

天然植物油在防晒化妆品中的功效研究进展

马晓原, 赵永红, 刘慧民

(中国日用化学工业研究院, 太原 030001)

摘要:随着人们对防晒认知的提高,防晒化妆品的需求不断增加,市场发展迅速。天然植物油基化妆品绿色环保,使用安全,深受消费者青睐。我国植物资源丰富,部分植物油除不饱和脂肪酸外,还含有黄酮类、类胡萝卜素、维生素E等多种功能性化合物,具有抗氧化和防紫外线的作用。介绍了我国几种天然植物油(山茶油、牡丹籽油、橄榄油、辣木籽油、杏仁油、椰子油、乳木果油、猕猴桃籽油、酪梨油、葡萄籽油和紫苏籽油)抗氧化和防紫外线的功效及在防晒化妆品中的应用,以期开发清爽高SPF值防晒化妆品提供参考。

关键词:天然植物油;抗紫外线;抗氧化;防晒化妆品

中图分类号:TQ423;F203

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2021)01-0071-05

Progress in efficacy of natural vegetable oils in sunscreen cosmetics

MA Xiaoyuan, ZHAO Yonghong, LIU Huimin

(China Research Institute of Daily Chemical Industry, Taiyuan 030001, China)

Abstract: With the increasing awareness of sunscreen, the demand of sunscreen cosmetics is increasing and the market is developing rapidly. Natural vegetable oil-based cosmetics have always been favored because they are environment-friendly and safe. China is rich in plant resources. Besides unsaturated fatty acids, some vegetable oils contain the functional compounds, such as flavonoids, carotenoids, vitamin E and etc, which have functions of antioxidation and ultraviolet resistance. The antioxidation and ultraviolet resistance efficacy of several natural vegetable oils in China (oil-tea camellia seed oil, peony seed oil, olive oil, *Moringa* seed oil, almond oil, coconut oil, shea butter, kiwi fruit seed oil, avocado oil, grape seed oil and perilla seed oil) and their application in sunscreen cosmetics were introduced, in order to provide reference for the development of refreshing sunscreen cosmetics with high SPF value.

Key words: natural vegetable oil; ultraviolet resistance; antioxidation; sunscreen cosmetics

过度的阳光照射不仅会加速皮肤老化,还会引起皮炎和皮肤癌等病变。近年来,随着人们对防晒认知的不断提高,防晒化妆品已成为人们户外活动的必备用品,其不仅可保护皮肤免受紫外线伤害,还可达到清洁、消除不良气味、护肤、美容和修饰的目的。但是随着防晒化妆品使用频率的增多,过量的化学防晒剂引起皮肤的不良反应以及造成环境问题越来越突出,而且高防晒指数下物理防晒剂肤感不佳^[1]。因此,更加安全、高效、肤感卓越的防晒成分成为科研人员关注的热点。相比化学防晒剂,植物

成分相对安全性高、肤感卓越,对环境污染小。此外,部分防晒化妆品兼具延缓皮肤衰老、消炎、清除自由基等功能,而绿色环保的防晒化妆品成为主要的发展趋势^[2]。

油脂作为基质原料,在化妆品配方中占有较大的比重,兼具保湿、柔润、抗氧化、肤感调节等多种作用。天然植物油与皮肤有良好的亲和性和渗透性,在皮肤表面形成疏水薄膜,防止外部有害物质入侵而保护皮肤,抑制水分散失防止皮肤干裂,其中所含的酚类等物质能吸收阳光紫外线、清除 DPPH·、促进受损细胞愈合及康复、抗菌消炎等^[3],是防晒化妆品配制的理想原料。

