

坚果果壳棕色素的提取方法·活性及应用

陈雨鑫, 王京, 夏一森, 刘柳*, 孙长霞 (北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083)

摘要 坚果中含有极其丰富的营养物质, 有助于人们的身体健康, 而其壳中所含的棕色素作为一种天然色素, 具有一定的抗氧化性、抑菌性等特性, 有延缓衰老、抑制细菌生长等功能, 具有良好的发展前景。对坚果果壳棕色素的提取方法, 抗氧化性、抑菌性等特性及其实际应用进行综述, 并对其未来的发展进行展望, 以期对坚果果壳的资源利用提供参考。

关键词 坚果壳; 棕色素; 提取方法; 活性

中图分类号 S664 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)27-0055-04

Extraction Method, Activity and Application of the Brown Pigment of Hardnut Shell

CHEN Yu-xin, WANG Jing, XIA Yi-sen, LIU Liu* et al (College of Biological Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract Nuts with extremely rich nutrients take advantage of people's health. As a kind of natural pigment, the brown pigment in the shell of nuts had some properties such as antioxidant, anti-bacteria and anti-aging, and had good development prospect. Therefore, we reviewed the extraction method, antioxidant and antibacterial activity of nut shell brown pigment, and its application prospect and future development, aiming at providing references for the resources utilization of nut shell.

Key words Shell of nuts; Brown pigments; Extraction method; Activity

坚果果皮坚硬, 内含种子, 具有极高的营养价值。坚果含有较高的脂肪、蛋白质、矿物质等营养成分, 具有降低胆固醇、清除自由基等特性, 同时还具有延缓衰老、补脑益智、提高视力等功效, 拥有很大的市场价值和广阔的市场前景, 如榛子、板栗、杏仁以及核桃、开心果等都是人们所熟知并喜爱的坚果。然而对于坚果果壳的处理, 大多数以掩埋、焚烧的方法进行处理, 这不仅造成资源的浪费, 还会造成环境的污染。近年来, 许多学者对坚果果壳进行了研究, 研究表明, 坚果果壳具有良好的吸附能力^[1]、抗氧化性、抑菌性等, 可以很好地代替许多食品添加剂中的化学成分, 降低人们对食品添加剂会损害身体健康的担忧。同时, 坚果果壳中的棕色素具有养颜、美容、降脂、抗衰老、减肥等重要生理活性功能, 在食品、药品、化妆品等行业中广泛使用。笔者将从坚果果壳提取、纯化、活性等方面对坚果果壳的棕色素研究发展进行阐述, 旨在为更好地开发利用坚果果壳提供参考。

1 天然色素的介绍

天然色素是由天然资源获得的食用色素, 主要从动物和植物组织及微生物(培养)中提取的色素, 其中植物性着色剂占多数。天然色素不仅具有给食品着色的作用, 且部分天然色素具有生理活性, 它可以改善食品色泽, 增加营养并能提高安全性。天然色素是食品加工过程中决定食品质量的关键因素之一, 另外在化妆品和医药工业中也有广泛的应用^[2]。天然色素大部分从植物中提取, 少部分从动物及微生物中提取出来。按其功效成分分类, 主要有类胡萝卜素类色素、黄酮类色素、花青苷类色素、叶绿素类色素等^[3]。

虽然合成色素具有色泽鲜艳、着色力强、稳定性好、易于溶解调色、成本较低等优点, 但陆续发现合成色素中不少品

种具有严重的慢性毒性和致癌性^[4]。因此, 与合成色素相比, 天然色素绝大多数无毒无害; 许多食用的天然色素中还有人体所必需的物质, 如黄酮类的色素中含有去氢氧离子, 有助于延缓衰老; 天然色素着色力更为自然, 更受消费者的喜爱和信赖。但天然色素对自然光、pH、金属离子等较为敏感, 具有应用范围窄、专用性强等缺点。棕色素作为天然色素之一, 可以广泛应用在食品、化妆品、药品等领域中。

