

# 甘肃枸杞功能性物质及其功效研究综述

史蓉, 李婷婷, 周丽, 苏菊

(酒泉市食品检验检测中心, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 枸杞为“药食同源”农产品, 在我国西北地区广泛种植, 但产出主要为初级产品, 对其中的功能性物质研究较少。以甘肃河西走廊带所产枸杞为研究对象, 对枸杞中甜菜碱、枸杞多糖、黄酮类化合物、类胡萝卜素等功能性物质及其抗氧化、抑菌、降血糖等功效进行了综述。

**关键词:** 枸杞; 功能性物质; 营养成分; 功效

**中图分类号:** S668.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)09-0081-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.09.018

枸杞(*Lycium barbarum*)是茄科枸杞属的多分枝灌木植物, 多年生落叶灌木<sup>[1]</sup>, 树龄可达百年以上, 以食用为主药用为辅, 在我国和其他亚洲国家有 2000 多年的种植和使用历史<sup>[2]</sup>。《本草纲目》、《千金翼方》、《本草汇言》等很多古代医学名著都有枸杞的药用记载。枸杞口感微甜, 含有丰富的营养成分, 具有增强机体免疫力、滋补肝肾、益精明目等多种保健功效<sup>[3]</sup>, 被广泛用于功能性食品的研究与开发。中国有记载的枸杞种植历史已经超过 800 年, 是世界枸杞的发源地, 近年来我国枸杞产业发展迅速, 种植面积和产量逐年增长, 因其具有极强的耐旱、耐盐碱和耐贫瘠性, 主要产区分布在宁夏、甘肃、青海、新疆、内蒙古等西北地区<sup>[4]</sup>。甘肃横跨河西走廊两端, 冬冷夏热温差大, 日照时间长, 出产的枸杞粒大, 色红、肉质厚味甜, 糖分高。近年来, 枸杞成为甘肃地区重要的经济支柱之一, 靖远县、瓜州县、玉门市所产枸杞质量优良, 已成为我国枸杞出口的主力产品<sup>[5]</sup>。

枸杞鲜果加工品种类很多, 最常见的是枸杞干果, 可作为代用茶, 也可在煲汤或者煮粥的时候加入, “保温杯里泡枸杞”已悄然

成为养生时尚。枸杞深加工近些年来也取得了瞩目的成就, 已陆续开发出枸杞饮料、枸杞保健酒、枸杞籽油、枸杞保健品等<sup>[6]</sup>。随着人们健康意识的增强, 对保健食品的需求越来越大, 枸杞作为名贵中药材的保健作用受到广泛关注<sup>[7]</sup>。现针对甘肃产枸杞活性物质的研究作一综述, 以期对枸杞加工企业和研究机构全方位地认识枸杞的功效, 进一步开发枸杞系列产品提供参考。

## 1 枸杞的主要成分

枸杞的主要营养成分和活性物质有蛋白质、脂肪、总糖、枸杞多糖、甜菜碱、总酚、黄酮等, 决定着枸杞的营养价值及药用性<sup>[8]</sup>, 其含量是评价食品和中药材品质的一项重要指标。王益民等<sup>[9]</sup>对产于甘肃景电灌区的 10 个不同品种枸杞的 3 项外观指标和 7 项营养物质含量进行了测定, 得出其主要活性物质总糖含量为 9.10% ~ 10.72%, 甜菜碱含量为 0.85% ~ 1.15%, 类胡萝卜素含量为 7.07 ~ 51.62 mg/100 g, 枸杞多糖含量为 7.54 ~ 11.18 mg/100 g。艾百拉·热合曼等<sup>[10]</sup>测定产自甘肃民勤经自然晾晒和除蜡热烘处理的枸杞的主要营养成分及功能成分, 得出蛋白质含量为 13.92% ~ 14.13%, 粗脂肪含

收稿日期: 2019-04-26

基金项目: 酒泉市科技支撑项目(酒科发[2018]61号)。

作者简介: 史蓉(1986—), 女, 甘肃酒泉人, 工程师, 主要从事食品安全分析检测。联系电话: (0)13119379262。Email: 16yu@163.com。

