

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.07.034

# 雪梨瓜籽油营养品质及抗氧化活性分析

## Analysis of nutritional quality and antioxidant activity of the seed oil from Leping melon

吴民富<sup>1,2</sup> 李莎<sup>1,2</sup> 徐振林<sup>3,4</sup> 叶红<sup>5</sup>

WU Min-fu<sup>1,2</sup> LI Sha<sup>1,2</sup> XU Zhen-lin<sup>3,4</sup> YE Hong<sup>5</sup>

(1. 佛山职业技术学院食品科学系, 广东 佛山 528137; 2. 广东省食品安全检测与溯源技术应用公共实训中心, 广东 佛山 528137; 3. 华南农业大学食品学院, 广东 广州 510642; 4. 广东省食品质量安全重点实验室, 广东 广州 510642; 5. 佛山市三水区乐平镇动物防疫检疫站, 广东 佛山 528137)

(1. Department of Food Science, Foshan Polytechnic, Foshan, Guangdong 528137, China; 2. Guangdong Provincial Food Safety Testing and Traceability Technology Application Public Training Center, Foshan, Guangdong 528137, China; 3. College of Food Science, South China Agriculture University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 4. Guangdong Provincial Key Laboratory of Food Quality and Safety, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 5. Animal Epidemic Prevention and Quarantine Station of Leping Town in Sanshui District of Foshan City, Foshan, Guangdong 528137, China)

**摘要:**以乐平雪梨瓜籽为原料,采用溶剂法从烘干的雪梨瓜籽中提取油脂并进行基本理化指标测定,通过气相和液相色谱方法对雪梨瓜籽油的脂肪酸组成、甘油三酯、生育酚、甾醇组成等营养成分进行分析,评价其抗氧化活性。结果表明:雪梨瓜籽油的基本理化指标均符合国家食用油标准;其不饱和脂肪酸含量为83.16%,其中油酸和亚油酸含量分别为12.8%,69.9%,且多不饱和脂肪酸含量达70.277%;共检出16种甘油三酯,其中不饱和脂肪酸甘油三酯约占甘油三酯总量的85%;甾醇含量达4 154.49 mg/kg,其中谷甾醇含量最高;生育酚含量为951 mg/kg,主要为 $\alpha$ -和 $\gamma$ -生育酚,并含有丰富的矿物质;且雪梨瓜籽油清除DPPH自由基的能力达92.31%,具有良好的抗氧化能力。

**关键词:**雪梨瓜;瓜籽油;营养品质;抗氧化

**Abstract:** In order to determine the nutritional quality and antioxidant activity of melon seed oil, the oil was extracted from the dried Leping melon seeds seed by solvent method, and its basic physical and chemical indexes were measured. The fatty acid composition, triglyceride, tocopherol, and sterol composition of

melon seed oil were analyzed by the method of GC(gas chromatography) and LC(liquid chromatography), and its antioxidant activity was evaluated. The results showed that the basic physical and chemical indexes of Leping melon seed oil met the national standard of edible oil; fatty acid analysis revealed that the content of unsaturated fatty acid was 83.16%, of which the content of oleic acid and linoleic acid were 12.8% and 69.9%, respectively, and the content of polyunsaturated fatty acids reaches 70.277%; the triglyceride composition was determined with 16 kinds of triglycerides, of which unsaturated fatty acid triglycerides, namely LLL, OLO, OLL, and PLO, accounted for about 85% of the total triglycerides. The sterol content reached 4 154.49 mg/kg, with the highest content of sitosterol; the tocopherol content was 951 mg/kg, mainly  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherols, and rich in mineral elements; and the ability of DPPH free radical scavenging was 92.31%, which showed it had good oxidation resistance ability.

**Keywords:** Leping melon; seed oil; nutritional quality; antioxidant

**基金项目:**国家自然科学基金优秀青年科学基金资助项目(编号:31822039)

**作者简介:**吴民富,男,佛山职业技术学院讲师,博士。

**通信作者:**徐振林(1982—),男,华南农业大学教授,博士。

E-mail: jallent@163.com

**收稿日期:**2020-04-04

雪梨瓜是甜瓜(*Cucumis melo* L.)的一种,为葫芦科(Cucurbitaceae)一年生草本植物<sup>[1]</sup>。由于日照充足,水源优质,佛山市三水区乐平镇种植的雪梨瓜香甜可口,久负盛名,于2009年获得“国家地理标志产品”认证<sup>[2]</sup>。截至2019年,该镇的雪梨瓜种植面积超过2 000 hm<sup>2</sup>,总产量超过2.7万t,成为当地农民创收的重要来源<sup>[3]</sup>。据报

