

茶皂素的理化特性及其在日化领域中的应用研究进展

马雨欣, 李俊洲, 郜玉罕, 唐语蔓, 朱玲娟*
(沈阳药科大学, 辽宁沈阳, 110016)

摘要: 天然表面活性剂在环保意识的驱动下应用日益广泛。文章综述了天然表面活性剂茶皂素的理化性质和提取工艺, 分别阐释了其表面活性功能和生物活性功能, 分析了在洗涤剂、化妆品和个人护理等产品中的应用。茶皂素具有安全性及环境友好性的优势, 符合当下的政策需求。未来, 若能解决茶皂素的纯度和稳定性的瓶颈问题, 它将在日化领域有着更为广阔的发展前景。

关键词: 茶皂素; 天然表面活性剂; 日化产品

第一作者简介: 马雨欣, 本科学历, 就读于沈阳药科大学无涯创新书院2022级药学拔尖计划培养基地班。

E-mail: 13050232860@163.com。

通讯作者简介: 朱玲娟, 研究生学历, 博士学位, 沈阳药科大学中药学院中药学(功能化妆品)专业导师, 教授, 从事中药美容复方药效物质基础及功效评价研究。E-mail: 13478261032@163.com。



马雨欣



朱玲娟

当下, 在“双碳”目标的驱动下, 我国经济社会发展持续向绿色低碳转型。纵观现有日化产品, 绿色产品相较单一^[1]。开发绿色日化产品已经成为大势所趋, 天然成分的研究符合可持续发展的需求, 未来的发展空间会更加广阔。

我国表面活性剂行业存在产业化少、工业化少的问题^[2]。而天然表面活性剂往往来源于动植物体, 是十分丰富的可再生资源, 价格低廉, 易降解, 安全性更高^[3]。在日化行业中, 可代替化学材料, 符合绿色环保趋势。

在结构上天然表面活性剂往往为高分子有机物, 具有强亲水性、高粘度、乳化性等特点。可以广泛应用于医药、食品、化妆品等领域。此外有些天然表面活性剂具有较强的表面活性, 例如茶皂素、烷基多苷等, 具有较强的去污性, 可直接应用于日化产品中^[4]。在此本文将详细阐述茶皂素的理化特性及茶皂素在日化领域的研究进展。

茶皂素 (Tea Saponin, TAS) 又名茶皂苷, 是一种天然非离子表面活性剂, 来源于山茶科植物, 有研究表明主要来源于茶花油提取的副产品油茶饼。具有抗菌性、保湿性、抗氧化性等特点。它可以在大自然中大量获取, 易降解为无害物质, 具有土壤修复的作用。提取纯化简单方便, 契合绿色循环利用理念。

茶皂素作为日化产品中的表面活性剂, 也存在着色率较多^[5]、利用率低^[6]的问题。因此, 合理开发茶皂素这一原料, 提高综合利用率, 具有十分重要的现实意义。

1. 茶皂素的理化性质与提取工艺

茶皂素是山茶科山茶属植物皂苷的统称, 是一类结构相近的齐墩果烷型五环三萜类皂苷混合物, 又称茶皂苷、茶皂甙。目前, 国内外学者已从山茶属植物中分离出一百余种茶皂素单体^[7]。

1.1 茶皂素的化学结构

茶皂素的化学结构可分三部分, 分别为糖体、碳骨架或皂苷元、有机酸或侧翼官能团。糖体一般由2-4个单糖组成, 一般为葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、木糖、阿拉伯糖与葡萄糖醛酸或葡萄糖-6-甲酯相连再与皂苷元相连于R₁、R₂、R₃位置; 皂苷元或碳骨架与齐墩果酸结构相似, 故而茶皂素是一类齐墩果烷型五环三萜类皂苷; 有机酸或侧翼官能团一般为当归酸、肉桂酸、醋酸、阿魏酸等, 以酯键与皂苷元相连于R₄、R₅、R₆、R₇、R₈位置^[8]。(图1)

