,对香气贡献较小^[37]。热榨菜籽油、花生油和芝麻油中醛类物质较其冷榨油少,如热榨菜籽油中醛类物质含量较冷榨油少 11.86 百分点,主要是己醛、壬醛等发生了变化,醛类物质阈值较低,在含量较低时呈果香香气,在含量较高时具有刺鼻的油脂辛辣气味^[38]。除葵花籽油外,酸类物质在热榨油中较少,如热榨菜籽油酸类物质含量较冷榨油低 65.26%,主要是己酸和辛酸等发生了变化,虽然酸类物质在挥发性物质中占有一定比例,但因其阈值较高,因此对植物油气味贡献较小^[39]。酮类化合物一般被认为是不饱和脂肪酸的氧化降解产物,能够赋予植物油一定的果香气味^[40],除冷榨葵花籽油外,其他植物油中均含有酮类物质,其中菜籽油、亚麻籽油、花生油中均含有 3,5-辛二烯-2-酮,表现为蘑菇、泥土味^[41]。烷烃类物质阈值较高,大多香气较弱或者无味^[42]。烯类物质主要来自脂肪酸烷氧自由基的均裂^[43],葵花籽油中烯类物质较多,平均为 75.76%,且热榨油较冷榨油多 3.42 百分点,主要是蒽烯含量

增加所致,蒽烯是葵花籽油的特征香味物质,表现为松香味^[44]。除芝麻油外,杂环类物质在热榨油中较多,如热榨亚麻籽油杂环类物质含量较冷榨油多 35 百分点,主要是吡嗪等物质含量增加所致,吡嗪类化合物是美拉德反应的中间产物,具有强烈的香气,而且其香气透散性好,呈现一种烤香,类似坚果香和烘焙香的风味特征^[45]。除花生油外,其他植物油中均含有酯类物质,虽然酯类化合物在各植物油中所占比例不大,且种类和含量较少,但对植物油的整体气味有柔和作用^[46]。此外,热榨菜籽油的其他类中所含有的硫苷降解产物较冷榨油多,如 5-己腈在热榨油中占 6.46%,而冷榨油中未检出,此类物质是使其具有独特辛辣味的重要原因^[45]。

2.3 焙炒处理对植物油总酚的影响

植物油中总酚具有抗氧化、抗炎、抗血栓形成、抗动脉粥样硬化及舒张血管等功效,同时对油脂本身的氧化稳定性有积极作用。焙炒对植物油总酚含量的影响如图 3 所示。

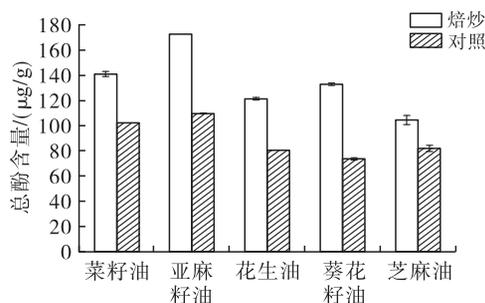


图3 焙炒处理对植物油总酚含量的影响

由图 3 可见,热榨菜籽油、亚麻籽油、花生油、葵花籽油和芝麻油中总酚含量分别是其冷榨油的 1.38、1.57、1.51、1.80 倍和 1.27 倍,这可能是油料细胞结构被破坏和结合酚类物质的释放所致^[2]。其中热榨亚麻籽油总酚含量最高,为 172.32 $\mu\text{g/g}$ 。另外,虽然焙炒热处理促进酚类物质向油相迁移,但大多数酚类物质依然存在于压榨饼中,因为它们在植物油中的溶解度有限^[47]。

3 结论

本文以油菜籽、亚麻籽、花生、葵花籽和芝麻 5 种油料为原料,研究了经焙炒处理和未经焙炒处理后液压榨法制得的热榨油与冷榨油在理化指标(酸值、过氧化值、水分及挥发物、色泽)、主体组分(脂肪酸组成及含量、甘三酯组成及含量、挥发性组分)和总酚含量上的差异。结果发现:①5 种油料经焙炒后所得植物油发生了一定程度氧化,其酸值、过氧化值较高,且植物油受美拉德反应影响色泽较深。其中热榨亚麻籽油酸值(KOH)最高(0.96 mg/g),