2 棕色素的化学成分

许多研究人员推测, 坚果果壳中棕色素具有抗氧化性、抑菌性、稳定性等, 主要是因为坚果果壳的棕色素中含有黄酮类物质, 但目前关于棕色素的具体分子结构没有定论。王静^[2]对榛子壳中的棕色素进行研究, 结果表明榛子壳棕色素属于黄酮类化合物; 陈晓等^[5]对山核桃棕色素进行红外光谱分析, 结果表明该棕色素含有苯环和酚羟基; 李云雁等^[6]对板栗壳色素做了多项定性分析, 证明了板栗壳色素为黄酮类物质; 贾陆等^[3]也在板栗壳化学成分的研究中经过单项预试验确定从板栗壳中提取出来的色素为黄酮类物质, 属于一般植物原料中难以得到的棕色素系列。李永祥等^[7]对板栗壳中色素纯化后进行紫外-可见光谱和红外光谱分析, 并结合色素的化学性质鉴定, 初步推断板栗壳色素含有苯环及酚羟基, 而不具有典型黄酮类色素的结构。张晓云等^[8]对苏茨种壳提取出的棕色素进行了红外光谱分析, 证明棕色素中具有芳香环结构。黄酮类母体、二氢黄酮醇类、花色苷类、黄酮类结构图分别见图 1~4。

3 坚果果壳棕色素提取方法

对于坚果果壳中天然色素提取的研究方法有很多, 大部分以浸提的方法提取壳中的棕色素, 其中包括乙醇提取法、NaHCO₃/Na₂CO₃ 提取法、超声波提取法、微波提取法、CO₂ 超临界萃取等。

3.1 浸提法 浸提法是将样品浸泡在溶剂中, 将固体样品中的某些组分浸提出来的方法。因为坚果果壳棕色素具有

基金项目 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(YX2015-07)。

作者简介 陈雨鑫(1994-), 女, 本科生, 从事微生物学研究。* 通讯作者。

收稿日期 2016-06-03

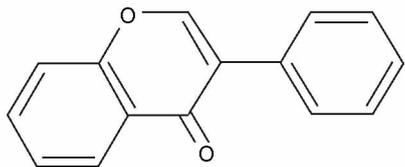


图1 黄酮类母体结构

Fig.1 Structure of parent flavonoid

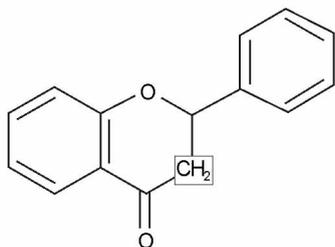


图2 二氢黄酮醇类结构

Fig.2 Structure of dihydro flavonols

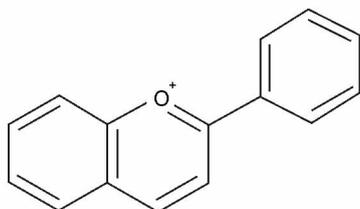


图3 花色素类结构

Fig.3 Structure of anthocyan

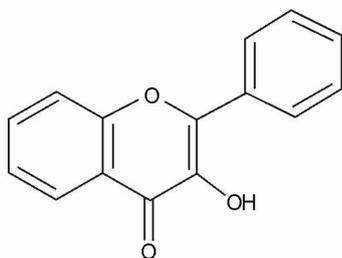


图4 黄酮类结构

Fig.4 Structure of flavonoid

良好的水溶性,易溶于极性溶剂,而不溶于非极性溶剂,因此根据这一特性,可以采用溶剂浸提法进行提取。段蕊等^[9]以不同浓度的乙醇对板栗壳中棕色素进行了提取,结果表明可以比较好地提取出板栗壳中的棕色素。陈连文等^[10]利用NaHCO₃溶液对板栗壳进行了提取,结果表明在室温下即可从板栗壳中提取得到棕色素,并且获得了较高的提取率。张亚平^[11]通过对棕色素理化性质的分析,确定了棕色素的提取条件:利用质量分数为2%的NaOH,在温度80℃下提取3h,就可以获得较高的提取率。吴雪辉等^[12]利用乙醇对板栗壳中的天然食用色素进行了提取,确定较理想的色素提取条件:乙醇体积分数30%,提取温度90℃,提取时间3h,料液比1:30g/mL,提取次数为3次。利用溶剂法提取坚果果壳中的棕色素具有操作过程比较简单、成本低、提取率较高等特点。

