蓝莓营养保健功能及其活性成分提取技术研究进展

Progress on functionality of blueberry and extracting technology for its active ingredient

李斌¹ 雷月¹ 孟宪军¹ 矫馨瑶¹

LI Bin¹ LEI Yue¹ MENG Xian-jun¹ JIAO Xin-yao¹

张家臣¹ 王维生² 徐强² 高凝轩¹

ZHANG Jia-cheng¹ WANG Wei-sheng² XU Qiang² GAO Ning-xuan¹

(1. 沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳皇冠蓝莓生物科技有限公司, 辽宁 沈阳 110016)

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2. Huangguan Blueberry Biological Technology Co., Ltd., Shenyang, Liaoning 110016, China)

摘要: 蓝莓因其独特的风味、丰富的营养成分以及功能的多样性而倍受人们的喜爱。文章综述蓝莓的营养价值, 重点介绍其在保护视力、抗氧化、增强记忆力和抗衰老等方面的保健功能, 并对蓝莓活性成分提取技术的发展现状进行概述, 展望蓝莓的发展前景。旨在为蓝莓进一步的开发利用提供参考和借鉴。

关键词: 蓝莓; 功能性; 活性成分; 提取技术; 发展前景

Abstract: For the its unique flavor, rich nutrients and multifunctionality, blueberry is highly popular. The nutritional value of blueberry is summarized, especially its healthy function in protecting eyesight, antioxidation and enhancing memory ability. Also, the current development situation of extractive technique of active ingredient in blueberry is reviewed and the prospect of blueberry is presented, aiming to provide a reference for further development of blueberry.

Keywords: blueberry; functionality; active ingredients; extracting technology; prospects

蓝莓, 也称蓝浆果, 属于杜鹃花科越橘属植物, 是一种经济价值很高的小浆果^[1]。中国蓝莓主要分布在长白山区、大小兴安岭等地, 在国外则主要分布在北美洲、苏格兰等地区。蓝莓所含营养成分丰富, 果实为圆形蓝色浆果, 果肉细腻, 酸

甜适度, 有“浆果之王”的美誉^[2-3]。果实中除含有糖、酸、维生素和矿物质元素外, 还含有丰富的花青素、超氧化物歧化酶(SOD)、熊果酸等其他水果中少有的特殊营养成分。目前对蓝莓功能性的研究^[4]显示: 蓝莓果实具有保护视力、预防癌症、延缓衰老等独特功效, 因此被联合国粮农组织(FAO)^[5]确定为人类五大健康食品之一。文章针对蓝莓的营养成分、功能性及其活性成分提取技术的研究及发展现状逐一综述, 旨在为拓宽蓝莓产业发展空间及加快蓝莓活性成分提取技术开发应用提供参考和建议。

1 蓝莓的主要营养成分

1.1 花青素

美国相关研究机构^[6]发现, 蓝莓在果蔬中属于花青素含量最高的水果。据孟宪军等^[7]分析测定发现, 蓝莓冻果中花青素含量约为 327.35 mg/100 g。花青素属类黄酮类色素, 是一种有效的天然水溶性自由基清除剂, 其淬灭自由基的能力是 V_C 的 20 倍, V_E 的 50 倍^[8]。在自然条件下, 花青素不稳定, 常通过糖苷键和糖分子结合形成稳定的花色苷^[9]。蓝莓花青素具有抗氧化、清除自由基、抗癌和改善视力等保健功能^[10]。李颖畅等^[11]研究发现, 蓝莓花色苷具有抗脂质过氧化能力以及清除羟基自由基、超氧阴离子自由基能力等。Srivastava 等^[12]发现蓝莓主要的花青苷为飞燕草素、矢车菊素、芍药素、矮牵牛素、锦葵花素、天竺葵素。

1.2 多酚类

蓝莓中多酚类物质主要存在于植物细胞原生质体及液泡内, 是一类含有一个或多个羟基的芳香环类有机化合物的总称, 属植物的次生代谢产物, 其主要包括酚酸类、黄酮类和花色苷类等^[13-14]。刘翼翔等^[15]测得大兴安岭野生蓝莓鲜

基金项目: 公益性行业(农业)专项经费资助(编号: 201303073-04); 辽宁省高等学校优秀人才支持计划资助(编号: LJQ2014068); 沈阳农业大学天柱山英才项目资助(编号: 2014)

