

# 植物发酵活性物在美妆中应用研究进展

余霞<sup>1,2</sup>, 胡家逢<sup>3</sup>, 黄晓东<sup>3</sup>, 胡晓清<sup>1,2\*</sup>

(1. 江南大学生物工程学院, 江苏无锡 214122) (2. 江南大学食品科学与资源挖掘全国重点实验室, 江苏无锡 214122) (3. 广州悦荟化妆品有限公司, 广东广州 510440)

**摘要:** 植物尤其是药用植物蕴涵着极其多样化的活性物质如多糖、多肽、黄酮、多酚、氨基酸等, 其储存的含碳物占生物体含碳物的 80%, 在化妆品中具有广阔应用前景。但天然植物原材料中有效成分相对较低、传统提取不充分, 甚至会有一些毒副作用成分, 影响了其在化妆品原料中的应用。利用微生物发酵植物原料或提取物可以解决这些问题, 可以促进活性物释放、富集或转化生成新的活性物、增强并拓展功效、降低毒副作用。植物发酵活性物具有抗菌、美白、抗氧化、抗炎、促进胶原再生等多重功效, 在美妆产品中具有广阔应用前景。

**关键词:** 植物原料; 发酵; 活性物; 抗氧化; 抗炎; 抗菌

文章编号: 1673-9078(2024)03-373-378

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.3.0087

## Research Progress on the Applications of Active Substances from Fermented Plant Materials in Cosmetics

YU Xia<sup>1,2</sup>, HU Jiafeng<sup>3</sup>, HUANG Xiaodong<sup>3</sup>, HU Xiaqing<sup>1,2\*</sup>

(1. School of Bioengineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China) (2. State Key Laboratory of Food Science and Resources, Jiangnan University, Wuxi 214122, China) (3. Guangzhou Yuehui Group Co. Ltd., Guangzhou 510440, China)

**Abstract:** Plants, especially medicinal plants, contain a variety of active substances such as polysaccharides, polypeptides, polyphenols, amino acids, etc., and the carbonaceous substances stored in plants account for 80% of those in all the organisms, which have a broad application prospect in cosmetics. However, the effective ingredients in natural plant materials are relatively low, and the traditional extraction processes are inefficient and even result in some toxic components with side-effects in the extracts, thereby affecting their applications in cosmetic raw materials. These problems can be solved by microbial fermentation of plant raw materials or their extracts, by which the release of active substances is promoted, these active substances are enriched or transformed into new active substances, their efficacies can be enhanced and expanded, and toxic side effects are reduced. Plant active substances derived from fermentation have multiple functions such as antibacterial, whitening, antioxidative, anti-inflammatory, and collagen regeneration-promoting effects, which lead to broad application prospects in the cosmetics products.

**Key words:** plant raw materials; fermentation; active substance; antioxidant; anti-inflammatory; antibacterial

引文格式:

余霞, 胡家逢, 黄晓东, 等. 植物发酵活性物在美妆中应用研究进展[J]. 现代食品科技, 2024, 40(3): 373-378.

YU Xia, HU Jiafeng, HUANG Xiaodong, et al. Research progress on the applications of active substances from fermented plant materials in cosmetics [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(3): 373-378.

收稿日期: 2023-01-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31201290)

作者简介: 余霞 (2000-), 女, 硕士, 研究方向: 化妆品微生物学, E-mail: 2857771933@qq.com

通讯作者: 胡晓清 (1978-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 皮肤医学和微生物学, E-mail: xiaoqinghu@jiangnan.edu.cn

植物是天然活性物质的宝库。据报道，植物中的含碳物质占据地球所有生物含碳物的80%<sup>[1]</sup>，植物可合成种类丰富的多糖、多肽、多酚、生物碱、萜类、甾醇等，它们具有广泛的生理活性，其中许多植物成分在美妆行业具有独特的用途，比如抗菌、抗氧化、抗炎症、保湿、美白等功效（表1）。但与此同时，天然植物原料也存在一些缺陷，如有效成分含量往往偏低，传统提取难度较大，甚至提取物中不可避免存在一些具有毒副作用的物质，这严重制约着植物原料在美妆产品中的应用。而植物发酵有助于解决这些难点，植物发酵利用微生物的代谢和转化作用，利用植物原料为底物进行发酵，并通过发酵过程优化控制，从而实现

