

# 我国植物多酚研究文献计量及研究热点分析

鲁玉妙<sup>1</sup>, 马惠玲<sup>2,\*</sup>

(1.西北农林科技大学图书馆学科信息部, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学生命科学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 基于中国知网(CNKI)中国期刊全文数据库, 应用文献计量学的研究方法, 统计分析了2001—2010年有关植物多酚研究论文的年代、期刊、研究机构、作者、学科领域和研究主题分布, 综述分析研究热点, 为植物多酚的研究利用提供参考。

**关键词:** 植物多酚; 文献计量学; 研究热点; 中国知网

## Bibliometric Analysis of Plant Polyphenol Research and Hot Topics in China

LU Yu-miao<sup>1</sup>, MA Hui-ling<sup>2,\*</sup>

(1. Subject Information Department of Library, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Based on the CNKI database, bibliometric methodology was applied to analyze relevant records related to plant polyphenols from 2001 through 2010, including journals, affiliations, authors, discipline distribution and research topics. The research focuses were also reviewed and analyzed, with the aim of providing a reference for future studies and utilization of plant polyphenols.

**Key words:** plant polyphenols; bibliometrics; research topics; China national knowledge internet (CNKI)

中图分类号: Q946

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)17-0290-07

植物多酚(plant polyphenols)是一类广泛存在于植物体内的次生代谢产物,是多羟基酚类化合物的总称,是植物中一类具有强抗氧化性的植物营养素,主要存在于植物的根、皮、叶和果实中。人类对植物多酚的认识和利用历史悠久,科学研究表明,其多元酚结构具有独特的理化性质,如能与蛋白质、多糖、生物碱等结合,能与金属离子络合,具有还原性,能清除羟自由基等<sup>[1-3]</sup>,是天然抗氧化剂的主要来源,与人类生活密切相关。国内外大量研究结果表明,植物多酚在抗癌、抗辐射损伤、抗病原微生物、降血脂、防治心血管系统疾病、抗衰老等很多方面具有良好的作用<sup>[4-6]</sup>。植物多酚以其在植物界分布的广泛性、储量的丰富性、生理功能的多样性以及来源的绿色环保性等特点,已成为国内外天然产物的研究热点。

本文以中国知网(China national knowledge internet, CNKI)的中国期刊全文数据库(China academic journal network publishing database, CAJD)为数据来源,对其2001—2010年收录的植物多酚研究论文进行文献计量统

计和研究主题分析,了解我国植物多酚研究现状及热点,综述植物多酚在相关学科领域中的研究进展,为科研人员确立研究策略提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

CNKI-CAJD是世界上最大的连续动态更新的期刊全文数据库,收录国内学术期刊近8000种,全文文献总量3000多万篇,内容覆盖自然科学、工程技术、农业、医学等各个领域,核心期刊收录率96%,农业、中医药类期刊收录率100%,是国内权威的期刊文献检索工具。因此,基于CNKI-CAJD数据库检索植物多酚研究文献,其统计分析结果能较全面地反映该研究领域的概貌。

### 1.2 检索策略

以主题检索文献,能较为准确地涵盖文献的研究内容,能保证目标文献的检全率,能较客观地把握所关注研究主题的研究概貌。主题检索词=植物多酚或多酚

收稿日期: 2011-09-04

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金项目(K314020901)

作者简介: 鲁玉妙(1963—),女,副研究馆员,硕士,研究方向为科技情报与文献计量。E-mail: luyumiao789@163.com

\*通信作者: 马惠玲(1965—),女,教授,博士,研究方向为植物资源综合利用。E-mail: ma\_huiling65@hotmail.com

不含多酚氧化酶; 文献发表时间=2001年1月1日至2010年12月31日。

### 1.3 数据处理

检索 CNKI-CAJD 数据库, 获取 2001—2010 年植物多酚文献及其文献特征数据, 以学科类别、关键词、机构、作者、来源期刊等文献计量学指标进行统计分析, 分析文献的学科分布、关键词词频分布、期刊分布、核心作者、核心研究机构等。作者和机构采用均一统计法统计, 把 1 篇论文的  $n$  个作者和  $n$  个机构同等看待, 即按每个作者或每个机构对于该篇论文的计数都为 1。

年均增长率计算表达式  $r = \sqrt[n]{A/a} - 1$

式中:  $A$  为累积文献量;  $a$  为初始文献量;  $n$  为积累年数。

关键词或主题词可以反映出研究论文的研究主题, 而高频关键词分析则能客观地反映某一研究领域的关注焦点和发展趋势。通过对 CNKI 有关植物多酚文献关键词检索, 并经过人工数据清理和精炼统计, 分析高频关键词分布, 确立热点研究主题, 分析近 10 年来我国植物多酚研究热点。

