

海藻多糖在化妆品中的应用研究进展

陈淑芳, 李明星, 蒙文萍, 代宇超, 路洁, 周奕杨, 黎庆涛

(广西大学 轻工与食品工程学院, 广西 南宁 530004)

摘要: 海藻多糖是从海藻组织中提取的高分子聚合物, 其生物活性好、安全性高。我国海藻多糖资源丰富、开发潜力巨大。根据近年来的研究成果, 概述了海藻多糖的提取、分离和纯化技术, 并综述了海藻多糖在化妆品中补水保湿、抗氧化、美白、抑菌、修复皮肤屏障和防紫外辐射的功效, 对海藻多糖在化妆品中的应用进行展望, 以期后续研究提供参考。

关键词: 海藻多糖; 化妆品; 功效; 功能性添加剂

中图分类号: TQ658

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2021)03-0143-09

DOI: 10.11759/hyxx20200909003

海藻多糖是海洋藻类细胞内和细胞间所含有的高分子碳水化合物总称^[1], 是由多羟基醛或酮及其衍生物构成的一种多组分的混合物。按其来源可以分为褐藻多糖、红藻多糖、绿藻多糖和蓝藻多糖 4 大类, 其中关于褐藻、红藻多糖的研究比较广泛。

由于人们对天然化妆品的需求日益增加, 有许多研究者将目光放在寻求具有生物活性的天然产物上, 近年来, 随着对海洋资源的开发, 海洋藻类中含量丰富的海藻多糖受到了研究者的关注^[2]。他们在研究中发现, 海藻多糖在化妆品中具有极大的潜在应用价值。一方面, 海藻多糖生物活性丰富, 具有补水保湿、抗氧化、抑制酪氨酸酶活、抑菌、修复皮肤屏障和防紫外辐射等优良的生理活性, 作用条件温和、效果显著, 对皮肤无毒副作用。另一方面, 海藻多糖因含有亲水性基团, 亲水性能良好, 乳化性和凝胶性较强, 与常用化妆品成分复配性能良好, 对皮肤有良好的亲和力^[3]。这些特性表明, 海藻多糖在化妆品中具有很大的应用价值。为达到更好地开发利用海藻多糖的目的, 本文对海藻多糖的提取与分离纯化技术做简要介绍, 并对海藻多糖在化妆品中的应用展开综述。

1 海藻多糖的提取与分离纯化

海藻多糖广泛分布于海藻的各个组分中, 从细胞层面来讲可将其分为三大类: 细胞内多糖, 细胞外多糖和细胞壁多糖。得到高纯度的海藻多糖一般需要经过提取与分离纯化等多个步骤。

1.1 海藻多糖的提取

海藻多糖的提取方法有溶剂提取法、酶解提取法和物理强化法等^[1, 4]。溶剂提取法按溶剂的种类可分为水、酸和碱^[5], 该法因其操作简单、成本低而在海藻多糖的提取中应用最广泛。Cui 等人^[6]对叉开网翼藻多糖的提取条件进行优化, 确立了最佳工艺: 浸提温度 100 °C, 料水比为 1 : 110 (g/mL), 提取时间 6 h, 此时多糖得率为 3.05%。酶解提取法按酶的种类可分为木瓜蛋白酶、果胶酶和纤维素酶等, 该法提取率高且反应条件温和。任壮^[7]利用酶法优化海带多糖提取工艺, 确定果胶酶、纤维素酶两种酶复合的提取工艺条件为: 酶解温度 65 °C, 料液比 1 : 150 (g/mL), pH 5.5, 果胶酶添加量 0.7%, 纤维素酶添加量 0.3%, 浸提时间 4 h, 此时多糖得率为 15.6%。物理强化法按物理作用方式可分为超声法、超高压法和微波法等, 该法常与溶剂提取法联用, 可显著减少提取时间并提高多糖得率。Yu 等人^[8]利用微波法提取坛紫菜多糖, 确定最优工艺条件为: 微波功率 300 W, 料液比为 1 : 50 (g/mL), 提取时间 8 min, 此时多糖得率为 3.6%。

收稿日期: 2020-09-09; 修回日期: 2020-11-01

基金项目: 广西壮族自治区科学技术厅重大专项计划(14122003-4)

[Foundation: Major Special Project of the Department of Science and Technology of Guangxi Zhuang Autonomous Region, No. 14122003-4]

作者简介: 陈淑芳(1998—), 女, 河南省三门峡人, 硕士研究生, 主要从事海洋天然产物研究, 电话: 18638759341, E-mail: 1019429136@qq.com; 黎庆涛(1971—), 通信作者, 男, 广西南宁人, 博士, 副教授, 研究生导师, 主要从事天然产物研究, 电话: 13707886008, E-mail: lqt2222@163.com

