

茶叶中有效成分的开发利用进展

王瑞芳¹, 蓝伟光¹, 张世文¹, 仇农学²

(1. 三达膜科技(厦门)有限公司, 福建 厦门 361022; 2. 陕西师范大学食品工程系, 陕西 西安 710004)

摘要: 简单概述了茶叶中的有效成分茶多酚、咖啡因、茶多糖、茶黄素的药理功能及其单一提取方法研究进展。茶多酚单一分离提取方法主要有如下 4 类: 溶剂法、沉淀法、树脂吸附法、超临界流体萃取法; 咖啡碱的单一提取方法主要有溶剂法、升华法、吸附法和超临界二氧化碳萃取法 4 类。茶多糖、茶黄素的单一提取分离方法也已研究得较深入。提出了膜分离法和树脂吸附法相结合, 从中低档绿茶中同时提取分离茶多酚、咖啡因、茶多糖的新工艺。

关键词: 茶多酚; 咖啡因; 茶多糖; 茶黄素; 膜技术

中图分类号: S571.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-0925(2005)03-0064-06

Advance in the development of active constituents in tea

WANG Rui-fang¹, LAN Wei-guang¹, ZHANG Shi-wen¹, QIU Nong-xue²

(1. Suntar Membrane Technology Co., Ltd. Xiamen, Fujian 361022, China; 2. Food Engineering Department, Shanxi Normal University, Xian, Shanxi 710004, China)

Abstract: The study of pharmacology and technology of extracting tea polyphenols, caffeine, tea polysaccharide and tea flavins partly from tea leaf was simply summarized. There are four kinds of methods for tea polyphenols's single extraction: solvent, sedimental extraction, resin adsorption and supercritical fluid extraction. The main methods of extracting caffeine are solvent, sublimation, adsorption and supercritical fluid extraction. On the basis of membrane isolation and resin adsorption, a new comprehensive technology of extracting tea polyphenols, caffeine and tea polysaccharide from the same mid-grade and low-grade green tea material was brought forward.

Key words: tea; tea polyphenols; caffeine; tea polysaccharide; tea flavins; extraction technology

茶叶最早是被当作药物利用的, 茶的药用早已载入史册, 现代科学研究也证实了茶叶的药用功能, 长期研究表明, 茶叶具有降血糖、降血脂、降血压、抗衰老、防辐射、防龋齿、抗过敏、消炎灭菌、抗癌、抗突变等功效, 并揭示出茶叶中对人体具有保健效果的有效成分, 如儿茶素类、咖啡碱、多糖、粗纤维、叶绿素、 β 胡萝卜素、维生素 B、维生素 C、维生素 E、维生素 P、维生素 U 等。目前, 茶叶药用成分的提取利用已成为国内外天然药物开发关注的热点^[1-3]。

进入 20 世纪 90 年代, 国际茶叶市场需求相对饱和, 世界茶叶出口停滞不前, 整个市场供过于求。我国茶叶生产与出口开始走入低谷, 出现全国范围内的“卖茶难”。另外, 在茶叶生产过程中, 会产生 20% 左右的低档茶和副产品。因此, 利用低档茶叶和茶叶加工的下脚料提取其功能性成分, 开辟茶叶新用途, 必然成为我国茶叶行业发展的新方向。

深加工是茶叶生产领域的一个重要内容, 包括两个方面: 第一, 将传统加工的成品茶进行更深层次的加工, 形成新型茶饮料品种; 第二, 提取和利用茶叶中的功能性成分, 并将这些产品应用于医药、食品、化工等行业。近 20 年来, 茶叶有效成分利用研究越来越引起广泛的重视, 研究主要集中在茶多酚上, 其次是咖啡因、茶多糖和茶黄素。

1 茶多酚

由于 BHA、BHT 等化学合成抗氧化剂有致癌的嫌疑, 存在安全隐患, 因此, 各国均致力于寻找天然抗氧化剂。研究发现: 由茶叶中提取的茶多酚具有优异的抗氧化活性, 倍受人们的重视, 从而推动茶多酚等

