

专家论坛专栏

编者按:枸杞是我国常见的药食同源滋补水果,具有较高的营养价值和经济价值。由于其独特的医疗保健效用,红枸杞和黑枸杞受到了国内外消费者的广泛推崇。本期栏目邀请专家从枸杞深加工产品的研发、功能性成分研究进展等角度进行阐述,希望能助推传统枸杞产业的提档升级。

(栏目策划:李 宁)

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2020.04.002

文章编号:2095-6002(2020)04-0010-11

引用格式:刘敦华,刘军,李佩佩,等. 枸杞深加工产品开发现状及研究进展[J]. 食品科学技术学报,2020,38(4):10-20.



LIU Dunhua, LIU Jun, LI Peipei, et al. Development status and research progress of deep processing products of *Lycium barum*[J]. Journal of Food Science and Technology, 2020,38(4):10-20.

枸杞深加工产品开发现状及研究进展

刘敦华, 刘 军, 李佩佩, 赵晓璐

(宁夏大学农学院/食品质量与安全实验室,宁夏银川 750021)

摘 要:枸杞作为一种药食同源的经济林果,富含多糖、类胡萝卜素、类黄酮、甜菜碱、牛磺酸等多种功能性成分,具有增强免疫调节、抗衰老、预防癌症和肿瘤生长、降低血糖和血脂水平等多种功效,消费者对枸杞相关产品的需求也日益增加。枸杞生长性状属无限花序,果实成熟期较长为每年6~10月份;然而,枸杞果实在成熟后期快速软化,使其极易受到机械损伤和病原微生物感染,限制果实的贮藏和运输;因此,在果实成熟期为降低枸杞果实的损耗和迎合消费者对枸杞保健功能的需求,需要在成熟期内对果实进行深加工处理。阐述了枸杞的主要营养价值和保健功效,并提出传统加工产业与现代消费升级引起的供需矛盾;介绍了枸杞深加工产品和配套技术设备的相关产业现状,分析了枸杞产业精深加工的市场需求和产品研发的未来发展趋势,并指出了枸杞深加工产品和新技术、新装备在枸杞深加工产业的应用前景以及面临的难题和挑战,为枸杞深加工产业的发展提供理论参考。

关键词:枸杞;深加工;功能性成分;产业现状;加工技术

中图分类号: TS255.4

文献标志码: A

枸杞是茄科枸杞属植物果实,枸杞植株是多年生、多分枝、多棘刺落叶灌木^[1];在自然界中,约有70种枸杞,生长在地中海、北美和中国的温带地区^[2]。人们常说的枸杞是对宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)和中华枸杞(*Lycium chinense* Mill.)的总称,又称枸杞子、红枸杞、枸杞果、狗奶子、血杞子、枸杞豆等^[3],广泛生长于中国西北干旱和半干旱地

区,以宁夏、新疆、青海、甘肃、内蒙古为主要产地^[4],在这些地区枸杞作为当地重要的经济林果,对当地经济具有重要意义。枸杞作为载入《中国药典》(2010年版)里面著名的药食同源的中草药,作为食品和药物已被食用至少2000多年,始载于《神农本草经》列为上品,传于《本草纲目》记为“甘平而润,性滋而补”,名于《中华本草》书为补肾益精、养

收稿日期:2020-05-13

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31560436)。

第一作者:刘敦华,男,教授,主要从事枸杞加工及质量安全方面的研究。

肝明目、补血安神、润肺止咳^[5]。随着国内外对枸杞营养价值和保健功效研究的深入,枸杞的众多功效也被证实,不仅在国内受到越来越多消费者的追捧,而且在欧洲和北美地区枸杞甚至被广告宣传为“超级食品”^[6]。本文在概述枸杞生物活性成分及营养价值的基础上,进一步探讨了枸杞深加工产业的现状及发展趋势,以期为枸杞生产种植者、加工企业和科研同行等相关人员提供借鉴,共同促进枸杞深加工产业的健康持续发展。

1 枸杞生物活性成分及营养价值

枸杞果实中的生物活性成分非常复杂,随着现代医学和分析方法的发展,近年来进行了大量研究以证实其化学成分和药理特性,已鉴定出枸杞中含有200多种不同的化学成分,包括枸杞多糖(*Lycium barbarum* polysaccharide, LBP)、类胡萝卜素和其他小分子,如类黄酮、生物碱、酰胺、香豆素、木脂素、萜类化合物、固醇类、有机酸、花青素和药效氨基酸^[7]等。LBP被认为是枸杞中最重要的功能活性成分,LBP是一种糖蛋白复合物,分子量范围为8~241 kDa^[8],由酸性杂多糖和多肽或蛋白质组成的复杂糖肽,其中糖链(包括葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖、木糖和鼠李糖)占其总含量的70%^[9],LBP中提取出LBP-I和LBP-O,分离LBP-I得到3个组分LBGP-I-1(3.19×10^4 Da)、LBGP-I-2(2.92×10^4 Da)、LBGP-I-3(9.12×10^4 Da)由阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖组成,但3种组分的含量存在差异^[10];此外,LBP还包含半乳糖醛酸和18个氨基酸,为Glycan-O-Ser糖肽结构^[11]。类胡萝卜素是一种脂溶性化合物,其颜色范围从黄色到红色,是引起枸杞果实颜色变化的主要原因^[12];Wang等^[13]研究了枸杞中类胡萝卜素、类黄酮和多糖的分离及抗氧化活性。结果表明,在枸杞提取物中共鉴定出10种类胡萝卜素,包括反式玉米黄质、 β 隐黄素和 β 胡萝卜素以及它们的顺式异构体和新黄质。类黄酮是一类多酚化合物,也广泛存在于水果和蔬菜中,自然界已鉴定出6000多种类黄酮,但由于生长环境、成熟度和生长条件的差异,它们的种类和数量也有所不同;Pires等^[14]比较研究了枸杞的茎和果实中酚类成分、营养成分和生物活性,果实中共鉴定咖啡酸、没食子基奎宁酸、儿茶素等22种酚类化合物含量总和为(71 ± 1) mg/g,表现出良好的抗氧化、减轻肝脏损伤和抗