## 2 结果与分析

### 2.1 年份分布

2001—2010 年 CNKI-CAJD 数据库共收录有关植物多酚研究文献 5250 篇, 其中研究论文占 92.47%。文献发表年份分布: 2001 年 274 篇、2002 年 280 篇、2003 年 332 篇、2004 年 376 篇、2005 年 496 篇、2006 年 532 篇、2007 年 612 篇、2008 年 694 篇、2009 年 774 篇、2010 年 880 篇, 年均增长率 13.84%。

2001—2010 年 CNKI-CAJD 数据库共收录与植物有关的研究文献 149912 篇, 其中, 2001 年 8979 篇, 2010 年 20759 篇, 年均增长率 9.76%。植物多酚文献年均增长率是植物文献的 1.42 倍, 可见, 近年来我国植物多酚研究文献增长迅速。

### 2.2 期刊分布

表 1 2001—2010 年刊载植物多酚论文载文量前 16 位的期刊

Table 1 Top 16 journals by the amount of articles related to plant polyphenols during 2001—2010

期刊	发文章/篇	百分比/%	期刊	发文章/篇	百分比/%
食品科学	278	5.30	酿酒科技	60	1.14
食品工业科技	133	2.53	中国农学通报	46	0.88
食品科技	129	2.46	茶叶	45	0.86
啤酒科技	109	2.08	福建茶叶	44	0.84
安徽农业科学	109	2.08	中国食品添加剂	42	0.80
食品与发酵工业	104	1.98	中国酿造	40	0.76
食品研究与开发	96	1.83	现代食品科技	39	0.74
茶叶科学	85	1.62	中国茶叶	38	0.72

统计分析 2001—2010 年期刊刊载植物多酚研究论文的数量, 载文量居前 16 位的期刊及发文章量见表 1, 其中载文量最多的期刊是《食品科学》, 刊载有关植物多酚研究论文共 278 篇, 占总论文数的 5.30%。16 种期刊共刊载植物多酚论文 1397 篇, 占论文总数的 26.61%, 平均 1 种期刊刊载 87.3 篇。

### 2.3 核心研究机构

分析 2001—2010 年植物多酚研究领域论文的署名机构分布可知, 浙江大学、湖南农业大学、江南大学、华中农业大学、四川大学、西北农林科技大学、华南理工大学、中国农业大学、福建农林大学、安徽农业大学、青岛大学和中国农业科学院茶叶研究所发表相关论文数量较多, 为植物多酚研究领域的核心研究机构。这些机构发表论文数分别为 182、130、113、102、94、77、73、70、63、61、57、57, 共 1079 篇, 占总数的 20.55%。

### 2.4 核心作者及主要研究方向

通过文献作者统计分析, 发文较多的作者有青岛大学的钟进义, 36 篇; 浙江大学的杨贤强和王岳飞, 分别有 25、19 篇; 湖南农业大学的刘仲华和肖文军, 分别有 25、17 篇; 大连医科大学的韩国柱, 19 篇。这些作者是植物多酚研究的核心研究人员。

通过分析以上核心作者的论文研究主题可知, 文献[7-10]主要研究葡萄多酚(grape proanthocyanidins, GPC)的生理活性, GPC 具有良好的抗辐射防护作用, 能降低癌细胞增殖活性。文献[11-14]侧重于植物多酚提取方法与工艺研究, 开展了茶多酚(teapolyphenols, TP)的超声波辅助浸提、巴拉圭茶多酚和水皂角多酚的大孔树脂富集等研究。文献[15-17]研究了 TP 的药理作用和抗癌机理, 表明 TP 及其儿茶素单体对前列腺癌细胞具有明显的抑制和诱导凋亡作用。文献[18-20]研究了 TP 制剂对皮肤病的治疗作用, TP 乳膏外用对细菌性和非细菌性皮肤炎症反应具有抑制作用; 茶多酚乳膏可抑制实验性毛囊上皮角化过度 and 皮脂腺增生, 该制剂具有抗实验性痤疮的作用。

### 2.5 学科分布

按 CNKI 学科分类, 通过对 2001—2010 年植物多酚文献学科分布统计, 植物多酚研究受到国内 70 个学科领域的广泛关注, 其中轻工业手工业、中药学、农作物等 12 个学科领域(表 2)研究文献共 4886 篇, 占总数的 93.07%, 是植物多酚的核心研究领域。以文献分布学科统计, 轻工业手工业、中药学、农作物、化学工业、有机化工、预防医学与卫生学学科领域产出论文篇数较多, 分别为 1594、935、429、327、323、282 篇; 从学科产出论文数量增长趋势看, 化学工业和园艺学科