1.2 海藻多糖的分离纯化

一般采用上述方法提取所得的为海藻粗多糖, 常会混有一些杂质如蛋白质和色素等, 需要进行分离纯化才能得到纯度较高的海藻多糖。

1.2.1 海藻多糖的脱蛋白

脱蛋白的方法有 Sevag 法、三氯乙酸法和蛋白酶法等。Sevag 法作用条件温和, 多糖不易被降解, 是最经典的脱蛋白方法, 但脱蛋白效率低需进行多次处理。朱劼等人^[9]对螺旋藻多糖进行了 Sevag 法脱除蛋白工艺研究, 确定最佳工艺条件为: 料液试剂配比 3 : 1, 氯仿正丁醇配比 5 : 1, 处理次数 3 次, 蛋白脱除率为 81.4%, 多糖保留率为 82.7%。三氯乙酸法操作简单, 脱蛋白效率高, 是最有效的脱蛋白方法, 但易导致多糖降解。穆文静等人^[10]研究了螺旋藻多糖的三氯乙酸(TCA)法脱蛋白工艺, 确定最佳工艺条件为: 料液试剂配比 1 : 1, TCA 浓度 8%, 处理次数 3 次, 蛋白脱除率为 60%, 多糖保留率为 86.7%。蛋白酶法对多糖保留率高, 安全性好, 是最温和的脱蛋白方法, 但酶的成本较高且容易有酶残留, 常与 Sevag 法联用。唐志红等人^[11]研究了浒苔多糖的酶法脱蛋白工艺, 确定最佳工艺条件为: 酶解温度 45 °C 蛋白酶用量 3%, 酶解时间 3 h, pH 5.0, Sevag 法脱蛋白次数 2 次, 蛋白质脱除率为 89.7%, 多糖保留率为 72.5%。

1.2.2 海藻多糖的脱色

脱色素的方法有物理吸附法和氧化法等。物理吸附法按吸附剂的种类可分为树脂和活性炭, 该法操作简便, 安全无毒。刘欢^[12]对舌状蜈蚣藻多糖的物理吸附法脱色素工艺进行了研究, 表明在温度为 45 °C, 多糖液与 D941 大孔吸附树脂体积配比 1 : 15, pH 8.5, 反应时间 90 min 的条件下脱色效果最好,

此时脱色率为 92.8%, 多糖保留率为 85.9%。氧化法脱色的原理是氧化色素, 常用的试剂为过氧化氢。缪志刚等人^[13]对草叶马尾藻多糖的氧化法脱色进行了研究, 表明过氧化氢的质量分数为 8% 时, 综合脱色效果最好, 此时脱色率为 73.9%, 多糖保留率为 87.1%。

经脱蛋白和脱色处理后所得的为混合海藻多糖, 需要进行纯化处理才能得到组分均一的海藻多糖。纯化的方法有分步沉淀法、柱色谱分离法和超滤法等。在实际操作过程中, 往往将几种技术联用, 以达到更好的分离纯化效果。

2 海藻多糖在化妆品中的功效

2.1 吸湿保湿作用与机理

2.1.1 吸湿保湿作用

含水量对皮肤健康非常重要, 当其值降到 10% 以下时, 肌肤会出现干燥粗糙的症状, 还易引发其他皮肤问题^[14]。因此, 增加皮肤含水量是化妆品中最基本的要求。近年来化妆品领域非常重视吸湿保湿作用, 化妆品所具有的吸湿性使其可以携带水分为肌肤补水, 具有的保湿性可以延缓皮肤水分散失从而增加皮肤含水量。海藻多糖具有良好的吸湿性与保湿性, 可以作为一种补水保湿剂应用在化妆品中。

2.1.2 吸湿保湿作用机理

海藻多糖吸湿保湿的作用机理如下: (1) 海藻多糖分子中含有大量的亲水基团如羟基和羧基等, 可以与水分子以氢键的形式结合, 因此具有良好的吸湿性^[15-16], 如图 1-I 所示。(2) 海藻多糖分子链与水分子结合后可以在空间上交联缠绕形成网状结构, 因此具有良好的保湿性^[17-18], 如图 1-II 所示。

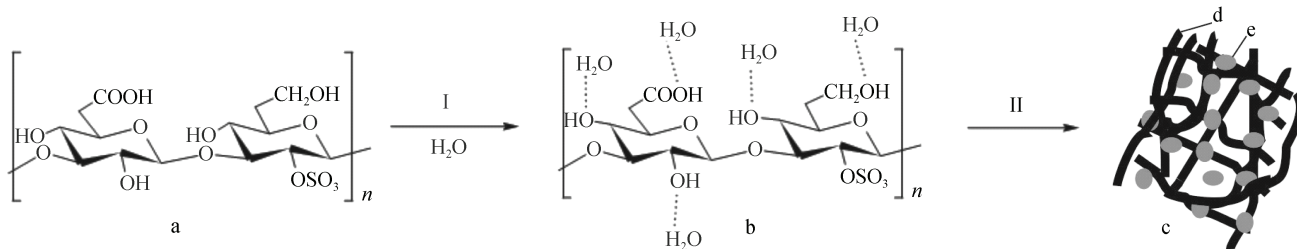


图 1 海藻多糖的吸湿保湿作用机理

Fig. 1 Mechanism of moisture absorption and retention by seaweed polysaccharides

注: I: 吸湿作用; II: 保湿作用; a: 海藻多糖分子链; b: 海藻多糖与水分子结合; c: 海藻多糖分子链与水分子结合后形成网状结构; d: 海藻多糖分子链; e: 水分子

