

# 裸仁南瓜籽油活性成分分析及抗氧化能力评价

## Study on bioactive components and antioxidant activity of hull-less pumpkin seed oil

陈田<sup>1,2</sup> 戴思慧<sup>1</sup> 沈鹏原<sup>1,2</sup> 贺向荣<sup>1</sup>  
CHEN Tian<sup>1,2</sup> DAI Si-hui<sup>1</sup> SHEN Peng-yuan<sup>1,2</sup> HE Xiang-rong<sup>1</sup>  
钟晴<sup>1</sup> 刘东波<sup>1,2,3,4</sup>  
ZHONG Qing<sup>1</sup> LIU Dong-bo<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南长沙 410128; 2. 国家中医药管理局亚健康干预技术实验室, 湖南长沙 410128; 3. 湖南省作物种质创新与资源利用重点实验室, 湖南长沙 410128; 4. 湖南省植物功能成分利用协同创新中心, 湖南长沙 410128)

(1. College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China;

2. State Key Laboratory of Subhealth Intervention Technology, Changsha, Hunan 410128, China;

3. Hunan Provincial Key Laboratory of Crop Germplasm Innovation and Utilization, Changsha, Hunan 410128, China;

4. Hunan Coinnovation Center for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Changsha, Hunan 410128, China)

**摘要:**以超临界 CO<sub>2</sub> 萃取的裸仁南瓜籽油为研究对象, 根据 LS/T 3250—2017《南瓜籽油》标准检测其质量指标, 运用气相色谱—质谱(GC-MS)联用仪分析脂肪酸和植物甾醇组分, 高效液相色谱(HPLC)仪测定角鲨烯含量; 以葡萄籽油和亚麻籽油作为对比, 研究裸仁南瓜籽油对 DPPH、ABTS 自由基的清除能力, 以评价其抗氧化活性。结果表明, 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取的裸仁南瓜籽油符合 LS/T 3250—2017 标准, 裸仁南瓜籽油主要含有 4 种不饱和脂肪酸, 总含量为 74.73%, 其中顺式单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量分别为 29.14%, 45.54%; 富含植物甾醇,  $\beta$ -谷甾醇含量为 30.75%,  $\Delta$ -7 植物甾醇含量达 10.77%; 角鲨烯含量为 5 490  $\mu$ g/g, 高达葡萄籽油的 80 倍, 亚麻籽油的 279 倍; 裸仁南瓜籽油具有良好的抗氧化活性, 其抗氧化性与油浓度呈正相关, 对 DPPH 自由基的清除能力 ( $IC_{50}$  为 16.14 mg/mL) 优于葡萄籽油、亚麻籽油, 对 ABTS 自由基的清除能力 ( $IC_{50}$  为 10.46 mg/mL) 优于亚麻籽油, 裸仁南瓜籽油良好的抗氧化活性可能与其丰富的角鲨烯、植物甾醇和不饱和脂肪酸有关。

**关键词:**裸仁南瓜籽油; 不饱和脂肪酸; 植物甾醇; 角鲨烯; 抗氧化活性

**Abstract:** The quality indexes of hull-less pumpkin seed oil, which were extracted by supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction, were detected according to the national standard. The fatty acid and phytosterol composition were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Subsequently, the squalene content of hull-less pumpkin seed oil was measured by high performance liquid chromatography (HPLC). Compared with grape seed oil and flaxseed oil, the scavenging activities for DPPH· and ABTS free radical of hull-less pumpkin seed oil were estimated. The results indicated that the hull-less pumpkin seed oil extracted by supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction was according with the food industry standard LS/T 3250—2017《pumpkin seed oil》. The hull-less pumpkin seed oil mainly contained 4 kinds of unsaturated fatty acid with a total content of 74.73%, including the cis-monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids, with the content of 29.14%, 45.54%, respectively. The contents of  $\beta$ -sitosterol and  $\Delta$ -7 phytosterol were 30.75%, 10.77%, respectively. Squalene in hull-less pumpkin seed oil was 5 490  $\mu$ g/g, up to 80 times of grape seed oil and 279 times of flaxseed oil. The antioxidant activities of hull-less pumpkin seed oil were positively correlated with its concentration. For the hull-less pumpkin seed oil, its ability to scavenge DPPH· free radical ( $IC_{50}$  16.14 mg/mL) was better than that of grape seed oil and flaxseed oil, and the ability of scavenging ABTS free radical was equivalent to that of grape seed oil and flaxseed oil. Its good antioxidant activity was related to its rich

**基金项目:**2017 年湖南省科技重大专项: 糖尿病全程防治协同创新工程及成果转化(编号: 2017SK1020); 国家国际科技合作专项: 亚健康干预产品功能因子开发关键技术合作研究(编号: 2013DFG32060)

**作者简介:**陈田, 女, 湖南农业大学在读硕士研究生。

**通信作者:**刘东波(1970—), 男, 湖南农业大学教授, 博士。

E-mail: chinasaga@163.com

**收稿日期:**2018-06-16

squalene, phytosterol and unsaturated fatty acid.

