文章编号: 1671-9646 (2021) 06a-0086-03

水果渣中膳食纤维的研究进展

李 赟,徐梦祥,*杨宁宁

(蚌埠学院 食品与生物工程学院,安徽 蚌埠 233030)

摘要:对水果皮或水果渣中膳食纤维的提取方式、功能特性及应用等方面进行了介绍,并对水果中膳食纤维的应用进行了展望。

关键词:水果;膳食纤维;提取工艺;功能应用

中图分类号: TQ041 文献标志码: A doi: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2021.06.021

Research Progress of Dietary Fiber in Fruits Residue

LI Yun, XU Mengxiang, *YANG Ningning

(School of Food and Bioengineering, Bengbu University, Bengbu, Anhui 233030, China)

Abstract: In this paper, the extraction method, functional characteristics and application of fruit dietary fiber in fruit peels or fruit residues were briefly introduced, and the future prospect of fruit dietary fiber was analyzed.

Key words: fruit; dietary fiber; extraction process; function application

膳食纤维(DF)是谷、豆等植物性食物中不能被胃肠道消化酶所消化,且不被吸收利用的多糖[□]。是多种复杂的有机物化合物,由纤维素、木质素、果胶、藻类多糖等组成。研究发现,膳食纤维有降低血清胆固醇、降血糖、改善肠道菌群、改善便秘、抗氧化活性和降低患癌的风险等作用^[2-3]。我国是世界中最大的水果生产国,水果种植资源丰富^[4]。而水果中膳食纤维含量丰富,所以水果可以作为提取膳食纤维的原料。对水果中膳食纤维的提取工艺、功能特性及应用进行简要综述,以期为后续相关科学研究提供参考。

1 水果中膳食纤维的提取工艺

膳食纤维的来源广、性质差异大,提取方式多样化^[5]。主要介绍 3 种水果中膳食纤维的提取工艺,分别是化学法、酶法和超声波辅助提取法。

1.1 化学法

化学分离法是将粗产品或原料磨碎、干燥后, 采用化学试剂提取而制备各种膳食纤维的方式⁶⁰。该 方法操作简单且迅速,但由于需要在高酸碱、高温 条件下进行,具有一定的危险性,且易对环境造成 危害鬥。李慧芸等人鬥采用化学法从光皮木瓜渣中提 取水不溶性膳食纤维,确定了最佳工艺条件为料液 比 20:1 (mg:g), NaOH 浓度 0.75 mol/L, 提取时 间 70 min, 提取温度 60 ℃, 提取率为 25.229%。李 施瑶等人[9]研究发现,酸法和碱法都可用于红树莓 果渣可溶性膳食纤维的提取,但碱法提取效果更胜 一筹;通过响应面法获得的碱法最佳提取工艺参数 为 NaOH 质量浓度 8.13 g/L, 提取时间 62 min, 提取 温度 40 ℃, 料液比 1:25 (g:mL), 平均得率为 24.03%± 1.01%。谢永红等人^[10]研究发现,影响蔗渣 不溶性膳食纤维提取率的最主要因素是料液比,并 得出了其最佳提取工艺参数为 pH 值 5.5, 料液比 1:20, 提取温度 40 ℃, 提取时间 45 min, 提取率 为 53.75%。利用蔗渣提取膳食纤维,可以延长甘蔗 加工的产业链、提高资源利用率、减少环境污染, 具有良好的经济效益。

1.2 酶法

酶法是采用多种酶去除原料中膳食纤维以外的 脂肪或蛋白质等杂质,最后获得膳食纤维的方式。 由于酶催化效率高、制备条件温和、设备要求简单、 对有效成分破坏小,因此酶法提取工艺是一种较好

收稿日期: 2020-10-13

基金项目: 2019 年安徽省大学生创新创业教育训练计划项目"利用甘蔗渣制备膳食纤维粉的工艺优化" (S201911305112);安徽省质量工程食品科学与工程专合委一般教学研究项目(2019JYXM1239);蚌埠学院新工科校级教学研究一般项目

(2020XGKJY15) o

作者简介:李 赟(1999—),女,本科,研究方向为农产品加工与贮藏工程。 *通讯作者:杨宁宁(1989—),女,博士,讲师,研究方向为食品科学与工程。 的膳食纤维提取方式凹。杨峰等人凹通过采用酶碱法、纯酶法从香蕉皮中提取膳食纤维的研究发现,NaOH溶液质量分数 5%,水浴时间 50 min,α-淀粉酶加酶量 0.3 g,胃蛋白酶加酶量 0.3 g可以使总膳食纤维提取率均达 70%以上。杨辉等人凹采取不同的方式从苹果是产提取可溶性膳食纤维进行对比后发现,酸法和碱法存在所需原料多、程序复杂、污染环境等不足之处,而酶法和微生物法与之对比避免了这些不足,更具有良好的发展前景。徐峥嵘等人凹研究得出酶法制备蓝莓果渣膳食纤维的最佳工艺条件为在 75 ℃条件下,添加 0.3%碱性蛋白酶。林杰等人凹利用酶法制备蔗渣膳食纤维,获得最佳工艺条件为混合酶 0.3%(α-淀粉酶与蛋白酶质量比 1:3),在 65 ℃下处理 90 min,0.4%脂肪酶在 50 ℃下处理 60 min。

