

## 荔枝皮多酚纯化工工艺的优化研究

周秋艳<sup>1</sup>, 唐方华<sup>1</sup>, 蒋旭红<sup>2</sup>, 郑志鹏<sup>1</sup>, 谢小燕<sup>3</sup>

(1. 纽斯葆广赛(广东)生物科技股份有限公司提取发酵实验室, 广东广州

510900; 2. 仲恺农业工程学院, 广东广州 510550; 3. 广州南洋理工职业学院, 广东广州 510925)

**摘要** [目的]以荔枝皮为原料,优化荔枝皮多酚的纯化工工艺,提高荔枝多酚资源利用率。[方法]以多酚纯度及收率为衡量指标,通过对比7种大孔树脂的静态吸附与解吸,确定纯化荔枝皮多酚的最佳树脂;通过大孔树脂动态吸附与洗脱,考察吸附量、洗脱溶剂、洗脱溶剂用量、洗脱速度等因素,确定荔枝皮多酚纯化的最佳工艺。[结果]筛选出DM21大孔树脂作为最佳纯化材料,DM21纯化荔枝皮多酚的最佳工艺如下:吸附量93.4 mg/mL,洗脱溶剂为90%乙醇,洗脱溶剂用量1.5 BV,洗脱速度1.5 BV/h。在此最优条件下,荔枝皮多酚平均纯度为32.27%,平均转化率为69.03%。[结论]大孔树脂DM21纯化荔枝皮多酚效果良好,值得推广应用。

**关键词** 荔枝皮多酚;纯化;大孔树脂;静态吸附与解吸;动态吸附与洗脱

中图分类号 TS209 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)22-0187-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.22.055



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on the Optimization of Purification Process of Polyphenols from Litchi Pericarp

ZHOU Qiu-yan<sup>1</sup>, TANG Fang-hua<sup>1</sup>, JIANG Xu-hong<sup>2</sup> et al (1. Extraction and Fermentation Laboratory of Nuspower Greatsun (Guangdong) Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510900; 2. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510550)

**Abstract** [Objective] To optimize the purification process of polyphenols from litchi pericarp by using litchi pericarp as raw material, and improve the utilization rate of litchi polyphenols. [Method] Based on the purity and yield of polyphenols, the best resin for purifying polyphenols from litchi pericarp was determined by comparing the static adsorption and desorption of seven kinds of macroporous resins. Based on the dynamic adsorption and elution of macroporous resin, the adsorption amount, elution solvent, elution solvent dosage and elution rate were investigated to determine the optimal process for purifying polyphenols of litchi pericarp. [Result] The macroporous resin DM21 was selected as the best purification material. The optimal process for purifying polyphenols from litchi pericarp by DM21 was as follows; adsorption amount 93.4 mg/mL, elution solvent 90% ethanol, the dosage of elution solvent 1.5 BV, elution rate 1.0 BV/h. Under these optimal conditions, the average purity of polyphenols from litchi pericarp was 32.27%, and the average yield was 69.03%. [Conclusion] The purification of polyphenols from litchi pericarp by using macroporous resin DM21 is effective, which is worthy of popularization and application.

**Key words** Polyphenols from litchi pericarp; Purification; Macroporous resin; Static adsorption and desorption; Dynamic adsorption and elution

植物多酚(plant polyphenols),又称植物单宁或鞣质(tannins),是一类广泛存在于高等植物体内的多元酚类化合物<sup>[1]</sup>,其结构复杂,已被证实具有多种功效,如抗氧化作用<sup>[2]</sup>,能有效预防高血脂、高血糖、心脑血管等慢性疾病<sup>[3]</sup>,还具有抵抗神经性疾病和降低癌症风险等作用<sup>[4]</sup>,食品、药品、营养保健等众多领域均能得到广泛应用<sup>[5]</sup>。

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)为无患子科(Sapindaceae)荔枝属植物荔枝的果实,主要生长在亚热带地区。我国是荔枝生产大国,主要产地为广东、福建、广西、海南等。荔枝果皮目前作为荔枝加工的生产废弃物,尚未得到有效利用。研究表明,荔枝果皮含有多酚物质,为荔枝主要功能成分之一,已有报道称荔枝酚类物质具有多种生物活性,如降血糖、抗氧化、抗肿瘤等<sup>[6-8]</sup>。