热榨菜籽油过氧化值最高(1.02 mmol/kg),色泽最深(R1.1, Y31)。②焙炒处理对植物油脂肪酸和甘三酯组成无显著影响($p > 0.05$),但对挥发性组分影响较大。焙炒处理后,菜籽油、亚麻籽油和花生油失去了正己醇等所呈现的杏仁味和青草味,而花生油、芝麻油和菜籽油随着醛类物质减少果香味降低。热榨油中杂环类物质较多,受吡嗪类物质的影响呈现出烤香、类似坚果香和烘焙香。③经焙炒所得热榨油中总酚含量是其冷榨油的1.27~1.80倍,说明焙炒提高了植物油的营养品质。因此,焙炒对植物油品质影响较大,应根据生产需要选择合适的预处理方式。

参考文献:

- [1] 彭洁, 陈甜甜, 潘亚瑜, 等. 浓香型菜籽油制备工艺的优化研究[J]. 食品与发酵科技, 2021, 57(2): 84-90.
- [2] SURI K, SINGH B, KAUR A, et al. Influence of microwave roasting on chemical composition, oxidative stability and fatty acid composition of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil [J/OL]. Food Chem, 2020, 326: 126974 [2021-11-05]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126974>.
- [3] 胡瑞芬. 基于BP神经网络的花生挤压膨化工艺参数优化[D]. 昆明:昆明理工大学, 2017.
- [4] 黄诚, 傅伟昌, 黄群, 等. 复合抗氧化剂对葵花籽油贮存期的影响[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(2): 79-83.
- [5] 戴洪平, 王兴国, 余春涛. 芝麻素的研究及开发[J]. 中国油脂, 2003, 28(6): 52-54.
- [6] MALDALAWEH A F, MANSOUR Z R. Sesamol, a major lignan in sesame seeds (*Sesamum indicum*): anti-cancer properties and mechanisms of action[J]. Eur J Pharmacol, 2019, 855: 75-89.
- [7] SALEEM T S, BASHA S D, MAHESH G, et al. Analgesic, anti-pyretic and anti-inflammatory activity of dietary sesame oil in experimental animal models [J]. Pharmacologia, 2011, 2(6): 172-177.
- [8] 张谦益, 熊巍林, 李敏丽, 等. 浓香菜籽油制取精制工艺实践[J]. 农产品加工:学刊, 2011(1): 80-81.
- [9] 朱晋莹, 朱跃进, 张士康, 等. 茶叶籽热处理对其压榨油品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(4): 369-374.
- [10] ZHANG Y, LI X, LU X, et al. Effect of oilseed roasting on the quality, flavor and safety of oil: a comprehensive review[J/OL]. Food Res Int, 2021, 150: 110791 [2021-11-05]. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110791>.
- [11] 谢蓝华, 周春灵, 李伟云, 等. 热榨法和冷榨法制取茶油的品质差异及其在护肤美容上的应用研究[J]. 农产品加工:学刊, 2010(7): 58-61, 65.
- [12] 杨金娥, 黄庆德, 周琦, 等. 冷榨和热榨亚麻籽油挥发性成分比较[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(3): 321-325.
- [13] 石太渊, 于淼, 韩艳秋. 不同方法提取的花生油品质分析研究[J]. 食品工业, 2017, 38(10): 158-161.
- [14] 张岩, 纪俊敏, 侯利霞, 等. 不同热处理葵花籽方式对葵花籽油品质的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 5-14.
- [15] 于杰, 周宇林, 刘元法, 等. 红外焙炒对菜籽油风味的影响机制[J]. 中国油脂, 2022, 47(1): 36-42.
- [16] 王楠楠, 汪学德, 刘宏伟, 等. 焙炒对压榨芝麻油品质及抗氧化活性的影响研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(9): 7-11.
- [17] 熊巍林, 邹燕娣, 金瑚, 等. 不同加热温度和时间对菜籽油中苯并(a)芘含量影响的研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(16): 25-28.
- [18] 王兴瑞, 韩玉泽, 李应霞, 等. 青海亚麻籽油脂肪酸指纹图谱构建及掺伪识别[J]. 中国油脂, 2021, 46(10): 82-87, 109.
- [19] 王兴瑞, 韩玉泽, 李应霞, 等. 青海亚麻籽油甘三酯指纹图谱构建及掺伪识别的研究[J]. 中国油脂, 2022, 47(5): 117-123.
- [20] 韩玉泽, 王兴瑞, 李应霞, 等. SPME-GC-MS分析与鉴别青海亚麻籽油挥发性组分[J]. 食品工业科技, 2021, 42(20): 255-260.
- [21] 赵丹, 汪学德, 张润阳, 等. 制油工艺对油脂品质的影响研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(6): 11-15.
- [22] 张亮, 李世刚, 曹培让, 等. 制油工艺对菜籽油微量成分和氧化稳定性的影响[J]. 中国油脂, 2017, 42(2): 1-6.
- [23] 葛林梅, 郜海燕, 陈杭君, 等. 加工工艺对香榧油脂氧化和抗氧化活性的影响[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(5): 42-46.
- [24] 王屋梁, 李凯, 杨晓宇, 等. 制油工艺对花生油品质的影响[J]. 中国油脂, 2019, 44(9): 21-25, 28.
- [25] 刘玉兰, 陈刘杨, 汪学德, 等. 芝麻品种和制油工艺对芝麻油品质的影响[J]. 中国油脂, 2010, 35(2): 6-10.
- [26] 李志晓, 金青哲, 叶小飞, 等. 制油工艺对油茶籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2015, 40(4): 47-51.
- [27] 安广杰, 侯冰冰, 王瑛瑶, 等. 超高效液相色谱法测定油脂中甘三酯组成[J]. 中国油脂, 2011, 36(5): 55-58.
- [28] 梁少华, 王金亚, 董彩文, 等. 亚麻籽和亚麻籽油理化特性及组成分析[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(12): 61-66.
- [29] CIFTCI O N, PRZYBYLSKI R, RUDZIŃSKA M. Lipid components of flax, perilla, and chia seeds [J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2012, 114(7): 794-800.

