

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.05.018

精炼过程对大花黄牡丹籽油品质及氧化稳定性的影响

张超奇, 兰小中, 袁 雷, 阚金涛, 钟政昌✉

(西藏农牧学院 食品科学学院, 西藏 林芝 860000)

摘 要: 为了探究不同制油过程对大花黄牡丹籽油品质及氧化稳定性的影响, 对大花黄牡丹籽油理化特性, 氧化稳定性和脂肪酸成分进行检测, 对比分析精炼过程对大花黄牡丹籽油品质及氧化稳定性的影响。实验结果表明, 碘价在脱色后为 140 g I/100 g, 酸价脱酸后为 0.36 mgKOH/g, 过氧化值脱酸后为 1.89 mmol/kg, 再经脱色后为 0.76 mmol/kg, 皂化值在脱臭后为 182 mg/g, 且都存在显著性差异 ($P<0.05$), 而折光指数没有明显变化, 不存在显著影响; 油脂氧化稳定性的顺序为: 脱胶油>毛油>脱臭油>脱酸油>脱色油; 脱胶和脱臭这两个工序分别对牡丹籽油的硬脂酸和棕榈酸两种成分有显著影响 ($P<0.05$), 其他成分无显著性差异。

关键词: 大花黄牡丹籽油; 精炼; 理化特性; 脂肪酸; 氧化稳定性

中图分类号: TS201.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)05-0125-06

Study on the Effect of Refining Process on the Quality and Oxidation Stability of *Paeonia ludlowii* Seed Oil

ZHANG Chao-qi, LAN Xiao-zhong, YUAN Lei, KAN Jin-tao, ZHONG Zheng-chang✉

(Food Science College, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Nyingchi, Tibet 860000, China)

Abstract: To explore the effects of different oil producing processes on the quality and oxidation stability of *Paeonia ludlowii* seed oil. The physical and chemical characteristics, oxidation stability and fatty acid composition of *Paeonia ludlowii* seed oil were tested, and the effects of different refining processes on the quality and oxidation stability of *Paeonia ludlowii* seed oil were analyzed. The results showed that the iodine value after decolorization was 140 g I/100 g, the acid value after deacidification was 0.36 mgKOH/g, the peroxide value was 1.89 mmol/kg and 0.76 mmol/kg after deacidification and decolorization respectively, and the saponification value was 182 mg/g after deodorization, all of them had significant differences ($P<0.05$), while the refractive index did not change significantly and had no significant influence. The order of oil oxidation stability is: degumming oil > crude oil > deodorization oil > deacidification oil > decolorization oil; Degluing and deodorization had significant effects on the stearic acid and palmytic acid components in *Paeonia ludlowii* seed oil respectively ($P<0.05$), while there was no significant difference in other components.

Key words: *Paeonia ludlowii* seed oil; refining; physicochemical properties; fatty acid; oxidaxion stability

收稿日期: 2020-03-11

基金项目: 西藏自治区科技计划项目 (XZ201901NA04); 西藏野生特色生物资源开发平台建设 (PT2015-01); 西藏食品科学与工程重点学科建设 (2017ZDXK-01); 西藏自治区特色农产品加工与贮藏团队建设项目 (2018KYTD-02)。

