

多烯酸植物油及其保健功效研究进展

李加兴¹, 吴越², 陈选³, 涂媛², 周炎辉²

(1.吉首大学食品科学研究所, 湖南 吉首 416000; 2.湖南奇异生物科技有限公司, 湖南 长沙 410008;
3.中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 我国多烯酸植物油资源十分丰富。多烯酸植物油主要含有亚油酸、亚麻酸等多烯酸以及VE、植物甾醇、矿物元素、角鲨烯等活性成分, 其中五味子油、猕猴桃籽油、葡萄籽油、美藤果油、月见草籽油的多烯酸含量均高达80%以上。研究表明, 多烯酸植物油具有辅助降血脂、抗氧化、延缓衰老、抗炎、防晒、保湿、瘦身减肥等功效, 可广泛应用于营养健康食用油、保健食品、护肤美容化妆品等领域, 开发利用前景广阔。

关键词: 多烯酸; 植物油; 亚麻酸; 亚油酸; 保健功效

Vegetable Oils Rich in Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health-Beneficial Effects: A Review

LI Jia-xing¹, WU Yue², CHEN Xuan³, TU Yuan², ZHOU Yan-hui²

(1. Institute of Food Science, Jishou University, Jishou 416000, China;

2. Hunan Amazing Grace Biotechnology Co. Ltd., Changsha 410008, China;

3. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: There are plentiful resources of vegetable oils containing polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in China. In addition to linoleic acid and linolenic acid, vegetable oils rich in PUFAs also contain vitamin E, phytosterols, minerals, squalene and other bioactive components. *Schisandra chinensis* oil, kiwifruit seed oil, grape seed oil, sacha inchi oil and evening primrose oil contain up to over 80% PUFAs. Numerous investigations have demonstrated that vegetable oils rich in PUFAs have auxiliary lipid-lowering, antioxidant, anti-aging, anti-inflammatory, sun protection, moisturizing, and weight-reducing functions, and therefore can be widely used in nutritional and healthy edible oils, dietary supplements, cosmetics and other fields with broad prospects for exploitation and utilization.

Key words: polyunsaturated fatty acids; vegetable oil; linolenic acid; linoleic acid; health-beneficial effects

中图分类号: TS225.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 21-0350-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201421066

多烯酸植物油是指从植物果实、种子、胚芽中提取出的脂肪酸组成主要为多烯酸(多不饱和脂肪酸, polyunsaturated fatty acids, PUFA)的天然植物油, 此外还富含VE、植物甾醇与微量元素等众多活性物质。除常见植物油所含有的油酸、棕榈酸等以外, 多烯酸植物油主要含有两个及两个以上双键的亚油酸、亚麻酸等多不饱和脂肪酸, 如葡萄籽油、紫苏油、亚麻籽油、猕猴桃籽油等。

亚麻酸、亚油酸作为人体必需脂肪酸, 与生命活动息息相关, 能调节人体脂质代谢, 具有辅助降血脂作用, 可治疗和预防心脑血管疾病, 并在抗癌、抗氧化、延缓衰老、免疫调节、减肥、护肤美容等方面具有重要的生理作用^[1-2]。因此, 多烯酸植物油既可作为食用油以满足人体脂肪酸的摄入需求, 也可用于生产药品、保健食品, 还可作为化妆品的油性原料, 开发利用前景广阔。

1 多烯酸植物油资源及其活性成分

1.1 多烯酸植物油资源与脂肪酸组成

表1 常见食用植物油脂肪酸组成^[3-10]

Table 1 Fatty acid composition of common edible vegetable oils^[3-10]

名称	脂肪酸含量/%					多烯酸含量/%
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	
亚麻籽油	7.31	5.04	22.34	13.73	49.05	62.78
葵花籽油	4.44	3.82	38.11	51.82	—	51.82
玉米胚芽油	15.31	1.83	32.55	45.00	—	45.00
大豆油	9.56	2.14	25.47	54.22	—	54.22
小麦胚芽油	17.66	0.93	22.06	54.13	—	54.13
核桃油	5.58	3.30	17.24	62.95	10.21	73.16
芝麻油	8.77	5.30	39.70	44.69	0.96	45.65
棉籽油	27.12	—	15.51	48.00	—	48.00

注: —, 未检出或低于检出限。下同。

收稿日期: 2014-06-28

作者简介: 李加兴(1969—), 男, 教授, 博士, 研究方向为植物资源开发利用与功能性食品。E-mail: jsljiaxing@sohu.com

我国蕴藏着十分丰富的多烯酸植物油资源,近年来国内已对其脂肪酸组成开展了大量的分析检测工作,包括一些常见的食用植物油^[3-10]、新食品原料植物油^[11-16]与小品种植物油^[17-35],其脂肪酸组成分别见表1~3。