- [30] 赵新楠, 王秀嫔, 李培武, 等. 液相色谱-串联质谱法准确定量植物油中主要甘油三酯[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(3): 356-363.
- [31] WEI W, SUN C, JIANG W, et al. Triacylglycerols fingerprint of edible vegetable oils by ultra-performance liquid chromatography-Q-ToF-MS[J/OL]. LWT - Food Sci Technol, 2019, 112:108261 [2021-11-01]. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108261>.
- [32] ENDO Y, OHTA A, KIDO H, et al. Determination of triacylglycerol composition in vegetable oils using high-performance liquid chromatography: a collaborative study[J]. J Oleo Sci, 2011, 60(9):451-456.
- [33] CUNHA S C, OLIVEIRA M B P P. Discrimination of vegetable oils by triacylglycerols evaluation of profile using HPLC/ELSD[J]. Food Chem, 2006, 95(3): 518-524.
- [34] 张东, 龙伶俐, 薛雅琳, 等. 液质联用分析常见植物油甘油三酯[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(6): 33-37.
- [35] 柴杰, 金青哲, 薛雅琳, 等. 制油工艺对葵花籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2016, 41(4): 56-61.
- [36] 杨湄, 刘昌盛, 周琦, 等. 加工工艺对菜籽油主要挥发性风味成分的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(4): 551-557.
- [37] 魏长庆. 新疆胡麻油特征香气成分鉴别及其产生机制研究[D]. 江苏 无锡:江南大学, 2015.
- [38] 李亚茹. 多酚在高温条件下对茶油氧化稳定性的影响[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2019.
- [39] 高蓓, 章晴, 杨悠悠, 等. 固相微萃取-气质联用技术测定5种食用植物油挥发性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2846-2856.
- [40] 吴忠红, 裴龙英, 张健, 等. 亚临界提取甜瓜籽油风味与脂肪酸关系分析[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(10): 1791-1801.
- [41] 杨文鸽, 邓思瑶, 吕梁玉, 等. 电子束辐照前处理对梅鱼鱼糜凝胶挥发性成分的影响[J]. 农业机械学报, 2017, 48(9): 344-351.
- [42] 孙灵霞, 李苗云, 靳春杰, 等. 基于电子鼻和气质联用技术分析不同品牌道口烧鸡的香气差异性[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(6): 238-243.
- [43] 闫鉴, 兰天, 王家琪, 等. 基于电子鼻和气质联用技术分析市售牡丹籽油产品的香气差异性[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(19): 264-274.
- [44] BOCCI F, FREGA N. Analysis of the volatile fraction from sunflower oil extracted under pressure[J]. J Am Oil Chem Soc, 1996, 73(6):713-716.
- [45] 谢婧, 徐俐, 张秋红, 等. 顶空固相微萃取法提取菜籽油挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 281-285.
- [46] 高蓓, 章晴, 杨悠悠, 等. 固相微萃取-气质联用技术测定5种食用植物油挥发性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2846-2856.
- [47] VUJASINOVIC V, DJILAS S, DIMIC E, et al. The effect of roasting on the chemical composition and oxidative stability of pumpkin oil[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2012, 114(5): 568-574.

