

茶多酚的提取及其在日用化学品中的应用进展

张 蕾

南京邮电大学马克思主义学院, 江苏 南京

收稿日期: 2023年7月30日; 录用日期: 2023年8月23日; 发布日期: 2023年8月30日

摘 要

茶叶中有很多营养物质, 茶多酚就是从茶叶中提取的一种天然多酚类复合物, 被广泛应用于保健、食品、化工等领域。茶多酚的萃取与应用研究成为国内外开发“绿色工程”的热门课题之一。本文对茶多酚的提取方法及其在日用化学品中的应用进行综述, 以为今后茶多酚的研究和应用拓展提供参考。

关键词

茶多酚, 提取, 日用化学品

Progress in the Extraction of Tea Polyphenols and Their Application in Daily-Use Chemicals

Lei Zhang

School of Marxism, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: Jul. 30th, 2023; accepted: Aug. 23rd, 2023; published: Aug. 30th, 2023

Abstract

There are many nutrients in tea, and tea polyphenols are a kind of natural polyphenol complexes extracted from tea, which are widely used in health care, food, chemical and other fields. Research on the extraction and application of tea polyphenols has become one of the hot topics in the development of “green engineering” at home and abroad. In this paper, the extraction methods of tea polyphenols and their applications in daily-use chemicals are reviewed, with a view to providing

references for future research and application expansion of tea polyphenols.

Keywords

Tea Polyphenols, Extraction, Daily-Use Chemicals

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

茶是世界上三大无酒精饮料之一，已有上千年的饮用历史。随着对茶叶的研究与利用，人们发现茶叶中含有咖啡因、茶多酚、皂苷以及氨基酸等多种化学物质。茶多酚是茶叶中的主要成分，可占茶叶中多酚类物质总质量的 50%~60%，包含黄烷醇类、酮类、酚酸类等，是以儿茶素及其衍生物为主的混合物[1]。茶多酚具有抗氧化能力强，无毒副作用，无异味等特点，其作用主要有抑氧、除臭、保护和药理作用，现已广泛应用于医疗、食品生产、日用化工、轻工等多领域[2]。本文主要对茶多酚提取方法以及茶多酚在日化用品领域的应用进行综述，以期对茶叶中茶多酚资源的利用、开发与拓展提供借鉴参考。

2. 茶多酚的提取方法

上世纪 80 年代，我国开始了对茶多酚进行提取和开发利用的研究工作。多年不懈的研究和摸索使我们逐渐掌握多种提取技术。目前，茶多酚提取方法主要包括溶剂萃取法、离子沉淀法、超临界流体萃取法、超声波提取法、微波浸提法、酶提取法等。

2.1. 溶剂萃取法

茶叶中的多种化合物在不同溶剂中的溶解度存在差异。溶剂萃取法就是利用这一特性实现了对茶叶中不同化合物的提取和分离。其中茶多酚易溶于水、乙酸乙酯和乙醇等溶剂，因此可以通过将茶叶或浸提液与这些溶剂接触，实现这些化合物的有效分离[3]。溶剂萃取法一般工艺流程如图 1。

