

制油工艺对三叶木通籽油活性成分及抗氧化活性的影响

Effects of different processes on active components and antioxidant activities of *Akebia trifoliata* seed oil

高晓龙^{1,2} 徐 巍² 李 颖^{1,3} 周 敏⁴

GAO Xiaolong^{1,2} XU Wei² LI Ying^{1,3} ZHOU Min⁴

(1. 暨南大学, 广东 广州 510632; 2. 中山市技师学院, 广东 中山 528400; 3. 广东省油料生物炼制与营养安全国际联合研究中心, 广东 广州 510632; 4. 广东省科学院测试分析研究所, 广东 广州 510070)

(1. Jinan University, Guangzhou, Guangdong 510632, China; 2. Zhongshan Technician College, Zhongshan, Guangdong 528400, China; 3. Guangdong International Joint Research Center for Oil Biorefinery and Nutritional Safety, Guangzhou, Guangdong 510632, China; 4. Institute of Analysis, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510070, China)

摘要:目的:比较不同制油工艺对三叶木通籽油活性成分及氧化活性的影响。方法:以三叶木通籽为原料,采用冷榨法、热榨法、超临界 CO₂ 萃取法和浸提法 4 种油脂制取工艺分别制备三叶木通籽油,分析其脂肪酸组成、活性成分(类胡萝卜素、生育酚、多酚、黄酮)含量,以及其清除 DPPH 自由基的能力。结果:4 种工艺制得的三叶木通籽油脂肪酸组成相近,其中棕榈酸含量在 20.62%~21.42%,硬脂酸含量在 2.68%~3.08%,油酸含量在 47.03%~47.37%,亚油酸含量在 27.75%~28.07%,其他脂肪酸含量则均未超过 0.5%;在活性成分含量方面,冷榨法制取的三叶木通籽油总生育酚、黄酮和多酚含量均最高,分别达到了 349.05, 103.37, 51.78 mg/kg,而浸提法制取的三叶木通籽油总生育酚、黄酮和多酚含量则显著低于其他 3 种提取方法,仅 220.24, 57.73, 23.45 mg/kg;在 DPPH 自由基清除能力方面,冷榨法三叶木通籽油的清除效果最佳、浸提法最差。结论:三叶木通籽油富含油酸和亚油酸,且具有清除 DPPH 自由基能力。

关键词:三叶木通; 籽油; 冷榨法; 热榨法; 超临界 CO₂ 萃取法; 浸提法; 活性成分; 抗氧化活性

Abstract: **Objective:** To compare the effects of different oil preparation processes on the active ingredients and oxidation activity of *Akebia trifoliata* seed oil. **Methods:** *Akebia trifoliata*

seed oil was prepared from *Akebia trifoliata* seed by four oil extraction processes: cold pressing, hot pressing, supercritical CO₂ extraction and extraction. The fatty acid composition, active ingredients (carotenoids, tocopherols, polyphenols, flavonoids) and DPPH free radical scavenging capacity of *Akebia trifoliata* seed oil were analyzed. **Results:** The fatty acid composition of *Akebia trifoliata* seed oil prepared by the four processes was similar. The content of palmitic acid was 20.62%~21.42%, the content of stearic acid was 2.68%~3.08%, the content of oleic acid was 47.03%~47.37%, the content of linoleic acid was 27.75%~28.07%, and the content of other fatty acids did not exceed 0.5%; In terms of the content of active components, the content of total tocopherol, flavonoids and polyphenols in *Akebia trifoliata* seed oil prepared by cold pressing was the highest, reaching 349.05, 103.37 and 51.78 mg/kg respectively, while the content of total tocopherol, flavonoids and polyphenols in *Akebia trifoliata* seed oil prepared by extraction was significantly lower than that of the other three extraction methods, only 220.24, 57.73 and 23.45 mg/kg; In terms of DPPH free radical scavenging capacity, cold pressing *Akebia trifoliata* seed oil has the best scavenging effect, and the extraction method is the worst. **Conclusion:** *Akebia trifoliata* seed oil is rich in oleic acid and linoleic acid, and has the ability of scavenging DPPH free radicals. It can be used as food ingredients, cosmetics and pharmaceutical base oils.

