DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2020.07.045

油茶饼粕中主要成分及其综合利用研究进展

Research progress on the main components and comprehensive utilization of *Camellia oleifera* cake

刘楚岑[1,2] 裴小芳[1,3] 周文化[1,2,3] 莫 华[1,4]

LIU Chu-cen[1,2] *FEI Xiao-fang*[1,3] *ZHOU Wen-hua*[1,2,3] *MO hua*[1,4]

(1. 特医食品加工湖南省重点实验室,湖南 长沙 410004;2. 中南林业科技大学食品科学与工程学院,湖南 长沙 410004;3. 湖南美津园粮油食品有限公司,湖南 长沙 410004;4. 湖南应用技术学院,湖南 常德 415500)

(1. *The Key Laboratory of Special Medical Food Processing in Hunan Province*, *Changsha*, *Hunan* 410004, *China*; 2. *The Institute of Food Science and Engineering in Central South University of Forestry and Technology*, *Changsha*, *Hunan* 410004, *China*; 3. *Hunan Meijinyuan Grain*, *Oil and Food Co.*, *Ltd.*, *Changsha*, *Hunan* 410004, *China*; 4. *Hunan Applied Technology University*, *Changde*, *Hunan* 415500, *China*)

摘要:文章从油茶饼粕中蛋白质、多糖、多酚、茶皂素等主要成分的提取与应用两个方面进行综述,发现油茶粕具有较高加工利用价值,可作为新型食品原料,也可作为饲料、化工、轻工等相关领域的重要原料,综合来看,油茶副产物在特医食品、保健食品的研发与应用方向具有一定潜力。

关键词:油茶;饼粕;主要成分;综合利用

Abstract: In this paper, the extraction and application of protein, polysaccharide, polyphenol and tea saponin from *Camellia oleifera* cake were reviewed. It is found that *Camellia oleifera* meal has high processing and utilization value, which can be used as new food raw material or feed, chemical industry, light industry and other important raw materials. On the whole, the by-products of *Camellia oleifera* have certain potential in the development and application direction of special medical food and health food.

Keywords: *Camellia oleifera* Abel.; cake meal; main components; comprehensive utilization

油茶(*Camellia oleifera* Abel.)别名茶子树,属于山茶科植物,为常绿小乔木。油茶粕是指将油茶果去壳部分进行压榨后除油以外的剩余物,油茶粕中含有约10%~20%的蛋白质、10%的茶皂素、6%~10%的油酸以及其他可用于生产加工的成分[1],其中蛋白质、碳水化合物、粗纤维总量可达 75%[2]。近年来,油茶籽油作为食用油占比超过 1%,产油量提升,油茶籽粕量也激增,目前中国油茶粕的年产量达到 5.0×10^5 t,油茶粕加工利用却停留在实验室阶段,工业化应用还停留在相对落后的阶段[3]。文章拟着重从油茶饼粕中蛋白质、多糖、多酚、茶皂素等成分的提取与应用两个方面进行综述,以期为进一步合理开发利用提供重要指导和参考。

1 油茶饼粕主要成分

油茶饼粕中除纤维素外,主要成分还有蛋白质、多糖、多酚、茶皂素等。其中,油茶蛋白是一种植物蛋白,据报道[4],从植物中获取的蛋白质优于动物蛋白且更利于人体健康;植物多糖与多酚通常是具有特殊生物活性的天然物质,研究[5-6]表明,多酚除可用作天然色素与抗氧化剂外,还具有预防慢性疾病(如:心血管、癌症等)的保健功效;植物多糖则除了具有保健功能(如:降血糖、抗肿瘤等),还有着来源丰富、可化学修饰、生物相容性、低毒等特点;茶皂素具有一定抑菌特性,通常作为表面活性剂被用于工业生产中,油茶粕粗提物也具有与其类似的抑菌功能。

2 油茶饼粕主要成分提取

2.1 蛋白

油茶饼粕中含有丰富植物蛋白,粗蛋白含量在 1.5%左右,且氨基酸比例平衡,可作为反刍动物类理想的蛋白饲料。碱溶酸沉法是传统的蛋白质提取法,丁丹华等[7]采用碱溶酸沉法制备油茶籽蛋白,蛋白提取率为 57.8%。

基金项目:湖南省重点研发计划(编号:2017NK2213);长沙市重大专项(编号:kq1703036);湖南省创新平台与人才计划(编号:2017TP1021);长沙市科技计划(编号:KC17040007)

