

# 橄榄油的脂肪伴随物及其功能特性

蔡静薇<sup>1,2</sup>, 武利梅<sup>1,2</sup>, 张玉环<sup>1,2</sup>, 李建科<sup>1,2</sup>

(1. 陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 西安 710119; 2. 陕西师范大学  
食品加工副产物深度开发与高值化利用重点实验室, 西安 710119)

**摘要:** 橄榄油的营养成分丰富, 含有大量的不饱和脂肪酸, 且油酸含量高, 同时富含一些独特的脂肪伴随物。为促进橄榄油的开发利用, 介绍了橄榄油的分类、物理特性及脂肪酸组成, 对橄榄油中的脂肪伴随物及其功能特性进行了综述。橄榄油中含角鲨烯、橄榄苦苷、羟基酪醇、 $\alpha$ -生育酚、 $\beta$ -谷甾醇、环阿屯醇等功能活性成分, 这些功能活性成分赋予了橄榄油的独特风味和保护皮肤、预防心脑血管疾病、促进骨骼生长发育、抗肿瘤、防辐射、预防糖尿病等保健功效。

**关键词:** 橄榄油; 脂肪伴随物; 功能特性

中图分类号: TS225.1; TQ641 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2023)05-0078-07

## Fat concomitants of olive oil and their functional characteristics

CAI Jingwei<sup>1,2</sup>, WU Limei<sup>1,2</sup>, ZHANG Yuhuan<sup>1,2</sup>, LI Jianke<sup>1,2</sup>

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;  
2. Key Laboratory of Food Processing Byproducts for Advanced Development and High Value Utilization,  
Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

**Abstract:** Olive oil is rich in nutrients, including a large amount of unsaturated fatty acids, high oleic acid content, as well as some unique fat concomitants. In order to promote the development and utilization of olive oil, the classification, physical properties and fatty acid composition of olive oil were introduced, and the fat concomitants in olive oil and their functional characteristics were reviewed. Olive oil contains squalene, oleuropein, hydroxytyrosol,  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -sitosterol, cycloartenol and other functional active components. These functional active components endow olive oil with unique flavor and health functional characteristics such as skin protection, prevention of cardiovascular and cerebrovascular diseases, promotion of bone growth and development, anti-tumor, radiation protection, and prevention of diabetes.

**Key words:** olive oil; fat concomitant; functional characteristics

油橄榄是木犀科木犀属的木本油料作物, 为著名亚热带果树和重要经济林木, 产地主要集中在地中海沿岸国家<sup>[1]</sup>。1975年起, 我国甘肃陇南开始进行油橄榄的试种, 并逐渐发展为我国最主要的油橄

榄种植区。甘肃陇南白龙江流域是目前我国油橄榄的最佳种植地带。油橄榄种植产业的快速发展促进了国产橄榄油的加工生产, 橄榄油因其丰富的营养价值和独特的感官风味而备受关注, 进而带动了橄榄油的消费需求<sup>[2-3]</sup>。就加工方式而言, 橄榄油是由油橄榄果实直接低温压榨, 并通过分离水分得到的植物油, 不经过任何的加热和化学处理, 这与常见植物油的加工方式有着很大的区别, 使得橄榄油的天然营养成分得到了最大限度的保留<sup>[4]</sup>。橄榄油的营养成分丰富, 符合人体营养需求, 对于降低心脑血管疾病、预防糖尿病、防癌、抗衰老等均具有重要作用, 被称为“绿色保健食用油”<sup>[5]</sup>, 又被冠以“植物

收稿日期: 2022-01-29; 修回日期: 2023-01-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD1002400, 2019YFD1002403)

作者简介: 蔡静薇(1998), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品化学与营养学(E-mail) 1575973004@qq.com。

通信作者: 李建科, 教授, 博士(E-mail) jiankel@snnu.edu.cn。

油皇后”的美称<sup>[6]</sup>。

橄榄油的化学组成包括甘油三酯及脂肪伴随物,其中甘油三酯含量为95%~99%,剩余1%~5%为脂肪伴随物<sup>[7]</sup>。根据极性不同,橄榄油中脂肪伴随物可分为非极性伴随物和极性伴随物<sup>[8]</sup>。非极性伴随物如角鲨烯、生育酚和植物甾醇等,其中:角鲨烯具有多种生物活性和较强的抗氧化能力<sup>[9]</sup>;生育酚包括8种异构体,分别为 $\alpha$ -生育酚、 $\beta$ -生育酚、 $\gamma$ -生育酚、 $\delta$ -生育酚及相应的4种生育三烯酚,是人体主要的脂溶性抗氧化剂<sup>[10-11]</sup>;植物甾醇具有抑制胆固醇的生化合成,抑制人体对胆固醇的吸收,促进胆固醇的降解代谢等作用<sup>[12]</sup>。极性伴随物如酚类化合物等,其在保持橄榄油风味,提高油脂氧化稳定性以及清除自由基等方面发挥着重要作用<sup>[13]</sup>。本文对橄榄油的脂肪伴随物及其功能特性进行综述,以期对橄榄油的开发与利用提供参考。