分离纯化多酚类物质的方法有很多,常见的方法包括有溶剂萃取法、沉淀分离法、大孔树脂吸附法、膜分离技术及逆流色谱技术等<sup>[9]</sup>。其中,大孔树脂吸附法具有生产效率高、成本低且操作简便易行、选择性好、吸附容量大、树脂可重复利用等优点,将广泛应用于工业化制备天然产物中<sup>[10]</sup>。

采用大孔树脂分离纯化多酚类物质的研究已有大量报道,如大孔树脂分离纯化苹果多酚、葡萄多酚、枣类多酚等<sup>[11-13]</sup>,但关于荔枝皮多酚类物质的分离纯化则鲜见报道。笔者以荔枝皮为原料,采用大孔树脂对荔枝皮中多酚类物质的分离纯化工工艺进行了研究,以期开发一种具有良好生理活性的、新的植物多酚材料,同时为拓展荔枝深加工产品领域、综合利用荔枝资源提供一条有效途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料和试剂

**1.1.1 原料。**“淮枝”品种荔枝皮,取自广州市从化区明珠市场的荔枝整果。

**1.1.2 试剂。**没食子酸,购自中国食品药品检定研究院;福林酚,购自中国食品药品检定研究院;大孔树脂LSA-12、XDA-8、LX-T28、LX-8、D101,购自西安蓝晓科技新材料股份有限公司;大孔树脂DM21、DM28,购自艾美科健(中国)生物医药有限公司;95%乙醇,分析纯,购自天津市大茂化学试剂厂;甲醇,分析纯,购自天津市大茂化学试剂厂;碳酸钠,分析纯,购自天津市大茂化学试剂厂。

**1.2 主要仪器与设备** DMF-10A多功能摇摆式粉碎机(浙江温岭市铭大药材机械设备有限公司)、DMF-4B手提式高速中药粉碎机(浙江温岭市铭大药材机械设备有限公司)、2WAJ阿贝折射仪(上海仪电物理光学仪器有限公司)、LT-1002电子天平(常熟市天量仪器有限责任公司)、ATX224分

**基金项目** 广东省高校省级重大项目(2018GKZDXM010);广州市南博乡村振兴研究院农业生物资源精细化生产与综合利用协同创新中心项目(NY-2018CP2PT-01)。

**作者简介** 周秋艳(1988—),女,广西柳州人,硕士,从事天然产物方面的研究。

**收稿日期** 2019-05-20

析天平(岛津制作所)、TD-5M离心机(山东博科科学仪器有限公司)、SP-752PC紫外分光光度计(上海光谱仪器有限公司)、5L旋转蒸发器(上海大颜仪器设备有限公司)、EXRE-2002旋转蒸发器(巩义市宇翔仪器有限公司)、DHG-9240A电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)、DZF-6053真空干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

**1.3 荔枝皮提取浓缩液的制备** 新鲜荔枝皮 60 °C 烘 8 h, 粉碎至粗粉, 备用。荔枝皮第 1 次提取: 温度 60 °C、70% 乙醇、料液比 1:7, 提取 60 min。药渣第 2 次提取: 温度 60 °C、70% 乙醇、料液比 1:6, 提取 60 min。然后, 合并 2 次提取液。60 °C 减压浓缩至无醇后, 浓缩液 4 000 r/min 离心 6 min, 得到荔枝皮提取浓缩液, 冷藏保存备用。

**1.4 没食子酸标准曲线的绘制** 准确称取 (0.110±0.010) g 没食子酸, 用蒸馏水溶解, 然后定容至 100 mL, 即为没食子酸标准储备溶液。准确量取 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL 标准储备溶液置于 100 mL 容量瓶中, 定容至刻度, 摇匀, 浓度分别为 10、20、30、40、50 μg/mL, 即为没食子酸工作液。准确量取 1.0 mL 没食子酸工作液置于刻度试管中, 分别加入 5.0 mL 10% 福林酚试剂, 摇匀, 反应 3~8 min; 加入 4.0 mL 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液, 摇匀, 室温下放置 60 min, 于 765 nm 波长下使用紫外可见分光光度计测定吸光度(A), 绘制标准曲线。空白用蒸馏水代替没食子酸标准溶液。

