

# 水果皮渣中膳食纤维提取及应用研究进展

张瑜, 方向红 (安徽职业技术学院, 安徽合肥 230011)

**摘要** 水果皮渣是水果加工后残余的最高比例副产物, 其中含有丰富的膳食纤维。膳食纤维有助于促进人体消化吸收、预防心血管疾病、控制血糖等功能作用。综述了近年来水果皮渣中膳食纤维提取及应用的研究进展, 内容涉及膳食纤维的分类及功能性作用、水果皮渣膳食纤维的6种提取方法、在食品领域应用及展望等, 旨在为水果皮渣膳食纤维附加值和后续开发利用提供参考。

**关键词** 水果皮渣; 膳食纤维; 提取; 应用

中图分类号 TS209 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)22-0007-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.22.002



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Review on Extraction and Application of Dietary Fiber from Fruit Pomace

ZHANG Yu, FANG Xiang-hong (Anhui Vocational and Technical College, Hefei, Anhui 230011)

**Abstract** Fruit pomace is the highest proportion of residual products after fruit processing, which is rich in dietary fiber. Dietary fiber can promote digestion and absorption, prevent cardiovascular disease and control blood sugar. In this paper, the research progress of extraction and application of dietary fiber from fruit pomace in recent years was reviewed, including the classification and functional function of dietary fiber, six extraction methods of dietary fiber from fruit pomace, application and prospect in food field, so as to provide reference for the added value and subsequent development and utilization of dietary fiber from fruit pomace.

**Key words** Fruit pomace; Dietary fiber; Extraction; Application

2019年,我国水果产量达27400万t,同比增速6.7%,稳居全球第一。在水果加工过程中皮渣副产物高达40%~50%,其中含有丰富的对人体有益的膳食纤维。不过,目前绝大多数的水果皮渣被填埋或废弃,不仅造成了严重的资源浪费,还带来了环境污染。非营利性组织(GRAIN)研究发现,全球44%~57%的温室气体排放量来自食物体系。若食物体系能实现温室气体净零排放,则能完成一半的碳中和任务。中国为应对气候变化郑重承诺:力争于2030年前CO<sub>2</sub>排放量达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。随着经济的发展,食物消费量不断增大,食物浪费问题日益严重,如果不能很好地控制将有碍于实现碳达峰。同时,减少食物浪费也能缓解粮食紧张。如果能有效开发利用水果皮渣中的膳食纤维,将能很好地减少食品加工领域、食品包装领域以及食物垃圾产生的碳排放。因此,中国碳中和承诺后,如何有效利用丰富的水果皮渣资源是必须面对的问题。鉴于此,笔者综述了近年来水果皮渣中膳食纤维提取及应用的研究进展,内容涉及膳食纤维的分类及功能性作用、水果皮渣膳食纤维的6种提取方法、在食品领域应用及展望等,旨在为水果皮渣膳食纤维附加值和后续开发利用提供参考。

### 1 膳食纤维的分类及功能性作用

膳食纤维是一种不能被胃肠道消化吸收、不能产生能量的多糖类及木质素,又被称为第七类营养素,主要来自植物的细胞壁,通常分为水溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)和非水溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)两大类。美国医学研究院(IOM)建议成人每天应该摄入25~38g的膳食纤维,但是目前世界人均膳食纤维摄入水平仅有

15 g/d<sup>[1]</sup>。

科学研究发现,膳食纤维具有降血糖、降血脂、降血压、减肥、预防便秘等作用<sup>[2]</sup>,而且能促进肠道蠕动及有毒物质的排出<sup>[3]</sup>。