道<sup>[4-5]</sup>, 西瓜含有丰富的营养物质, 包括苹果酸、氨基酸和维生素 C 等, 在血肿治疗和降血压等方面具有良好的功效。由于雪梨瓜的采收期短, 采后贮藏时间短, 不利于运输, 主要利用其果肉和瓢汁制作雪梨瓜果干、果脯、果汁饮料等初级加工产品<sup>[6]</sup>。而约占雪梨瓜质量 8% 的瓜籽, 除少部分用作种子外, 大部分都作为废弃物被丢弃, 造成极大的资源浪费。

Bouazzaoui 等<sup>[7]</sup>采用超临界二氧化碳技术提取甜瓜籽油的活性成分, 发现其具有良好的抗炎功效, 且没有细胞毒性。Akkemik 等<sup>[8]</sup>发现一种甜瓜籽提取物具有潜在的临床用药价值, 可治疗青光眼、癫痫、肥胖和癌症等疾病。有研究<sup>[9]</sup>表明, 甜瓜籽油具有降低胆固醇和调节肠道菌群的功效。目前国内外对雪梨瓜籽的主要营养成分及抗氧化活性分析尚未见报道。试验拟以雪梨瓜籽为原料, 采用溶剂法提取雪梨瓜籽油, 测定其基本理化指标, 并通过气相和液相色谱方法对雪梨瓜籽油的脂肪酸组成、甘油三酯、生育酚、甾醇组成等营养成分进行分析, 同时采用 DPPH(1,1-二苯基-2-三硝基苯肼) 自由基清除能力对其抗氧化活性进行评价, 以期提高现有资源的利用率, 为雪梨瓜籽的高值化综合利用提供一条新的途径, 同时也为雪梨瓜籽油新产品的开发提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

雪梨瓜: 广东省佛山市三水区乐平镇黄塘村雪梨瓜种植基地;

生育酚混标( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ )、37 种脂肪酸甲酯混标、胆甾醇: 色谱纯, 阿拉丁化学试剂有限公司;

正己烷、氢氧化钾、三氯甲烷、石油醚: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司;

甲醇: 分析纯, 天津市大茂化学试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

电子分析天平: ME104/02 型, 梅特勒—托利仪器(上海)有限公司;

高速冷冻离心机: ST40 型, 赛默飞世尔科技(中国)有限公司;

旋转蒸发仪: HEI-VAP vacuum Valve 型, 德国 Heidolph 公司;

气相色谱: Agilent 7890A 型, 安捷伦科技(上海)有限公司;

液相色谱: Agilent 1260 型, 安捷伦科技(上海)有限公司;

气质联用色谱: 6890N-5973MSD 型, 安捷伦科技(上海)有限公司;

紫外—可见分光光度计: UV2700 型, 岛津企业管理(中国)有限公司;

冰箱: BCD-649WE 型, 青岛海尔有限公司。

### 1.3 方 法

1.3.1 雪梨瓜籽预处理 取新鲜雪梨瓜籽用蒸馏水洗净汁液及瓜瓢。将其置于 50 °C 烘箱中鼓风干燥 12 h, 收集干燥的雪梨瓜籽备用。

1.3.2 雪梨瓜籽油的提取 参照文献<sup>[10]</sup>的方法并修改, 称取 50 g 雪梨瓜籽, 粉碎, 置于 500 mL 的锥形瓶中, 加入 200 mL 石油醚(沸程 60~90 °C), 室温下磁力搅拌 2 h, 抽滤。收集石油醚萃取液, 重复萃取 3 次, 合并萃取液, 通过减压蒸馏去除石油醚, 8 000 r/min 离心 20 min, 取油相备用。