论文数增长最快,其2003—2010年的论文数年均增长率分别为32.38%和31.36%;其次是中药学、农作物、预防医学与卫生学和轻工业手工业领域,其2003—2010年的论文数年均增长率分别为29.55%、29.37%、16.66%和12.63%。

CNKI学科分级及文献分布统计显示,涉及植物多酚研究的学科领域其研究重点各有侧重,其中轻工业手工业主要集中于食品工业研究;中药学主要集中在中药药理学和中药化学的研究应用;农作物主要集中在经济作物研究;化学工业主要分布于农产物化学加工、发酵工业、蛋白质化学加工业、鞣料工业;有机化工主要集中在制药化学工业;预防医学与卫生学主要侧重于营养卫生食品卫生研究;园艺学科领域主要集中在果树园艺和蔬菜园艺;肿瘤学主要集中于肿瘤学基础和消化系统肿瘤研究;化学主要侧重于分析化学和有机化学;生物学主要集中在植物学研究;畜牧与动物医学主要集中于普通畜牧学和家禽研究;药学主要集中于药理学研究(表3)。

## 2.6 研究热点分析

### 2.6.1 国内研究热点

通过对植物多酚文献关键词词频统计,词频较高的关键词有茶多酚、多酚、提取工艺、抗氧化、抗氧化性、抗氧化活性等11个(表4)。通过关键词精练和主题分析,表4显示,2001—2010年关于茶多酚研究论文共1242篇,占论文总数的23.66%,2004—2010年论文数年均增长率12.25%,虽然论文数年均增幅不大,但相关论文的绝对数较高,说明近10年中对茶多酚的研究一直具有较高的关注度。关于多酚论文共574篇,2004—2010年论文数年均增长率37.55%,其研究主题主要集中于茶多酚以外的其他植物多酚的研究,如葡萄多酚、苹果多酚、石榴多酚、香蕉多酚等,说明近10年我国科技工作者越来越重视茶多酚以外的其他植物多酚研究。关于植物多酚的抗氧化、抗氧化活性、抗氧化性、抗氧化剂和自由基的词频较高,主要涉及植物多酚的抗氧化活性、抗癌、抗突变、抑菌作用、降血脂降血压作用等研究主题,相关研究论

表2 2001—2010年CNKI植物多酚论文数量分布前12位的学科

Table 2 Top 12 subjects by the amount of articles in CNKI related to plant polyphenols during 2001—2010

学科	合计/篇	论文数/篇									
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
轻工业手工业	1594	106	82	107	116	168	178	187	193	211	246
中药学	935	22	27	32	45	90	86	113	165	159	196
农作物	429	14	10	15	17	29	52	49	59	93	91
化学工业	327	11	19	8	17	21	24	39	51	80	57
有机化工	323	23	27	29	33	32	33	43	23	35	45
预防医学与卫生学	282	5	12	17	28	33	23	32	37	45	50
园艺	238	4	1	8	9	22	20	36	36	48	54
肿瘤学	192	22	21	21	21	19	24	23	15	15	11
化学	180	32	32	26	16	19	17	11	9	12	6
生物学	157	15	17	13	7	11	19	17	29	16	13
畜牧与动物医学	141	3	5	10	14	11	14	15	29	21	19
药学	88	9	11	4	15	3	3	9	12	8	14
合计	4886	266	264	290	338	458	493	574	658	743	802

表3 CNKI植物多酚文献学科统计及来源依据

Table 3 Subjects related to plant polyphenols CNKI literature statistics and corresponding sources

学科	统计来源依据
轻工业手工业	食品工业、烟草工业、皮革工业、纺织工业、染整工业、轻工业废物处理与综合利用等
中药学	中药药理学、中药化学、中药材、中药品、中药炮制、制剂等
农作物	经济作物、禾谷类作物、薯类作物、饲料作物、牧草、豆类作物
化学工业	农产物化学加工、蛋白质(阮)化学加工业、鞣料工业、油脂和蜡的化学加工业、肥皂工业等
有机化工	制药化学工业、基本有机化学工业、有机化学、高分子化学、高分子化合物工业(高聚物工业)等
预防医学与卫生学	营养卫生食品卫生、个人卫生与保健、卫生基础科学等
园艺	果树园艺、蔬菜园艺、观赏园艺等
肿瘤学	肿瘤学基础、消化系统肿瘤、泌尿生殖器肿瘤、呼吸系肿瘤、乳腺肿瘤、五官肿瘤、造血器及淋巴系肿瘤等
化学	分析化学、有机化学、物理化学、化学物理学、高分子化学、无机化学
生物学	植物学、生物化学、微生物学理论及应用、生理学、遗传学、生物工程学等
畜牧与动物医学	普通畜牧学、家禽、家畜、兽医学
药学	药理学、药物基础科学、药剂学、毒理学等