3.2 超声波提取法 超声波提取(也称为超声波萃取)以其提取温度低、提取率高、提取时间短的独特优势被具有创新意识者应用于中药材和各种动、植物有效含量的提取,是替代传统剪切工艺方法实现高效、节能、环保式提取的现代高新技术手段。超声波提取有2层含义:超声技术的应用和药物中化学成分的提取,即利用超声波所产生的空化等特殊作用,将药物中所含化学成分快速高效地提取出来的一项新的提取技术。刘平^[13]以板栗壳为原料,采用超声波法提取板栗壳色素,重点研究了提取剂、提取时间、提取温度、超声波功率、固液比和提取次数对色素提取率的影响。当提取温度70℃,提取时间90min,固液比1:15g/mL,超声波功率500W,提取2次时,超声波法提取板栗壳色素的提取率可达11.64%。吴春华等^[14]采用超声波法从核桃壳中提取棕色素,探讨了超声波处理时间、溶剂和固液比对棕色素得率的影响。结果表明,超声波处理时间为40min,提取液乙醇浓度为50%,固液比(质量比)为1:10,产物棕色素的得率较高,产率为7.25%。刘建平^[15]采用超声波辅助提取技术对山核桃壳中的棕色素进行了提取,通过响应面法优化提取工艺,得到较高的提取率。利用超声波提取坚果果壳中的棕色素可以提高提取效率,缩短提取时间,降低成本,从节约能源以及技术经济性的角度来看,超声波提取法优于传统浸提法^[16]。

3.3 微波提取法 微波是频率为300MHz~300GHz的高频电磁波,在微波场中,吸收微波能力的差异使得萃取体系中的某些组分被选择性加热,从而使得被萃取物质从体系中分离。微波提取法具有提取时间短、降低能源消耗、减少废料产生等特点,有着良好的发展前景。吴春华等^[17]利用微波提取法对板栗壳棕色素进行了提取,获得了良好的提取率,其最佳提取工艺条件为乙醇溶液体积分数40%,浸提温度75℃,微波辐照时间13min,料液比1:20g/mL,板栗壳棕色素的得率为7.02%。邱贺媛等^[18]利用微波提取技术对油茶果壳中的棕色素进行了提取,最佳提取条件为微波辐照时间240s、微波功率320W、乙醇体积分数70%、料液比1:10g/mL,该条件下得率可以达到5.92%。

3.4 超临界萃取法 超临界萃取技术(Supercritical Fluid Extraction, SFE)是在超临界状态下将超临界流体与待分离的物质接触,使其有选择性地依次将极性大小、沸点高低和相对分子质量大小不同的成分萃取出来^[19-22]。SFE一般用CO₂做萃取剂,因为临界状态的CO₂对有机物溶解能力强、选择性好,且CO₂无毒、稳定、易分离、廉价易得、无污染,利于环境保护^[20-22]。

左旭乾^[23]以板栗壳为研究对象,对乙醇做提取剂的溶剂浸提法和超临界CO₂流体萃取法进行了细致比较,结果表明浸提法的棕色素提取率为4.6%,超临界CO₂流体萃取法的棕色素提取率为21.3%,且棕色素纯度为95.3%。利用超临界萃取技术具有保持分离产品生物活性、提高分离效率和萃取纯度、安全无毒、操作简单、省时高效等众多优点,所以在食品工业、精细化工、医药工业等领域上已展现出良好的