收稿日期: 2005-05-03

基金项目: 厦门集美区科技计划项目 (350211Z20051B02)

作者简介: 王瑞芳 (1977-), 女, 博士后研究。研究方向: 功能高分子在天然产物分离纯化中的应用。

茶叶功能性有效成份的开发利用^[4-6]。

1.1 化学结构

茶多酚系茶叶中富含的多羟基酚性物质,主要组分是聚黄烷醇类,它由 6 种左右的单体组成,即 D、L-儿茶素(D、L-G), L-表儿茶素(L-EC), L-表没食子儿茶素(L-EGC), D、L-没食子儿茶素(D、L-GC), L-表儿茶素没食子酸酯(L-ECG), L-表没食子儿茶素没食子酸酯(L-EGCG), 其中,大部分属酯型儿茶素。儿茶素是构成茶叶色、香、味的主体化学物质。

1.2 分离纯化

近几年来,国内外,特别是我国和日本对探索新的茶多酚提取分离工艺日益关注。除传统方法外,又发展了一些新的提取分离技术,如超临界萃取法(SFE)、高速逆流色谱分离法(HSCCC)等。目前,茶多酚的提取工艺主要有 4 种类型^[7-8]。

1.2.1 溶剂萃取法 这是目前国内使用最广泛的方法之一,其专利也很多,已开发出十多种溶剂萃取法。该法的原理是利用茶多酚在不同溶剂中的溶解度差异进行提取分离,其工艺路线为:茶叶原料——溶剂提取——过滤——去杂质——相萃取——分离——喷雾干燥——茶多酚粗品。

提取用到的溶剂有水、乙醇、甲醇、丙酮、乙酸乙酯等,多采用回流提取;常用的去杂方法有氯仿脱咖啡因、活性碳脱色、石油醚除色素或通过低温静置去杂质、叶绿素、多糖等;萃取的首选溶剂是乙酸乙酯,使茶多酚从水相中分离出来。溶剂萃取法提取茶多酚尚存许多有待改进和完善的环节,主要是简化工艺、降低成本及提高有效成份含量和提取率。

1.2.2 沉淀法 该法是另一较为常用的方法,其原理是利用茶多酚在一定条件下可以和某些无机碱、盐中的金属离子形成络合物而沉淀的性质,与水溶剂中的咖啡因、单糖、氨基酸等组分分离,富集提取茶多酚。其工艺路线为:茶叶原料——沸水提取——过滤——沉淀——转溶——萃取——浓缩——干燥——茶多酚成品。

该方法无需使用大量有机溶剂,成本低;不足之处在于:沉淀转溶时需严格控制酸度, pH 值不仅影响茶多酚络合沉淀物的溶解度,还影响茶多酚的稳定性。pH 值波动大极易造成多酚类物质的氧化破坏,使成品颜色加深。

1.2.3 吸附树脂法 该方法主要是利用树脂对茶多酚的选择性吸附特性使浸提液中的儿茶素与其它物质分离。一般工艺路线:茶叶——热水浸提——过滤——吸附——解吸——浓缩——喷雾干燥——茶多酚成品。

研究发现国产 92-2 与 92-3 树脂对茶多酚具有较强的吸附能力和良好的解析性能,其吸附率均为 92% 以上。王梅等^[9]通过树脂筛选,发现 NK-S3 树脂对茶多酚吸附量可达 $81.57 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,采用乙醇、乙酸乙酯和水(3:1:1)作为洗脱剂,流速为 2.5 SV,解析率接近 100%。此法有以下优点:1)工艺简单,能耗少;2)提取方法无污染;3)树脂再生容易,可反复利用,提取效率高。目前该方法已被人们所认同,可进一步完善为工业化提取的方法。在未来几年,树脂法提取必将成为茶多酚提取的主要方法。