作者简介: 张超奇, 男, 1993 年出生, 在读硕士生, 研究方向为特色植物资源活性物质的研究。

通讯作者: 钟政昌, 男, 1975 年出生, 副教授, 研究方向为植物食品资源评价与利用研究。

大花黄牡丹 (*Paeonia ludlowii*) 为西藏特有植物, 主要分布于西藏林芝市海拔 2 900~3 200 的雅鲁藏布江河谷及山坡边缘^[1-2], 属国家一级保护植物、目前处于极危状态^[3], 大花黄牡丹籽油可作为开发油用牡丹的新资源, 具有一定的开发价值^[4-5], 据有关资料记载, 大花黄牡丹仅生长在我国西藏的米林、林芝、波密、察隅、隆子等县, 分布区狭窄, 在西藏, 野生大花黄牡丹现仅存 6 000~7 000 丛 (株)^[6], 呈逐年减少趋势。目前对于大花黄牡丹的研究主要集中在根皮上, 也有人曾分析过牡丹籽油中脂肪酸的组成成分, 而对于大花黄牡丹籽油的加工工艺及其理化特性的研究相对较少。大花黄牡丹新鲜种子千粒重达 1.3 kg 左右^[7]。牡丹籽油中不饱和脂肪酸含量较高, 其中亚麻酸、亚油酸、油酸分别占比为 35.70%、22.19%和 27.14%^[8]。亚麻酸和亚油酸是人体健康的必需脂肪酸, 并具有多种生理效应^[9]。 α -亚麻酸具有降血脂^[10]、减肥^[11]、预防心血管疾病^[12]、抵抗癌症^[13]抗氧化^[14]等功能。亚油酸有抑制胆固醇合成, 调节血压等功能^[15], 且油酸在医药行业也具有一定潜力^[16], 因此对大花黄牡丹籽油进行精炼并测定其相应成分, 是很有必要的。本研究探讨了不同处理过程对大花黄牡丹籽油脂肪酸及理化特性的影响, 有望能探讨出一种对牡丹籽油优势单体成分或某种理化指标破坏较少的更有效合理的精炼工艺, 为后期采取更有效的精炼措施提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牡丹籽, 2018 年 10 月采于西藏自治区林芝市米瑞乡, 经西藏农牧学院食品科学学院兰小中教授鉴定为大花黄牡丹种子, 大花黄牡丹种子采用手工剥壳后得牡丹籽仁, 后经粉碎、烘干后使用。

正己烷、氯仿、无水乙醇、盐酸、三氯甲烷、冰乙酸、氢氧化钠、硫代硫酸钠、氢氧化钾、活性炭: 青岛中科泰达经贸有限公司; 水为超纯水、正己烷 (色谱纯)、乙酰氯、正庚烷 (色谱纯)、甲醇 (色谱纯)、无水硫酸钠、碳酸钠。以上试剂

除另有说明外均为分析纯。

1.2 仪器与设备

Thermo Trace GC Ultra—DSQ II 气相色谱质谱联用仪: 美国热电公司; GWA-UN 超纯水仪: 北京普析通用仪器有限责任公司; AL204-IC 分析天平, 感量为 0.000 1 g: 梅特勒-托利多仪器有限公司; GJ881-4 电热烘箱: 上海-恒科学仪器有限公司; LYNX4000 高速离心机: 赛默飞世尔科技有限公司; SHA-B 水域恒温振荡器: 金坛市诺艺实验仪器厂; VELP OXITEST 油脂氧化分析仪 (VELP scientifica srl): 意大利; R-1001VN 旋转蒸发器: 郑州长城科技工贸有限公司; 电热恒温水浴锅、2WJ 型阿贝折射仪: 上海光学仪器五厂; XLW-1500Y 粉碎机: 永康鑫龙威工贸有限公司。

1.3 方法

1.3.1 牡丹籽油的主要理化指标分析

碘值: 参照 GB/T 5532—2008 方法测定^[17]; 过氧化值: 参照 GB 5009.227—2016 方法测定^[18]; 皂化值: 参照 GB/T 5534—2008 方法测定^[19]; 折光指数: 参照 GB/T 5527—2010 方法测定^[20]; 酸价: 参照 GB 5009.229—2016 方法测定^[21]。

1.3.2 脂肪酸成分分析

1.3.2.1 GC-MS 条件 色谱柱: HP-wax; 柱长: 30 cm; 内径: 0.25 mm; 膜厚: 0.25 μ m。进样口温度: 270 $^{\circ}$ C。程序升温: 初始柱温 40 $^{\circ}$ C, 保持 1 min, 以 7 $^{\circ}$ C/min 升温至 210 $^{\circ}$ C, 保持 5 min, 再以 1.5 $^{\circ}$ C/min 升温至 240 $^{\circ}$ C。载气: 高纯氮 (纯度 >99.999%), 流速: 1.0 mL/min。进样方式: 不分流进样。进样量: 1 μ L。质谱参考条件: 电离方式: 电子轰击电离源 (EI); 电离能量: 70 eV; 传输线温度: 280 $^{\circ}$ C; 离子源温度: 230 $^{\circ}$ C; 溶剂延迟: 5 min; 扫描方式: 选择离子扫描 (SIM)。

1.3.2.2 样品处理 样品甲酯化称取样品 0.5 g 置 50 mL 离心管, 加入 5 mL 正己烷, 加入 15 mL 的 10% 乙酰氯-甲醇溶液, 瓶口封死, 在 80 $^{\circ}$ C 水浴反应 2 h, 每隔 20 min 振摇 1 次, 取出冷却室温, 加入 6% 碳酸钠 10 mL, 再加入 5 mL 正己烷, 在振荡仪振摇 30 min, 取出上清液过 0.22 μ m 滤