菌活性。Yan等^[15]研究了宁夏枸杞果实中必需氨基酸与总氨基酸的比值以及必需氨基酸与非必需氨基酸的比值均高于FAO/WHO规定的标准,主要的脂肪酸为亚油酸(质量分数为66.81%)和油酸(质量分数为17.13%),可作为人畜营养的潜在资源。Endes等^[16]研究了枸杞果实中钾、镁、铁、磷、钙、钠质量分数分别为13 447.35、806.88、45.77、1 103.30、1 003.40 mg/kg和28.27 mg/kg,钾元素含量最高,其次是磷、钙、镁。由此可知,枸杞果实作为生物活性化合物的来源具有很高的潜力。

Wang等^[17]研究发现LBP在体外表现出显著的抗肿瘤活性;Zhu等^[18]研究发现LBP具有益生元特性,并在体外增强了益生菌(嗜酸乳杆菌和长双歧杆菌)的生长;Wu等^[19]研究发现LBP在减轻肾脏损伤的同时降低了NF- κ B和促炎细胞因子的水平,减轻肾脏的炎症损伤;Qian^[20]研究发现LBP是改善小鼠细胞因子水平和精子质量的潜在免疫调节剂。Juan等^[21]研究发现枸杞类胡萝卜素对白霉素诱导的细胞毒性具有很好的细胞保护作用。Cheng等^[22]研究发现枸杞玉米黄质和叶黄素可有效改善老年性黄斑变性,改善视网膜中枢神经传导;Tang等^[23]评价枸杞对多种肿瘤细胞株的抗增殖和凋亡作用,揭示黄酮类化合物与抗癌作用的关系。Ma等^[24]研究发现枸杞提取的甜菜碱可增加C2C12肌管中肌球蛋白重链(MyHC)的表达以及上调线粒体生物遗传因子,改善能量代谢,对促进骨骼肌功能具有重要的作用。此外,枸杞还具有其他活性成分,因此,枸杞可用于保健食品配方或掺入具有功能特性的食品中以满足消费者的需求。

2 枸杞深加工产业现状

“药食同源”指“医食同源,药食同根”,宁夏枸杞作为一种载入《中国药典》(2010年版)里面著名药食同源的植物性果实,已被食用至少2000多年^[25],现阶段其消费量呈指数级增长,不仅是由于枸杞在中药中的传统用法,而且还因为现已被广泛用于食品加工,目的是在中医理论的指导下预防和治疗疾病或改善健康^[26]。枸杞鲜果属于多汁小浆果,在成熟后期快速软化,采摘后难以贮藏和运输,如不及时处理,果实很快就会腐烂变质,因此需要对果实进行干制等深加工延长其保质期^[27]。

2.1 枸杞干果类

枸杞果肉组织稚嫩,极易受到机械损伤和病原微生物感染,干燥是通过减少水活度以最大程度减少潜在的微生物变质和恶化的化学反应来保存枸杞的最常用加工方法之一。我国的枸杞产品以枸杞干果为主,枸杞的干制方式主要为自然晾晒、烘烤干燥、热风干燥、真空冷冻干燥、微波干燥、远红外真空干燥和联合技术干燥等方法。枸杞内部含水量较高,与空气和环境存在湿度、温度和气压梯度,枸杞内的水分将沿梯度从高到低完成蒸发。自然晾晒是通过在自然条件下通过太阳和环境的热量完成干燥;烘烤干燥、热风干燥则是利用改变干燥介质(空气)温度完成果实干燥;真空冷冻干燥是将枸杞在冷冻条件下,在低温低压环境中利用冰的升华性能完成干燥;微波干燥、远红外真空干燥是通过枸杞吸收电磁波传输的能量,果实内部粒子的运动使物料温度升高达到干燥目的;联合技术干燥是多种干燥技术的组合从而达到干燥目的^[28]。

Zhao等^[29]研究了碳酸钠溶液预处理枸杞热风干燥的动力学模型及抗氧化能力的变化,结果表明,碳酸钠预处理可以增加热风干燥的有效扩散率,减少干燥时间,并改善活性成分含量和抗氧化活性。吴海华等^[30]研究了热风微波真空组合干燥、微波真空干燥、热风干燥和自然晾晒4种干燥方式对枸杞干燥效果的影响;结果表明,微波真空干燥不适合新鲜枸杞的直接干燥,更适合枸杞的后期干燥,微波真空干燥枸杞品质接近热风干燥,枸杞多糖的保留率基本接近热风干燥和自然干燥;热风微波真空组合干燥具有干燥时间短、感官状态好、保存率高的特点,大大缩短干燥时间。王美钧^[31]研究了低温真空干燥、冷冻干燥、热风干燥3种干燥方式对枸杞品质的影响;结果表明,冷冻干燥枸杞的结构、颜色和硬度与低温真空干燥相似,但气味降低,热风干燥枸杞严重变形,结构受损,颜色为深红色;低温真空干燥可以更好地保留枸杞干燥过程中氨基酸、类黄酮和多糖的含量,低温真空干燥可以更有利于保持枸杞的感官和营养品质。Xie等^[32]研究了远红外辐射加热辅助脉冲真空干燥(far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying, FIR-PVD)枸杞的动力学模型和品质的影响;结果表明,FIR-PVD是一种非常有效的干燥技术,无需化学预处理即可进行枸杞干燥,与热风干燥相比FIR-PVD不仅可以增强干燥过程,而且可以提高干燥产品的质量。刘伟

东等^[33]研究微波热风联合干燥和传统热风干燥对枸杞品质和表面微生物的影响;结果表明,微波热风联合干燥工艺较传统热风干燥工艺更多地保留了枸杞的营养成分,杀菌效果更好,有利于枸杞干果的品质和食品安全。

对于枸杞的干制过程不仅要关注枸杞干燥的感官品质及活性物质的营养品质,干燥技术和设备的节能环保也是枸杞干燥产业未来重要的发展方向。李朋亮等^[34]以苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia-lyase, PAL)活性、总黄酮、山柰酚、芦丁等活性成分含量的变化为指标评价枸杞晒干过程中黄酮类化合物和PAL活性的变化;Fratianni等^[35]以颜色和类胡萝卜素含量的变化为指标,评估研磨剂预处理和枸杞果实在50、60、70℃干燥效果。刘军等^[36]利用感官评价结合总酚、类胡萝卜素、多糖含量活性成分变化趋势,优化枸杞真空微波干燥工艺;Yang等^[37]为避免传统的枸杞果实干燥方法会导致活性成分的损失,研究了电流体干燥法(electrohydrodynamic drying, EHD)干燥枸杞果实的干燥质量及能耗对干燥过程的影响;结果表明,与烘箱干燥相比,EHD系统中多糖的含量有所提高,细胞损伤程度较小,在较低的放电间隙和放电电压下,可以提高干燥速度,降低能耗;Dermesonlouoglou等^[38]评估了脉冲电场(pulsed electric field, PEF)和渗透脱水(osmotic dehydration, OD)处理对干制枸杞传质、颜色、抗氧化能力和总酚含量的影响。综上,在枸杞未来干制技术和设备逐渐转向联合干制技术的方向发展,如压差闪蒸干燥技术、电流体干燥技术、脉冲电场联合渗透脱水技术等,另一方面在追求干燥技术发展的同时确保活性成分不被破坏也是未来干燥技术发展的重要的参考因素。