量为 2.74%~3.85%，总糖含量为 58.48%~61.68%，甜菜碱含量为 1.40%~1.64%，类胡萝卜素含量为 0.59%~0.73%，枸杞多糖含量为 1.59%~1.97%，总酚含量为 73.98~76.95 mg/100 g，总黄酮含量为 63.10~66.78 mg/100 g。史蓉等<sup>[11]</sup>以酒泉枸杞为研究对象，对枸杞多糖、甜菜碱、总酚这 3 种功能性成分含量进行测定，得出甜菜碱含量平均为 1.21%，枸杞多糖含量平均为 6.44%，总酚含量平均为 0.12%。

## 2 枸杞功能性物质

### 2.1 枸杞多糖

枸杞多糖 (*Lycium barbarum polysaccharide*, LBP) 是枸杞的主要活性成分之一，具有抗氧化、抗肿瘤、增强免疫、降低动物血糖血脂等多种功效。枸杞国家标准规定枸杞多糖含量 $\geq 3.0\%$ 。甘肃 3 个枸杞产区中，酒泉地区枸杞多糖含量平均在 6.0% 左右，可能和种植区海拔高、日照时间长、昼夜温差大有关系<sup>[12-13]</sup>。LBP 是从枸杞中提取而得的一种水溶性多糖，作为复合多糖由酸性杂多糖与多肽或蛋白质构成的，中性糖部分由阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖、甘露糖、鼠李糖、木糖等组成<sup>[14]</sup>。蔡慧珍等<sup>[15]</sup>研究得出，LBP 能够降低 2 型糖尿病患者的空腹血糖，对 2 型糖尿病人血糖及其胰岛素抵抗相关细胞因子起作用，可以通过抑制 TNF- $\alpha$  含量的升高进而缓解 2 型糖尿病患者的 IR 进一步加剧，这对于降低 2 型糖尿病患者的血糖、从而缓解病情具有一定作用。还有研究表明，LBP 能够显著降低糖尿病小鼠、大鼠的空腹血糖水平<sup>[16]</sup>，还能够通过 PKC 途径激活小鼠肾小球系膜细胞的细胞外信号，从而通过调节激酶 1/2 (ERK1/2) 来保护患糖尿病大鼠的肾脏<sup>[17]</sup>；抑制体内丙二醛 (MDA)、一氧化氮 (NO) 的产生，促使产生超氧化物歧化酶 (SOD)，抑制非胰岛素依赖性糖尿病大鼠的氧化应激作用<sup>[18]</sup>。

LBP 对神经系统，尤其是对已受损伤视

网膜的保护作用已有较多的报道。如 LBP 对视网膜神经节细胞 (RGC) 具有抗眼压 (OH) 的作用<sup>[19]</sup>。LBP 可以减少视网膜神经节细胞凋亡及降低视网膜缺血导致的灌注性损伤，可以提高视网膜中 SOD 活性，修复视神经损伤造成的视神经结构的改变，LBP 预处理 7 d 可有效保护视网膜免受神经元死亡、胶质细胞活化、水通道上调、BRB 破坏和氧化应激等损伤<sup>[20]</sup>。Wang Ke<sup>[21]</sup>研究了 LBP 对视网膜色素变性 rd10 小鼠模型中感光细胞凋亡的潜在神经保护作用，证明 LBP 可以发挥神经保护作用，它通过抗氧化、抗炎和抗凋亡机制，抑制 NF- $\kappa$ B 和 HIF-1 $\alpha$  来部分调节炎症。LBP 在生殖毒性的防护方面也有作用，有研究表明 LBP 可损伤小鼠生精上皮细胞的凋亡<sup>[22]</sup>。黄晓兰等<sup>[23]</sup>认为 LBP 可通过调节下丘脑-垂体-性腺轴及抗氧化作用实现对大鼠生殖系统的保护。邵鸿娥等<sup>[24]</sup>在 LBP 对小鼠体内抗氧化酶活性及耐力的影响实验中发现，LBP 可使小鼠血液中的 SOD 活性明显升高、MDA 含量明显减少，认为 LBP 具有良好的体内抗氧化作用，可以延缓衰老。

### 2.2 甜菜碱

甜菜碱 (betaine) 学名三甲基胺乙内酯，许多枸杞属植物果实、根皮、叶中均含有甜菜碱，作为一种渗透调节物质在高等植物体内普遍存在，有许多优良的药理作用，在体内起甲基供体作用，是枸杞中对脂类代谢或抗脂肪肝的主要活性物质<sup>[25]</sup>。目前对甜菜碱含量的测定方法主要有比色法、高效液相色谱法、离子色谱法等。甘肃产枸杞的甜菜碱含量均在 0.85% 以上，其中民勤产枸杞中甜菜碱含量最高，可达到 1.64%。