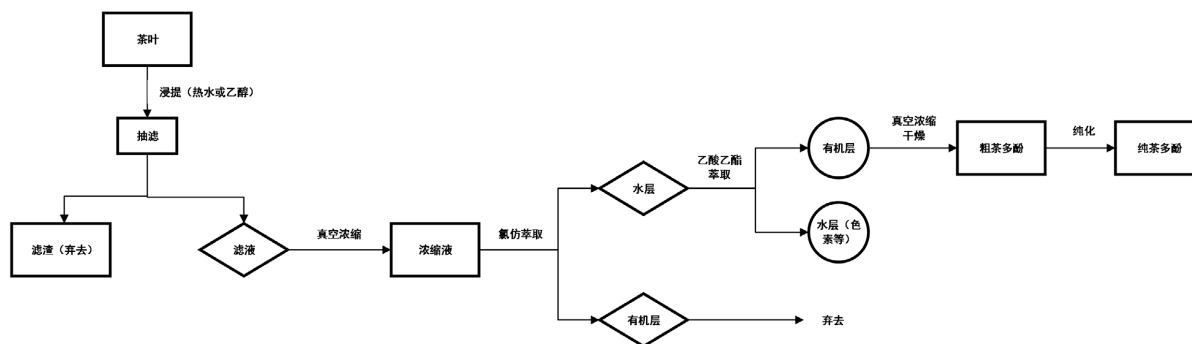


Figure 1. The flow diagram of extraction process

图 1. 溶剂萃取法工艺流程图

唐艺盟等[4]学者在提取南岳云雾茶中的茶多酚时，优化了水浴浸提法，得到最佳条件：料液比为 1:60，浸提时间为 10 min，此时茶多酚提取率达 20.71%。有机溶剂萃取效率优于水提取法，其氧化程度相对较

低[5]。黄秋森[6]用 75%乙醇溶液浸提绿茶中多酚类物质,以 1:1 氯仿和物料比进行除杂,最后用 1:1 的乙酸乙酯和物料比进行 3 级错流萃取茶多酚,得到的萃取物中儿茶素质量分数为 80%。杨金伟等[7]人选用甲醇-水溶液浸提茶叶中茶多酚,探究不同提取温度、提取液浓度、反应时间下的提取率,得出最佳工艺为 70℃水浴,70%甲醇水浓度,60 min 放置时间。

汪雪莲等[8]学者则对比了相同条件下不同极性有机溶剂的萃取效果,他们以西湖龙井茶末为原料,在料液比 1:20 (g/mL)、乙醇体积分数 60%、提取温度 85℃、时间 60 min 条件下,使用蒸馏水、正己烷、正丁醇、乙酸乙酯四种溶剂萃取游离多酚。经过试验发现,乙酸乙酯萃取相的总多酚质量浓度最高,达到了 15.66 mg/mL,且具有最强的生物活性。

溶剂浸提法提取茶多酚成本较低、操作简单、设备简单,是最早发展起来的茶多酚提取方法,至今仍被广泛采用。但某些有机溶剂毒性大、易燃、存在安全隐患,其浸提率也较低,且后期除杂精制过程复杂。

2.2. 离子沉淀法

离子沉淀法是基于茶多酚能与某些金属离子在特定条件下络合生成沉淀物的特性而开发的一种提取方法,该方法通过向茶叶中加入无机碱或盐等金属离子物,接着,经过离心、酸转溶、萃取等步骤从茶叶中分离出茶多酚[9]。在实际应用中,要注重沉淀剂的选择,并控制好沉淀剂的含量。目前常用的沉淀剂有重金属碱式盐(Pb(OH)Ac、Cu(OH)Ac 等)、氢氧化物(Ca(OH)₂ 等)和金属离子(Ca²⁺、Mg²⁺、Al³⁺和 Zn²⁺ 等)[10]。离子沉淀法一般工艺流程如图 2。