## 1 橄榄油的分类

根据GB/T 23347—2021《橄榄油、油橄榄果渣油》,橄榄油按照加工工艺可以分为三大类,分别是初榨橄榄油、精炼橄榄油和混合橄榄油。初榨橄榄油也称为原生橄榄油或天然橄榄油,是直接对新鲜的油橄榄果实进行低温压榨,再利用过滤等处理方式除去杂质后所得,属于纯天然油脂<sup>[14]</sup>。初榨橄榄油根据酸值可以分为三类:特级初榨橄榄油,酸值(KOH)不超过1.6 mg/g;优质初榨橄榄油,酸值(KOH)较高,但是不超过3.0 mg/g;初榨橄榄灯油,酸值(KOH)超过3.0 mg/g。精炼橄榄油也称为“二次油”,是以初榨橄榄灯油为原料经过一系列精炼工艺制取,且只允许添加 $\alpha$ -生育酚的符合食用指标规定的橄榄油。混合橄榄油是由精炼橄榄油与可直接食用的初榨橄榄油(包括特级初榨橄榄油和优质初榨橄榄油)混合制成的可供食用的橄榄油。

## 2 橄榄油的物理特性及脂肪酸组成

### 2.1 橄榄油的物理特性

橄榄油的性状与制油工艺相关,橄榄油的物理特性主要体现在色泽、气味、口感、稳定性等方面。在色泽上,橄榄油酸值不同,呈现的色泽也会有所差异。橄榄油酸值越高,对应的色泽越深,品质越差。在气味上,橄榄油都具有草木香,且香味的类型取决于树种<sup>[14]</sup>。在口感上,橄榄油口感爽滑,有淡淡的苦味及辛辣味。此外,橄榄油具有良好的表皮吸收性,将橄榄油涂抹在皮肤上,10~15 min即可被充分

吸收,且没有油腻感。橄榄油储存稳定性较高,在0℃仍能以液体状态存在,且不易酸败,一般来说,橄榄油在避光阴凉条件下的储藏期为1~1.5年<sup>[5-6]</sup>。

### 2.2 橄榄油的脂肪酸组成

脂肪酸组成是评价油脂营养品质的最重要指标之一。脂肪酸包括饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸分为单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。橄榄油的饱和脂肪酸含量仅为12%~25%,不饱和脂肪酸含量较为丰富,占75%~88%,其中单不饱和脂肪酸(以油酸为主)含量高达70%以上<sup>[15]</sup>。5种植物油的脂肪酸组成见表1。由表1可见,橄榄油中油酸含量高于花生油、大豆油、菜籽油和玉米油。单不饱和脂肪酸具有降低甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇的功效。亚油酸和亚麻酸是人体的必需脂肪酸,但并非摄入得越多越好,因为这2种不饱和脂肪酸容易被氧化而产生有害物质<sup>[16]</sup>。

表1 5种植物油的脂肪酸组成 %

脂肪酸	花生油	大豆油	菜籽油	玉米油	橄榄油
棕榈酸	12.60	12.45	4.82	13.76	13.50
硬脂酸	5.14	4.91	2.10	2.21	4.46
棕榈油酸	0.12	0.09	0.29	0.18	1.33
油酸	42.24	26.38	48.68	29.67	72.71
亚油酸	31.37	47.40	17.92	51.70	6.07
亚麻酸	0.11	6.95	8.67	1.02	0.72
饱和脂肪酸	25.09	18.82	8.40	17.01	18.66
不饱和脂肪酸	74.90	81.17	91.60	83.00	81.33
多不饱和脂肪酸	31.48	54.35	26.78	52.72	6.79
单不饱和脂肪酸	43.42	26.82	64.82	30.28	74.54

注:表中数据根据文献<sup>[17]</sup>整理

## 3 橄榄油的脂肪伴随物及其功能特性

### 3.1 角鲨烯

角鲨烯是一种高度不饱和的开链三萜类化合物,属于脂质不皂化物<sup>[18]</sup>。角鲨烯广泛存在于植物油中,但是含量普遍较低<sup>[19]</sup>,而橄榄油的角鲨烯含量较高,可达0.6%<sup>[20]</sup>。表2是橄榄油与其他植物油中角鲨烯的含量对比。由表2可知:橄榄油中的角鲨烯含量最高,国产橄榄油中角鲨烯的含量高达6 359.90 mg/kg,进口橄榄油的角鲨烯含量为6 294.70 mg/kg;其他种类的植物油中角鲨烯含量相对较低。

表2 橄榄油与其他植物油中角鲨烯的含量对比 mg/kg

植物油	角鲨烯含量	植物油	角鲨烯含量
国产橄榄油	6 359.90	葵花籽油	46.02
进口橄榄油	6 294.70	芝麻油	14.74
大豆油	45.64	核桃油	53.80
花生油	218.33	亚麻籽油	24.49
山茶油	139.30	米糠油	18.28
玉米胚芽油	164.90	小麦胚芽油	69.22