文共 623 篇, 占论文总数的 11.87%, 2004—2010 年论文数年均增长 26.44%。关于多酚成分提取以及工艺优化论文共 314 篇, 占论文总数的 5.98%, 2004—2010 年论文数年均增长率 19.04%。

根据植物多酚研究文献增长趋势和研究主题分析表明, 近 10 年, 我国关于植物多酚成分提取及工艺优化研究, 以及植物多酚的抗氧化活性、抗癌、抗突变、抑菌作用、降血脂降血压作用等生物活性的研究文献总量及年均增长率均高于其他主题, 是植物多酚的研究热点。

#### 2.6.1.1 生物活性研究

1) 抗氧化活性 现代食品加工业中, 添加抗氧化剂是保证食品安全的重要措施。基于植物多酚具有较强抗氧化活性(antioxidant activity)及来源天然、安全、资源丰富和可再生的特点, 在植物多酚中寻找天然抗氧化剂, 以避免人工添加剂可能带来的毒副作用已成为一种趋势。以植物多酚来源的天然抗氧化剂的抗氧化效果、稳定性和安全性已得到科学研究及实际应用的认可。大量植物多酚的抗氧化作用实验表明, 植物多酚在肉类、动物油脂、植物油脂以及含油脂等食品中具有良好的抗氧化和清除自由基的活性, 对食品的贮藏保鲜起到良好的作用。于是, 植物多酚抗氧化活性的研究是近年来植物多酚研究的热点之一。

利用不同的有机溶剂提取葡萄籽多酚(g r a p e procyanidinss, GPC), 并通过抗氧化活性实验表明, GPC 对猪油有很好的抗氧化性能, 且效果优于二丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)<sup>[21]</sup>。苹果多酚(apple polyphenols, AP)对植物油和动物油均具有较明显的抗氧化效果, 且对植物油抗氧化效果远优于 BHT, 可延长菜籽油的保质期近 1 倍<sup>[22]</sup>。TP 对豆油及猪油均具有很好的抗氧化作用, 酒石酸、柠檬酸及 VE 对 TP 的抗氧化具有增效作用<sup>[23]</sup>。AP 能显著抑制肉中脂肪的氧化, 并能提高鲜肉红色的稳定性。单独使用 0.05% 的 AP 有较好的护色效果<sup>[24]</sup>。AP 具有优良的清除 1,1-二苯基-2-

三硝基苯肼(DPPH)自由基活性<sup>[25]</sup>。

2) 抗癌抗突变作用 近年来, 关于植物多酚生理活性的研究是又一热点, 也是多酚化学中研究发展最快的方向之一。石榴皮多酚粗提物对人宫颈癌 HeLa 细胞的增殖和侵袭具有很强的抑制作用, 抑制率随石榴皮多酚粗提物质量浓度增加而增强<sup>[26]</sup>。葡萄多酚对辐射诱发的小鼠骨髓细胞增殖损伤改变和凋亡具有明显保护作用<sup>[6]</sup>。谢珏等<sup>[27]</sup>采用噻唑蓝显色反应法(MTT)、激光共聚焦显微镜和流式细胞仪技术, 体外观察茶多酚对肺癌细胞凋亡及相关蛋白表达的影响表明: 茶多酚可诱导人肺癌细胞的凋亡, 其作用机制与改变细胞内  $Ca^{2+}$  浓度、PTEN 蛋白和 CyclinD1 蛋白表达有关。

3) 抑菌作用 测定甘薯多酚提取液对食品中常见微生物的抑菌活性, 发现其提取液对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌等几种细菌有较强的抑制作用, 尤其对金黄色葡萄球菌的抑菌效果最为明显, 而且甘薯多酚提取液有较好的热稳定性, 在 pH4~5 时, 对于大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的抑菌作用最强<sup>[28]</sup>。石榴皮多酚类物质对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌有较好的抑制作用, 其作用在质量浓度为 1g/L 时最为显著<sup>[29]</sup>。AP 提取物对细菌的抑制作用较强, 其对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、假单胞菌等供试菌的最小抑菌质量分数为 0.1%; AP 提取物的抑菌活性具有很好的热稳定性, 在 pH5~6 及低于 0.3mol/L 无机盐环境条件下其抑菌效果最佳<sup>[30]</sup>。TP 对细菌有较强的抑菌活性; 在自然 pH 值和中性偏碱性环境中的抑菌活性比强碱性环境下强, 而且一定温度内处理不影响茶多酚的抑菌活性<sup>[31]</sup>。