(上接第18页)

- [13] 周洋. 加工对亚麻籽油有益脂质伴随物和抗氧化能力的影响[D]. 江苏 无锡:江南大学, 2018.
- [14] 武家琪. 精炼工艺对高酸值米糠油谷维素含量及色泽的影响研究[D]. 沈阳:沈阳师范大学, 2020.
- [15] 任我行, 刘玉兰, 徐建国. 不同工艺制取亚麻籽油的品质差异分析[J]. 粮食与食品工业, 2017, 24(1): 3-7.
- [16] 于坤, 禹晓, 程晨, 等. 制油工艺对亚麻籽油品质及脂质伴随物含量的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(16): 233-243.
- [17] CIFTCI O N, PRZYBYLSKI R, MAGDALENA R, et al. Lipid components of flax, perilla, and chia seeds[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2012, 114(7): 794-800.
- [18] 秦玉川, 刘本同, 薛锦松, 等. 冷榨法与热榨法制取山茶油品质差异研究[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(5): 97-104.
- [19] 韩玉泽, 王兴瑞, 李应霞, 等. SPME-GC-MS分析与鉴别青海亚麻籽油挥发性组分[J]. 食品工业科技, 2021(20): 255-260.
- [20] 师瑞, 尹文婷, 马雪婷, 等. SDE-GC-O-MS鉴定浓香葵花籽油香气活性物质[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(8): 113-117.
- [21] 杨金娥, 黄庆德, 郑畅, 等. 烘烤温度对压榨亚麻籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2011, 36(6): 28-31.
- [22] 刘国艳, 李思童, 梁丽, 等. 油茶籽油不同形态酚类化合物的抗氧化互作关系[J]. 食品科学, 2021, 42(11): 34-39.
- [23] IYEUN L, EUNOK C. Effects of phospholipids on the antioxidant activity of α -tocopherol in the singlet oxygen oxidation of canola oil[J]. New Biotechnol, 2011, 28(6): 691-697.
- [24] 唐琳琳, 桑英, 陈思睿, 等. 不同提取方法的红树莓籽油品质及体外抗氧化活性对比[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 80-88.
- [25] 李志晓, 金青哲, 黄健花, 等. 制油工艺对油茶籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2015, 40(4): 47-51.