作者简介:刘楚岑,女,中南林业科技大学在读博士研究生。

通信作者:周文化(1969—),男,中南林业科技大学教授,博士。E-mail:1479674265@qq.com

收稿日期:2020-02-20

何玮等[8]以油茶粕为原料采用碱溶酸沉法，在最优条件下，蛋白质提取率为油茶粕的 6.56%，其中蛋白质纯度为 86.7%，而将脱脂后的油茶粕用淀粉酶、纤维素酶进行处理，经淀粉酶处理后可从油茶粕中提取出蛋白质的提取率可达 70.36%[9]，而采用纤维素酶处理的油茶粕在 pH 值为 3 时得到蛋白质提取率高达 80.83%[10]。李慧珍[11]研究认为油茶粕蛋白主要是水溶性蛋白，以谷蛋白、清蛋白为主，两种蛋白分别占总蛋白含量的 40.33% 与 45.86%，经响应面优化清蛋白提取率可达 77.98%，经热重扫描分析表明油茶粕分离蛋白在 88.33 ℃条件下可发生变性，水溶性蛋白质可使用磷酸缓冲盐溶液、Tris-HCl 溶液、NaCl 溶液 3 种提取剂提取，其中，Tris-HCl 溶液对水溶性蛋白质提取率最大(69.86%)。目前，为常用油茶饼粕蛋白提取方法见表 1。

2.2 多糖

油茶籽中多糖含量较高，植物多糖提取法主要有溶剂提取法、酶提取法、超声提取法、微波提取法 4 种提取法[15]，目前，常用油茶饼粕多糖提取与纯化方法具体见表 2。

周丽明等[23]以 55%浓度乙醇作为提取溶剂，通过正交试验采用回流法提取多糖，在优化条件下得率为 6.21%。范燕华等[24]在以乙醇作为提取剂的基础上，使用响应面优化多糖提取方法，研究不同条件对提取率影响，最优条件下多糖提取率为 8.44%。研究[25]表明，采用水提法提取多糖，在料液比、提取时间、提取温度条件中，提取温度对多糖提取率影响最大。由表 2 可知，使用超声辅助(水提醇沉法)提取多糖，经优化后多糖提取率达到 14.22%[16]，微波水提法可使多糖提取率达 15.5%[19]，而使用酶辅助(水提法)提取多糖，在优化条件下提取率可达 26.62%[17]105-107，研究[21-22]表明，采用离子交换树脂柱层析、分级纯化法可得 3 个多糖组分；超滤后采用大孔树脂、凝胶分离纯化法可得到有着 4 个不同特性的多糖组分；石浩等[26]以 12 年生油茶粕作为原料，运用葡聚糖凝胶柱层析方法与纤维素层析法分离出 5 种多糖，由此可知，采用不同纯化法分离多糖，得到的多糖组分数量以及特性不尽相同。

表 1　油茶饼粕蛋白常用提取方法对比

Table 1　The comparison of extraction methods of *Camellia oleifera*, cake protein

方法	优缺点	提取率/%	参考文献
传统碱溶酸沉法	优点：方法简单，操作方便，容易学习 缺点：pH 值过高、过低都易使蛋白质变性，且提取率偏低	58.74	[12]
水酶法、酶前处理辅助法	优点：酶制剂，反应条件温和、提取效率高、安全环保 缺点：酶反应对条件有要求，成本较高	66.80，80.83	[10,13]
超声、蒸汽爆破辅助法	优点：在水酶法、碱溶酸沉法的基础上提高蛋白提取率，超声辅助法保证有效成分不被破坏 缺点：超声辅助法成本偏高，蒸汽爆破辅助法则会对有效成分造成一定破坏	90.64，71.01	[12,14]

表 2　油茶饼粕多糖常用提取、提纯方法

Table 2　The extraction and purification of polysaccharide from *Camellia oleifera* meal

方法	提取率	参考文献
超声、酶辅助，优化提取法	多糖提提取率分别可达 14.22%，26.62%(纤维素酶)	[16][17]48-53
水提醇沉，优化提取法	多糖提取率可达(11.29±0.20)%	[18]
微波水提法	原料粒度对多糖提取影响最大、多糖提取率可达 15.5%	[19]
正丁醇萃取法纯化洗脱法	萃取 6 次后，油茶粕多糖纯度为(95.97±0.62)%	[20]
离子交换树脂柱层析分级纯化法	分级纯化得 CSP1、CSP2(中性杂多糖)和 CSP3(酸性均一)3 个多糖组分	[21]
超滤后，大孔树脂、凝胶分离纯化法	油茶粕粗多糖(COP-c)经超滤分成 4 种不同分子量的组分，并经 DEAE 离子纤维素树脂和葡聚糖凝胶 G-100 纯化得 4 种多糖且具有不同特性	[22]