甜菜碱具有渗透调节作用，是最好的渗透调节剂，较低浓度的甜菜碱能有效避免高浓度无机离子对酶和代谢的毒害，具有保护细胞抵抗外界高渗透等作用。甜菜碱也是一种有效的甲基供体，甚至比蛋氨酸或胆

碱更为有效,它参与蛋氨酸循环及卵磷脂合成,在高同型半胱氨酸血症的治疗中安全而有效。甜菜碱还可以防止因胆汁酸诱导的肝脏细胞凋亡,对多种肝脏疾病有很好的治疗作用<sup>[26]</sup>。有研究表明,植物中的甜菜碱能有效维持蛋白质和生物膜在逆境下的结构和功能<sup>[27]</sup>,还可以通过自身的积累来减少水分丧失<sup>[28]</sup>。曲恒漫等<sup>[29]</sup>研究认为,无水甜菜碱对大肠杆菌 K88 没有明显的抑菌作用,而甜菜碱盐酸盐对大肠杆菌 K88 具有明显抑菌作用,最小杀菌浓度(MBC)为 8.125 mg/mL,最小抑菌浓度(MIC)为 6.25 mg/mL,抑菌效果且随着甜菜碱盐酸盐浓度提高或培养时间延长而增强。

### 2.3 黄酮类化合物

黄酮类化合物是自然界中一类广泛存在于植物根、茎、叶、花和果实中的次生代谢有机物,其种类繁多,结构复杂,黄酮类化合物在植物体中通常与糖结合成苷类,小部分以游离态(苷元)的形式存在。植物中所含天然黄酮类化合物主要以 C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> 为基本结构框架,根据黄酮类化合物 C<sub>2</sub> 或 C<sub>3</sub> 位连接位置,通常将黄酮类化合物分为黄酮及黄酮醇类,如槲皮素;异黄酮类,如大豆素;黄烷醇类,如儿茶素;二氢黄酮及二氢黄酮醇类,如甘草素、甘草苷;查耳酮类,如红花苷;花色苷类,如天竺葵苷元;其他黄酮类,如银杏素等<sup>[30]</sup>。枸杞果实中含有丰富的黄酮类化合物。艾百拉·热合曼等<sup>[10]</sup>研究得出,甘肃民勤枸杞自然晾晒干燥后黄酮含量为 66.78 mg/100 g,除蜡热烘处理后黄酮含量为 63.10 mg/100 g,含量基本稳定。Inbaraj 等<sup>[31]</sup>利用 HPLC-DAD-ESI-MS 对枸杞中的黄酮类化合物进行了分析检测,结果枸杞含槲皮素-鼠李糖-二己糖 438.6 μg/g、槲皮素-二鼠李糖 117.5 μg/g、芦丁 281.3 μg/g、山奈酚-3-O-芸香糖苷 97.7 μg/g。

黄酮类化合物作为一种天然色素,因独特的化学结构和生物活性而对人类和动物具

有许多重要的生理、生化、药理方面作用,具有较高的食用和药用价值,如消炎、镇痛、抗癌、清除自由基、止咳、祛痰、平喘等功效<sup>[32]</sup>。不少治疗冠心病有效的中成药均含黄酮类化合物,它能降低胆固醇及扩张冠状动脉,能增强心脏收缩、减少心脏搏动数;大多数黄酮类化合物具有抗氧化自由基作用,能产生明显的抗氧化等作用<sup>[33-34]</sup>。花色苷类能呈现蓝、紫、红等颜色,对它的研究开发可以代替安全性不稳定的人工合成色素。Sohn 等<sup>[35]</sup>对从 5 种天然植物中分离提取出来的 18 种异戊烯基黄酮进行了深入研究,发现其均有抑菌活性,这是因为其易于通过细胞膜进入细胞内,通过抑制还原酶的活性来抑制细胞膜的合成,从而显示出较强的抗菌能力。黄酮类化合物的抑菌效果与其对蛋白质有亲和力的酚羟基有关,可作为微生物酶合成作用的抑制剂。

