

西番莲的功能活性成分及加工与综合利用研究进展

Research progress on functional composition and comprehensive utilization of passion fruit

朱文娴 夏必帮 廖红梅

ZHU Wen-xian XIA Bi-bang LIAO Hong-mei

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要: 文章概述了西番莲功能活性成分、药理活性及加工与综合利用, 并分析了研究过程存在的问题, 以期为后续的研究及产品开发提供参考。

关键词: 西番莲; 饮料制品; 功能成分; 药理活性

Abstract: Summarizes the extraction of functional composition, pharmacological activities, processing and comprehensive utilization of passion fruit. Simultaneously, corresponding problems in research process of passion fruit have also been expounded. Theoretical references for subsequent research and product development would be provided.

Keywords: passion fruit; functional composition; pharmacological activities; comprehensive utilization

西番莲 (*Passiflora edulis*) 又名鸡蛋果、百香果、热情果、受难果等, 含有丰富的有机酸、果胶、类黄酮、氨基酸、生物碱、叶黄素、 β -胡萝卜素、维生素及微量元素等^[1]。西番莲果实芳香馥郁, 素有“世界上最芳香的水果”的美称, 其主要特征香气成分包括丁酸乙酯、己酸乙酯、乙酸丙酯、1-己醇和 α -松油醇等^[2]。虽然西番莲产量小, 加工后的商品化产品也少, 但由于其香气浓郁及富含活性物质等优点, 其在食品中的应用越来越广泛。

本文综述了西番莲功能活性成分及加工状况, 主要包括果汁、果醋和果酒的加工, 以及西番莲果肉、果皮及叶中果胶、黄酮类、花色苷和膳食纤维的提取及活性研究。以期为后续西番莲加工及活性成分提取提供参考。

基金项目: 国家重点研发计划 (编号: 2017YFD0400703-3); 国家自然科学基金 (编号: 31471714)

作者简介: 朱文娴, 女, 江南大学在读硕士研究生。

通信作者: 廖红梅 (1983—), 女, 江南大学副教授, 博士。

E-mail: hmeiliao@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2018-03-08

1 西番莲功能活性成分及功效

西番莲的果肉、果皮及西番莲叶都含有多种生物活性物质, 但各部分所含生物活性成分的含量具有差异性。果胶、多糖、多酚和黄酮等物质在果肉和果皮中均有分布^[3], 而维生素、氨基酸、多种常量及微量元素主要在果肉中^[4]; 西番莲叶中主要活性成分是黄酮类化合物^[5]。

这些生物活性物质具有较高的药用价值。例如, 小鼠食用含有西番莲果皮粉的高脂饲料可提高胰岛素敏感性, 改善血糖平衡, 增加肠促胰岛素致使产生饱腹感, 从而可以作为降低血糖的食物和减肥剂使用^[6]。食用西番莲全皮粉末可以使小鼠镇静, 并可以减少体重增加^[7]。Marques 等^[8]研究西番莲果皮粉与饮食治疗结合对 HIV 脂肪代谢障碍患者血浆中胆固醇的影响, 发现治疗 30 d 后有效降低总胆固醇和三酰甘油酯含量; 90 d 后患者血液中低密度脂蛋白胆固醇浓度降低, 高密度脂蛋白胆固醇浓度升高, 其效果优于单独使用饮食治疗; 该研究结果表明食用 30 g 西番莲果皮粉结合饮食调整 90 d 可有效改善血浆中总胆固醇结构并降低三酰甘油酯浓度。

另外, 已证明西番莲果皮和叶的提取物可以抑制腐败菌。例如, 已有研究^[9]表明其对田七根中尖孢镰刀菌具有较好抑制效果。

1.1 果胶

果胶广泛存在于植物果实、根、茎和叶中。西番莲干果皮中果胶占 10%, 具有降血脂、抗癌、减肥及止血等功效^[10], 在食品加工中, 可用作增稠剂、稳定剂和乳化剂等^[11]。目前国内外对果胶的需求处于增长趋势, 中国产量约为 3 000 t/年。研究^[12]表明, 喂食从西番莲果皮中提取的果胶, 可减少小鼠结肠黏膜损伤, 一定程度上可降低溃疡性结肠炎疾病发生, 因而具有较大的发掘潜力。