注:表中数据根据文献[20-21]整理

角鲨烯是橄榄油中相对突出的功能性成分,具有多种功能活性:①强抗氧化作用,增加橄榄油自身的稳定性,延长保质期,保持其鲜美口味;②抗肿瘤作用,对乳腺细胞中 DNA 的氧化损伤具有保护作用<sup>[22]</sup>,能够抑制胃腺癌细胞的增殖<sup>[23]</sup>;③降胆固醇作用,可通过抑制 SCAP/SREBP 信号调控通路中关键蛋白质分子 SCAP 与 Insig2 之间的相互作用,调节 HepG2 细胞低密度脂蛋白受体的表达,起到降低胆固醇的作用<sup>[24-25]</sup>;④保护心肌细胞,可与细胞膜磷脂双分子层中的脂肪酸形成复合物,使细胞膜结构更加稳定,从而降低心肌细胞的氧化损伤<sup>[26]</sup>;⑤抗衰老作用,与皮肤亲和力极佳,可被皮肤迅速吸收,能够有效保持皮肤弹性和润泽,角鲨烯能显著提高谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)等多种抗氧化酶的活性,同时能显著降低皮肤中蛋白质氢过氧化物和蛋白质羰基含量<sup>[27]</sup>;⑥预防糖尿病,与虾青素联合使用能够起到抗氧化作用,并调节甘油三酯和葡萄糖水平<sup>[28]</sup>。

### 3.2 酚类物质

酚类物质是橄榄油中主要的脂肪伴随物之一。表3是‘La Pepa’和‘Severini’品种的初榨橄榄油中酚类物质的含量。由表3可知,初榨橄榄油中酚类物质主要包括橄榄苦苷、羟基酪醇以及酪醇,这一观点也得到 Tasioula - Margari<sup>[29]</sup>、Saitta<sup>[30]</sup>等的证实。油橄榄品种、种植环境以及橄榄油的提取方式对酚类物质的组成和含量有一定程度的影响。Manai - Djebali 等<sup>[31]</sup>对突尼斯5个品种初榨橄榄油的多酚含量进行测定,发现‘Hor Kesra’品种初榨橄榄油的多酚含量最低,为(255 ± 2) mg/kg,‘Betsijina’品种初榨橄榄油的多酚含量最高,可达(1 631 ± 5) mg/kg。张东等<sup>[32]</sup>对我国甘肃陇南地区8个品种的初榨橄榄油进行分析,发现除‘城固32’‘皮削利’‘莱星’3个品种外,其余品种初榨橄榄油的总酚含量均低于200 mg/kg。

表3 ‘La Pepa’和‘Severini’初榨橄榄油中

品种	酚类物质的含量					mg/kg
	羟基酪醇	酪醇	橄榄苦苷	橄榄苦苷元	丁香酸	
La Pepa	41.3	23.8	140.0	24.9	15.1	4.6
Severini	37.0	34.6	120.4	19.9	19.2	6.2

注:‘La Pepa’和‘Severini’为意大利坎帕尼亚地区2个橄榄油品种。表中数据根据文献[33]整理

橄榄油中酚类物质的抗氧化能力对于保护人体健康具有积极功效。在人体中,低密度脂蛋白的氧化是造成心血管疾病和动脉粥样硬化的重要原因之一。橄榄苦苷在体内具有较强的抗氧化性,可有效抑制低密度脂蛋白的氧化,起到预防心血管疾病的作用<sup>[34-35]</sup>;橄榄苦苷能够增强胰岛素的敏感性,提高人体的新陈代谢功能,预防过度肥胖和糖尿病;橄榄苦苷还能够通过抗氧化、抗炎、上调血清中骨保护素(OPG)以及下调细胞核因子κB受体活化因子配基(RANKL)的表达来延缓骨质的流失,从而起到预防和治疗骨质疏松症的作用<sup>[36]</sup>。羟基酪醇是橄榄油中较为典型的酚类化合物,是一种高效的脑内抗氧化剂,可降低纹状体和脑其余部位的脂质过氧化物水平,阻碍谷胱甘肽(GSH)的消耗,降低神经病变发生的风险<sup>[37]</sup>。研究认为,肿瘤是因为人体内多余的活性氧和自由基破坏了DNA,使基因表达异常而造成的,例如结肠癌患者体内活性氧的量明显增多。而羟基酪醇为邻苯二酚结构,可以抑制氧化应激反应和清除自由基,具有一定的抗肿瘤活性<sup>[38-39]</sup>。羟基酪醇还可降低血糖和脂类氧化物的浓度,治疗由糖尿病引起的高血糖以及氧化应激<sup>[40]</sup>。橄榄油中的酚类物质(橄榄苦苷、羟基酪醇、酪醇等)能够有效提高辐射小鼠外周血细胞数量,降低脂质过氧化损伤,减轻DNA损伤,抑制细胞凋亡,对小鼠的辐射损伤具有良好的防护作用<sup>[41]</sup>。橄榄油还可以抵御辐射对人体的伤害。Satue 等<sup>[42]</sup>研究发现,酚类物质具有清除自由基、抑制油脂氧化、保持橄榄油风味的作用,当橄榄油中酚类物质含量达50 mg/kg时,过氧化值的抑制率可达52%。由此可见,酚类物质在增强橄榄油的贮藏稳定性方面也起到了十分重要的作用。