1.2.4 超临界二氧化碳萃取法 超临界萃取法(SFE)是近年发展起来的一种新型的分离技术。国内已有用 SFE 法直接从茶叶中萃取茶多酚的研究报道,纯度可达 95.45%,但提取效率不高,故此法在工业生产中并不可取。

1.3 现有产业规模

中国是最大的茶多酚生产国,产量占全世界的 60% 以上,且稳定增长。国内茶多酚年生产能力超过 1000 t 精品茶多酚(含量大于 95%)年生产能力在 500 t 左右,近年来以年均 100% 的速度递增。生产厂家有 30 多家,主要集中在茶叶资源丰富的南方。其中 20 多家规模较小的茶多酚生产企业,由于生产技术较落后、生产成本高、产品质量达不到要求,缺乏市场竞争力^[2]。

无锡市硕放镇太阳绿宝生物制品有限公司是全球最大的茶多酚生产企业之一,采用美国宝洁公司的专利技术,年生产能力 500 t。2003 年生产茶多酚 357 t。企业 97% 的产品出口美国、欧洲、日本等国家和地区。湖南金农生物资源股份有限公司,2000 年产品出口超过 7000 万美元。茶多酚年生产能力 150 t。

200 t 产品出口美国、日本等国家。乐山禹伽茶业科技开发有限公司总投资 5000 元, 占地 1.3 hm², 于 2002 年 10 月建成, 现已形成年产 300 t “禹伽”牌茶多酚及系列产品, 其中精品茶多酚含量高达 99% 以上, 儿茶素 EGCG 含量均超过 90%, 咖啡因低于 0.2%。产品出口美日韩。福建茶多酚生产能力与茶叶生产全国第一的地位不匹配, 仅占全国产量的 5%。福建主要茶多酚生产企业有: 天宝生化 (年产茶多酚 50 t)、福州日冕科技开发有限公司。

1.4 茶多酚的主要用途

茶多酚的主要用途: 抗氧化、抑菌, 特别对葡萄球菌、肠内细菌、肺炎杆菌、黄曲霉菌、金黄色链球菌等有显著的抑制作用。此外, 茶多酚还具有降血脂, 降血压和降低胆固醇, 抗动脉硬化、抗突变和抗癌变, 抗衰老等功能。因此, 茶多酚在医药、饮料、食品、保健等行业中有着广泛的用途。

1.5 茶多酚的市场

茶多酚是绿色天然提取物, 在绿色的 21 世纪极具发展潜力。据有关专业人士介绍, 目前, 茶多酚的全球年消耗量约 1600 t 其中, 美国约 500 t 日本 400 t 西欧 400 t 其他地区和国家约 300 t 2003 年以来, 不仅欧美国需求增加较快, 东南亚、南美等消耗量也逐年上升。因此, 当前茶多酚的市场正不断扩大, 处于高速增长时期, 并将逐渐走向成熟期。有专家预计, 未来几年, 国内外茶多酚需求量将迅速从目前的 1600 t 攀升至 2000 t 以上, 其市场规模可达十几亿元。我国的茶多酚市场尚处萌芽阶段, 在饮料、化妆品、保健品等领域, 茶多酚正逐步取代原来使用的化学原料, 应用领域不断扩大^[2]。

2 咖啡因

咖啡因亦称咖啡碱, 属生物碱类物质, 味苦、无臭, 易溶于氯仿、一氯甲烷, 能溶于乙醇、丙酮、醋酸乙酯, 难溶于苯。咖啡碱具有刺激心脏, 兴奋大脑神经和利尿等作用, 因此可作为中枢神经兴奋药。

咖啡因是重要的医药原料, 目前主要的来源是人工合成, 但从天然产物提取也是一种不可忽视的方法, 茶叶中的咖啡因, 约占干茶重的 1—5%, 是医用咖啡因的重要来源^[10]。从茶叶中萃取咖啡因, 既可生产无咖啡因茶叶或低咖啡因茶多酚, 又可回收咖啡因。因此, 从茶叶中提取咖啡因技术的研究一直倍受重视, 并已取得显著进展, 主要方法为: 升华法、溶剂法、吸附法和超临界二氧化碳法等^[11—13]。