2.3 多酚类化合物

油茶粕富含多酚类化合物等活性成分，其提取工艺各异，曹清明等[27-29]分离了从南山茶中提取出山奈酚葡萄糖苷类化合物、山奈酚半乳糖苷类化合物、二氢山奈酚糖苷类化合物、黄酮类化合物和木脂素类化合物 5 种活性成分，其提取路线如图 1 所示。主要是将油茶茶果晾干，去壳，以冷榨法脱去油脂后产生的饼晾干，并适当粉碎，以 60%乙醇于 60～70℃加热回流提取 3 次，每次

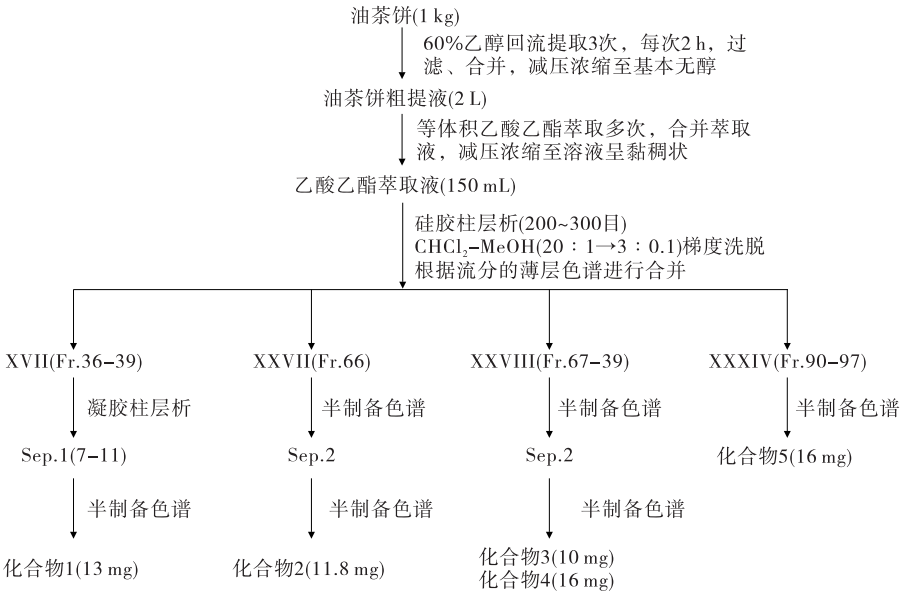

图 1　油茶粕活性成分提取路线图

Figure 1　Roadmap for extraction of active components from *Camellia oleifera*

2 h,料液比 1∶3 (g/mL),然后对得到的提取液进行过滤、合并。合并后的滤液减压浓缩至无醇旋出,得浓缩液 8 L,再以等体积的乙酸乙酯反复萃取多次,直至上层萃取液颜色变浅,合并萃取液。减压浓缩至黏稠状,得乙酸乙酯萃取部位浓缩液约 150 mL。油茶粕中活性成分单体众多,提取方法、条件多样。

李利敏[30]24-25选用 8 种油茶粕作为研究对象,结果表明普通油茶 OCE 多酚含量高,而黄酮类物质含量在浙江红花油茶粕的黄酮相对较高。Gao 等[31]从油茶粕中分离出山奈酚乙酰化糖苷(1、2)、没食子酸等多酚混合物。目前,油茶粕多酚常用的提取、提纯方法见表 3。

从表 3 可知,超声、微波等辅助条件下可明显提高油茶粕中多酚提取率,提取剂方面丙酮优于乙醇和甲醇,高群等[34]使用酶法结合超声提取油茶粕中的多酚,经优化后得到多酚含量为 18.94 mg/g。另外,热回流法亦可提取油茶粕中的多酚[32],叶勇等[35]使用 70%甲醇进行回流,经盐酸水解沉淀、丙酮萃取后,得到纯度为 93.8%、得率为 2.1%的黄酮醇。