石学连等人^[19]以透明质酸做对照,研究了浒苔多糖的吸湿性,发现其在环境相对湿度为 44%和 80%时放置 24 h 的吸湿率分别为 15%和 40%,与透明质酸类似,有望开发为一种优良的补水剂。郭子叶等人^[20]也利用浒苔多糖进行了吸湿保湿性实验,发现其在环境相对湿度为 55%和 85%时放置 22 h 的吸湿率分别为 23%和 30%,在环境相对湿度为 43%、55%和 85%时放置 22 h 的保湿性为 89%、91%和 94%,以甘油和千纤草丝瓜水作对照,发现浒苔多糖的吸湿性更好,保湿性与之类似。刘冰月等人^[17]研究了羊栖菜海藻多糖的吸湿性与保湿性,发现在环境相对湿度为 43%和 81%时放置 10 h 吸湿性分别为 20%和 30%,以甘油、海藻酸钠和乙二醇作对照,发现羊栖菜海藻多糖的吸湿性最好。还发现质量分数为 1%的羊栖菜多糖溶液与质量分数为 5%的甘油溶液保湿性能相当。并通过人体实验发现质量分数为 5%的羊栖菜多糖溶液可使皮肤水分含量由 40%增加至 49%。

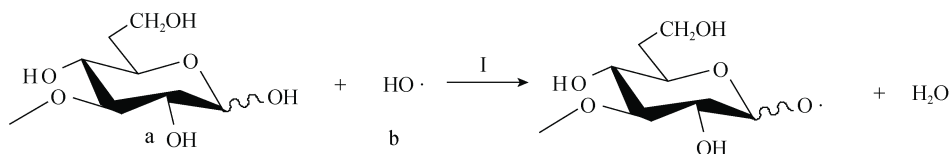


图 2 海藻多糖的抗氧化作用机理

Fig. 2 Antioxidation mechanism of seaweed polysaccharides

注: I: 海藻多糖清除自由基反应; a: 海藻多糖; b: 羟基自由基

王晔等人^[27]研究了浒苔多糖的抗氧化作用,表明 1 mg/mL 的浒苔多糖溶液对羟基自由基、超氧阴离子和 DPPH 自由基清除率为 62.31%、28.74%和 78.21%。Peng 等人^[28]对海带多糖进行了体外抗氧化实验,发现 1 mg/mL 的海带多糖溶液对超氧自由基清除率为 75.20%, 3 mg/mL 的海带多糖溶液对羟基自由基清除率达到 90.10%。徐晓珍^[29]用动物实验研究了海带多糖的抗氧化作用,每天早晚给已脱毛小鼠的背部涂抹含海带多糖(5 g/100 g)的赋形剂各一次,持续 12 个月后检测皮肤组织中抗氧化酶活,结果表明海带多糖能够增强自然衰老皮肤抗氧化酶的活性,该浓度的海带多糖可对超氧化物歧化酶活增强 15.90%、对过氧化氢酶活增强 18.08%、对谷胱甘肽过氧化物酶活增强 20.30%。Xue 等人^[30]研究表明,岩藻多糖可以增强细胞膜对超氧化物歧化酶的释放率从而起到抗氧化作用。

2.2 抗氧化作用与机理

2.2.1 抗氧化作用

抗氧化是抗氧化自由基的简称,氧化自由基主要包括超氧化物阴离子自由基、羟基自由基、氢过氧自由基、过氧化氢自由基和单线态分子氧自由基等,它们的化学性质比较活泼,过量的自由基会导致肌体过氧化,使皮肤细胞受到损坏,真皮层变薄,加速皮肤衰老^[21-22]。海藻多糖具有清除自由基和增强抗氧化酶活性的作用,可以作为抗氧化剂应用在化妆品中,避免超量自由基引起的皮肤问题。

2.2.2 抗氧化作用机理

海藻多糖的抗氧化作用机理如下:(1) 海藻多糖分子中含有的半缩醛羟基具有弱解离能,可直接提供电子给氧化自由基^[23-24],将自由基淬灭,以羟基自由基为例,如图 2- I 所示。(2) 海藻多糖可通过提高抗氧化酶如超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶等酶的活性,发挥抗氧化作用^[25-26]。

2.3 美白作用及其机理

2.3.1 美白作用

白皙的肌肤是许多东方女性所追求的肌肤状态,越来越多的消费者希望通过美白化妆品来提亮自己的肤色。人的肤色是由黑色素的含量和分布决定的^[31],黑色素由基底层的黑素细胞产生,通过黑素细胞的树突状结构传递给基底细胞,再随细胞上行至表皮层。酪氨酸酶是这个过程中的限速酶,因此市面上的美白类化妆品有效成分大多以抑制酪氨酸酶的活性为主^[32]。目前已经报道了许多天然或合成的酪氨酸酶抑制剂^[33],而在化妆品领域中,天然、高效且安全的抑制剂更适用。海藻多糖具有抑制酪氨酸酶活性的作用,且效果好、经济易得、安全,可以作为美白剂应用在化妆品中。

2.3.2 美白作用机理

Kus 等人^[34]对酪氨酸酶进行了研究,发现酪氨

酪氨酸酶是一种由多个亚基组成的氧化酶，每个亚基的结构式如图 3a 所示。海藻多糖抑制酪氨酸酶活性的作用机理有：(1) 竞争性抑制：海藻多糖可与底物竞争酪氨酸酶的活性位点，如可螯合活性位点上的铜离子^[35]，如图 3-I 所示。(2) 非竞争性抑制：海

藻多糖可以与酶活性中心外的酪氨酸残基结合，使底物与酶结合后的产物不能进一步转化^[36]，如图 3-II 所示。(3) 混合型抑制：一些海藻多糖既能与酶的活性位点结合，又能与活性中心外的氨基酸残基结合^[25, 37-39]。

