

# 茶多糖的提取与分离纯化技术研究新进展

任小盈<sup>1</sup>, 李静<sup>1</sup>, 马存强<sup>1</sup>, 杨超<sup>1</sup>, 周斌星<sup>1,2\*</sup>

(1. 云南农业大学普洱茶学院, 云南昆明 650201; 2. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽合肥 230036)

**摘要** 茶多糖是一类相对分子质量较大的, 具有一定活性的水溶性复合杂多糖。根据对茶多糖的紫外、红外及气相色谱的分析, 茶多糖由糖类、果胶及蛋白质等物质组成。为了更清晰地了解茶多糖的研究现状并对茶多糖进一步开发和研究, 主要对近年来茶多糖的提取方法、分离纯化和分子组成等方面进行了综述, 并对研究中存在的问题进行了分析, 对其开发前景进行了展望。

**关键词** 茶多糖; 提取; 分离纯化; 分子组成

**中图分类号** S571 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)23-07993-03

## A New Research Progress on the Extraction, Separation and Purification of Tea Polysaccharide

REN Xiao-ying, ZHOU Bin-xing et al (Pu-er Tea College, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201; Tea & Food Science and Technology Institute, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036)

**Abstract** Tea polysaccharide is a kind of larger molecular weight and an active water-soluble compound polysaccharide. According to the analysis of Ultraviolet (UV), Infrared (IR) and Gas Chromatography (GC), tea polysaccharide is composed of sugar, pectin and proteins and other substances. In order to more clearly understand the situation of tea polysaccharide and the further development and research, the extraction, separation and purification and molecular composition and other aspects of tea polysaccharide were reviewed, and the problems existing in the research were analyzed, the development prospect was forecasted.

**Key words** Tea polysaccharide; Extraction; Separation and purification; Molecular composition

茶多糖(TPS)是一类相对分子质量较大的水溶性复合杂多糖, 根据对茶多糖的紫外、红外及气相色谱的分析, 由糖类、果胶及蛋白质等物质组成。其具有降血糖<sup>[1-3]</sup>、降血脂<sup>[4]</sup>、降血压<sup>[5]</sup>等多种保健功能, 是一种具有广阔开发前景的天然药物。近年来, 国内外研究者相继对其提取方法、分离纯化和分子组成等方面进行了广泛的研究。笔者就近几年关于茶多糖的提取分离方法及组成成分方面进行了综述, 并且对茶多糖的研究现状进行了总结。

### 1 茶多糖的提取方法

茶多糖易溶于水, 在高浓度的有机溶剂, 高温或强酸、强碱的条件下不稳定, 易于分解<sup>[6]</sup>。近年来, 水浸提法、超声波法、酶提取法、微波提取法和醇沉淀法等是茶叶中茶多糖提取的常用方法, 国内外学者对此研究较为深入。

**1.1 水浸提法** 水浸提法是利用茶多糖易溶于热水的特性, 通过对提取条件的设置, 能够提高茶多糖的得率, 具有操作简单、成本较低等优点, 在生产实践中被广泛应用。

不同学者从料液比、提取时间、提取温度等方面对绿茶、普洱茶等茶多糖的水浸提法进行了深入研究, 并且确定了最佳提取工艺。赵丽平等研究绿茶表明, 提取茶多糖的最佳工艺条件为料液比 1:30 g/ml、提取时间 3.5 h、提取温度 85℃, 茶多糖的提取率为 3.40%<sup>[7]</sup>。卢金珍等的研究结果为: 料液比 1:10 g/ml, 温度 85℃, 时间 90 min, 次数为 2 次, 茶多糖得率为 5.88%<sup>[8]</sup>。原龙等研究报道最佳工艺条件: 料水质量比为 1:25, 提取温度 85℃, 提取时间为 90 min, 提取 1 次, 茶多