目前国内工业化生产天然茶叶咖啡因主要采用升华法, 用该法生产, 设备规模难以扩大, 产品得率低, 且产品质量难以达到美国药典标准。中国农科院茶叶研究所在国家攻关项目“茶叶中提取机械机能性成分工艺技术及其应用”部分科研成果的基础上, 制定了合理的工艺路线, 生产出含量为 85% 以上的咖啡因粗品, 粗品经纯化, 其含量可达 98.5% 以上, 克服了升华法的种种弊病。在该项目中, 原料选用茶叶精制过程中废弃的茶末 (经测定含咖啡因 2.4%), 用 10%—40% 的酒精水溶液逆流浸提, 提取液回收酒精后, 通过双效薄膜蒸发器进行浓缩, 浓缩液冷却后利用有机溶剂萃取分离出浓缩茶汁中的咖啡因, 萃取效率可达 95% 以上, 得率高, 生产成本相对较低, 达到了工业化水平。用传统的溶剂法萃取咖啡因, 工艺过程长, 咖啡因收率低, 回收溶剂要消耗较多的能量, 而用超临界二氧化碳萃取法, 工艺简单, 收率高, 选择性好, 且二氧化碳无毒、不燃烧, 来源丰富, 价格低廉, 对于医药、食品工业中的生物质的萃取尤其适宜。有关咖啡因的提取方法, 文献报道较多, 在此不再赘述。

多年来, 咖啡因一直是我国出口的大宗产品, 每年出口量占当年产量的 75%。最近以来, 国际市场咖啡因需求增加, 我国产品出口货源紧缺, 生产厂家纷纷满负荷生产, 一些企业还准备进一步扩产。预计今后我国咖啡因出口将持续看好, 前景光明。

3 茶多糖

多糖广泛存在于动物细胞膜、植物和微生物细胞壁中, 是构成生命的四大基本物质之一。多糖因其具有多种生物活性而越来越受到人们的关注。目前已经或正在开发的植物多糖有人参多糖、枸杞多糖、魔芋多糖、黄芪多糖、天冬多糖、板兰根多糖、女贞子多糖、茶叶多糖、紫菜多糖等十余种。然而在天然植物中多糖含量较高的植物, 大都是人参、大麻、灵芝等中草药, 价格昂贵, 而且资源有限。于是国内外开展了从低档茶叶中提取茶叶多糖应用于食品、医药等领域的研究。

茶多糖通常是茶叶中茶类、果胶、蛋白质等组成的一类复合物, 约占茶叶干物质的 20%^[14]。茶叶原

料的老嫩程度对茶多糖含量的影响很大,并表现出随茶叶粗老程度的递增,茶多糖的含量增加。经药理实验,茶多糖进入人体后,可抗凝血、抗血栓、降血糖、降血脂、延缓衰老,并可在短时间内增强肌体的非特异性免疫能力,防治糖尿病和甲状腺肥大,还可有效地抗辐射,改善造血功能和保护血相等^[15-17],茶多糖优异的药理性能,决定了它在医药、食品和食品功能添加剂等领域具有广阔的开发应用前景^[18]。

目前,茶多糖的提取分离方法大致可归纳为三类^[19-20]:(1)原料→水浸提→过滤→取滤液浓缩→乙醇沉淀→过滤→粗多糖→精制、干燥→茶多糖;(2)原料→乙醇浸泡回流→取滤饼→沸水提取→过滤→提取液浓缩、脱脂、脱蛋白、脱色等→乙醇沉淀→取滤饼精制、干燥→茶多糖;(3)原料→水浸提→超滤→取滤液→乙醇沉淀→干燥→茶多糖。