**Keywords:** hull-less pumpkin seed oil; unsaturated fatty acid; phytosterol; squalene; antioxidant activity

南瓜 [*Cucurbita moschata* (Duch. Ex Lam.) Duch. Ex Poir] 属葫芦科 (*Cucurbitaceae*) 南瓜属 (*Cucubita*) 一年生草本植物<sup>[1]</sup>, 在中国种植范围广, 资源丰富, 品种繁多, 其口感甜美细腻, 且具有降血糖、降血压等功效<sup>[2]</sup>。南瓜籽是南瓜的成熟种子, 其油脂含量丰富, 经榨取或浸提即得南瓜籽油<sup>[3]</sup>。2017年10月27日国家粮食局颁布了LS/T 3250—2017《南瓜籽油》标准, 南瓜籽油正式进入食用油行列。南瓜籽油含有丰富的不饱和脂肪酸、植物甾醇、角鲨烯、氨基酸、胡萝卜素、矿物质及多糖等营养成分<sup>[4]</sup>, 具有降血糖<sup>[5]</sup>、抑制男性秃头<sup>[6]</sup>、杀虫<sup>[7]</sup>、治疗前列腺增生<sup>[8]</sup>等作用。

裸仁南瓜是南瓜的一种籽仁突变品种, 在南瓜生长进化过程中, 由籽仁木质素的降低和缺失使种皮的第2~4细胞层坍塌<sup>[9]</sup>。由于没有坚硬的外壳, 可以直接食用, 在食品加工过程中省去了剥皮的步骤, 节省了大量的成本, 具有很高的推广价值<sup>[10]</sup>。已有学者对裸仁南瓜籽油的萃取工艺和营养价值进行研究, 如李全宏<sup>[11]</sup>探索了超临界CO<sub>2</sub>流体萃取裸仁南瓜籽油的工艺, 及其对油质量的影响。刘玉梅等<sup>[12]</sup>分析了裸仁南瓜籽的营养成分如粗脂肪、粗纤维、粗蛋白质、微量元素等的含量, 及裸仁南瓜籽油的脂肪酸组成和含量, 发现铁、锌、铜、锰显著高于普通南瓜籽。裸仁南瓜籽油脂肪酸含量高, 主要包含以油酸和亚油酸为主的不饱和脂肪酸, 其中亚油酸含量较花生油和菜籽油高。但目前对裸仁南瓜籽油其他活性成分, 如植物甾醇、角鲨烯的组成及相对含量未见报道, 其抗氧化功效研究也缺乏。

本研究根据LS/T 3250—2017《南瓜籽油》标准检测裸仁南瓜籽油, 以香味纯正清郁、营养价值高、深受消费者青睐的葡萄籽油<sup>[13]</sup>和亚麻籽油<sup>[14]</sup>作为参照, 采用GC-MS、HPLC分析比较裸仁南瓜籽油活性成分及其含量, 并对裸仁南瓜籽油体外抗氧化活性进行评价, 旨在为裸仁南瓜籽油的进一步开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

裸仁南瓜籽油: 依据本课题组专利<sup>[15]</sup>方法通过超临界CO<sub>2</sub>萃取, 在萃取压力25 MPa, 萃取温度40℃, 分离温度50℃, 分离压力10 MPa条件下获得;

葡萄籽油、亚麻籽油: 河南省鲲鹏华生物技术有限公司;

角鲨烯标准品: 纯度≥99.5%, 中国药品生物制品检定所;

甲醇: 色谱纯, 德国Merck kGaA公司;

DPPH(2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)、ABTS[2,2-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐]: 分析纯, 美国Sigma公司;

BSTFA+TMCS(99:1)试剂: 梯希爱(上海)化成工业发展有限公司;

福林酚试剂: 合肥博美生物技术有限公司;

Tris-HCl试剂: 全式金生物技术有限公司;

没食子酸、氢氧化钾、正己烷、无水硫酸钠、石油醚、苯、二氯甲烷七水合硫酸亚铁邻苯三酚、过硫酸钾、铁氰化钾: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司;

三氯乙酸石油醚: 沸程60~90℃, 纯度≥98%, 百灵威科技有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器设备

电子分析天平: AE240型, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;

pH计: S210 SevenCompact型, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;

气相色谱-质谱联用仪: GCMS-QP2020型, 日本岛津公司;

紫外分光光度计: UV-1800型, 日本岛津公司;

超声波清洗器: KQ5200DE型, 昆山超声仪器有限公司;

电热恒温干燥箱: DHG9246型, 上海精红实验设备有限公司;

离心机: 2-16R型, 湖南恒诺仪器设备有限公司。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 裸仁南瓜籽油质量检测