大规模发酵活性物的制备。利用微生物进行植物发酵的优势在于，一方面可以促进植物原料中活性物释放，新的活性衍生物转化与合成<sup>[2]</sup>，加之微生物本身可产生多种功能性成分，最终提升易被皮肤吸收的高价值活性物含量<sup>[3]</sup>；另外一方面，可降低有毒有害物质的含量，降低植物活性物脱毒成本，改善植物发酵活性物原料的安全性<sup>[4]</sup>。笔者通过对近年国际学术研究及化妆品市场调研发现，挖掘开发新的植物发酵活性物已成为美妆产品研发的热点之一。利用微生物进行植物发酵具有绿色、高效、稳定等优势，也是未来化妆品原料的重要方向之一。近年来多种植物发酵活性物用于化妆品研究，综述如下（表1）。

表1 植物发酵活性物及其功能  
Table 1 Active substances from fermented plant materials and their functions

菌株	原料	发酵活性物	功能
/	茶叶	儿茶酚衍生物	
裂蹄木层孔菌、红曲霉	甘草、楮实、当归、白术、茯苓、桑叶、白芍、紫草	发酵液	
裂蹄木层孔菌	甘草、构树、当归、白术、茯苓、桑白皮、白花牡丹、厚朴	发酵液	
鼠李糖乳杆菌	白术、芍药、白及、茯苓、白鲜、白薇和菝葜	发酵液	抑制酪氨酸酶活和黑色素生成
/	药酒	Jubak 乙酸乙酯萃取部分	
/	滇红蔷薇	发酵液	
黄酒酵母	红景天	发酵原浆	
酿酒酵母、植物乳杆菌	石榴	发酵提取物	
无色杆菌	红曲、螺旋藻、落叶松、蔷薇、桂皮、藤黄果、仙人掌、山楂和菜豆	生物表面活性物质	
蝉拟青霉	黄芪	发酵产物	抗氧化和延缓皮肤老化
黄酒酵母	红景天	发酵原浆	
酵母	枸杞	枸杞多糖	
嗜酸乳杆菌	巴拉圭冬青叶	发酵提取物	
酿酒酵母、植物乳杆菌	石榴	发酵提取物	
短双歧杆菌	葛根	大豆黄酮和染料木黄酮	
产β-葡萄糖苷酶的裂殖菌	陈皮	柚皮素和橙皮素	促进胶原和透明质酸合成
/	康普茶	黄酮	
乳酸菌	独眼菊	发酵提取物	
灵芝	人参	人参皂苷 Rd 和 Rh2	
益生菌	苍术、马尾草和长丝桃	发酵提取物	
灰树花菌丝 HB0071	甘草	黄酮苷元	抗炎和抗过敏作用
米曲霉	白芷根	发酵提取物	
产肌假丝酵母菌	棕色海藻	发酵提取物	
植物乳杆菌	青梅叶	发酵提取物	天然草本洗护及其他多种作用
地衣芽孢杆菌 B1	大豆	大豆发酵酱	

## 1 抑制酪氨酸酶活和黑色素生成

一般而言,人体黑色素含量越高,皮肤颜色越黑。酪氨酸酶对人体黑色素形成至关重要,它催化黑色素生成过程的限速反应<sup>[5]</sup>,黑色素的产生量依赖于酪氨酸酶的表达活性。多种植物提取物可通过抑制酪氨酸酶活性,从而抑制黑色素的生物合成,发挥美白效果。

茶叶富含多酚,其中儿茶酚衍生物是酪氨酸酶抑制剂。研究显示各种茶叶的水提取物,包括红茶、绿茶和白茶提取物均能抑制黑色素生成,其作用机理是通过降低酪氨酸酶活性和蛋白表达。发酵作用可增加这种具有黑色素抑制作用的儿茶酚衍生物的产生。因此,茶叶发酵物可开发成皮肤增白剂<sup>[6]</sup>。