作者简介: 雷月(1988—), 女, 沈阳农业大学在读硕士研究生。
E-mail: 1193198989@qq.com

通讯作者: 李斌

收稿日期: 2015-07-02

果中总酚含量为 (458.96 ± 28.35) mg/100 g。相关研究^[16]报道蓝莓多酚成分具有较强的抗氧化活性、抗炎、缓解心血管疾病和预防癌症等保健效果。吕业春等^[17]研究得出蓝莓多酚能明显降低由油酸诱导的肝细胞脂肪累积,且100 μ g/mL的蓝莓多酚对甘油三酯的清除率高达40%,同时Kaleaa等^[18]也发现蓝莓多酚组分具有降低血清中低密度脂蛋白的作用,这些结果均表明蓝莓多酚成分具有良好预防脂肪肝的潜在功效。

1.3 黄酮类

黄酮类物质是一类大量分布于自然界植物中且具有多种生理活性的多酚类化合物,属于植物体内的次生代谢产物^[19]。黄酮类化合物因其结构特征又可分为黄酮、黄酮醇、异黄酮等多种类型,且在果蔬中常以黄酮糖苷的形式存在,极少部分以黄酮苷元的形式存在^[20-21]。蓝莓中含有丰富的黄酮类化合物,相关研究^[22-23]表明黄酮类物质具有较佳的抗氧化性、抗肿瘤、抗病毒和预防动脉粥样硬化等多种药理活性。李颖畅等^[24]研究发现蓝莓叶总黄酮具有较强的抗猪油氧化能力,且呈剂量效应关系。

1.4 熊果酸

熊果酸是多种天然产物的功能成分,通常以游离或与糖结合成甙的形式存在^[25]。熊果酸具有广泛的生物活性,尤其在抗肿瘤、保肝、降血脂等方面作用显著^[26]。蓝莓果实中熊果酸对中枢神经有明显的安定与降温作用,有关研究人员^[27]通过大量动物试验证明它能够降低小鼠的正常体温、减少小鼠活动,对体外革兰氏细菌、酵母菌等的活性也具抑制作用。

1.5 其他

蓝莓果实中除了上述主要的营养成分外还含有丰富的维生素、矿物质、碳水化合物和酚酸等成分。Bere^[28]发现蓝莓中含有人体必需脂肪酸亚麻油酸,含量约0.25 g/100 g。Mattila等^[29]发现蓝莓果皮中酚酸含量为85 mg/100 g。国家标准物质检测中心^[30]检测得出:蓝莓浆果中含有19种氨基酸,其中含有人体所必需的8种氨基酸,且比例适当。

2 蓝莓的保健功能

2.1 保护视力

蓝莓果实中的花青素具有活化和促进视网膜细胞中视紫质再生的功能,有助于预防眼睛退化性疾病,可以有效预防重度近视眼,增进视力。蓝莓果中含有丰富的 V_A ,有关研究^[31]表明越橘提取物复合 V_A 可以改善视力,提高双眼明视持久度。随着工作和生活压力的不断增大,因眼睛疲劳而产生的疾病越来越多,因此,用蓝莓来预防眼疾、消除视疲劳、保护视力意义重大。

2.2 抗氧化作用

蓝莓中富含黄酮、酚酸等大量生理活性物质,能有效保护细胞免受过氧化物的破坏^[32]。若自由基在脑神经细胞内大量累积会引起脑神经元结构受损,导致脑功能衰退^[33],蓝莓花青素与自由基结合可以有效清除体内过多有害自由基

并激活细胞内抗氧化防御系统,达到维持自由基动态平衡、改善体内微循环的作用。蓝莓花青素与 V_C 和 V_E 具有协同作用,可增强其在体内的抗氧化效果^[34]。Rimando等^[35]发现在不同品种的蓝莓果中均含有抗氧化作用的活性物质,如白藜芦醇、紫檀芪等。李春阳等^[36]研究发现蓝莓叶多酚与蓝莓果渣多酚均具有较强的抗氧化活性,具有开发天然抗氧化产品的潜在价值。

2.3 其他保健功能

除上述保健功能外,蓝莓果实中花青素还可以有效预防和治疗心血管疾病^[37-38]。蓝莓在欧洲拥有“口服的皮肤化妆品”美誉,可以阻止硬性蛋白酶的产生并抑制其活性,从而由内部改善皮肤的健康状况,并保持皮肤的柔顺光滑^[39]。蓝莓具有抗衰老、防癌、抗病毒等保健功能^[3,39]。同时蓝莓多酚还具有改善记忆力的功效^[40]。