### 3.3 植物甾醇

橄榄油中植物甾醇种类多样,如豆甾醇、β-谷甾醇、环阿屯醇等。橄榄油中植物甾醇的含量与组成均受油橄榄品种、树龄、果实成熟度与环境因素等影响。Krichène 等<sup>[43]</sup>对突尼斯的6个品种初榨橄榄油中植物甾醇含量进行了测定,结果发现,不同品

种初榨橄榄油中的植物甾醇含量有显著差异,含量介于 1 390 ~ 2 320 mg/kg 之间。此外,在突尼斯<sup>[43]</sup>、意大利<sup>[44]</sup>和西班牙<sup>[45]</sup>的同品种橄榄油中分别检测到 16、10、6 种单体甾醇,充分说明了不同地区橄榄油的植物甾醇组成及含量存在较大差异。表 4 是成都 8 个引进油橄榄品种初榨橄榄油的豆甾醇和  $\beta$ -谷甾醇含量。由表 4 可知:8 个品种初榨橄榄油中‘豆果’豆甾醇含量最高,为 90.30 mg/kg,‘皮削利’豆甾醇含量最低,为 31.99 mg/kg;‘科拉蒂’ $\beta$ -谷甾醇含量最高,为 1 178.63 mg/kg,‘莱星’ $\beta$ -谷甾醇含量最低,为 143.84 mg/kg。

表 4 成都 8 个引进油橄榄品种初榨橄榄油的

品种	豆甾醇和 $\beta$ -谷甾醇含量	
	豆甾醇	$\beta$ -谷甾醇
豆果	90.30 ± 0.82	239.59 ± 10.56
柯基	64.36 ± 2.88	295.29 ± 1.63
科拉蒂	59.05 ± 1.62	1 178.63 ± 7.91
鄂植	88.57 ± 1.45	692.68 ± 4.27
皮削利	31.99 ± 0.89	490.87 ± 3.24
格洛桑	48.42 ± 2.24	691.58 ± 4.54
莱星	41.84 ± 1.19	143.84 ± 0.72
小苹果	67.47 ± 0.97	586.64 ± 3.67

注:表中数据根据文献[46]整理

植物甾醇对维护健康和预防慢性病具有重要的作用, $\beta$ -谷甾醇能够通过竞争作用抑制肠腔内胆固醇进入乳糜微粒或混合胶束、干扰胆固醇的水解与酯化反应等途径降低胆固醇的吸收<sup>[47]</sup>,因此橄榄油具有降低胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白含量,提升高密度脂蛋白含量的作用,常食用橄榄油可预防动脉粥样硬化及其并发症心脏病、心力衰竭、脑出血等疾病的发生<sup>[48]</sup>。对 2 型糖尿病大鼠模型研究证明, $\beta$ -谷甾醇具有类胰岛素的生物活性,它可通过提高骨骼肌细胞中葡萄糖转运蛋白 4 (Glut 4),以及脂肪组织中过氧化物酶体增殖物激活受体  $\gamma$  (PPAR- $\gamma$ ) 的蛋白表达水平,从而改善大鼠的糖尿病症状<sup>[49]</sup>。同时, $\beta$ -谷甾醇能够抑制肿瘤细胞的发生与发展并诱导其凋亡<sup>[50]</sup>。Sultana 等<sup>[51]</sup>对环阿屯醇在皮肤癌变及氧化应激方面的研究发现,环阿屯醇对表皮鸟氨酸脱羧酶活性、DNA 合成、黄嘌呤氧化酶活性、脂质过氧化等方面均具有较强的抑制作用,并且对皮肤癌变后的谷胱甘肽消耗水平、抗氧化活性等具有恢复作用,所以环阿屯醇被认为是一种很好的皮肤癌变化学防护剂。植物甾醇具有预防心脑血管疾病、预防糖尿病、抗肿瘤的作用,同时植物甾醇被认为具有天然的抗炎性、抗氧化性、抗菌