应用前景。

3.5 酶解法 酶工程技术是近几年用于天然植物有效成分提取的一项生物技术,选用合适的酶可以较温和地将植物组织分解,加速有效成分的释放,从而提高提取率^[2]。在色素提取的过程中,色素往往被包在细胞壁内部,而大部分植物的细胞壁由纤维素构成^[24],因此常用纤维素酶和果胶酶分解细胞壁,从而增大胞内有效成分向提取介质的扩散,可以提高色素提取效率^[25]。徐忠等^[26]就利用纤维素酶对千日红中的花色苷进行了提取,较适宜的提取条件是温度 30 ℃, pH 6.8,酶用量 6.0 μg/g,固液比为 1:10 g/mL,提取时间为 60 min;王萍等^[27]比较了纤维素酶及果胶酶对黑加仑果渣中花色苷的提取效果,结果表明果胶酶提取黑加仑花色苷的效果好于纤维素酶;赵玉红等^[28]采用酶法对蓝靛果果渣中的花色苷进行了提取,比较了单独使用纤维素酶和纤维素酶与果胶酶复合使用对提取蓝靛果果渣中花色苷的影响,结果表明,采用双酶复合水解比单独使用纤维素酶花色苷提取率提高 3.05 倍。这些研究均表明,采用酶法比传统提取方法得到的色素色价要高,提取效率高,且反应温和^[29]。

3.6 其他方法 随着分子技术和生物技术的发展,现在还可以采用分子蒸馏技术提取天然色素^[29];采用解冻-融解法使植物的细胞壁破碎后,细胞内的可溶性物质就会溶出,一般选用乙醇作为提取剂,用于栀子花、红兰草、枫叶等提取水-醇兼容的植物色素类比较适用^[30-31]。

4 棕色素活性研究

研究表明,棕色素具有一定的理化活性,如抗氧化性、抑菌性、稳定性等性质。

4.1 抗氧化活性 陶婧希等^[32]对从榛子壳中提取的棕色素对羟基自由基的清除能力及抑菌性进行研究,结果表明,榛子壳棕色素清除羟基自由基的能力弱于抗坏血酸,但当棕色素的浓度达到 1.0 mg/mL 时,清除羟基自由基达到 99.23%,说明榛子壳棕色素具一定的抗氧化活性。同时棕色素对抗脂质体过氧化的能力是同等浓度的抗坏血酸的 20%,因此具有抗脂质体过氧化的能力。李莉等^[33]研究了不同溶液提取的板栗壳棕色素的抗氧化性,总抗氧化能力随着样品浓度的增大而增强, V_C 的总抗氧化能力最强,醇提板栗壳棕色素、碱提板栗壳棕色素和 BHT 的总抗氧化能力比较接近;清除 DPPH 自由基时, V_C 清除效果最强,以后依次是醇提板栗壳棕色素、碱提板栗壳棕色素和 BHT,醇提板栗壳棕色素的 IC₅₀ 值约为 0.02 mg/mL,碱提板栗壳棕色素的 IC₅₀ 值约为 0.09 mg/mL;清除羟基自由基(·OH)时,随着样品浓度增大对·OH 的清除作用增强,碱提板栗壳棕色素、醇提板栗壳棕色素、BHT 和 V_C 的清除效果比较接近;清除超氧阴离子自由基(O₂^{-·})时,碱提板栗壳棕色素的 IC₅₀ 值约为 0.71 mg/mL,醇提棕色素的 IC₅₀ 值约为 0.83 mg/mL,清除效果弱于 V_C 和 BHT。对 2 种溶液提取的板栗壳棕色素进行了红外光谱分析,碱提板栗壳棕色素和醇提板栗壳棕色素的红外光谱图存在差异。李德海等^[34]对碱提棕色素清除羟基自由基的能力进行了研究,结果表明碱提棕色素清除羟基自由基的能力强