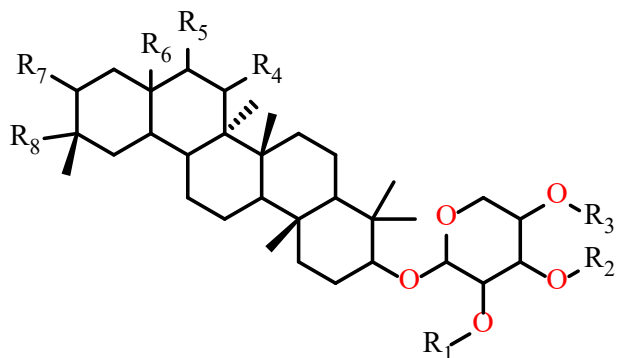


图1 茶皂素母核结构



1.2 茶皂素的理化性质

常见茶皂素一般为多组分的混合物，组分极性相似，茶皂素单体一般为淡黄色或白色无定形粉末。其具有亲水-疏水两亲性，是一种优秀的天然非离子型表面活性剂，发泡效果良好。其相对分子质量在573~1330之间，pH在5.0~6.5之间，熔点在223~260之间，表面张力为47~59mN/m^[9]。

1.3 提取与纯化技术

获得纯度高的茶皂素，通常需要以下四个步骤：提取、浓缩、纯化以及干燥。由于茶籽的含油量较高，在提取前需要进行脱脂操作。目前的提取方法可分为传统提取方法和现代提取方法。

1.3.1 茶皂素的传统提取方法又包括：水提法、水酶法、有机溶剂法。

1.3.1.1 水提法^[10]：用热水浸提脱脂后的原料，再经过滤、离心、浓缩、干燥等步骤即可获得茶皂素。虽然该方法安全无毒、工艺简单，但是产率和纯度较低。

1.3.1.2 水酶法^[11,12]：向处理好的原料中加入蒸馏水、纤维素酶，提取后加入木瓜蛋白酶去除蛋白，得到茶皂素。该方法绿色无毒，且适合工业生产。

1.3.1.3 有机溶剂法^[13,14]：脱脂后的原料经过有机溶剂浸提后，再经过滤、离心、浓缩、干燥，即得茶皂素。该方法获得的茶皂素虽产率和纯度较高，但是溶剂消耗量大、成本高、且部分溶剂有毒。

1.3.2 现代提取方法包括：大孔树脂提取法、膜分离提取法、超声提取法、微波提取法等。

1.3.2.1 大孔树脂提取法^[15]：吸附选择性强，所提取出的茶皂素纯度高，而且大孔树脂可以回收再生，有利于降低成本。

1.3.2.2 膜分离提取法^[16]：膜的孔径大小不同，可以以此分离纯化不同类型的茶皂素。

1.3.2.3 超声提取法^[17,18]：超声波可加速胞内物质释放，进而提升茶皂素产率。

1.3.2.4 微波提取法^[19,20]：该方法与超声提取法类似，使用微波热促使物质分离，得到纯度更高的茶皂素。

2. 茶皂素的功能特性与作用机制

2.1 表面活性功能

作为一种天然糖苷，茶皂素被广泛分布在茶花和茶籽

中。既有疏水基团也有亲水基团，茶皂素的分子结构可以改变界面的理化特性，降低表面张力，从而赋予其良好的表面活性^[21]。与传统合成表面活性剂相比，茶皂素为天然非离子型表面活性剂，更加绿色健康^[22]。

2.2 生物活性功能

2.2.1 抗菌活性

茶皂素对大肠杆菌(G⁻)和金黄色葡萄球菌(G⁺)具有良好的抑菌作用，其最小抑制浓度分别为1 mg/mL和0.5 mg/mL。另外，其最小杀菌浓度为4 mg/mL。茶皂素改变了细菌细胞形态，扭曲了细胞体，破坏了细胞膜的完整性，在细胞质、核酸和蛋白质中泄漏了小分子，并阻碍了细菌的生长和繁殖^[23]。进而可用于洁面、洗发等，发挥杀菌作用。