糖得率为 1.92%<sup>[9]</sup>。金婷等采用热水浸提法提取普洱茶中的水溶性茶多糖, 结果表明, 最佳浸提条件为固液比 1:20 g/ml、温度 90℃、时间 1.5 h、浸提 2 次, 得到的最佳提取率是 54.5%, 为普洱茶中茶多糖的提取提供了依据<sup>[10]</sup>。罗玲等确定了普洱茶茶多糖的最佳提取工艺: 料液比为 1:17 g/ml, 浸提温度为 80℃, 浸提时间为 78.5 min, 茶多糖得率为 12.72%<sup>[11]</sup>。

目前, 不同学者采用水提法提取茶多糖的研究, 通过单因素试验、正交试验设计及响应面法确定的茶多糖的提取工艺基本一致: 料液比为 1:20 g/ml 左右, 提取温度 90℃左右, 提取时间 1.5 h 左右, 提取次数 1~2 次。由此, 有效减少了茶多糖水提取法的重复性, 为茶多糖的进一步研究奠定了基础。相比较而言, 水提取法的工艺流程各不相同, 从而获取茶多糖得率差距较大。因此, 笔者认为应该统一水提取方法的工艺流程, 规范此提取方法。

**1.2 超声波提取法** 超声波提取是利用超声波的空化作用加速植物多糖成分的浸出提取, 因此, 具有反应条件温和、适应性广泛、提取效率高等特点。

茶多糖得率的影响因素主要为料液比、时间、温度、pH 等, 众多学者对此进行了研究。李粉玲等研究凤凰茶多糖结果显示: 最佳提取条件为料液比 1:40 g/ml、超声波功率 350 W、超声时间 20 min、超声温度 70℃, 茶多糖得率为 4.740 4 mg/g<sup>[12]</sup>。杨泮等采用超声波法从普洱茶中提取茶多糖, 结果表明, 最佳条件为提取温度 70℃, 超声波处理时间 20 min, 固液比 1:20 g/ml, 提取次数 3 次, 提取得率为 3.784%<sup>[13]</sup>。而安卫征等采用超声波浸提法从普洱茶中提取多糖, 证实茶多糖提取的最佳条件: 功率 800 W, 固液比 1:50 g/ml, 时间 25 min, 提取得率为 6.51%<sup>[14]</sup>。除此外, 也有不少研究报道了绿茶茶多糖提取的最佳条件<sup>[15-16]</sup>。针对同一茶类, 试验结果相差较大, 究其原因, 与原料品种、加工工艺、试验条件等因素相关性较大, 值得进一步研究。

**基金项目** 国家科技支撑计划课题(2007BAD58B03); 云南保山市科技项目“保山市特种茶叶开发与研究”。

**作者简介** 任小盈(1987-), 女, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向: 茶叶加工与综合利用。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事茶叶加工研究。

**收稿日期** 2014-07-07

综上所述,根据单因素试验分析,可以看出超声功率、料液比、提取时间、提取温度等是提取茶多糖的主要影响因素。同常规方法相比,超声波提取时间明显缩短,茶多糖得率也较高。然而,基于试验原理,超声波提取法对于茶多糖的生物活性是否有影响,目前此方面的研究较少,需要进一步经过大量的试验证实。

**1.3 酶提取法** 酶提取法是采用酶破坏细胞壁结构,加快有效成分溶出细胞的速率,进而提取热稳定性差或含量较少的生物成分。常见酶的种类为纤维素酶、果胶酶、胰蛋白酶

等。由于反应条件温和、选择性高、成本较低、环保无毒等特点,因此,酶法提取具有较大的应用潜力,必将成为功能成分开发的重要手段。

由表1可知,随着人们对酶法提取方法的认可,探究了单一酶和复合酶及集成提取方法对茶多糖提取率的影响。不少研究表明,酶法提取与不加酶类提取茶多糖,前者可以显著提高茶多糖的得率,同时酶种类、添加量、温度和pH对茶多糖含量影响较显著,且复合酶提取法的茶多糖含量高于单一酶类及不加酶提取法。