性等<sup>[52-53]</sup>。

### 3.4 维生素 E

初榨橄榄油中天然营养成分含量丰富,除角鲨烯、酚类化合物等脂肪伴随物外,还富含维生素 E。初榨橄榄油中生育酚含量与油橄榄品种、成熟度和气候条件等多种因素有关。表 5 是我国 5 个品种初榨橄榄油的生育酚含量。由表 5 可知,橄榄油中生育酚主要以  $\alpha$ -生育酚的形式存在,‘莱星’初榨橄榄油的  $\alpha$ -生育酚含量最高,是‘佛奥’初榨橄榄油的 2.3 倍,是‘皮削利’初榨橄榄油的 1.5 倍。Dabbou 等<sup>[54]</sup>对突尼斯栽种的 5 个品种特级初榨橄榄油进行研究,发现其生育酚含量存在显著差异。除此之外,降雨量、温度等气候条件及海拔高度均会对生育酚含量产生影响,如高温或者干旱气候条件下的油橄榄果中生育酚含量较高<sup>[55]</sup>。Ceci 等<sup>[56]</sup>研究发现,阿根廷种植的‘Arbequina’品种橄榄油生育酚含量高于西班牙种植的同品种的,而国内种植的‘Frantoio’橄榄油中的生育酚含量比巴西‘Frantoio’橄榄油的高<sup>[57]</sup>。

表 5 我国 5 个品种初榨橄榄油的生育酚含量 mg/kg

品种	$\alpha$ -生育酚	$\beta$ -生育酚	$\gamma$ -生育酚	$\delta$ -生育酚
鄂植 8	287.35 ± 2.21	7.04 ± 0.64	42.50 ± 4.20	3.17 ± 0.29
皮削利	191.55 ± 2.32	7.29 ± 0.25	32.05 ± 2.34	2.87 ± 0.20
莱星	292.77 ± 21.54	7.83 ± 0.24	19.52 ± 1.77	2.49 ± 0.17
佛奥	126.18 ± 5.46	6.07 ± 0.18	8.85 ± 0.31	0.00 ± 0.00
皮瓜尔	224.49 ± 10.90	7.38 ± 1.50	17.39 ± 5.84	0.00 ± 0.00

注:表中数据根据文献[58]整理

维生素 E 有很多重要的生理功能,其中最具代表性的就是抗氧化作用。维生素 E 的酚羟基可以有效猝灭油脂中的单线态氧,保护多不饱和脂肪酸免受氧化破坏,维持生物膜的正常结构,保护磷脂和细胞膜蛋白质中的水分,且能促进人体细胞的再生<sup>[59]</sup>。因此,橄榄油具有减缓细胞老化、滋润皮肤、抗皱美白的美容功效<sup>[60-61]</sup>。除此之外,在皮肤表面涂抹橄榄油,还可有效抵御紫外线对皮肤的伤害,预防皮肤癌的发生<sup>[62]</sup>。维生素 E 与骨代谢关系密切,对骨形成及骨吸收具有一定的调控作用,能够有效防止骨质疏松<sup>[63]</sup>。维生素 E 还具有延缓衰老,改善脂质代谢,预防冠心病、动脉粥样硬化,提高生育能力等重要作用<sup>[64-65]</sup>。

## 4 总结与展望

橄榄油通常采用低温压榨法制取,最大程度地保留了油橄榄果中的天然营养成分。橄榄油中含有大量的不饱和脂肪酸,且油酸含量高。同时,橄榄油中富含角鲨烯、橄榄苦苷、羟基酪醇、 $\alpha$ -生育酚、

$\beta$ -谷甾醇、环阿屯醇等多种功能活性成分,使得橄榄油具有独特的风味,且在保护皮肤、预防心脑血管疾病、促进骨骼生长发育、抗肿瘤、防辐射、预防糖尿病等领域展现出独特的保健功效。目前,我国油橄榄的种植面积和产量仍较小,橄榄油的消费还主要依赖进口,而且市场上的橄榄油良莠不齐,品牌混杂。橄榄油具有独特的品质与特性,应加大油橄榄产业的发展,开拓橄榄油消费市场。