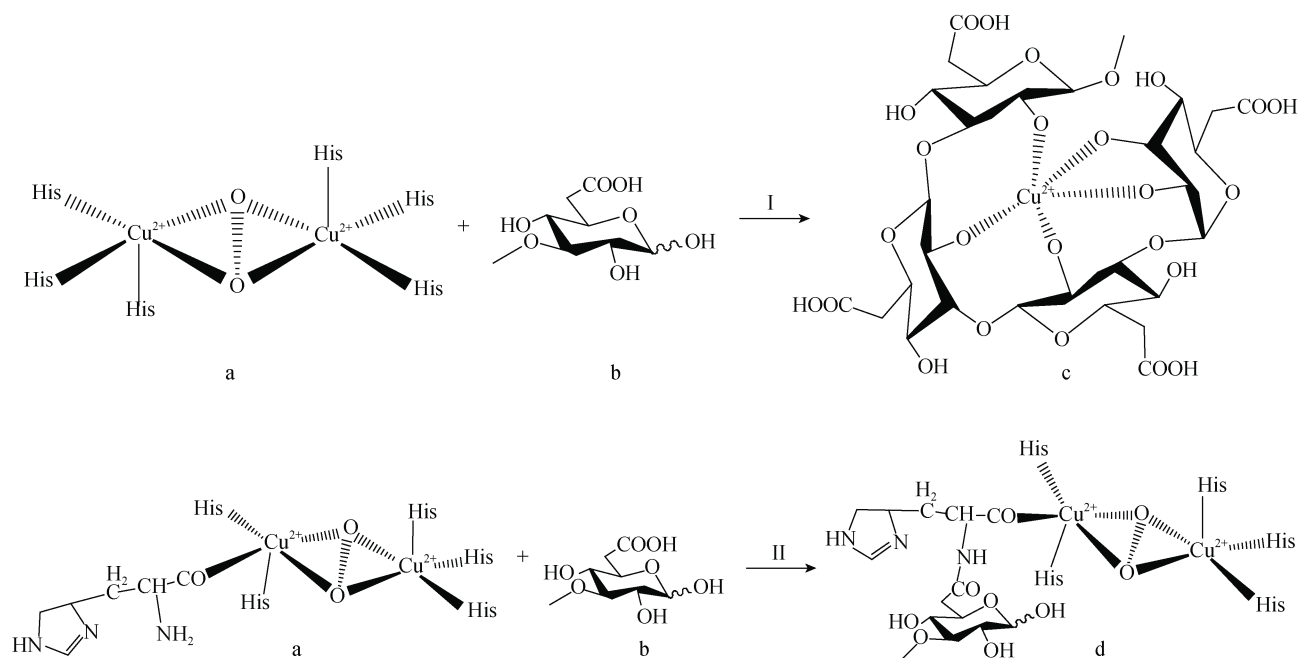


图 3 海藻多糖的美白作用机理

Fig. 3 Whitening mechanism of seaweed polysaccharides

注：I：竞争性抑制；II：非竞争性抑制；a：酪氨酸酶亚基；b：海藻多糖；c：海藻多糖与酪氨酸酶的 Cu^{2+} 螯合；d：海藻多糖与酪氨酸酶的组氨酸残基结合；His：组氨酸

郑曦等人^[36]研究了海藻酸钠对黑色素细胞中酪氨酸酶的抑制作用，表明该抑制作用为混合型抑制，且多糖浓度为 64 mmol/L 时即可具有良好的抑制效果，并通过毒性试验表明海藻酸钠对黑素细胞无毒。丁晓梅等人^[40]对螺旋藻多糖进行了酪氨酸酶的抑制实验，其半抑制浓度为 1.193 mg/mL，并表明该抑制作用为可逆的混合型抑制。Wang 等人^[41]研究了岩藻依聚糖对酪氨酸酶的抑制作用，该抑制作用也是可逆的混合型抑制，在 25 mg/mL 浓度下，岩藻依聚糖可使酪氨酸酶几乎完全失活。

2.4 抑菌作用与机理

2.4.1 抑菌作用

化妆品因含微生物生长所需要的水和各种营养物质，易导致微生物滋生。为了抑制微生物繁殖，延长化妆品有效期，抑菌剂的加入具有重要意义^[42]。出于对传统抑菌剂安全性的考虑，许多研究者开始寻

找天然抑菌活性物质^[43]，将其应用在化妆品中是化妆品绿色防腐的最新发展方向。海藻多糖具有优良的抑菌性能，可以作为抑菌剂应用在化妆品中。

2.4.2 抑菌作用机理

海藻多糖具有广谱的抑菌活性，其抑菌机理主要是借助良好的表面活性，它可以与细菌细胞膜上蛋白受体结合，破坏菌体膜上的磷脂、蛋白质、脂肪酸等，增强溶菌酶对细菌的清除力^[18, 44]。陈海秀^[45]对岩藻多糖进行了抑菌实验，表明岩藻多糖具有良好的抑菌性，分子量在 6 kDa 以下的岩藻多糖在浓度为 8.00 mg/mL 时可抑制大肠杆菌的生长，在浓度为 6.25 mg/mL 时可抑制金黄色葡萄球菌的生长。高玉杰等人^[46]对浒苔多糖进行抑菌试验，表明经过硒化改性后的浒苔多糖抑菌性能更好，浒苔多糖在浓度为 6.80 mg/mL 时会对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的生长产生抑制作用，而硒化浒苔多糖抑制这两种细菌所需浓度仅为 1.70 mg/mL。