1.2 膳食纤维

膳食纤维包括可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维两大

类。研究^[13]表明紫果西番莲中的总膳食纤维占果皮干重 73%，其中 60% 为不溶性膳食纤维。膳食纤维具有抗腹泻、预防癌症、解毒、控制体重和降低血糖等作用^[14-15]。喂食西番莲改性纤维的小鼠血清总胆固醇、甘油三酯和丙二醛含量下降，而高密度脂蛋白胆固醇、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、谷胱甘肽过氧化物歧化酶和超氧化物歧化酶活性都升高，同时促使小鼠粪便含水率增加，说明其具有很好的降血脂、保肝和润肠通便作用^[16]。

1.3 黄酮类化合物

已有研究表明西番莲中黄酮类化合物具有多种功效，如：西番莲果皮中的总黄酮提取液可以有效阻断亚硝胺合成并清除亚硝酸钠^[17]；与同等浓度 V_C 相比较，对 $\cdot OH$ 和 $O_2\cdot^-$ 等自由基有更好的清除效果^[18]。Anzoise 等^[19]证明西番莲提取物具有抗炎功效，可有效治疗小鼠结肠炎，缓解结肠炎相关症状，并推测具有抗炎效果的主要成分为黄酮和牡荆素等物质。Araujo 等^[20]基于西番莲中提取的类黄酮抑制一氧化氮和肿瘤坏死因子- α 的产生及其抗氧化潜力，分析类黄酮抗分支杆菌活性和抗炎症作用，提出西番莲中类黄酮物质有治疗结核病的潜力。

此外，关于西番莲抗焦虑的研究较多：Ayres 等^[21]研究表明 2 种不同亚群的西番莲叶提取物中类黄酮糖苷具有抗焦虑、抗抑郁和镇静作用；赵瑞瑞^[22]提出西番莲叶正丁醇萃取物（主要为白杨素和异牡荆素）具有显著抗焦虑活性；邹江冰等^[23]采用荧光定量 PCR 方法表明紫果西番莲叶醇提取物能上调高架十字迷宫焦虑小鼠脑组织中 GABAA 受体 α_2 、 α_3 亚型 mRNA 表达水平，具有显著抗焦虑作用。综上，可得知西番莲中黄酮类化合物的生物活性应用潜力较大，可进一步研究。

2 西番莲的加工及综合利用

2.1 西番莲饮品加工

西番莲果香馥郁、高酸口感且自带紫色、黄色和绿色的天然色素，果实中果皮约占 50%，果汁约占 30%。由于西番莲果汁整体含量较常见水果低、且酸度高，因而在加工中常与其他果蔬复配，以得到色、香、味俱佳且营养全面的果蔬产品。目前西番莲的加工主要集中在相关饮品加工。

2.1.1 果汁饮料 西番莲酸度高但芳香物质丰富，单独制汁口感难以被消费者接受，因而常与其他果蔬混合制备复合果蔬汁，以得到风味和口感俱佳的果蔬饮料。例如，简少芬等^[24]以沙糖橘汁：西番莲汁：荸荠汁配比为 5：2：3（体积比），添加 10% 白砂糖、0.05% 柠檬酸，可得到香气和色泽自然、形态均匀、口感清爽的复合果蔬汁饮料。叶丽珠^[25]利用西番莲弥补黄瓜口味清淡的缺点，将 12% 西番莲汁与 28% 黄瓜汁混合，加 10% 白砂糖和 0.6% 柠檬酸钠，制得西番莲黄瓜复合果汁。西番莲果皮较厚，汁液中含有大量果籽，一般鲜果出汁率为 40%^[26]。从出汁率较低的角度考虑将其与其他高出汁率果蔬进行复配也是一种较好的扬长避短、提高果蔬综合利用率的策略。

在果汁加工过程中，果汁稳定性是学者们重点关注的问题之一，直接影响着果汁感官品质。聂强等^[27]对比复合增稠剂（黄原胶、果胶、羧甲基纤维素钠）与单一增稠剂对果汁稳定性的影响，证明复合增稠剂比单一增稠剂的效果好，并得出当复合稳定剂处理的西番莲果汁饮料的离心率降低至 2.1% 时，果汁稳定性高。上述研究主要侧重于提高果汁的出汁率及稳定性两方面，很少考虑果汁饮料在热杀菌后营养物质的保留率及对风味的影响。马卫红等^[28]研究表明西番莲果汁饮料在 95℃ 灭菌 10 min，常温或 36℃ 下贮藏均会导致其感官品质严重劣变。目前超高压、高压脉冲、超高压二氧化碳及超声等非热加工技术已经较为成熟，今后可探究这些非热技术在西番莲果汁饮料生产中的应用效果，以确保有效杀菌的同时保持西番莲果蔬汁及饮料的良好感官风味品质。