本文就天然植物油的抗紫外线性能、抗氧化作用及其在防晒化妆品中的应用进行综述,以期开

收稿日期:2020-05-07;修回日期:2020-07-22

作者简介:马晓原(1988),女,工程师,硕士,研究方向为天然植物油在化妆品中的应用(E-mail)mxyyuan@sina.cn。

发清爽高 SPF 值防晒化妆品提供参考。

1 天然植物油中抗紫外线的主要成分

天然植物油主要从植物的种子、果肉或胚芽中经压榨法或溶剂提取法获得,主要含有甘油三酯以及少量的甘油一酯、甘油二酯、游离脂肪酸、植物甾醇、色素、葡萄糖苷、维生素等^[4]。部分植物油中含有酚、醇、不饱和烯烃结构等多种功能性化合物,如黄酮类化合物、类胡萝卜素和维生素 E 等,这些物质具有优异的抗氧化、吸收紫外线、清除自由基等功能。

1.1 黄酮类化合物

以苯基色原酮为母核结构,有近 1 000 种不同含酚类结构的化合物,主要包括黄酮、黄酮醇、二氢黄酮、二氢黄酮醇、查尔酮、异黄酮等,在植物体内大部分与糖结合成苷类或碳糖基的形式存在^[5]。由于黄酮类化合物独特的多酚结构,其具有吸收紫外线、清除自由基、抗氧化等良好的生理活性。近年来,植物类黄酮作为护肤因子,被广泛应用于延缓皮肤衰老、美白、抗辐射、防晒、抗炎、抗过敏、抑菌等化妆品领域^[6]。

1.2 类胡萝卜素

类胡萝卜素广泛分布于植物的叶、花、果及根系中,属脂溶性色素,其主要含有 8 个异戊二烯,在分子中间形成一系列的共轭双键。类胡萝卜素主要分为烃类胡萝卜素与含氧衍生物两种^[7],是良好的自由基猝灭剂,因其多烯烃结构,具有较强的自由基捕捉能力,能清除氧自由基、单线态氧和降低脂质氧化物的产生^[8]。类胡萝卜素用于防晒化妆品中,其超强的自由基清除能力可以防止皮肤细胞受到自由基的损伤,减少皱纹及雀斑的产生,增强机体的抗氧化能力,具有延缓衰老的功效^[9]。

1.3 维生素 E

大多植物油中富含维生素 E^[10],是良好的抗氧化剂和自由基清除剂,对机体细胞和组织遭受内部新陈代谢和外部环境刺激所产生的自由基侵害方面有着重要的保护作用^[11]。

2 天然植物油在防晒化妆品中的功效及应用

我国地域辽阔、地貌复杂、气候多样,为各种生态系统类型的形成与发展提供了优越的自然条件,成为世界上生物多样性最为丰富的国家之一。我国有 309 科、30 000 多种植物^[12]。据报道,有 78 种植物油常用于化妆品的制备^[3]。不同的植物油活性成分和功能不同,为不同类型的防晒化妆品的开发奠定了坚实的基础。下面就我国几种应用于化妆品的主要植物油的成分和功能进行介绍。

2.1 山茶油

山茶在我国种植资源极其丰富。山茶油一般通过冷榨和溶剂萃取的方法从山茶籽中获得,含不饱和脂肪酸、角鲨烯、维生素 E、植物甾醇、山茶皂苷、茶多酚、多酚和黄酮类化合物等多种生理活性物质,其中油酸相对含量达 72.3% ~ 84.68%,多酚含量达 6.77 ~ 37.40 mg/kg^[13],有吸收紫外线、清除人体自由基、延缓皮肤衰老、抑制黑色素的形成、抑制脂质氧化和阻止黑斑、雀斑的形成等作用^[14]。张木歆等^[15]利用紫外分光光度法评价山茶油的紫外吸收效果,发现山茶油对波长 270 ~ 350 nm 的紫外线有较好的吸收,利用山茶油制作的防晒霜具有中级防晒效果,能防止中等强度太阳照射对皮肤的伤害。蒋玲艳等^[16]在研究山茶油的抑菌性能及其对常见微生物的抑制效果的实验中发现,山茶油对细菌、霉菌和酵母菌具有很好的抑制作用。朱敏^[17]对山茶油抗氧化性进行研究,发现山茶油对 DPPH·、·OH 和 O₂⁻· 的 IC₅₀ 值分别为 293、421 mg/mL 和 343 mg/mL,可以在皮肤表层形成一层保护膜,起到锁水保湿的功效。奇氏婴儿山茶油隔离防护乳是将山茶油作为主要成分研制的专门针对婴幼儿敏感肌肤的一款防晒乳。