用水提取8种药用植物(甘草、楮实、当归、白术、茯苓、桑叶、白芍、紫草),植物质量占比为2%,提取液接种裂蹄木层孔菌(*Phellinus linteus*),*P. linteus*发酵液可抑制黑色素和酪氨酸酶活性,并降低黑素生成相关蛋白—酪氨酸酶和小眼畸形相关转录因子(Microphthalmia-associated Transcription Factor, MITF)的表达,因此发酵产物具有较强的抑制黑色素生成活性。上述产物用红曲霉(*Monascus*)进行二次发酵后,发酵产物对酪氨酸酶抑制作用更加显著<sup>[7]</sup>。将部分植物替换后(甘草、构树、当归、白术、茯苓、桑白皮、白花牡丹、厚朴),再利用*P. linteus* KCTC 6190发酵提取液后也具有类似效果<sup>[8]</sup>。结果显示发酵液能抑制B16F0黑色素瘤细胞的黑色素生成和酪氨酸酶活性,并降低了黑色素生成相关蛋白的含量,包括酪氨酸酶和小眼畸形相关转录因子。

最近,用鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus rhamnosus*)对7种赤白(白术、芍药、白及、茯苓、白鲜、白薇和蒺藜)提取物进行发酵。体内和体外实验证实,该发酵液通过减少表皮增生和抑制小眼畸形相关转录因子(MITF)/酪氨酸酶活性,可减轻户外紫外线(Ultraviolet Radiation B, UVB)诱导的色素过度沉着,因此可作为化妆品中抑制UVB引发色素沉着的功能成分<sup>[9]</sup>。韩国药酒Yakju是利用传统发酵剂和东方草药进行发酵的传统酒精饮料,研究发现其副产品Jubak具有抗氧化、美白和抗衰老作用。分离Jubak不同组分发现,其乙酸乙酯萃取部分KSD E4-3能显著抑制酪氨酸酶活性,降低金属蛋白酶(Matrix Metalloproteinase, MMPs)的表达,

抑制细胞黑色素合成,从而降低黑色素含量,并对UVB诱导的光老化具有保护作用。此外,KSD E4-3具有显著的自由基1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)清除活性。因此,KSD E4-3是一种有价值的化妆品成分<sup>[10]</sup>。

此外,单一植物发酵物也具有酪氨酸酶活力抑制活性。发酵蔷薇制品是大理白族的传统食品,最近研究发现滇红蔷薇通过自然接种发酵后的培养液能抑制酪氨酸酶活力,而且对DPPH自由基也具有清除作用,因此对护肤有益<sup>[11]</sup>。红景天经过黄酒酵母发酵后,产物抑制酪氨酸酶活性提高<sup>[12]</sup>;而石榴发酵物对酪氨酸酶活性也有抑制作用<sup>[13]</sup>。

## 2 抗氧化和延缓皮肤老化

植物原料中的抗氧化物异常丰富,但传统提取方法往往无法充分使其释放。而经过微生物发酵后,这些抗氧化成分易于提取,并且往往能够生成新的抗氧化成分。这些发酵提取物有利于延缓皮肤衰老,在各类植物(包括各类中草药、巴拉圭冬青叶及石榴等)或植物类产品的发酵产物研究中均有报道。其较强的抗氧化能力与发酵提取物中多酚和黄酮等成分有关<sup>[14]</sup>,这些组分可发挥自由基清除作用(清除DPPH自由基、清除超氧阴离子自由基),以及活性氧和NO生成抑制作用。

以8种植物或植物类产品(红曲、螺旋藻、落叶松、蔷薇、桂皮、藤黄果、仙人掌、山楂和菜豆)为原料,通过添加大豆油,利用无色杆菌*Piechaudii* CC-ESB2发酵,可生成中国药用植物发酵来源的生物表面活性物质(Biosurfactant Extracts from Chinese Medicinal Herb Fermentation, BECMHF)。结果显示,BECMHF具有良好的乳化和保湿特性,此外,10 mg/mL的BECMHF具有一定的抗氧化活性,能分别抑制亚硝酸盐生成、诱导型一氧化氮合酶表达和活性氧生成,因此BECMHF在美妆产品中具有潜在的应用前景<sup>[14]</sup>。