2.2.2 抗炎活性

炎症是对感染或损伤引起的应激反应，持续性的炎症与众多慢性疾病有关，茶皂素具有良好的抗炎活性，有望成为天然抗炎药物。

Yinghua Yu等^[24]研究表明，提高葡萄糖耐受性、稳态抗体试验和禁食质氨基酸证明了茶皂素的抗炎作用与血糖状态的改善相关。抗炎通路是茶皂素可降低蛋白质炎症细胞因子(TNF- α 、IL-6、IL-1 β)。

Woo Seok Yang等^[25]研究发现茶皂素21-O-Angeloythe as apogenol E3显著降低巨噬细胞的细胞反应，包括异硫氰酸荧光素-葡萄糖诱导的吞噬及摄取等，其抗炎机制是抑制AKT、IKK、NF- κ B等炎症通路。

2.2.3 抗氧化活性

Yan Li等^[26]研究了在不同的pH值下茶皂素的抗氧化活性。发现当pH为8.0和浓度为2.0 mg/mL时，茶皂素显示出最佳的抗氧化活性，茶皂素清除了90.5%的超氧化物自由基。

3. 茶皂素在日化领域中的应用现状

3.1 应用现状

茶皂素作为一种天然活性成分，凭借其优良的表面活性、抑菌抗炎和抗氧化特性，在多个领域展现出广泛的应用潜力。

3.1.1 洗涤剂领域

茶皂素因其天然和环保特性受到关注。研究发现，其在质量分数为0.3%至2.0%时，能显著提升洗洁精的去污能

力，降低表面张力和黏度，同时保持稳定的发泡力^[27]。此外，在果蔬清洗剂中，茶皂素对农药残留的去除效果显著优于清水和稀释3000倍的洗洁精，能够有效降低草莓中的农药残留，显示出其在开发果蔬洗涤剂方面的潜力^[28]。

3.1.2 化妆品领域

茶皂素凭借温和的表面活性和对皮肤无毒害、无致敏的特性，成为理想的洁面成分。它不仅能降低洗发香波的黏度，还能保持清洁效果和对头皮的舒缓作用^[29]。此外，茶皂素具有控油和抗炎作用，能显著地抑制酪氨酸酶活性，当茶皂素溶液浓度为8.0 mg/mL时，抑制率可达到81.76%，适用于开发控油祛痘产品，能抑制酪氨酸酶活性，减少油脂分泌，并对大肠杆菌、黑曲霉和枯草芽孢杆菌均表现出较强的抑菌效果。同时，茶皂素还可作为天然防腐剂，体外抗氧化活性试验表明茶皂素对羟基自由基和DPPH自由基均有明显的清除作用^[30]，其抗氧化和抑菌特性有助于延长化妆品的保质期。

3.1.3 个人护理领域

茶皂素在洗发水中的应用表现出显著的护发和去屑效果，能够提高头发的定伸长弹性率和摩擦系数，减少头皮屑和油脂分泌，且实验表明质量分数2%~10%的茶皂素水溶液无皮肤刺激性、而质量分数小于2%的茶皂素水溶液无眼刺激性^[31]。在沐浴露中，茶皂素提供温和清洁和皮肤护理的双重效果，具有良好的发泡力，能有效清洁皮肤并保持水分和弹性。

3.1.4 其他领域

茶皂素凭借其天然的表面活性和抗菌特性，被广泛应用于农药残留清洗剂和生物杀虫剂。研究表明，茶皂素对多种害虫具有显著的胃毒和驱避作用，同时还能增强农药的效果，有效减少农药的使用剂量^[32]。且茶皂素在洗涤剂中展现出良好的稳定性和起泡性能而备受关注，能够有效去除工业设备上的污垢，且具有优良的生物降解性，符合环保需求^[33]。