表1 不同酶法提取对茶多糖得率的影响

茶叶种类	提取方法	茶多糖得率	备注
绿茶	胰酶提取法 <sup>[17]</sup> ,茶叶水解酶提取法 <sup>[18]</sup> , 果胶酶/胰蛋白酶/复合酶提取法 <sup>[19]</sup>	52.98%; 2.01%; 95.26%, 55.10%, 59.67%	相比较而言,不同酶法提取工艺对于茶多糖的得率有重要影响
红茶	复合酶提取法(果胶酶与纤维素酶) <sup>[20]</sup>	3.69%	复合酶对茶多糖的提取率有显著相关性
乌龙茶	纤维素酶提取法 <sup>[21]</sup>	1.72%	同其他研究一样,确定了最佳的提取工艺条件

**1.4 微波提取** 微波提取方法是微波辐射高频电磁波,可瞬间穿透物料,在提取物质时加热升温,导致细胞壁破裂,有效成分流出。具有快速、节能、高效等优点,其在我国的食品工业、制药工业和化学工业等开发中日益被关注。

不同学者采用单因素试验和正交试验表明:料水比、微波功率、微波处理时间、浸提温度、浸提时间等是微波提取茶多糖的重要影响因子。以凤凰茶为材料的茶多糖提取工艺为料水比1:40 g/ml、微波时间120 s、微波功率640 W、浸提次数2次、浸提温度75℃,茶多糖得率为4.740 4 mg/g<sup>[22]</sup>。而安吉白茶中提取多糖的正交试验最佳条件:微波功率240 W、微波时间4 min、浸提温度65℃、浸提时间3 h,此条件下的茶多糖得率为16.23%<sup>[23]</sup>。孙慕芳等以信阳毛尖为试验材料的茶多糖提取研究中,通过响应面法获得茶多糖的最优工艺参数:提取时间为70 min,提取温度为55℃,料水比为1:10 g/ml,提取功率为650 W,茶多糖得率高于14.241%<sup>[24]</sup>。由此可见,不同茶叶的微波提取工艺存在一定差异。李鹤等确定微波提取最佳工艺参数为是料水比为1:35 g/ml,微波功率为500 W,提取温度为50℃,提取时间为5 min,绿茶中多糖的得率为1.991 mg/g<sup>[25]</sup>。同其他提取方法相比,微波提取的时间大大缩短,而且提取温度也较低,茶多糖提取率也较高。

**1.5 醇沉淀** 利用植物中的大多数成分易溶于水及醇等溶剂的特性,经过水浸提、提取液浓缩、乙醇沉淀、干燥等步骤,获得茶多糖。相对其他提取方法,醇沉法操作简单易行、设备要求不高、成本较低。

林春榕等采用水提醇沉法从云南丽江产白雪茶中分离提取出雪茶多糖,研究发现,提取温度、提取时间对提取率的影响有显著性差异,而料液比影响较小,在最佳工艺条件下提取的茶多糖平均得率为2.609%<sup>[26]</sup>。赵昕等提取苦荆茶老叶中茶多糖,结果表明,影响茶多糖提取的主次因素依次为提取时间、提取温度、乙醇用量和料液比,最佳条件下茶多糖的产率为2.648%<sup>[27]</sup>。吴颖等从铁观音茶梗提取茶多糖,结果表明,各因素对茶多糖含量影响的主次顺序为水醇比、