2.2 枸杞果汁和饮料类

随着健康保健饮品的快速发展,枸杞作为药食同源植物果实被广泛用于保健饮品的开发,现阶段枸杞饮品的主要包括枸杞汁、枸杞饮料和枸杞果酒等产品,枸杞相关饮品在很大程度上满足了消费者对枸杞保健功能的需求。

枸杞汁以枸杞为原料,挤压研磨成汁液后,加入甜味剂、羧甲基纤维素钠等食品添加剂,制成具有枸杞原有的色泽和口感,营养成分没有被破坏的保健饮品。向宇等^[39]利用响应面法优化不同酶制剂和不同稳定剂对枸杞汁的稳定性影响;结果表明,响应面优化的最佳稳定工艺为复合酶添加质量分数为

0.9‰、酶解温度为43℃、酶解时间为72 min、酶解pH值为4.5、复合稳定剂添加质量分数为0.2%,得到的产品感官效果最好。任旭桐等^[40]研究果胶酶用量、温度、时间及pH值4个因素对枸杞汁稳定性的影响,利用正交实验进行工艺优化;结果表明,枸杞果汁中添加果胶酶的质量分数为2.5‰、pH值为5、酶解温度为50℃、酶解时间为90 min,使用果胶酶澄清枸杞果汁效果明显。Amagase等^[41]研究了枸杞汁对成年人血清中的抗氧化生物标志物的改善状态;结果表明,在枸杞汁组中干预前较干预后干预前和干预后超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽(GSH-Px)的抗氧化指标分别显著升高8.4%和9.9%,而丙二醛质量分数则降低8.7%,枸杞汁通过刺激内源性因素提高了人体的抗氧化功效,可能有助于预防或减少与自由基有关的疾病。

枸杞饮料是枸杞饮品中种类繁多且复杂的一种,包括复合饮料、茶饮料、发酵饮料、乳饮料以及固体饮料。王丽萍等^[42]为优化枸杞饮料乳酸发酵工艺,采用均匀设计试验,建立指标综合得分模型并利用偏最小二乘回归建模方程对发酵工艺进行优化;结果表明,较佳发酵工艺条件:接种体积分数2.7%、发酵温度33℃、发酵时间41 h,此时总酸、总糖、总酚及类胡萝卜素的含量和感官评定最佳。成堃等^[43]研究以金银花、枸杞、全脂奶粉为原料,利用响应面法优化枸杞风味酸奶的发酵工艺;结果表明,枸杞风味酸奶的较佳工艺条件:金银花汁的质量分数为5%、枸杞汁的质量分数为6%、白砂糖的质量分数为8%、发酵剂接种的质量分数为10%、发酵时间为5.1 h,发酵温度为43℃,发酵的枸杞风味酸奶组织细腻,酸甜可口,具有独特的中药香味。余彦国等^[44]通过对大枣枸杞泡腾片固体饮料的研制及其质量控制研究;结果表明,通过辅料和酸碱配比选择确定大枣、枸杞泡腾片固体饮料的配方,参考产品硬度、发泡量、崩解时间、pH等检测结果,证明所研制的枸杞固体饮料符合泡腾片质量要求。Reeve等^[45]研究枸杞饮料对UV辐射诱导小鼠皮肤损伤抗氧化改善途径;结果表明,含有体积分数为5%枸杞汁的枸杞饮料显著减少了晒斑反应的炎症性水肿,口服食用枸杞饮料可能会减轻由急性太阳模拟紫外线照射对皮肤的损伤。

枸杞果酒以枸杞全果或枸杞提取物为原料,经复配后加入酵母,在一定发酵温度下得到的营养丰富、口感适佳的酒精饮料,枸杞果酒已成为当今的几

大养生酒之一。Ren等^[46]研究不同成熟度枸杞对发酵枸杞果酒感官及营养品质的影响;结果表明,成熟、轻度过熟和重度过熟果酒理化性质相似,轻度过熟果酒的多糖含量较高,成熟期果酒的酒香味更好以及总黄酮含量最高,综合比较成熟期酿制的枸杞酒具有最佳的营养和感官品质,轻度和重度过熟也可以用于枸杞果酒的生产但品质会降低。为了丰富枸杞果酒的种类,解决传统白酒功能和营养性不足的缺陷,刘琨毅等^[47]研究了柑橘枸杞复合果酒的酿造工艺;结果表明,利用响应面法优化最优的发酵工艺条件为物料比(V(柑橘汁):V(枸杞汁))为1:2、发酵剂接种质量分数为4.7%、发酵温度为23.2℃,得到复合果酒色泽亮黄透明、果香浓郁、酒香温和。何贝贝等^[48]研究枸杞牛乳肽酒酿造工艺及其抗氧化性;结果表明,制备的枸杞牛乳肽酒体外抗氧化活性高、香气和谐、口感好,其感官和理化指标均符合并高于发酵甜乳酒国家标准。

枸杞果汁、饮料和酒以及其余相关饮品的推广,通常以其营养和保健作用进行宣传,因此枸杞饮料的生产技术和设备对活性成分的影响,是决定枸杞饮料制品深加工方向和发展趋势的重要因素。邢紫娟^[49]研究了枸杞发酵饮料的制备工艺以及总酚等理化指标,关注枸杞发酵饮料的营养成分变化。李佩佩等^[50]以还原糖、总酚、总黄酮和挥发性风味物质含量为指标,研究了乳酸菌与酵母菌结合发酵枸杞饮料主要成分、抗氧化活性及两者相关性;Baba等^[51]以细菌的活细胞计数、蛋白水解活性、总酚含量、抗氧化剂活性、血管紧张素-1转化酶抑制活性和感官评价为指标,评价枸杞酸奶的营养和食用品质。另一方面,传统护色、均质、杀菌等技术也会在一定程度上破坏产品的营养品质,You等^[52]对比高静压处理、热处理、高温短时间和膜过滤杀菌方法对桑葚汁颜色和花色苷含量的影响,验证高静压技术杀菌技术在饮料中的应用潜力;Hwang等^[53]验证强脉冲光技术在食品杀菌中的应用;因此,枸杞饮料相关的深加工产业在生产技术和设备的新技术的应用也是未来重要的发展方向。