Keywords: *Akebia trifoliata*; seed oil; cold-pressed; hot-pressed; supercritical carbon dioxide extraction; solvent extraction; active ingredients; antioxidant activity

作者简介:高晓龙,男,中山市技师学院高级讲师,硕士。

通信作者:李颖(1986—),男,暨南大学副研究员,博士。

E-mail:yingli@jnu.edu.cn

收稿日期:2022-11-21 改回日期:2023-04-27

三叶木通为木通科木通属落叶木质藤本植物,主要产于中国的华南、华北、东南沿海以及长江流域各省区,向北分布至河南、山西和陕西,在日本和朝鲜地区也有少量分布^[1]。三叶木通籽脂肪含量高达 30%,不饱和脂肪酸含量高达 70%以上,主要为油酸、亚油酸,是一种极具开发价值的木本植物油料,可以从中提取高端食用油和营养保健油。此外,三叶木通籽油中含有丰富的多酚、类胡萝卜素、黄酮等有益脂质伴随物,可提高三叶木通籽油的抗氧化活性^[2-5]。

目前对三叶木通籽油中的活性物质含量分析以及抗氧化活性研究非常少,仅周娜娜^[6]¹¹⁻¹⁹的一篇文献报道,其研究也只是针对浸提法、超声波提取法、超声波—水酶法 3 种工艺提取的三叶木通籽油,而超声波提取法和超声波—水酶法这两种工艺目前暂未实现产业化,而其他研究文献^[2-3]对三叶木通籽油的研究主要为三叶木通籽油的脂肪酸组成及简单理化指标进行分析。

研究以 2022 年新鲜采摘并及时自然晒干的三叶木通籽为原料,以冷榨法、超临界 CO₂ 萃取法、浸提法和热榨法 4 种易于投产的工艺制取三叶木通籽油,并比较其活性成分及抗氧化活性,旨在为三叶木通籽油的开发及高值化利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

三叶木通籽:产地湖南省常德市;

α -生育酚、 β -生育酚、 γ -生育酚、 δ -生育酚:HPLC $\geq$ 98%,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;

37 种脂肪酸甲酯混标:上海源叶生物科技有限公司;

芦丁、没食子酸标准品:HPLC $\geq$ 98%,上海源叶生物科技有限公司;

其他试剂均为分析纯;

试验用水为蒸馏水。

1.1.2 仪器与设备

超临界萃取装置:HA221-50-06 型,江苏华安科研仪器有限公司;

电子天平:AL204 型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-1780 型,岛津仪器(苏州)有限公司;

温控蒸炒锅:HX-15554435079 型,曲阜市宏鑫机械厂;

多功能小型螺旋榨油机:XZ-Z506-2 型,广州旭众食品机械有限公司;

气相色谱仪:7890B 型,美国安捷伦科技有限公司;

旋转蒸发仪:RE-2000E 型,郑州华辰仪器有限公司;

高效液相色谱仪:E2695 型,美国沃特世科技有限公司;

鼓风干燥箱:DHG-9240A 型,上海一恒科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 三叶木通籽成分分析

(1) 水分及挥发物:按 GB/T 14489.1—2008 执行。

(2) 脂肪:按 GB 5009.6—2016 第二法执行。

(3) 蛋白质:按 GB 5009.5—2016 第一法执行。

(4) 淀粉:按 GB 5009.9—2016 第二法执行。

1.2.2 三叶木通籽油脂肪酸组成及活性成分分析

(1) 脂肪酸:按 GB 5009.168—2016 第三法执行。

(2) 生育酚:按 GB 5009.82—2016 第二法执行。

(3) 多酚:按 LS/T 6119—2017 执行。

(4) 类胡萝卜素:参照周娜娜^[6]³³的方法。

(5) 黄酮:参照谭传波等^[7]的方法。

1.2.3 三叶木通籽油的制取

(1) 冷榨法制油:称取 10 kg 三叶木通籽,粉碎,用无纺布包饼装入液压榨油机中,直接进行挤压出油,将得到的油用布氏漏斗过滤干净,得到三叶木通籽油样,装瓶密封,保存于 4℃ 冰箱中,备用。

(2) 超临界 CO₂ 萃取法制油:参照李伟业等^[3]的方法,取粉碎后的三叶木通籽样品 500 g,在萃取釜压力 28 MPa,萃取釜温度 34℃ 下提取 100 min,得到三叶木通籽油样,装瓶密封,保存于 4℃ 冰箱中,备用。

(3) 浸提法制油:称取三叶木通籽 100 g,装入纸包,以石油醚(30~60℃)为提取溶剂,在 50℃ 下索式提取 5 h,105℃ 挥干石油醚回收油脂,装瓶密封,保存于 4℃ 冰箱中,备用。