表2 已被列入我国新食品原料的植物油脂脂肪酸组成^[11-16]

Table 2 Fatty acid composition of vegetable oils authenticated as new food resources^[11-16]

名称	脂肪酸含量/%					多烯酸含量/%
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	
牡丹籽油	5.42	1.93	22.29	27.51	41.38	68.89
杜仲籽油	6.36	1.79	17.99	10.91	62.95	73.86
美藤果油	4.22	1.87	10.99	38.94	43.78	82.72
元宝枫籽油	4.19	2.40	25.80	37.35	1.85	39.20
光皮楸木果油	23.50	1.70	26.30	40.80	2.40	43.20
盐地碱蓬籽油	8.20	1.50	14.10	73.00	1.00	74.00

表3 小品种植物油脂肪酸组成^[17-35]

Table 3 Fatty acid composition of vegetable oils from minor crops^[17-35]

名称	脂肪酸含量/%					多烯酸含量/%
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	
猕猴桃籽油	7.19	—	11.63	13.47	67.34	80.81
紫苏籽油	6.93	—	17.19	15.76	60.75	76.51
葡萄籽油	5.01	1.74	10.67	75.80	6.75	82.55
石榴籽油	2.23	1.81	4.82	82.31 (石榴酸)	—	82.31
番石榴籽油	10.86	5.08	18.32	65.17	—	65.17
琉璃苣籽油	9.74	4.98	21.64	36.75	18.78	55.53
南瓜籽油	10.43	6.05	34.65	48.43	0.43	48.86
月见草籽油	9.53	1.50	7.91	80.12	0.26	80.38
枳椇籽油	7.06	3.73	22.99	13.30	45.56	58.86
小米谷糠油	13.08	5.41	19.70	56.73	—	56.73
椒目仁油	10.79	2.93	19.36	27.73	31.61	59.34
沙棘籽油	0.80	3.33	23.92	25.04	36.11	61.15
火麻籽油	6.70	2.70	14.90	51.70	21.30	73.00
山楂籽油	4.42	1.69	25.10	64.88	0.38	65.26
青刺果油	14.50	6.31	38.02	37.79	1.13	38.92
五味子油	1.90	0.42	4.02	93.30	—	93.30
省沽油籽油	7.94	3.77	19.15	50.10	12.32	62.42
香榧籽油	7.45	3.24	35.52	38.23	0.33	38.56
红花籽油	6.52	2.02	11.40	77.93	0.19	78.12

由表1~3中所列的33种多烯酸植物油脂脂肪酸组成分析结果可见,亚麻酸和亚油酸是此类植物油的主要脂肪酸成分,多烯酸含量处于38.56%~93.30%之间,其中五味子油、猕猴桃籽油、葡萄籽油、美藤果油、月见草籽油的多烯酸含量均高达80%以上,牡丹籽油、杜仲籽油、核桃油等的多烯酸含量也较高。亚油酸含量最高的为五味子油(93.30%),其他依次为月见草籽油(80.12%)、红花籽油(77.93%)、葡萄籽油(75.80%)、盐地碱蓬籽油(73.00%)、山楂籽油(64.88%)、核桃油(62.95%);亚麻酸含量最高的为猕猴桃籽油(67.34%),其他依次为杜仲籽油(62.95%)、紫苏籽油(60.75%)、枳椇籽油(45.56%)、美藤果油(43.78%)、牡丹籽油(41.38%)。此外,元宝枫籽油含有大脑神经纤维和神

经细胞的核心天然成分神经酸^[44],石榴籽油富含具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤以及防治高血脂、心血管疾病等功能的石榴酸^[36]。

1.2 其他活性成分

根据已有的分析检测结果^[37-48],除多烯酸之外,随着物理冷榨、超临界萃取、水酶法等制油工艺的发展和运用,多烯酸植物油还富含含有VE、植物甾醇等非脂肪酸类活性物质,详见表4。

表4 部分多烯酸植物油的VE含量^[37-48]

Table 4 Vitamin E content of vegetable oil rich in PUFAs^[37-48]

品种	VE含量/(mg/g)	品种	VE含量/(mg/g)
大豆油	0.99	紫苏油	0.50
棉籽油	0.78	小麦胚芽油	2.54
芝麻油	0.29	核桃油	0.43
玉米胚芽油	1.07	葵花籽油	1.22
红花籽油	0.38	南瓜籽油	0.50
牡丹籽油	0.32	山楂籽油	2.31
猕猴桃籽油	0.81	省沽油籽油	27.60