2.3 枸杞活性成分提取类

随着人们对天然植物中活性成分关注度的增加,对植物性保健食品的需求也越来越大,枸杞作为知名中药材富含多种活性成分,具有优良的应用价值,其提取方法已成为研究的热点。

枸杞多糖的提取方法有限,目前主要方法包括

水提取、酶提取、碱醇提取以及基于水提取的辅助提取方法,如微波辅助提取、加压辅助提取和超声提取。由于不同的提取方法释放出植物细胞壁组分不同,导致多糖的化学结构和生物活性也会产生差异。Huang等^[54]研究新疆枸杞水提果胶多糖对肠道内质网应激的保护作用;结果表明,通过阴离子交换色谱法和凝胶过滤法对水提粗多糖进行测定,发现一种典型的果胶多糖 XLBP-I-I,其可以减轻衣霉素侵害的 IPEC-J2 细胞的 ER 应激和 UPR,进而保护 IPEC-J2 细胞免受内质网应激诱导的凋亡。Yang等^[55]研究了热水、超声水、次临界水和超声增强的次临界水 4 种不同水提取枸杞多糖的化学性质和生物活性;结果表明,采用超声增强的次临界水提取 LBP 最高达到 14%,蛋白质和酚类物质含量和抗氧化能力均最佳。Hao等^[56]研究了基于水提取方法的经典热水提取、微波辅助提取、超声辅助提取和加压辅助提取对枸杞多糖免疫活性和化学特性的影响;结果表明,水提取总糖和酸性多糖含量最高,微波辅助提取多糖-蛋白质复合物含量最高,水提取和加压辅助提取的多糖免疫调节活最好。

枸杞黄酮类化合物提取的方法有水提取、醇提取、酶提取以及在此基础上的超声波辅助提取、微波辅助提取法、亚临界乙醇提取法等方法。Qian等^[57]研究了水、体积分数 50% 乙醇和 95% 乙醇的水溶液提取枸杞果实中黄酮类化合物验证其自由基清除剂的效率;结果表明,体积分数为 95% 的乙醇水溶液提取含量最高,水和体积分数为 50% 的乙醇水溶液对枸杞黄酮类化合物提取结果类似,对提取物中芦丁和绿原酸在 DPPH 抗自由基反应体系结果显示,体积分数为 95% 的乙醇清除自由基效果最佳,体积分数为 50% 的乙醇水溶液次之。Magiera等^[58]采用超声辅助提取和固相萃取相结合的方法对枸杞黄酮类化合物进行提取,并利用超高效液相色谱-紫外检测定性定量分析。Wu等^[59]研究了 5 种大孔树脂 (AB-8、D101、X-5、NKA 和 ADS-7) 对枸杞类黄酮的吸附和解吸性能;结果表明,通过静态吸附/解吸方法发现使用填充有 D101 的色谱柱来分离和纯化类黄酮效果最好,溶质中黄酮的含量从 0.58% 增加到 10.77%。

枸杞类胡萝卜素是一种极性小的脂溶性化合物,因此其提取制备工艺主要为溶剂法和超临界萃取以及微波和超声波辅助提取。Hsu等^[60]研究枸

杞中类胡萝卜素提取物和纳米乳的制备及其对 HT-29 结肠癌细胞生长的影响,发现通过以正己烷-乙醇-丙酮(体积比为 1:1:1)为溶剂提取枸杞中类胡萝卜素,提取率最高。Sun等^[61]研究了枸杞类胡萝卜素提取工艺优化及抗氧化活性;结果表明,通过正交试验以回流温度、加热时间、提取次数、溶剂比为条件进行工艺优化,温度 50℃、时间 3 h、回流提取次数 3、加热石油醚和丙酮的混合溶液($V(\text{石油醚}):V(\text{丙酮})=7:3$),提取枸杞中的胡萝卜素含量最高。Chen等^[62]采用超声辅助溶剂萃取法比较了枸杞和黑果枸杞果实类胡萝卜素积累差异。Karioti等^[63]为开发枸杞中玉米黄质双棕榈酸玉米黄质分析及验证方法,优化提取工艺;结果发现,超声处理的能有效地去除枸杞多糖对玉米黄质双棕榈酸玉米黄质的干扰。

枸杞功能性成分除枸杞多糖、类胡萝卜素、黄酮类化合物以外,还包括甜菜碱、牛磺酸、脑苷、维生素、精油等众多活性物质,枸杞中这些活性物质的精加工和综合利用的系列产品,也是未来枸杞未来深加工的重要发展方向。甜菜碱属季铵型水溶性生物碱,提取一般采用溶剂浸提法,以超微粉碎、微波和超声波辅助组提取;Chien等^[64]通过超声辅助热甲醇-氯仿溶剂回流法提取枸杞中甜菜碱并验证其对大鼠干眼症的影响,通过 Schirmer 试验、泪膜破裂时间测定和角膜结膜荧光素染色三种方法,发现枸杞甜菜碱对减轻氧化应激和炎症引起的干眼症有重要作用。枸杞中含有质量分数为 8% 左右的精油,其含有主要为不饱和脂肪酸,如棕榈酸、亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸等。齐鑫裕等^[65]利用响应面法优化微波辅助法提取枸杞精油,最佳提取工艺为溶剂石油醚作、微波功率 575 W、提取时间为 7 min、枸杞质量浓度为 0.038 5 g/mL,枸杞中精油的提取率最高为 13.80%。

2.4 其他类

枸杞的保健功能已经成为枸杞深加工的重要发展方向,也作为原辅料应用于食品、药品和化妆品的生产加工,包括枸杞糖果、糕点、挂面、面包和面膜等,使枸杞资源得到充分利用,也会结合枸杞的生产特性以及当地饮食习惯开发各种新产品,增加消费者的选择空间和购买欲望。徐梦霞^[66]选取菊花、桑叶和决明子与枸杞复配制备研枸杞复合糖果;孙芝杨^[67]以沙棘汁、枸杞汁为主要原料,并配以木糖醇等其他辅料制备沙棘枸杞无糖果冻;唐秋菊等^[68]以