3.2 市场现状

茶皂素因其优良的表面活性和生物活性，在国内日化产品中的应用逐渐受到关注。近年来，国内企业在茶皂素日化产品的开发上取得了一定进展，尤其是在洗发水和洗洁精等产品中。在湖南、江西等地，传统上就有使用茶籽粉泡水洗发发的习惯，这体现了茶皂素在洗发产品中的天然应用。研究表明，茶籽粉中的茶皂素具有温和的去污和护发作用，对皮肤无毒害和致敏作用^[34]。现代洗发香波的开

发进一步利用了茶皂素的这些特性，结合其他天然成分，生产出的洗发液不仅清洁效果良好，还具有柔顺、光滑、去头屑和止痒等功效。

国内企业在茶皂素日化产品的开发中，主要利用其天然优势，开发温和性和环保性的洗涤和护发产品。例如，福建师范大学与福州力钧本草生物科技有限公司合作，利用茶皂素开发了洗发香波、沐浴露、洗洁精等多种产品，并进行了性能评价^[35]。结果表明，这些产品在感官和理化指标上均符合国家标准，且具有良好的稳定性和去污能力。

然而，与国外企业相比，国内企业在茶皂素产品的多样性和技术深度上仍存在一定差距。日本和欧洲企业在天然成分开发方面一直处于领先地位。在茶皂素的应用上，日本企业如花王、三得利，以及欧洲企业如联合利华和雀巢，都布局了大量专利，尤其是在食品饮料、化妆品和保健品领域。这些企业在茶叶深加工技术方面表现出明显的技术优势，其专利申请量和技术主题主要集中在提取、化妆品和食品饮料应用上，显示出较高的技术水平^[36]。未来，国内企业可通过加强技术创新和提升产品质量，进一步拓展茶皂素日化产品的市场份额。

4. 挑战与未来展望

4.1 茶皂素的技术瓶颈

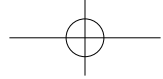
茶皂素作为一种天然的糖苷类化合物，具有多种生物活性和良好的表面活性，在多个领域具有广阔的应用前景。然而，其纯度和稳定性等问题限制了其大规模应用。首先，在技术瓶颈方面，茶皂素易受pH、温度等环境因素影响，导致其纯度和稳定性较差，这限制了其在食品和医药领域的应用。此外，传统提取方法如水提法和有机溶剂法存在效率低、成本高等问题，难以满足大规模工业生产的需求^[37]。

4.2 茶皂素的应用难点

茶皂素单独使用时去污能力较弱，但与其他表面活性剂复配后可显著提高去污力。因此，未来的研究应关注茶皂素与其他表面活性剂的协同效应，以优化其复配性能^[38]。此外，消费者对茶皂素的认知度较低，增加了市场推广的难度。因此，需要通过加强宣传和教育来提高公众对茶皂素的认识和应用^[39]。

4.3 茶皂素的未来发展方向

未来的研究应聚焦于突破技术瓶颈和探索新兴应用领



域,以实现茶皂素的高效利用和高值化。可以通过化学修饰或结构改造增强茶皂素的生物活性和稳定性,使其更适用于特定应用场景^[40]。此外,利用微胶囊化或纳米技术可以提高茶皂素的稳定性和生物利用度,使其在医药领域的应用更具潜力^[41]。

政策支持和产学研合作也是推动茶皂素产业发展的重要因素。政府应出台相关政策,鼓励茶皂素的高值化利用,推动产业的可持续发展。同时,加强企业、高校和科研院所之间的合作,共同突破技术瓶颈,推动茶皂素产业的技术进步和市场拓展。

5. 小结

茶皂素为多组分混合物,单体呈现粉末状。它的提取方法多样,包括传统提取方法和现代提取方法两大类。茶皂素作为天然表面活性剂,不仅有表面活性剂的活性,还存在抗菌、抗炎、抗氧化等生物活性,由此可见,它在日化领域的潜力。但目前,应用茶皂素还存在一些技术瓶颈,我们相信,在未来,通过一些高端技术的介入,有望实现茶皂素的高效利用。