黄芪富含各种活性物,利用蝉拟青霉(*Paecilomyces cicadae*)对黄芪进行固态发酵,产物中鉴定出114种化合物,包括45种皂苷和69种黄酮。由于发酵过程中水解和转化反应,黄芪发酵产物的抗氧化活性远高于黄芪<sup>[2]</sup>。以红景天根为材料,利用参与黄酒酿造的酵母发酵。发酵液主要成分为多糖、蛋白质、黄酮、总酚及多种氨基酸等,具有较强的DPPH自由基清除作用,且容易被皮肤吸收、安全性

好,红景天根发酵物可作为新型化妆品原料<sup>[12]</sup>。枸杞富含枸杞多糖(Lycium Barbarum Polysaccharide, LBP),利用酵母发酵后提取枸杞多糖,获得新组分LBP-y,具有更强的清除DPPH、羟基和超氧阴离子自由基的能力。因此酵母发酵后的枸杞多糖具有更好的抗衰老功能,可用于化妆品行业<sup>[15]</sup>。

草药巴拉圭冬青叶富含多酚类化合物,常用于抗氧化和抗菌作用。巴拉圭冬青叶经过嗜酸乳杆菌发酵后,发酵物含有黄嘌呤、多酚和其他抗氧化剂,此外还有咖啡因及其他植物兴奋剂,符合美妆产品“有机”的市场诉求<sup>[16]</sup>。石榴能减轻皮肤炎症(如疱疹角质膜炎)和疼痛,经过酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)和植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)协同发酵后,石榴发酵提取物对DPPH和NO自由基具有较强清除活性。使用后皮肤的水分、亮度、弹性、色斑、紫外线斑、胶原密度均优于使用前( $P < 0.05$ ),对受试者皮肤健康有促进作用,因此食用发酵石榴提取物可保护皮肤免受氧化应激,延缓皮肤老化<sup>[13]</sup>。

### 3 促进胶原和透明质酸合成

胶原蛋白和透明质酸都是人体皮肤内正常组分,人体可自身合成并发挥护肤作用。皮肤老化与皮肤水分、光泽和弹性的丧失有关,透明质酸可以保持皮肤的水分和湿润度,胶原蛋白作为皮肤细胞外基质中含量最丰富的成分,可有效地支撑皮肤并维持弹性<sup>[17]</sup>。葛根和陈皮发酵物、发酵茶均能促进人体细胞胶原或透明质酸的合成,从而达到延缓皮肤衰老、润肤去皱等护肤效果。

葛根富含染料木黄酮和大豆黄酮等异黄酮苷,使用短双歧杆菌*Bifidobacterium* CCRC 14061和CCRC 11846发酵葛根后,大豆黄酮和染料木黄酮含量均有提高。利用发酵物与正常人表皮角质形成细胞(Normal Human Epidermal Keratinocytes, NHEK)孵育,结果显示NHEK中透明质酸的合成量显著增加。因此葛根发酵物可作为一种新的保湿剂和抗衰老剂<sup>[18]</sup>。陈皮含黄酮类糖苷,将产 $\beta$ -葡萄糖苷酶的裂殖菌在陈皮水提物中发酵, $\beta$ -葡萄糖苷酶将糖苷(柚皮苷和橙皮苷)转化为苷元(柚皮素和橙皮素)。利用长波紫外线(Ultraviolet Radiation A, UVA)照射人真皮成纤维细胞实验模型,添加含有柚皮素和橙皮素的发酵提取物,结果表明发酵物可显著促进成纤维细胞胶原生物合成活性,对皮

肤具有光保护作用<sup>[19]</sup>。

除葛根和陈皮外,康普茶发酵物也能促进胶原合成,这归因于其发酵产物中的黄酮和多酚。将发酵后的康普茶分馏为氯仿、丁醇、乙酸乙酯等组分,将黄酮含量最高的乙酸乙酯馏分进行老龄鼠皮内注射。结果显示皮肤的胶原含量显著升高,同时皮肤结缔组织异常得到改善,因此康普茶发酵物可用于改善衰老相关的皮肤异常和老化皮肤再生<sup>[20]</sup>。蜜树茶是南非的一种传统草药茶,是独眼菊(*Cyclopia intermedia*)叶和茎经乳酸菌发酵后产品。蜜树茶提取物可抑制胶原组织分解反应,并降低紫外线照射引起的皮肤皱纹长度和深度,具有显著的抗皱作用,因此蜜树茶提取物也是抗衰老护肤的热点<sup>[21]</sup>。