另外,某些多烯酸植物油还含有其他活性成分。如青刺果油含有钙、硫、锰、镁、钾、磷、锌、钠、铁、硒、铝、钡、锶等13种矿物质元素,含量最高的为钾和钠,分别为9.8、9.2 mg/kg^[31]。核桃油含总黄酮30.42~36.58 mg/g^[44],省沽油籽油含角鲨烯7.12%^[45],牡丹籽油含有1,2,3,4,4 α ,10 α -六氢-6-羟基-1,1,4-三甲基-7-(1-甲基乙基),9,10-菲二酮以及2,4-亚甲基-9,19-cyclolanostan-3-醇等活性成分^[47],猕猴桃籽油含微量元素硒0.031~0.082 mg/g^[48]。

2 多烯酸植物油的保健功效

2.1 辅助降血脂功能

亚麻酸是调节血脂的功能因子,其在人体内可代谢生成二十二碳六烯酸(doesahexaenoic acid, DHA)和二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)。实验证明,每日膳食供给DHA和EPA 3~5 g时,可有效地降低血脂水平^[49]。戴毅等^[50]研究指出, α -亚麻酸和 γ -亚麻酸对高血脂症患者有辅助降血脂功能,且对机体健康无不良影响。

亚油酸作为人体的一种必需脂肪酸,可影响血浆脂蛋白磷脂的分子组成和改变胆固醇脂蛋白在肝脏的吸收,从而具有降低胆固醇的作用^[51]。马宏峰^[52]研究指出,亚油酸可降低小鼠体质量、血脂水平,升高血清脂蛋白脂酶、肝脂酶、总脂酶的活性和减轻肝脏脂肪病变程度,能预防高血脂症的发生。研究表明,饮食中含有油酸、亚油酸和亚麻酸可降低血浆中总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、极低密度脂蛋白胆固醇、载脂蛋白B和载脂蛋白AI的浓度^[53],高亚油酸含量的饮食可减少膳食

蛋黄胆固醇对血清胆固醇的升高效应^[54]。因此,富含亚麻酸和亚油酸的多烯酸植物油具有辅助降血脂的作用。

富含亚油酸的膳食已被广泛建议作为降低心血管疾病危害的途径,这些建议已经影响了包括美国在内的一些国家的饮食习惯^[55]。大量研究也表明,猕猴桃籽油、苏子油、沙棘油、山葡萄籽油、青刺果油、山核桃油、摩洛哥坚果油等多烯酸植物油具有降血脂的保健功效,可预防和治疗心血管疾病^[56-62]。

2.2 抗氧化功能

多烯酸对老龄小鼠具有明确的抗氧化功能^[63]。维生素能阻断细胞膜脂质过氧化物的链式反应,可有效抵御自由基的攻击^[64]。微量元素硒可通过各种含硒蛋白及含硒酶发挥抗氧化效应,并且硒和VE具有协同增效作用^[65-66]。植物甾醇具有潜在的抗氧化可能性,其能抑制油脂的氧化劣变,并对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基、羟自由基具有很强的清除作用^[67-70]。因此,多烯酸植物油受益于多烯酸、VE、植物甾醇等活性物质而具有抗氧化功效。例如,牡丹籽油对DPPH自由基的抑制率接近90%,并对蛋黄和油样中不饱和脂肪酸的过氧化有抑制作用^[71];核桃油可显著提高小鼠肝、脑组织中总抗氧化能力和超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)的活力^[72];葡萄籽油能增加小白鼠的肝脏、肾脏GSH-Px、SOD的活性,降低各脏器的丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量^[73];猕猴桃籽油对超氧阴离子自由基的清除效果要优于VC^[74];芝麻油可以通过降低硫代巴比妥酸反应物质,增强还原型谷胱甘肽、SOD和CAT等内源性抗氧化酶及乳酸脱氢酶、肌酸激酶、谷草转氨酶活性,以达到保护雄性大白鼠肾上腺素引起的心肌氧化损伤的功效^[75];并且,芝麻油通过其抗氧化性能对脑缺血大鼠脑组织有保护作用^[76]。