2.1.2 果醋 果醋是经过酵母和醋酸菌发酵而制成的澄清透明、果香浓郁、醋香纯正且色泽诱人的一类产品，含有酚类、黄酮类及维生素等物质，有较强抗氧化及保健作用^[29]。西番莲糖度低、酸度高，难以直接发酵酿造果醋。通常需要加入糖，或以其为配料复配含糖量高的水果发酵复合果醋。例如，潘嫣丽等^[30]以香蕉和西番莲作为主料发酵果醋，以香蕉：西番莲：水比例为 80：1：10（g：g：mL），糖度 20%，接入混合酵母 1.6×10^6 CFU/mL，在 24℃ 下发酵至酒精度达到 7%；再接入 5% 醋酸菌在 32℃ 下发酵 9 d 后过滤，可得到香蕉西番莲复合果醋。王志江等^[31]采用西番莲汁：山药汁=1：2（体积比），酒精发酵工艺为初始糖度 20%、接入 0.02% 酵母，在 20℃ 下发酵 84 h，酒精度达 7%；随后接种 9% 醋酸菌，在 32℃ 发酵 8 d，得到色泽自然、口感丰满的复合果醋。考虑到西番莲汁高酸和风味馥郁的特点，可在果醋酿制中作为酸度调节剂，或用于调整风味以突出果香。

2.1.3 果酒 西番莲汁经酶解、调配、发酵、澄清和灭菌等工艺，即可制得品质优良并且营养丰富的果酒^[32]。由于西番莲汁酸度高，因而更适合于酿制干型果酒，通常与其他水果复合发酵果酒。潘嫣丽等^[33]以雪莲果和西番莲进行复配，采用白梨酵母和活性干酵母进行发酵，当复合果汁 pH 值 4.0、初始加糖量 25% 时，在 25℃ 下发酵，可制得酒精度达 12.8% 的复合果酒。孔丹琪^[34]研究发现将 25% 西番莲汁与 75% 甜橙汁先进行混合、稀释使果汁含量为 30%，加白砂糖使可溶性固形物达 22%、pH 值 3.8，加入 80 mg/L 亚硫酸，再接入 QA-23 葡萄酒干酵母在 20℃ 下混合发酵 11 d，可制备口感协调的果酒。

一般来讲，用西番莲酿造果酒时，由于果肉中果胶含量高，需预先进行酶解；其次，对于发酵后果酒中含糖量的控制也十分重要：一方面高残糖量可能同时伴随果酒酒精度较低；另一方面高残糖量可为杂菌提供能源，加速酒体变质。因此，通常宜将干型果酒的残糖量控制在 4 g/L 以内^[35]。此外，虽然西番莲中的柠檬酸可以提高果酒风味，并具有护色、抑菌和防腐作用，但若酸度较高则会影响酶解和发酵效果，因而常常需要复配其他果蔬进行控制。

2.2 功能成分的提取 若西番莲果皮仅作为饲料加工原料或将果肉加工后的

废渣丢弃会造成资源的极大浪费。为了提高其综合利用价值,已有学者^[36]对其果肉、果皮和叶的综合利用进行相关报道,主要包括从果皮和叶中提取果胶、膳食纤维、色素物质及抗氧化物质等。

2.2.1 果胶的提取 目前提取果胶的方法主要有酸法、碱法、酶法、离子交换、微波、超声波、超临界流体萃取和高压脉冲电场等^[37]。

(1) 酶法提取是最常用的一种方式。刘运花等^[38]使用纤维素酶、半纤维素酶、木质素酶 3 种酶复合提取西番莲果皮中的果胶,在料液比 6 : 1 (mL/g)、pH 4、40 ℃、3.5 h 的条件下,果胶最高提取得率为 2.63 %。运用酶法比传统化学法提取率提高 40 %^[39],但其耗时耗能。

(2) 利用酸法提取。用盐酸与 30 % 柠檬酸混合作为提取液,在料液比 45 : 1 (mL/g)、pH 值 1.5、65.5 ℃ 条件下,果胶得率为 10.98 %^[40],但酸法产生的废液较多,会增加处理成本并污染环境。