1.3.3 理化指标的测定 参照 AOCS 1998。

1.3.4 甾醇含量的测定 参照 AOCS 2013 的气相色谱法。

1.3.5 维生素 E 含量的测定 参照 AOCS 2009 的液相色谱法。

1.3.6 脂肪酸组成分析 参照文献<sup>[11]</sup>。

1.3.7 抗氧化活性的测定 参照文献<sup>[12-13]</sup>的方法并修改, 通过 DPPH 自由基的清除能力来评价雪梨瓜籽油的抗氧化活性。配制  $2.0 \times 10^{-4}$  mol/L DPPH—乙醇溶液, 避光保存备用。称取雪梨瓜籽油 5.000 g, 用三氯甲烷溶解并定容至 25 mL, 设置 5 个雪梨瓜籽油样品质量浓度梯度: 100%, 50%, 20%, 10%, 5.0%, 每组 3 次平行, 按式(1)计算 DPPH 自由基清除率。

$$c = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

$c$ ——DPPH 自由基清除率, %;

$A_0$ ——空白样品的吸光值;

$A_1$ ——样品的吸光值。

### 1.4 统计分 析

所有试验均平行 3 次, 采用 Origin 8.0 软件作图, 并采用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行分析, 结果以均值士标准偏差表示。

## 2 结果与分 析

### 2.1 基本理化指标

由表 1 可知, 雪梨瓜籽油的酸价、过氧化值、皂化值、折光指数、碘值和水分及挥发物含量等指标均符合国家食用油标准(酸价  $\leq 3$  mg KOH/g, 过氧化值  $\leq 9.85$  mmol/kg), 表明雪梨瓜籽油具有较好的品质。同时, 雪梨瓜籽油皂化值较高, 为  $(206.5 \pm 4.12)$  mg KOH/g, 说明雪梨瓜籽油具有较小分子量的脂肪酸, 皂化物含量低, 且具有较强的亲水性, 除作为食用油脂外, 还可广泛应用于化妆品的基础原料。

### 2.2 脂肪酸组成

由表 2 可知, 雪梨瓜籽油共检测出 11 种脂肪酸, 其中油酸和亚油酸含量分别为 12.8%, 69.9%, 不饱和脂肪

表 1 雪梨瓜籽油的基本理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of melon seed oil

酸价/ (mg KOH · g <sup>-1</sup> )	过氧化值/ (mmol · kg <sup>-1</sup> )	皂化值/ (mg KOH · g <sup>-1</sup> )	折光指数	碘值/ (10 <sup>-2</sup> g · g)	水分及挥发物 含量/%
1.84±0.05	2.26±0.07	206.5±4.12	1.454±0.02	89.33±2.13	0.43±0.01

表 2 雪梨瓜籽油的脂肪酸组成

Table 2 The fatty acid composition of melon seed oil

脂肪酸种类	保留时间/min	相对百分含量/%
豆蔻酸(C <sub>14:0</sub> )	30.144	0.055
十五烷酸(C <sub>15:0</sub> )	32.103	0.050
棕榈酸(C <sub>16:0</sub> )	34.259	10.811
棕榈油酸(C <sub>16:1</sub> )	35.987	0.105
十七烷酸(C <sub>17:0</sub> )	36.612	0.072
硬脂酸(C <sub>18:0</sub> )	39.308	5.652
油酸(C <sub>18:1</sub> )	40.693	12.807
亚油酸(C <sub>18:2</sub> )	44.446	69.903
花生酸(C <sub>20:0</sub> )	45.514	0.220
二十碳烯酸(C <sub>20:1</sub> )	47.764	0.105
亚麻酸(C <sub>18:3</sub> )	48.184	0.374
不饱和脂肪酸		83.160
多不饱和脂肪酸		70.277
饱和脂肪酸		16.840

酸含量为 83.16%，其中多不饱和脂肪酸含量为 70.277%，说明雪梨瓜籽油是一种品质较好的植物油。Akkemik 等<sup>[8]</sup>研究发现，Cefan 甜瓜的亚油酸含量为 33.13%，油酸含量为 26.24%，不饱和脂肪酸含量为 67.09%。雪梨瓜籽的亚油酸和不饱和脂肪酸含量较高，可能与种植品种、产地、气候等条件有关。

### 2.3 甘油三酯组成

研究<sup>[14]</sup>表明，油脂的营养价值因甘油三酯中脂肪酸的种类和酰化位置等的不同而存在很大的差异。由表 3 可知，雪梨瓜籽油中主要检测出 16 种甘油三酯，其中以