2.3 抗衰老功能

已有的研究结果证实, ω -3多烯酸与能量限制的协同作用或单独作用具有延缓衰老的可能性^[77]。Shen Lirong等^[78]报道果蝇体内缺乏EPA和DHA,其基因序列上没有编码 Δ -5/ Δ -6去饱和酶的基因,摄入添加EPA与DHA的饲料后,果蝇的寿命缩短,但饮食中添加 α -亚麻酸能够延缓果蝇的衰老。猕猴桃籽油可通过提高血清SOD活性和降低MDA含量而增强整个机体的抗氧化能力,显著改善或调整衰老细胞的新陈代谢,提高细胞的生命力,而且猕猴桃籽油还可以提高皮肤羟脯氨酸含量,增加皮肤弹性,起到同时延缓机体和皮肤衰老进程的多重抗衰老作用^[79]。月见草油具有提高血液和其他组织中的SOD活性,显著降低大鼠血浆中过氧化脂质生成的作用,能增强机体抗氧化能力,以达到防治疾病和抗衰老的目的^[80]。山楂

籽油实验组的小鼠肝脑组织中SOD、GSH-Px等抗氧化酶活性明显高于正常对照组,而MDA含量却明显低于正常对照组,表明适当剂量山楂籽油可以减轻体内的氧化作用,从而延缓衰老的发生^[81]。

2.4 抗炎功能

ω -3多烯酸可通过与花生四烯酸竞争代谢,参与炎症的消退与组织修复,影响细胞核因子- κ B(nuclear factor- κ B, NF- κ B)途径,改变脂筏途径等机制而达到抗炎的作用^[82]。亚油酸和亚油酸甲酯能降低炎症相关因子白细胞介素-1 β 、肿瘤坏死因子和一氧化氮水平,对急、慢性炎症均有明显的改善作用^[83]。

沙棘果油、杏仁油等多烯酸植物油具有较好的抗炎作用,能使二甲苯致炎的小鼠耳廓肿胀度明显减轻^[84]。杏仁油对早期耳肿胀炎症模型具有明显的抑制和镇痛作用,能显著减少冰醋酸所致扭体发生的次数和显著提高热板法小鼠的痛阈,并具有较明显的量效关系^[85]。从葛枣猕猴桃果实中分离筛选出最具抗炎活性的物质为亚麻酸,具有体内体外抗炎作用,可能成为潜在的治疗炎症相关疾病的方法^[86]。Micallef等^[87]研究指出,富含 ω -3多烯酸和植物甾醇的饮食可降低高脂血症个体的全身性炎症;此外, ω -3多烯酸和植物甾醇相结合,通过其潜在的抗炎机制,对心脏具有保护作用。

2.5 防晒功能

必需脂肪酸可加强细胞膜结构与功能,维持并恢复皮肤天然屏障,预防皮肤刺激和炎症,以及增强细胞膜的通透性^[2]。VE的侧链可直接参与羟基的氧化还原过程,从而抑制酪氨酸酶活性,减少黑色素的形成。植物甾醇对皮肤的渗透性好,可以保持皮肤表面水分,促进新陈代谢和防晒、红斑^[88]。研究表明,沙棘油、牡丹籽油、月见草油等多烯酸植物油具有吸收紫外线、防晒的功效。屈发启^[89]研究认为,沙棘油不仅可以吸收散耗紫外线的能量,消除或轻化光致皮肤损伤,且对已发生的光致皮肤损伤有修复和治愈作用。张萍^[90]研究发现,牡丹籽油能够吸收波长320~400 nm的近紫外线和波长275~320 nm的中紫外线,能够有效的屏蔽紫外线。高婷婷等^[11]也得出类似研究结果,并且牡丹籽油在波长310~370 nm内对紫外线的吸收效果好于油茶籽油和花生油。

2.6 保湿功能

研究显示,涂抹混合植物油膏霜后,在短期内对皮肤水分含量的改善作用高于白油^[91]。青刺果油的成分与皮肤角质层中天然保湿因子的组成一致,极易渗透入皮肤,可与角质层内游离水形成二次结合水或缔合水的网状结构,使水分不易散失,具有良好的保湿效果^[92]。利用沙棘果油富含多种维生素及其他营养成分的特点,配以其他化妆品原料制备保湿营养霜,产品符合国标各项指标,试用效果良好^[93]。

2.7 减肥、瘦身功能

脂肪是最重要的能源物质,可增加饱腹感,以避免摄入过多的食物。同时,必需脂肪酸可维持皮肤的正常结构及生理作用;中长链脂肪酸食用油具有控制体质量、降低甘油三酯和改善载脂蛋白代谢的效果。因此,减肥应正确认识脂肪及脂肪酸,走出“谈油色变”的误区,适量摄入含有必需脂肪酸的植物油,这样既能减去多余的脂肪,又可保持健康。王彦武等^[94]采用预防肥胖模型法,连续给大鼠灌胃主要功效成分为 α -亚麻酸的脂必降软胶囊45 d后,动物体质量数据显示 α -亚麻酸对大鼠具有减肥作用。牛之瑞^[95]研究认为红松仁多烯酸能够对大鼠体内的脂代谢进行积极的调节,能够起到一定的减肥降脂的作用。