在油茶粕多酚的纯化方面,研究发现[33]45-46[36-37]使用大孔树脂可使多酚纯度达到 47.25%,并经分离纯化后得到黄酮单体;而使用高速逆流色谱法可提取出两种山奈酚苷,采用微波辅助法可用于从油茶粕中提取总黄酮[38],这为油茶粕中多酚化合物纯化工艺的发展起到促进作用。

表 3　油茶饼粕多酚常用提取、提纯方法

Table 3　The extraction and purification of polyphenol from *Camellia oleifera* meal

方法	结果	参考文献
分别以 50% 乙醇、甲醇、丙酮作为提取剂,采用热回流辅助提取法	多酚含量分别为(1 117±1),(1 199±1),(1 144±2) mg GAE/100 g·油茶粕(DW)	[32]
分别以 50% 乙醇、甲醇、丙酮作为提取剂,采用超声辅助提取法	多酚含量分别为(1 102±2),(1 236±2),(1 623±1) mg GAE/100 g·油茶粕(DW)	[32]
70%乙醇作为洗脱液、采用 D-3520 大孔吸附树脂提纯法	油茶籽多酚纯度可达 47.25%	[33]35-37

2.4　茶皂素

油茶粕中还含有较为丰富的油茶皂苷,其又被称为油茶皂素,分布于油茶种子、叶子中,可从油茶粕中提取。茶皂素难溶于无水甲醇、无水乙醇等有机溶剂中,但是其可溶于含水的甲醇、乙醇以及吡啶、醋酐、冰醋酸等溶液中,茶皂苷溶液在酸性条件下,皂苷形成沉淀[39]。马力等[40]用水作为溶剂,利用正交试验得到从油茶粕中提取皂素的最佳工艺,提取率达到 95%。有研究[41-42]表明,使用乙醇、正丁醇作为提取剂对油茶粕进行多次提取,可使经提取后的油茶粕中茶皂素含量低至 1.79%。常见的油茶粕茶皂素提取法见表 4。由表 4 可知,中国国标[43]以茶皂素作为指标对油茶粕进行分级,并规定以 80%乙醇作为浸提剂、采用回流提取法提取茶皂素,目前油茶粕中茶皂素的提取通常采用乙醇溶液或者水作为提取剂,再以国标为基础对方法进行改进。张新富等[46]将市面上采购的粗制茶皂素,采用大孔树脂将其提纯,得率为 55.5%,经提纯后纯度为之前的 1.86 倍,为茶皂素提纯方法的研究提供了参考。

3 油茶饼粕及其主要成分应用潜力

油茶粕可用于食品的研发[47]、保鲜膜的制作[48]、农产品有机肥料[49]、食用菌培植[50]，在食品工业中具有极大的潜力，此外，油茶饼粕的加工与利用具体见图 2。

3.1 油茶饼粕蛋白及其多肽应用潜力

油茶粕中优质蛋白含量可达 12%～20%且氨基酸比例均衡，是良好的蛋白质原料，可开发为蛋白质添加剂或者动物蛋白替代品，可作为代餐粉、保健食品、特医食品等特殊食品的蛋白质组件。油茶粕蛋白除了可直接进行使用外，龚吉军[51]将油茶粕蛋白质用碱性蛋白酶、木瓜蛋白酶水解成活性多肽成分，发现该油茶粕多肽具有自由基清除力与还原力；而且小鼠试验[52]证明，其可明显降低活性氧对人体造成的损伤，具有显著抗氧化能力。研究[53]表明，经酶、酸碱水解后得到的活性肽，具有抗肿瘤、降血脂、增强免疫力、抗氧化等保健功能，并且饼粕多肽具有低渗透压、低黏度、高溶解性、强吸水性等特性。郭显荣[54]以油茶粕为原料，利用碱提酸沉法粗提蛋白后，以天然的血管紧张素转化酶(ACE)抑制率为指标，将蛋白质以双酶法水解成多肽后，再使用超滤、凝胶层析法分离并纯化后得到 ACE 抑制肽并经试验证明该多肽具有一定抗肠道酶消化性，此外，也有研究[55－56]认为油茶粕 ACE 抑制肽还具有预防乃至治疗高血压的生物活性。目前，油茶粕中蛋白质的研究以粗蛋白为主，蛋白质的分离细化、酶解后的多肽成分还需通过动物试验甚至临床试验进行验证。