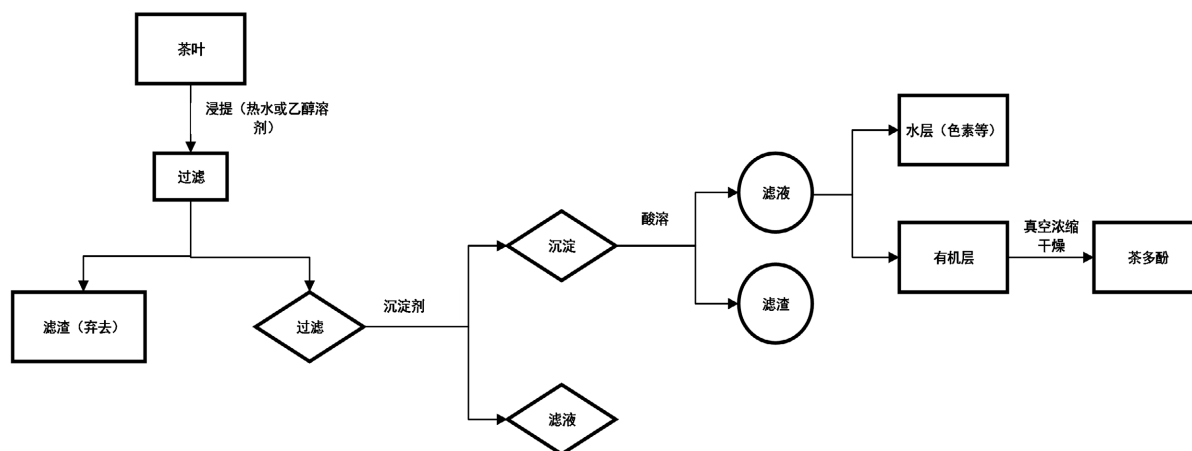


Figure 2. The flow diagram of ion complexation

图 2. 离子沉淀法工艺流程图

阮雪莲[11]分别对比了 Al³⁺、Zn²⁺、Fe³⁺、Ca²⁺、Ba²⁺、Mg²⁺等金属离子及复合离子对普洱炒青绿茶中茶多酚的提取率,结果提取率最低的是 Ca²⁺,为 7.0%。最高的是 Al³⁺、Zn²⁺复合金属离子,达 15.47%。易灵红[12]研究结果表示以 AlCl₃ 作沉淀剂提取绿茶中茶多酚, m_{沉淀剂}:m_{茶叶} = 1:5、m_{茶叶}:m_水 = 1:20、浸提温度 75℃、浸提时间 45 min,茶多酚的提取率最高,为 14.12%。胡拥军等[13]学者分离安化黑茶浸提液中的茶多酚,以 Zn²⁺为沉淀剂,以福林酚分光光度法进行检测,得出 pH 为 6.5、茶样 ZnSO₄ 为 1.6:0.5 时,茶多酚沉淀率为 96.47%。王凯博等[14]也用硫酸铝和硫酸锌作为沉淀剂,得到茶多酚纯度为 94.3%。

使用金属离子沉淀法得到的茶多酚纯度高,能耗和生产成本低,但此方法也极易造成茶多酚的氧化破坏,同时产生较多废液和废渣。某些有毒金属离子在产品中有残留,对设备耐腐蚀性较高。

2.3. 超临界流体萃取法

超临界流体萃取法是一种新型的分离技术，利用压力和温度对超临界流体溶解能力的影响来实现基质和萃取物的有效分离、提取和纯化。其工艺流程如图 3。

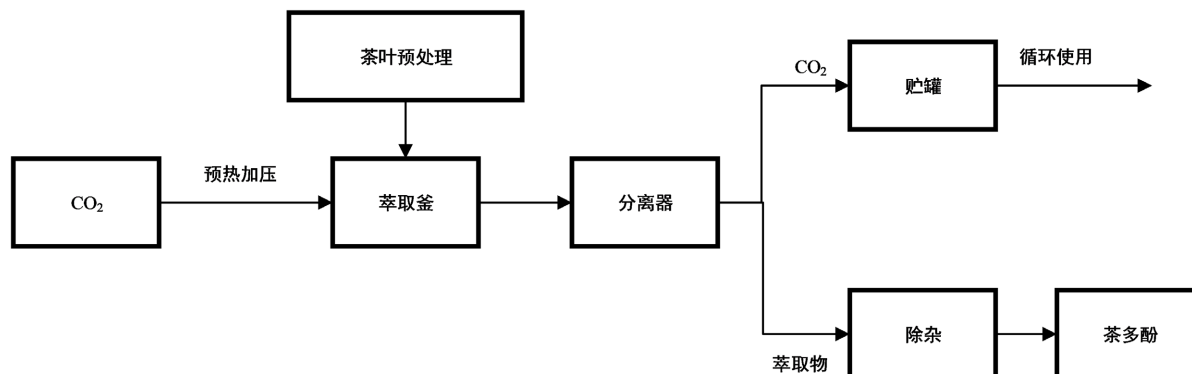


Figure 3. The flow diagram of supercritical extraction

图 3. 超临界萃取工艺流程图

张志旭等[15]采用超临界 CO₂ 萃取装置提取安溪铁观音茶叶中的茶多酚，将茶叶粉碎到 20 目，按茶叶质量的 40% 添加百分比为 50% 的乙醇，可以使茶多酚的得率达到 90.6%。该方法的重大优势在于可以在常温下对不同极性以及不同沸点的化合物进行提取，同时还可以改变萃取压力以提高溶解性，从而有效地提升萃取效率。在萃取过程中，超临界 CO₂ 被广泛采用作为溶剂，因其具有萃取能力高、分离工艺简单、无毒、无残留等优点，应用前景广阔。该方法绿色无毒、茶多酚得率高，纯度高，但也存在设备要求高，技术要求高，使用成本高的问题，不易大规模生产。