(4) 热榨法制油:称取 10 kg 三叶木通籽,在 150℃ 下蒸炒 30 min,趁热加入螺旋榨油机中螺旋挤压压榨出油,将得到的油用布氏漏斗过滤干净,得到三叶木通籽油样,装瓶密封,保存于 4℃ 冰箱中,备用。

1.2.4 抗氧化活性的测定 以清除 DPPH 自由基的能力为衡量标准,测定方法参照刘芳等^[8]的方法,按式(1)计算 DPPH 自由基清除率。

$$S = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_0}\right) \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

S——DPPH 自由基清除率,%;

A_i——样品溶液与 DPPH 溶液、无水乙醇混合液的吸光度;

A₀——DPPH 溶液与无水乙醇混合液的吸光度;

A_j——样品溶液与无水乙醇混合液的吸光度。

1.3 数据处理

采用正交设计助手 II 3.1 和 Excel 2016 版软件进行

数据分析;应用 SPSS 24.0 软件进行邓肯氏法显著性分析。

2 结果与分析

2.1 三叶木通籽主要成分

三叶木通籽主要成分测定结果见表 1。

2.2 三叶木通籽油的脂肪酸组成

由表 2 可知,棕榈酸、油酸和亚油酸 3 种脂肪酸是三叶木通籽油脂肪酸组成的主要构成成分,占总脂肪酸的 98%以上,且 4 种不同工艺制取的三叶木通籽油在脂肪酸组成上相近,超临界 CO₂萃取法和浸提法通过相似相溶原理将油脂分离出来,冷榨法和热榨法通过外界挤压

力将油脂从油料中分离出来。4 种制油工艺均对三叶木通籽油脂肪酸组成无明显影响。其中棕榈酸含量在 20.62%~21.42%,硬脂酸含量在 2.68%~3.08%,油酸含量在 47.03%~47.37%,亚油酸含量在 27.75%~28.07%,其他脂肪酸含量则均未超过 0.5%,与马传国等^[2]、谢小霞等^[9]、白成科等^[10]测定的三叶木通籽油的脂肪酸组成比例基本一致。

2.3 三叶木通籽油的生物活性成分含量

2.3.1 生育酚含量 由表 3 可知,三叶木通籽油中的生育酚组成主要以 α -生育酚为主,占总生育酚含量的 95%以上,而 β -生育酚、 γ -生育酚、 δ -生育酚含量极低。4 种不同工艺制取的三叶木通籽油中的生育酚含量有一定差距,但不显著,其中以冷榨法的生育酚含量最高,达到 (349.05±0.07) mg/kg,超临界 CO₂萃取法和热榨法次之,分别为 (326.59±0.68)、(281.43±0.52) mg/kg,而浸提法的生育酚含量则显著低于其他 3 种提取方法,只有 (220.24±0.65) mg/kg。这可能是由于 α -生育酚很容易被氧化破坏,在浸提法挥干石油醚过程中与氧气接触在

表 1 三叶木通籽主要成分测定

Table 1 Determination of main components of fresh fruit of *Akebia trifoliata* (n=6) %

脂肪	蛋白质	水分及挥发物	淀粉
36.93±0.23	19.16±0.24	9.35±0.31	21.13±0.33

表 2 不同工艺制取的三叶木通籽油的脂肪酸组成[†]

Table 2 Fatty acid composition of *Akebia trifoliata* seed oil prepared by different processes (n=6)

成分	冷榨法	超临界 CO ₂ 萃取法	浸提法	热榨法
肉豆蔻酸(C _{14:0})	0.08±0.01	0.08±0.00	0.07±0.01	0.08±0.01
棕榈酸(C _{16:0})	20.68±0.04	20.73±0.11	21.42±0.07	20.62±0.05
棕榈一烯酸(C _{16:1})	0.09±0.02	0.10±0.02	0.08±0.04	0.09±0.01
硬脂酸(C _{18:0})	2.98±0.03	2.68±0.04	3.08±0.03	2.91±0.02
油酸(C _{18:1})	47.23±0.07	47.18±0.05	47.03±0.04	47.37±0.11
亚油酸(C _{18:2})	27.97±0.08	27.89±0.03	28.07±0.13	27.75±0.17
亚麻酸(C _{18:3})	0.19±0.02	0.19±0.02	0.19±0.02	0.19±0.02
花生酸(C _{20:0})	0.14±0.02	0.14±0.06	0.17±0.03	0.15±0.04
花生一烯酸(C _{20:1})	0.11±0.03	0.14±0.00	0.12±0.02	0.12±0.02
SFA	23.88±0.03	23.63±0.06	24.57±0.10	23.76±0.06
UFA	75.59±0.11	75.50±0.08	75.49±0.13	75.52±0.07
MUFA	47.43±0.04	47.42±0.03	47.23±0.06	47.58±0.05
PUFA	28.16±0.07	28.08±0.01	28.26±0.05	27.94±0.09