(1) 水分及挥发物的测定: 直接干燥法, 按GB 5009.236—2016进行, 重复测定3次。

(2) 酸价的测定: 冷溶剂指示剂滴定法, 按GB 5009.229—2016进行, 重复测定3次。

(3) 过氧化值的测定: 滴定法, 按GB 5009.227—2016进行, 重复测定3次。

1.2.2 脂肪酸组成分析 准确称取裸仁南瓜籽油50.0 mg于试管中, 加入体积比为1:1的石油醚-苯混合溶剂2 mL溶解, 加入0.4 mol/L的KOH-甲醇溶液2 mL, 混匀后于室温放置30 min, 加2 mL蒸馏水混匀, 于5 000 r/min离心10 min, 取上清液待测。采用峰面积归一法得出各脂肪酸的相对含量, 各色谱峰相应的质谱图检索采用NIST标准谱库。葡萄籽油和亚麻籽油作相同处理。

(1) GC条件: 选用SH-RXi-5Sil MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm)毛细管色谱柱; 升温程序为起始温度70℃, 保持3 min, 以10℃/min升温至180℃, 再以2℃/min升温至200℃, 保持1 min, 最后以3℃/min升温至220℃, 保持15 min; 进样口温度250℃, 载气为高纯氮气, 分流比50:1, 柱流量1 mL/min, 进样量1 μL, 溶剂延迟3 min。

(2) MS条件: 电离方式为EI, 电子能量70 eV, 离子源温度230℃, 接口温度250℃, 质量扫描范围是40~550 u, 全扫描方式。

1.2.3 植物甾醇组成分析 取3.00 g裸仁南瓜籽油, 加入1.5 mol/L的KOH-乙醇溶液30 mL, 于80℃水浴回流, 进行皂化反应2 h。皂化完成, 趁热加入5 mL的蒸馏水, 以皂化液和正己烷体积比为1:1萃取2次, 皂化液和正己烷体积比为2:1萃取1次, 合并萃取液, 经蒸馏水, 20% KOH溶液, 20%乙醇溶液, 蒸馏水依次洗涤, 至流出液为中性。合并上层正己烷层, 加适量无水硫酸钠除水, 旋转蒸发浓缩得干的不皂化物。取适量不皂化物, 加200 μL BSTFA+

TMCS(99 : 1) 试剂在 80 °C 下衍生 40 min, 冷却, 加入 0.5 mL  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  溶液, 得衍生样品, 待测。采用峰面积归一法得出各植物甾醇的相对含量, 各色谱峰相应的质谱图检索采用 NIST 标准普库。葡萄籽油和亚麻籽油作相同处理。

(1) GC 条件: 选用 SH-RXi-5Sil MS (30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu\text{m}$ ) 毛细管色谱柱; 升温程序为初始温度 150 °C, 保持 3 min, 以 15 °C/min 升至 290 °C, 保留 20 min; 进样口温度 280 °C, 载气为高纯氮气, 分流比 50 : 1, 柱流量 1 mL/min, 进样量 1  $\mu\text{L}$ , 溶剂延迟 3 min。

(2) MS 条件: EI 离子源, 电子能量 70 eV, 离子源的温度为 230 °C, 接口温度为 280 °C, 质量扫描范围是 40 ~ 550 u, 全扫描方式。

#### 1.2.4 角鲨烯含量测定

(1) 供试样品溶液制备: 取 1.2.3 所得的不皂化物, 加甲醇溶解, 定容至 10 mL。得供试样品。所制得的供试样品按照 1.2.4(3) 色谱检测条件进样, 计算裸仁南瓜籽油角鲨烯含量, 试验设置 3 组平行。葡萄籽油和亚麻籽油作相同处理。

(2) 角鲨烯的标准曲线: 准确称取角鲨烯标准品 20.0 mg, 用甲醇溶解并定容至 10 mL, 获得浓度为 2 mg/mL 的母液。分别取 0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75 mL 于 10 mL 容量瓶, 溶解定容, 制成 0.30, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50 mg/mL 的标准溶液, 按照 1.2.4(3) 色谱检测条件进样 5  $\mu\text{L}$ , 以角鲨烯浓度为横坐标, 峰面积为纵坐标制作标准曲线。

(3) 高效液相色谱条件: Agilent-ZORBAX SB-C<sub>18</sub> 色谱柱 (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5  $\mu\text{m}$ ); 流动相为甲醇, 等度洗脱; 柱温 30 °C, 流速 0.8 mL/min, 进样 10  $\mu\text{L}$ , 检测波长 210 nm。