### 4 抗炎和抗过敏作用

皮肤炎症和过敏反应可诱发多种皮肤疾病,因此抗炎和抗过敏也是化妆品的重要功能之一。根据近年来报道,多种药用植物(人参、甘草、白芷、苍术、马尾草、长丝桃、海藻等)发酵物均能抑制皮肤炎症和过敏反应,从而达到护肤的作用。

用灵芝(*Ganoderma lucidum*)发酵人参后,其抗过敏作用增强。*G. lucidum* KCTC 6283和*G. lucidum* KFRI M101发酵人参产生人参皂苷Rh2(Ginsenoside Rh2),前者优于后者;*G. lucidum* KCTC 6532和*G. lucidum* KFRI M101发酵人参产生人参皂苷Rd(Ginsenoside Rd),前者同样优于后者。KCTC 6532和KFRI M101发酵后的人参提取物具有显著的抗过敏作用,这归因于发酵后人参皂苷转化为两种产物—人参皂苷Rd和Rh2<sup>[22]</sup>。

皮肤上细菌可通过脂多糖触发全身炎症反应,从而产生内毒素休克,而益生菌发酵中草药(苍术、马尾草和长丝桃)后,体外和体内实验证实其发酵产物可对脂多糖介导的炎症损伤发挥保护作用。而且显著降低了脂多糖刺激大鼠后血液内毒素和C反应蛋白(C-Reactive Protein, CRP)水平,因此益生菌发酵草本后的产物可作为化妆品中的抗炎成分<sup>[23]</sup>。甘草是一种富含甘草黄酮苷的传统草药,甘草提取物用灰树花菌丝HB0071(可产生 $\beta$ -葡萄糖苷酶)发酵。高效液相色谱(High Performance Liquid Chromatography, HPLC)分析显示,甘草黄酮苷在发酵过程不断被水解生成甘草苷元、异甘草苷元等黄酮苷元,这些黄酮类苷元增强了甘草的抗炎作用<sup>[24]</sup>。

白芷 (*Angelica tenuissima*) 根的提取物经米曲霉发酵后,能改善 UVB 照射引起的细胞外基质损伤。通过上调光保护血红素加氧酶-1 和抑制促炎环氧合酶-2 的表达,白芷根发酵物能减轻 UVB 照射引起的炎症反应,可作为抗衰老和抗皱化妆品的有效成分<sup>[25]</sup>。近年海藻发酵物也有类似报导,利用产朊假丝酵母菌发酵海藻 24 h 后,用  $\varphi=80\%$  乙醇提取发酵产物。结果显示,提取物能显著抑制促炎细胞因子白细胞介素-1 $\beta$  和白细胞介素-6 的释放,具备较强的抗炎活性,因此海藻发酵物可作为化妆品新型功能成分加以开发<sup>[26]</sup>。

## 5 天然草本洗护及其他多种作用

化学合成的洗发水用洗涤剂(如对羟基苯甲酸酯和十二烷基硫酸钠)会损害头发,而以植物发酵物代替化学洗涤剂伤害较少,符合健康理念,因此天然草本洗发水正变成未来趋势之一。比如以青梅叶 (*Cydonia peltata*) 提取物为洗发水基础材料,通过植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*) 发酵后,用产物配制洗发水成分,再根据感官和理化评价确定最佳配方。这种草本去屑洗发水可克服化学洗发水造成的头皮干燥和刺激问题,且无需添加化学防腐剂<sup>[27]</sup>。此外,还可将青梅叶的发酵物与硝酸银混合,制备青梅叶发酵物的纳米银颗粒,还能避免对头发角质层的损害<sup>[28]</sup>。

植物发酵物还具有抗菌等功能。发酵大豆中含有大量的酶、大豆素和肽,用地衣芽孢杆菌 (*Bacillus licheniformis*) B1 分别发酵黄豆、黑豆、青仁黑豆、小黑豆,制备不同的大豆发酵酱。结果显示,黑豆酱、青仁黑豆酱、小黑豆酱中均有较高的大豆黄素含量,具有抗炎作用;此外黑豆酱在发酵早期阶段产生的花青素,具有抗菌效果<sup>[29]</sup>。这些发酵组分具有在化妆品中应用的良好潜力。