4) 降血脂降血压作用 低密度脂蛋白(low density lipoprotein, LDL)发生氧化产生的氧化低密度脂蛋白(oxidized low density lipoprotein, ox-LDL)是导致动脉粥样硬化的主要危险因素。丹参多酚酸盐能够明显抑制  $CuSO_4$  和内皮细胞诱导的 LDL 氧化修饰, 且有明显的浓度依赖效应, 提示丹参多酚酸盐抑制脂质过氧化对防治

表 4 2001—2010 年 CNKI 植物多酚文献关键词频率/论文数统计

Table 4 Statistical results of keyword frequency and the amount of articles in CNKI related to plant polyphenols during 2001—2010

关键词	合计/(次/篇)	年度分布/(次/篇)									
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
茶多酚	1242	91	81	95	92	113	127	143	146	170	184
多酚	574	14	13	19	22	29	59	77	95	97	149
提取工艺	314	10	5	10	24	26	26	45	40	54	74
抗氧化	234	4	10	16	13	13	20	27	37	39	55
抗氧化活性	119	5	1	5	5	7	5	13	21	25	32
抗氧化剂	90	9	6	10	4	6	14	4	12	8	17
自由基	92	9	2	5	7	8	8	11	13	9	20
抗氧化性	88	3	2	3	6	4	9	9	17	16	19
品质	127	5	8	8	10	15	14	15	17	17	18
应用	93	3	5	9	8	9	11	13	11	7	17
化学成分	91	2	5	3	5	9	9	10	9	17	22

动脉粥样硬化具有潜在作用<sup>[32]</sup>。程霜等<sup>[33]</sup>观察饲料补充石榴皮粗提取物喂养高脂血症模型雄性SD大鼠28d对其血脂和肝脂水平的影响。高脂组大鼠经多酚提取物饲养后,其血清总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglycerides, TG)、低密度胆固醇(low density lipoprotein -cholesterol, LDL-C)、游离脂肪酸(free fatty acid, FFA)和肝TC、TG、FFA比高脂对照组分别减少42.4%、58.5%、48.9%、20.6%和32.6%、11.9%、25.5%。谢文利等<sup>[34]</sup>研究聚果多酚对18月龄大鼠的抗衰老作用表明:聚果多酚能抑制自由基损伤,防止脂质过氧化,具有明显延缓衰老作用。

### 2.6.1.2 提取工艺优化研究

获取高提取率、高纯度、性能优良的多酚物质是植物多酚提取研究的重点和难点。我国研究人员试图综合各种方法的优点,寻找高效、低成本、少污染的植物多酚提取和分离方法。有机溶剂提取法是常用的经典方法,随着工业科技的进步,近年采用超声波辅助和微波辅助等提取工艺的研究显著增多,以其省时、高效、节能、环保等优势,在实际应用中展示出广阔的前景。

1)有机溶剂浸提工艺 有机溶剂浸提法是提取植物多酚的传统经典方法,采用甲醇、乙醇、丙酮等为浸提剂,虽然溶剂萃取法操作简便,但使用的有机试剂易燃,部分有毒性,具有安全性较差、耗时长、提取率低等缺点。近年来,科研人员在此方法的基础上不断优化改进提取工艺。

刘萍<sup>[35]</sup>研究乙醇提取红茶多酚的优化工艺条件为:固液比1:80(m/V)、乙醇体积分数60%、浸提温度50℃、浸提时间30min,此时茶多酚的提取率为20.35%;绿茶较优的提取工艺条件为:固液比1:80(m/V)、乙醇体积分数50%、浸提温度50℃、浸提时间40min,此时茶多酚的提取率为25.44%。李金凤等<sup>[36]</sup>研究了不同因素对板栗壳多酚提取效果的影响,优化出最佳提取条件为:乙醇体积分数59.7%、料液比1:18(m/V)、浸提温度52.6℃、浸提3次。在此最优条件下板栗壳多酚提取得率预测值为76.0mg/g,实验值75.9mg/g。唐远谋等<sup>[37]</sup>对啤酒花多酚的提取工艺研究表明:在丙酮体积分数64%、提取温度52℃、料液比1:24(m/V)的优化条件下,提取1h,啤酒花多酚类物质的提取值达到最大为49.25 mg/g。

2)微波辅助浸提工艺 微波辅助浸提法是近几年开始采用的一种新方法。基于微波易于被极性分子吸收的特性,用于辅助溶剂提取时,微波加速了分子运动,从而增加了分子碰撞和摩擦的几率,原料中的有效成分得以快速被溶剂带走。该法用于茶多酚提取时,减少了茶多酚长时间在高温下的氧化,提高产品的品质与得率<sup>[38]</sup>。