**1.5 多酚含量的检测** 称取待检测样品置于 10 mL 离心管中, 加入 70 °C 预热过的 70% 甲醇溶液 5 mL, 搅拌均匀, 立即移入 70 °C 水浴 10 min, 冷却至室温, 3 500 r/min 转速离心 10 min, 将上清液转移至 10 mL 容量瓶; 将沉淀再加入 5 mL 70% 甲醇溶液, 重复以上操作; 合并提取液定容至 10 mL, 摇匀, 再准确量取 1.0 mL 置于 100 mL 容量瓶中, 摇匀, 待测。从 100 mL 容量瓶中准确量取 1.0 mL 样品溶液置于刻度试管中, 分别加入 5.0 mL 10% 福林酚试剂, 摇匀, 反应 3~8 min 后, 加入 4.0 mL 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液, 摇匀后室温下放置 60 min, 空白用蒸馏水代替样品溶液。在 765 nm 波长下测定样品吸光度, 计算样品中多酚的含量。

**1.6 大孔树脂的预处理** 95% 乙醇浸泡大孔树脂 24 h, 使其充分溶胀, 然后将大孔树脂装柱, 用 95% 乙醇冲洗, 直至洗出液加适量纯化水后无白色浑浊现象出现, 再用纯化水洗至无醇, 即可使用。

**1.7 大孔树脂的静态吸附** 取荔枝皮提取浓缩液适量, 用纯化水稀释至固形物 ≤5%, 得到荔枝皮提取稀释液, 备用; 将预处理过的型号分别为 LSA-12、XDA-8、LX-T28、LX-8、D101、DM21、DM28 树脂中每种树脂各取 5 份, 每份重量为 16.0 g, 共计 35 份, 分别置于 250 mL 锥形瓶中, 然后分别加入 100 mL 荔枝皮提取稀释液, 于摇床中振荡吸附 12 h (振速为 150 r/min) 后抽滤, 并用纯化水冲洗至抽滤液为无色为止, 合并同一树脂型号抽滤液, 并分别向抽滤后树脂中加入 100 mL 体积分数 70% 的乙醇振荡解吸 12 h, 分别收集抽滤液, 检测, 以荔枝皮多酚纯度和收率为考察指标, 筛选出分离纯化荔枝皮多酚的大孔树脂。

**1.8 大孔树脂的动态吸附** 量取荔枝皮提取浓缩液, 用纯化水稀释至固形物 ≤5%, 得到稀释液, 备用; 采用大孔树脂法对荔枝皮多酚进行纯化。将静态吸附试验筛选出的树脂湿法装柱, 进行试验确定大孔树脂吸附量, 考察洗脱溶剂、洗脱溶剂用量、洗脱速度等因素对多酚纯度以及收率的影响。