红枣、枸杞为主要原料,利用卡拉胶、果胶、琼脂复配型胶凝剂制备红枣枸杞复合果糕;温艳霞等^[69]以枸杞浆液和天然奶酪为原料,制备新型奶酪,营养丰富、组织细腻、奶香浓郁,深受消费者喜爱,受到市场认可;廖若宇^[70]利用枸杞、小麦粉、谷朊粉、马铃薯淀粉等原辅料,制备枸杞花色挂面并对其品质进行分析,发现制备的枸杞挂面具有良好的品质和食用特性;韩美子等^[71]以黄芪、枸杞提取液制备抗衰老面膜,其面膜的理化性质(耐热、耐寒、酸碱度)和安全性等方面均符合化妆品的相关国家标准,且具有良好的抗氧化性。另一方面,枸杞制品的应用不仅仅局限于食品或药品的生产,还包括动物对其营养特性的需求;Long等^[72]研究饲料中添加枸杞提取物对肉鸡生长性状的影响;结果表明,肉鸡饲料中添加枸杞提取物可以增加超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶的活性,降低血清和肝脏中丙二醛的含量,可以改善肉鸡的生长性能、消化酶活性、抗氧化能力和免疫功能。

3 枸杞深加工产业挑战及发展趋势

3.1 产业挑战

近年来,枸杞的加工与产品创新得到了巨大的发展,但枸杞深加工产业存在的问题也越来越突出。基础理论研究薄弱、加工技术和加工装备残缺、新型的消费需求与现有生产模式之间的矛盾等成为枸杞深加工产业发展的主要原因。在枸杞干制和深加工过程中,目前研究的热点集中于生产过程中的工艺优化和产品开发;枸杞的干燥仍采用自然晒干和热风干燥等常规干燥方法,因为它们具有投资少,操作简单,但营养和风味的降低以及微观结构的塌陷;真空冷冻干燥等新型干燥技术,产品感官和营养优良但能耗巨大,技术要求高,二者就会出现矛盾。同样以枸杞饮料为例,近年来饮料开发包括,金银花枸杞、黑木耳枸杞、西林火姜枸杞、猴头菇枸杞、沙棘枸杞、蓝莓枸杞猴头菇等一系列复合饮料,产品虽种类繁多重视产品开发,忽略基础理论研究和消费者的需求;对于生产加工技术和设备也同样如此,在枸杞活性成分分离提取过程中只针对目标成分的选择和工艺优化,就会造成其他营养成分的破坏和流失,在类胡萝卜素和黄酮类化合物提取过程中提取温度达到35℃以上就会造成萃取后料渣黏在一起,无法取出,致使损坏萃取釜,导致枸杞深加工产品质量不

佳,使得深加工及精细化加工产品极少达到产业状态。

枸杞用途的多样性有利于开发新的食品和药品,枸杞农残及微生物污染严重,严重影响枸杞食用安全性,必须克服质量控制方面的问题。枸杞品种较多具有地域特点,枸杞的基本组成成分、组织结构特征、微观结构特征、特征营养与风味成分等基础性数据均不明确,需要通过大量研究获得这些枸杞产品的加工基础数据;另一方面,枸杞的差异性为产品的质量控制设置了障碍,并且各地区的质量标准也有很大差异。随着枸杞及其产品的普及,出口产品须调整产品以适应不同地区的不同质量要求,地区之间质量标准的差异可能会阻碍国际贸易。

3.2 发展趋势

近些年来,我国枸杞的生产已形成了稳定的发展业态,枸杞传统干制的消费方式正逐步向多元化消费模式转变,枸杞深加工产业的发展必将围绕“方便快捷,营养健康,绿色安全”的社会需求。枸杞可作为保健食品,这类食品的加工技术也将逐渐趋于成熟化、规模化和标准化。

首先,要加强枸杞理化特性和相关深加工产业技术的基础理论的研究,为设备升级制造和枸杞产品研发提供理论依据;同时,需要对枸杞的营养和保健功效进行进一步研究,明确枸杞的功效范围,避免虚夸和功效造假。其次,枸杞加工的核心价值是更好地发挥枸杞食用营养和高活性特征,消费者对营养健康和安全型食品的需求量逐渐增加,导致其对枸杞加工产品具有多种健康功能食品需求度非常高,例如开发利用枸杞多糖、类黄酮物质、生物碱、类胡萝卜素等活性物质的产品微胶囊和纳米载体,提高对枸杞生物活性物质的精细结构和结构-功能的应用;对不同年龄的消费人群和亚健康人群,开发多元化,个性化高端产品,如针对老年人群血糖、血压、运动员保护、学生和上班族视力等具有针对性的保健功能饮料或主食;开发具有保健功效的快消费型产品,如喷雾干燥的枸杞多糖速溶粉。还可以开发枸杞系列的化妆品,如面膜、口红、乳液等产品,推动枸杞深加工产业横行发展;为避免枸杞干制和深加工过程残渣的浪费,可用于动物饲料的添加,做到综合利用。最后,加快枸杞营养、安全和产地等标准的制定,规范枸杞市场行为,为枸杞深加工产品的发展提供保障。

4 结 论

枸杞作为药食同源的经济林果,随着消费者对其保健功能的日益关注,促进枸杞产品在深加工方面已得到了较大的发展;随着枸杞的生产和消费方式正逐步向多元化消费模式转变,传统加工技术和产品存在缺乏基础理论研究、加工技术和装备落后、新型的消费需求与现有生产模式之间的矛盾,势必会在产业和技术升级过程得到改善,现阶段高产、高效的高新技术和产品,已经应用到枸杞产品和功能性成分的加工中,包括近红外干燥技术、CO₂超临界萃取技术、高光谱无损检测技术以及纳米颗粒和微胶囊技术等;因此,促进枸杞深加工市场多元化,优化产业结构主要发展方向包括:1)枸杞干制和深加工产品及功能成分提取产业装备和技术升级,解决生产过程中的瓶颈问题;2)避免枸杞产品在生产、加工、贮藏和运输过程中生物活性成分的损失,保证产品的营养价值;3)开发多元化,不同年龄的消费人群和亚健康人群的个性化产品,提升产品附加值;4)枸杞农残等相关污染物的快速、准确无损检测技术,保证产品质量;5)完善枸杞产地、营养和安全相关行业标准,保障枸杞深加工产业健康持续发展。

参考文献:

[1] ZHAO J, LI H, XI W, et al. Changes in sugars and organic acids in wolfberry (*Lycium barbarum* L.) fruit during development and maturation[J]. Food Chemistry, 2015,173:718 - 724.