#### 1.2.5 抗氧化活性研究

(1) 清除 DPPH 自由基能力的测定: 参考文献 [16~17] 的方法, 研究裸仁南瓜籽油清除 DPPH 自由基的能力。葡萄籽油和亚麻籽油作相同处理。

(2) 清除 ABTS 自由基能力的测定: 参考文献 [18] 的方法, 研究裸仁南瓜籽油清除 ABTS 自由基的能力。葡萄籽油和亚麻籽油作相同处理。

(3) 抗氧化能力评价指标的计算: 以油样浓度为横坐标, 抗氧化能力为纵坐标, 研究其相关性及变化趋势, 求得计算公式。50% 清除率对应的浓度值为油样自由基清除能力的  $IC_{50}$  值,  $R$  为相关系数, 表示相关性 ( $R$  值越接近 1, 相关性越好)。

1.2.6 数据处理 通过 Excel 2013 处理数据, 利用 OriginPro 8.6 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 裸仁南瓜籽油质量

裸仁南瓜籽油的水分及挥发物为 0.03%、酸价为 1.32 mg/g、过氧化值为 0.03 g/100 g, 符合 LS/T 3250—2017 标准。

### 2.2 脂肪酸组成

裸仁南瓜籽油、葡萄籽油、亚麻籽油脂肪酸的 GC-MS 总离子流图见图 1, 脂肪酸组成及相对含量见表 1。结果表明: 裸仁南瓜籽油含有 12 种脂肪酸, 以棕榈酸、硬脂酸、共轭亚

油酸为主。其中饱和脂肪酸 8 种, 不饱和脂肪酸 4 种。不饱和脂肪酸含量高达 74.68%, 其中顺式单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸相对含量分别为 29.14%, 45.54%。

### 2.3 植物甾醇组成

裸仁南瓜籽油、葡萄籽油、亚麻籽油植物甾醇的 GC-MS 总离子流图见图 2, 植物甾醇组成及相对含量见表 2。结果表明: 3 种油脂中植物甾醇含量最高的均为  $\beta$ -谷甾醇, 在裸仁南瓜籽油中,  $\beta$ -谷甾醇含量达 30.75%,  $\Delta$ -7 植物甾醇 (麦角甾-7, 22-二烯-3 $\beta$ -醇、胆甾-7-烯-3 $\beta$ , 5 $\alpha$ -二醇) 含量相对较高, 达 10.76%, 在葡萄籽油和亚麻籽油未检测出麦角甾-7, 22-二烯-3 $\beta$ -醇。

### 2.4 角鲨烯含量

角鲨烯标准品、裸仁南瓜籽油、葡萄籽油、亚麻籽油的 HPLC 色谱图见图 3。角鲨烯标准曲线方程为  $Y=11.048X-17.61$ ,  $R^2=0.9972$ , 角鲨烯含量在 300~1 500  $\mu\text{g/mL}$  时线

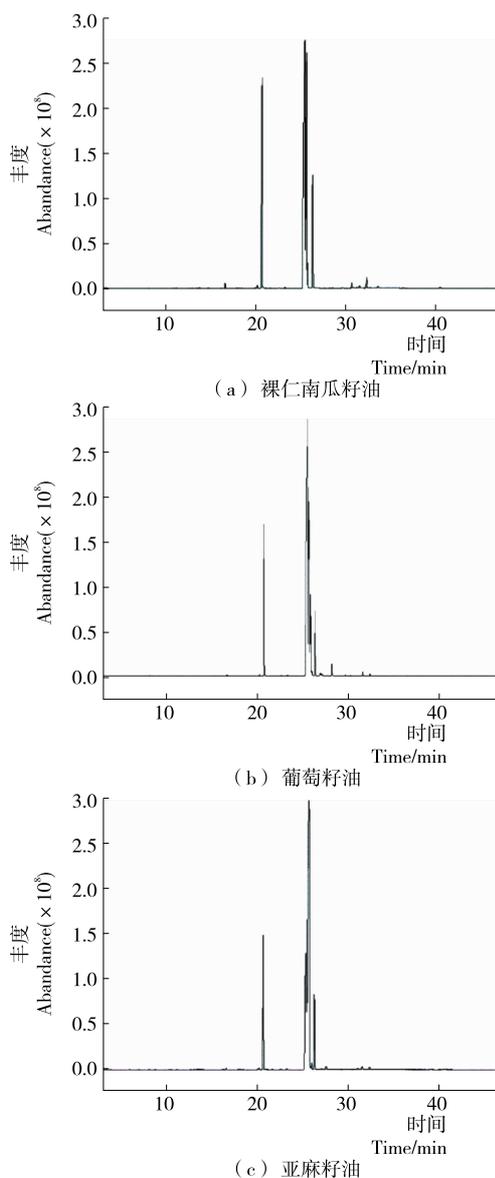


图 1 脂肪酸检测的总离子流图  
Figure 1 GC-MS total ion current chromatograph of fatty acid test

性关系良好;供试样品连续进样6次,RSD为7.15%。根据标准曲线计算,裸仁南瓜籽油、葡萄籽油、亚麻籽油中角鲨烯含量依次为5490.00,68.45,19.62 μg/g。裸仁南瓜籽油中的角鲨烯含量显著高于葡萄籽油和亚麻籽油。