沉淀时间和离心时间,在最优化提取条件下,所得茶多糖含量为0.792 5 mg/ml<sup>[28]</sup>,与李碧婵等<sup>[29]</sup>研究的结果差异较大。周增志等以普洱茶为材料进行试验研究,结果表明,影响茶多糖提取率的各因素主次关系为:醇沉时间>固液比>浸提温度>浸提时间,在此最佳工艺下,所得的粗多糖平均提取率为1.773 1%<sup>[30]</sup>。另外,于淑池等以龙井茶为原料,研究得到各因素对多糖得率的影响依次为:浸提温度>料液比>醇沉浓度>浸提时间;最佳提取工艺条件下,茶多糖得率可达6.333%<sup>[31]</sup>,与刘悦等<sup>[32]</sup>的研究结果差异较大。

通过比较,不同学者证实影响茶多糖提取率的主次因素不同,差异性较大。另外,同其他提取方法相比,醇沉法提取茶多糖得率比较低。初步推测影响茶多糖提取率的因素主要与茶叶的种类、茶树年龄、生长环境、加工状态及提取工艺等因素有关。

**1.6 其他方法** 茶多糖的提取技不断引进与开发,其提取方法进一步优化,得出高得率、高纯度的茶多糖。陈义勇等将粗绿茶作为原料,将传统水浴浸提法和超声-微波协同辅助提取法对茶多糖得率进行了比较,并确定了最佳提取条件<sup>[33]</sup>。结果表明,超声-微波协同辅助提取茶多糖的最佳工艺条件为提取时间23 min、料液比1:30 g/ml、微波功率90 W。与传统的水浴浸提法相比,超声-微波协同辅助提取法的茶多糖得率从2.95%提高到4.19%。而陈明等采用超临界CO<sub>2</sub>萃取可有效提取茶叶中的多糖,确定萃取压力35 MPa,萃取温度45℃,萃取时间2 h的条件下,茶多糖的提取率可达92.5%,而且最大限度保持了茶多糖的生物活性<sup>[34]</sup>。

## 2 茶多糖的分离、纯化

茶多糖通常是一类复合物,包括糖类、果胶、蛋白质等成分,经提取后,茶多糖的纯度不高,还有部分蛋白质、茶多酚等物质,需要经过脱蛋白和脱色素,为排除非目标物质的干扰,研究学者对去除这些干扰物进行了研究。目前,常用的脱蛋白方法有Sevag法、三氯乙酸法和三氟三氯乙烷法,同时脱色法中以离子交换树脂法和聚酰胺大孔吸附树脂应用较多。

杨洪等研究 10 种树脂对普洱茶多糖溶液色素脱除的效果,比较 Sevag 法、三氯乙酸法、盐酸等电点法对普洱茶多糖的脱蛋白质效果<sup>[35]</sup>。结果表明,D101 大孔吸附树脂为普洱茶多糖脱色的最佳树脂,脱色率为 72.27%;三氯乙酸的脱蛋白效果最佳,可脱除 95.2% 的蛋白质,与王传名等研究表明三氯乙酸脱蛋白方法最佳一致<sup>[36]</sup>。尽管 Sevag 法脱蛋白造成多糖损失较严重、多次重复操作,有机试剂大量浪费等,大多数学者仍然采用此种方法,并且取得较好的结果。邵立平等采用 Sevag 法去除粗多糖中的蛋白质,蛋白质去除率 91.2%<sup>[37]</sup>。然而,王黎明等用 Sevag 法脱蛋白,蛋白质脱除率 28.3%<sup>[38]</sup>,与前者结果差距较大,初步断定与茶多糖提取

材料相关性较大,有待进一步研究。

茶多糖的脱蛋白和脱色不但可以单独分离,而且两者可以共同进行,另外,茶多糖纯化研究也随之清晰。陈义勇等对绿茶制取的茶多糖进行脱蛋白和脱色纯化研究,结果表明,聚酰胺吸附柱层析法作为茶多糖纯化的最佳方法,蛋白质脱除率达到 95.8%<sup>[39]</sup>,与谢亮亮等研究结果相符<sup>[40]</sup>。总之,茶多糖的分离纯化方法比较统一,研究较深入。