[2] AMAGASE H, FARNSWORTH N R. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (goji)[J]. Food Research International, 2011,44(7):1702 - 1717.

[3] POTTERAT O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity [J]. Planta Medica, 2009,76(1):7 - 19.

[4] YAO R, HEINRICH M, WECKERLE C S. The genus *Lycium* as food and medicine: a botanical, ethnobotanical and historical review[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2018,212:50 - 66.

[5] TAN F, CHEN Y, TAN X, et al. Chinese materiamedica used in medicinal diets[J]. Journal of Ethnopharmacolo-

gy, 2017,206:40 - 54.

[6] JIN M, HUANG Q, ZHAO K, et al. Biological activities and potential health benefit effects of polysaccharides isolated from *Lycium barbarum* L. [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013,54:16 - 23.

[7] WANG Y J, LIANG X J, GUO S J, et al. Evaluation of nutrients and related environmental factors for wolfberry (*Lycium barbarum*) fruits grown in the different areas of China[J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2019, 86:103916.

[8] LUO Q, YAN J, ZHANG S. Isolation and purification of *Lycium barbarum* polysaccharides and its antifatigue effect [J]. Journal of Hygiene Research, 2000,29(2):115 - 117.

[9] KIM J S. Comparison of antioxidant properties of water and ethanol extracts obtained from dried boxthorn (*Lycium chinensis*) fruit [J]. Food & Nutrition Sciences, 2016,3(9):1307 - 1320.

[10] GONG G, DANG T, DENG Y, et al. Physicochemical properties and biological activities of polysaccharides from *Lycium barbarum* prepared by fractional precipitation [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018,109:611 - 618.

[11] TIAN M, WANG M. Studies on extraction, isolation and composition of *Lycium barbarum* polysaccharides [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2006, 31(19):1603 - 1607.

[12] INBARAJ B S, LU H, HUNG C F, et al. Determination of carotenoids and their esters in fruits of *Lycium barbarum* Linnaeus by HPLC - DAD - APCI - MS[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2008,47(4/5):812 - 818.

[13] 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(1):184 - 192.

[14] PIRES T C S P, DIAS M I, BARROS L, et al. Phenolic compounds profile, nutritional compounds and bioactive properties of *Lycium barbarum* L.: a comparative study with stems and fruits[J]. Industrial Crops & Products, 2018,122:574 - 581.

[15] YAN Y, RAN L, CAO Y, et al. Nutritional phytochemical characterization and antioxidant capacity of Ningxia wolfberry (*Lycium barbarum* L.) [J]. Journal of the Chemical Society of Pakistan, 2014, 36 (6): 1079 - 1087.

- [16] ENDES Z, USLU N, ÖZCAN M M, et al. Physico-chemical properties, fatty acid composition and mineral contents of goji berry (*Lycium barbarum* L.) fruit[J]. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 2015,21(1):36-40.
- [17] WANG Y, HAN Q, BAI F, et al. The assembly and antitumor activity of *Lycium barbarum* polysaccharide-platinum-based conjugates[J]. Journal of Inorganic Biochemistry, 2020,205:111001.
- [18] ZHU W, ZHOU S, LIU J, et al. Prebiotic, immunostimulating and gut microbiota-modulating effects of *Lycium barbarum* polysaccharide [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2020,121:109591.
- [19] WU Q, LIU L, WANG X, et al. *Lycium barbarum* polysaccharides attenuate kidney injury in septic rats by regulating Keap1-Nrf2/ARE pathway [J]. Life Sciences, 2020,242:117240.
- [20] QIAN L. Modulation of cytokine level and sperm quality of mice by *Lycium barbarum* polysaccharides[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 126:475-477.
- [21] JUAN G A, MONTESANO D, MAÑES J, et al. Cytoprotective effects of carotenoids-rich extract from *Lycium barbarum* L. on the beauvericin-induced cytotoxicity on Caco-2 cells[J]. Food and Chemical Toxicology, 2019, 133:110798.
- [22] CHENG C Y, CHUNG W Y, SZETO Y T, et al. Fast-ing plasma zeaxanthin response to *Fructus barbarum* L. (wolfberry; Kei Tze) in a food-based human supplementation trial[J]. British Journal of Nutrition, 2005, 93(1):123-130.
- [23] TANG W, CHAN E, KWOK C, et al. A review of the anticancer and immunomodulatory effects of *Lycium barbarum* fruit[J]. Inflammopharmacology, 2012,20(6): 307-314.
- [24] MA J, MENG X, KANG S Y, et al. Regulatory effects of the fruit extract of *Lycium chinense* and its active compound, betaine, on muscle differentiation and mitochondrial biogenesis in C2C12 cells [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2019,118:109297.
- [25] BAUER R. Chromatographic fingerprint analysis of herbal medicines[J]. Chinese Herbal Medicines, 2011 (4):181-190.
- [26] DAHECH I, FARAH W, TRIGUI M, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of *Lycium shawii* fruits extract[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013,60:328-333.
- [27] 王晓,徐小迪,陈勇,等.宁夏枸杞鲜果采后病原菌的分离、鉴定及水杨酸的抑病效果研究[J].食品安全质量检测学报,2018,9(22):5837-5842.
- WANG X, XU X D, CHEN Y, et al. Isolation and identification of postharvest pathogens in fresh wolfberry from Ningxia and the inhibitory effect of salicylic acid [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2018,9(22): 5837-5842.
- [28] 刘志虎,柴博,刘建明,等.枸杞制干方式现状与趋势[J].农业工程,2020,10(2):46-49.
- LIU Z H, CHAI B, LIU J M, et al. Current situation and trend of drying way of wolfberry [J]. Agricultural Engineering, 2020,10(2):46-49.
- [29] ZHAO D, WEI J, HAO J, et al. Effect of sodium carbonate solution pretreatment on drying kinetics, antioxidant capacity changes, and final quality of wolfberry (*Lycium barbarum*) during drying[J]. LWT, 2019,99: 254-261.
- [30] 吴海华,韩清华,杨炳南,等.枸杞热风微波真空组合干燥试验[J].农业机械学报,2010,41(s1):178-181.
- WU H H, HAN Q H, YANG B N, et al. Experiment on combining hot air and microwave vacuum to dry *Lycium* [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(s1):178-181.
- [31] 王美钧.人参、枸杞的低温真空干燥实验研究[D].天津:天津商业大学,2018.
- WANG M J. Experimental study on low temperature vacuum drying of ginseng and wolfberry[D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2018.
- [32] XIE L, MUJUMDAR A S, FANG X, et al. Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (*Lycium barbarum* L.): effects on drying kinetics and quality attributes[J]. Food and Bioproducts Processing, 2017,102:320-331.
- [33] 刘伟东,顾欣,郭君钰,等.微波热风联合干燥工艺对枸杞品质和表面微生物的影响[J].农业工程学报,2019,35(20):296-302.
- LIU W D, GU X, GUO J Y, et al. Effects of microwave-hot air drying process on quality and surface microorganism quantity of *Lycium barbarum*[J]. Transactions of the CSAE, 2019, 35(20): 296-302.
- [34] 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.