3 结语

多烯酸植物油是从植物果实、种子、胚芽中提取的脂肪酸组成主要为多不饱和脂肪酸的天然植物油,除常见植物油所含有的油酸、棕榈酸以外,主要含有两个及两个以上双键的亚油酸、亚麻酸等多烯酸,此外还含有VE、植物甾醇、矿物元素以及角鲨烯等活性成分,其中五味子油、猕猴桃籽油、葡萄籽油、美藤果油、月见草籽油的多烯酸含量均高达80%以上。研究表明,多烯酸植物油具有辅助降血脂、抗氧化、延缓衰老、抗炎、防晒、保湿、瘦身减肥等功效。

当前国内外对多烯酸植物油的研究大多集中于油料品种筛选、提取方法优化、脂肪酸组成分析及保健功效特性研究等方面,部分植物油如葡萄籽油、猕猴桃籽油、牡丹籽油等已应用于制备保健食品或护肤美容品。考虑到这类油脂产量偏少、价格昂贵以及因其自身富含亚麻酸、亚油酸等必需脂肪酸而易氧化,建议下一步在高效提取、抗氧化、分离纯化、油脂改性、超微细处理及综合利用等技术研究开发方面加大力度,加强新品种开发、活性成分检测与功能特性研究,以拓宽其新功能与应用范围,提高附加值。

我国多烯酸植物油资源十分丰富,与普通植物油相比,其营养价值和保健功效更为突出,是一类天然的功能性植物油脂,可广泛应用于营养健康食用油、保健食品、护肤美容化妆品等领域,必将具有广阔的开发利用前景。

参考文献:

[1] 王萍,张银波,江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12): 42-46.
[2] 佳尼斯布阮娜,周升. 必需脂肪酸在美容化妆品中的应用[J]. 日用化学品科学, 2005, 2(8): 45-48.