表1 脂肪酸组成及相对含量<sup>†</sup>

Table 1 Composition and relative contents of fatty acids

保留时间/min	化合物名称	裸仁南瓜籽油/%	葡萄籽油/%	亚麻籽油/%
8.105	辛酸	0.01	—	—
13.78	月桂酸	0.01	—	—
16.58	肉豆蔻酸	0.18	—	—
18.42	十五烷酸	—	—	0.02
20.05	(Z)-7-十六碳烯酸*	—	0.02	0.02
20.15	(Z)-9-十六碳烯酸*	0.17	0.12	0.10
20.69	棕榈酸	14.96	10.08	8.65
22.58	(Z)-10-十七碳烯酸*	—	0.06	0.04
23.22	十七烷酸	0.07	0.08	0.08
25.31	(Z,Z)-9,12-亚油酸*	—	52.54	21.34
25.44	(E,E)-9,11-亚油酸*	45.54	0.77	—
25.58	(Z)-11-十八碳烯酸*	28.76	22.91	—
25.68	(Z,Z,Z)-9,12,15-亚麻酸*	—	0.55	63.09
26.30	硬脂酸	8.60	4.96	6.13
28.11	(Z,E)-9,11-亚油酸*	—	1.41	—
29.56	(Z,E,E)-9,11,13-亚麻酸*	—	0.13	—
31.51	(Z)-11-二十碳烯酸*	0.21	0.32	0.22
32.31	二十烷酸	0.85	0.20	0.20
40.47	二十二烷酸	0.13	—	0.09
顺式单不饱和脂肪酸		29.14	23.43	0.38
多不饱和脂肪酸		45.54	55.40	84.48
不饱和脂肪酸		74.68	78.83	84.86
饱和脂肪酸		24.81	15.32	15.16

† “\*”表示不饱和脂肪酸;“—”表示未检测出。

表2 植物甾醇组成及相对含量<sup>†</sup>

Table 2 Composition and relative contents of phytosterol

化合物名称	保留时间/min	裸仁南瓜籽油/%	葡萄籽油/%	亚麻籽油/%
胆甾醇	19.724	—	—	0.24
菜油甾醇	21.693	3.75	10.27	12.08
β-谷甾醇	23.693	30.75	39.03	24.74
豆甾醇	23.963	2.41	6.91	0.23
羊毛甾醇	23.997	—	—	1.45
麦角甾-7,22-二烯-3β-醇	24.788	8.17	—	—
胆甾-7-烯-3β,5α-二醇	25.229	2.59	0.72	0.84
24-亚甲基环阿屯烷醇	25.453	1.75	1.87	24.71

† “—”表示未检测出。

2.5 抗氧化活性评价

2.5.1 DPPH 自由基清除能力 图4和表3表明,3种油对DPPH自由基的清除能力与其浓度呈正相关,其中裸仁南瓜籽油对DPPH自由基具有良好的清除能力。裸仁南瓜籽油在浓度为20 mg/mL时,清除率达52.20%,高于葡萄籽油(37.98%)和亚麻籽油(43.51%)的。从IC<sub>50</sub>值来看,3种油对DPPH自由基清除能力大小顺序为:裸仁南瓜籽油>亚麻籽油>葡萄籽油。

2.5.2 ABTS 自由基清除能力 图5和表4表明,3种油对ABTS自由基的清除能力与其浓度呈直线正相关,其中裸仁南瓜籽油对ABTS自由基具有较优的清除能力。在低浓度时,裸仁南瓜籽油和亚麻籽油对ABTS自由基清除能力相当,均低于葡萄籽油;随着浓度的增加,裸仁南瓜籽油对ABTS自由基清除能力增长快于其他2种油,浓度为16 mg/mL时,裸仁南瓜籽油对ABTS自由基的清除能力与