### 3 茶多糖的分子组成

目前,关于茶多糖方面的研究越来越受关注,而茶多糖的分子组成的报道各不相同,有的单糖组成、摩尔比及分子量差异甚至较大,现将目前研究情况进行简单整理,见表 2。

表 2 不同茶类的分子组成情况

材料	分子组成	单糖组成
乌龙茶 <sup>[41-42]</sup>	梁进等分离出 4 个多糖成分,即 TPSI、TPSII、TPSIII 和 TPSIV,其中组分 II 为茶多糖总量的 57.36%	杨立杰等研究结果表明,乌龙茶多糖由鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖等组成
绿茶 <sup>[43-45]</sup>	陈小强等先后从提取的碱性多糖中,分析出其含有 3 种均一性多糖,分别为 gTPC1、gTPC2、gTPC3;同时,潘见等分离纯化得到均一组分 TPS-II,分子量为 $1.01 \times 10^5$ D;另外,杨建军等研究证实茶多糖的主要成分是 TF-1、TF-2 和 TF-3	陈小强等也确定了碱性茶多糖的单糖成分鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖;同时,潘见等确定其单糖组成为 L-鼠李糖、L-岩藻糖、L-阿拉伯糖、D-木糖、D-甘露糖、D-葡萄糖、D-半乳糖。杨建军等研究结果表明,TF-1 是由葡萄糖、甘露糖、木糖组成;TF-2 由葡萄糖、木糖组成;TF-3 由葡萄糖、木糖、阿拉伯糖组成
普洱茶 <sup>[46]</sup>	郭威等研究结果表明普洱茶多糖 4 种组分 TPS1、TPS2、TPS3、TPS4	试验结果证实:普洱茶多糖中含有甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、岩藻糖 8 种单糖,不含有木糖;TPS1 中含有全部 8 种单糖;TPS2、TPS3 和 TPS4 均由 7 种单糖组成,且都不含岩藻糖
Gynostemma pentaphyllum Makino tea <sup>[47]</sup>		鲁有等研究结果表明,茶多糖是一个典型的杂合多糖,包括甘露糖、核糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、木糖、半乳糖和阿拉伯糖

通过表 2 可以看出,茶多糖的单糖组成是以半乳糖、葡萄糖和阿拉伯糖为主,大约占茶多糖 2/3,还有木糖和甘露糖等。茶多糖的单糖种类基本相同,但其摩尔比及分子量差异性显著,这与茶叶原料、分离纯化的方法有关。因此,要准确分析茶叶复合多糖的组成、相对分子量、化学结构和药理等方面,仍有必要进一步分离纯化。

### 4 存在问题与展望

随着生活水平的不断提高,人们对养生方面越来越关注,而茶多糖作为保健品也越来越受青睐。随着科技的不断发展,实验室中茶多糖单一某种提取方法或单一某种分离纯化方法都已比较成熟,然而提取和分离纯化方法在搭配组合上还需要进一步优化,能够更好地获得高得率、高纯度的茶多糖。尽管实验室提取的茶多糖纯度较高,但是还不能够应用于工业化生产的茶多糖产品的开发,原因在于提取过程中使用了较多的试剂,安全方面存在隐患,限制茶多糖相关产品的开发与推广。另外,不同茶多糖分子结构、保健机理方面的研究较少,对其描述也不是非常清晰,有待进一步研究。总之,茶多糖的研究领域中,如何保证茶多糖提取的绿色环保值得深入研究。

### 参考文献

[1] 刘安军,邓颖,王雅静. 茶多糖及协同因子的降血糖作用研究[J]. 现代食品科技,2012(2):139-141,138.  
 [2] 孙世利,苗爱清,潘顺顺,等. 茶多糖的降血糖作用机理研究进展[J]. 茶叶通讯,2010(1):34-36,43.  
 [3] 王黎明,夏文水. 茶多糖降血糖机制的体外研究[J]. 食品与生物技术学报,2010(3):354-358.