不饱和脂肪酸甘三酯为主，约占甘油三酯总量的 85%。

### 2.4 生育酚、甾醇及矿质元素

由表 4 可知，雪梨瓜籽油中生育酚含量为 951 mg/kg，且主要为  $\alpha$ -和  $\gamma$ -生育酚。生育酚具有较强的抗氧化和自由基清除能力，能有效维持不饱和脂肪酸的稳定，因此，雪梨瓜籽油具有一定的抗氧化活性，且能一定程度上缓解油脂的自身氧化。雪梨瓜籽油中共鉴定出 3 种甾醇，分别为菜油甾醇、豆甾醇和谷甾醇。其中谷甾醇含量最高，达 3 336.97 mg/kg，豆甾醇和菜油甾醇含量分别为 651.31、166.22 mg/kg，总甾醇含量达 4 154.49 mg/kg。植物甾醇具有营养价值高、生理活性强等特点，而且可通过降低胆固醇减少心血管病的风险，对人体具有较强的抗炎作用，说明雪梨瓜籽油具有较高的营养价值。雪梨瓜籽油中主要含有磷、镁、铝、钙、锌 5 种矿质元素，其含量分别为 20.25、5.00、0.93、20.80、0.54 mg/kg，显著低于文献<sup>[8]</sup>报道的甜瓜籽中矿质元素含量，可能是由于品种和产地等不同，以及制油过程中损失等多方面因素所造成的。

### 2.5 抗氧化活性

由图 1 可知，雪梨瓜籽油对 DPPH 自由基具有较强的清除能力，雪梨瓜籽油原液对 DPPH 自由基的清除能力强于极性组分和非极性组分，且其清除能力随雪梨瓜籽油组分浓度的增加而增强。浓度为 100% 的雪梨瓜籽油对 DPPH 自由基的清除能力达到 92.31%，极性组分和非极性组分对 DPPH 自由基的清除能力分别为 72.33%、46.16%。而浓度为 100% 的原生态椰子油<sup>[15]</sup>和百香果籽油<sup>[16]</sup>对 DPPH 自由基的清除能力分别为 31.95%、78.60%，说明雪梨瓜籽油具有更强的抗氧化活性，可能与

表 3 雪梨瓜籽油的甘油三酯组成

Table 3 The triglyceride composition of melon seed oil

脂肪酸种类	保留时间/min	相对百分含量/%	脂肪酸种类	保留时间/min	相对百分含量/%
甾醇硬脂酸酯	15.13	0.243	棕榈酸亚油酸油酸甘油酯	18.87	30.660
甘油二棕榈酸一油酸酯	15.56	1.935	甘油二亚油酸一棕榈酸酯	19.03	1.087
豆蔻酸二油酸酯	15.91	0.216	二硬脂酸油酸甘油酯	20.06	0.179
甘油二棕榈酸一亚油酸酯	16.29	0.299	二油酸硬脂酸甘油酯	20.47	0.580
甾醇硬脂酸酯	17.22	0.109	三油酸甘油酯	20.74	2.048
1-棕榈酸-2-油酸-3-硬脂酸甘油酯	17.55	0.625	1,3-二油酸-2-亚油酸甘油酯	21.56	13.540
二油酸棕榈酸甘油酯	17.73	1.237	二亚油酸油酸甘油酯	22.09	16.455
棕榈酸亚油酸硬脂酸甘油酯	18.12	5.996	三亚油酸甘油三酯	22.95	24.792

表 4 雪梨瓜籽油的生育酚、甾醇及矿质元素<sup>†</sup>

Table 4 The tocopherol, sterols and mineral elements of melon seed oil

名称	种类	含量/(mg · kg <sup>-1</sup> )
生育酚	α-生育酚	41.80
	γ-生育酚	909.20
	菜油甾醇	166.22
甾醇	豆甾醇	651.31
	谷甾醇	3 336.97
矿质元素	铁	ND
	磷	20.25
	镁	5.00
	钙	20.80
	锌	0.54
	铝	0.93
	钠	ND