3 蓝莓活性成分提取技术的发展现状

3.1 花青素类物质的提取

因蓝莓果实中富含的花青素具多种生理活性功能,所以提取蓝莓花青素对功能性产品的研发与应用至关重要。然而,花青素的性质极不稳定,在自然界中常以糖苷键结合的形式存在,是一种强极性的物质。花青素最为传统的提取方法是水提法^[41]、溶剂提取法。王兆雨等^[42]采用溶剂提取技术研究蓝莓花青素提取工艺条件,确定最佳提取条件为:pH 3.5,浸提温度50 $^{\circ}$ C,浸提时间60 min,浸提剂乙醇浓度50%,提取1次,在该条件下测得蓝莓花青素得率5.8%。薄艳秋^[43]用丙酮作为提取剂,试验确定蓝莓花青素最佳提取条件为:丙酮浓度70%,提取温度4 $^{\circ}$ C,提取时间1.5 h,料液比1:3(m:V),此工艺条件下花青素提取率达4.393%。Oancea等^[44]研究了不同的提取条件对花青素提取量的影响,结果表明:当乙醇浓度为50%时,花青素最大得率为148.51 mg/100 g,升高温度可增加提取量,最终确定最佳提取条件为:温度50 $^{\circ}$ C,时间2 h,选用50%乙醇溶液。

随着提取技术的迅速发展,一些诸如超声波辅助提取、微波辅助萃取、酶解等新兴提取技术也逐步应用到蓝莓花青素的提取中。李金星等^[45]以蓝莓果渣为原料,研究超声波辅助提取花色苷并确定最佳提取工艺条件,得蓝莓果渣花色苷 (9.91 ± 0.05) mg/g,与酸性乙醇浸提法比较,超声波辅助提取法时间短,效率高。李颖畅^[46]在酶法提取蓝莓花色苷的试验中,通过对选用的纤维素酶和果胶酶分别提取以及两种酶复合提取蓝莓花色苷,发现一定量的纤维素酶可以提高蓝莓花色苷提取量,而果胶酶反而会使提取量下降,两种酶复合处理的花色苷提取量低于相同用量纤维素酶的,说明两种酶无协同作用,确定最佳条件下选用纤维素酶得到的花色苷提取量与水提法相比,提高了49.35%。

3.2 多酚类物质的提取

蓝莓多酚因其聚合度不同、结构组成复杂以及蓝莓各品种间存在的差异等诸多因素的影响,到目前为止并没有固定的一种可以提取所有多酚的方法。常用的提取蓝莓多酚的

方法有有机溶剂提取法、超声波辅助提取技术、减压提取法、超声微波联用技术以及超临界 CO₂ 萃取技术^[47]等。李颖畅等^[48]选用超声波辅助乙醇提取蓝莓叶多酚,确定最佳工艺条件为:超声时间 10 min,超声功率 546 W,乙醇浓度 64%,料液比 1:22(*m*:*V*),在此条件下蓝莓叶多酚得率为 8.54%。闫海清等^[49]利用超声微波联用技术提取蓝莓多酚,通过单因素及响应面优化试验,确定在料液比 1:25(*m*:*V*),超声时间 75 min、超声功率 750 W、微波时间 45 s、微波功率 340 W 条件下,多酚的提取率可达到(14.56±0.20) mg/g,故利用超声微波联用技术可大大提高蓝莓中多酚的提取率。冯进等^[50]采用减压提取蓝莓叶多酚,确定最佳工艺条件:真空度-0.07 MPa,乙醇浓度 60%,pH 3.5,提取时间 60 min,料液比 1:50(*m*:*V*),物料粒度 80~100 目,此条件下获得多酚提取率为 81.47%,多酚纯度为 45.32%,其纯度比常压提取高 6.57%。