2.2 牡丹籽油

牡丹籽油是我国特有的植物油,被称为“超级液体黄金”,其中亚麻酸、亚油酸、油酸等不饱和脂肪酸的含量达到 80% 以上,同时还含有齐墩果酸、山奈酚、反式白藜芦醇、顺式葡根素、豆甾醇、胡萝卜苷等多种化学成分,以及其他药理活性物质,如芪类和黄酮类,其中维生素 E 的含量也较高,约为 32 mg/100 g^[18]。大量的研究表明,牡丹籽油中的脂肪酸可以加强细胞膜的通透性,维持并恢复皮肤的天然屏障,且在波长为 200 ~ 420 nm 有强吸收峰,可吸收紫外线,具有优异的防晒功效;对 DPPH· 具有很好的清除能力,对皮肤有一定的保护、防晒和美白的功效;对枯草杆菌、沙门氏菌、根霉、黑曲霉等均有抑制作用;同时还具有较高的食用安全性,是抗衰老和防晒化妆品的理想原料之一^[19]。馥蕾诗牡丹亮白防晒隔离乳中添加牡丹籽油作为抗氧化剂。

2.3 橄榄油

橄榄油是从油橄榄鲜果中提取的,主要由皂化物和皂化物组成。皂化物包括游离脂肪酸和甘油三酯,主要是甘油三酯,占 98% 左右;皂化物占 1.5% 左右,包括游离醇、三萜烯、色素(叶绿素和类胡萝卜素)、生育酚、多酚、植物甾醇、角鲨烯及挥发

性成分等^[20]。研究表明,橄榄油中含有的多酚成分,具有吸收紫外线和抗氧化功能,可使线粒体功能及其电子传递链得以保存,随着较低自由基水平的产生,血液更有能力抵御自由基;其所含的角鲨烯和脂肪酸能被皮肤快速吸收,有效保持皮肤弹性和润泽;其中所含丰富的单不饱和脂肪酸、维生素、酚类物质,能消除面部皱纹,防止肌肤衰老,有护肤护发和防治手足皴裂等功效,是可以“吃”的美容圣品^[21]。目前市场上,屈臣氏橄榄凝护防晒乳(SPF30PA++)中添加橄榄油作为功效组分。

2.4 辣木籽油

辣木籽油含有20种脂肪酸,不饱和脂肪酸含量达81%以上,含有大量的多酚及黄酮类化合物^[22],其含有 α -生育酚(45~80 mg/100 g)、 δ -生育酚(0.21~0.53 mg/100 g)和豆甾醇(243~495 mg/100 g)^[23]。段琼芬等^[24]研究表明,辣木籽油最大紫外吸收波长为212 nm,具有较强的抗紫外线能力,能保护皮肤免受紫外辐射的损伤。同时,段琼芬等^[25]通过在小鼠背部分别涂抹食用油、防晒霜、辣木籽油,然后在紫外灯下照射6 h后与未经辐射的对照组小鼠相比,涂抹食用油的小鼠皮肤出现严重灼伤,而涂抹辣木籽油和防晒霜的小鼠背部没有发现损伤;皮肤组织的病理切片结果表明,辣木籽油对皮肤的保护作用可以到达真皮层。研究结果说明辣木籽油具有防晒功能,防晒效果与SPF值为21的防晒霜相似。此外,辣木籽油用于防晒化妆品中,可软化表皮细胞,使皮肤平滑、柔润^[26]。DHV隔离防晒妆前乳(SPF30)和新德曼无暇清透防护霜中添加辣木籽油作为抗氧化剂和防晒剂。