(3) 利用微波辅助提取。在功率 687 W、pH 1.75、料液比 20 : 1 (mL/g) 条件下,可缩短提取时间,并提高果胶提取率^[41]。

因此,后期可通过以上两种或多种方法联合处理以提高西番莲中果胶提取率,使提取过程省时省力使经济效益最大化,从而提高西番莲附加值。

2.2.2 膳食纤维的提取 多数研究采用酶法提取西番莲中膳食纤维。陈良云^[42]用酸酶法与化学法提取西番莲膳食纤维,得出酸酶法提取率、持水性和吸附性远高于化学法,且 D301R 阴离子树脂具有很好的脱色效果。蒋琳兰等^[43]用酸酶法提取西番莲可溶性膳食纤维,当料液比 1 : 40 (g/mL)、耐高温 α -淀粉酶添加量 5.00 U/g、柠檬酸溶液浓度 0.18 %、在 80 ℃ 下可溶性膳食纤维提取率达 13.82 %。程明明等^[44]先用 1 : 1 (质量比) α -淀粉酶和木瓜蛋白酶酶解西番莲果皮果粉,然后再用超声波在 355.5 W、37.3 ℃ 下处理 32.8 min 以提高不溶性膳食纤维的提取率,最终膳食纤维得率为 53.07 %。

2.2.3 黄酮类化合物的提取 西番莲果肉中含 9 种黄酮三醇单体(阿福豆素葡萄糖苷及其衍生物、儿茶素葡萄糖苷及其衍生物等)和 9 种原花青素(原飞燕草色素二聚体及三聚体、矢车菊色素二聚体及三聚体、原花葵色素二聚体等),两者所占比重分别为 59.4 % 和 40.6 %^[45]。杨丹等^[46]利用响应面法优化了紫果西番莲果皮总黄酮提取工艺,结果显示:在 75.97 ℃ 下,用体积分数 58.70 % 的乙醇提取 0.5 h,可得到 11.70 mg/g 的总黄酮。

2.2.4 花色苷的提取 花色苷具有多种功效,可作为天然着色剂、抗氧化剂及自由基清除剂。多数水果果皮花色苷含量比果汁丰富,与蓝莓、桑葚及葡萄等富含花色苷的水果相比,西番莲果皮中所占比重高,其花色苷主要包括矢车菊素、芍药色素和天竺葵色素等^[47]。可通过提取其果皮中花色苷提高综合利用率。当前主要采用醇提法提取。例如,彭彬等^[48]用浸提法提取西番莲果汁色素,得到最佳工艺为:果汁与 95 % 乙醇的料液比 1 : 5 (体积比),60 ℃ 提取 10 min。曾

绍校等^[49]以 86 % 的乙醇作为萃取剂,在料液比 1 : 36 (g/mL),萃取温度 31 ℃,萃取时间 120 min 的条件下,西番莲果皮花色苷提取率可达 13.723 6 mg/g。

3 结论与展望

目前,在加工方面,西番莲产品主要有以果汁、果醋和果酒为主的复合饮品,以弥补其高酸的缺点,提高其在口感上的接受度。在生物活性方面,西番莲多个部位提取物具有抗炎、抗焦虑、镇静、润肠通便及降血脂等功效。在功能性物质提取方面,西番莲各部位均含多种生物活性成分,但大多究侧重于药理活性研究,对提取并未深入探究,而提取率好坏决定其是否存在开发利用价值,故在该方面仍存在很大的探索空间。

今后学者们的研究可以朝着 4 个方面进行:

(1) 在鲜食方面,可加强保鲜方法及贮藏过程中品质变化的研究,以找到一种最佳贮藏保鲜方法,减少烂果率,提高经济效益。

(2) 在加工方面,可探究加工方式对产品中微生物、内源酶、感官品质及营养的影响,以达到安全卫生、健康营养的要求,同时延长产品货架期。尤其是热加工对其中特征香气成分及风味的影响,以更好地保持其馥郁香气;这不仅对西番莲的加工有利,也可开发以西番莲为风味物质基础,用做果蔬产品的天然风味剂。

(3) 在深加工产品方面,可开发即食、“零添加”及含膳食纤维提取物的功能性产品,探究膳食纤维在不同种类食品中利用的优化条件,丰富产品的种类,以满足现今人们对方便休闲及营养健康食品的需求,拓宽西番莲商品市场及其利用率。

(4) 在药理活性方面,虽已证明西番莲中功能成分具有巨大的药理活性,但大多数作用机制尚不清楚,可进一步探究西番莲各提取物的结构特征及其在具体病理上的调节机理,了解具体物质的疗效作用,拓宽其提取物在医药上的应用。

总之,通过不断的深入研究,以提高西番莲综合利用率,扩展其在食品、药品、保健品和饲料等方面的应用范围,提高经济效益。

参考文献

[1] 王琴飞, 张如莲, 徐丽, 等. HPLC 测定西番莲中叶黄素和 β -胡萝卜素[J]. 热带作物学报, 2016, 37(3): 609-614.