3.3 黄酮类物质的提取

近几年,黄酮类物质在食品、医药等相关领域都有广泛的应用,故具有极大的开发利用价值。然而,它的生物活性因其结构的不同而不同,为能够获取具有较高生物活性的黄酮类化合物,提取技术的选择成为关键因素。根据黄酮类化合物的结构和相关性质,如:极性、水溶性等,通常选用有机溶剂提取法^[51]、水提法^[52],以及逐渐普及的一些更为高效、先进的提取方法:超声波法^[53]、微波萃取法^[54-55]和超临界流体萃取法^[56]等。周慧恒等^[57]采用乙醇浸提法对蓝莓总黄酮的提取条件进行优化后,得到最佳的提取条件为:时间 120 min,温度 60 °C,料液比 1:10(*m*:*V*),乙醇浓度 40%,得出蓝莓总黄酮的提取率为 0.373 mg/g。对于采用超临界流体萃取技术提取黄酮类物质的研究报道已屡见不鲜,王文渊等^[58]对超临界流体萃取苦瓜叶黄酮的工艺进行优化,确定最佳条件:以用量为 1:1(*V*:*m*)的 95%乙醇浸润 1 h,夹带剂体积与原料质量比 2:1,CO₂ 流量 22 L/h,萃取压力 28 MPa,萃取温度 44 °C,萃取时间 150 min,该工艺下得到黄酮类物质的含量高达 3.69%。有研究者^[59]对水提法、乙醇浸提法、微波提取法和超临界流体萃取法分别提取同一种原料中的黄酮类物质进行比较,最终结果表明:超临界流体萃取法提取总黄酮含量最高,且得到的萃取物纯净、纯度高、无异味,而采用超临界流体萃取法提取蓝莓中黄酮类物质的相关报道还不是很多,这必将成为一个发展趋势。潘兴桥等^[60]采用超高压技术提取蓝莓中黄酮类化合物,并确定其最佳提取工艺条件为:提取温度 65 °C,乙醇体积分数 70%,料液比 1:40(*m*:*V*),超高压 300 MPa,在此条件下黄酮类化合物提取率为 3.94%,且超高压技术具有能耗低、提取效率高和提取时间短等优点,适合黄酮类化合物的提取。

4 前景与展望

近几年,蓝莓果实丰富的营养价值已经得到人们的普遍认可,利用蓝莓资源丰富、营养价值高、具有多种保健功能的特点,研究蓝莓加工的新技术、新工艺,尤其是蓝莓活性物质的深加工技术,具有十分重要的意义。当前对于蓝莓中花色

苷、多酚类物质和黄酮类物质的提取分离及体外抗氧化活性研究均已有了相关报道,但是对熊果酸等其他活性成分的研究仅涉及了简单的测定分析,因此选用何种技术才能更好地对蓝莓中熊果酸等重要的活性物质进行提取、分离是解决蓝莓资源充分开发利用的关键问题。同时,由于蓝莓属于典型的水多皮薄型浆果,极易因破损使汁液流出而导致营养价值降低和腐烂变质,因此深入探索低成本高效益的蓝莓保鲜技术将成为保证蓝莓产业满足市场需求的关键手段。蓝莓中营养成分因自身结构特征和经提取后易受光照、温度、pH 值等因素的影响,其稳定性变化较大,故如何恰当选用提取技术和有效提高其稳定性成为促进蓝莓加工产业快速发展的研究热点。中国蓝莓产业的深加工投入力度还远不及国外,因此为能进一步加大和提升中国蓝莓产业深加工力度,学习和采用先进、高效的蓝莓功能性成分制备工艺和功能性产品加工技术,积极开发蓝莓保健品将成为蓝莓加工的发展方向。随着蓝莓活性成分提取技术的快速发展,使传统单一的提取方法与新型辅助提取技术如微波辅助提取、超临界流体辅助萃取等技术结合应用,将成为蓝莓产业发展的必然趋势。