- LI P L, LIAO R Y, WANG X, et al. Variations in flavonoids and PAL activity from *Lycium barbarum* L. during sun-drying [J]. Food Science, 2014, 35 (23): 79-83.
- [35] FRATIANNI A, NIRO S, ALAM M D R, et al. Effect of a physical pre-treatment and drying on carotenoids of goji berries (*Lycium barbarum* L.) [J]. LWT, 2018, 92:318-323.
- [36] 刘军, 段月, 张喜康, 等. 模糊数学评价结合响应面法优化枸杞真空微波干燥工艺[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(15):127-135.
- LIU J, DUAN Y, ZHANG X K, et al. Fuzzy mathematics evaluation of optimized vacuum microwave drying process of *Lycium barbarum* L. [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(15):127-135.
- [37] YANG M, DING C, ZHU J. The drying quality and energy consumption of Chinese wolfberry fruits under electrohydrodynamic system [J]. International Journal of Applied Electromagnetics & Mechanics, 2017, 55(1): 101-112.
- [38] DERMESONLOUOGLU E, CHALKIA A, DIMOPOULOS G, et al. Combined effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pre-treatments on mass transfer and quality of air dried goji berry [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2018, 49:106-115.
- [39] 向宇, 鲁群, 谭军, 等. 响应面分析优化枸杞浑浊汁饮料稳定工艺研究[J]. 核农学报, 2017, 31(11): 2154-2163.
- XIANG Y, LU Q, TAN J, et al. Optimization of the stabilization technology of Chinese wolfberry cloudy juice by response surface methodology [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(11):2154-2163.
- [40] 任旭桐, 崔振华, 邱佳, 等. 枸杞汁澄清工艺研究[J]. 农产品加工, 2019(14):43-45.
- REN X T, CUI Z H, QIU J, et al. Study on clarification process of wolfberry juice [J]. Farm Products Processing, 2019(14):43-45.
- [41] AMAGASE H, SUN B, BOREK C. *Lycium barbarum* (goji) juice improves *in vivo* antioxidant biomarkers in serum of healthy adults [J]. Nutrition Research, 2009, 29(1):19-25.
- [42] 王丽萍, 颀向红, 米江, 等. 枸杞饮料乳酸发酵工艺优化及其风味物质分析[J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(1):140-149.
- WANG L P, XIE X H, MI J, et al. Optimization of lactic acid fermentation and analysis of flavor substances of goji berry beverage [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2020, 54(1):140-149.
- [43] 成堃, 袁雪娇, 高星, 等. 响应面法优化金银花枸杞风味酸奶的发酵工艺[J]. 中国酿造, 2020, 39(2): 206-210.
- CHENG K, YUAN X J, GAO X, et al. Optimization of fermentation process of honeysuckle-wolfberry flavor yogurt by response surface methodology [J]. China Brewing, 2020, 39(2):206-210.
- [44] 余彦国, 张瑾, 王福厚, 等. 大枣枸杞泡腾片固体饮料的研制及其质量控制[J]. 食品安全导刊, 2018(7):68-71.
- YU Y G, ZHANG J, WANG F H, et al. Development and quality control of jujube and wolfberry effervescent tablet solid beverage [J]. Food Safety Guide, 2018(7): 68-71.
- [45] REEVE V E, ALLANSON M, ARUN S J, et al. Mice drinking goji berry juice (*Lycium barbarum*) are protected from UV radiation-induced skin damage via antioxidant pathways [J]. Photochemical & Photobiological Sciences, 2010, 9(4):601.
- [46] REN J, WANG S, NING Y, et al. The impact of over-maturation on the sensory and nutritional quality of Gouqi (Chinese wolfberry) wine [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2018, 124(1):57-67.
- [47] 刘琨毅, 串俊刚, 王琪, 等. 响应面法优化柑橘枸杞复合果酒酿造工艺[J]. 中国酿造, 2019, 38(8): 199-204.
- LIU K Y, CHUAN J G, WANG Q, et al. Optimization of fermentation process for orange-wolfberry compound fruit wine by response surface methodology [J]. China Brewing, 2019, 38(8):199-204.
- [48] 何贝贝, 常秋冉, 史艳荣, 等. 枸杞牛乳肽酒制备工艺优化及其抗氧化性分析[J]. 食品科学, 2017, 38(16):173-177.
- HE B B, CHANG Q R, SHI Y R, et al. Optimized preparation and antioxidant of wine from milk protein hydrolysates added with Chinese wolfberry juice [J]. Food Science, 2017, 38(16):173-177.
- [49] 邢紫娟. 枸杞发酵饮料的制备工艺与其抗氧化性研究[D]. 天津:天津科技大学, 2018.
- XING Z J. Study on the preparation technology and antioxidation of medlar fermented beverage [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2018.
- [50] 李佩佩, 颀向红, 王聪, 等. 不同发酵方式下枸杞饮料主要成分及其抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业,