邬建国等<sup>[39]</sup>对花生衣总多酚的微波辅助提取条件进行研究,得出优化提取工艺为:料液比1:25(m/V)、乙醇体积分数75%、微波时间2min、微波功率540W,在该最优工艺参数下重复5次提取,花生衣总多酚提取率达到 $(183.25 \pm 8.62)$ mg/g。何志勇等<sup>[40]</sup>实验表明,60%~70%丙酮水溶液是提取橄榄多酚的最适溶剂,最佳提取时间1h、温度20~30℃、固液比1:20(m/V),提取得率17.1%;超声波提取的最适功率为80W、最佳提取时间25min,提取得率19.3%;微波提取的最适功率为280W、提取时间5s,提取得率20.3%。宋薇薇等<sup>[29]</sup>研究确定石榴多酚提取的最优工艺条件为:乙醇体积分数40%作溶剂,料液比1:35(m/V)、微波功率为242W、提取时间60s、提取3次,以该优化条件提取时,多酚粗提物的得率26.52%。

3)超声波辅助提取工艺 超声波辅助法是近几年来用于提取植物多酚的一种新方法,其原理是利用超声波的机械破碎和空化作用,从而加速茶多酚浸提物从茶叶中向溶剂扩散速度,缩短浸提时间<sup>[41]</sup>。

潘文洁等<sup>[42]</sup>对野茶茶多酚提取工艺研究表明:在相同条件下,超声波辅助提取的茶多酚得率明显高于传统方法。野茶茶多酚最佳超声波辅助提取条件为:体积分数60%乙醇、料液比为1:20(m/V)、提取温度60℃、提取时间45min、超声波功率320W,野茶茶多酚提取得率为11.28%,含量为89.81%。刘渠道等<sup>[43]</sup>对茶多酚的超声波辅助提取研究,优化的工艺条件为:提取温度为71℃、超声波处理时间为30min、超声波功率为800W、料液比为1:16(m/V),茶多酚的浸出率达到22.89%。陆爱霞等<sup>[44]</sup>对超声辅助法提取茶多酚的条件进行了优化:以体积分数80%的乙醇为溶剂、料液比为1:16(m/V)、超声频率为25kHz、超声功率为160W、超声处理时间为25min、浸提温度为70℃时,茶多酚的浸提率可达到24.25%,较之常规浸提法提高了49.2%;茶多酚质量分数为69.38%,与常规浸提法基本相同。

4)离子沉淀提取工艺 离子沉淀法也叫盐沉淀提取法,根据茶多酚能与无机盐中的金属离子反应生成沉淀的特性来生产茶多酚,是生产高纯度茶多酚的一种廉价方法。

邓泽元等<sup>[41]</sup>对金属盐沉淀法提取茶多酚最佳提取工艺条件为:10g茶末、140mL水,100℃水中浸提10min,加入 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.60g,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1.07g,用乙酸乙酯萃取4次,其茶多酚的提取率可达18%~20%。蒋建平等<sup>[45]</sup>研究了离子沉淀法提取茶多酚的最佳工艺条件,并运用高效液相色谱对茶多酚产品进行了成分分析。即用体积分数60%乙醇-水溶液在70℃浸提茶叶2次,料液比为1:25(m/V),茶多酚的最终浸出量可达茶叶的22.5%。选用 $(\text{Al}^{3+} + \text{Zn}^{2+})$ 为复合沉淀剂,以 $\text{NaHCO}_3$

溶液调节 pH 值为 5.5~6.5, 进而以 HCl 溶液转溶沉淀, 结果表明, 茶多酚的产率提高到 11.8%, 纯度达到 99.5%。

### 2.6.2 国内外研究热点比较

检索 SCI-E 数据库, 2001—2010 年收录有关植物多酚研究论文 13000 余篇, 通过论文主题分析表明, 国外关于植物多酚的研究热点主要集中于以下三方面: 1) 植物多酚的抗氧化活性研究; 2) 膳食多酚的体内代谢机理及生物利用度研究; 3) 植物多酚的体外、体内的抗癌、抗衰老、抗辐射、抗心血管疾病等的作用机制研究, 特别是体内抗病作用机制研究已进入临床研究阶段。

对比分析 CNKI 和 SCI-E 数据库中有关植物多酚研究文献的实验材料可见, 国内外对于茶多酚的研究都比较关注, 特别是关于茶多酚提取物的抗氧化活性和抗性机制研究已有大量文献报道。比较国内外植物多酚研究热点可知, 国外开展的相关研究较为深入, 在多酚抗氧化活性、体内代谢机理及生物利用度、抗病作用机制等方面研究进展较快, 已进入临床研究阶段。而我国对多酚体外生物活性及其作用机制的研究比较活跃, 而关于植物多酚体内作用机制的深入研究开展较少, 与国外发达国家有一定差距。