参考文献

- 1 陈卫. 蓝莓及其营养保健功能[J]. 中外食品, 2003(7): 34~35.
- 2 刘艳, 宋立秋, 范俊娟, 等. HPLC 法测定蓝莓中鞣花酸含量[J]. 江苏农业科学, 2008(3): 217~218.
- 3 马艳萍, 郭才, 徐呈祥. 蓝莓的功能、用途及有机栽培研究进展[J]. 金陵科技学报, 2009, 25(2): 49~54.
- 4 姜爱丽, 孟宪军, 胡文忠, 等. 不同北高丛蓝莓品种的抗氧化成分及其抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9): 161~165.
- 5 王珊珊, 孙爱东, 李淑燕. 蓝莓的保健功能及其开发应用[J]. 中国食品与营养, 2010(6): 17~20.
- 6 张秀凤, 魏建春, 李云芳. 蓝莓的保健功能及蓝莓食品开发利用现状[J]. 农业机械, 2013(29): 78~81.
- 7 孟宪军, 王冠群, 宋德群, 等. 响应面法优化蓝莓花色苷提取工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(7): 226~229.
- 8 胡雅馨, 李京, 惠伯棣, 等. 蓝莓果实中主要营养及花青素成分的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 600~603.
- 9 Da Costa, C T, Horton, et al. Analysis of anthocyanins in foods by liquid chromatography, liquid chromatography-mass spectrometry and capillary electrophoresis[J]. Journal of Chromatography A, 2008, 881(1): 403~410.
- 10 冷吉燕, 张婧, 邵明柏. 蓝莓花色苷的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2011, 31(17): 3 419~3 423.
- 11 李颖畅, 宣景宏, 孟宪军, 等. 蓝莓果中花色苷的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(1): 178~181.
- 12 Srivastava A, Akoh CC, Fischer J, et al. Effect of anthocyanin fractions from selected cultivars of Georgia-grown blueberries on apoptosis and phase II enzymes[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2007, 55(8): 3 180~3 185.
- 13 吕阐明. 蓝靛果忍冬酚类物质提取及抗氧化性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- 14 伍鹤, 王远亮, 赵琳, 等. 蓝莓多酚提取方法及功能活性研究进展