2.5 修复皮肤屏障作用与机理

2.5.1 修复皮肤屏障作用

皮肤屏障是由人体角质形成细胞和细胞间隙中的脂质构成的,它们的有机结合使得皮肤具有生物屏障功能^[47]。一方面可以防止病菌进入皮肤,保护肌肤健康,另一方面可以锁住皮肤水分和油脂维持皮肤含水量。当皮肤处于不适的环境中或进行了错误的护理时会损伤皮肤屏障,导致诸多皮肤病。海藻多糖具有修复皮肤屏障的作用,可以作为皮肤屏障修复剂应用在化妆品中。

2.5.2 修复皮肤屏障作用机理

海藻多糖修复皮肤屏障的作用机理有:(1)海藻多糖可通过诱导 EPK 和 JNK 磷酸化进而活化 EPK 和 JNK 信号通路,促进皮肤角质形成细胞的增殖、迁移与分化^[16, 48-49],加快皮肤创口的愈合从而修复皮肤屏障。(2)海藻多糖可通过激活细胞生长因子促进人皮肤成纤维细胞增殖^[18, 50-51],使其合成和分泌的细胞外基质如透明质酸、胶原纤维等增多,从而修复皮肤屏障。

王妍等人^[48]研究了羊栖菜多糖对皮肤屏障的修复作用,发现其在 5.0 $\mu\text{g/mL}$ 至 50 $\mu\text{g/mL}$ 的浓度范围内可促进皮肤角质形成细胞的增殖,浓度在 2.5 $\mu\text{g/mL}$ 至 20 $\mu\text{g/mL}$ 范围内可促进皮肤角质形成细胞的迁移,在 50 $\mu\text{g/mL}$ 时可显著促进皮肤角质形成细胞的分化。Péterszegi 等人^[50]研究了岩藻多糖对人皮肤成纤维细胞增殖的影响,发现岩藻多糖在浓度为 1 $\mu\text{g/mL}$ 时,可使成纤维细胞增殖率增加 19%,多糖浓度为 10 $\mu\text{g/mL}$ 时,可增加 35%。

2.6 抗紫外辐射作用与机理

2.6.1 抗紫外辐射作用

紫外辐射是由太阳产生的,波长为 200~400 nm。过量的紫外辐射对人体皮肤具有一定的危害作用,会损伤皮肤细胞 DNA 结构,使细胞无法正常工作,加速皮肤老化,还会作用于黑素细胞,使细胞处于亢奋状态,产生更多的黑色素,导致肤色变黑^[52]。因此,抗紫外辐射对保持肌肤健康有重要意义。海藻多糖具有抗紫外辐射的作用,可作为防晒剂应用在化妆品中^[20]。

2.6.2 抗紫外辐射作用机理

海藻多糖抗紫外辐射的作用机理如下:(1)海藻多糖可以提升皮肤成纤维细胞被紫外辐射损伤后的存活率^[39]。(2)海藻多糖可以增强机体免疫力,抵抗

紫外辐射对免疫系统的损伤^[25, 53]。(3)海藻多糖可以调节皮肤受紫外辐射后胶原蛋白的代谢过程,减轻紫外辐射对皮肤的损伤^[39, 54]。

郭子叶^[20]研究了浒苔多糖的抗紫外辐射活性,表明 0.5 mg/mL 的浒苔多糖能显著保护人皮肤成纤维细胞免受紫外线辐射的损伤,其防辐射效果优于部分市售防晒喷雾。叶翠芳等人^[55]研究了紫菜多糖抗紫外辐射的活性,表明在多糖浓度为 3.3 $\mu\text{g/mL}$ 时可使紫外辐射后小鼠成纤维细胞存活率提升 30%。黎静等人^[54]研究了海带多糖的抗紫外辐射作用,对小鼠背部皮肤进行紫外灯照射实验,发现涂抹含海带多糖(5 mg/kg)赋形剂的小鼠背部皮肤组织中 I 型胶原蛋白 mRNA 含量是空白组的两倍,表明海带多糖可促进皮肤组织经紫外线辐射后 I 型胶原蛋白的合成。

3 展望

近年来,世界各国化妆品有整体有两大发展趋势:一是崇尚绿色自然,力求在化妆品中使用天然原料,二是愈加追求化妆品的功效,使许多高活性物质成为化妆品的主要成分。在这种趋势下,以海藻多糖为活性成分的化妆品势必会显示出强大的市场竞争力。

目前,国内外已有一些机构就海藻多糖的开发应用开展了一系列研究工作,并研发出了一些日化产品,如海洋丽姿、Lamer(海蓝之谜)等,具有良好的美容功效,受到一些消费者的喜爱。而当今化妆品市场,海藻多糖成分的占有份额仍然很少,海藻多糖在化妆品中的功效未被充分利用,未来的工作需要进一步完善,主要体现在以下几个方面:

(1)对于化妆品,化妆品原料的高功效性和低刺激性是消费者的追求,因此,海藻多糖的透皮吸收是未来关注的重点,皮肤吸收海藻多糖的途径和海藻多糖对皮肤的刺激性是需要研究的问题,此外还应加强对可确保海藻多糖安全性的提取纯化工艺技术的研究。