2.5 杏仁油

杏仁是蔷薇科落叶乔木植物杏的种仁,其含有多种不饱和脂肪酸、多酚、黄酮、色素、膳食纤维、苦杏仁苷、维生素E等功能性成分^[27]。杏仁油应用于化妆品中,具有隔离紫外线的作用,可起到保湿、柔软肌肤的作用,可用于治疗皮肤发痒、红肿、面疱等问题。甜杏仁油质地清爽、滋润而不油腻,具有良好的亲肤性,连最娇嫩的婴儿都可以使用^[28]。林清轩杏仁美肤防晒霜(SPF20PA++)、德国喜宝儿童杏仁防晒乳(SPF30)都添加杏仁油作为其功效成分。

2.6 椰子油

椰子油是源于椰子果肉的植物油,其中短链脂肪酸含量高达80%以上,含有多酚类物质、维生素E、咖啡酸、对香豆酸、阿魏酸、儿茶素等多种抗氧化活性成分^[29]。椰子油对于紫外线有着神奇的功效,既不会阻止对合成维生素D所必要的紫外线,又能

防止皮肤和皮下组织因过多照射所造成的损伤。椰子油脂肪酸具有封闭皮肤的效果,能够减少表皮的水分散失,起到保湿的作用;短链脂肪酸是强大的利器,可摧毁许多病毒的脂质外层,清除人体内自由基;此外,椰子油还能增加皮肤表层的脂质,柔润肌肤^[30]。美国MyChelle椰子防晒霜(SPF28)、BANYAN TREE椰子养肤物理防晒霜(SPF30),俄罗斯Floresan椰子杏仁防晒霜(SPF30)都将椰子油作为防晒组分添加。

2.7 乳木果油

乳木果油又称雪亚脂,是从乳木果仁中提炼的油脂。乳木果油主要成分有油酸、亚油酸、硬脂酸、三萜烯醇、维生素E、类胡萝卜素以及尿囊素,与面部皮脂最为接近,丰富的不皂化成分极易被面部吸收,毫无黏腻感,其延展性及透皮吸收性都非常好,在常温下呈现固态,带有淡淡的米黄色,气味很淡。乳木果油含有肉桂酸,除了具有滋润肌肤的特性,还具有吸收紫外线的效果,因此是一种天然的防晒品。另外,乳木果油还具有刺激胶原蛋白再生的作用,有研究数据表明乳木果油对皮炎、晒伤和伤痕肌肤有一定的促进愈合作用^[31]。陈培丰^[32]将乳木果油添加到防晒霜中,通过研究发现其能有效防止皮肤受紫外线照射而产生红斑、红疹。以乳木果油为添加剂的防晒霜及晒后修复霜,可提高防晒品的防晒效果和晒后修复霜的修复能力。日本MAMABUTTER宝宝乳木果油防晒霜和欧舒丹乳木果油防晒霜(SPF20)中均加入乳木果油作为功效成分。

2.8 猕猴桃籽油

猕猴桃籽油是以亚麻酸和亚油酸为主的天然植物油,同时还富含维生素E、微量元素Se等活性物质,可以降低皮肤中的络氨酸酶、丙二醇和一氧化碳的含量,提升SOD含量,从而抑制黑色素的产生,有效防止紫外线照射皮肤形成斑点;同时,猕猴桃籽油还可以有效清除自由基,改善和调整衰老细胞的新陈代谢,提高细胞的生命力,使干燥的皮肤和硬化的角质层再次水和,恢复柔软和弹性,改善毛孔粗大,保持皮肤健康良好的状态^[33]。李加兴等^[34]采用体外抗氧化实验模型,以V_C为阳性对照评价猕猴桃籽油的抗氧化性能,结果表明猕猴桃籽油具有较高的还原能力,并且对DPPH·、O₂⁻·、H₂O₂以及·OH都有一定的清除能力,是一种有效的抗氧化剂。同时,猕猴桃籽油对皮肤具有良好的渗透性,可用作多种物质的载体输送活性物质进入皮肤。新西兰parrs帕氏奇异果乳液面霜(SPF15++)将猕猴桃籽油作为功效成分使用。