于抗坏血酸,从而验证坚果果壳中的棕色素具有一定的抗氧化能力。

4.2 抑菌活性 研究证明,坚果果壳中的棕色素具有抑菌性。因此陶婧希等^[32]也研究了榛子壳棕色素对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑菌性,试验证明棕色素浓度为 0.1 mg/mL 下,对金黄色葡萄球菌有抑制性,对大肠杆菌无抑制性。李云雁等^[35]对板栗壳色素进行了抑菌性的检测,利用几种常见的菌种,如细菌、霉菌、酵母菌等,证明了色素对其的抑菌性,并且在热效应下对抑菌效果无影响。

4.3 稳定性及染着率 余兴华等^[36]对板栗壳中棕色素的稳定性进行了研究,结果表明,板栗壳中的棕色素与其他天然色素相比有较强的稳定性;同时也对染着情况进行了分析,结果表明其对蛋白质和淀粉的染着效果优于焦糖色素。王超南等^[37]利用从板栗壳中采用碱提法提取的板栗壳色素作为试材,并与标准品焦糖色素进行对比,研究其特性。采用分光光度计测定不同波长下的吸光值和分光测色仪测定 L 值和 a 值的方法,重点研究板栗壳色素对蛋白质和淀粉类食品的染着性和在不同 pH 下的变化,以及色素色率和红色指数。试验结果表明,碱提取的板栗壳色素对淀粉和蛋白质有较强染着性,且稳定性很好;板栗壳色素色率低于焦糖色素,但是红色指数高于焦糖色素;板栗壳色素的色率和红色指数均随 pH 增加而增加。

5 棕色素实际应用

通过对棕色素提取及性质的研究,证明了坚果果壳中的棕色素具有一定的抗氧化性,抑菌性、水溶性良好等特点,可以作为天然的食品添加剂来代替化学食品添加剂,同时也可以作为布料的染料,药品、化妆品的添加剂等。

5.1 食品方面 目前,由于食品安全问题的不断出现,食品安全越来越受到人们的重视。现代研究表明,天然色素可以作为人工合成色素的代替品之一,解决人工色素带来的危害,而且天然色素具有一定的抗氧化性和降解能力,有助于人们的身体健康。陈连文等^[10]利用板栗壳中提取的棕色素,模拟试验巧克力牛奶和巧克力蛋糕的制作,通过调整用量得到理想的口味。谢洽芳等^[38]利用板栗壳中的棕色素制作了板栗壳汁饮料,采用现代生物技术解决了板栗在使用过程中产生的废物,减少了环境污染,同时提高了板栗的经济价值,对板栗的经济效应具有重要意义。

5.2 制药方面 部分研究证明,坚果果壳的棕色素中含有黄酮类物质,而黄酮类物质具有抗氧化、抗炎、抗癌、抗动脉粥样硬化、抗过敏、抗突变或抑制血小板凝聚等多种生物学活性^[39]。朱福等^[40]研究了天然植物中黄酮类物质对心血管疾病的作用,证明其有良好的心血管综合保护效益,无毒副作用,值得临床进一步研究应用。同时研究表明,黄酮类化合物(尤其是具有抗癌活性的甲氧基黄酮)能通过抑制 CYP1 酶的活性,在抑制致癌物激活过程中发挥了重要作用^[39]。

5.3 染料方面 在染料当中,由于天然色素有着良好的水溶性,且着色能力强,因此可以作为布料的染色剂,同时天然色素无毒无害,使人们不因有害添加剂而担心。浙江理工大

学余志成教授等^[41]利用板栗壳中提取的棕色素对蛋白质、纤维素、棉纶纤维、纱线以及织物进行染色,有较好的着色效果,并且无过敏、中毒等毒害现象。板栗壳资源丰富,有着良好的应用前景。然而有天然色素如棕色素,其在长期光照条件下容易分解,较不稳定,因此具有一定的局限性,成为天然色素作为染色剂的一大障碍。

5.4 菌培养方面 坚果果壳除了可以提取棕色素应用于食品、药品、化妆品等当中之外,坚果果壳成粉后还可以用于食用菌的培养。夏艳云^[42]对板栗壳粉、棉籽壳粉、木屑培养食用菌做了比较,研究表明,板栗壳粉培养食用菌所得产率高于棉籽壳粉和木屑。秦薇薇等^[43]以核桃壳粉代替常用木屑、玉米芯来培养食用菌,发菌速度快,子实体含氮量高,并且核桃壳的价格低廉成为了代替木屑、玉米芯的理想材料。