[3] 李高阳,丁霄霖. 亚麻籽油中脂肪酸成分的GC-MS分析[J]. 食品与机械, 2005, 21(5): 30-32.
[4] 赵华峰,谢慧明,朱霖,等. 生、熟葵花籽油中脂肪酸组成的GC-MS分析[J]. 粮油加工, 2008(1): 68-70.
[5] 连小燕,钟振声. 3种方法提取的玉米胚芽油理化性能差异研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(35): 21747-21750; 21752.
[6] 苗兴芬,朱命喜,徐文平,等. 大豆脂肪酸组分的快速气相色谱分析[J]. 大豆科学, 2010, 29(2): 358-360.
[7] 纳鹏军. 小麦胚芽油的超临界CO₂流体萃取及其脂肪酸成分的GC-MS分析[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(5): 183-185.
[8] 李劲. 核桃提油工艺条件优化及其蛋白特性分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008: 18-19.
[9] 郝文川,廖成华,向仲朝,等. 芝麻油脂肪酸的组成及其掺伪检测的研究[J]. 中国油脂, 1992, 17(6): 31-36.
[10] 回瑞华,侯冬岩,李铁纯,等. 桐籽油中脂肪酸不同的酯化方法与气相色谱-质谱分析[J]. 质谱学报, 2005, 26(2): 90-92.
[11] 高婷婷,王亚芸,任建武. GC-MS法分析牡丹籽油的成分及其防晒效果的评定[J]. 食品科技, 2013, 38(6): 296-298.
[12] 赵德义,徐爱遐,张博勇,等. 杜仲籽油与紫苏籽油脂肪酸组成的比较研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 191-193.
[13] 张佳怡,杜冰,谢蓝华,等. 绿色新资源食品:美藤果油[J]. 中国油脂, 2013, 38(7): 1-4.
[14] 刘祥义,付惠,陈玉惠. 元宝枫油理化特性及脂肪酸组成研究[J]. 中国油脂, 2003, 28(3): 66-67.
[15] 何海艳,袁建,何荣,等. 木油精炼工艺及其清除DPPH能力的研究[J]. 中国油脂, 2011, 36(5): 36-40.
[16] 柳仁民,张坤,崔庆新. 碱蓬籽油的超临界CO₂流体萃取及其GC-MS分析[J]. 中国油脂, 2003, 28(2): 42-44.
[17] 张广栋,罗仓学,杨大庆. 猕猴桃籽油成分分析及理化特性的研究[J]. 粮油食品科技, 2005, 13(3): 33-34.
[18] 牟朝丽,陈锦屏. 紫苏油的脂肪酸组成、维生素E含量及理化性质研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2006, 34(12): 195-198.
[19] 董海洲,刘传富,万本屹,等. 提取方法对葡萄籽油理化特性及营养成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(12): 134-136.
[20] 苗利,夏德水,高丽娜,等. 水酶法提取石榴籽油脂肪酸组成与氧化稳定性分析[J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23(6): 1156-1159.
[21] 杨永利,郭守军,成小莲,等. 番石榴籽油的理化性质及其脂肪酸成分的GC-MS分析[J]. 中国油脂, 2012, 37(8): 79-81.
[22] 任飞,韩发,石丽娜,等. 超临界CO₂流体萃取琉璃苣籽油及其脂肪酸分析[J]. 中国油脂, 2010, 35(8): 15-18.
[23] 范三红,原超,刘艳荣,等. 超声波辅助提取南瓜籽油及其脂肪酸组成研究[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 107-110.
[24] 陈炳华,刘剑秋,林文群,等. 海边月见草种子油中脂肪酸组成的分析[J]. 福建师范大学学报:自然科学版, 2001, 17(1): 75-78.
[25] 王玲,李志西,于修焯,等. 枳椇籽油理化性质及其脂肪酸分析[J]. 中国油脂, 2010, 35(7): 73-75.
[26] 陈汉辉,顾镍,陆兆新,等. 小米糠油的超声辅助提取工艺及GC-MS分析[J]. 食品科学, 2013, 34(20): 32-36.
[27] 肖会敏,何悦,王四旺,等. 椒目仁油与5种食用油中5种脂肪酸的含量比较[J]. 中国药房, 2012, 23(47): 4488-4490.
[28] 回瑞华,侯冬岩,李铁纯,等. 沙棘籽油中脂肪酸的分析[J]. 鞍山师范学院学报, 2011, 13(4): 39-42.
[29] 何锦凤,陈天鹏,钱平,等. 大麻籽油的特性及研究进展[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(4): 239-244.
[30] 孙晓丽,贾春晓,毛多斌,等. 山楂籽超临界CO₂萃取物中脂肪酸的GC-MS分析[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(11): 127-129.
[31] 杜萍,单云,孙卉,等. 丽江产野生青刺果油营养成分分析[J]. 食品科学, 2011, 32(20): 217-220.