## 2 结果与分析

**2.1 没食子酸的标准曲线** 以没食子酸浓度为横坐标, 以吸光度(A)为纵坐标, 绘制标准曲线, 得到标准曲线方程:  $y = 0.0115x + 0.0054$  ( $R^2 = 0.9987$ )。没食子酸的标准曲线见图 1。

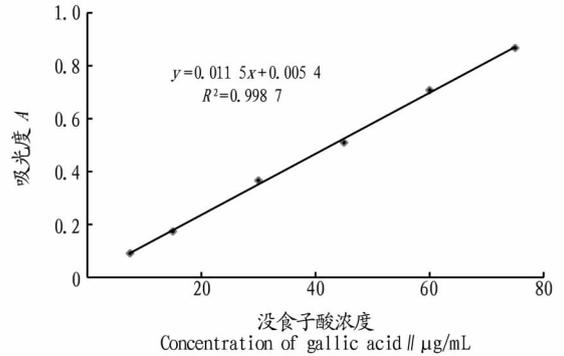


图 1 没食子酸的标准曲线

Fig.1 The standard curve of gallic acid

**2.2 大孔树脂的静态吸附** 7 种大孔树脂对荔枝皮多酚的纯度和收率见图 2。从图 2 可以看出, 大孔树脂 LSA-12、XDA-8、LX-T28、LX-8、D101、DM21、DM28 的荔枝皮多酚纯度分别为 29.99%、21.40%、29.05%、46.78%、28.49%、26.08% 和 26.63%, 多酚收率分别为 59.49%、47.37%、58.17%、31.15%、58.78%、64.08% 和 65.19%, 虽然 LSA-12、LX-T28、LX-8 和 D101 多酚纯度高于 DM21、DM28, 但其多酚收率明显较低, 又因大孔树脂 DM28 易结块, 因此选择大孔树脂 DM21 进行下一步试验。

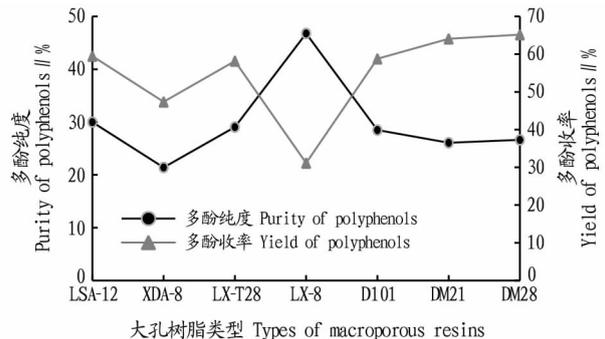


图 2 7 种大孔树脂对荔枝皮多酚纯度和收率的影响

Fig.2 Effects of 7 kinds of macroporous resins on the purity and yield of polyphenols from litchi pericarp

## 2.3 大孔树脂的动态吸附

**2.3.1 大孔树脂吸附量的确定。** 将大孔树脂 DM21 装柱, ≤5% 固形物稀释液过柱, 流速 1.0 BV/h, 以流出液固形物含量为衡量指标, 确定吸附量。大孔树脂 DM21 上柱流出液固形物含量的动态曲线见图 3。由图 3 可知, 大孔树脂 DM21 流

出液固形物含量在 3.5~7.0 h 保持不变,说明 3.5 h 后树脂的吸附量达到饱和,此时树脂的吸附量为 39.30 g,装柱体积为 420 mL,表明后续试验吸附量分别按总固形物:树脂体积=1:10.71(g/mL)装柱即可。这是因为大孔树脂对物质的吸附量是有限的,达到其吸附量时则不再吸附物质,因此认为其吸附饱和。

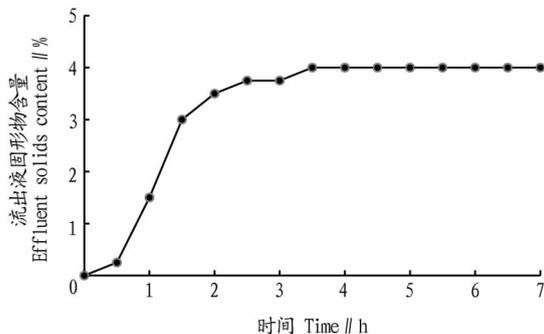


图3 大孔树脂 DM21 上柱流出液固形物含量的动态曲线

Fig.3 The content dynamic curve of effluent solids discharged from the column of macroporous resin DM21

**2.3.2 洗脱溶剂乙醇浓度的确定。**在确定吸附量的基础上,分别用 10%、30%、50%、70%、90% 乙醇进行分段洗脱,洗脱速度 1.0 BV/h,每段洗脱溶剂用量 0.75 BV,收集洗脱液,浓缩、干燥,以不同乙醇浓度洗脱液的多酚收率累积百分比为衡量指标,确定洗脱溶剂乙醇的浓度。不同乙醇浓度对大孔树脂 DM21 洗脱液多酚收率的影响见图 4。由图 4 可知,70% 乙醇仅能洗脱多酚收率的 84.53%,90% 乙醇才能洗脱多酚收率的 95% 以上,故试验选择 90% 乙醇作为最佳洗脱剂。