### 2.4 类胡萝卜素

枸杞色素是存在于枸杞果中的各类呈色物质中一种主要成分,是枸杞籽的重要活性成分,主要包括类胡萝卜素、叶黄素及其他呈色物质。红果枸杞和黄果枸杞中含有丰富的类胡萝卜素,且黄果枸杞中的类胡萝卜素含量显著低于红果枸杞。类胡萝卜素是异戊二烯类化合物,被视为维生素 A 源,每个胡萝卜分子可以转化成 2 个维生素 A 分子,可以通过淬灭自由基、过氧化物和其前体单线态氧来起到防癌和抗癌作用<sup>[36]</sup>。甘肃景电灌区所产枸杞中类胡萝卜素含量在 7.07 ~ 51.62 mg/100 g,民勤产枸杞中类胡萝卜素含量在 0.59% ~ 0.73%。米佳等<sup>[37]</sup>使用 CM-5 分光测色仪分别对枸杞颜色进行了量化分析,表明不同品种、品质的枸杞表皮颜色特征值有差异显著,果皮红度和含有的类胡萝卜素总量呈显著性正相关( $P < 0.05$ )。枸杞果实的颜色与其类胡萝卜素的种类和含量有关,枸杞红度越高,其含有的总类胡萝卜素含量越高。枸杞所含有的类胡萝卜素具有非

常重要的药用价值,是维生素 A 的合成前体,具有抗氧化、提高免疫力、抗肿瘤等重要的生理功能<sup>[38]</sup>。很多研究已经证明类胡萝卜素是枸杞中重要的活性成分之一,能构成视觉细胞内的感光物质,具有预防老年黄斑性病变、改善视力等作用,也被作为色素和抗氧化剂添加在食品中<sup>[39]</sup>。

### 3 结语

甘肃枸杞中的总糖和蛋白质含量较高,脂肪含量较低,能提供更多的氨基酸,也能提供更多的能量,营养价值较高,是高蛋白低脂肪的药食同源植物。秦汉时期的医药书籍中已经有药用枸杞的记载,唐初著名医学家孙思邈在《千金翼方》中称:枸杞以“甘州(今甘肃省张掖一带)者为真,叶厚大者是”。随着传统中草药保健功能被国际市场逐渐重视,枸杞作为“药食同源”中草药资源,备受国内外学者关注。甘肃祁连山沿线出产的枸杞质量优、卖相好、活性成分含量高,品质相较其他地区更胜一筹。但枸杞加工尚处于初级阶段,生产模式单一、初级产品多、产品深加工少、产品附加值低。枸杞全身是宝,是甘肃道地中药材,在临床应用和保健类食品开发方面具有非常广阔的市场前景。如果能够做到物尽其用,开发新产品,如枸杞全粉、枸杞饮料、枸杞酒、以枸杞为主料的保健品等,将大大提高枸杞的经济效益,提高产品竞争力和市场占有率,促进产业升级和当地经济发展。

### 参考文献:

- [1] CHENG J, ZHOU Z, SHENG H, et al. An evidence-based update on the pharmacological activities and possible molecular targets of *Lycium barbarum* polysaccharides[J]. Drug Design Development and Therapy, 2015, 9: 33-78.
- [2] LIN F Y, LAI Y K, YU H C, et al. Effects of *Lycium barbarum* extract on production and immunomodulatory activity of the extracellular polysaccharopeptides from submerged fermentation culture of *Coriolus versicolor* [J]. Food Chem., 2008, 110(2): 446-453.
- [3] 张晓煜,刘静,王连喜.枸杞品质综合评价体系构建[J].中国农业科,2004,37(3): 416-421.
- [4] 徐常青,刘赛,徐荣,等.我国枸杞主产区生产现状调研及建议[J].中国中药杂志,2014,39(11): 1979-1984.
- [5] 李向东,康天兰,刘学周,等.甘肃枸杞产业现状及发展建议[J].甘肃农业科技,2017(1): 65-69.
- [6] MAO FANG, XIAO BINGXIU, JIANG ZHEN, et al. Anticancer effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on colon cancer cells involves G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> phase arrest [J]. Medical Oncology, 2011, 28 (1): 121-126.
- [7] YU M S, LEUNG S K Y, LAI S W, et al. Neuroprotective effects of antiaging oriental medicine *Lycium barbarum* against  $\beta$ -amyloid peptide neurotoxicity[J]. Exp. Gerontol., 2005, 40(8): 716-727.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.枸杞:GB/T 18672—2014[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [9] 王益民,张珂,许飞华,等.不同品种枸杞子营养成分分析及评价[J].食品科学,2014,35(1): 34-38.
- [10] 艾百拉·热合曼,王璇,赵亮,等.干燥方法对枸杞营养和功能成分的影响[J].食品科学,2017,38(9): 138-142.
- [11] 史蓉,周丽,段亭,等.枸杞提取液的活性成分分析及其抑菌性、抗氧化性[J].食品工业科技,2019,40(1): 72-76.
- [12] ZHANG XIAORUI, ZHOU WENXIA, ZHANG YONGXIANG, et al. Macrophages, rather than T and B cells are principal immunostimulatory target cells of *Lycium barbarum* L. polysaccharide LBPF4-OL [J]. J. Ethnopharmacology, 2011, 136(3): 465-472.
- [13] JING LONGJUN, YIN LIBO. Antihyperglycemic activity of polysaccharide from *Lycium barbarum* [J]. J. Med. Plants Res., 2010, 4: 23-26.