- [32] 张天坤, 姜波, 徐维波, 等. GC-MS测定五味子油中脂肪酸组成[J]. 中央民族大学学报: 自然科学版, 2012, 21(2): 29-31.
- [33] 杨靖. 超临界CO₂萃取省沽油籽油的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2008, 29(1): 17-19.
- [34] 阙斐, 张星海, 赵胤. 香榧籽油的超临界萃取及其脂肪酸组成的比较分析研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(2): 33-36.
- [35] 张弓, 姜明, 林鹏程. 超临界CO₂萃取河湟红花籽油的工艺研究及GC-MS分析[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(7): 260-262.
- [36] 吕俊丽, 刘邻渭. 石榴酸的研究进展[J]. 油脂化学, 2010, 35(11): 44-47.
- [37] 毛多斌, 贾春晓, 孙晓丽, 等. 几种功能性植物油中角鲨烯和维生素E分析[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(2): 79-82.
- [38] 谢冬微, 韩英鹏, 李文滨. 不同环境条件下大豆脂肪酸含量与主要农艺性状相关性分析及通径分析[J]. 大豆科学, 2010, 29(3): 403-407.
- [39] 夏林波, 朱江, 蔡明宸, 等. HPLC法测定不同产地火麻仁中五种脂肪酸含量[J]. 中国食品添加剂, 2013(4): 205-208.
- [40] 王晓燕, 张志华, 李月秋, 等. 核桃品种中脂肪酸的组成与含量分析[J]. 营养学报, 2004, 26(6): 499-501.
- [41] 姚茂君. 猕猴桃籽油不同提取方法的比较研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 242-244.
- [42] 李加兴, 马美湖, 张永康, 等. 猕猴桃籽油的营养成分及其保健功能[J]. 食品与机械, 2005, 22(4): 62-65.
- [43] 孟阿会. 核桃油成分及抗氧化性质研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012: 20-21.
- [44] 贾春晓, 毛多斌, 杨靖, 等. 超临界CO₂萃取省沽油籽油及其化学成分研究[J]. 粮油加工, 2008(12): 50-55.
- [45] 王芸. 牡丹籽油营养成分及功能作用的研究[D]. 济南: 山东大学, 2012: 3-4.
- [46] 贺银凤, 张静姝, 王新亮, 等. 超临界CO₂流体萃取小麦胚芽油的研究[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2006, 27(1): 1-6.
- [47] 王洋, 纪姝晶, 毛文岳, 等. GC-MS法分析葵花籽蜡和牡丹籽油的不皂化物及其中的二十八烷醇[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(4): 104-107.
- [48] 姚茂君, 李加兴, 张永康. 猕猴桃籽油的开发利用探讨[J]. 食品与发酵工业, 2011, 27(12): 28-30.
- [49] 范文洵. 亚麻酸及其代谢产物EPA和DHA[J]. 生理科学, 1988, 19(2): 110.
- [50] 戴毅, 闫慧慧, 王枫. α -亚麻酸和 γ -亚麻酸对高血脂人群的降血脂作用[J]. 现代生物医学进展, 2009, 9(23): 4492-4495.
- [51] 周鸿, 山杉公男. 亚油酸对大白鼠血胆固醇浓度及磷脂分子组成的影响[J]. 江西科学, 2002, 20(4): 207-210.
- [52] 马宏峰. 亚油酸对高脂小鼠脂质代谢的影响及其机制研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007: 5-7.
- [53] CHAN J K, BRUCE V M, MCDONALD B E. Dietary α -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic men[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1991, 53(5): 1230-1234.
- [54] BRONGEEST-SCHOUTE D C, HAUTVAST J G, HERMUS R J. Dependence of the effects of dietary cholesterol and experimental conditions on serum lipids in man. I. Effects of dietary cholesterol in a linoleic acid-rich diet[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1979, 32(11): 2183-2187.
- [55] HORROBIN D F, MANKU M S. How do polyunsaturated fatty acids lower plasma cholesterol levels[J]. Lipids, 1983, 18(8): 558-562.
- [56] 边庆荣, 蒋东升, 马晓彤, 等. 沙棘油对大鼠血脂调节作用的研究[J]. 癌变·畸变·突变, 1999, 11(6): 330.
- [57] 周则卫, 李亚鹏, 向前, 等. 山葡萄籽油调节血脂作用的研究[J]. 医学研究通讯, 2001, 30(12): 35-37.
- [58] 张晓鹏, 林晓明. 青刺果油调节血脂及对入血小板体外聚集作用的影响[J]. 卫生研究, 2005, 34(1): 79-81.
- [59] 李加兴, 李忠海, 李敏利, 等. 猕猴桃籽油超微细处理及保健功能的动物试验[J]. 中国食品学报, 2008, 8(6): 13-17.
- [60] 徐章华, 邵玉芬, 朱国辉. 苏子油对大鼠血脂及血液流变性的影响[J]. 营养学报, 1997, 19(1): 11-15.
- [61] DOMINGUEZ A J A, ALVAREZ P E, LOPEZ D J A, et al. The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets[J]. Food Chemistry, 2015, 168: 529-537.
- [62] DRISSE A, GIRONAB J, CHERKI M, et al. Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*) [J]. Clinical Nutrition, 2004, 23(5): 1159-1166.
- [63] 来伟旗, 张岭, 刘臻, 等. 多不饱和脂肪酸小鼠抗氧化功能的实验研究[J]. 职业与健康, 2011, 27(24): 2875-2877.