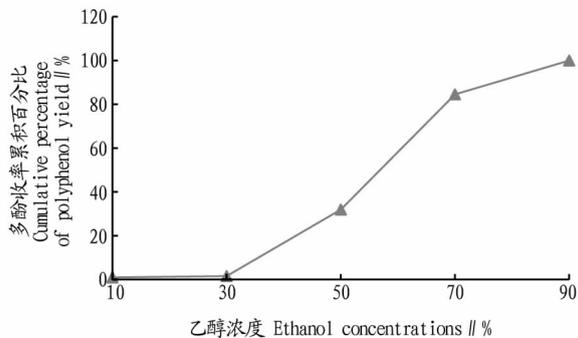


图4 不同乙醇浓度对大孔树脂 DM21 多酚收率累积百分比的影响

Fig.4 Effects of different ethanol concentrations on the cumulative percentage of polyphenol yield from macroporous resin DM21

**2.3.3 洗脱溶剂用量的确定。**在确定吸附量以及洗脱乙醇浓度的基础上,采用 2.5 BV 体积洗脱溶剂进行洗脱,每 0.5 BV 体积收集 1 次,以洗脱液中的多酚收率累积百分比为衡量指标,确定洗脱溶剂用量。不同洗脱溶剂用量对大孔树脂 DM21 洗脱液多酚收率累积百分比的影响见图 5。由图 5 可知,随着洗脱溶剂的增加,多酚收率累积百分比呈现上升的趋势。当洗脱溶剂为 0.5~1.5 BV 时上升趋势急剧加快,当洗脱溶剂为 1.5~2.5 BV 时上升趋势不明显。这是因为随

着洗脱溶剂的增加,多酚被逐渐洗脱下来,当达到一定量时多酚基本洗脱完全。综合考虑,在多酚被充分洗脱的前提下,出于经济考虑,应尽量节省洗脱剂的用量,故该试验选择 1.5 BV 为最佳洗脱溶剂用量。

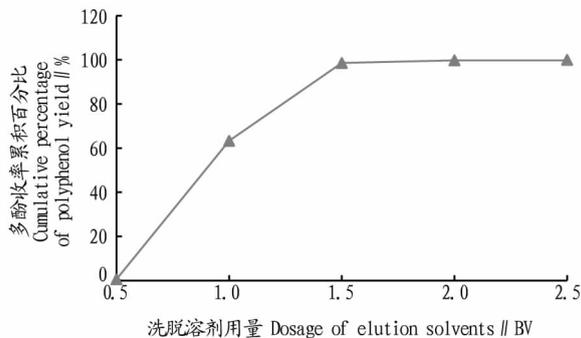


图5 不同洗脱溶剂用量对大孔树脂 DM21 多酚收率累积百分比的影响

Fig.5 Effects of different dosage of elution solvents on the cumulative percentage of polyphenol yield from macroporous resin DM21

**2.3.4 洗脱速度的确定。**在确定吸附量、洗脱乙醇浓度 90% 和洗脱溶剂用量 1.5 BV 的基础上,分别以洗脱速度 0.5、1.0、1.5 BV/h 进行洗脱,以洗脱液多酚收率为衡量指标,确定洗脱速度。不同洗脱速度对大孔树脂 DM21 洗脱液多酚收率的影响见图 6。由图 6 可知,随着洗脱速度的增加,多酚收率无明显变化。在实际应用中,洗脱流速过慢会使生产效率降低,成本增加。因此,当使用大孔树脂 DM21 进行荔枝皮多酚纯化时,最佳洗脱速度为 1.5 BV/h。

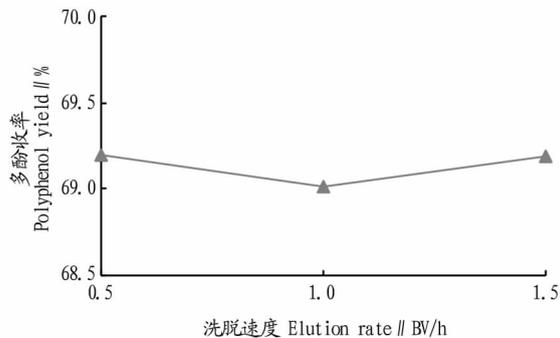


图6 不同洗脱速度对大孔树脂 DM21 多酚收率的影响

Fig.6 Effects of different elution rate on polyphenol yield of macroporous resin DM21