膜, 浓度过高时再稀释 100 倍后待测。空白实验: 除不加试样外, 均按样品处理。

1.3.3 精炼工艺

工艺流程为: 溶剂毛油→脱胶→脱酸→脱色→脱臭。

1.3.3.1 牡丹籽油的提取 将 100 g 经去皮粉碎烘干的牡丹仁粉置入 500 mL 的烧瓶中, 精确称取 50 g 左右经去皮粉碎烘干的牡丹仁粉, 用经脱脂处理过的滤纸包好加入一定比例的石油醚, 放入索氏抽提器中, 在 69 °C 恒温水浴中萃取 8~10 h, 后经旋转蒸发得牡丹籽毛油。

1.3.3.2 脱胶处理 参考何东平^[22-23]等方法脱胶, 方法稍做改变, 在搅拌下加热毛油至 50 °C, 按油重 4% 加入沸水中, 快速搅拌 15 min, 升温至 80 °C, 停止搅拌, 快速离心, 分离除去下层水和胶质, 得脱胶油。

1.3.3.3 脱酸处理 采用张彬^[24]等方法, 最后快速离心, 分层, 得脱酸油。

1.3.3.4 脱色处理 采用活性炭进行脱色, 将脱酸油置于烧杯中, 在搅拌下加热, 将油温升高至 110 °C 左右, 且油中水分去尽, 加入油重 6% 的活性炭, 快速搅拌 25 min, 趁热过滤, 即得脱色油, 目前油

脂工业中使用广泛的脱色方法是吸附脱色法^[25]。

1.3.3.5 脱臭处理 在 0.1 MPa 的真空条件下脱臭, 将脱色油加热至一定温度, 将少量蒸馏水通入油的底部, 并调整转速, 使油温保持在该温度下脱臭至数小时, 油脂无异味, 停止加热, 破真空, 将油放出, 得成品油。

1.3.4 牡丹籽油氧化稳定性测定

采用油脂氧化分析仪分别对不同处理的牡丹籽油测定它们在 90 °C 的诱导期 (induction period)。测定的条件: 样品用量 5~10 g; 氧气压力为 0.6 MPa; 达到设定的温度开始测定。

1.3.5 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析, 数据以 $X \pm SD$ 表示, 显著性 $P < 0.05$, 用 Origin 8.1 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同精炼过程对大花黄牡丹籽油理化特性的影响

牡丹籽油精炼过程中的主要理化特性变化分析按照测定理化特性的指标, 每精炼一步测定一次, 结果见表 1。

表 1 牡丹籽油精炼过程中主要理化指标测定结果

理化特性 Physical and chemical properties	碘价 /(g I/100g) iodine value	酸价 /(mgKOH/g) acid value	过氧化值 /(mmol/kg) peroxide value	皂化价 /(mg/g) saponification value	折光指数 n ₂₀ ^{°D} refractive index
毛油	153±1.67 ^{ab}	1.53±0.04 ^a	0.61±0.01 ^c	183.99±1.98 ^c	1.47±0.01 ^a
脱胶	154±1.60 ^a	1.48±0.04 ^a	0.83±0.01 ^b	188.52±1.56 ^b	1.47±0.01 ^a
脱酸	154±1.63 ^{ab}	0.36±0.01 ^b	1.89±0.09 ^a	187.40±1.21 ^b	1.47±0.01 ^a
脱色	140±1.66 ^b	0.33±0.01 ^b	0.76±0.01 ^{bc}	193.33±2.53 ^a	1.47±0.01 ^a
脱臭	145±1.71 ^b	0.29±0.01 ^b	0.68±0.01 ^c	182.28±2.26 ^c	1.47±0.01 ^a

注: 不同的小写字母 (a~c) 表示同一列两组数据之间差异性显著 ($P < 0.05$)

碘价在脱色后降低为 140 g I/100 g, 且存在显著性差异, 酸价主要是在经过脱酸后降低为 0.36 mgKOH/g, 原因是由于碱炼过程中, 碱中和了油脂中游离的脂肪酸, 皂化后与油脂分离。过氧化值在脱酸后升高为 1.89 mmol/kg, 而在脱色后又降低为 0.76 mmol/kg, 主要是因为脱酸后在水洗干燥时, 由于温度高, 没有采用真空干燥, 导致牡丹籽油中的游离脂肪酸在高温条件下被氧