### 2 水果皮渣膳食纤维的提取方法

近年来,关于膳食纤维提取方法的研究较多,主要有超声辅助提取法、酶解法、复合酶法、辅助酶法、酸碱浸提法和发酵法<sup>[4]</sup>。

**2.1 超声辅助提取法** 相对于传统提取工艺,超声波辅助提取法具有提取时间短、能耗低、提取效率高、安全性高、环保等优点<sup>[5]</sup>。但是,空化效应也会影响碳水化合物聚合的形态和结构<sup>[6]</sup>。国内外专家关于超声波提取技术在天然产物分离提取方面做了大量的研究<sup>[7-9]</sup>。夏洁等<sup>[10]</sup>采用超声波辅助提取技术提取刺梨果渣中的IDF,使用Box-Behnken中心组合法和响应面优化法优化了刺梨果渣中IDF的提取工艺,当超声功率、提取时间、提取温度、料液比分别为184 W、14.7 min、49.5 °C、1:16.25 (g/mL)时,刺梨果渣IDF的最大得率为76.00%,与传统水提法相比,超声提取制备的IDF含量更高。

超声辅助提取法在水果皮渣中膳食纤维的提取应用广泛。闫荣玲等<sup>[11]</sup>利用超声辅助提取法提取江永香柚的柚皮中膳食纤维,最佳工艺为料液比、碱液质量分数、微波时间、微波功率分别是1:10 (g/mL)、8%、40 s、350 W,该条件下,江永香柚的柚皮中SDF与IDF的得率分别为40.8%、45.1%。该方法,工艺简单、可操作性强。

**2.2 酶解法** 利用酶对底物的高度专一性,将细胞壁中的果胶质、木质素等降解掉,减小膳食纤维扩散的阻力,提高膳食纤维纯度,缩短提取时间,但对提取条件要求比较严格,且生产成本很高<sup>[12]</sup>。近年来,关于利用酶解法从水果皮渣中提取膳食纤维的研究颇多。王海娟等<sup>[13]</sup>利用酶解法从香蕉

**基金项目** 化工食品药品环保专业示范性教师企业实践流动站项目(2021xjtz146)。

**作者简介** 张瑜(1988—),女,安徽阜阳人,助教,硕士,从事食品科学与 engineering 研究。

**收稿日期** 2021-07-08

皮中提取 SDF,研究发现在料液比、 $\alpha$ -淀粉酶用量、胃蛋白酶用量分别为 1:20、0.28 g、0.22 g 的条件下,SDF 的最高提取率为 17.5%。利用酶法所得膳食纤维总量较高,SDF 提取率偏低,但是 IDF 的提取率高<sup>[14]</sup>。

$\alpha$ -淀粉酶被广泛应用于水果皮渣膳食纤维的提取中,李黎等<sup>[15]</sup>利用  $\alpha$ -淀粉酶从冬枣渣中提取 IDF,研究发现当  $\alpha$ -淀粉酶用量、酶解温度、酶解时间分别为 1.0%、80 °C、110 min 时,冬枣渣中 IDF 得率为 28.91%。同一种酶处理不同的原料,最佳提取工艺稍有差异,沈小芬等<sup>[16]</sup>利用  $\alpha$ -淀粉酶提取黄梨梨渣中的 IDF,发现料液比是影响黄梨的梨渣 IDF 提取的主要因素,酶解时间和酶解温度的影响次之,酶用量影响最小。酶用量 0.8 U/mL 时,黄梨的梨渣 IDF 提取最高。薛山<sup>[4]</sup>研究了蛋白酶提取柑橘榨汁后剩余皮渣中的非水溶性抗氧化膳食纤维(IADF),蛋白酶用量 0.21 (mL/g) 皮渣,所提取的 IADF 抗氧化效果最显著。

**2.3 复合酶法** 复合酶法指联合使用多种酶降解膳食纤维中的杂质,常用的酶有  $\alpha$ -淀粉酶、蛋白酶、糖化酶、纤维素酶等。张玉锋等<sup>[17]</sup>联合利用  $\alpha$ -淀粉酶用量、蛋白酶用量、糖化酶提取椰蓉膳食纤维,提取率最高可达 89.68%,远高于单一酶提取法。刘义武等<sup>[18]</sup>利用正交试验研究复合酶(木瓜蛋白酶及  $\alpha$ -淀粉酶双酶)改性制备柠檬膳食纤维的最佳工艺: $\alpha$ -淀粉酶与木瓜蛋白酶按质量比 3:1 混合作为复合酶,pH 6.0,复合酶用量 3.2 mg/g,制备时间 30 min,制备温度 60 °C,料液比 1:20 (g/mL)。采用复合酶法制备膳食纤维能有效缩短反应时间,提高生产效率,提高纯度。