**2.4 验证试验** 按照大孔树脂动态吸附试验确定的大孔树脂 DM21、洗脱溶剂 90% 乙醇、洗脱溶剂 1.5 BV、洗脱速度 1.5 BV/h,进行 3 个平行试验,荔枝皮多酚纯度分别为 31.89%、32.93% 和 31.99%,平均值为 32.27%,相对标准偏差 (RSD) 为 1.78%;荔枝皮多酚收率分别为 69.26%、68.07% 和 69.76%,平均值为 69.03%,相对标准偏差 (RSD) 为 1.26%,表明该纯化工艺稳定、可行。

### 3 结论与讨论

通过大孔树脂的静态试验和动态试验,确定荔枝皮多酚

(下转第 228 页)

表5 协整检验结果

Table 5 Cointegration test results

项目 Item	检验值 Test value	P 值 P value
Engle-Granger tau-statistic	-2.171 575	0.450 6
Engle-Granger z-statistic	-7.942 822	0.451 7

## 3.2 建议

**3.2.1 做大做强地方财政收入。**通过对陕西省地方财政支出和收入的对比,该研究发现陕西省地方财政支出与收入差额过去的12年内直线上升,由2005年的363.644 4亿元,上升至2017年的2 826.496 1亿元,增加了7.77倍。而数据显示,税收占陕西地方财政收入的占比大约只占70%。从这个角度来看,陕西巨额的财政支出是不可持续的,解决问题的途径唯有大力发展陕西地方经济,做大做强地方财政。

**3.2.2 提高陕西地方财政的针对性支出。**地方财政在陕北、关中地区加大对环境保护方面的投入。这是因为陕北地区是以能源化工产业为支柱性产业,而关中地区一方面环境污染严重,PM<sub>2.5</sub>居高不下,2018年汾渭平原被列入全国环境污染重点防控区域,另一方面秦岭北麓破坏严重,生态环境遭到严重恶化。因此,在陕北和关中地区,财政支出应该适当向环境保护方向倾斜。

地方财政在陕南地区应该加大在脱贫攻坚、就业方面的支出,稳步推进城镇化。陕南地区山高林密,经济发展落后,人民生活水平处于较低水平,故应该充分发挥财政的“第二金融”作用,做好人民的就业工作,落实中央关于精准脱贫、乡村振兴的各项安排,稳步推进城镇化,实现农民的梯度转

(上接第189页)

纯化的最优树脂为DM21,最优工艺参数如下:吸附量93.4 mg/mL、洗脱溶剂90%乙醇、洗脱溶剂1.5 BV、洗脱速度1.5 BV/h。在此最优条件下,荔枝皮多酚平均纯度以及收率比较理想,可以很好地分离纯化荔枝皮多酚。

前人已对荔枝皮多酚的分离纯化进行了研究,如熊何健等<sup>[14]</sup>用8倍体积50%(V/W)的丙酮溶液在室温下浸提荔枝壳2次,每次浸提2 h,回收溶剂,荔枝多酚粗提物得率为34.2%。粗提物经AB-8型树脂柱层析纯化,30%乙醇洗脱组分的多酚回收率为86.8%,纯度为30.0%。该研究结果表明,DM21大孔树脂是纯化荔枝皮多酚的理想吸附树脂,具有纯化效果良好、解吸率高等特点,荔枝皮多酚的动态平均多酚收率为69.03%,相对较低,但多酚平均纯度较高,达32.27%。该研究中优化后的纯化工艺操作简单,大孔树脂以及用于洗脱的乙醇溶液可重复利用,既节约了成本,又减少了对环境的污染,可用于工业化生产。

## 参考文献

- [1] 陈亮,李医明,陈凯先,等.植物多酚类成分提取分离研究进展[J].中草药,2013,44(11):1501-1507.
- [2] KACEM M, KACEM I, SIMON G, et al. Phytochemicals and biological ac-