2.9 酪梨油

酪梨油又称牛油果油,取自冷压后的酪梨果实,未精炼的酪梨油呈现自然的浅绿,精炼酪梨油则是淡黄色,富含单不饱和脂肪酸。酪梨油不仅很容易被肌肤吸收,并且具有修复肌肤的功能,对于肌肤最敏感的部位,如眼睛四周和颈部都能有很好的保护和滋润功效^[35]。张丽苹等^[36]将酪梨油用于防晒化妆品中可以有效防止紫外线照射对皮肤造成的伤害,而且其中的天然乳胶还可以防止由阳光照射引起的皮肤过敏。欧莱雅多维防护防晒隔离霜(SPF30++)和韩国巴尼亚牛油果防晒霜(SPF50++)将酪梨油作为抗氧化剂与防晒剂添加。

2.10 葡萄籽油

葡萄籽油是一种非常清爽的油脂,是利用常温压榨、精制而得到的一种淡绿色油脂,不饱和脂肪酸含量高达90%以上,可以很快地被人体吸收,适用于所有类型皮肤,包括需要保湿的油性皮肤;添加到防晒乳霜中可以达到清爽滋润不油腻的效果。同时,葡萄籽油还可以保护细胞免受氧化损伤并延缓老化过程,改善和美化肌肤。葡萄籽油含有较高含量的角鲨烯,可有效清除自由基,抑制紫外线造成的皮肤伤害,还具有一定的修复能力、抗氧化和降低紫外线伤害^[37]的作用。樊帆^[38]研究表明葡萄籽油具有促进血液循环,保护真皮层中的胶原蛋白和弹性纤维免受紫外线伤害,预防黑色素沉淀以及改善静脉曲张、水肿等功能,使肌肤保持应有的弹性及张力,避免肌肤下垂及皱纹产生并保护血管使之具有弹性。法国欧缦丽大葡萄籽修护防晒乳(SPF50)将葡萄籽油作为皮肤调理剂、抗氧化剂和防晒剂的功效成分;卡尼尔葡萄籽岁月修护抗氧化面霜(SPF30)中葡萄籽油为其抗氧化剂成分之一。

2.11 紫苏籽油

紫苏在我国有1000多年的栽培历史,紫苏籽油含90%以上的不饱和脂肪酸,核心的成分是 α -亚麻酸,含有丰富的多酚、黄酮、维生素E及植物甾醇^[39]。黄酮类物质和酚类物质具有抗氧化活性^[40],其酚羟基可有效地清除DPPH·、 O_2^- ·、·OH,具有抗敏消炎作用。同时,紫苏籽油还能有效加强SOD酶的活性,帮助机体有效抗氧化、抗衰老,令皮肤焕发活力,还原青春美肌。紫苏籽油添加到防晒化妆品中不仅可以使皮肤长效保湿清爽不油腻,还具有一定抗紫外线功能。韩国德妃紫苏防晒隔离霜(SPF50+)和泰国THANN天紫苏防晒霜(SPF30+)都将紫苏籽油作为抗氧化剂和防晒剂添加。

3 结束语

天然植物油有较好的抗氧化作用,使用安全、健康,容易被皮肤吸收,但单一使用时的抗氧化作用往往弱于复配物,同时也存在一定的缺点,如易氧化与气味的问题,因此将不同功效的天然植物油添加到防晒类化妆品中,需要通过与其他原料的复配,达到协同增效的作用。制造出具有更多功效、防晒效果显著、成本更低的化妆品,不仅能够促进防晒类化妆品行业的进步,同时可有效推动化妆品行业的蓬勃发展。

参考文献:

- [1] JUNKINS - HOPKINS J M. Antioxidants and their chemopreventive properties in dermatology [J]. J Am Acad Dermatol, 2010, 62(4):663 - 665.
- [2] 张婉萍. 化妆品领域的市场、安全性和新技术发展趋势 [J]. 香料香精化妆品, 2012, 12(6):45 - 48.
- [3] ATHAR M, NASIR S M. Taxonomic perspective of plant species yielding vegetable oils used in cosmetics and skin care products [J]. Afr J Biotechnol, 2005, 4(1):36 - 44.
- [4] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2015.
- [5] AGATI G, AZZARELLO E, POLLASTRI S, et al. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance[J]. Plant Sci, 2012, 196(12):67 - 76.
- [6] 焦晶晶, 张英. 植物类黄酮作为护肤因子在化妆品领域的研究进展[J]. 精细化工, 2004, 21(10):98 - 102.
- [7] SAENGE C, CHEIRSILP B, SUKSAROGE T T, et al. Potential use of oleaginous red yeast *Rhodotorula glutinis* for the bioconversion of crude glycerol from biodiesel plant to lipids and carotenoids [J]. Proc Biochem, 2011, 46(1):210 - 218.
- [8] 陈利青, 宋利文, 高民. 类胡萝卜素 β -隐黄质结构组成及生物功能概述[J]. 畜牧与饲料科学, 2018, 39(5):43 - 46.
- [9] JOHNSEN G, LYSAA P A, AAMODT K. Sunscreen compositions comprising carotenoids: US8834855 [P]. 2008 - 10 - 23.
- [10] 温运启, 刘玉兰, 王璐阳, 等. 不同食用植物油中维生素E组分及含量研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(3):35 - 39.
- [11] 刘美玲, 吕春晖. 维生素及其衍生物在化妆品中的应用[J]. 江西化工, 2015, 4(2):7 - 8.
- [12] 骆洋, 何延彪, 李德铢, 等. 中国植物志、Flora of China和维管植物新系统中科的比较[J]. 植物分类与资源学报, 2012, 12(3):231 - 238.
- [13] 王俐娟, 曾秋梅, 王晓琴. 3组山茶属植物油脂研究进展[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(11):165 - 171.

- [14] 马力. 茶油与橄榄油营养价值的比较[J]. 粮食与食品工业, 2007, 12(6): 19-21.
- [15] 张木歆, 李建平, 陈创鑫. 茶籽油防晒功效的研究与应用[J]. 广东化工, 2011, 38(3): 52-54.
- [16] 蒋玲艳, 王林果, 欧煜煜. 茶油抑菌效果的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(14): 5913-5914.
- [17] 朱敏. 基于茶油的抗衰老化妆品的研究开发[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- [18] 王顺利, 任秀霞, 薛璟祺, 等. 牡丹籽油成分、功效及加工工艺的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(3): 139-145.
- [19] 孙英杰, 邴雪, 吴迪, 等. 牡丹籽油的制备及其在化妆品中的应用[J]. 中国化妆品, 2015, 11(8): 74-76.
- [20] 王成章, 陈强, 罗建, 等. 中国油橄榄发展历程与产业展望[J]. 生物质化学工程, 2013, 47(2): 41-46.
- [21] D'ANGELO S, INGROSSO D, MIGLIARDI V, et al. Hydroxytyrosol, a natural antioxidant from olive oil, prevents protein damage induced by long-wave ultraviolet radiation in melanoma cells[J]. Free Radic Biol Med, 2005, 38(7): 908-919.
- [22] 王丽虹, 许悦, 刘阳. 辣木籽中活性物质及其生理功能研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(4): 190-195.
- [23] 王铁旦, 杨敏, 杨芳, 等. 辣木籽油功能性成分检测及多元统计分析[J]. 食品科学, 2020(16): 154-159.
- [24] 段琼芬, 马李一, 余建兴. 辣木油抗紫外线性能研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 118-121.
- [25] 段琼芬, 杨莲, 李钦, 等. 辣木油对小鼠抗紫外线损伤的保护作用[J]. 林产化学与工业, 2009, 29(5): 69-73.
- [26] 邵婷, 覃小丽, 钟金锋, 等. 辣木籽油的提取方法及其应用[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(17): 286-293.
- [27] 薛焕焕, 张海生, 赵鑫帅, 等. 不同提取方法对大扁杏仁油品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(2): 439-446.
- [28] 杨海涛. 甜杏仁油的提取研究与应用[J]. 中国油脂, 2008, 33(4): 20-21.
- [29] 段岢君, 邓福明, 赵松林, 等. 椰子油的生理活性(III): 抗氧化活性[J]. 热带农业科学, 2013, 33(9): 71-78.
- [30] 李晓煜, 邓福明, 赵松林, 等. 椰子油的生理活性(IV): 减肥与美容[J]. 热带农业科学, 2013, 33(9): 84-89.
- [31] 张传光, 罗婷, 袁新华, 等. 云南引种乳木果现状及乳木果油脂脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 102-105.
- [32] 陈培丰. 乳木果油在化妆品中的应用[J]. 福建轻纺, 2003(12): 1-4.
- [33] 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, 20(4): 61-65.
- [34] 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.
- [35] 刘义军, 卜梦婷, 谭戈, 等. 不同提取方法对牛油果油理化特性、抗氧化性能及脂肪酸组成的对比研究[J]. 四川农业大学学报, 2020, 38(2): 161-167.
- [36] 张丽苹, 张颂培, 胡燕霞, 等. 牛油果脂在化妆品中的应用[J]. 日用化学工业, 2004, 34(3): 184-186.
- [37] 陶珂鑫, 杜桐, 王欣欣, 等. 葡萄籽油提取分离及其在化妆品中的应用[J]. 广州化工, 2018, 46(22): 28-31.
- [38] 樊帆. 葡萄籽油对女性的六大美容作用[J]. 食品与健康, 2010(7): 37.
- [39] 江东南, 黄佳佳, 蓝少鹏, 等. 紫苏籽油研究进展概述[J]. 现代食品, 2017, 6(3): 1-3.
- [40] 冯林慧, 李迎秋. 紫苏的活性成分及其应用研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(9): 177-180.