表 4 油茶饼粕中茶皂素常用提取方法†

Table 4 The extraction of tea saponin from *Camellia oleifera* meal

方法	结果	参考文献
80%乙醇作为浸提剂、采用回流提取法	油茶粕茶皂素(干基)≥13%为 1 级，≤13%为 2 级	[43]
水作为浸提剂采用香草醛—硫酸提取法	茶皂素提取率可达总量的 95.5%	[40]
微波辐射提取法辅助法	茶皂素提取率可达 11.98%	[44]
热水浸提法	茶皂素提取率可达 21.85%	[45]
85%乙醇作为浸提剂、采用连续提取法	茶皂素残留量可达 1.79%	[41]

† 以油茶粕量 100%为主进行计算。

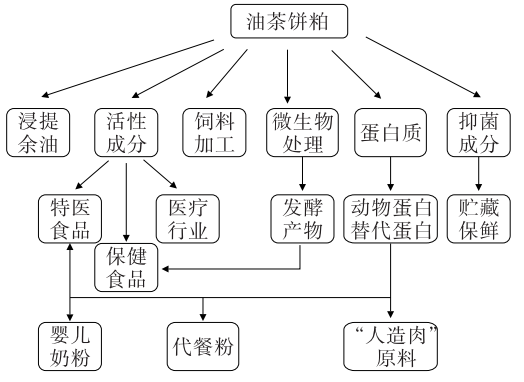

图 2 油茶饼粕的综合利用

Figure 2 The comprehensive utilization of *Camellia oleifera* cake

3.2 油茶饼粕多糖及其应用潜力

油茶粕多糖具有特殊生理活性，石浩等[26]运用葡聚糖凝胶柱层析方法与纤维素层析法分离多糖，在分离出的 5 种多糖中，DTC1 多糖在浓度为 2.0 mg/mL 时，抗氧化活性最强，DPPH 自由基清除率可达 80%以上，在对粗多糖进行脱蛋白、脱色、纤维素 DEAE-52 柱层析分离处理后，用低浓度氢氧化钠洗脱，得到经过提纯的多糖，使用该提取多糖成分应用于患糖尿病小鼠治疗后，发现该种油茶粕多糖可通过清除自由基、减轻自由基带来的损害、提高机体抗氧化酶活性的途径起到降血糖的作用，Zhang 等[57]从油茶粕中分离纯化多糖，并发现一种降血糖功效的多糖结构。

3.3 油茶饼粕多酚及其应用潜力

包莉圆等[28]使用乙醇获得南山茶饼提取物，经硅胶柱层析、乙酸乙酯萃取分离纯化后得到 5 个化合物，纯度平均高达 97.72%，鉴定后为 4 个黄酮类化合物与原儿茶酸。小鼠试验[35]证明油茶多酚对脑损伤有良好保护作用，可清除自由基。于泓鹏等[58]针对茶多酚氧化活性进行研究发现油茶多酚抗氧化活性优于 0.02%生育酚，但略弱于 0.02% TBHQ，并且其氧化能力同其浓度成正比。李利敏[30]23－25,31－33运用高效液相法对油茶粕中提取物进行分析，发现多酚类别主要为鞣花酸(EA)和 4′-*O*-*β*-*D*-吡喃葡萄(MEAG)、没食子酸(GA)、3-*O*-甲基鞣花酸等。油茶粕提取物的抗氧化活性与油茶粕的抗氧化活性呈正相关。Gao 等[31]从油茶粕中分离出的山奈酚乙酰化糖苷(1、2)、没食子酸等多酚混合物，经测定也可证明该多酚化合物具有清除 DPPH 自由基的作用。

3.4 油茶饼粕中茶皂素及其应用潜力

油茶皂苷属于低毒物质，具有细胞毒性[59]；高浓度油茶皂苷具有溶血活性，在小鼠经口经腹腔试验过程中，引起小鼠产生病理性病变，主要现象为脏器出血[60]。茶皂素具有消炎作用和一定的抑菌作用，其主要是抑制真菌的生长繁殖，特别是对引起植物病变西瓜枯萎病菌，柑橘青霉病菌，黄瓜、芒果、香蕉炭疽病菌等具有一定的抑制作用[61]。