## 6 展望

微生物具有极快的繁殖能力和极强的代谢能力,代谢类型多种多样;微生物代谢活力异常活跃,具有强大的分解、合成、还原、转化、衍生等代谢能力。通过将药用植物接种微生物进行发酵,是祖国传统医学实现中药炮制的核心技术之一。随着近年来高通量分离选育和发酵技术的进步,更多具有特异代谢功能的微生物菌株被分离和应用。将各类植物提取液接种特定微生物进行发酵,可最大程度

的促进植物功效成分释放及转化,减少植物活性成分提取和分离成本,生成新的活性衍生物。这些植物发酵活性物具有抗氧化、抗菌、抗炎、增白等功效。此外与化学合成法相比,植物发酵物具有温和、刺激性小、无化学添加等优势。

目前植物原料的微生物发酵不仅成为学术研究热点之一,也是化妆品功效成分制造的热点方向之一,如各类发酵霜、发酵洁面乳、益生菌面膜等深受消费者青睐。植物发酵产品具有绿色、环保、人体友好、安全性高等优势,因此在美妆行业具有重要的应用前景。随着植物发酵活性物的不断开发,未来将会有更多类型和功效的植物发酵类化妆品造福消费者,满足消费者对“绿色、安全、健康”美妆产品的诉求。未来,如何针对更多植物资源挖掘优良的微生物菌株,并通过现代发酵技术实现绿色生物制造,从而获取更多新型抗菌、增白、去皱、修复等功效成分,是美妆行业亟待解决的关键科学问题。

## 参考文献

- [1] BAR-ON YM, PHILLIPS R, MILO R. The biomass distribution on Earth [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018, 115(25): 6506-6511.
- [2] LIU Z, WANG S, LI Q, et al. Diagnostic product ions-based chemical characterization and antioxidative activity evaluation of solid fermentation for *Astragali radix* produced by *Paecilomyces cicadae* [J]. Arabian Journal of Chemistry, 2021, 14(1): 102908.
- [3] PARK Y, KIM D, YANG I, et al. Decursin and Z-ligustilide in *Angelica tenuissima* root extract fermented by *Aspergillus oryzae* display anti-pigment activity in melanoma cells [J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2018, 28(7): 1061-1067.
- [4] YANG J, SUN Y, CHEN J, et al. Fermentation of ginkgo biloba kernel juice using *Lactobacillus plantarum* Y2 from the ginkgo peel: Fermentation characteristics and evolution of phenolic profiles, antioxidant activities *in vitro*, and volatile flavor compounds [J]. Frontiers in Nutrition, 2022, (9): 1025080.
- [5] ISHIKAWA M, KAWASE I, ISHII F. Glycine inhibits melanogenesis *in vitro* and causes hypopigmentation *in vivo* [J]. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2007, 30(11): 2031-2036.
- [6] KIM Y C, CHOI S Y, PARK E Y. Anti-melanogenic effects of black, green, and white tea extracts on immortalized melanocytes [J]. Journal of Veterinary Science, 2015,