(2)鉴于人体与体外的环境不同,海藻多糖被皮肤吸收之后能否起到相同的药理作用,其有效浓度值是否会改变,仍需进一步的研究与考证。

(3)因不同厂家专业程度、生产工艺有所不同,导致所提取海藻多糖的质量良莠不齐,且海藻多糖的有效成分受海藻生长地域、时期等因素的影响较大,针对海藻多糖质量的市场规范还有待完善,应

及时建立有效的质量控制及评估体系。

(4) 海藻多糖在化妆品中的后续加工和储存过程中功能活性变化的认识尚不全面,稳定性考察及贮存工艺的优化也是亟需解决的问题。

参考文献:

- [1] 刘欢, 陈胜军, 杨贤庆. 海藻多糖的提取、分离纯化与应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(12): 341-346.
Liu Huan, Chen Shengjun, Yang Xianqing. Advances of extraction, purification and application of polysaccharides from seaweeds[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(12): 341-346.
- [2] Capon R J. Extracting value: mechanistic insights into the formation of natural product artifacts - case studies in marine natural products[J]. Natural Product Reports, 2020, 37(1): 55-79.
- [3] 喻虎. 海藻多糖制备与应用研究[J]. 农业与技术, 2018, 38(20): 261.
Yu Hu. Preparation and application of seaweed polysaccharides[J]. Agriculture and Technology, 2018, 38(20): 261.
- [4] Dobrinčić A, Balbino S, Zorić Z, et al. Advanced technologies for the extraction of marine brown algal polysaccharides[J]. Marine Drugs, 2020, 18(3): 168.
- [5] Sun Y, Hou S, Song S, et al. Impact of acidic, water and alkaline extraction on structural features, antioxidant activities of *Laminaria japonica* polysaccharides[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 112(11): 985-995.
- [6] Cui Y, Liu X, Li S, et al. Extraction, characterization and biological activity of sulfated polysaccharides from seaweed *Dictyosphaeridia divaricata*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 117: 256-263.
- [7] 任壮. 酶解提取海带多糖及应用研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2017.
Ren Zhuang. Enzymatic extraction of kelp polysaccharides and its application[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017.
- [8] Yu P, Zhang Y. Separation and purification of *Porphyra haitanensis* polysaccharide and its preliminary structural characterization[J]. Separation Science & Technology, 2017, 52(11): 1835-1842.
- [9] 朱劼, 任淑振, 彭江晨. 细胞冻融辅助热水浸提螺旋藻多糖及脱蛋白工艺优化[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 111-116.
Zhu Jie, Ren Shuzhen, Peng Jiangchen. Optimization of polysaccharide extraction from *spirulina platensis* by cell freeze-thaw cooperated with hot water extraction and deproteinization[J]. Food Science, 2012, 33(24): 111-116.
- [10] 穆文静, 杜玲, 栗淑媛. 螺旋藻多糖两种脱蛋白方法的研究与比较[J]. 科技资讯, 2010, (9): 5-7.
Mu Wenjing, Du Ling, Li Shuyuan. Study and comparison of two deproteinization methods of polysaccharide from *spirulina platensis*[J]. Technology Information, 2010, (9): 5-7.
- [11] 唐志红, 王艺, 马红婷, 等. 浒苔多糖脱蛋白工艺的考察[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(11): 90-93.
Tang Zhihong, Wang Yi, Ma Hongting, et al. Investigation of deproteinized technology for polysaccharide from *enteromorpha prolifera*[J]. Food Research and Development, 2015, 36(11): 90-93.
- [12] 刘欢. 舌状蜈蚣藻多糖的提取, 降解及抗氧化活性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
Liu Huan. Study on extraction, degradation and antioxidant activity of polysaccharide from *grateloupia livida*[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [13] 缪志刚. 草叶马尾藻多糖的分离纯化及生物活性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
Miao Zhigang. Separation and purification of polysaccharide from the brown seaweed *sargassum gramminifolium* and its effects on biological[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016.
- [14] Gershon S. Using subepidermal moisture level as an indicator of early pressure damage to local skin and tissue[J]. Advances in Skin & Wound Care, 2020, 32(3): 123-132.
- [15] 许雷, 李湛, 周火兰, 等. 酶解褐藻胶寡糖的吸湿及保湿性能研究[J]. 日用化学工业, 2011, 41(1): 42-45.
Xu Lei, Li Zhan, Zhou Huolan, et al. Study of hygroscopic and moisturizing performance of oligosaccharides obtained from enzymolysis of algin[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2011, 41(1): 42-45.
- [16] Berthon J Y, Nachat-Kappes R, Bey M, et al. Marine algae as attractive source to skin care[J]. Free Radical Research, 2017, 51(6): 555.
- [17] 刘冰月, 刘学, 邬凤娟, 等. 羊栖菜岩藻多糖的提取工艺优化及保湿性能[J]. 日用化学工业, 2017, 47(7): 398-402.
Liu Bingyue, Liu Xue, Wu Fengjuan, et al. Optimization of process technological conditions for obtaining fucoidan from *Sargassum fusiforme* and detection of its moisturizing performance[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2017, 47(7): 398-402.
- [18] Ilekuttige P S F, Kil-Nam K, Daekyung K, et al. Algal polysaccharides: potential bioactive substances for cosmeceutical applications[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2019, 39(1): 99-113.
- [19] 石学连, 张晶晶, 宋厚芳, 等. 浒苔多糖的分级纯化及保湿活性研究[J]. 海洋科学, 2010, 34(7): 81-85.