2.4. 微波提取法

微波提取法利用分子会在微波场中高频运动这一特点，通过偶极子旋转和离子传导内外同时加热，加快茶多酚等物质的扩散速率，从而使其快速分离出来。随后通过进一步的过滤和分离，得到所需的有效成分。在提取茶多酚的过程中，利用微波可以不破坏茶多酚有效成分的结构。微波提取法提取茶多酚的工艺比较见表 1。

Table 1. Comparison of the process of extracting tea polyphenols by microwave extraction

表 1. 微波提取法提取茶多酚的工艺比较

原料	最佳工艺参数	提取率(%)	文献
茶粉	提取料液比(g/mL)为 1:45，预浸提时间为 75 min，提取时间为 180 s，微波功率为 396 W，溶剂为蒸馏水	9.73	[16]
低档绿茶	提取料液比(g/mL)为 1:9，提取时间 18 s，微波功率为 320 W，溶剂为 50% 乙醇溶液，微波浸提 2 次	23.4	[17]
绿茶	提取料液比(g/mL)为 1:50，提取时间为 30 s，微波功率为 370 W，溶剂为 50% 的乙醇	38.98	[18]
高级绿茶	提取料液比(g/mL)为 1:45，提取时间 37 s，微波功率 350 W，溶剂为 55% 乙醇溶液	25.65	[19]

微波提取技术提取时间短，甚至只需十几秒，使得浸提效率提高，氧化反应减少，从而有效地保护

原料中的活性成分。此外,该技术应用中不需要使用有害溶剂,提高提取效率的同时也保证了无污染[20]。但也存在设备成本高的问题。

2.5. 超声波提取法

超声波提取法利用超声波的空化作用和机械效应等对提取过程进行强化处理。液体中空穴的形成、扩大和封闭产生强大的冲击波,使细胞变形破碎并释放出胞内物。该方法可以使茶多酚向溶剂中加速扩散,缩短提取时间[3]。超声波提取法提取茶多酚的工艺比较见表2。

Table 2. Comparison of the process of extracting tea polyphenols by ultrasonic extraction
表 2. 超声波提取法提取茶多酚的工艺比较

原料	最佳工艺参数	提取率(%)	文献
六安瓜片	料液比(g:mL)为 1:32, 超声功率为 350 W, 时间为 20 min, 温度为 36℃, 溶剂为 49%的乙醇	30.01	[21]
陈年绿茶茶屑	液料比(g:mL)为 1:25, 超声功率为 40 W, 时间为 40 min, 温度为 60℃, 溶剂为 70%的乙醇	27.83	[22]
川产绿毛峰茶	料液比(g:mL)为 1:120, 超声功率为 350 W, 时间为 40 min, 温度为 60℃, 溶剂为 80%的乙醇	14.53	[23]
桐城小花茶	料液比(g:mL)为 1:30, 超声功率与次数分别为 100 W 和 120 次, 浸提 6 min, 温度为 70℃, 溶剂为 50%的乙醇	15.62	[24]

超声波辅助浸提法工艺简单、损耗低、安全性高,但超声波的衰减导致其有效作用面积呈圆形,易因提取罐直径过大而形成超声空白区,且设备成本高暂时无法大规模工业化推广应用[10]。

除上述 5 种方法外,还有外膜渗透分离法[25]、树脂吸附分离法[26] [27]、酶提取法[28] [29]等。例如谢勇[30]等学者通过响应面优化试验研究纤维素酶解法提取茉莉花茶茶多酚的最优工艺,得出液料比 100:1、酶解时间 90 min、酶解温度 50℃、酶添加量 33.8 mg、pH 4.8 为最佳,茶多酚提取率可达 15.89%。目前越来越多的研究将多种提取技术联合应用于茶多酚提取。研究发现使用细胞壁降解酶辅助超声技术可大幅度分解植物结构,提高提取物的释放率[31];微波与超声技术相结合有助于形成强磁场,从而加强超声波空化效应并促进提取溶剂与提取物分子间相互作用[32]。王宇杰[33]对比了多种提取方法下的茶多酚提取率,其中脉冲电场协同超声波提取最为有效,提取率高达 75.40%。并且得出最佳工艺优化参数为温度 60℃,超声功率 150 W,脉冲强度 0.90 kV/cm,脉冲次数 30 次,此时茶多酚提取量为 226.984 ± 0.251 mg/g。