茶多糖的初步纯化是采用 Sevag 方法除去蛋白质,此法条件温和,但效率不高,茶多糖粗制品中游离蛋白质含量在 10% 左右。经 Sevag 法脱蛋白 4-5 次后,用蒸馏水透析 24 h,然后经醇析,真空低温干燥可得到茶多糖。茶多糖的进一步纯化,有多种方法,如 DEAE 纤维素柱层析、凝胶层析分离、凝胶电泳法与 HPLC 法等。如茶多糖用少量水溶解后,再通过 Sephadex G75 柱 (2.6 cm × 80 cm) 与 Sephadex G150 柱 (1.5 cm × 60 cm) 层析,可进一步纯化。用 0.1 mol · L⁻¹ NaCl 洗脱,收集含糖部分,醇析后透析,真空低温干燥可得茶多糖纯品。关于茶多糖的研究,目前存在的关键问题是提取纯度不高,纯化成本高、难度大,得到的仅仅是一些粗制品,且尚缺乏系统的药理作用研究。拟建议今后在下面两个方面进行深入研究:(1)改进提取、纯化工艺,找到一条工艺简单、成本低、得率和纯度高、效益好的提取工艺流程,提取茶多糖纯品。(2)用高纯度的茶多糖进行系统、深入的药理作用研究,开发成产品而应用于医药、保健食品行业。

4 茶黄素的研究

在茶的多酚类物质中研究最多的是绿茶多酚,特别是儿茶素类的抗氧化及抗肿瘤作用已经有了深入研究。近年来,作为世界上消费量最大的茶类——红茶,其抗氧化及抗肿瘤等生物学活性也开始受到人们的重视。在这方面的研究也有了较大的发展,其结果表明儿茶素在经过酶促反应生成茶黄素及茶红素后,所起的生物学活性并没有降低,仍具有良好的抗肿瘤及抗氧化作用^[21]。目前,研究最多的是茶黄素类 (TFS),因为其不仅是衡量红茶品质的重要指标,也是红茶中发挥生物学作用的主要物质。

对茶黄素的生物学活性研究现在还停留在实验阶段,并没有进行一些产品的开发。其原因主要在于茶黄素类极易氧化,提取较困难,目前还不能提取到含量较高的茶黄素纯品,如果依靠红茶来提取茶黄素是无经济价值的,这也提示我们:研究茶黄素的提取和制备同样有着重要的意义,如果采用茶多酚进行酶促氧化,大幅度提高茶黄素的浓度和纯度,才有利于茶黄素的利用。

自从 Roberts 发现茶黄素以来,已经进行了许多茶黄素的提取和分离纯化的研究^[22]。20 世纪 50、60 年代,Bradfield、Roberts 等曾用硅胶纤维层析和纸层析对红茶多酚物质进行分离纯化获得茶黄素没食子酸酯纯品。Sephadex LH-20 柱层析是一种有效分离红茶色素的方法,但是此法成本高,分离时间长,且 Sephadex LH-20 柱易污染,难再生。高速逆流色谱法也已用于茶黄素的分离研究。目前,茶黄素的分离提取方法,一般采用热水提取,乙酸乙酯转溶,然后用 Sephadex LH-20 柱层析分离,茶黄素异构体再辅以制备型纸色谱分离,分离物可再利用 Sephadex LH-20 柱层析分离纯化,或者用高速逆流色谱法分离纯化。柱层析法和高速逆流色谱法相结合,或许是理想的分离纯化方法,有望成为今后茶黄素单体制备的有效途径。