参考文献

- [1] 邓小军. “双碳”目标背景下环保企业绿色融资创新路径分析[J]. 现代营销(上旬刊), 2025, (02): 1-3.
- [2] 汪多仁. 茶皂素的开发与应用进展[J]. 染整技术, 2011, 33(06): 39-42+47.
- [3] 杨梅, 黄东瑜, 徐晓燕. 糖基天然表面活性剂的合成研究进展(上)[J]. 甘蔗糖业, 2007, (03): 39-42.
- [4] 王雨来. 天然表面活性剂在日化产品中的应用[J]. 福建轻纺, 2001, (02): 27-29.
- [5] 肖意中, 艾宏荣. 茶皂素的脱色及其在毛纺洗剂中的应用[J]. 日用化学工业, 1990, (02): 46-48.
- [6] 马沛, 祖庸. 前景广阔天然表面活性剂——茶皂素[J]. 河北化工, 1997, (01): 57-58.
- [7] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 58-59.
- [8] Morikawa T, Matsuda H, Li N, et al. Bioactive Saponins and Glycosides. Part 29: Acylated Oleanane - Type Triterpene Saponins: Theasaponins A₆, A₇, and B₅ from the Seeds of *Camellia sinensis*[J]. Helvetica Chimica Acta, 2007, 90(12): 2342-2348.
- [9] 赵世明. 茶皂素的化学结构及药理活性研究[J]. 国外医药(植物药分册), 1998(01): 3-6.
- [10] 王兰. 茶籽粕中茶皂素的提取及性质表征[D]. 陕西科技大学, 2012.
- [11] 周红宇, 杨德. 茶皂素水酶法提取工艺及纯化方法[J]. 江苏农

业科学, 2016, 44(05): 362-364.

- [12] 王传浩, 陈俊宇, 张少凯, 等. 水酶法复合正丁醇提取浅色茶皂素工艺的研究[J]. 中国粮油学报: 1-12.
- [13] 刘尧刚, 胡健华, 周易枚. 油茶粕中茶皂素提取工艺优化的研究[J]. 粮油加工, 2008(06): 80-83.
- [14] 胡明, 王建涛, 万茵, 等. 响应面法优化油茶粕中茶皂素提取工艺[J]. 南昌大学学报(工科版), 2013, 35(01): 29-33+53.
- [15] 陈秋平, 卓静君, 严赞开. 茶皂素的提取及纯化新方法[J]. 江西化工, 2010(02): 29-32.
- [16] 孟维, 李湘洲, 吴志平, 等. AB-8型大孔吸附树脂分离纯化茶皂素工艺[J]. 食品科技, 2013, 38(09): 213-217.
- [17] 李梅生, 赵宜江, 杨文澜, 等. 微滤-超滤组合工艺精制粗茶皂素的研究[J]. 中国油脂, 2008(01): 53-56.
- [18] Wu J, Lin L, Chau F tim. Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2001, 8(4): 347-352.
- [19] Pan X, Niu G, Liu H. Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves[J]. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2003, 42(2): 129-133.
- [20] 吴雪辉, 张喜梅. 茶皂素微波提取过程的优化及数学描述[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, 37(04): 125-129.
- [21] 张卫国. 茶皂素微波辅助提取新工艺条件研究[J]. 韶关学院学报, 2011, 32(04): 45-48.
- [22] Yang Z, Li W. Extraction and surface activity of tea saponin from Pu'er tea seeds[J]. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci, 2020, 585(1): 012149.
- [23] Kleinen J. Will biosurfactants replace conventional surfactants? [J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2023, 68: 101764.
- [24] Zhao Y, Su R, Zhang W, et al. Antibacterial activity of tea saponin from *Camellia oleifera* shell by novel extraction method[J]. Industrial Crops and Products, 2020, 153: 112604.
- [25] Yu Y, Wu Y, Szabo A, et al. Teasaponin Reduces Inflammation and Central Leptin Resistance in Diet-Induced Obese Male Mice[J]. Endocrinology, 2013, 154(9): 3130-3140.
- [26] Yang W S, Ko J, Kim E, et al. 21-O-Angeloyltheasapogenol E3, a Novel Triterpenoid Saponin from the Seeds of Tea Plants, Inhibits Macrophage-Mediated Inflammatory Responses in a NF- κ B-Dependent Manner[J]. Mediators of Inflammation, 2014, 2014: 1-9.
- [27] Li Y, Du Y, Zou C. Effects of pH on antioxidant and antimicrobial properties of tea saponins[J]. Eur Food Res Technol, 2009, 228(6): 1023-1028.
- [28] 阮姿姿, 张少芹, 翁雪花, 等. 茶皂素系列洗涤产品的研发及性能测定[J]. 化工时刊, 2022, 36(8): 14-18.
- [29] 王静, 杨秀芳, 刘相真, 等. 茶皂素对草莓农药残留去除效果的研究[J]. 食品工程, 2014, (3): 41-43.
- [30] 杨井国, 沈胡驰, 陈殿松, 等. 含茶皂素洗发水的安全性及头皮护理功效评价[J]. 日用化学工业, 2021, 51(4): 331-337.
- [31] 郭海阳, 莫林兰, 谭海生, 等. 茶皂素的美白功效及其抑菌和抗氧化活性研究[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(6): 83-89.
- [32] 杨友志, 赖琼玮, 谭传波, 等. 油茶籽粕综合利用研究进