- 16(2): 135-143.
- [7] CHA J Y, YANG H J, MOON H I, et al. Inhibitory effect and mechanism on melanogenesis from fermented herbal composition for medical or food uses [J]. *Food Research International*, 2012, 45(1): 225-231.
- [8] AHN H Y, CHOO Y M, CHO Y S. Anti-pigmentation effects of eight *Phellinus linteus*-fermented traditional crude herbal extracts on brown guinea pigs of ultraviolet B-induced hyperpigmentation [J]. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2018, 28(3): 375-380.
- [9] HO C C, CHUANG J Y, CHEN S Y, et al. Seven traditional Chinese herbal extracts fermented by *Lactobacillus rhamnosus* provide anti-pigmentation effects by regulating the CREB/MITF/tyrosinase pathway [J]. *Environmental Toxicology*, 2021, 36(4): 654-664.
- [10] SANG-JIN, LEE, JONG-SIK, et al. Skin whitening and anti-wrinkle effects of extract from Jubak of oriental herbal liquor [J]. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2014, 43(11): 1695-1700.
- [11] LANG B, ZHAO Y, YANG R, et al. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activities of traditional fermented Rosa from Dali Bai communities, Northwest Yunnan, China [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 22700.
- [12] SU N, LIU H M, LIU J, et al. Preparation, efficacy and safety research of fermented rhodiola liquid Cosmetic [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2017, 2: 44-48.
- [13] CHAN L P, TSENG Y P, LIU C, et al. Fermented pomegranate extracts protect against oxidative stress and aging of skin [J]. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2022, 21(5):2236-2245.
- [14] CHEN C Y, LIN T C, SHIEH Y M. Emulsification and antioxidation of biosurfactant extracts from Chinese medicinal herbs fermentation *in vitro* [J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2015, 120(4): 387-395.
- [15] WANG Z, SUN Q, WANG D, et al. The anti-aging activity of *Lycium barbarum* polysaccharide extracted by yeast fermentation: *In vivo* and *in vitro* studies [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022, 209(Pt B): 2032-2041.
- [16] LIMA I F P, JULIANO D D L, SOCCOL V T, et al. Development of an innovative nutraceutical fermented beverage from herbal mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) extract [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(1): 788-800.
- [17] KANG M C, YUMNAM S, KIM S Y. Oral intake of collagen peptide attenuates ultraviolet B irradiation-induced skin dehydration *in vivo* by regulating hyaluronic acid synthesis [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2018, 19(11): 3551.
- [18] WEN, KUO-CHING, LIN, et al. Comparison of *Puerariae radix* and its hydrolysate on stimulation of hyaluronic acid production in NHEK cells [J]. *American Journal of Chinese Medicine*, 2010, 38(1): 143-155.
- [19] BAE J T, KO H J, KIM G B, et al. Protective effects of fermented *Citrus unshiu* peel extract against ultraviolet-A-induced photoageing in human dermal fibroblasts [J]. *Phytotherapy Research*, 2012, 26(12): 1851-1856.
- [20] PAKRAVAN N, MAHMOUDI E, HASHEMI S A, et al. Cosmeceutical effect of ethyl acetate fraction of Kombucha tea by intradermal administration in the skin of aged mice [J]. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2018, 17(6): 1216-1224.
- [21] IM A R, SONG J, LEE M, et al. Anti-wrinkle effects of fermented and non-fermented *Cyclopia intermedia* in hairless mice [J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 14(1): 424.
- [22] BAE E A, TRINH H T, RHEE Y K, et al. Antiallergic effect of ginseng fermented with *Ganoderma lucidum* [J]. *Journal of Ginseng Research*, 2008, 32(1): 57-61.
- [23] BOSE S, SONG M Y, NAMC J K, et al. *In vitro* and *in vivo* protective effects of fermented preparations of dietary herbs against lipopolysaccharide insult [J]. *Food Chemistry*, 2012, 134(2): 758-765.
- [24] ZHANG X Q, JIN H K, CUI S Y, et al. Enrichment of flavonoid aglycones in licorice extract enhanced anti-inflammatory potential, but its hypnotic effect was not altered [J]. *Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2018, 4: 337-338.
- [25] PARK Y A, LEE S R, LEE J W, et al. Suppressive effect of fermented *Angelica tenuissima* root extract against photoaging: Possible involvement of hemoxygenase-1 [J]. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2018, 28(8): 1391-1400.
- [26] WIJESINGHE W A J P, AHN G, LEE W W, et al. Anti-inflammatory activity of phlorotannin-rich fermented *Ecklonia cava* processing by-product extract in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages [J]. *Journal of Applied Phycology*, 2013, 25(4): 1207-1213.
- [27] SARIPALLA D D, KHOKHANI N D, KAMATH A, et al. Organoleptic and physicochemical properties of natural-based herbal shampoo formulations with *Cyclea peltata* as a key ingredient [J]. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2022, 21(4): 1666-1674.
- [28] CHENI C D, KIZHAKKE V A S, PRADEEP P, et al. Development of EPS-rich herbal shampoo base fermented using *Cyclea peltata* leaf powder and *Lactobacillus plantarum* [J]. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2022, 21(10): 4999-5009.
- [29] HWANG J S, KIM J Y, SUNG D I, et al. Fermentation of black-soybean Chungkookjang using *Bacillus licheniformis* B1 [J]. *Korean Journal of Microbiology*, 2012, 48(3): 216-219.