## 3 结 语

植物多酚是一类储量丰富的可再生的绿色资源, 来源广泛, 种类丰富, 与人类生活密切相关。近年来, 国内关于植物多酚的研究论文数量呈迅速增长趋势, 在食品工业、中药药理学和中药化学的研究应用、经济作物及园艺作物、农产品化学加工、营养与食品卫生、药理学及制药化学等领域研究比较活跃。植物多酚提取分离工艺和生物活性是研究热点, 已经从茶叶、中药材、水果、蔬菜、农作物等提取出多种酚类物质, 并对其抗氧化活性进行了研究。鉴于国外对植物多酚的研究更为深入, 对其体内代谢机理、抗病作用机制研究已进入临床阶段, 相比较而言, 我国在植物多酚的研究深度和热点与国外有一定差距, 在相关基础研究方面需尽快突破和成熟, 研究进程亟待加快, 以缩小与世界发达国家的差距。随着科学技术的进步, 提取方法和工艺的进一步改进与优化, 对更多植物多酚种类的认识和研究, 以及对植物多酚氧化活性、生理活性、代谢机理、抗病机制等的进一步深入研究, 我国在植物多酚天然产物的研究水平和创新应用能力方面将不断提高与进步, 研究成果将在人类健康和食品安全与卫生方面发挥重要作用。

## 参考文献:

- [1] LEWINSOHN E, GUZEN M. Phytochemical diversity: the sounds of silent metabolism[J]. *Plant Science*, 2009, 176(2): 161-169.
- [2] STOCLET J C, CHATAIGNEAU T, NDIAYE M, et al. Vascular protection by dietary polyphenols[J]. *European Journal of Pharmacology*, 2004, 500(1/3): 299-313.
- [3] 刘畅, 周家春. 植物多酚抗氧化性研究[J]. *粮食与油脂*, 2011(2): 43-46.
- [4] KITADA S, LEONE M, SARETH S, et al. Discovery, characterization, and structure-activity relationships studies of proapoptotic polyphenols targeting B-cell lymphocyte/leukemia-2 proteins[J]. *Journal of Medicinal Chemistry*, 2003, 46(20): 4259-4264.
- [5] SILICI S, SAGDIC O, EKICI L. Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of *Rhododendron* honeys[J]. *Food Chemistry*, 2009, 121(1): 238-243.
- [6] ZANG Mengwei, XU Shanqin, MAITLAND-TOOLAN K A, et al. Polyphenols stimulate AMP-activated protein kinase, lower lipids, and inhibit accelerated atherosclerosis in diabetic LDL receptor-deficient mice[J]. *Diabetes*, 2006, 55(8): 2180-2191.
- [7] 隋萍, 钟进义. 葡萄多酚对骨髓细胞辐射损伤的保护作用[J]. *中国公共卫生*, 2006(8): 942-943.
- [8] 于萍, 钟进义, 赵蓉, 等. 葡萄多酚对小鼠乳腺癌细胞增殖活性抑制作用[J]. *中国公共卫生*, 2006(12): 1425-1427.
- [9] 李聪聪, 钟进义. 葡萄多酚对人乳腺癌细胞增殖的抑制作用研究[J]. *营养学报*, 2008(1): 98-101.
- [10] 陆兴熠, 刘剑英, 钟进义. 葡萄多酚对核辐射接触人员氧化损伤防护作用[J]. *中国公共卫生*, 2008(9): 1072-1073.
- [11] 肖文军, 唐和平, 龚志华, 等. 茶叶超声波辅助浸提研究[J]. *茶叶科学*, 2006(1): 54-58.
- [12] 肖文军, 龚志华, 肖力争, 等. 超声波技术在绿茶浸提中的应用研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2006(1): 130-133.
- [13] 熊建华, 刘仲华, 黄建安, 等. 巴拉圭茶多酚大孔吸附树脂分离工艺及总多酚、多酚流分的抑菌作用研究[J]. *江西农业大学学报*, 2007, 29(4): 690-694.
- [14] 刘硕谦, 刘仲华, 黄建安, 等. 大孔吸附树脂分离富集水皂角多酚[J]. *食品科学*, 2004, 25(3): 55-60.
- [15] 张星海, 杨贤强. 茶多酚及儿茶素对前列腺癌细胞生长的抑制作用[J]. *茶叶*, 2003(3): 142-144; 158.
- [16] 胡秀芳, 张高亮, 杨贤强. 茶多酚对肾病的作用及其机理[J]. *茶叶科学*, 2002(2): 98-104.
- [17] 孙培培, 王岳飞, 张星海, 等. 茶多酚西洋参制剂安全性毒理学研究[J]. *茶叶科学*, 2008(6): 450-454.
- [18] 刘俐, 隋丽华, 韩国柱, 等. 茶多酚乳膏治疗重症痤疮的临床疗效观察[J]. *中草药*, 2009(9): 1448-1449.
- [19] 隋丽华, 宋顺鹏, 张天艳, 等. 茶多酚乳膏对痤疮动物模型的实验研究[J]. *临床皮肤科杂志*, 2007(8): 487-489.
- [20] 隋丽华, 张天艳, 汤新强, 等. 茶多酚乳膏对实验性皮肤炎症的影响[J]. *医药导报*, 2008(6): 628-629.
- [21] 张峻, 吉伟之, 齐欣. 葡萄籽中多酚类物质的提取及其对油脂的抗氧化作用[J]. *食品科学*, 2001, 21(10): 43-45.
- [22] 孙建霞, 孙爱东, 白卫滨, 等. 苹果多酚的提取工艺及其对油脂的抗氧化作用[J]. *食品与发酵工业*, 2005(3): 122-124.
- [23] 陈玉香, 刘阳, 周道玮. 茶多酚对豆油及猪油的抗氧化作用[J]. *食品科学*, 2001, 21(11): 27-29.
- [24] 孙承锋, 杨建荣, 贺红军. 苹果多酚对鲜肉色泽稳定性及脂肪氧化的影响[J]. *食品科学*, 2005, 26(9): 135-139.