**2.4 辅助酶法** 辅助酶法一般指超声波辅助酶提取法,超声波可减弱细胞壁的阻力,促进植物细胞内有效成分的溶出,提升提取率。李晗等<sup>[12]</sup>采用超声辅助混合酶法提取西番莲果中的 SDF,超声功率 250 W、混合酶(木瓜蛋白酶:淀粉酶比例为 1:1)量 0.6%,SDF 提取率可达 14.82%。牛春艳等<sup>[19]</sup>研究用 0.6% 的纤维素酶用量、超声时间 25 min 提取火龙果皮中的膳食纤维,SDF 最佳得率是 37.50%。张晓娟等<sup>[20]</sup>采取超声波辅助  $\beta$ -淀粉酶法提取青皮芒果皮中 IDF,酶用量 30 mg/mL、超声时间 30 min,芒果皮的 IDF 提取率为 32.06%。李鹏冲等<sup>[21]</sup>利用纤维素酶: $\alpha$ -淀粉酶:糖化酶=1:1:1 的混合酶优化山楂中 SDF 的超声辅助提取,得率 6.12%,纯度 91.63%,纯化度较高。

**2.5 酸碱浸提法** 酸碱浸提法又称化学法,是提取膳食纤维最为常见的方法。王汗鑫等<sup>[22]</sup>通过控制溶液酸碱度、提取时间及温度等提取桑葚中 SDF,发现桑葚中 SDF 提取得率最高为 40.16%。邱小燕等<sup>[23]</sup>利用酒石酸提取湘西蜜橘皮中的 SDF,得率为 33.2%。通过以上研究发现,酸碱浸提法优点主要是成本低、操作简单,但是提取的膳食纤维含量较低,纯度也低。若使用强溶剂处理原料,会导致原料中半纤维素损失 50%~60%,纤维素损失 10%~30%<sup>[24]</sup>,同时产生大量废水,对环境造成污染。

**2.6 发酵法** 发酵法利用保加利亚杆菌、嗜热链球菌等菌种分解多糖、蛋白质等,有效减少杂质,而不分解膳食纤维的特

点来制取膳食纤维。杜斌等<sup>[25]</sup>利用乳酸菌发酵法提取蓝莓果渣中可溶性膳食纤维,得率达 15.92%。得到的膳食纤维膨胀力、持水力以及对油脂、葡萄糖以及亚硝酸盐的吸附能力均比原果渣有所提高。发酵法虽然需要较长的发酵时间,但是无须添加相应的酸碱试剂,提取的膳食纤维在纯度、色泽方便比酸碱提取法更优,在提高产率上占较大优势,具有较大发展前景。

### 3 水果皮渣膳食纤维在食品领域应用

膳食纤维早在 1965 年就已经在食品中崭露头角,直到 20 世纪 90 年代才得到大量食品加工企业的关注<sup>[26]</sup>。研究发现,将膳食纤维添加到食品中,可以改善食品的风味和质构,增加食品适口性<sup>[27]</sup>。同时,膳食纤维还可以改善食品的营养成分,增加饱腹感,替代糖成分加入食品中降低食品能量<sup>[28]</sup>。

**3.1 在面食中的应用** 在面食中添加膳食纤维能有效改善食品的弹性,增加食品的保水性,防止食品储存期变质<sup>[27]</sup>。孙欢欢等<sup>[29]</sup>将大枣膳食纤维添加到面粉中制成大枣膳食纤维面条,这种面条不仅具有淡淡的大枣香味,而且色泽较好,韧性、黏性适当,适口性良好。