† SFA 为饱和脂肪酸;UFA 为不饱和脂肪酸;MUFA 为单不饱和脂肪酸;PUFA 为多不饱和脂肪酸。

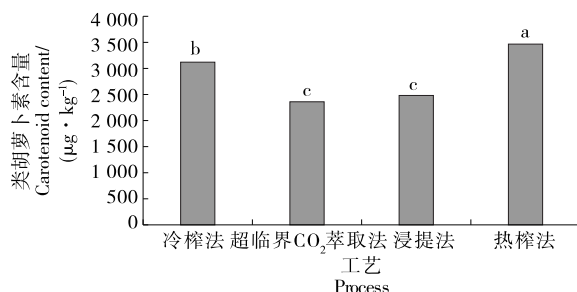
表 3 不同工艺制取的三叶木通籽油中生育酚的含量

Table 3 Tocopherol content in *Akebia trifoliata* seed oil prepared by different processes (n=6)

生育酚	冷榨法	超临界 CO ₂ 萃取法	浸提法	热榨法
α -生育酚	330.00±0.41	309.31±1.04	204.89±0.78	262.48±0.61
β -生育酚	11.48±0.27	10.73±0.31	11.34±0.39	10.63±0.55
γ -生育酚	6.09±0.22	5.18±0.29	3.08±0.34	5.61±0.11
δ -生育酚	1.48±0.13	1.37±0.04	0.93±0.13	2.71±0.24
总生育酚	349.05±0.07	326.59±0.68	220.24±0.65	281.43±0.52

高温条件下被氧化破坏而损失掉,热榨法榨油过程中油脂中 α -生育酚与氧气在高温条件下被氧化破坏而损失掉,因此浸提法和热榨法制取三叶木通籽油中的生育酚含量小于其他 2 种工艺制取的。

2.3.2 类胡萝卜素含量 由图 1 可知,4 种不同工艺制取的三叶木通籽油中类胡萝卜素含量有一定的差异,其中热榨法含量最高(为 3 466.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$),冷榨法次之;浸提法和超临界 CO_2 萃取法两种含量基本差不多。这可能是因为热榨法和冷榨法在提取过程中的提取温度比浸提法和超临界 CO_2 萃取法的高,将原本聚集在蛋白、淀粉、糖分中的类胡萝卜素成分溶解到了油脂中而一起提取出来。



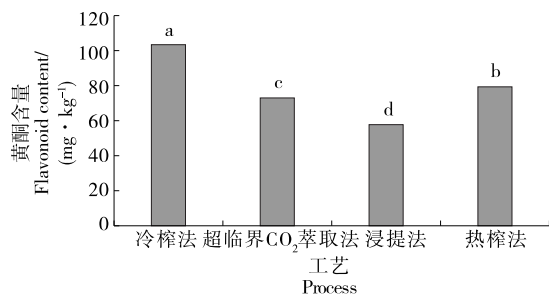
小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 1 不同工艺制取的三叶木通籽油中的类胡萝卜素含量

Figure 1 Carotenoids content in *Akebia trifoliata* seed oil prepared by different processes ($n = 6$)

2.3.3 黄酮含量 由图 2 可知,4 种不同工艺三叶木通籽油中黄酮含量差异较为显著,浸提法和超临界 CO_2 萃取法三叶木通籽油中黄酮含量较低,可能因为黄酮极性比石油醚和二氧化碳大而没有大量溶出^[11];热榨法三叶木通籽油黄酮含量低于冷榨法的,可能因为热榨温度高,高温易破坏黄酮结构^[12]。

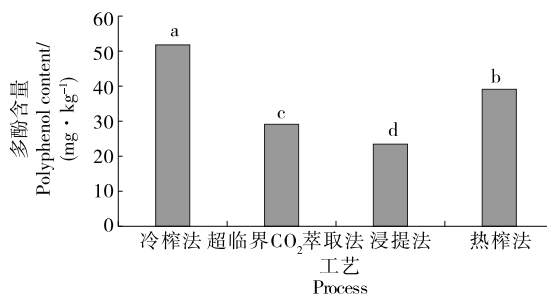
2.3.4 多酚含量 由图 3 可知,冷榨法制取的三叶木通籽油多酚含量高于其他 3 种工艺。这可能是因为适当的温度处理利于多酚的释放,但超过一定的温度,油中多酚物质因高温而失去活性含量会降低^[13]。在低温条件下提取,超临界 CO_2 萃取法和浸提法的多酚含量低,可能为多