- Shi Xuelian, Zhan Jingjing, Song Houfang, et al. Polysaccharides from enteromorpha linza: Purification and moisture-preserving activity[J]. Marine Sciences, 2010, 34(7): 81-85.
- [20] 郭子叶. 浒苔多糖化妆品开发潜力研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014.
Guo Ziyue. Potential use of polysaccharides from ulva prolifera in cosmetic[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2014.
- [21] Liu Y, Sun Y Y, Huang G L. Preparation and antioxidant activities of important traditional plant polysaccharides[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 111(1): 780-786.
- [22] Ssam E, Bozena M K, Ricci L G. An overview about oxidation in clinical practice of skin aging[J]. Anais Brasileiros de Dermatologia, 2017, 92(3): 367-374.
- [23] 周林珠, 杨祥良, 周井炎, 等. 多糖抗氧化作用研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 2002, 23(4): 210-212.
Zhou Linzhu, Yang Xiangliang, Zhou Jingyan, et al. Research progress on antioxidant action of polysaccharides[J]. Chinese Journal of Biochemical and Pharmaceuticals, 2002, 23(4): 210-212.
- [24] Faiez H, Cédric D, Alina V U, et al. Structural characterization and antioxidant activity of water-soluble polysaccharides from the Tunisian brown seaweed *Cystoseira compressa*[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 198(12): 589-600.
- [25] Wang L, Jayawardena T U, Yang H W, et al. The potential of sulfated polysaccharides isolated from the brown seaweed *ecklonia maxima* in cosmetics: antioxidant, anti-melanogenesis, and photoprotective activities[J]. Antioxidants, 2020, 9(8): 724.
- [26] Akbary P, Aminikhoei Z. Effect of water-soluble polysaccharide extract from the green alga *ulva rigida* on growth performance, antioxidant enzyme activity, and immune stimulation of grey mullet *mugil cephalus*[J]. Journal of Applied Phycology, 2017, 30(2): 1345-1353.
- [27] 王晔, 娄永江, 龚芳芳, 等. 浒苔多糖的分离纯化及其结构和抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(12): 66-72.
Wang Ye, Lou Yongjiang, Gong Fangfang, et al. Purification, antioxidant activity and structure of enteromorpha prolifera polysaccharides[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(12): 66-72.
- [28] Peng Z, Liu M, Fang Z, et al. In vitro antioxidant effects and cytotoxicity of polysaccharides extracted from *Laminaria japonica*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(5): 1254-1259.
- [29] 徐晓珍. 海带多糖对自然衰老小鼠皮肤胶原蛋白影响的实验研究[D]. 南宁: 广西医科大学, 2016.
Xu Xiaozhen. The effect of laminarin polysaccharide on skin collagen in natural aging mice[D]. Nanning: Guangxi Medical University, 2016.
- [30] Xue C H, Fang Y, Lin H, et al. Chemical characters and antioxidative properties of sulfated polysaccharides from *Laminaria japonica*[J]. Journal of Applied Phycology, 2001, 13(1): 67-70.
- [31] Anbar T S, Eid A A, Anbar M T. Evaluation of different factors influencing objective measurement of skin color by colorimetry[J]. Skin Research and Technology, 2019, 25(4): 512-516.
- [32] Jeon N J, Kim Y S, Kim E K, et al. Inhibitory effect of carvacrol on melanin synthesis via suppression of tyrosinase expression[J]. Journal of Functional Foods, 2018, 45(3): 199-205.
- [33] Samaneh Z, Asieh B, Tareq H K M, et al. A comprehensive review on tyrosinase inhibitors[J]. Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry, 2019, 34(1): 279-309.
- [34] Kus N J, Dolinska M B, Young K L, et al. Membrane-associated human tyrosinase is an enzymatically active monomeric glycoprotein[J]. PloS One, 2018, 13(6): e198247.
- [35] Vaid U, Mittal S, Babu J N. Influence of anion induced proton abstraction on Cu(II) adsorption by alginic acid[J]. Reactive & Functional Polymers, 2015, 97(5): 48-55.
- [36] 郑曦, 陈智多, 张德蒙, 等. 海藻酸钠对酪氨酸酶的抑制作用[J]. 日用化学工业, 2019, 49(6): 388-392.
Zheng Xi, Chen Zhiduo, Zhang Demeng, et al. Inhibitory effect of sodium alginate on the activity of tyrosinase[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2019, 49(6): 388-392.
- [37] Chen C Y, Lin L C, Yang W F, et al. An updated organic classification of tyrosinase inhibitors on melanin biosynthesis[J]. Current Organic Chemistry, 2015, 19(1): 4-18.
- [38] Thanigaimalai P, Manoj M, Vigneshwaran N, et al. Skin whitening agents: medicinal chemistry perspective of tyrosinase inhibitors[J]. Journal of Enzyme Inhibition & Medicinal Chemistry, 2017, 32(1): 403-425.
- [39] Shanura Fernando I P, Asanka Sanjeeva K K, Samarakoon K W, et al. The potential of fucoidans from *Chnoospora minima* and *Sargassum polycystum* in cosmetics: antioxidant, anti-inflammatory, skin-whitening, and anti-wrinkle activities[J]. Journal of Applied Phycology, 2018, 30(6): 3223-3232.
- [40] 丁小梅, 何善生, 王力, 等. 螺旋藻多糖对酪氨酸酶的抑制作用及抗氧化性能[J]. 中国食品学报, 2019, 10(19): 86-92.
Ding Xiaomei, He Shansheng, Wang Li, et al. Antioxidant capacity and inhibitory activity of tyrosinase on