3.5 油茶饼粕粗提物及其应用潜力

研究[62－65]表明，油茶粕粗提物中含有预防紫外线对皮肤细胞造成损伤的活性物质，将油茶粕粗提物与中药

复合物质复配具有增效作用,其对金色葡萄球菌、伤寒沙门氏菌、乙型溶血性链球菌、变形杆菌、葡萄球菌等抑菌效果明显,并对白假丝酵母菌、红色毛癣菌、絮状表皮癣菌等真菌也具有一定抑制作用。油茶粕乙醇提取物对细菌的抑菌效果更好并具有广谱性,而对酵母菌、黄曲霉抑制作用相对较弱。张飞飞等[66]以黄曲霉毒素作为研究对象,从油茶粕筛选中分离出可抑制黄曲霉毒素的粗提物,经试验证明油茶粕同其粗提物皆有抗黄曲霉毒性并抑制其生长的作用,常用乙醚、乙醇和水提取剂比较发现水提法油茶粕粗提物抑菌率为87.96%,而乙醚、乙醇提取物对黄曲霉生长并不显著。

4 展望

油茶籽油中的亚油酸(n-6)和亚麻酸(n-3)的成分比例符合国际营养标准(4∶1),被营养学界誉为"脑黄金",其营养价值已被认识和挖掘,相比之下对油茶饼粕成分的挖掘和应用相对滞后,其含有茶皂素、多糖、多酚、角鲨烯、维生素E、维生素D、胡萝卜素、磷脂等活性成分在相关文献中渐被披露。从油茶饼粕宏量成分如蛋白质、多糖等成分提取、分离和部分功效特性进行归纳和总结,下一步需在油茶饼粕中微量伴随物量化识别和功效单体鉴定等方面深入研究,为茶籽油及其副产物具有匡正亚健康作用提供了更有力的证据。

在全国大力推广油茶种植的情况下,中国茶油及其副产物产量明显增加,为降低生物资源浪费、增加油茶副产物利用率,提高油茶附加值成为科研人员所关注的热点问题。但目前关于油茶粕中活性物质及功能因子的相关研究相对较少。油茶粕作为原料应用于食品工业的加工与研发、并将油茶粕功能活性成分应用于医疗保健方向是未来的研究热点,综合来看,油茶副产物在特医食品、保健食品的研发与应用方向具有一定潜力,也是扩大油茶副产品覆盖面、提高其利用率的途径之一。

参考文献

[1] 宋冰蕾,商士斌,宋湛谦. 油茶副产物在绿色表面活性剂中的利用与研究进展[J]. 生物质化学工程,2010(2):48-52.

[2] YE Jie-wang, YU Hong-wei, HUAI Min, et al. Liquefaction of camellia oil cake with phenol and structure characterization of reaction product[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2012, 32(2): 37-42.

[3] 方飞,王力生. 油茶粕资源综合开发利用研究进展[J]. 饲料博览,2011(6):30-32.

[4] 美媒:研究表明植物蛋白比动物蛋白更利于健康[J]. 中国食品学报,2019,19(8):256.

[5] 边亮,陈华国,周欣. 植物多糖的抗肿瘤活性研究进展[J]. 食品科学,2020,41(7):275-282.

[6] CHEN Di, WAN Sheng-biao, YANG Huan-jie, et al. EGCG, green tea polyphenols and their synthetic analogs and prodrugs for human cancer prevention and treatment[J]. Advances in Clinical Chemistry, 2011, 53: 155-177.

[7] 丁丹华,彭光华,夏辉,等. 油茶籽粕蛋白提取工艺研究[J]. 食品科学,2010,31(8):102-105.

[8] 何玮,陈健,赵一夫,等. 油茶粕蛋白质提取工艺的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2019,40(3):13-19.

[9] 赵延华. 油茶粕蛋白提取及其水解物生物活性研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2012:13-19.

[10] 张新昌,刘芳. 酶法优化油茶粕蛋白提取工艺[J]. 粮食与饲料工业,2013(8):37-40.

[11] 李慧珍. 油茶粕蛋白质的分离提取、理化性质及体外消化产物的抗氧化性研究[D]. 南昌:南昌大学,2013:68-69.

[12] 张善英,徐鲁平,郑丽丽,等. 蒸汽爆破辅助提取油茶籽蛋白及其功能性质分析[J]. 中国油脂,2019,44(9):47-53.

[13] 郭显荣,黄卫文,龚吉军,等. 不同提油方法的油茶粕蛋白制备工艺研究[J]. 食品与机械,2013,29(6):147-149,175.

[14] 吴建宝,马齐兵,胡传荣,等. 超声辅助水相酶法提取油茶籽油及蛋白的工艺优化[J]. 中国粮油学报,2017,32(6):91-95,99.

[15] 吴梦琪,夏玮,徐志珍,等. 植物多糖的分离纯化、结构解析及生物活性研究进展[J]. 化学世界,2019,60(11):737-747.