#### 参考文献:

- [1] 陈剑英. 高产优质木本油料树种:油橄榄[J]. 云南林业, 2006(3):30.
- [2] 郭永跃,马君义,后春静,等. 陇南3个品种油橄榄果实品质比较分析[J]. 中国油脂, 2021, 46(1):121-127.
- [3] 王贵德,邓煜,张正武,等. 甘肃陇南油橄榄主栽品种含油率测定与分析[J]. 中国林副特产, 2012(5):55-57.
- [4] 张英姿,伊雄海,邓晓军,等. 橄榄油的质量分级检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(11):4239-4246.
- [5] 钟昌勇. 橄榄油化学组成及应用综述[J]. 林产化工通讯, 2005(6):34-38.
- [6] 伍美军,蒲红争,勾瑶,等. 橄榄油有效成分及应用研究进展[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(10):34-35.
- [7] CHAPAGAIN B P, WIESMAN Z. MALDI - TOF/MS fingerprinting of triacylglycerols (TAGs) in olive oils produced in the Israeli Negev desert [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(4):1135-1142.
- [8] 邓斌,张伟,惠菊,等. 橄榄油中极性伴随物研究状况[J]. 中国油脂, 2011, 36(4):35-39.
- [9] 戴宇航. 橄榄油中角鲨烯的分离纯化工艺研究[D]. 天津:天津大学, 2009.
- [10] SHAHIDI F, DE CAMARGO A C. Tocopherols and tocotrienols in common and emerging dietary sources: occurrence, applications, and health benefits[J/OL]. Int J Mol Sci, 2016, 17(10):1745 [2022-01-29]. <https://doi.org/10.3390/ijms17101745>.
- [11] 冯鑫,别玮,郝欣,等. 超临界色谱串联质谱法测定橄榄油中维生素E含量的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(11):4341-4347.
- [12] JESCH E D, CARR T P. Sitosterol reduces micellar cholesterol solubility in model bile[J]. Nutr Res, 2006, 26(11):579-584.
- [13] SANTANGELO C, FILESI C, VARÌ R, et al. Consumption of extra-virgin olive oil rich in phenolic compounds improves metabolic control in patients with type 2 diabetes mellitus: a possible involvement of reduced levels of circulating visfatin[J]. J Endocrinol Invest, 2016, 39(11):1295-1301.
- [14] 金英姿,葛亮. 橄榄油的营养成分及其保健功能[J]. 农产品加工:学刊, 2012(6):94-96.
- [15] FRAGAKI G, SPYROS A, SIRAGAKIS G, et al. Detection of extra virgin olive oil adulteration with lampante olive oil and refined olive oil using nuclear magnetic resonance spectroscopy and multivariate statistical analysis[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(8):2810-2816.
- [16] 师茜,田丽萍,薛琳,等. 油莎豆油与其他植物油主要脂肪酸的分析比较[J]. 食品工业, 2016, 37(1):52-54.
- [17] 刘颖,刘晓谦,梁曜华,等. 11种植物油的脂肪酸组成与抗氧化活性比较[J]. 中国油脂, 2020, 45(10):52-56,61.
- [18] HIEN H, HA N C, LE T T, et al. Squalene promotes cholesterol homeostasis in macrophage and hepatocyte cells via activation of liver X receptor (LXR)  $\alpha$  and  $\beta$  [J]. Biotechnol Lett, 2017, 39(8):1101-1107.
- [19] 金春爱,王荣灿,王馨翊,等. 核桃油与常用植物油中37种脂肪酸和角鲨烯含量比较[J]. 食品工业科技, 2022, 43(12):261-267.
- [20] 吴丽华,赵晶晶,武利梅,等. 快速皂化-中性氧化铝层析净化气相色谱-质谱法测定植物油中的角鲨烯[J]. 中国油脂, 2021, 46(10):132-136.
- [21] 朱云. 植物油中角鲨烯含量及其在油脂加工与使用过程中的变化[J]. 中国油脂, 2019, 44(12):136-138.
- [22] WARLETA F, CAMPOS M, ALLOUCHE Y, et al. Squalene protects against oxidative DNA damage in MCF10A human mammary epithelial cells but not in MCF7 and MDA-MB-231 human breast cancer cells [J]. Food Chem Toxicol, 2010, 48(4):1092-1100.
- [23] SRI C B B, MISHRA D P, NARAYAN B. Inhibition of virulence of *Staphylococcus aureus*: a food borne pathogen - by squalene, a functional lipid [J]. J Funct Foods, 2015, 18:224-234.
- [24] 李婷,赵丽萍,余超超,等. 角鲨烯对 HepG2 细胞 LDLR 表达的影响及机制初探[J]. 中国药理学通报, 2018, 34(7):1020-1024.
- [25] CHEN Y K, CHEN X, LUN G G, et al. Discovery of potential inhibitors of squalene synthase from traditional Chinese medicine based on virtual screening and in vitro evaluation of lipid-lowering effect[J/OL]. Molecules, 2018, 23(5):1040 [2022-01-29]. <https://doi.org/10.3390/molecules23051040>.
- [26] FARVIN K, SURENDRARAJ A, ANANDAN R. Protective effect of squalene on endogenous antioxidant vitamins in experimentally induced myocardial infarction in rats [J]. Asian J Biochem, 2009, 4(4):133-139.
- [27] 雷茜茜,赵松林,陈卫军,等. 角鲨烯和维生素E抗皮肤衰老作用的比较研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(13):91-93.