3. 茶多酚在日用化学品中的应用

随着人们生活水平的提高,对个人卫生和美容护肤的需求也越来越高。茶多酚作为一种具有抗氧化、抗炎、抗菌等多种生物活性的天然物质,逐渐成为日化产品研发的重要原料。随着其提取技术的精进,茶多酚资源的开发利用不断加强,茶多酚在日化用品领域也得到越来越广泛的使用。

茶多酚具有良好的抗氧化性能,可以有效抵抗紫外线、空气污染等因素对人体皮肤的损害,因此,茶多酚广泛应用于防晒霜、保湿乳液、洗面奶等护肤产品中,帮助保护皮肤免受外部环境的侵害。茶多酚具有很好的抗炎作用,可以有效缓解皮肤炎症反应,可用于治疗痤疮、皮炎等皮肤病的外用制剂中。茶多酚具有很好的抗菌性能,可以有效抑制细菌的生长繁殖,因而被广泛应用于口腔护理产品、洗发水、沐浴露等个人护理产品中,帮助保持肌肤清洁卫生。茶多酚具有一定的美白效果,可以有效淡化色斑、提亮肤色,又被应用于美白面膜、美白乳液等美白护肤产品中。黄琳等阐述了茶多酚在日用化学品中延

缓皮肤衰老、美白、防晒、抗菌、除臭、保湿等功效[34]，王蔚等介绍了茶多酚在洗漱用品、护肤品、纺织品等日化产品中的应用，为茶叶深加工产品的开发提供参考[35]。

3.1. 茶多酚在护肤产品中的应用

首先，茶多酚的结构为 2-连羟基苯并吡喃衍生物，可以有效吸收紫外光等物质，保护人体皮肤在烈日下不受伤害，因而可用于防晒产品中[36]。高夏南[37]从茶叶中提取茶多酚进行了水包油型防晒霜(基础 SPF18)的制备，实验显示防晒剂有效成分茶多酚的浓度每增加 2%，其制备的防晒化妆品的防晒指数就增加 1.5。雷朝龙[38]发明出一种添加了茶多酚、能够有效反射和吸收紫外线的新型防晒霜，防晒效果显著。

其次，茶多酚能抑制细胞中黑色素合成中的关键酶——酪氨酸酶以及过氧化酶的活性，同时茶多酚强大的抗氧化能力还能还原黑色素中间体，从而有效抑制黑色素的合成。因而茶多酚广泛用于皮肤护理和美白产品中[36]。何金俐[39]发明一种新型美白护肤品，将茶多酚和米浆混合加入护肤品添加剂中，让他们进行协同作用，抑制酪氨酸酶活性，减缓黑色素的合成，增强皮肤对营养成分的吸收。

此外，茶多酚中的酚羟基具有还原性，可以使自由基失活，进而清除人体内的有害自由基，从而达到延缓衰老和养肤的效果[40]。这一特性使得茶多酚成为各类护肤品中的重要成分之一，许多化妆品品牌如相宜本草、悦诗风吟等均推出了绿茶系列产品，其中包括富含茶多酚抗氧化因子的洁面乳、绿茶清盈祛痘面膜等[41]。

广州医科大学皮肤病研究所专家称由于绿茶含有丰富的天然活性物质——茶多酚，绿茶水疗法在辅助治疗湿疹、光老化、色素沉着、日晒伤、黄褐斑以及多种皮炎和痤疮等疾病中具有重要作用[42]。

3.2. 茶多酚在口腔用品中的应用

茶多酚具有显著的杀菌、消炎、除异味功效，因此，人们发现将其添加到牙膏或漱口水中，可以有效杀菌洁齿、消炎镇痛、祛除口腔异味、保护口腔健康[43]。绿茶牙膏、黑茶牙膏、乌龙茶牙膏等现已申请专利。