- polysaccharide from spirulina polysaccharide[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 10(19): 86-92.
- [41] Wang Z J, Si Y, Oh S, et al. The effect of fucoidan on tyrosinase: computational molecular dynamics integrating inhibition kinetics[J]. Journal of Biomolecular Structure & Dynamics, 2012, 30(4): 460-473.
- [42] Herman, Anna. Antimicrobial ingredients as preservative booster and components of self-preserving cosmetic products[J]. Current Microbiology, 2019, 76(6): 744-754.
- [43] Ko Evar Glava N, Lunder M. Preservative efficacy of selected antimicrobials of natural origin in a cosmetic emulsion[J]. International Journal of Cosmetic Science, 2018, 40(3): 276-284.
- [44] Chmit M, Kanaan H, Habib J, et al. Antibacterial and antibiofilm activities of polysaccharides, essential oil, and fatty oil extracted from *Laurus nobilis* growing in Lebanon[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 2014, 7(1): 546-552.
- [45] 陈海秀. 海洋硫酸多糖抗菌活性研究及在肉类保鲜中的应用[D]. 厦门: 集美大学, 2016.
Chen Haixiu. Study on antimicrobial activity of marine sulfate polysaccharide and its application in meat preservation[D]. Xiamen: Jimei University, 2016.
- [46] 高玉杰, 吕海涛. 浒苔多糖和硒化浒苔多糖抑菌作用研究[J]. 食品科技, 2013, 38(1): 195-198, 205.
Gao Yujie, Lü Haitao. Antimicrobial activities of enteromorpha polysaccharide and selenium enteromorpha polysaccharide[J]. Food Science and Technology, 2013, 38(1): 195-198, 205.
- [47] Tsakok T, Woolf R, Smith C H, et al. Atopic dermatitis: the skin barrier and beyond[J]. British Journal of Dermatology, 2019, 180(3): 464-474.
- [48] 王妍. 羊栖菜多糖促进皮肤屏障功能修复的作用研究[D]. 温州: 温州大学, 2019.
Wang Yan. Study on the effect of sargassum fusiforme polysaccharides on the repair of damaged skin barrier Function[D]. Wenzhou: Wenzhou University, 2019.
- [49] Kumar S, Marrero-Berrios I, Kabat M, et al. Recent advances in the use of algal polysaccharides for skin wound healing[J]. Current Medicinal Chemistry, 2019, 25(11): 1236-1248.
- [50] Péterszegi G, Isnard N, Robert A M, et al. Studies on skin aging. Preparation and properties of fucose-rich oligo- and polysaccharides. Effect on fibroblast proliferation and survival[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2003, 57(5): 187-194.
- [51] Li J, Cai C, Yang C, et al. Recent advances in pharmaceutical potential of brown algal polysaccharides and their derivatives[J]. Current Pharmaceutical Design, 2019, 25(11): 1290-1311.
- [52] Lucas R M, Yazar S, Young A R, et al. Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate[J]. Photochemical & Photobiological Sciences, 2019, 18(2): 123-132.
- [53] 张璐妮, 邵玉, 张玉影, 等. 海带多糖防辐射作用的研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2015, 36(5): 375-377.
Zhang Luni, Shao Yu, Zhang Yuying, et al. Advance in the anti-radiation effect of laminaria japonica polysaccharide[J]. Journal of Jilin Medical University, 2015, 36(5): 375-377.
- [54] 黎静, 李冠虹, 石殿春, 等. 海带多糖对紫外线辐射小鼠皮肤胶原蛋白及微血管内皮细胞的影响[J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(3): 198-201.
Li Jing, Li Guanhong, Shi Dianchun, et al. Effect of laminarin polysaccharide on collagen and microvascular endothelial cells of skin irradiated by ultraviolet rays[J]. Journal of Environment and Health, 2013, 30(3): 198-201.
- [55] 叶翠芳, 王巧利, 刘秋英, 等. 紫菜多糖体外抗紫外线辐射活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(4): 641-644.
Ye Cuifang, Wang Qiaoli, Liu Qiuying, et al. Study on the anti-ultraviolet activity of porphyra polysaccharides in vitro[J]. Natural Product Research and Development, 2015, 27(4): 641-644.

Application of seaweed polysaccharides in cosmetics

CHEN Shu-fang, LI Ming-xing, MENG Wen-ping, DAI Yu-chao, LU Jie,
ZHOU Yi-yang, LI Qing-tao

(College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

Received: Sep. 9, 2020

Key words: seaweed polysaccharide; cosmetics; efficacy; functional additives

Abstract: Seaweed polysaccharide is a polymer with high molecular weight and is extracted from seaweed tissues, which have the characteristics of high biological activity and safety. Moreover, seaweed polysaccharide has abundant resources and enormous development potential in China. This study summarized the extraction, separation, and purification technologies of seaweed polysaccharides based on research results in recent years. The efficacy of seaweed polysaccharides in cosmetics, such as for the purpose of moisturizing, water replenishing, antioxidation, whitening, antibacterial action, repairing skin barrier, and protection from ultraviolet radiation, was discussed. Finally, this study presented the different prospects of the application of seaweed polysaccharides in cosmetics to provide reference for future research.

(本文编辑: 杨 悦)