化分解, 这和鲁大伟^[26]等研究结果类似。皂化值在脱臭后显著降低为 182 mg/g, 原因可能是由于在高真空条件下, 小分子脂肪酸被脱除, 较脱色后显著降低, 且存在显著性差异 ($P < 0.05$), 折光指数没有明显变化, 说明对油脂进行精炼对其性质影响很小, 不存在显著影响。白喜婷等^[27]证实牡丹籽油在脱胶和脱酸后, 胶体含量和酸价明显降低, 这和本研究结果一致。

2.2 不同精炼过程牡丹籽油氧化稳定性比较

氧化稳定性以油脂氧化诱导期表示。不同处理下的牡丹籽油氧化稳定性测定结果见图 1。

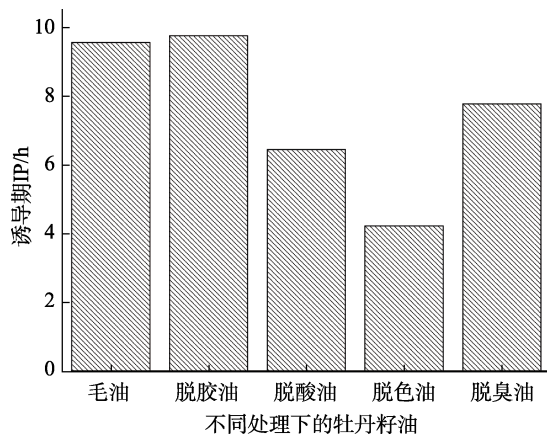


图 1 不同处理下的牡丹籽油与诱导期关系图

图 1 为不同精炼过程下的牡丹籽油氧化稳定性差异, 第四步脱色油的 IP 值相比较而言最低。由图 1 可知, 牡丹籽油依次精炼之后, IP 值从 9.56~9.75 小幅度上升, 接着 IP 值从 9.75 骤然下降为 4.23, 到最后一步 IP 值从 4.23 上升到 7.78, 可能是较高的碱炼温度造成油脂抗氧化物质的损失, 油脂中的天然色素如维生素 E 等某些抗氧化成分易在脱色过程中被除去, 大大影响了油脂的品质^[28], 而且活性炭用量过多, 也会造成氧化稳定性降低, 而在脱臭后 IP 值增加, 可能是真空干燥有避免此类副作用发生的效果。Szydłowska-Czerniak Aleksandra^[29]等和曹万新^[30]得出类似结论: 精炼过程会导致油脂抗氧化能力, 酚类物质含量等都会在不同程度上降低, 其中脱色过程

损失最为严重。这和本研究结果一致, 有文章得出对种子进行烘焙会影响其氧化稳定性^[31]的结论, 因此这也有可能是对牡丹籽进行烘干的原因。

2.3 不同精炼过程下牡丹籽油脂肪酸成分变化分析

将精炼过程中不同处理阶段的油样按照 1.3.2 的方法处理, 进行 GC-MS 分析, 牡丹籽毛油的总离子流图见图 2。

从表 2 可以看出, 牡丹籽油中饱和脂肪酸在精炼油中约占 12.49%, 不饱和脂肪酸约占 87.51%。在不饱和脂肪酸中以亚麻酸、油酸和亚油酸为主, 油酸含量最高约占 42.25%, 亚麻酸次之约占 29.44%, 亚油酸约占 15.29%。另外, 由表 2 数据分析可知, 牡丹籽油精炼过程中, 硬脂酸、二十一烷酸和二十二酸在脱胶工序中脂肪酸含量有较小变化, 棕榈酸在脱臭工序中脂肪酸含量从 9.12% 下降到 8.91%, 有显著性差异 ($P < 0.05$), 其他脂肪酸含量变化不大, 差异不显著 ($P > 0.05$)。从本研究可看出脂肪酸成分中油酸含量占比最高, 及棕榈酸脂肪酸含量在脱臭工序中发生变化, 这与鲁大伟^[26]和白喜婷^[27]等的分析稍有不同, 可能是由于牡丹产地和周围环境等的不同。牡丹籽油脂肪酸组成共有 20 种, 主要为亚麻酸, 亚油酸, 油酸, 棕榈酸, 硬脂酸, 以牡丹籽毛油脂肪酸成分含量来说, 本研究和冯西娅等^[32]做出的分析差异较大, 很有可能是生活环境差异的原因。