- 2019,45(24):90-97.
- LI P P, XIE X H, WANG C, et al. Main components and antioxidant activities of *Lycium barbarum* L. beverages using two different fermentation processes[J]. Food and Fermentation Industries, 2019,45(24):90-97.
- [51] BABA A S, NAJARIAN A, SHORI A B, et al. Viability of lactic acid bacteria, antioxidant activity and *in vitro* inhibition of angiotensin-I-converting enzyme of *Lycium barbarum*yogurt[J]. Arabian Journal for Science and Engineering, 2014,39(7):5355-5362.
- [52] YOU Y, LI N, HAN X, et al. Influence of different sterilization treatments on the color and anthocyanin contents of mulberry juice during refrigerated storage[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2018,48:1-10.
- [53] HWANG H, CHEIGH C, CHUNG M. Comparison of bactericidal effects of two types of pilot-scale intense-pulsed-light devices on cassia seeds and glutinous millet[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2018,49:170-175.
- [54] HUANG C, YAO R, ZHU Z, et al. A pectic polysaccharide from water decoction of Xinjiang *Lycium barbarum* fruit protects against intestinal endoplasmic reticulum stress[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019,130:508-514.
- [55] YANG R, ZHAO C, CHEN X, et al. Chemical properties and bioactivities of goji (*Lycium barbarum*) polysaccharides extracted by different methods[J]. Journal of Functional Foods, 2015,17:903-909.
- [56] HAO W, WANG S, ZHAO J, et al. Effects of extraction methods on immunology activity and chemical profiles of *Lycium barbarum* polysaccharides[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2020,185:113219.
- [57] QIAN J, LIU D, HUANG A. The efficiency of flavonoids in polar extracts of *Lycium chinense* Mill fruits as free radical scavenger[J]. Food Chemistry, 2004,87(2):283-288.
- [58] MAGIERA S, ZARBA M. Chromatographic determination of phenolic acids and flavonoids in *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity[J]. Food Analytical Methods, 2015,8(10):2665-2674.
- [59] WU S, WANG Y, GONG G, et al. Adsorption and desorption properties of macroporous resins for flavonoids from the extract of Chinese wolfberry (*Lycium barbarum* L.)[J]. Food and Bioproducts Processing, 2015,93:148-155.
- [60] HSU H J, HUANG R F, KAO T H, et al. Preparation of carotenoid extracts and nanoemulsions from *Lycium barbarum* L. and their effects on growth of HT-29 colon cancer cells. [J]. Nanotechnology, 2017,28(13):135103.
- [61] SUN B, WANG J, MA R Q, et al. Extraction optimization and antioxidant activity for carotenoid in *Lycium barbarum* L. [J]. Lishizhen Medicine & Materia Medica Research, 2012,23(11):2728-2729.
- [62] CHEN H. Comparative analysis of carotenoid accumulation in two goji (*Lycium barbarum* L. and *L. ruthenicum* Murr.) fruits[J]. BMC Plant Biology, 2014,14(1):1-14.
- [63] KARIOTI A, BERGONZI M C, VINCIERI F F, et al. Validated method for the analysis of goji berry, a rich source of *Zeaxanthin Dipalmitate* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014,62(52):12529-12535.
- [64] CHIEN K, HORNG C, HUANG Y, et al. Effects of *Lycium barbarum* (goji berry) on dry eye disease in rats [J]. Molecular medicine reports, 2018,17(1):809-818.
- [65] 齐鑫裕,孙涛,张颖,等.枸杞精油的提取及工艺优化[J].山东化工,2019,48(20):3-5.
- QI X Y, SHUN T, ZHANG Y, et al. Extraction and process optimization of *Lycium barbarum* essential oil[J]. Shandong Chemical Industry, 2019,48(20):3-5.
- [66] 徐梦霞.枸杞复合糖果的研制[D].银川:宁夏大学,2015.
- XU M X. Development of medlar compound candy[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2015.
- [67] 孙芝杨.沙棘枸杞子无糖果冻配方的研究[J].食品工业,2012,33(3):12-15.
- SUN Z Y. The research of sugarless jelly of seabuckthorn and *Lycium barbarum* L. fruits[J]. The Food Industry, 2012,33(3):12-15.
- [68] 唐秋菊,苏乐萍,江英.红枣枸杞复合果糕的研制[J].中国果菜,2019,39(9):16-19.
- TANG Q J, SU L P, JIANG Y. Development of the compound fruit cake produced by red jujube and wolfberry [J]. China Fruit & Vegetable, 2019,39(9):16-19.
- [69] 温艳霞,宋国庆.枸杞再制奶酪加工工艺研究[J].农产品加工,2017(1):38-40.
- WAN Y X, SONG G Q. Study on production technology of *Lycium* processed cheese[J]. Farm Products Process-

- ing, 2017(1):38–40.
- [70] 廖若宇. 枸杞面团特性及挂面品质研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.
- LIAO R Y. Study on the characteristics of medlar dough and the quality of vermicelli[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2015.
- [71] 韩美子, 姜小天, 孙志双, 等. 基于中药黄芪枸杞的一款抗衰老面膜的制备[J]. 延边大学学报(自然科学版), 2019, 45(4):344–348.
- HAN M Z, JIANG X T, SUN Z S, et al. Preparation of an anti-aging mask based on traditional Chinese medicine of *Astragalus membranaceus* and *Lycium barbarum* extract[J]. Journal of Yanbian University (Natural Science Edition), 2019, 45(4):344–348.
- [72] LONG L N, KANG B J, JIANG Q, et al. Effects of dietary *Lycium barbarum* polysaccharides on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidant status, and immunity of broiler chickens[J]. Poultry Science, 2020, 99(2):744–751.

Development Status and Research Progress of Deep Processing Products of *Lycium barbarum*

LIU Dunhua, LIU Jun, LI Peipei, ZHAO Xiaolu

(School of Agriculture, Ningxia University/Food Quality and Safety Laboratory, Yinchuan 750021, China)

Abstract: As an economic fruit which is homology of medicine and food, *Lycium barbarum* is rich in polysaccharides, carotenoids, flavonoids, betaine, taurine and other functional components. It also serves many functions such as enhancing immune regulation, anti-aging, preventing cancer and tumor growth, reducing blood glucose and lipid level, etc. And the demand of *Lycium barbarum* related products is increasing. The growth character of *Lycium barbarum* belongs to infinite inflorescence, and the ripening period of fruit is longer from June to October. However, *Lycium barbarum* fruit softens rapidly in the later stage of ripening, which leads to vulnerable to mechanical damage and pathogen infection, limiting the storage and transportation of fruit. Therefore, in order to reduce the loss of *Lycium barbarum* fruit and meet the needs of consumers for health care function, it is necessary to carry out deep processing of *Lycium barbarum* during ripening period. This paper expounded the main nutritional value and health care effect of *Lycium barbarum*, introduced the current situation of deep processing products and related technical equipments of *Lycium barbarum*, and pointed out the development prospect, direction and challenges of deep processing products of *Lycium barbarum*, which provided theoretical reference for the development of deep processing industry of *Lycium barbarum*.

Keywords: *Lycium barbarum*; deep processing; functional components; industrial status; processing technology

(责任编辑:李 宁)