6 展望

近年来,食用合成色素在食品工业中超量和违规使用,给消费者身体健康带来严重伤害,而天然色素具有安全性高、来源丰富和营养价值高等特点,某些色素还具有药理保健功能,因此利用天然资源开发天然食用色素成为研究学者的开发重点。我国天然食用色素的研究起步较晚,尚处于天然色素与合成色素并存的状态。但我国有丰富的植物资源,开发和利用植物天然色素,具有广阔的发展前景。

坚果壳色素原料成本低,对这类资源的不断开发有利于山区农民脱贫致富,能使壳类这一副产品得到合理的利用,实现资源的合理开发,具有一定的经济和社会价值。并且有些坚果壳色素还具有抗氧化或抑菌的功能,而功能性色素的开发在当代社会更是存在着很大的市场潜力,可涉及到各个领域。相信在不久的将来,天然色素在食品、医药等方面的应用,必定有着比合成色素更广阔的前景。

参考文献

- [1] 王国惠. 板栗壳对重金属 Cr(VI) 吸附性能的研究[J]. 环境工程学报, 2009(5): 791-794.
- [2] 王静. 榛子壳棕色素提取、纯化及性质研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [3] 贾陆, 席芳, 王娜, 等. 板栗壳化学成分研究[J]. 中国医药工业杂志, 2010(2): 98-102, 119.
- [4] 邓祥元, 王淑军, 李富超, 等. 天然色素的资源和应用[J]. 中国调味品, 2006(10): 49-53.
- [5] 陈晓, 叶明, 陈炜, 等. 山核桃壳棕色素的生物活性及其红外光谱分析[J]. 食品科学, 2011(5): 115-118.
- [6] 李云雁, 宋光森. 板栗壳色素的提取及其主要成分定性分析[J]. 广州食品工业科技, 2003(3): 10-12.
- [7] 李永祥, 詹少华, 樊泓, 等. 板栗壳色素化学性质及结构的初步研究[J]. 食品科学, 2008(12): 51-54.
- [8] 张晓云, 卢昊, 王海刚, 等. 苏茨种壳棕色素的提取及红外光谱分析[J]. 食品工业科技, 2013(21): 250-253.
- [9] 段蕊, 张俊杰. 板栗壳棕色素的提取工艺研究及性能初探[J]. 食品与机械, 2001(2): 20-21.
- [10] 陈连文, 刘晶, 张金良. 板栗壳色素的提取及应用研究[J]. 江西食品工业, 2005(3): 13-14.
- [11] 张亚平. 板栗壳色素的提取工艺[J]. 云南化工, 2009(3): 31-32.
- [12] 吴雪辉, 黄敏胜, 张远志, 等. 板栗壳食用色素的提取工艺条件研究[J]. 食品科技, 2004(4): 57-59.
- [13] 刘平. 板栗壳棕色素提取、纯化及抗氧化性的研究[D]. 武汉: 武汉工业学院, 2008.
- [14] 吴春华, 秦宝剑, 张加研, 等. 用超声波法从核桃壳中提取棕色素的研究[J]. 西南林学院学报, 2007(4): 66-68.
- [15] 刘建平, 王淑怡, 吴丽丽. 响应面法优化皖南山核桃壳棕色素的提取工艺[J]. 华东交通大学学报, 2013(2): 28-32.
- [16] 李涛, 赵云. 板栗壳色素的提取研究进展[J]. 农产品加工(工艺), 2010(3): 45-46.
- [17] 吴春华, 张加研, 秦宝剑, 等. 微波辐照提取板栗壳棕色素的研究[J]. 林产化学与工业, 2007(S1): 121-124.
- [18] 邱贺媛, 陈洁曼, 胡静如. 微波辐照提取油茶果壳棕色素及其稳定性研究[J]. 食品科学, 2009(16): 198-202.
- [19] 张境澄. 超临界流体萃取[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [20] SARRADE S, GUIZARD C, RIOS G M. New applications of supercritical fluids and supercritical fluids processes in separation[J]. Separation and purification technology, 2003, 32(1/2/3): 57-63.