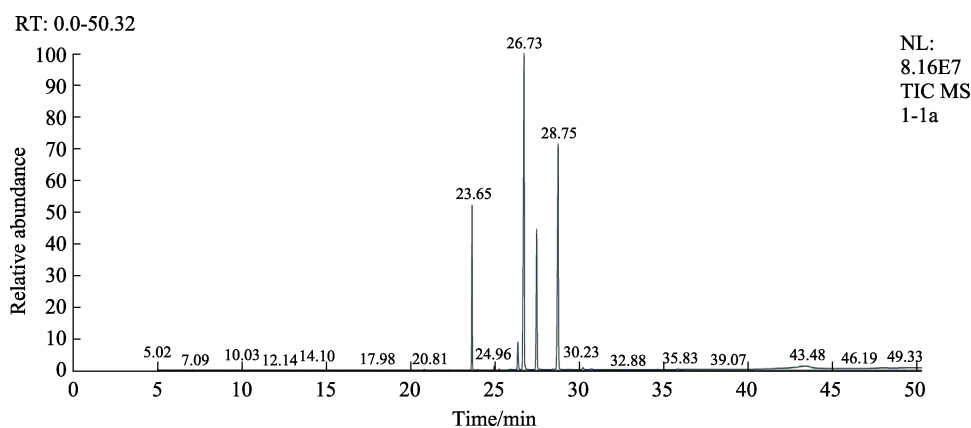


图 2 牡丹籽油的总离子流图

表 2 牡丹籽油精炼过程中不同处理阶段脂肪酸组成及含量

脂肪酸成分/% Fatty acid composition	不同处理阶段的油样 Different oil samples					保留时间 /min RT
	毛油 crude oil	脱胶油 degummed	脱酸油 de-acid	脱色油 Bleaching	脱臭油 Deodorization	
癸酸	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	14.36
十一(烷)酸	0.03±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	16.09
月桂酸	0.05±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b	0.05±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b	0.05±0.00 ^a	17.74
十三(烷)酸	0.05±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b	0.05±0.00 ^a	0.05±0.00 ^a	0.05±0.00 ^a	19.31
肉豆蔻酸	0.11±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	20.81
十五(烷)酸	0.09±0.00 ^a	0.08±0.00 ^a	0.09±0.00 ^a	0.09±0.00 ^a	0.09±0.00 ^a	22.25
棕榈酸	9.05±0.10 ^{bc}	9.13±0.11 ^a	9.12±0.12 ^a	8.91±0.09 ^c	8.85±0.09 ^d	23.65
棕榈油酸	0.14±0.02 ^a	0.14±0.01 ^a	0.14±0.01 ^a	0.14±0.01 ^a	0.15±0.02 ^a	23.99
珍珠酸	0.33±0.02 ^a	0.31±0.03 ^a	0.32±0.01 ^a	0.31±0.01 ^a	0.33±0.02 ^a	24.96
硬脂酸	1.88±0.04 ^b	1.93±0.09 ^a	1.86±0.07 ^b	1.89±0.02 ^b	1.83±0.09 ^b	26.36
油酸	41.36±0.11 ^a	41.03±0.05 ^a	41.48±0.02 ^a	41.28±0.04 ^a	42.25±0.07 ^a	26.73
亚油酸	15.75±0.10 ^a	16.02±0.06 ^a	15.66±0.09 ^a	15.89±0.02 ^a	15.29±0.02 ^a	27.48
α-亚麻酸	29.67±0.15 ^a	29.90±0.18 ^a	29.65±0.24 ^a	29.84±0.12 ^a	29.44±0.17 ^a	28.75
二十酸	0.35±0.12 ^a	0.32±0.02 ^a	0.34±0.07 ^a	0.34±0.04 ^a	0.35±0.02 ^a	30.23
二十碳烯酸	0.28±0.01 ^a	0.23±0.07 ^a	0.26±0.01 ^a	0.26±0.02 ^a	0.27±0.02 ^a	30.74
二十碳二烯酸	0.15±0.01 ^a	0.13±0.09 ^a	0.15±0.10 ^a	0.14±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	32.01
二十一烷酸	0.15±0.01 ^a	0.12±0.01 ^b	0.15±0.01 ^a	0.14±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a	32.88
二十二酸	0.20±0.05 ^a	0.17±0.01 ^b	0.19±0.02 ^a	0.19±0.02 ^a	0.21±0.04 ^a	35.83
二十三碳酸	0.16±0.02 ^a	0.14±0.02 ^a	0.16±0.04 ^a	0.16±0.01 ^a	0.17±0.02 ^a	39.07
二十四烷酸	0.19±0.08 ^a	0.16±0.12 ^a	0.18±0.02 ^a	0.18±0.01 ^a	0.19±0.02 ^a	42.54