- [64] 刘成梅, 冯妹, 元刘伟, 等. 天然维生素E及其抗氧化机理[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(6): 205-207.
- [65] 田金可, 吴秋玉, 王恬. 硒的抗氧化功能及在动物生产中的应用[J]. 中国饲料, 2011(23): 6-9.
- [66] 宋智娟, 赵国先, 张晓云, 等. 维生素E与硒的抗氧化机理及其相互关系[J]. 饲料博览, 2005(7): 6-9.
- [67] 吴时敏, 吴谋成. 植物甾醇的研究进展与趋向(II) [J]. 中国油脂, 2002, 27(3): 60-63.
- [68] 赵雁武, 王宪伟, 黄滢璋, 等. 苹果籽油中植物甾醇抗氧化活性研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(9): 221-226.
- [69] 黄滢璋, 赵雁武, 周振中. 植物甾醇对油脂的抗氧化作用研究[J]. 粮食科技与经济, 2012, 37(3): 38-40.
- [70] 徐雅琴, 庞丽萍, 齐会娟, 等. 南瓜籽植物甾醇的抗氧化性及抑菌性研究[J]. 农产品加工: 学刊, 2012(5): 14-16.
- [71] 史国安, 郭香凤, 金宝磊, 等. 牡丹籽油超临界CO₂萃取工艺优化及抗氧化活性的研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(4): 47-50.
- [72] 范学辉, 李建科, 张清安, 等. 核桃油对小鼠体内抗氧化酶活性及总抗氧化能力的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(11): 122-124.
- [73] 马玲, 徐臻荣, 付德润, 等. 葡萄籽油抗氧化作用的实验研究[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(9): 1062-1063.
- [74] 李加兴, 余娇, 黄诚, 等. 猕猴桃籽油的体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 51-54.
- [75] SALEEM M T S, CHETTY M C, KAVIMANI S. Putative antioxidant property of sesame oil in an oxidative stress model of myocardial injury[J]. Journal of Cardiovascular Disease Research, 2013, 4(3): 177-181.
- [76] AHMAD S, YOUSUF S, ISHRAT T, et al. Effect of dietary sesame oil as antioxidant on brain hippocampus of rat in focal cerebral ischemia[J]. Life Sciences, 2006, 79(20): 1921-1928.
- [77] RAHMAM M M, HALADE G V, BHATTACHARYA A, et al. The fat-1 transgene in mice increases antioxidant potential, reduces pro-inflammatory cytokine levels, and enhances PPAR γ and SIRT-1 expression on a calorie restricted diet[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2009, 2(5): 307-316.
- [78] SHEN Lirong, LAI Chaoqiang, FENG Xiang, et al. Drosophila lacks C20 and C22 PUFAs[J]. The Journal of Lipid Research, 2010, 51(10): 2985-2992.
- [79] 张钰华, 李加兴, 林晗, 等. 猕猴桃籽油抗衰老作用的实验研究[J]. 中国老年学杂志, 2007, 27(16): 1537-1538.
- [80] 刘晓瑞, 俞仲毅. 月见草油抗衰老作用的实验研究[J]. 中国老年学杂志, 2007, 27(16): 1571-1572.
- [81] 范学辉, 张清安, 胡柏平. 山楂籽油的体内抗氧化功能研究[J]. 江西农业学报, 2007, 19(10): 111-112.
- [82] 扶志敏, 王正. ω -3多不饱和脂肪酸抗炎机制研究进展[J]. 医药导报, 2009, 28(9): 1174-1176.
- [83] 赵敏. 亚油酸及亚油酸甲酯的抗炎作用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2012: 51-52.
- [84] 王秉文, 林晓茵, 王红英, 等. 沙棘果油和籽油抗炎作用的实验研究[J]. 沙棘, 2007, 20(3): 22-24.
- [85] 多勇, 孙志国, 李红兵, 等. 杏仁油对BALB/c小鼠抗炎镇痛作用的研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(6): 1386-1387.
- [86] 任杰, 杨泽华, 郑圣颢, 等. α -亚麻酸的体外抗炎作用机制研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2009, 31(S1): 419-426.
- [87] MICALLEF M A, GARG M L. Anti-inflammatory and cardioprotective effects of *n*-3 polyunsaturated fatty acids and plant sterols in hyperlipidemic individuals[J]. Atherosclerosis, 2009, 204(2): 476-482.
- [88] 梁秋英, 吴敏丽. 植物甾醇研究现状[J]. 生物学教学, 2009, 34(11): 5-7.
- [89] 屈发启. 沙棘油中的紫外线吸收成分及防晒剂[J]. 沙棘, 2000, 13(2): 35-39.
- [90] 张萍. 牡丹籽油的制备、纯化、成分分析以及功效评价[D]. 北京: 首都师范大学, 2009: 46-47.
- [91] 余慧, 李琼, 张婉萍, 等. 混合植物油与白油的保湿研究[J]. 上海应用技术学院学报: 自然科学版, 2013, 13(1): 40-43.
- [92] 张蕾. 青刺果油的保湿性研究[J]. 日用化学科学, 2008, 31(10): 22-25.
- [93] 林建英, 赵彦生, 王利珍, 等. 沙棘保湿营养霜的研制[J]. 沙棘, 2001, 14(2): 30-34.
- [94] 王彦武, 赵鹏, 刘荣珍, 等. α -亚麻酸减肥功能的实验研究[J]. 中国热带医学, 2005, 5(4): 863-864.
- [95] 牛之瑞. 红松仁多不饱和脂肪酸纯化及功能研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008: 43-45.