[16] 张丽美,杨婷婷,胡蒋宁,等. 超声波辅助提取茶粕多糖及其抗氧化活性[J]. 食品科学,2013,34(18):36-40.

[17] 张胜. 普通油茶饼粕与果壳中多糖的提取、活性及应用研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2013.

[18] 张盟雨,王静,张应中,等. 水提醇沉法提取油茶饼粕多糖的响应面优化[J]. 林业与环境科学,2019,35(5):1-6.

[19] 吴雪辉,黄永芳,向汝莎,等. 微波提取油茶饼粕中多糖的工艺研究[J]. 食品工业科技,2008(9):197-199.

[20] 张宁. 油茶籽粕中茶皂素、茶多糖提取纯化技术研究[D]. 无锡:江南大学,2013:36-37.

[21] 刘小如,张丽美,胡蒋宁,等. 油茶粕多糖的分级纯化及结构研究[J]. 食品科学,2013,34(23):96-102.

[22] 李旭. 油茶粕蛋白水解物与多糖的制备及其生物活性评价[D]. 成都:四川农业大学,2015:14-21.

[23] 周丽明,张勇,林弘. 油茶饼粕中醇溶性茶籽多糖提取条件[J]. 江苏农业科学,2013(2):252-254.

[24] 范燕华,甘纯玑. 响应面法优化油茶籽饼粕多糖的提取工艺研究[J]. 海峡药学,2014(9):31-35.

[25] 胡平平. 油茶饼粕多糖的提取、分离纯化及抗氧化活性研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2012:41-42.

[26] 石浩,何小娥,黄卫文,等. 油茶饼粕多糖的分级及其抗氧化性评价[J]. 食品工业科技,2018,39(14):65-70,86.

[27] 曹清明,兰芳,王蔚婕,等. 南山茶籽中新发现的一个乙酰基黄酮苷的核磁结构解析[J]. 食品与机械,2017,33(5):21-24,58.

[28] 包莉圆,钟海雁,王蔚婕,等. 南山茶饼中乙醇提取物5个

多酚化合物的分离纯化[J]. 食品与机械，2017，33(4)：133-138.

[29] 王蔚婕，曹清明，兰芳，等. 南山茶籽中 4 个多酚化合物的鉴定[J]. 食品与机械，2017，33(10)：23-27，114.

[30] 李利敏. 八种油茶蒲提取物活性物质研究及其抗氧化活性比较[D]. 杭州：浙江大学，2013.

[31] GAO Da-fang，XU Min，ZHAO Ping，et al. Kaempferol acetylated glycosides from the seed cake of Camellia oleifera[J]. Food Chemistry，2011，124(2)：432-436.

[32] 陈佩云，钟海雁. 热回流和超声条件下不同溶剂对油茶粕多酚提取的影响[J]. 食品与机械，2016，32(4)：172-175，186.

[33] 黄陈陈. 油茶叶黄酮、油茶籽多酚的提取分离及部分特性研究[D]. 合肥：安徽农业大学，2012.

[34] 高群，张智，杨可心，等. 超声波—酶法提取油茶多酚的工艺研究[J]. 中国林副特产，2019(5)：16-20.

[35] 叶勇，何璇，彭旗，等. 油茶粕黄酮醇分离及其体内外抗自由基活性[J]. 广州化工，2019，47(5)：55-57.

[36] 白杨，唐韶坤，谢承中. 大孔树脂复配纯化油茶多酚的吸附特性研究[J]. 高校化学工程学报，2014(6)：223-228.

[37] 高进勇，余炎炎，臧明丽，等. 一种油茶粕中黄酮苷的快速制备方法：中国，105440092A[P]. 2016-03-30.

[38] ZHENG Liu-feng，CHEN Li，LI Jing，et al. Two kaempferol glycosides separated from camellia oleifera meal by high-speed countercurrent chromatography and their possible application for antioxidation[J]. Journal of Food Science，2019，84(10)：2 805-2 811.

[39] 谢子汝. 新法提取茶皂素的工艺研究[J]. 日用化学工业，1994(1)：45-47.

[40] 马力，陈永忠，彭邵锋，等. 利用水作溶剂提取油茶粕中茶皂素的工艺研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版)，2013，39(增刊 1)：91-93.

[41] 栗铭泽，郭少海，杜孟浩，等. 油茶粕中茶皂素连续提取工艺的研究[J]. 中国油脂，2017，42(1)：121-124.