注：不同的小写字母 (a-c) 表示同一行两组数据之间差异性显著 ($P < 0.05$)

3 结论

本研究探究不同精炼过程对大花黄牡丹籽油品质及氧化稳定性的影响。结果发现脱色过程对碘价影响较大,脱酸后油脂酸价降低明显,过氧化值在脱酸后明显升高,在脱色后又显著降低,这说明过氧化值的降低主要在脱色过程,皂化值在脱色过程降低,且都存在显著性差异 ($P < 0.05$),而折光指数没有较大变化,说明对油脂进行精炼对折光指数影响很小;依次精炼油脂后,其氧化稳定性浮动较大,我们发现油脂在经过脱酸和脱色之后,氧化稳定性显著降低,油脂精炼过程做到第二步脱胶工序或者做到第五步脱臭工序最好,这样才能最大限度的维持油脂稳定性;而脱胶和脱臭这两个工序分别对牡丹籽油的硬脂酸和棕榈酸两种成分有显著影响 ($P < 0.05$),其他成分不存在显著性差异。综上,后期调整精炼过程的顺序,再观察大花黄牡丹籽油品质及氧化稳定性的变化,也是很有必要的。精炼工艺应根据牡丹籽油品质选择合适的精炼步骤,以最大限度

地保留优势成分,本研究可为牡丹籽油的品质研究提供基础数据,以期开发出更好的精炼工艺。

参考文献:

- [1] 珍珠,卢杰,郑维列. 大花黄牡丹种群不同丛级点格局分析[J]. 四川林勘设计, 2015(3): 45-49+27.
- [2] 李杰,旦真次仁,许晓嘉,等. 西藏大花黄牡丹花朵氨基酸组成和矿质元素比较分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(6): 1058-1063.
- [3] 傅立国. 中国植物红皮书—稀有和濒危植物(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 532-533
- [4] 曾秀丽,张姗姗,杨勇,等. 西藏不同居群大花黄牡丹的种子油脂成分分析[J]. 四川农业大学学报. 2015(3): 44-47.
- [5] 李杰,旦真次仁,许晓嘉,等. 西藏大花黄牡丹花朵氨基酸组成和矿质元素比较分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学). 2017(6): 109-114.
- [6] 杨小林,罗健,鲍隆友. 濒危植物大花黄牡丹种群结构与分布格局[J]. 西南林学院学报, 2006, 26(6): 6-9.
- [7] 杨小林,王秋菊,兰小中,等. 濒危植物大花黄牡丹(Paeonia ludlowii)种群数量动态[J]. 生态学报, 2007(3): 1242-1247.
- [8] 戚军超,周海梅,马锦琦,等. 牡丹籽油化学成分 GC-MS 分析[J]. 粮食与油脂, 2005(11): 23-24.
- [9] 王顺利,任秀霞,薛璟祺,等. 牡丹籽油成分、功效及加工工艺的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(3): 139-146.
- [10] CABOUT M, ALSSEMA M, NIJPELS G, et al. Circulating