- 展 [J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(11): 138-142.
- [33] 白云, 张晨曦, 麻文效, 等. 茶皂素洗涤剂的制备及性能研究 [J]. 染整技术, 2019, 41(10): 36-39.
- [34] 王万绪, 谭蓉, 谢丽娜. 茶制品在日化领域的应用进展 [J]. 中国茶叶加工, 2015, (4): 5-10.
- [35] 阮姿姿, 张少芹, 翁雪花, 等. 茶皂素系列洗涤产品的研发及性能测定 [J]. 化工时刊, 2022, 36(8): 14-18.
- [36] 张禹佳, 牛丛丛, 吴小文. 茶叶深加工产业现状与发展态势——基于专利计量分析视角 [J]. 茶叶通讯, 2021, 48(3): 536-542.
- [37] 杜金婷, 李雁, 张雁, 等. 茶皂素提取纯化技术及生物活性研究进展 [J]. 广东农业科学, 2021, 48(3): 167-176.
- [38] 吴旭, 黄娟, 黄满莲, 等. 天然非离子表面活性剂茶皂素性能的研究 [J]. 中国洗涤用品工业, 2017, (2): 38-42.
- [39] 刘仲华, 张盛, 刘昌伟, 等. 茶叶功能成分利用“十三五”进展及“十四五”发展方向 [J]. 中国茶叶, 2021, 43(10): 1-9.
- [40] 江南, 胡钰迪, 李霞. 油茶加工剩余物中茶皂素的生物活性及其应用研究进展 [J]. 包装学报, 2022, 14(4): 42-49.
- [41] 陈彦朴, 朱艳华. 水飞蓟素药物递送系统的研究进展 [J]. 中国医药生物技术, 2024, 19(2): 144-150.

Research Progress on Physicochemical Properties of Tea Saponin and Its Application In Daily Chemical Field

Ma Yu-xin, Li Jun-zhou, Gao Yu-han, Tang Yu-man, Zhu Ling-juan*
(Academy of Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang, Liaoning 110016)

Abstract : Driven by environmental awareness, natural surfactants are increasingly used. This article reviews the physical and chemical properties and extraction process of natural surfactant tea saponin, explains its surface activity function and biological activity function, and analyzes its application in detergent, cosmetics and personal care products. Tea saponin has the advantages of safety and environmental friendliness, which meets the current policy needs. In the future, if the bottleneck of purity and stability of tea saponin can be solved, it will have a broader development prospect in the field of daily chemical.

Keywords : tea saponin; natural surfactant; daily chemical products