[2] JANZANTTI N S, MONTEIRO M. Changes in the aroma of organic passion fruit (*Passiflora edulis*, Sims f. *flavicarpa*, Deg.) during ripeness[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 59(2): 612-620.

[3] 文良娟, 毛慧君, 张元春, 等. 西番莲果皮成分分析及其抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 54-58.

[4] 陈泽琼, 廖斌, 庄宗浩. 西番莲果汁、果皮、籽实, 种子油的营养成分及其综合利用[J]. 广州食品工业科技, 1992(1): 25-28.

[5] 邹江冰, 孔秋玲, 陈龙浩, 等. 不同产地紫果西番莲叶中总黄酮的含量测定[J]. 医药导报, 2012, 31(3): 348-349.

[6] LIMA G C, VUOLO MM, BATISTA Â G, 等. 高脂饮食大鼠饲料中添加西番莲皮可提高胰岛素的敏感性, 增加肠促胰素和下丘脑致饱食感[J]. 饲料博览, 2016(9): 44-44.

[7] FIGUEIREDO D A F, PORDEUS L C M, PAULO LL, et al. Effects of bark flour of *Passiflora edulis*, on food intake, body weight and behavioral response of rats[J]. *Revista Brasileira De Farmacognosia*, 2016, 26(5): 595-600.

[8] MARQUES S D S F, LIBONATI R M F, LUO R, et al. Evaluation of the effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis*, fo. *flavicarpa*) on metabolic changes in HIV patients with lipodystrophy syndrome secondary to antiretroviral therapy[J]. *Revista Brasileira De Farmacognosia*, 2016, 26(4): 420-426.

[9] 岑春艺, 谢秋丽, 苏启勇, 等. 西番莲提取物对田七根腐病菌抑制作用的研究[J]. 中国热带农业, 2015(4): 76-79.

[10] 张丽芬, 吴倩, 陈复生, 等. 改性果胶结构、功能及方法的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2015(1): 1-5.

[11] 谢明勇, 李精, 聂少平. 果胶研究与应用进展[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 1-14.

[12] 陈颖珊. 紫果西番莲果胶提取及预防溃疡性结肠炎活性[D]. 广州: 华南理工大学, 2014: 50-61.

[13] 程明明, 黄苇. 超声波辅助酶碱法提取西番莲果皮水不溶性膳食纤维的工艺研究[J]. 广东农业科学, 2017, 44(5): 118-125.

[14] 王艳丽, 刘凌, 孙慧, 等. 膳食纤维的微观结构及功能特性研究[J]. 中国食品添加剂, 2014(2): 98-103.

[15] 刘英丽, 谢良需, 丁立, 等. 小麦麸膳食纤维对猪肉肌原纤维蛋白凝胶功能特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 15-23.

[16] 程明明, 黄苇. 西番莲果皮中膳食纤维的降脂保肝及润肠通便功能[J]. 食品科学, 2017, 38(11): 202-207.

[17] 冯纪南, 黄海英, 赵丽萍, 等. 西番莲果皮总黄酮提取工艺及抑制亚硝化反应[J]. 光谱实验室, 2013, 30(3): 1 179-1 184.

[18] 陶永元, 舒康云, 董洪丽, 等. 西番莲黄酮的提取及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2014(17): 25-29.

[19] ANZOISE M L, MARRASSINI C, BACH H, et al. Beneficial properties of *Passiflora caerulea* on experimental colitis [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2016, 194: 137-145.

[20] ARAUJO M H D, SILVA I C V D, OLIVEIRA P F D, et al. Biological activities and phytochemical profile of *Passiflora mucronata*, from the Brazilian restinga[J]. *Rev. Bras. Farmacogn*, 2017, 27: 702-710.

[21] AYRES A S F S J, ARAÚJO LL S D, SOARES T C, et al. Comparative central effects of the aqueous leaf extract of two populations of *Passiflora edulis* [J]. *Revista Brasileira De Farmacognosia*, 2015, 25(5): 499-505.