<sup>†</sup> ND 表示未检出。

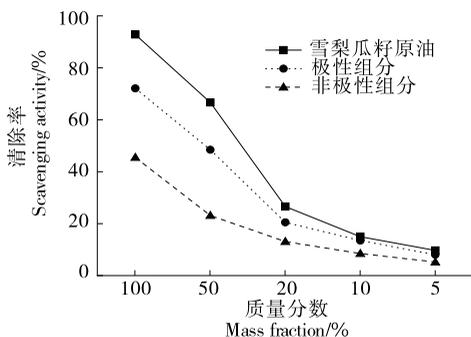


图 1 雪梨瓜籽油的抗氧化活性

Figure 1 The antioxidant activities of melon seed oil

雪梨瓜籽油中不饱和脂肪酸含量、生育酚和甾醇等营养成分较高有关。

### 3 结论

对雪梨瓜籽油的营养品质和抗氧化活性进行了分析,结果表明雪梨瓜籽油的基本理化指标(过氧化值、酸价等)均符合国家食用油标准。其不饱和脂肪酸含量为 83.16%,其中多不饱和脂肪酸含量达 70.277%,主要为油酸和亚油酸;甘油三酯中不饱和脂肪酸甘油酯(即三亚油酸甘油三酯、1,3-二油酸-2-亚油酸甘油酯、1-油酸-2,3-亚油酸甘油酯、1-棕榈酸-2-亚油酸-3-油酸甘油酯)约占甘油三酯总量的 85%;甾醇含量达 4 154.49 mg/kg,其中谷甾醇含量最高;生育酚含量为 951 mg/kg,主要为 α-和 γ-生育酚,并含有丰富的矿质元素;其清除 DPPH 自由基的能力达 92.31%,具有良好的抗氧化能力。后续将采用环糊精包合油脂脂质体技术对雪梨瓜籽油进行处理,以提高雪梨瓜籽油的稳定性和营养价值,同时对其毒性进行考察,以更好地应用于食品行业。

### 参考文献

[1] 李莎, 吴民富, 潘丽娟. 真空渗糖加工低糖雪梨瓜果脯工艺研究[J]. 中国果菜, 2019, 39(8): 7-11.

[2] 曾荣, 潘炎霞, 林丽超. 乐平雪梨瓜鲜切保鲜技术研究[J]. 现代农业科技, 2015(14): 284-285.

[3] 司雨, 梁见冰, 郝东川, 等. 三水雪梨瓜嫁接育苗技术[J]. 蔬菜, 2019(6): 43-46.

[4] 吴胡明. 温室西瓜高产高效种植技术浅析[J]. 中国果菜, 2018, 38(1): 69-71.

[5] MALLEK-AYADI S, BAHLOUL N, KECHAOU N. Chemical composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2018, 113: 68-77.

[6] 伍倩慧, 梁见冰, 冯伟明, 等. 鲜切雪梨瓜果干的制作方法[J]. 农产品加工, 2019(23): 32-33.

[7] BOUZZAOUI N, BOUJILIA J, CAMY S, et al. Fatty acid composition, cytotoxicity and anti-inflammatory evaluation of melon (*Cucumis melo* L. Inodorus) seed oil extracted by supercritical carbon dioxide[J]. Separation Science and Technology, 2018, 53(16): 2 622-2 627.

[8] AKKEMIK E, AYBEK A, FELEK I. Effects of cefan melon (*Cucumis melo* L.) seed extracts on human erythrocyte carbonic anhydrase I-II enzymes[J]. Applied Ecology and Environmental Research, 2019, 17(6): 14 699-14 713.

[9] HAO Wang-jun, ZHU Han-yue, CHEN Jing-nan, et al. Wild melon seed oil reduces plasma cholesterol and modulates gut microbiota in hypercholesterolemic hamsters[J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(7): 2 071-2 081.

[10] 刘安, 罗松, 李祁广, 等. 不同工艺制备辣椒籽油的体外抗氧化活性比较[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 168-170.

[11] 杜丽清, 帅希祥, 涂行浩, 等. 水剂法提取澳洲坚果油的化学成分及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(10): 140-144.

[12] LEE J M, CHUNG H, CHANG P S, et al. Development of a method predicting the oxidative stability of edible oils using 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) [J]. Food Chemistry, 2007, 103(2): 662-669.

[13] LIU Wei, FU Yu-jie, ZU Yuan-gang, et al. Supercritical carbon dioxide extraction of seed oil from *Opuntia dillenii* Haw. and its antioxidant activity [J]. Food Chemistry, 2009, 114(1): 334-339.

[14] 胡珺, 魏芳, 董绪燕, 等. 食用油甘油三酯质谱分析方法的研究进展[J]. 分析测试学报, 2012, 31(6): 749-956.

[15] 李瑞, 夏秋瑜, 赵松林, 等. 原生态椰子油体外抗氧化活性[J]. 热带作物学报, 2009, 30(9): 1 369-1 373.

[16] 刘松奇, 耿得蓉, 段丽丽. 水酶法提取百香果籽工艺优化及其抗氧化性研究[J]. 四川旅游学院学报, 2020(3): 26-31.