茶多酚具有抑制口腔微生物生长的能力，从而降低龋齿的产生。其抑菌能力与浓度呈正相关[44]。茶多酚既能有效控制大多数有害菌群，也能促进有益菌群如乳酸菌和双歧杆菌的增殖。实验结果显示，其对多种常见的微生物，如枯草芽孢杆菌、志贺氏痢疾杆菌最小抑制浓度(MIC)均低于 1000 mg/kg，表明其对细菌具有较强的抑制能力[45]。茶多酚能够阻止致龋菌如变形链球菌、远缘链球菌等的生长，减少它们对牙体硬组织的破坏[46]；通过破坏细菌细胞膜、抑制细菌物质合成等机制抑制细菌生长，有效控制牙周炎[47]；此外，茶多酚还能抑制唾液覆盖的羟磷灰石的附着，减缓葡糖苷基转移酶催化的水溶性葡聚糖合成，从而降低龋洞的形成[48]。

茶多酚具有祛除口腔异味的功效，可有效去除口臭、酒臭、烟臭、腥腐臭等多种不良气味，是一种安全无毒的除臭剂，除臭时间长，除臭率高，达 90%以上[49]。Q.C. Zeng [50]等人证实了绿茶提取物能去除有气味的硫化物，并且在温度 37℃、pH 值 8.1~8.4 时，对硫化氢的去除效果最佳。所以可在治疗口腔异味的产品中，如口香糖、口腔喷雾中添加茶多酚。霍红等[43]研究出一款祛蒜味茶牙膏，其主要原料中添加了茶多酚，经过正交试验，感官检验，建立模型，成功研究出最佳配方，在有效祛除口腔异味的同时，口感、泡沫量、安全性都较好。

3.3. 在其他日用化学品中的应用

茶多酚还应用于洗涤剂中。蒋丽莉等[51]探究了茶多酚的除腥机理，并用实验证明了在洗涤剂中加入茶多酚对祛除鱼腥味效果很好。茶多酚添加量与洗涤剂除腥效果总体来看是线性增强关系，实验显示茶

多酚含量 0.34% 时除腥效果最好, 再增加茶多酚, 除腥效果就没有太大变化了。唐春仙[52]制造出一种可以有效杀菌、祛除异味的大叶茶提取物洗衣液。汪锦川[53]用茶多酚研发出一种绿色洗洁精, 洗涤、抗菌消炎效果优异并且安全纯天然。此外, 还有在卫生用品中的应用, 茶纸、普洱茶纸尿裤等茶多酚卫生用品, 具有除臭、抑菌等功效, 受到部分消费者的喜爱。

4. 总结与展望

茶多酚提取方法多样且日益精进, 作为天然提取成分在日用化学品领域中的应用也日益广阔。但目前对茶多酚的提取和应用仍存在问题, 如溶剂残留问题、提取效率低、提取物中杂质较多的问题。如何提高茶多酚的提取率, 不断更新和完善提取技术, 使其更加高效、环保、节能, 并进一步推动茶多酚更广泛地应用于日用化学品等行业是十分值得深入研究的。高效的对茶多酚加以利用将减少茶叶资源浪费, 促进茶叶深加工的转型升级, 促进茶产业更加朝气蓬勃地发展。