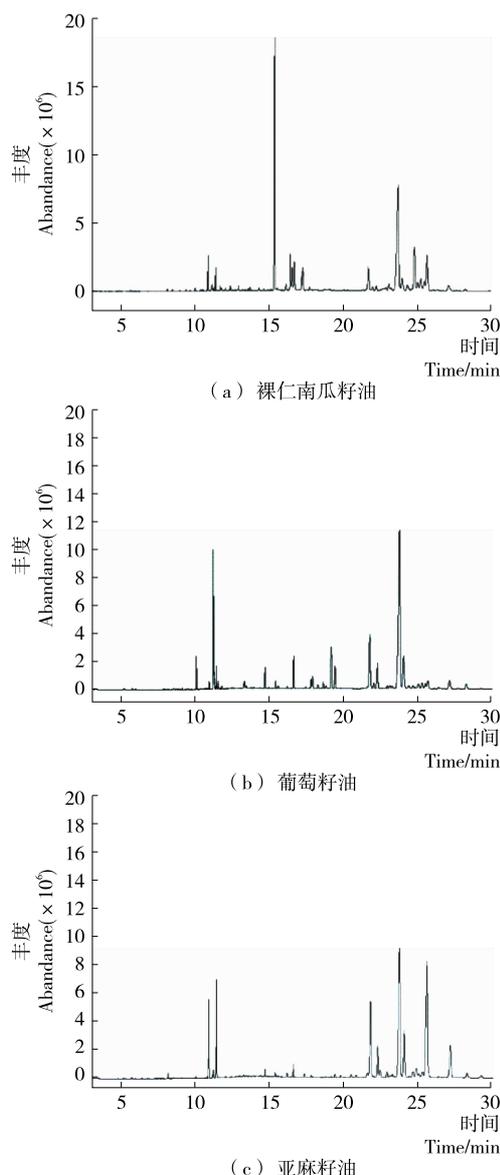


图2 植物甾醇检测的总离子流图

Figure 2 GC-MS total ion current chromatograph of phytosterol test

葡萄籽油相当, 优于亚麻籽油。从  $IC_{50}$  值来看, 3 种油对 ABTS 自由基清除能力大小顺序为: 葡萄籽油 > 裸仁南瓜籽油 > 亚麻籽油。

### 3 结论

通过对裸仁南瓜籽油的活性成分检测分析, 裸仁南瓜籽

油的不饱和脂肪酸、 $\beta$ -谷甾醇、 $\Delta$ -7 植物甾醇和角鲨烯含量分别为 74.68%, 30.75%, 10.76%, 5 490  $\mu\text{g/g}$ , 其  $\beta$ -谷甾醇、 $\Delta$ -7 植物甾醇和角鲨烯含量显著高于葡萄籽油和亚麻籽油, 角鲨烯含量显著高于文献[19]报道的市售普通南瓜籽油的平均含量(1.14  $\mu\text{g/g}$ )。天然植物甾醇具有良好的降胆固醇、