- [21] 丁一刚, 霍旭明. 超临界流体萃取技术与应用[J]. 医学工程设计, 2003, 24(2): 3-6.
- [22] 赫常明, 黄雪莉. 浅谈超临界流体萃取技术及其应用[J]. 医学工程设计, 2003, 24(2): 1-4.
- [23] 左旭乾. 超临界 CO₂ 萃取板栗壳棕色素的研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2011.
- [24] 李莉. 板栗壳棕色素提取及相关性质研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [25] 邱业先, 王桃云, 龙月桂, 等. 野菊花黄色素提取工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2002(3): 31-34.
- [26] 徐忠, 薄凯. 千日红花色苷的酶法提取及纯化研究[J]. 食品与发酵工业, 2006(8): 139-141.
- [27] 王萍, 苗雨. 酶法提取黑加仑果渣花色苷的研究[J]. 林产化学与工业, 2008(1): 113-118.
- [28] 赵玉红, 苗雨, 张立钢. 双酶法提取蓝靛果果渣中花色苷酶解条件的研究[J]. 中国食品学报, 2008(4): 75-79.
- [29] 姚成立, 毕建洪. 天然色素的提取和研究进展[J]. 安徽化工, 2007(3): 1-3, 25.
- [30] 杨漓, 莫庆奎, 吴志宏. 水-醇兼容植物色素的提取新工艺[J]. 食品工业科技, 1998(5): 34-35.
- [31] 朱洪波, 巩江, 倪士峰, 等. 食用天然色素的化学成分及保健作用研究概况[J]. 西北药学杂志, 2010(2): 156-158.
- [32] 陶希婧, 苏明升, 刘言佳, 等. 榛子壳棕色素的提取及抗氧化活性和抑菌性的研究[J]. 中国食品添加剂, 2013(2): 116-121.
- [33] 李莉, 顾欣, 崔洁, 等. 板栗壳棕色素抗氧化性研究与红外光谱分析[J]. 食品与发酵工业, 2011(3): 41-45.
- [34] 李德海, 刘荣, 孙常雁, 等. 提取条件对榛子壳提取物抗氧化活性的影响[J]. 中国酿造, 2011(12): 126-130.
- [35] 李云雁, 宋光森. 板栗壳色素抑菌性的研究[J]. 湖北农业科学, 2004(5): 63-65.
- [36] 余兴华, 黄琨, 邹军, 等. 板栗壳色素特性与初步应用研究[J]. 林产化学与工业, 1997(4): 67-72.
- [37] 王超南, 石媛, 石晓骏, 等. 食用板栗壳棕色素的染色特性[J]. 中国农学通报, 2013(25): 108-111.
- [38] 谢治芳, 吴雪辉, 黄永芳, 等. 板栗壳汁饮料的研制[J]. 食品工业科技, 2005(7): 138-139, 142.
- [39] 何佳珂, 于洋, 陈西敬, 等. 黄酮类化合物的药物代谢研究进展[J]. 中国中药杂志, 2010(21): 2789-2794.
- [40] 朱福, 王美华. 植物黄酮类药物在心血管病中的应用[J]. 心血管病学进展, 2001(5): 295-297.
- [41] 余志成, 张伟伟, 马廷方. 板栗壳天然染料的制备及其应用: 中国, CN1952020[P]. 2007-04-25.
- [42] 夏艳云. 板栗壳栽培香菇试验[J]. 食用菌, 1999(3): 19-20.
- [43] 秦薇薇, 张凌. 国内核桃壳综合利用技术的研究现状[J]. 食品工业, 2012(11): 138-140.