参考文献

- [1] Zhang, Z.C., Zhang, Y.T., Li, J.M., Fu, C.X. and Zhang, X. (2021) The Neuroprotective Effect of Tea Polyphenols on the Regulation of Intestinal Flora. *Molecules*, **26**, Article 3692. <https://doi.org/10.3390/molecules26123692>
- [2] 木卡拉木·纳买提. 茶叶中茶多酚的萃取和检测及应用[J]. 山西化工, 2023, 43(5): 30-32.
- [3] 丁永红. 茶叶中茶多酚的提取和检测方法[J]. 广东化工, 2015, 42(19): 89, 106.
- [4] 唐艺盟, 李彦, 唐芝, 等. 南岳云雾茶中茶多酚含量的水浴浸提法工艺优化研究[J]. 天津农业科学, 2021, 27(11): 4-6.
- [5] Druzynska, B., Stepniewska, A. and Wolosiak, R. (2007) The Influence of Time and Type of Solvent on Efficiency of the Extraction of Polyphenols from Green Tea and Antioxidant Properties Obtained Extracts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, **6**, 27-36.
- [6] 黄秋森. 有机溶剂提取萃取法生产茶多酚工业试验[J]. 现代化工, 2006, 26(9): 49-51.
- [7] 杨金伟, 杨斌. 茶多酚提取工艺影响因素探究[J]. 云南化工, 2019, 46(3): 108-109.
- [8] 汪雪莲, 冯慧祥, 薛世华, 谢譞, 刘鹏展. 绿茶茶末多酚的提取、鉴定及其生物活性研究[J]. 轻工学报, 2022, 37(6): 58-67.
- [9] 田旭坤. 植物多酚的提取工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2019.
- [10] 张欣然. 茶多酚提取技术研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2020, 39(10): 74-77.
- [11] 阮雪莲. 离子沉淀法、溶剂萃取法提取茶多酚的比较研究[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2010(1): 30-31.
- [12] 易灵红. 离子沉淀法提取绿茶中的茶多酚[J]. 化工技术与开发, 2013, 42(3): 18-20.
- [13] 胡拥军, 蔡育鹏. 安化黑茶中茶多酚的浸取与分离[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2018, 27(6): 67-70.
- [14] 王凯博, 逢涛, 陶丽红, 等. 废弃茶叶中茶多酚的超声波辅助提取及纯化工艺研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2016, 31(5): 959-966.
- [15] 张志旭, 陈金发, 张杨波, 等. 超临界萃取茶多酚工艺优化及萃取物茶多酚对化妆品的功效影响研究[J]. 茶叶通讯, 2020, 47(3): 462-466.
- [16] 李赓. 微波辅助法提取茶多酚研究[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(24): 26-28, 43.
- [17] 谢小花, 戴缘缘, 陈静, 等. 微波法从绿茶中提取茶多酚的工艺研究[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2019, 37(3): 443-446.
- [18] 徐方祥, 郑博文, 苏袁宁, 等. 微波辅助双水相提取绿茶中茶多酚的研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(17): 188-192, 201.
- [19] 马小雨, 罗彩萍, 刘悦. 响应面优化微波辅助绿茶茶多酚提取工艺[J]. 药学实践与服务, 2023, 41(2): 119-124, 134.
- [20] 杨新, 陈莉, 卢红梅, 杨双全, 安家静. 茶多酚提取与纯化方法及其功能活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 322-328, 332.
- [21] 刘芬, 唐俊杰, 万毅, 等. 超声波辅助提取茶多酚工艺优化研究[J]. 广州化工, 2017, 45(12): 50-51, 74.