- [J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 257~261.
- 15 刘翼翔, 吴永沛, 陈俊, 等. 蓝莓不同多酚物质的分离与抑制细胞氧化损伤功能的比较[J]. 浙江大学学报(农业与生命版), 2013, 39(4): 428~434.
- 16 赵慧芳, 吴文龙, 马丽, 等. 基于抗氧化活性分析的蓝莓多酚提取工艺[J]. 食品工业科技, 2015, 36(5): 251~254.
- 17 吕业春, 刘翼翔, 吴薇, 等. 蓝莓多酚对油酸诱导 HepG2 细胞脂肪积累的干预作用[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 308~312.
- 18 Kaleaa A Z, Fotini N, Cordopatis T P, et al. Wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption affects the composition and structure of glycosaminoglycans in Sprague-Dawley rat aorta[J]. Journal of Nutrition Biochemistry, 2006(17): 109~116.
- 19 田瑶. 蓝莓中黄酮类物质的提取、分离纯化及生物活性研究[D]. 黑龙江: 东北农业大学, 2012.
- 20 Crepy V, Morand C, Besson C, et al. Quercetin, but not its glycosides, is absorbed from the rat stomach[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2002, 50(3): 618~621.
- 21 邱娜, 郑喜清, 韩海军, 等. 植物天然成分黄酮类化合物的提取方法[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(33): 11 888~11 889, 11 907.
- 22 Slmestad R, Fossen T, Verheul M J. The flavonoids of tomatoes[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2008, 56(7): 2 436~2 441.
- 23 Lue S, Xia W. Food phenolics, pros and cons: a review[J]. Food Reviews International, 2005, 21(4): 367~388.
- 24 李颖畅, 孙建华, 孟宪军. 蓝莓叶总黄酮提取物的定性分析和抗油脂氧化[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 96~99.
- 25 赵秀玲. 蓝莓的成分与保健功能的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2011, 30(6): 19~23.
- 26 司福亭, 李靖靖, 曾超, 等. 熊果酸的抗肿瘤活性及作用机理研究进展[J]. 化学与生物工程, 2010, 27(1): 9~12.
- 27 匡海学. 中药化学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2008: 236.
- 28 Bere E. Wild berries: a good source of omega-3[J]. Eur J. Clin Nutr, 2007(61): 431~433.
- 29 Mattila P, Hellstion J, Torronen R. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages[J]. J. Agric. Food Chem., 2006(54): 7 193~7 199.
- 30 吕滨. 蓝莓醋饮料的研制[J]. 科技信息, 2007(8): 4.
- 31 徐云, 徐健, 王婷婷, 等. 功能性保健食品蓝莓的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(6): 132~134.
- 32 杨红彭. 蓝莓的活性成分、吸收代谢及其神经保护作用的研究进展[J]. 卫生研究, 2010, 39(4): 525~528.
- 33 苏蕾. 原花青素保健功能研究概述[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2007, 22(3): 113~115.
- 34 Borros D, Amaral O B, Izquierdo I, et al. Behavioral and genoprotective effects of *Vaccinium* berries intake in mice[J]. Pharmacol Biochem Behav, 2006(84): 229~234.
- 35 Rimando AM, Kalt W, Magee JB, et al. Resveratrol, pterostilbene, and piceatannol in *Vaccinium* berries[J]. J. Agric. Food Chem., 2004(52): 4 713~4 719.
- 36 李春阳, 冯进. 蓝莓叶多酚与蓝莓果渣多酚提取物抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2013(7): 56~60.
- 37 凌志群, 张晓辉. 原花青素的药理学研究进展[J]. 中国药理学通报, 2002, 18(1): 9~12.
- 38 Kong J M, Chia L S. Analysis and biological activities of anthocyanins[J]. Phytochemistry, 2003(64): 923~933.
- 39 刘欢. “浆果之王”蓝莓的营养保健作用研究[J]. 中国新技术新产品, 2009(19): 228.
- 40 Ramirez MR, Izquierdo I, do Carmo Bassols Raseira M, et al. Effect of lyophilised *Vaccinium* berries on memory, anxiety and locomotion in adult rats[J]. Pharmacological Research, 2005(52): 457~462.
- 41 龙唐忠, 李娟, 蒋立文. 水法提取桑葚色素工艺研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 53~56.
- 42 王兆雨, 徐美玲, 朱蓓薇. 蓝莓花青素的提取工艺条件[J]. 大连轻工业学院学报, 2007, 26(3): 196.
- 43 薄艳秋. 蓝莓花青素的提取和抗氧化活性研究[D]. 东北: 东北农业大学, 2012.
- 44 Oancea S, Stoia M, Coman D. Effects of extraction conditions on bioactive anthocyanin content of *Vaccinium corymbosum* in the Perspective of food applications[J]. Procedia Engineering, 2012(42): 489~495.
- 45 李金星, 胡志和, 马立志, 等. 超声波辅助提取蓝莓果渣中花色苷的条件研究[J]. 食品工业科技, 2013(20): 255~259.
- 46 李颖畅. 蓝莓花色苷提取纯化及生理功能研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008.
- 47 李建. 超临界流体(CO₂)萃取技术在食品工业中的应用[J]. 食品与机械, 1998(2): 7~9.
- 48 李颖畅, 张明辉, 马春颖, 等. 响应面法优化超声波辅助提取蓝莓叶多酚[J]. 食品工业科技, 2015(15): 234~238.
- 49 闫海清, 陈相艳, 程安玮, 等. 超声微波联用技术提取蓝莓多酚的工艺优化[J]. 中国食品添加剂, 2014(1): 88~94.
- 50 冯进, 曾晓雄, 李春阳, 等. 蓝莓叶多酚减压提取工艺优化[J]. 食品工业科技, 2012, 33(16): 315~318.
- 51 李颖畅, 吕艳芳. 蓝莓叶总黄酮的提取及其定性分析[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(4): 32~36.
- 52 张贻彬, 李彩侠, 吴亚卿. 黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品与机械, 2005, 21(5): 70~73.
- 53 杜若源, 谢晶, 王婷, 等. 超声波辅助提取银杏叶中总黄酮的工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 167~170.
- 54 苏东林, 单杨, 李高阳. 微波法提取柑桔皮总黄酮的应用研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 73~76.
- 55 张慧, 刘宗敏, 黎继烈. 微波萃取法在食品工业中的应用[J]. 食品与机械, 2007, 22(6): 147~150.
- 56 余清, 郑小严, 黄红霞, 等. 超临界 CO₂ 萃取乌饭树叶总黄酮的工艺[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2009, 38(1): 97~102.
- 57 周慧恒, 杨胜放, 欧阳吉德, 等. 蓝莓黄酮浸提工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2013, 50(1): 68~71.
- 58 王文渊, 唐守勇, 龙红萍. 超临界 CO₂ 流体萃取苦瓜叶中黄酮的研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 98~100.
- 59 王晓丹, 史桂云, 李同德, 等. 不同方法提取柿叶总黄酮含量的比较[J]. 泰山医学院学报, 2008(6): 454~455.
- 60 潘兴桥, 李力, 荆旭慧, 等. 超高压技术提取蓝莓总黄酮的工艺研究[J]. 食品工业, 2013, 34(10): 17~19.