[4] 张黎,杨艳. 茶多糖药理活性研究进展[J]. 中国实用医药,2013(16):255-257.  
 [5] 张建海,冯彬彬. 茶叶主要药效成分的药理作用及应用[J]. 宁夏农林科技,2012(1):84-85,90.  
 [6] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2008:54-55.  
 [7] 赵丽平,肖颖,董翠. 信阳绿茶中茶多糖提取工艺研究[J]. 江苏农业科学,2012(10):245-246.  
 [8] 卢金珍,孙金龙,任俊,等. 绿茶茶多糖提取工艺优化研究[J]. 现代农业科技,2012(7):335-336,339.  
 [9] 原龙,范泳,徐文芳. 绿茶中提取茶多糖最佳工艺的优化[J]. 食品工业科技,2010(5):255-256.  
 [10] 金婷,谭胜兵. 水法提取普洱茶茶多糖条件优化[J]. 安徽农业科学,2012(12):7382-7384.  
 [11] 罗玲,周斌星,郭威,等. 普洱茶茶多糖的提取工艺的响应面分析研究[J]. 中国农学通报,2012(30):263-266.  
 [12] 李粉玲,蔡汉叔,林杰. 超声波法提取凤凰茶多糖的研究[J]. 中国酿造,2011(10):104-107.  
 [13] 杨洪,杨新河,易恋,等. 超声波法提取普洱茶多糖的研究[J]. 中国茶叶,2009(10):20-22.  
 [14] 安卫征,王一飞,赵晓华. 超声波法提取普洱茶多糖的工艺[J]. 食品研究与开发,2008(4):119-122.  
 [15] 张彬,谢明勇,殷军艺,等. 响应面分析法优化超声提取茶多糖工艺的研究[J]. 食品科学,2008(9):234-238.  
 [16] 黄永春,马月飞,谢清若,等. 超声波辅助提取茶多糖及其分子量变化的研究[J]. 食品科学,2007(7):170-173.  
 [17] 刘育玲,姚开,贾冬英,等. 茶多糖酶法提取的优化条件及其对葡萄糖激酶活性的影响[J]. 食品科技,2010(2):134-137.  
 [18] 郭艳红,魏新林,王元凤,等. 酶法提取茶多糖工艺条件的研究[J]. 农产品加工(学刊),2009(4):4-7.  
 [19] 周小玲,汪东风,李素臻,等. 不同酶法提取工艺对茶多糖组成的影响[J]. 茶叶科学,2007(1):27-32.  
 [20] 李星科,彭星星,李素云,等. 酶法提取信阳红茶多糖的工艺研究[J]. 食品工业科技,2012(20):168-170,175.

膳食指南》指导居民平衡膳食、合理营养。概括起来平衡膳食就是要遵循科学配餐原则:①确保每日膳食中食物的结构合理,营养素种类齐全、数量充足、比例适当。三大营养素蛋白质、脂肪、碳水化合物占总热量比例为10%~15%、20%~30%、55%~65%。②一日三餐的能量分配比例适合,热量分配以早餐占全日总能量的25%~30%、午餐占40%、晚餐占30%~35%。③保证富含优质蛋白和脂肪食物的供应。优质蛋白占总蛋白的1/3以上。④蔬菜、水果的供给量每人800~1 000 g/d,其中蔬菜占4/5,水果占1/5。⑤注意酸碱平衡,主食搭配要做到粗细、干稀的平衡;副食调配要做到生熟、荤素搭配的平衡<sup>[2]</sup>。广大居民只有自觉行动起来,做到平衡膳食、合理营养,才能有效预防慢病的发生。