[42] 谢益仙，肖志红，吴红，等. 正丁醇同步萃取油茶饼多组分研究[J]. 中国粮油学报，2020，35(2)：83-90.

[43] 国家粮食局. GB/T 35131—2017 油茶籽饼、粕[S]. 北京：中国标准出版社，2017：2-4.

[44] 吴雪辉，张喜梅. 茶皂素微波提取过程的优化及数学描述[J]. 华南理工大学学报(自然科学版)，2009，37(4)：125-129.

[45] 李扬. 茶皂素提取及其洗涤产品的开发研究[D]. 广州：华南农业大学，2016：71-72.

[46] 张新富，朱翔，刘亚军，等. 油茶皂素大孔树脂纯化工艺优化及 LC/TOF-MS 分析[J]. 食品科学，2012，33(16)：7-11.

[47] 李梦丹. 油茶籽粕纳豆泡芙的研制及其评价[D]. 长沙：湖南农业大学，2017：7-10.

[48] 蒋海明. 油茶粕食品保鲜膜开发的研究[D]. 长沙：中南林业科技大学，2017：3-5.

[49] 常秋理，张向杰. 一种油茶饼粕有机肥及其制备方法：中国，106748383A[P]. 2017-05-31.

[50] 王海营. 油茶饼粕对三种食用菌菌丝体及子实体生长的影响[D]. 贵阳：贵州大学，2019：9-11.

[51] 龚吉军. 油茶粕多肽的制备及其生物活性研究[D]. 长沙：中南林业科技大学，2011：122-124.

[52] LI Ting-ting，ZHANG Hui，WU Cai-e. Screening of antioxidant and antitumor activities of major ingredients from defatted Camellia oleiferaseeds[J]. Food Science and Biotechnology，2014，23(3)：873-880.

[53] 郭婷婷，万楚筠，黄凤洪，等. 油料饼粕中活性肽的提取及生理功能研究进展[J]. 中国油脂，2017，42(2)：120-124.

[54] 郭显荣. 不同来源的油茶粕蛋白酶解制备 ACE 抑制肽[D]. 长沙：中南林业科技大学，2015：41-42.

[55] 周育，韩三青，王茹茹，等. 食源血管紧张素转化酶抑制肽研究进展[J]. 安徽农业大学学报，2019，46(5)：751-760.

[56] YAO Guang-long，HE Wei，WU You-gen，et al. Purification of angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides derived from *Camellia oleifera* Abel seed meal hydrolysate[J]. Journal of Food Quality，2019，2 019(1)：1-9.

[57] ZHANG Sheng，LI Xiang-zhou. Hypoglycemic activity，in vitro，of polysaccharides from，*Camellia oleifera*，Abel. seed cake[J]. International Journal of Biological Macromolecules，2018，155：811-819.

[58] 于泓鹏，董蓉，邓妍君，等. 油茶蒲中多酚的提取及其浓缩液对植物油脂氧化稳定性的影响[J]. 粮食与油脂，2017，30(1)：39-42.

[59] ZHOU Hao，WANG Cheng-zhang，YE Jian-zhong，et al. New triterpene saponins from the seed cake of *Camellia Oleifera* and their cytotoxic activity[J]. Phytochemistry Letters，2014，8：46-51.

[60] 唐伟卓，赵余庆. 油茶皂苷的现代药学及生物活性研究进展[J]. 药物评价研究，2012，35(1)：53-57.

[61] 陈瑶，杨文，周玉锋. 茶皂素对植物病原菌活性研究进展[J]. 贵州茶叶，2014，42(1)：1-5，65.

[62] 种姝伊，石欣蕾，蒋福全，等. 油茶粕抗皮肤细胞紫外损伤活性成分研究[J]. 时珍国医国药，2015，26(9)：2 245-2 247.

[63] 邹莉，张世鹰，赖琼玮，等. 油茶粕中药复合剂抗菌作用的研究[J]. 中医药导报，2015，21(24)：29-30，34.

[64] 那婧婧，李玲，邹莉，等. 油茶粕及其中药复方抗菌及去垢作用研究[J]. 中医学报，2016，31(5)：704-707.

[65] 唐聪. 油茶粕粗提取物抑菌活性的初步研究[D]. 长沙：中南林业科技大学，2016：43-44.

[66] 张飞飞，王亚萍，姚小华，等. 油茶籽及其饼粕对黄曲霉的拮抗作用[J]. 安徽农业科学，2016，44(1)：108-111.