移,实现脱贫致富,最终达到城乡统筹发展的目的。

**3.2.3 积极实施可行性缺口补助型PPP融资项目。**PPP融资模式,又称政府和社会资本合作模式,是指政府与社会资本以特许权协议为基础合作提供某种公共物品和服务,分为政府购买、可行性缺口补助与使用者付费3种类型。陕西省应该积极实施可行性缺口补助型PPP融资项目,提高财政资金使用效益,以少量的政府财政支出带动大量的社会资本,进而激发市场活力,推进基础设施建设,最终实现城乡统筹发展。

## 参考文献

- [1] 李秀玲,李诚固.吉林省城市化进程的分形分析与预测[J].东北师大学报(哲学社会科学版),2011(1):41-45.
- [2] 王怡,左晓民.统筹西部城乡发展的财税政策选择[J].商洛师范专科学校学报,2006,20(2):121-123.
- [3] 梅迪.统筹城乡发展的财税政策研[D].大连:东北财经大学,2006.
- [4] 贾会棉,曹印革,路剑.城乡统筹发展中的财政体制改革路径[J].商业时代,2006(20):48-49.
- [5] 张筠.统筹城乡发展的财税政策研究:以山东为例[D].济南:山东大学,2008.
- [6] 黄冠豪.统筹城乡发展:理论演进与财税政策[J].税务研究,2010(12):8-13.
- [7] 郭玥.统筹城乡发展财税政策探讨:以成都市为例[J].财会研究,2011(12):19-20,22.
- [8] 王传松.重庆市城乡统筹发展的财政风险研究[D].重庆:西南大学,2014.
- [9] 孙正林,贾琳.我国统筹城乡发展的财税政策研究[J].求是学刊,2014,41(4):46-51.
- [10] 张晓燕.中国共产党农村社会建设理论与实践研究[D].西安:陕西师范大学,2013.
- [11] 周启清,孟玉龙.山东金融发展水平测度及其对山东经济增长的贡献度研究[J].数学的实践与认识,2018(16):64-71.

- activities of *Ruta chalepensis* L. growing in Tunisia[J]. Food bioscience, 2015, 12:73-78.
- [3] ROOPCHAND D E, KUHN P, ROJO L E, et al. Blueberry polyphenol-enriched soybean flour reduces hyperglycemia, body weight gain and serum cholesterol in mice[J]. Pharmacol Res, 2013, 68:59-67.
- [4] SERRA A T, DUARTE R O, BRONZE M R, et al. Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal[J]. Food Chem, 2011, 125(2):318-325.
- [5] 姜楠,王蒙,韦迪哲,等.植物多酚类物质研究进展[J].食品安全质量检测学报,2016,7(2):339-444.
- [6] 李书艺,秦新光,程吉祥,等.荔枝皮原花青素对模拟食品体系中糖基化终产物的抑制效果[J].农业工程学报,2016,32(8):299-305.
- [7] 温叶杰,肖娟,董丽红,等.荔枝果肉多酚不同极性分部的构成谱及其抗氧化活性比较[J].食品科学技术学报,2016,34(3):31-39.
- [8] 张晓晖,孙智达,李书艺,等.荔枝壳原花青素对脓毒症大鼠心肌细胞凋亡的作用及其机制研究[J].中国药理学通报,2015,31(7):931-935.
- [9] 马乐,韩军歧,张润光,等.大孔吸附树脂在植物多酚分离纯化中的应用现状[J].食品工业科技,2015,36(12):364-367,374.
- [10] 刘春慷.大孔吸附树脂在中药分离纯化中的研究进展[J].农产品加工,2015(4):54-57.
- [11] 李建新,张晓宇.D280大孔树脂对苹果多酚的动态解吸工艺优化[J].北方园艺,2015(11):116-118.
- [12] 季红,贾荣,郭鑫.大孔树脂对山葡萄籽多酚提取物的纯化工艺优选[J].吉林大学学报(医学版),2017,43(6):1272-1277.
- [13] 王雅,樊明涛,赵萍,等.大孔树脂对沙枣多酚的动态吸附解吸性能研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(12):215-220.
- [14] 熊何健,郑建华,吴国宏,等.荔枝多酚的分离制备及清除DPPH活性[J].食品科学,2006,27(7):86-88.