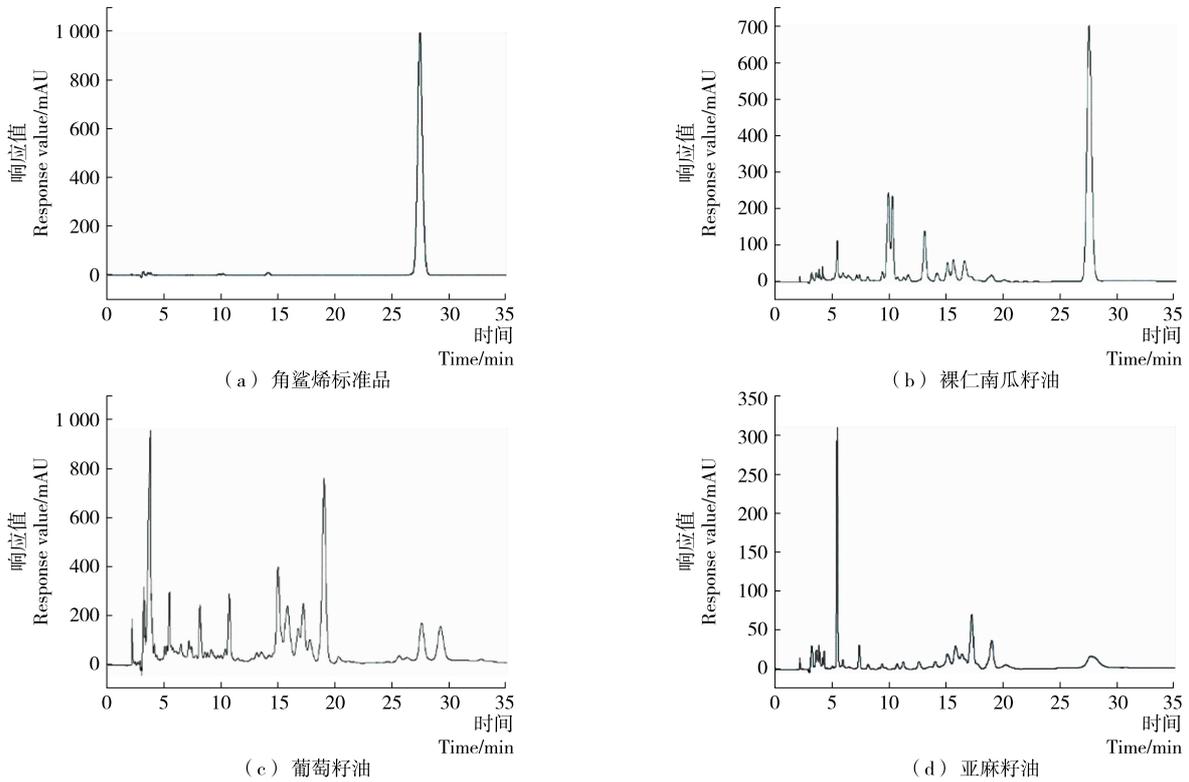


图 3 角鲨烯检测 HPLC 色谱图

Figure 3 HPLC chromatogram of Squalene standard

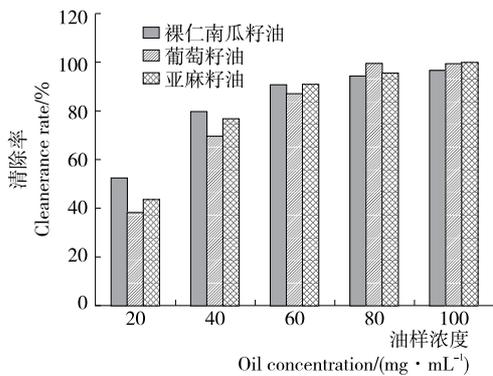


图 4 不同油脂对 DPPH 自由基的清除率

Figure 4 Scavenging ratio of different oils on DPPH free radical at different concentration

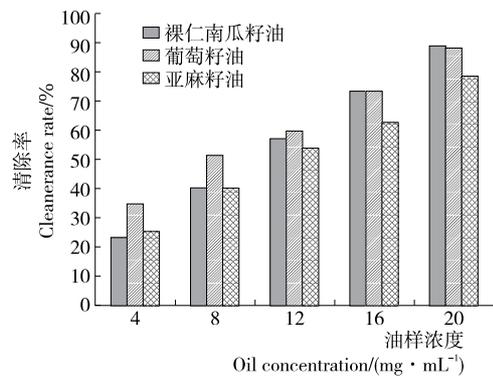


图 5 不同油脂对 ABTS 自由基的清除率

Figure 5 Scavenging ratio of different oils on ABTS free radical at different concentration

表 3 不同油脂对 DPPH 自由基的清除效果

Table 3 Indexes of scavenging effect of different oils on DPPH · free radical

油样	线性回归方程	$IC_{50}/$ ( $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	R
裸仁南瓜籽油	$y = 27.830 \ln(x) - 27.409$	16.14	0.973 4
葡萄籽油	$y = 39.911 \ln(x) - 79.450$	25.62	0.989 3
亚麻籽油	$y = 34.832 \ln(x) - 56.740$	21.42	0.979 5

表 4 不同油脂对 ABTS 自由基的清除效果

Table 4 Indexes of scavenging effect of different oils on ABTS free radical

油样	线性回归方程	$IC_{50}/$ ( $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	R
南瓜籽油	$y = 4.084 5x + 7.166$	10.49	0.999 8
葡萄籽油	$y = 3.189 5x + 22.862$	8.56	0.996 2
亚麻籽油	$y = 3.213 5x + 13.318$	14.53	0.996 9

抗炎、抗癌等功效<sup>[20-21]</sup>, $\Delta$ -7植物甾醇可抑制由二氢睾酮过多引起的前列腺增生<sup>[22]</sup>;角鲨烯为天然的抗癌、抗氧化剂,被广泛应用到食品、化妆品和医药行业<sup>[23]</sup>。因此可将裸仁南瓜籽油开发为具有降胆固醇、抗癌、抗氧化的保健油脂或进一步研究其功能成分,应用到化妆品、药品等行业。

对裸仁南瓜籽油进行体外抗氧化活性评价发现,裸仁南瓜籽油对DPPH、ABTS自由基具有良好的清除能力,抗氧化活性较强,可能与其高含量的不饱和脂肪酸、植物甾醇,尤其是角鲨烯相关,但具体机制还需进一步研究。下一步将对裸仁南瓜籽油的活性部位进一步分离纯化,以明确其抗氧化作用的主要组分及裸仁南瓜籽油抗氧化机制。