**3.2 在肉制品中的应用** 将膳食纤维添加到肉制品中可以提高肉制品的持水性,从而提高肉制品的烹饪质量、提升产品质地、提高健康性<sup>[30-31]</sup>。张海涛<sup>[32]</sup>将梨渣膳食纤维添加到肉中制成香肠,添加 5.0% 膳食纤维的香肠口感细腻多汁,且咀嚼性能良好。薛山等<sup>[33]</sup>将蜜柚白瓢 IDF 与兔肉结合制成兔肉丸。添加 6.16% 蜜柚白瓢 IDF,兔肉丸质构综合评分为 0.947±0.050,有弹性且入口咀嚼有劲道,适口性良好。

**3.3 在乳制品中的应用** 在酸奶中添加膳食纤维能促进酸奶的发酵,减缓乳清析出,从而改善酸奶的风味和质构,还能改善食用者的肠道功能、防止便秘等。樊柳<sup>[34]</sup>将葡萄皮渣中提取的水溶性膳食纤维添加到酸奶中,膳食纤维添加量为 3.0%,制得的酸奶在口感、风味和质构等方面的综合感官评分为 94.5 分,提升酸奶功能性作用的同时保持了酸奶的适口性。

**3.4 在烘焙制品中的应用** 研究发现柚皮总膳食纤维在放大 10 000 倍是呈多孔珊瑚装结构,结构疏松,便于其与水分结合,使水分滞留在空隙之中,将其添加到烘焙食品中可以提高食品的适口性和感官喜好性<sup>[35]</sup>。有学者将白葡萄酒副产物(主要成分是膳食纤维)添加到饼干中,发现添加白葡萄酒副产物的面团吸水性、硬度均降低,同时面团的亮度、黄度均有所下降,添加 10% 的葡萄酒副产物可以使饼干的总膳食纤维增加大约 88%<sup>[36]</sup>。时志军等<sup>[37]</sup>将从蓝莓渣中提取的膳食纤维添加到面粉中,制成蓝莓渣膳食纤维面包,添加 2.5% 蓝莓渣粉制成的蓝莓渣面包不仅提升了面包的功能性作用,还增加了风味。

**3.5 在保健品中的应用** 由于膳食纤维独特的功能特性,常被添加到预防糖尿病的保健食品中,用来调整饮食结构,调控血糖升高速率。专家认为,开发多种多样的膳食纤维保健食品会使居民的膳食结构更加均衡<sup>[38]</sup>。刘维汐等<sup>[39]</sup>将从沙

棘果渣中提取的膳食纤维制备成沙棘膳食纤维咀嚼片,不仅口感细腻酸甜可口,还具备润肠通便、促进消化的功效。

**3.6 在可食用包装中的应用** 可食用包装材料一般以各种粮食、果蔬为原材料,添加适当的胶类物质增加其黏弹性,经过压制而做成。可食用薄膜一般由多糖、蛋白质、脂类等复合作而成,该膜能防止气体、溶质等的迁移,延长储藏期<sup>[40]</sup>。王莉<sup>[41]</sup>以枣渣膳食纤维为主要材料制备可食用托盒,枣渣:水的比值为3:2时制得的托盒可以承受的压力为1.622 kg,含水量为3.27%,该含水量小于饼干的最大含水量,因此可以用于制作饼干托盒,这不仅解决了食品的内包装问题,而且为消费者提供了营养健康,同时解决了包装材料难以回收、难以降解污染环境、污染水质土壤等难题。

## 4 展望

我国不仅是水果的产出大国,也是消费大国。随着水果深加工产业的发展,水果渣皮也逐年增加,而膳食纤维广泛存在于水果渣皮中,因其特殊的营养功能特性而受到食品领域的广泛关注,现在也正应用于多种食品的加工生产中。目前,我国的膳食纤维种类较少,主要从水果、蔬菜中提取,从水果渣皮中提取膳食纤维并进行应用,具有积极的社会意义。根据国内外的开发利用现状,可以从以下几个方面进行深入研究:①进一步优化水果渣皮中膳食纤维的提取工艺,探索有利于规模化生产且环境友好型的提取方法,提高膳食纤维的得率、纯度,降低生产成本,减少生产污染;②深化膳食纤维的功能特性研究,探究其与食品中相关组分的相互作用机制,阐明其预防糖尿病、心脑血管疾病及结肠癌等疾病的作用机理,提高其生物效能;③探索水果果皮渣膳食纤维的应用范围,加大富含膳食纤维保健品及可食用包装的研发力度,改善居民亚健康状态,减少白色污染,推动低碳食品产业创新,助力我国在2060年以前实现碳中和。