- [28] KUMAR S R, NARAYAN B, SAWADA Y, et al. Combined effect of astaxanthin and squalene on oxidative stress in vivo[J]. *Mol Cell Biochem*, 2016, 417(1/2): 57–65.
- [29] TASIOULA – MARGARI M, OKOGERI O. Simultaneous determination of phenolic compounds and tocopherols in virgin olive oil using HPLC and UV detection[J]. *Food Chem*, 2001, 74(3):377–383.
- [30] SAITTA M, SALVO F, BELLA G D, et al. Minor compounds in the phenolic fraction of virgin olive oils[J]. *Food Chem*, 2008, 112(3):525–532.
- [31] MANAI – DJEBALI H, KRICHÈNE D, OUNI Y, et al. Chemical profiles of five minor olive oil varieties grown in central Tunisia[J]. *J Food Compos Anal*, 2012, 27(2): 109–119.
- [32] 张东,薛雅琳,朱琳,等.我国陇南地区初榨橄榄油多酚类化合物组成研究[J].*中国油脂*, 2016, 41(4): 37–40.
- [33] 裴梦雪,马传国,殷俊俊,等.橄榄油极性酚类物质对降血脂作用探究[J].*粮食与油脂*, 2013, 26(8): 50–53.
- [34] 向春蓉,徐洲,王寒冬,等.3个引进油橄榄品种初榨油多酚类化合物含量及抗氧化活性研究[J].*中国粮油学报*, 2017, 32(9):94–98.
- [35] LOCKYER S, ROWLAND I, SPENCER J, et al. Impact of phenolic – rich olive leaf extract on blood pressure, plasma lipids and inflammatory markers: a randomised controlled trial [J]. *Eur J Nutr*, 2017, 56(4): 1421–1432.
- [36] 刘慧兰,赵爱国,侯安丽.橄榄苦苷对去势SD大鼠绝经后骨质疏松的治疗作用及机制[J].*现代妇产科进展*, 2021,30(11):819–821, 826.
- [37] TASSET I, PONTES A J, HINOJOSA A J, et al. Olive oil reduces oxidative damage in a 3 – nitropropionic acid – induced Huntington’s disease – like rat model[J]. *Nutr Neurosci*, 2011, 14(3):106–111.
- [38] 唐娟,刘琳,李承蔓,等.羟基酪醇的药理作用和药代动力学研究进展[J].*中国实验方剂学杂志*, 2021, 27(6):241–250.
- [39] LEÓN – GONZÁLEZ A J, SÁEZ – MARÍNEZ P, JIMÉNEZ – VACAS J M, et al. Anticancer activity of hydroxytyrosol and five semisynthetic lipophilic derivatives in prostate cancer cells[J/OL]. *Endocr Abstr*, 2021,73: AEP397[2022 – 01 – 29]. <https://doi.org/10.1530/endoabs.73.AEP397>.
- [40] KHALED H, ALLOUCHE N, DAMAK M, et al. Hypoglycemic and antioxidant effects of phenolic extracts and purified hydroxytyrosol from olive mill waste in vitro and in rats[J]. *Chem Biol Interact*, 2009, 180(3): 421–432.
- [41] KOSTYUK V A, ALBUHAYDAR A, POTAPOVICH A I, et al. Cell responses to the impact of physiological doses of ultraviolet radiation and their modulation by plant polyphenols[J]. *J BSU Biol*, 2019 (2):13–21.
- [42] SATUE M T, SHU – WEN H, FRANKEL E N. Effect of natural antioxidants in virgin olive oil on oxidative stability of refined, bleached, and deodorized olive oil[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1995, 72(10):1131–1137.
- [43] KRICHÈNE D, ALLALOUT A, SALVADOR M D, et al. Fatty acids, volatiles, sterols and triterpenic alcohols of six monovarietal Tunisian virgin olive oils[J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 2010, 112(3): 400–409.
- [44] PISCOPO A, BRUNO A D, ZAPPIA A, et al. Characterization of monovarietal olive oils obtained from mills of Calabria region ( southern Italy) [J]. *Food Chem*, 2016, 213:313–318.
- [45] REBOREDO – RODRÍGUEZ P, GONZÁLEZ – BARREIRO C, CANCHO – GRANDE B, et al. Quality of extra virgin olive oils produced in an emerging olive growing area in north – western Spain [J]. *Food Chem*, 2014, 164: 418–426.
- [46] 刘捷.成都8个引进油橄榄品种生物学特性研究[D].四川雅安:四川农业大学,2019.
- [47] TRAUTWEIN E A, DUCHATEAU G, LIN Y, et al. Proposed mechanisms of cholesterol – lowering action of plant sterols[J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 2010, 105(3/4):171–185.
- [48] 耿敬章,梁加敏,许璐璐,等.植物甾醇的生理功能及其开发前景[J].*饮料工业*,2015,18(5):70–73.
- [49] RAMALINGAM S, PACKIRISAMY M, KARUPPIAH M, et al. Effect of  $\beta$  – sitosterol on glucose homeostasis by sensitization of insulin resistance via enhanced protein expression of PPR $\gamma$  and glucose transporter 4 in high fat diet and streptozotocin – induced diabetic rats [J]. *Cytotechnology*, 2020, 72(3):357–366.
- [50] NOVOTNY L, ABDEL – HAMID M E, HUNAKOVA L. Anticancer potential of  $\beta$  – sitosterol[J/OL]. 2017,2:129 [2022 – 01 – 29]. <https://doi.org/10.15344/2456-3501/2017/129>.
- [51] SULTANA S, ALAM A, KHAN N, et al. Inhibition of benzoyl peroxide and ultraviolet – B radiation induced oxidative stress and tumor promotion markers by cycloartenol in murine skin [J]. *Redox Rep*, 2003, 8(2):105–112.
- [52] 余慧,徐宝成,王大红,等.植物甾醇氧化物的形成、摄入及健康相关效应[J].*食品科学*, 2021, 42(23): 306–314.
- [53] 葛志伟,罗自生.食品中植物甾醇的色谱分析方法研究