- [25] 金莹, 孙爱东. 苹果多酚清除 DPPH 自由基活性的研究[J]. 中国酿造, 2006(5): 48-51.
- [26] 杨滨, 李婉萍, 娄晓明, 等. 石榴皮多酚的提取及其对人宫颈癌 HeLa 细胞作用的研究[J]. 山东医药, 2010(24): 50-51.
- [27] 谢珏, 陈清勇, 周建英, 等. 茶多酚体外诱导人肺癌细胞凋亡的机理研究[J]. 中国中西医结合杂志, 2005(3): 244-247.
- [28] 张赞彬, 孙晔, 龚钢明. 甘薯多酚提取液的抑菌试验研究[J]. 食品与机械, 2007(5): 87-89.
- [29] 宋薇薇, 焦士蓉, 周佳, 等. 石榴皮多酚的微波辅助提取及提取物抗氧化与抑菌作用研究[J]. 现代食品科技, 2008(1): 23-27.
- [30] 戚向阳, 陈福生, 陈维军, 等. 苹果多酚抑菌作用的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(5): 33-36.
- [31] 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(5): 553-557.
- [32] 熊涛, 吴兴军, 王逸平. 丹参多酚酸盐抑制低密度脂蛋白氧化修饰[J]. 中药药理与临床, 2004(4): 7-10.
- [33] 程霜, 郭长江, 杨继军, 等. 石榴皮多酚提取物降血脂效果的实验研究[J]. 解放军预防医学杂志, 2005(3): 160-163.
- [34] 谢文利, 晋玉章, 万宗明, 等. 聚果多酚抗衰老作用的实验研究[J]. 食品科学, 2009, 30(9): 207-209.
- [35] 刘萍. 红茶和绿茶中茶多酚提取工艺研究[J]. 天津农学院学报, 2010, 72(4): 39-43.
- [36] 李金凤, 段玉清, 马海乐, 等. 板栗壳中多酚的提取及体外抗氧化性研究[J]. 林产化学与工业, 2010(1): 53-58.
- [37] 唐远谋, 李明元, 徐坤, 等. 啤酒花多酚的提取及对 DPPH 自由基的清除作用[J]. 西华大学学报: 自然科学版, 2010(4): 105-109.
- [38] 张庆云. 茶多酚提取方法的进展[J]. 福建茶叶, 2002(2): 15-16.
- [39] 邬建国, 陈侃, 张晓昱. 花生衣总多酚乙醇辅助微波提取条件优化[J]. 中国食品添加剂, 2010(5): 103-106.
- [40] 何志勇, 夏文水. 橄榄多酚的提取研究[J]. 林产化学与工业, 2007(1): 77-80.
- [41] 邓泽元, 刘娟, 肖艳玉, 等. 金属盐沉淀法提取茶多酚影响因素的研究[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2001(3): 92-98.
- [42] 潘文洁, 李敬华, 王建通. 大山村野茶茶多酚提取工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2010(24): 13012-13013; 13015.
- [43] 刘渠道, 王建中, 许诺. 响应面法优化超声波辅助提取茶多酚的工艺研究[J]. 中国食物与营养, 2008(9): 40-44.
- [44] 陆爱霞, 姚开, 贾冬英, 等. 超声辅助法提取茶多酚和儿茶素的研究[J]. 中国油脂, 2005(5): 48-50.
- [45] 蒋建平, 陈洪, 汪秋安, 等. 茶多酚的离子沉淀法提取及其成分分析[J]. 株洲工学院学报, 2004(5): 53-56.