### 参考文献

- [1] 邓桂兰. 南瓜的综合利用与产品开发[J]. 粮食与食品工业, 2016, 23(3): 35-39.
- [2] 王晓, 程传格. 南瓜籽油脂肪酸的GC-MS分析[J]. 食品科学, 2002, 23(3): 115-116.
- [3] 孙欣, 徐雅琴, 崔崇士. 南瓜籽油的化学组成及开发利用[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(2): 124-126.
- [4] 董国玲, 田密霞, 姜爱丽, 等. 南瓜籽油的开发利用价值[J]. 粮食科技与经济, 2010, 35(4): 33-35.
- [5] MAKNI M, SEFI M, FETOUI H, et al. Flax and Pumpkin seeds mixture ameliorates diabetic nephropathy in rats[J]. Food & Chemical Toxicology, 2010, 48(8/9): 2 407-2 412.
- [6] CHO Y H, LEE S Y, JEONG D W, et al. Effect of pumpkin seed oil on hair growth in men with androgenetic alopecia: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2014, 2 014(1): 549 721.
- [7] MACIEJ G, WIRGINIA K K, ANETA S, et al. Evaluation of anthelmintic activity and composition of pumpkin (Cucurbita pepoL.) seed extracts; in vitro and in vivo studies[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(9): 1 456.
- [8] GOSSELL-WILLIAMS M, DAVIS A, O'CONNOR N. Inhibition of testosterone-induced hyperplasia of the prostate of sprague-dawley rats by pumpkin seed oil [J]. Journal of Medicinal Food, 2006, 9(2): 284-286.
- [9] SCHOENIGIGER G. Genetische Untersuchungen an Cucurbita pepoL[J]. Der Züchter, 1950, 20(11/12): 321-336.
- [10] 邹伶威, 李柱刚, 韩俊岩, 等. 裸仁南瓜研究进展概述[J]. 中国瓜菜, 2012, 25(6): 42-44.
- [11] 李全宏, 闫红, 蔡同一. 影响南瓜籽油萃取质量研究[J]. 中国食品学报, 2002, 2(3): 26-30.
- [12] 刘玉梅, 高智明, 王健, 等. 裸仁南瓜籽及南瓜籽油的营养成分研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 313-316.
- [13] 李桂华, 刘若瑜, 李珺. 葡萄籽油理化特性及组成分析的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2009, 30(6): 37-40.
- [14] 邓乾春, 禹晓, 黄庆德, 等. 亚麻籽油的营养特性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(4): 715-721.
- [15] 刘东波, 赖锡湖. 从南瓜种子中提取南瓜子油的方法: 中国, ZL201110066333.0[P]. 2012-8-17.
- [16] 黄健花, 宋志华, 刘慧敏, 等. 植物油的不同组分DPPH自由基清除能力及其与微量有益成分含量的相关性[J]. 中国油脂, 2017, 42(2): 67-70.
- [17] 张思, 王蕾, 张志旭, 等. 16种市售酵素食品功能分析与评价[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 196-200.
- [18] 梁红敏, 任继波, 李彦奎, 等. 改良的DPPH与ABTS自由基法评价不同葡萄籽油抗氧化能力[J]. 中国粮油学报, 2018(1): 85-91.
- [19] 石金娥, 于海玲, 王岩, 等. 气相色谱-质谱联用测定南瓜籽油中角鲨烯的含量[J]. 中国油脂, 2014, 39(11): 88-91.
- [20] 任建敏. 食物中植物甾醇生理活性及药理作用研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 389-393.
- [21] 张志旭, 昌超, 刘东波. 天然植物甾醇的来源、功效及提取研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 288-293.
- [22] RADHIKA P, CABEZA M, BRATOEFF E, et al. 5 $\alpha$ -reductase inhibition activity of steroids isolated from marine soft corals[J]. Steroids, 2004, 69: 439-444.
- [23] 刘纯友, 马美湖, 靳国锋, 等. 角鲨烯及其生物活性研究进展[J]. 中国食品学报, 2015, 15(5): 147-156.
- (上接第151页)
- [4] 王珊, 黄怡, 曹蕾, 等. 甘草中甘草酸的提取及测定方法简述[J]. 化工科技, 2010, 18(1): 76-80.
- [5] 赵茜, 李秉滔, 刘欣, 等. 超声强化甘草酸提取的研究[J]. 食品科技, 2000(5): 38-39.
- [6] 国蓉, 李剑君, 国亮, 等. 采用响应曲面法优化甘草饮片中甘草酸的超声提取工艺[J]. 西北农林科技大学学报, 2006, 34(9): 187-192.
- [7] 龙佳朋, 陈振斌, 刘晓娇, 等. 正交试验优选甘草酸的复合酶法提取工艺[J]. 中国药房, 2014, 25(7): 626-629.
- [8] 王卓, 裴建军, 李华钟, 等. 极耐热性 $\beta$ -葡萄糖醛酸酶的高效表达和酶学性质及其应用[J]. 生物工程学报, 2008, 24(8): 1 407-1 412.
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 2010年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 80-81.
- [10] 李亚辉, 马艳弘, 黄开红, 等. 响应面法优化复合酶提取芦荟多糖工艺及其抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 63-68.
- [11] 陈超, 岳崇慧, 王艳菲, 等. 超声波辅助酶法提取榛蘑多糖[J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 222-226.
- [12] 余先纯, 李湘苏, 韩大良, 等. 超声波联合果胶酸酶提取柚皮果胶的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 164-167.
- [13] 范三红, 李静, 王亚云, 等. 超声波辅助复合酶提取菊糖工艺优化[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 23-28.
- [14] 程海涛, 申献双. 响应面优化超声-微波协同提取紫米原花青素工艺[J]. 食品工业科技, 2018(7): 186-191.
- [15] 蒋孟君, 王艺, 任建青, 等. 超声提取食用玫瑰花总酚及其大孔树脂纯化前后抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2017(23): 164-169.
- [16] 宋思圆, 苏平, 王丽娟, 等. 响应面试验优化超声提取黄秋葵花果胶多糖工艺及其体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 283-289.
- [17] 谢果, 侯长军. 超声波法从甘草中提取甘草酸的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2002(4): 42-44.