- [14] 刘源才, 孙细珍, 许 银, 等. 枸杞多糖组成及含量测定方法的改进[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 292-295.
- [15] 蔡慧珍, 刘福康, 芦 慧, 等. 枸杞多糖对 2 型糖尿病病人的短期干预[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 259-262.
- [16] ZHOU ZHENGWEI, JING LONGJUN, CUI GUOWEN, et al. Effects of polysaccharide from *Lycium barbarum* in alloxan-induced diabetic mice[J]. Afr. J. Biotechnol., 2009, 8(23): 6634-6637.
- [17] ZHAO RUI, LI QINGWANG, LI JIAN, et al. Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharide 4 on kidneys in streptozotocin-induced diabetic rats[J]. Can. J. Physiol. Pharm., 2009, 87(9): 711-719.
- [18] WU HAO, GUO HONGWEI, ZHAO RUI. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on the improvement of antioxidant ability and DNA damage in NIDDM rats[J]. Yakugaku Zasshi, 2006, 126(5): 365-371.
- [19] CHIU K, CHAN H C, YEUNG S C, et al. Modulation of microglia by wolfberry on the survival of retinal ganglion cells in a rat ocular hypertension model[J]. Journal of Ocular Biology, Diseases, and Informatics, 2009, 2(3): 127-136.
- [20] LI S, YANG D, YEUNG C, et al. *Lycium barbarum* polysaccharides reduce neuronal damage, blood-retinal barrier disruption and oxidative stress in retinal ischemia/reperfusion injury[J]. PLoS ONE, 2011, 6(1): e16380.
- [21] WANG KE, XIAO JIA, PENG BO, et al. Retinal structure and function preservation by polysaccharides of wolfberry in a mouse model of retinal degeneration[J]. Scientific Reports, 2014, 4: 7601.
- [22] WANG Y R, ZHAO H, SHENG X S, et al. Protective effect of fructus *Lycii polysaccharides* against time and hyperthermia-induced damage in cultured seminiferous epithelium [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2002, 82(2/3): 169-175.
- [23] 黄晓兰, 杨明亮, 吴晓旻, 等. 枸杞多糖对大鼠生殖系统保护作用的机制探讨[J]. 武汉大学学报(医学版), 2004, 25(1): 29-31; 41.
- [24] 邵鸿娥, 刘斌钰, 邢雁霞, 等. 枸杞多糖对小鼠体内抗氧化酶活性及耐力的影响[J]. 中国自然医学杂志, 2010, 12(2): 133-134.
- [25] 白寿宁. 宁夏枸杞研究: 上册[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1998: 552-559.
- [26] 黄红娜, 张丹参, 郑晓霞, 等. 甜菜碱药理作用的研究进展[J]. 医学综述, 2009(12): 3788-3789.
- [27] XING W, RAJASHEKAR C B. Glycine betaine involvement in freezing tolerance and water stress in *Arabidopsis thaliana*[J]. Environmental and Experimental Botany, 2001, 46: 21-28.
- [28] WANG CHAO, MA XINLEI, HUI ZHEN, et al. Glycine betaine improves thylakoid membrane function of tobacco leaves under low temperature stress[J]. Photosynthetia, 2008, 46(3): 400-409.
- [29] 曲恒漫, 文 媛, 王佳荣, 等. 甜菜碱对大肠杆菌 K88 的抑菌效果研究[J]. 饲料工业, 2017, 38(20): 47-49.
- [30] 罗 静, 李玉锋, 胥 霞. 青稞中的活性物质及功能研究进展 [J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(9): 300-304.
- [31] INBARAJ B S, LU H, KAO T H, et al. Simultaneous determination of phenolic acids and flavonoids in *Lycium barbarum* Linnaeus by HPLC-DAD-ESI-MS[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2010, 51(3): 549-556.
- [32] 李朋亮, 廖若宇, 王 旭, 等. 枸杞晒干过程中黄酮类化合物和苯丙氨酸解氨酶活性的变化[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 79-83.
- [33] YAO SHULONG, XU YING, ZHANG YAN YAN, et al. Black rice and anthocyanins induce inhibition of cholesterol absorption in vitro [J]. Food & Function, 2013, 4(11): 1602-1608.
- [34] RAHIM M A, TAKAHASHI Y, YAMAKI K.