## 参考文献

- [1] Dietary Guidelines Advisory Committee. Report of the Dietary Guide-lines advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans, 2010, to the secretary of agriculture and the secretary of health and human services [R]. Washington, DC: Government printing office, 2010.
- [2] OWENS T J, LARSEN J A, FARCAS A K, et al. Total dietary fiber composition of diets used for management of obesity and diabetes mellitus in cats [J]. Journal of the American veterinary medical association, 2014, 245 (1): 99-105.
- [3] BROWNLEE I A. The physiological roles of dietary fibre [J]. Food hydrocolloid, 2011, 25(2): 238-250.
- [4] 薛山. 柑橘皮渣中非水溶性抗氧化膳食纤维提取工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(8): 151-155, 201.
- [5] PATIST A, BATES D. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production [J]. Innovation food science and emerging technologies, 2008, 9(2): 147-154.
- [6] ZHANG W M, ZENG G L, PAN Y G, et al. Properties of soluble dietary fiber-polysaccharide from papaya peel obtained through alkaline or ultrasound-assisted alkaline extraction [J]. Carbohydrate polymers, 2017, 172: 102-112.
- [7] ROSTAGNO M A, PALMA M, BARROSO C G. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones [J]. Journal of chromatography A, 2003, 1012(2): 119-128.
- [8] WANG J, SUN B G, CAO Y P, et al. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran [J]. Food chemistry, 2008, 106(2): 804-810.
- [9] ZHANG H F, YANG X H, ZHAO L D, et al. Ultrasonic-assisted extraction of epimedin C from fresh leaves of *Epimedium* and extraction mechanism [J]. Innovative food science & emerging technologies, 2009, 10(1): 54-60.
- [10] 夏洁, 薛浩岩, 贾祥泽, 等. 刺梨果渣水不溶性膳食纤维提取工艺优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 227-234.
- [11] 闫荣玲, 廖阳, 毛龙毅, 等. 柚皮膳食纤维微波辅助碱法提取工艺优化及其功能特性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 143-147.
- [12] 李晗, 杨宗玲, 毕永雪, 等. 超声辅助酶法提取西番莲果皮可溶性膳食纤维及理化性质[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 161-165, 172.
- [13] 王海娟, 姜雨和, 石荣花, 等. 香蕉皮中水溶性膳食纤维的酶法提取[J]. 农产品加工, 2020(3): 43-45.
- [14] 韦璐, 韦璇. 响应面法优化香蕉皮水不溶性膳食纤维的提取工艺研究[J]. 轻工科技, 2016, 32(1): 25-28.
- [15] 李黎, 邢达杰, 王宇辉. 响应面法优化酶辅助提取枣渣中水不溶性膳食纤维工艺[J]. 现代食品, 2020(22): 136-139.
- [16] 沈小芬, 张乐乐, 王彩虹, 等. 晚秋黄梨水不溶性膳食纤维的提取工艺优化[J]. 阜阳师范学院学报(自然科学版), 2020, 37(3): 36-40.
- [17] 张玉锋, 宋彦博, 王志煌, 等. 椰蓉膳食纤维的酶法提取与理化性质分析[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(3): 24-29.