- [22] 李培睿, 王丽娜. 超声波辅助提取绿茶中茶多酚的工艺研究[J]. 许昌学院学报, 2021, 40(5): 71-74.
- [23] 王娟, 白雪梅, 孟晓, 景林. 川产夏秋绿茶茶多酚超声波辅助法提取工艺研究[J]. 轻工科技, 2021(3): 1-4.
- [24] 都昌乐, 杨紫雨, 陈贝言, 刘思雨, 郑娜, 李岳峰. 超声波辅助乙醇提取茶多酚工艺的正交优化研究[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2022(4): 29-34.
- [25] 张春静, 钟世安. 乙酸钠纤维-EGCG 分子印迹复合膜分离纯化茶多酚中的 EGCG[J]. 膜科学与技术, 2008, 28(5): 100-102, 109.
- [26] 曹雪文, 熊道陵, 王露琦, 等. 树脂法提取茶多酚的工艺研究[J]. 有色金属科学与工程, 2019, 10(5): 54-60.
- [27] 蓝梧涛, 吴雪辉, 章文. 油茶叶多酚纯化工艺优化及其对油脂的抗氧化作用[J]. 南方农业学报, 2019, 50(9): 2058-2064.
- [28] Luo, L.X., Jiang, Q., Li, X., *et al.* (2020) Study on Technique of Compound Enzyme Extraction of Tea Polyphenols from Tieguany in Tea Stalks. *Food Research and Development*, **41**, 79-85.
- [29] 高仁金, 林文良. 超声辅助酶解法从茶叶废料中提取茶多酚[J]. 广州化学, 2015, 40(2): 22-26.
- [30] 谢勇, 郑佳颖, 孙昕, 林瑾. 响应面法优化茉莉花茶酶解提取茶多酚工艺研究[J]. 福建农业科技, 2022, 53(11): 17-23.
- [31] Encalada, A.M., Perez, C.D., Flores, S.K., *et al.* (2019) Antioxidant Pectin Enriched Fractions Obtained from Discarded Carrots (*Daucus carota* L.) by Ultrasound-Enzyme Assisted Extraction. *Food Chemistry*, **289**, 453-460. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.078>
- [32] Gharibzahedi, S.M., Smith, B. and Guo, Y. (2019) Pectin Extraction from Common Fig Skin by Different Methods: The Physicochemical, Rheological, Functional, and Structural Evaluations. *International Journal of Biological Macromolecules*, **136**, 275-283. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.040>
- [33] 王宇杰. 脉冲电场协同超声波提取绿茶茶多酚及制备速溶茶粉研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2022.
- [34] 黄琳, 马烁, 赵华, 等. 茶多酚提取及其在日用化学品中的应用进展[J]. 精细石油化工, 2022, 39(1): 64-67.
- [35] 王蔚, 陈琳, 王伟伟, 等. 茶多酚在日化产品中的应用[J]. 中国茶叶, 2021, 43(1): 20-26, 31.
- [36] 顾瑛. 茶多酚抗氧化效果在化妆品领域的应用与发展研究[J]. 福建茶叶, 2018, 40(6): 309.
- [37] 高夏南. 防晒化妆品的制备研究[J]. 化工管理, 2018(27): 21-22.
- [38] 雷朝龙. 一种新型防晒霜的制作方法[P]. 中国专利, CN101623240. 2010-01-13.
- [39] 何金俐. 一种美白护肤品添加剂及其制备方法和应用[P]. 中国专利, CN105362142A. 2016-03-02.
- [40] 柯蕾, 晏嫦妤. 茶多酚在日化用品上的应用进展[J]. 广东茶业, 2020(2): 2-4.
- [41] 陈刚, 陈祖辉, 周意, 符玉翠, 马宁. 茶叶在化妆品及保健作用的研究概况[J]. 海峡药学, 2014, 26(3): 10-12.
- [42] 张华, 杨上上. 绿茶水疗法——简单护肤亦高效[J]. 农村新技术, 2022(9): 74-75.
- [43] 霍红, 李楠, 吴绒. 茶多酚在祛蒜味牙膏中的应用研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2011, 27(2): 223-227.
- [44] 唐裕芳, 张妙玲, 冯波, 等. 茶多酚的抑菌活性研究[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(5): 553-557.
- [45] 石碧, 姚开, 何强. 茶多酚的生理活性及其在食品中的应用[J]. 四川食品与发酵, 2001, 36(3): 6-10.
- [46] 刘正. 中药与防龋[J]. 中华口腔医学杂志, 2006, 41(5): 282-284.
- [47] 许伟, 宋琦. 茶多酚预防和治疗牙周炎的研究进展[J]. 口腔医学研究, 2018, 34(9): 932-935.
- [48] 陈裕炜, 高琳, 陈晓斌. 茶提取物在口腔护理领域的应用和研究[J]. 口腔护理用品工业, 2019, 29(6): 18-21.
- [49] 马艳凌, 黄伙水. 茶副产品的综合利用[J]. 福建茶叶, 2014, 36(6): 35-37.
- [50] Zeng, Q.C., Wu, A.Z. and Pika, J. (2010) The Effect of Green Tea Extract on the Removal of Sulfur-Containing Oral Malodor Volatiles *in vitro* and Its Potential Application in Chewing Gum. *Journal of Breath Research*, **4**, Article ID: 036005. <https://doi.org/10.1088/1752-7155/4/3/036005>
- [51] 蒋丽莉, 杨发勤, 彭先沙, 等. 茶多酚在洗涤剂中除腥作用的初探[J]. 农业与技术, 2013, 33(12): 29, 68.
- [52] 唐春仙. 大叶茶提取物洗衣液及其制备方法[P]. 中国专利, CN106566691A. 2017-04-19.
- [53] 汪锦川. 一种纯天然洗洁精的制造及加工工艺[P]. 中国专利, CN108165378A. 2018-06-15.