5 复合提取新工艺的提出

在茶叶功能成分的提取分离中,工业生产上基本采用传统溶媒萃取工艺,现在分离技术大多仍停留在实验室阶段。在现在分离技术中,膜分离技术在茶叶深加工中的应用也已得到了深入研究^[23-26]。膜技术经过 40 多年的发展,已成为一项新兴的用于澄清、分离、除菌和浓缩等方面的绿色和节能技术。膜技术用于茶叶深加工,不向分离系统添加化学成分,不改变目标产品的色、香、味,因而具有潜在的应用价值^[27]。当前,在茶叶资源膜法深加工中应用较广的是微滤、超滤、纳滤、反渗透等,主要依据分离体系中杂质颗粒的特性,有效成分的分子(或离子)大小、形状、电荷等特性和膜的分子筛效应与电荷效应,从而达到澄清、除菌、分离纯化、浓缩等效果^[28]。由于膜技术具有高效、过程基本无相变,一般可在常温下进行以及工艺

简单、操作方便、投资省、占地少、低污染等优点,在茶叶功能成分的分离纯化上具有广阔的应用前景。

关于茶多酚、茶多糖、咖啡碱的单一分离提取方法报道很多,茶叶有效成分的复合提取技术报道较少,若能用一种工艺同时获得茶多酚、茶多糖和咖啡因,则可避免单一成分分离而导致其他成分浪费的现象,进而充分利用茶叶资源,具有重要的经济价值^[29]。陈海霞等^[30]通过对 15 种树脂的静态吸附和动态吸附以及解析性能的比较,得到了可从茶叶中连续提取茶多酚、茶多糖和咖啡碱 3 种有效成分的新工艺,即将茶叶浸提液先后经过聚酰胺柱层析、吸附树脂柱层析,收集不同组分的解析液,其茶多酚、茶多糖和咖啡碱的收率分别为 4.9%、1.0%和 1.7%。基于吸附树脂已被广泛应用在茶多酚的分离提取和高纯儿茶素的制备上^[31],将膜分离与吸附树脂纯化有效结合,将是工业化规模生产天然、安全、高品质茶多酚、咖啡因、茶多糖的切实途径^[32]。在此,我们提出了树脂法和膜分离联合对茶叶进行复合提取的新工艺,如图 1 所示。