- [18] 刘文武, 韩鹏, 黄辉, 等. 复合酶制备柠檬膳食纤维工艺条件优化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(16): 133-138.
- [19] 牛春艳, 郑思蒙, 吴琼. 火龙果果皮中水溶性膳食纤维的制备[J]. 现代食品, 2020(1): 186-188.
- [20] 张晓娟, 杨爱燕. 芒果皮中不溶性膳食纤维的提取及其理化性质研究[J]. 现代食品, 2020(22): 123-126, 129.
- [21] 李鹏冲, 李向力, 尹红娜, 等. 山楂水溶性膳食纤维提取工艺及结构研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 118-122.
- [22] 王汗鑫, 杨莹莹, 张凌峰, 等. 响应面法优化桑葚果渣可溶性膳食纤维的提取工艺[J]. 温带林业研究, 2020, 3(4): 41-46, 56.
- [23] 邱小燕, 刘优, 郑桃, 等. 响应面法优化湘西蜜桔皮水溶性膳食纤维提取工艺[J]. 怀化学院学报, 2020, 39(5): 11-16.
- [24] YANG Y S, WANG Z M, HU D, et al. Efficient extraction of pectin from sisal waste by combined enzymatic and ultrasonic process [J]. Food hydrocolloids, 2018, 79: 189-196.
- [25] 杜斌, 冯军, 李苗苗, 等. 发酵法制取蓝莓果渣可溶性膳食纤维工艺优化及其特性分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(9): 118-123.
- [26] 安艳霞, 董艳梅, 张剑, 等. 膳食纤维的功能特性及在食品行业中的应用与展望[J]. 粮食与饲料工业, 2019(6): 30-33.
- [27] TURBIN-ORGER A, BOLLER E, CHAUNIER L, et al. Kinetics of bubble growth in wheat flour dough during proofing studied by computed X-ray micro-tomography [J]. Journal of cereal science, 2012, 56(3): 676-683.
- [28] 延莎, 贺晋云, 杨蕙茹, 等. 气流超微粉碎破壁法对蜂花粉营养及抗氧化特性的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(2): 94-98.
- [29] 孙欢欢, 刘世军, 唐志书, 等. 大枣膳食纤维面条的制作工艺研究[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(3): 30-35.
- [30] 师文添, 罗建光, 金文刚, 等. 膳食纤维火腿肠的工艺研究[J]. 食品工业, 2018, 39(8): 69-72.
- [31] 曹云刚, 王凡, 艾娜丝, 等. 苹果膳食纤维对猪肉肌原纤维蛋白凝胶性能的影响[J]. 农业机械学报, 2020, 51(7): 365-371.
- [32] 张海涛. 梨渣膳食纤维营养香肠的研制[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2019, 21(1): 7-10.
- [33] 薛山, 谢建山. 基于质构优化蜜柚白瓢水不溶性膳食纤维兔肉丸制作配方[J]. 食品工业科技, 2021, 42(5): 138-145, 151.
- [34] 樊柳. 葡萄皮渣中水溶性膳食纤维的提取工艺及在酸奶制品中的应用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016, 28-29.
- [35] 曾心悦, 黄嘉泳, 袁显和, 等. 梅州金柚柚皮膳食纤维的理化性质分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(4): 73-81, 303.
- [36] MILDNER-SZKUDLARZ S, BAJERSKA J, ZAWIRSKA-WOJTASIAK R, et al. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits [J]. Journal of the science of food and agriculture, 2013, 93(2): 389-395.
- [37] 时志军, 王蓓蓓, 王丽, 等. 蓝莓渣膳食纤维面包的工艺配方优化及其品质分析[J]. 农产品加工, 2016(12): 29-32.
- [38] 许锡凯, 辛嘉英, 任佳欣, 等. 水溶性膳食纤维的提取方法及其在食品中的应用[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(4): 203-208.
- [39] 刘维汐, 张存莉. 沙棘果渣膳食纤维咀嚼片的工艺[J]. 食品工业, 2019, 40(10): 120-123.
- [40] 彭海萍, 王兰. 可食用包装膜的研制[J]. 粮食与饲料工业, 2002(11): 39-41.
- [41] 王莉. 枣渣膳食纤维的提取与可食用托盒的研制[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014: 31-45.