## 7 讨论

**7.1 提倡节饮食,反对暴饮暴食** WHO 强调指出:饮食是长寿的重要因素。《黄帝内经》提出“饮食有节,起居有常”,否则“饮食自倍,胃肠乃伤”,因此“欲得身体安,须带三分饥与寒”。1930 年美国著名营养学家克莱德·麦卡的“麦卡效应”佐证了“节食长寿”这一法则,凸显了我国古人的养生智慧<sup>[10]</sup>。也验证了我国的古训:所食愈少,心愈开,年愈益;所食愈多,心愈塞,年愈损。

**7.2 提倡慢餐生活,反对快餐方式** 现代营养学研究表明,在进餐过程中,由于大脑需要 20 min 才能获得饱腹感,故狼吞虎咽式快餐进食极易进食过量。慢餐生活进食时有意识减慢进食速度,养成小口吃饭习惯,有效预防肥胖的发生。

**7.3 提倡节俭,反对浪费** 中国拥有全球 7% 的耕地,生产

世界上 18.5% 的粮食,解决全球 22% 的人口吃饭问题。事实胜于雄辩,依靠自力更生,中国人自己完全能够养活自己。在全国耕地急剧减少、土壤污染每况愈下之时,每年我国却要浪费掉 500 亿 kg 粮食,这相当于全年粮食产量的 1/10,足以养活 2 亿人。所以,必须保持勤俭节约的传统。

明代医药学家李时珍曰:“饮食者,人之命脉也”。现代预防医学认为,膳食营养干预可以有效预防慢病。分析西方国家的饮食结构与慢性病发生相关性,引以为鉴。充分挖掘东方传统饮食的优势,大力倡导中华民族传统饮食结构,为提高全民健康素质作贡献。