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 不同工艺制取的三叶木通籽油中的黄酮含量

Figure 2 Flavonoids content in *Akebia trifoliata* seed oil prepared by different processes ($n = 6$)



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 3 不同工艺制取的三叶木通籽油中的多酚含量
Figure 3 Polyphenol content in *Akebia trifoliata* seed oil prepared by different processes ($n = 6$)

酚在浸提溶剂和非极性溶剂中微溶所致^[8]。

2.4 三叶木通籽油的抗氧化活性

由图 4 可知,在 5~30 mg/mL 的质量浓度范围内,不同工艺制取的三叶木通籽油清除 DPPH 自由基能力与其质量浓度均呈正相关。在相同质量浓度下,4 种工艺三叶木通籽油清除 DPPH 自由基能力大小依次为冷榨三叶木通籽油、热榨三叶木通籽油、超临界 CO_2 萃取法三叶木通籽油、浸提法三叶木通籽油。

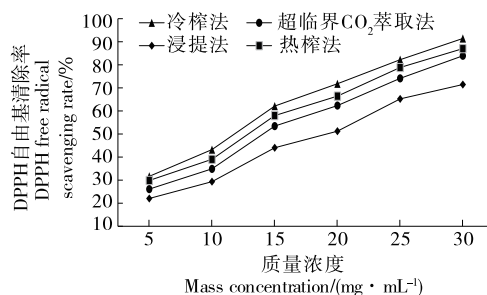


图 4 不同工艺制取的三叶木通籽油的 DPPH 自由基清除能力

Figure 4 DPPH radical scavenging capacity of *Akebia trifoliata* seed oil prepared by different processes ($n = 6$)

植物油的抗氧化活性与植物油中的有益脂质伴随物(多酚、生育酚、类胡萝卜素、黄酮等活性成分)密切相关^[14-15],不同的制油工艺会对植物油中有益脂质伴随物产生影响,进而影响植物油的抗氧化活性。

3 结论

4 种工艺对三叶木通籽油的脂肪酸组成无明显影响,但会影响三叶木通籽油中脂质伴随物的含量,而三叶木桶籽油的抗氧化活性与之密切相关,在相同质量浓度下,4 种工艺三叶木通籽油均具有清除 DPPH 自由基能力,可用作食品原料、化妆品及医药品基质油。