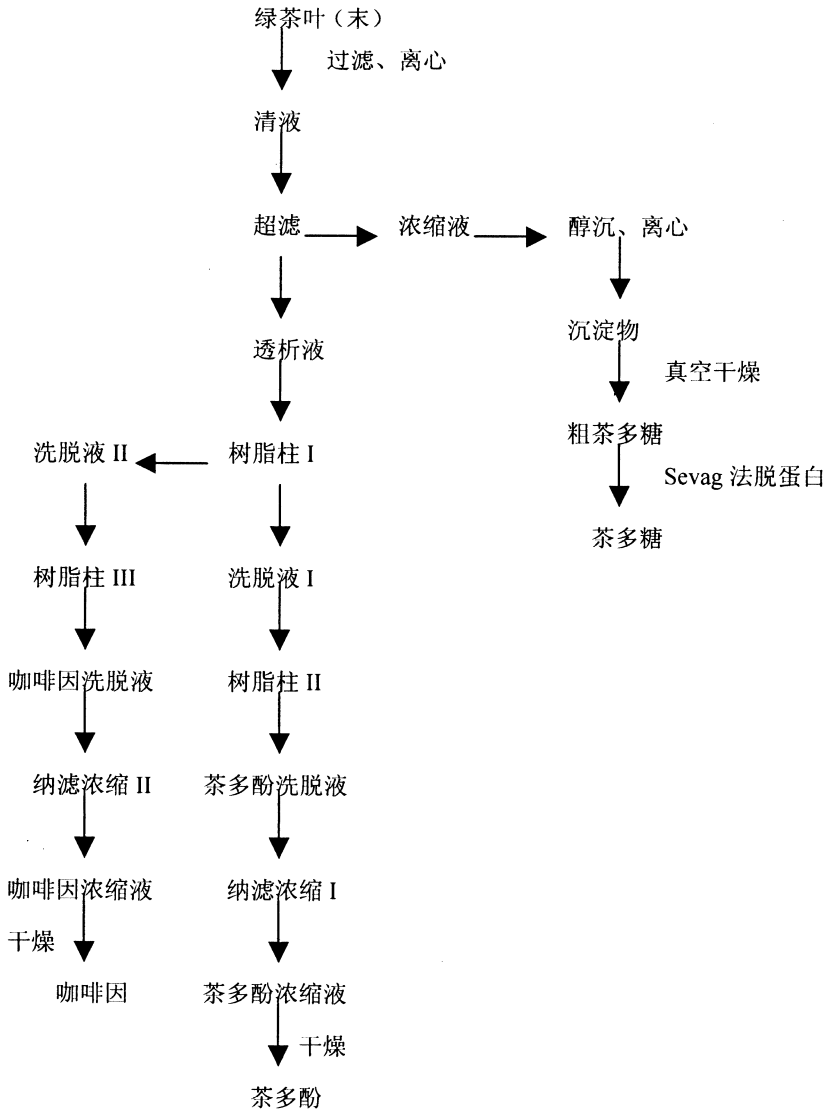


图 1 膜法和树脂法复合提取茶多酚、咖啡因、茶多糖的工艺流程

Fig 1 The flow of comprehensive extracting tea polyphenols caffeine and tea polysaccharide by membrane and resin adsorption

中低档绿茶(末)用水或稀酒精水溶液加热浸提,浸提液过滤、离心,滤渣可加工成饲料^[33];清液经超滤,首先将大分子的茶多糖分离,研究表明,采用超滤法能较好地保持茶多糖的生物活性^[34],醇沉后的粗茶多糖经 Sevag法脱蛋白、脱色得茶多糖纯品。超滤所得透析液经树脂柱 I 层析分离茶多酚和咖啡因,所

得茶多酚和咖啡因的淋洗液再分别用树脂法进一步纯化,纯化后,纳滤浓缩、干燥得茶多酚、咖啡因产品。有关用于茶多酚、咖啡因的层析分离及其脱色纯化的树脂,人们已作了大量研究,文献报道和专利很多^[35-39]。

预计,利用微滤、超滤、纳滤、大孔树脂、色谱柱等绿色分离纯化技术制备不同含量级别的茶多酚、咖啡因、茶多糖产品,将是其实现工业化生产的地发展趋势。

参考文献:

- [1]丁勇,朱秀平.茶叶产品拓展的技术途径[J].茶叶机械杂志,2002,(1):20-22.
- [2]励建荣,陆海霞.茶叶产品开发现状与进展[J].食品科学,2004,25(2):193-199.
- [3]向胜沅,李觅路,龚志华,等.茶叶保健机理及其产物开发展望[J].茶叶通讯,2001,(4):20-23.
- [4]王华夫,陈瑞峰,徐向群.茶叶高活性天然抗氧化剂的制备工艺[J].茶叶科学,1995,15(1):49-56.
- [5]陆爱霞,姚开,吕远平,等.茶多酚提取和应用研究进展[J].食品添加剂,2003,(2):53-56.
- [6]高永贵.茶叶抗氧化剂的制备方法综述[J].茶叶,1996,22(2):44-47.
- [7]李咏梅,王学松,于艳春.茶叶中茶多酚的提取方法研究[J].广州化学,2003,28(1):59-63.
- [8]李军,冯耀声.超临界 CO₂ 萃取在茶多酚的研究[J].天然产物研究与开发,1996,(3):42-47.
- [9]王梅,张笠,李慕玲,等.树脂法提取茶多酚的研究[J].离子交换与吸附,1998,14(5):428-433.
- [10]黄继珍,从茶中提取药用咖啡因方法的研究进展[J].中草药,1999,30(6):473-475.
- [11]任俊银.高新技术在茶叶加工中的应用[J].蚕桑茶叶通讯,1999,(3):2-5.
- [12]刘俊武,谢培铭,蒋抗美.从茶叶中提取天然咖啡因技术综述[J].云南化工,1998,(4):10-13.
- [13]朱旗,施兆鹏,任春梅.茶叶咖啡碱提取分离工艺研究现状[J].茶叶通讯,1999,(1):17-20.
- [14]汪东风,谢晓凤,王世林,等.茶多糖的组分及其理化性质[J].茶叶科学,1996,16(1):1-8.
- [15]杨敏,赵文华,王书奉,等.粗老茶中的茶多糖对免疫功能的影响[J].时珍国药研究,1997,8(4):370-371.
- [16]李布青,张慧玲,舒庆龄,等.中低档绿茶中茶多糖的提取及降血糖作用[J].茶叶科学,1996,16(1):67-72.
- [17]陈建国.茶多糖的提取及其药理作用研究概况[J].中草药,2000,31(7):6-7.
- [18]罗明志,严明潮.茶叶多糖及其开发利用[J].中国食品添加剂,2002,(2):65-69.
- [19]周志,汪兴平,张家年.茶多糖分离提取技术研究[J].食品与发酵工业,2002,23(8):83-84.
- [20]邓国栋,郁建平.茶叶多糖提取分离研究[J].西南农业大学学报,2002,24(6):546-547,550.
- [21]李觅路.茶黄素形成机理及其开发应用研究进展[J].茶叶通讯,2003,(2):38-41.
- [22]李立祥,都云.茶色素制取研究进展[J].茶业通报,2003,25(4):164-167.
- [23]罗龙新.茶饮料生产中膜分离技术的应用研究[J].饮料工业,2002,5(4):12-17.
- [24]魏振枢,齐兵建,蒋元力.超滤膜法提取茶叶中茶多酚的研究[J].郑州粮食学院学报,1998,19(4):76-80.
- [25]肖文军,刘仲华,黄建安,等.膜技术在茶叶深加工中的应用研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2003,29(2):139-143.
- [26]张远志.膜浓缩技术与真空冷冻干燥在茶饮料中的应用[J].饮料工业,1998,1(2):13-16.
- [27]夏涛.膜技术在茶叶深加工中的应用[J].茶叶科学技术,1996,(2):10-13.
- [28]李华生.超滤法与吸附法对茶饮料澄清作用的比较[J].饮料工业,1998,1(2):17-19.
- [29]汪兴平,周志,莫开菊,等.茶叶有效成分复合分离提取技术研究[J].农业工程学报,2002,18(6):131-136.
- [30]陈海霞,谢笔钧.树脂法从茶叶中综合提取有效成分的研究[J].精细化工,2000,17(8):493-495.
- [31]张盛,刘仲华,黄建安,等.吸附树脂法制备高纯儿茶素的研究[J].茶叶科学,2002,22(2):125-130.
- [32]严明潮.茶叶深加工产品的开发与应用[J].浙江化工,1995,26(4):25-26.
- [33]陈海霞,谢笔钧.茶多糖不同提取工艺的比较研究[J].食品工业科技,2001,22(2):18-19.
- [34]印寿根,李晨曦,宋正纪,等.树脂对茶多酚与咖啡因的吸附分离[J].离子交换与吸附,1998,14(1):73-77.
- [35]吕远平,姚开,何强,等.树脂法纯化茶多酚的研究[J].中国油脂,2003,28(10):64-66.
- [36]张效林,薛伟明,李平,等.树脂吸附法分离茶多酚及咖啡碱[J].化学工程,2001,29(3):15-21.
- [37]董文宾,胡英,张建华,等.吸附树脂法制备茶多酚精品的工艺研究[J].食品科学,2002,23(11):68-73.
- [38]阿有梅,吕双喜,贾陆,等.从茶叶中同时提取茶多酚和咖啡因工艺探讨[J].河南医科大学学报,2001,36(1):80-82.
- [39]李平,张效林,亢茂德.茶叶茶多酚、咖啡碱提取及超滤-一吸附综合分离纯化过程研究[J].现代化工,1999,19(11):21-24.