(上接第56页)

量的影响,并通过正交实验得到最佳制备工艺条件为料液比1:20,酶解时间2.0 h、加酶量2.0%、温度50℃、pH 9.0,在此条件下蛋白得率达到78.16%,蛋白质含量为82.53%。利用糖化酶纯化核桃蛋白以提高蛋白纯度,采用单因素实验分析酶解温度、pH、酶解时间、加酶量对蛋白纯度的影响,通过正交实验得到最佳纯化工艺条件为酶解温度50℃、pH 4.5、酶解时间140 min、加酶量0.4%,在此条件下蛋白纯度达到94.16%。

参考文献:

- [1] 郭蔓莉, 吴澎, 赵路苹, 等. 核桃加工副产物的综合利用及精深加工[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(2): 25-29.
- [2] 康俊杰, 陈树俊, 赵瑞欢, 等. 核桃粕组成测定及抗氧化多肽工艺优化的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014(2): 31-34, 38.
- [3] 刘玲, 韩本勇, 陈朝银. 核桃蛋白研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(9): 116-118.
- [4] VENKATACHALAM M, SATHE S K. Chemical composition of selected edible nut seeds[J]. J Agric Food Chem, 2006(54): 4705-4714.
- [5] SAVAGE G P. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand[J]. Plant Foods Human Nutr, 2001(56): 75-82.
- [6] FAO/WHO. Protein quality evaluation[M]. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1990: 66.
- [7] 杜蕾蕾, 郭涛, 万辉, 等. 冷榨核桃饼中核桃蛋白的提取与纯化的研究[J]. 粮油加工, 2008(10): 79-80.
- [8] 孙娜. 核桃蛋白提取工艺及含量测定研究进展[J]. 甘肃高师学报, 2015, 20(5): 46-49.
- [9] 刘海远. 反胶束体系萃取大豆蛋白的动力学及其机理研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012.
- [10] 王子佳, 李红梅, 弓爱君, 等. 蛋白质分离纯化方法研究进展[J]. 化学与生物工程, 2009(8): 13-16.
- [11] 杨柳, 江连洲, 李杨, 等. 水酶法提取的大豆蛋白功能特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2010(6): 86-90.