## 参考文献

- [1] 赵霖,鲍善芬. 中国人该怎么吃[M]. 北京:人民卫生出版社,2012:59-216.
- [2] 赵霖. 平衡膳食健康忠告[M]. 北京:人民卫生出版社,2012:10-212.
- [3] 陈君石,黄建始. 健康管理师[M]. 北京:中国协和医科大学出版社,2007:12-20.
- [4] 甄雪燕,王利敏,梁永宣. 伊尹创汤液[J]. 中国卫生人才,2013(3):86-87.
- [5] 路新国. 黄帝内经与中国传统饮食营养学[J]. 南京中医药大学学报:社会科学版,2001,2(4):174-178.
- [6] 赵霖,鲍善芬. 坚持传统饮食结构,提高全民健康素质[J]. 中国食物与营养,2009(4):60-62.
- [7] 闫茂华,陆长梅. 浅析陆羽茶经对中国茶文化和茶医学的影响[J]. 农业考古,2014,132(2):188-192.
- [8] 刘政. 维护中华传统膳食对发展低碳经济有举足轻重的作用[J]. 环境保护与循环经济,2006,25(2):26-28.
- [9] 翟凤英,王惠君,杜树发. 中国居民膳食结构与营养状况变迁追踪[J]. 医学研究杂志,2006,35(4):3-6.
- [10] 闫茂华,陆长梅. 现代健康基石与黄帝内经养生智慧[J]. 中国中医基础医学杂志,2014,20(6):767-769.
- [11] 何传波,吴兰兰,汤凤霞,等. 铁观音茶多糖的酶法提取及脱蛋白工艺研究[J]. 云南民族大学学报:自然科学版,2009(1):41-44.
- [12] 李粉玲,蔡汉权,朱梓文. 凤凰茶多糖微波辅助提取工艺[J]. 食品与发酵工业,2011(11):235-238.
- [13] 于淑池,周俊波,彭忠,等. 安吉白茶多糖的微波辅助提取及其抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业,2010(6):180-183.
- [14] 孙慕芳,袁丁,王在群,等. 信阳毛尖茶多糖微波提取工艺的优化[J]. 安徽农业科学,2007(17):5188-5189.
- [15] 李鹤,马力,张诗静,等. 微波辅助萃取提取茶叶中茶多糖的工艺研究[J]. 生命科学仪器,2010(4):50-53.
- [16] 林春榕,罗永会,张翠香,等. 云南丽江产白雪茶多糖提取工艺及抗氧化作用[J]. 食品研究与开发,2013(8):16-19.
- [17] 赵昕. 谈苦荆茶粗老叶中提取茶多糖[J]. 黑龙江科技信息,2013(19):7.
- [18] 吴颖,张婉婷,丁兆堂,等. 茶梗多糖的提取与纯化研究[J]. 中国茶叶,2010(1):24-27.
- [19] 李碧娟,马森. 武夷岩茶中茶多糖的提取研究[J]. 南平师专学报,2007(2):40-42.
- [20] 周增志,周斌星,王燕. 普洱茶茶多糖提取工艺研究[J]. 安徽农业科学,2009(11):5117-5119.
- [21] 于淑池,林静. 龙井茶多糖的提取工艺研究[J]. 安徽农业科学,2011(8):4776-4778.
- [22] 刘悦,徐东升,臧其威. 茶多糖提取方法及影响因子优化研究[J]. 安徽农业科学,2010(16):8650-8652.
- [23] 陈义勇,窦祥龙,黄友如,等. 响应面法优化超声-微波协同辅助提取茶多糖工艺[J]. 食品科学,2012(4):100-103.
- [24] CHEN M, XIONG L Y. Supercritical extraction technology in tea polysaccharide extracting application[J]. Advanced Materials Research, 2012, 347/353:1683-1688.
- [25] 杨洪,刘中华,黄建安,等. 普洱茶多糖分离及纯化[J]. 食品研究与开发,2010(11):1-4.
- [26] 王传名,董祺,崔从胜. 日照绿茶粗多糖脱蛋白研究[J]. 食品工业科技,2010(8):274-276.
- [27] 邵立平. 茶多糖的纯化工艺研究[J]. 广州化工,2010(4):118-119,122.
- [28] 王黎明,夏文水. 茶叶多糖的纯化工艺[J]. 食品研究与开发,2012(11):53-57.
- [29] 陈义勇,窦祥龙,黄友如,等. 常熟“沙家浜”绿茶多糖的纯化[J]. 食品与发酵工业,2011(11):121-124.
- [30] 谢亮亮,蔡为荣,张虹,等. 茶多糖的分离纯化及其抗凝血活性[J]. 食品与发酵工业,2012(9):191-195.
- [31] 杨立杰,陈发河. 乌龙茶中茶多酚、茶多糖的提取及其纯化和性质研究[D]. 厦门:美大学,2007.
- [32] 梁进,张剑韵,崔莹莹,等. 茶多糖的化学修饰及体外抗凝血作用研究[J]. 茶叶科学,2008(3):166-171.
- [33] 陈小强,周瑛,叶阳,等. 碱溶性茶多糖的提取及其分析[J]. 应用化学,2008(12):1496-1498.
- [34] CHEN X, WANG Y, WU Y, et al. Green tea polysaccharide conjugates protect human umbilical vein endothelial cells against impairments triggered by high glucose[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 49(1):50-54.
- [35] 潘见,陈彦,方伟,等. 具有抗氧化活性茶多糖 TPS-II 的分离纯化及其性质研究[J]. 食品科学,2009(3):25-28.
- [36] YANG J J, CHEN B, GU Y. Pharmacological evaluation of tea polysaccharides with antioxidant activity in gastric cancer mice[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 90:943-947.
- [37] GUO W, ZHOU B X, LUO L et al. Analysis of monosaccharide composition of puerh tea polysaccharide by precolumn derivatization HPLC[J]. Agricultural Science & Technology, 2013, 4:556-558, 572.
- [38] LV Y, YANG X B, ZHAO Y, et al. Separation and quantification of component monosaccharides of the tea polysaccharides from *Gynostemma pentaphyllum* by HPLC with indirect UV detection[J]. Food Chemistry, 2009, 112:742-746.

(上接第 7995 页)