- linoleic acid and alpha-linolenic acid and glucose metabolism: the Hoorn Study[J]. *European Journal Of Nutrition*, 2017, 56: 2171-2180.
- [11] LEI S, HUANG F J, ZHAO A H. The ratio of dihomo-g-linolenic acid to deoxy cholic acidspecies is a potential biomarker for the metabolic abnormalities in obesity[J]. *FASEB Journal*, 2017, 31(9): 3904-3912.
- [12] SHOHEI O, TETSURO M. Decreased circulating dihomo-gammalinolenic acid levels are associated with total mortality in patients with acute cardiovascular disease and acutedecompensated heart failure[J]. *Lipids in Health and Disease*, 2017, 16: 150-157.
- [13] HIROSHI H, TAISUKE K. Alpha-linolenic acidenriched diacylglycerol oil does not promote tumor development in tongue and gastrointestinal tract tissues in amedium-term multi-organ carcinogenesis bioassay using male F344rat[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2017, 106: 185-192.
- [14] HAN X M, WU S X, WU M F, et al. Antioxidant effect of peony seed oil on aging mice.[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2017, 26: 1703-1708.
- [15] HEGSTED D M, MCGANDYR B, MYERS M L, et al. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man.[J]. *American Journal Of Clinical Nutrition*, 1965, 17: 281-95.
- [16] 郭霞, 陶华东, 王晓辉. 油酸的生产工艺及应用[J]. *广州化工*, 2017(24):16-18+35.
- [17] 动植物油脂碘值的测定: GB/T 5532—2008[S].
- [18] 食品安全国家标准食品中过氧化值的测定: GB 5009.227—2016[S].
- [19] 动植物油脂皂化值的测定: GB/T 5534—2008[S].
- [20] 动植物油脂折光指数的测定: GB/T 5527—2010[S].
- [21] 食品安全国家标准食品中酸价的测定: GB 5009.229—2016[S].
- [22] 何东平. 油脂精炼与加工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 27-29, 40-43.
- [23] 王兴宏, 马绍英, 李秉建, 等. 牡丹籽油提取工艺与精炼工艺的优化[J]. *核农学报*, 2019, 33(8): 1559-1568.
- [24] 张彬, 李福星, 陆豫周, 等. 樟树籽核仁油的精炼实验研究[J]. *江西食品工业*, 2004(4): 23-24.
- [25] 樊永康, 项婷, 王微, 等. 牡丹籽油营养成分及加工工艺研究进展[J]. *食品与机械*, 2018, 34(10): 196-201.
- [26] 鲁大伟, 胡胜甜, 周恒, 等. 牡丹籽油精炼过程中主要理化指标变化研究[J]. *安徽农学通报*, 2017, 23(22): 112-115.
- [27] 白喜婷, 朱文学, 罗磊, 等. 牡丹籽油的精炼及理化特性变化分析[J]. *食品科学*, 2008(8): 351-354.
- [28] 郑翠翠, 刘军, 邹宇晓, 等. 油脂加工过程中氧化稳定性的研究进展[J]. *中国油脂*, 2014, 39(7): 53-57.
- [29] SZYDŁOWSKA-CZERNIAK A, TROKOWSKI K, KARLOVITS G, et al. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils.[J]. *Food Chemistry*, 2011, 129: 1187-92.
- [30] 曹万新, 孟橘, 陈吉江, 等. 精炼过程中玉米油甾醇含量的变化[J]. *中国油脂*, 2009, 34(8): 16-18.
- [31] RÓŻAŃSKA M B, KOWALCZEWSKI P Ł, TOMASZEWSKA-GRAS J, et al. Seed-roasting process affects oxidative stability of cold-pressed oils.[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2019, 8.
- [32] 冯西娅, 黄威, 索化夷, 等. 牡丹籽油甘油三酯结构及理化特性分析[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 21: 262-267. 完

· 公益宣传 ·

《粮食加工》2021 年征订启事

《粮食加工》杂志创刊于 1976 年, 1992 年为中文核心期刊, 被《中国知网》数据库长年收录, 并以其学术性与实用性结合、内容详实、信息量丰富、发行面广、印刷精美, 在全国粮食行业具有很大的影响力。刊物主要栏目有粮食经济论坛、小麦加工、稻米加工、玉米及小杂粮加工、粮食加工设备、粮食深加工、食品研究与开发、粮食物流与仓储及粮情检测分析等。

《粮食加工》为国内外公开发行, 双月刊(逢双月 1 日出版), 8 元/期, 全年定价: 48 元。国际标准 A4 开本, 全国各地邮局均可订阅。CN61-1422/TS, 邮发代号: 52-202, 海外发行代号: BM2990。请直接搜索、添加粮食加工微信公众号。

地 址: 西安市莲湖区劳动路 138 号《粮食加工》杂志社

电 话: 029-88648175 传 真: 029-88631191

邮 编: 710082

E-mail: xibu98@sina.com lsjg2004@126.com

微信公众号: 粮食加工 杂志

网 址: Http://www.lsjg.cn