# 热泵干燥技术在中药材初加工中的应用综述

黄玉龙<sup>1,2</sup>, 吕斌<sup>1,2</sup>, 孙若诗<sup>1,2</sup>, 庞中存<sup>1,2</sup>, 康三江<sup>1,2</sup>, 张芳<sup>1,2</sup>

(1.甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070; 2.甘肃省果蔬贮藏加工技术创新中心, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 介绍了热泵干燥技术的原理以及热泵干燥技术高效节能、易于控制、可调节范围广、效率高、污染小等优点, 从热泵设备的改进、干燥工艺优化、物料的品质控制、能效利用优势、多种干燥方式联合应用等方面进行总结了热泵干燥技术在中药材初加工过程中的应用现状。

**关键词:** 热泵; 干燥; 中药材; 初加工

**中图分类号:** R282.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)09-0086-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.09.019

随着国家对中医药领域的不断扶持和人们保健理念的增强, 中医药事业进入发展新时代, 中药需求量也持续增长。据统计, 2017年, 我国中药工业总产值为 8 442 亿元, 中药材进出口总数量为 31.45 万 t, 进出口总额为 14.00 亿美元, 中医药已传播到 183 个国家和地区。高品质的中药材是中医

药高质量发展的基础, 同时也对中药材的生产加工环节提出了更高的要求。植物类中药材含水量普遍较高, 在采收后的产地初加工环节, 由于工艺技术落后、干燥设施简陋, 以自然晾晒或作坊式土烘房干燥为主, 造成烘干效率低, 药材有效成分破坏严重, 容易受天气和环境因素影响而腐

**收稿日期:** 2019-05-08

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (31460399); 甘肃省农牧厅科技项目 (GNKJ-2018-11); 甘肃省农业科学院重点研发计划 (2019GAAS20)。

**作者简介:** 黄玉龙(1980—), 男, 甘肃武威人, 副研究员, 主要从事农产品加工与综合利用工作。Email: huangyulong@gsagr.ac.cn。

**通信作者:** 张芳(1977—), 女, 陕西商南人, 副研究员, 主要从事果蔬及中药材的干制加工工作。Email: 513505089@qq.com

- Mode of pancreatic lipase inhibition activity in vitro by some flavonoids and non-flavonoid polyphenols[J]. Food Research International, 2015, 75: 289-294.
- [35] SOHN H Y, SON K H, KWON C S, et al. Antimicrobial and cytotoxic activity of 18 prenylated flavonoids isolated from medicinal plants: *Morus alba* L., *Morus mongolica* Schneider, *Broussonetia papyrifera*(L.) Vent, *Sophora flavescens* Ait and *Echinosophora ko-reensis* Nakai[J]. Phytomedicine, 2004, 11 (7/8): 666-672.
- [36] STEVEN K, CLINTON M D. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease[J]. Nutrition Reviews, 1998, 56(2): 35-51.
- [37] 米佳, 禄璐, 戴国礼, 等. 枸杞色泽与其类胡萝卜素含量和组成的相关性[J]. 食品科学, 2018, 39(5): 81-86.
- [38] 罗青, 米佳, 张林锁, 等. 枸杞及不同果蔬中类胡萝卜素含量及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2015(24): 39-42.
- [39] WANG C C, CHANG S C, INBARAJ B S, et al. Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2010, 120: 184-192.

(本文责编: 杨杰)