但研究只对常德三叶木通籽油中常见的活性成分和体外抗氧化活性进行了分析,而未对其他地区的三叶木通籽油进行分析,同时缺乏对不同工艺三叶木通籽油在

生物体内代谢功能的研究,另外其在化妆品及医药品中的用量以及实际功效还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 29 卷[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 9.
Editorial Committee of Flora of China. Chinese academy of sciences flora of China: Volume 29 [M]. Beijing: Science Press, 2001: 9.
- [2] 马传国, 董学工, 程亚芳. 三叶木通籽成分及三叶木通籽油的理化指标分析[J]. 中国油脂, 2009, 34(9): 77-79.
MA C G, DONG X G, CHENG Y F. Analysis of the components of *Akebia trifoliata* seeds and the physicochemical indexes of *Akebia trifoliata* seed oil[J]. China Oil and Fat, 2009, 34(9): 77-79.
- [3] 李伟业, 吴海顺, 于华忠. 三叶木通籽油提取方法对比及超临界 CO₂ 萃取法工艺优化[J]. 食品工业科技, 2021, 42(10): 203-208.
LI W Y, WU H S, YU H Z. Comparison of extraction methods of *Akebia trifoliata* seed oil and optimization of supercritical CO₂ extraction process[J]. Food Industry Science and Technology, 2021, 42(10): 203-208.
- [4] 李杏元, 张旺喜. 微波辅助超临界 CO₂ 萃取三叶木通籽油的工艺研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 13-17.
LI X Y, ZHANG W X. Microwave assisted supercritical CO₂ extraction of *Akebia trifoliata* seed oil[J]. China Oil and Fat, 2018, 43(12): 13-17.
- [5] 杜文杰, 杨光蓉, 贾有青. 超声辅助法提取八月瓜油较优条件的研究[J]. 粮食与食品工业, 2020, 27(3): 46-49.
DU W J, YANG G R, JIA Y Q. Study on the optimal conditions for ultrasonic assisted extraction of August melon oil [J]. Grain and Food Industry, 2020, 27(3): 46-49.
- [6] 周娜娜. 三叶木通籽油提取及生物活性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2018.
ZHOU N N. Study on extraction and biological activity of *Akebia trifoliata* seed oil [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2018.
- [7] 谭传波, 田华, 赖琼玮, 等. 鲜榨山茶油中生物活性物质研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(11): 19-21.
TAN C B, TIAN H, LAI Q W, et al. Study on bioactive substances in fresh camellia oil[J]. Food and Fat, 2019, 32(11): 19-21.
- [8] 刘芳, 吴苏喜, 蒋明芳, 等. 制油工艺对油茶籽油生物活性成分含量和抗氧化活性的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(4): 46-51.
LIU F, WU S X, JIANG M F, et al. The influence of oil making process on the content of bioactive components and antioxidant activity of camellia oleifera seed oil[J]. China Fats and Fats, 2022, 47(4): 46-51.
- [9] 谢小霞, 葛发欢. 超临界 CO₂ 萃取三叶木通种子油的研究[J]. 中药材, 2007(3): 345-349.
XIE X X, GE F H. Study on supercritical CO₂ extraction of *Akebia trifoliata* seed oil [J]. Chinese Medicinal Materials, 2007 (3): 345-349.
- [10] 白成科. 猫儿屎和三叶木通种子油中脂肪酸成分的 GC-MS 分析[J]. 西北植物学报, 2007(5): 1 035-1 038.
BAI C K. GC-MS analysis of fatty acids in the seed oil of *paecium maoeri* and *Akebia trifoliata* [J]. Acta Botanica Sinica, 2007(5): 1 035-1 038.
- [11] 谭传波, 田华, 赖琼玮, 等. 不同工艺山茶油中生物活性物质含量的比较[J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 41-44, 49.
TAN C B, TIAN H, LAI Q W, et al. Comparison of the content of bioactive substances in camellia oil from different processes [J]. China Oil and Fat, 2018, 43(12): 41-44, 49.
- [12] 李程勋, 徐晓俞, 李爱萍. 不同干燥温度对玫瑰花茶外观和总黄酮含量的影响[J]. 食品工业, 2022, 43(9): 44-46.
LI C X, XU X Y, LI A P. Effects of different drying temperatures on the appearance and total flavonoid content of rose tea [J]. Food Industry, 2022, 43(9): 44-46.
- [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]. 无锡: 江南大学, 2018: 22-26.
ZHOU Y. Effect of processing on beneficial lipid concomitants and antioxidant capacity of flaxseed oil [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018: 22-26.
- [14] 槽帆, 丁彩云, 马玉婷, 等. 不同制油工艺对亚麻籽油品质及抗氧化活性的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(9): 13-18, 25.
ZAO F, DING C Y, MA Y T, et al. The effect of different oil making processes on the quality and antioxidant activity of flaxseed oil [J]. China Fats and Fats, 2022, 47(9): 13-18, 25.
- [15] 李晓. 水酶法提取红花籽油及其抗氧化活性与氧化稳定性研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2017: 53-64.
LI X. Study on the extraction of safflower seed oil by aqueous enzymatic method and its antioxidant activity and oxidation stability [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017: 53-64.

(上接第 59 页)

- [16] 钟浩文, 杨国顺, 陈文婷, 等. 稳定同位素内标 GC-QqQ-MS/MS 法测定葡萄中 33 种农药残留及其污染特征分析[J]. 食品科学, 2021, 42(14): 263-269.
ZHONG H W, YANG G S, CHEN W T, et al. Stable isotope internal standard quantification method for the determination of 33 pesticide residues in grape by GC-QqQ-MS/MS and the pollution characteristic analysis [J]. Journal of Food Science and Engineering, 2021, 42(14): 263-269.
- [17] CAO P, YANG D J, ZHU J H, et al. Estimated assessment of cumulative dietary exposure to organophosphorus residues from tea infusion in China [J]. Environmental Health and Preventive Medicine, 2018, 23: 1-9.
- [18] European Food Safety Authority. Scientific opinion on risk assessment for a selected group of pesticides from the triazole group to test possible, methodologies to assess cumulative effects from exposure through food from these pesticides on human health [J]. EFSA Journal, 2009, 7(9): 1 167.