- 进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3): 773-778.
- [54] DABBOU S, BRAHMI F, TAAMALI A, et al. Extra-virgin olive oil components and oxidative stability from olives grown in Tunisia[J]. J Am Oil Chem Soc, 2010, 87(10):1199-1209.
- [55] 俞乐. 国产橄榄油的组成特征、抗氧化性质及其鉴别评价[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2021.
- [56] CECI L N, MATTAR S B, CARELLI A A. Chemical quality and oxidative stability of extra virgin olive oils from San Juan province (Argentina)[J]. Food Res Int, 2017, 100:764-770.
- [57] MARIÂNGELA - HOFFMANN B, RUI - CARLOS Z, CRIZEL - CARDOSO M, et al. Chemical characterization and oxidative stability of olive oils extracted from olive trees of southern Brazil[J]. Pesq Agropec Bras, 2017, 52(12):1231-1240.
- [58] 张东, 薛雅琳, 朱琳, 等. 我国油橄榄果及初榨橄榄油品质研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(2):88-93.
- [59] HELAL E, TAHA N M, MOHAMED A M, et al. Ameliorative effect of vitamin E on oxidative stress induced by bisphenol A in female albino rats[J]. Egypt J Hosp Med, 2016, 65:474-478.
- [60] VIOLA P, VIOLA M. Virgin olive oil as a fundamental nutritional component and skin protector [J]. Clin Dermatol, 2009, 27(2):159-165.
- [61] ROMANA - SOUZA B, MONTE - ALTO - COSTA A. Olive oil reduces chronic psychological stress - induced skin aging in mice through the NF -  $\kappa$ B and NRF2 pathways[J]. J Funct Foods, 2019, 54:310-319.
- [62] ARIEF B, AHMED N U, WU A, et al. Protective effect of topically applied olive oil against photocarcinogenesis following UVB exposure of mice [J]. Carcinogenesis, 2000, 21(11):2085-2090.
- [63] 范凯, 宋敏, 彭斯伟, 等. 维生素 E 在骨质疏松症中的影响机制及研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志, 2021, 27(8):1218-1222.
- [64] LEE I M, COOK N R, GAZIANO J M, et al. Vitamin E in the primary prevention of cardiovascular disease and cancer: the women's health study: a randomized controlled trial[J]. Acc Curr J Rev, 2005, 14(10):10-11.
- [65] BEYRAMZADEH M, HASSAN M, ANSARI K, et al. Protective effects of vitamin E on diabetes - induced oxidative stress status and homocysteine in the rat heart [J]. J Pharm Pharmacol, 2017, 5(10):708-716.
- .....
- (上接第 77 页)
- [47] ZHANG J, WANG O, GUO Y, et al. Effect of increasing doses of linoleic and  $\alpha$ -linolenic acids on high-fructose and high-fat diet induced metabolic syndrome in rats [J]. J Agric Food Chem, 2016, 64(4):762-772.
- [48] 李旭东, 欧阳彩群, 余思燕, 等. 不同  $n-6/n-3$  PUFA 构成比对大鼠脂联素表达的影响及与 CDK5/PPAR $\gamma$  关系[J]. 营养学报, 2020, 42(2):157-161.
- [49] 王灿, 罗秋湖, 覃春雨, 等. 肥胖患者瘦素水平与冠心病的相关性研究[J]. 中国心血管病研究, 2021, 19(10):905-909.
- [50] HESHKA J T, JONES P J H. A role for dietary fat in leptin receptor, OB-Rb, function[J]. Life Sci, 2001, 69(9):987-1003.
- [51] 郑凯, 袁晶. 脂肪因子与妊娠期糖尿病及糖脂代谢[J]. 国际生殖健康/计划生育杂志, 2021, 40(5):431-435.
- [52] 吴静怡, 房茂胜. *Omega-3* 多不饱和脂肪酸改善非典型抗精神病药所致糖脂代谢异常的研究进展[J]. 国际精神病学杂志, 2021, 48(2):197-199, 202.
- [53] 王文婷, 姜萍, 郭超, 等. 海洋来源的 *Omega-3* 不饱和脂肪酸对超重、肥胖患者脂联素、瘦素影响的随机对照实验 Meta 分析[J]. 海南医学院学报, 2021, 27(3):196-202.
- [54] 毕跃峰, 王云雨, 张芳平, 等. 表观遗传学和代谢组学在中药研究中的应用[J]. 中草药, 2020, 51(19):4837-4845.
- [55] BOIGUES J F H, MACH N. The effect of polyunsaturated fatty acids on obesity through epigenetic modifications[J]. Endocrinol Y Nutr, 2015, 62(7):338-349.
- [56] BASELGA - ESCUDERO L, AROLA - ARNAL A, PASCUAL - SERRANO A, et al. Chronic administration of proanthocyanidins or docosahexaenoic acid reverses the increase of miR-33a and miR-122 in dyslipidemic obese rats [J/OL]. PLoS One, 2013, 8(7):e69817 [2022-03-25]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069817>.