[22] 赵瑞瑞. 紫果西番莲叶抗焦虑活性成分的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011: 35-47.

[23] 邹江冰, 袁进, 蒋琳兰. 紫果西番莲叶提取物抗焦虑作用及其机制[J]. 医药导报, 2015, 34(2): 166-169.

[24] 简少芬, 张少平, 潘换花. 沙糖橘·西番莲·荸荠复合果蔬汁饮料的配方工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(7): 70-72.

[25] 叶丽珠. 西番莲黄瓜复合饮料工艺优化研究[J]. 宁德师范学院学报: 自然科学版, 2014, 26(3): 276-279.

[26] 黄国清, 肖仔君, 梁小颖, 等. 西番莲果汁加工工艺研究[J]. 食品科学, 2006, 27(8): 187-190.

[27] 聂强, 何仁, 黄永春, 等. 单纯形重心法优化西番莲果汁饮料的稳定剂配方[J]. 安徽农业科学, 2016(9): 109-111.

[28] 马卫红, 劳永达, 钟瑞敏, 等. 西番莲果汁饮料风味稳定性及保香效果研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(21): 6-9.

[29] 向进乐, 罗磊, 郭香凤, 等. 果醋功能性研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 356-360.

[30] 潘嫣丽, 杨昌鹏, 黄夏, 等. 香蕉西番莲果醋发酵工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 150-153.

[31] 王志江, 周育华, 陈婉玲, 等. 西番莲山药复合果醋的研制[J]. 中国调味品, 2015, 40(2): 96-99.

[32] 郭正忠, 黄星源, 蔡冠英. 西番莲果酒的发酵工艺研究[J]. 酿酒, 2017, 44(4): 96-98.

[33] 潘嫣丽, 黄友琴, 黄夏, 等. 雪莲果-西番莲复合果酒双酵母发酵工艺的研究[J]. 中国酿造, 2011, 30(8): 175-178.

[34] 孔丹琪. 西番莲酿酒工艺初探[J]. 山东化工, 2016, 45(13): 49-53.

[35] 高辰哲. 红树莓果酒酿造及超高压技术应用研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017: 10.

[36] 李莉萍. 西番莲综合开发利用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28): 13 840-13 843.

[37] 高健, 马路山, 胡建军, 等. 果胶提取技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(6): 368-372.

[38] 刘运花, 黄苇, 郭美媛, 等. 西番莲果皮中果胶的复合酶法提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(18): 117-128.

[39] VASCO-CORREA J, ZAPATA A D Z. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) at laboratory and bench scale[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 80: 280-285.

[40] 陈颖珊, 蒋琳兰. 响应面优化混合酸提取西番莲果皮果胶工艺研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 261-266.

[41] 黄永春, 何仁, 马月飞, 等. 微波辅助提取西番莲果皮中果胶的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 161-164.

[42] 陈良云. 紫果西番莲果皮膳食纤维制备工艺及其性质研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013: 75-76.

[43] 蒋琳兰, 张丰进, 陈良云, 等. 响应面法优化西番莲果皮中可溶性膳食纤维的酸酶法提取工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(9): 31-34.

[44] 程明明, 黄苇. 超声波辅助酶碱法提取西番莲果皮水不溶性膳食纤维的工艺研究[J]. 广东农业科学, 2017, 44(5): 118-125.

[45] GARCÍA-RUIZ A, GIRONES-VILAPLANA A, LEÓN P, et al. Banana Passion Fruit [*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey]: Microencapsulation, Phytochemical Composition and Antioxidant Capacity[J]. *Molecules*, 2017, 22(1): 1-12.

[46] 杨丹, 莫绪串, 覃丽清, 等. 响应面法优化紫果西番莲果皮总黄酮提取工艺[J]. 桂林师范高等专科学校学报, 2017, 31(5): 100-103.

[47] 祝慧. 百香果的花色苷组分和哈尔滨红肠多肽组分的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2015: 26-27.

[48] 彭彬, 孔祥龙, 郑宝东. 西番莲果汁色素提取工艺的研究[J]. 福建轻纺, 2010(9): 36-41.

[49] 曾绍校, 彭彬, 陈洁, 等. 响应面法优化西番莲果皮花色苷提取工艺[J]. 中国食品学报, 2014, 14(1): 104-113.