1.3 超声波辅助提取法

超声波辅助提取法又称超声波萃取, 是利用超 声波空化作用、机械效应和热效应等加速细胞内有 效物质的释放、扩散和溶解的一种提取方式[15]。李 鹏冲等人四采用正交试验优化了山楂水溶性膳食纤 维超声波提取工艺,获得最佳工艺条件为超声功率 320 W, pH 值 4.4, 超声时间 11 min, 加酶量 0.5% (纤维素酶 5× 10⁴ U/g, 糖化酶 1× 10⁵ U/g, α - 淀粉 酶 0.4× 10⁴ U/g)。杨翠凤等人[17]利用超声波辅助酶法 提取百香果籽可溶性膳食纤维, 研究得到最优提取 工艺参数为纤维素酶质量分数 1.5%, 超声波功率 120 W, 温度 55 ℃, 水浴时间 160 min; 验证试验证 明了该工艺条件下百香果籽 SDF 得率可达 5.12%。 程明明等人問通过响应面法对超声波辅助酶碱法提取 西番莲果皮膳食纤维的工艺条件进行优化,得出最 佳工艺条件为超声时间 32.8 min,超声功率 355.5 W, 超声温度 37.3 ℃,提取率为 53.07%。

2 水果中膳食纤维功能

膳食纤维作为"七大营养素"之一,其功能不可小觑。随着科技水平的不断提高,膳食纤维的各种功能也逐渐被人们所了解,水果中膳食纤维的功能也十分广泛,可以有效改善脂肪变性和累积,具有润肠通便、调节血糖、预防糖尿病、抗癌、降低胆固醇、减缓农药毒害、抗氧化活性、清除自由基等作用。不同品种的水果中膳食纤维的生理功能不同¹⁹,并不是每一种水果都具有上述所有功能。各种水果中所含膳食纤维的种类各不相同,所以其生理功能和特性也会各不相同。

2.1 改善脂肪变性和累积

膳食纤维可以抑制高脂肪膳食引起的肝脂肪病变等问题,有效抑制脂肪变性和累积。果胶是一种广泛存在于蔬菜和水果中的膳食纤维。Tuoping Li 等

人^[20]对雄性昆明鼠, Rugang Zhu 等人^[21]对叙利亚金黄仓鼠关于山楂膳食纤维进行研究,均发现山楂果胶、山楂果胶低聚糖、山楂果胶高分子水解物可以改善脂肪变性、肾周脂肪的累积^[22]。

2.2 润肠通便

膳食纤维可以减少排泄物在肠道中的停留时间,促进肠道蠕动,润肠通便。膳食纤维还可以预防长时间便秘而引起的痔疮。陈洪雨等人肾研究发现,山楂膳食纤维可以明显缩短小鼠首粒排便时间、加大小鼠排便量等,从而促进小鼠小肠代谢并推动肠道废弃物的排泄。王强等人肾研究发现,挤压膨化后的超微粉碎柚皮膳食纤维可以明显降低大鼠血清的 AI值和 TC含量,即经超微粉碎后的高剂量柚皮膳食纤维具有良好的调血脂和润肠通便的作用。此外,研究还发现 500 mg/(kg·d)的山楂膳食纤维具有明显降低小鼠血液、骨骼和肝脏中铅含量的作用。

2.3 调节血糖,预防糖尿病

膳食纤维通过增加肠液黏度、可逆吸附葡萄糖、影响 α-淀粉酶的降解,分别阻碍葡萄糖的扩散、降低葡萄糖在肠液中的浓度、降低葡萄糖的释放速度以致血糖浓度降低^[25]。Baodong Yao 等人^[26]研究发现,水果膳食纤维与患 Ⅱ型糖尿病的相对危险度为0.77,其结果表明水果膳食纤维可以降低患 Ⅱ型糖尿病的风险。

3 水果中膳食纤维的应用

3.1 面制品

目前,我国关于膳食纤维在焙烤食品中的研究有很多,其在面包、饼干等焙烤食品中的应用很广泛^[27]。杨辉等人^[13]提出,苹果渣水溶性膳食纤维可作为食品添加剂应用于面包、面条等食品中。孙海燕^[28]通过正交试验和单因素试验,最终确定在曲奇饼干中添加 6%的柑橘皮膳食纤维,不仅能改良饼干的质地构造,还能增加其营养成分和风味。此外,谢婧等人^[29]通过试验研究发现,在酥性饼干中添加 4%柚皮可溶性膳食纤维可以改善酥性饼干的质构、风味和口感。膳食纤维可以吸收面包、饼干等水分,提高其持水力并改善其新鲜度和柔软性。

3.2 乳制品

膳食纤维可以作为活性菌的营养源,在乳制品中添加膳食纤维可以使乳制品风味增加,还可以延长其有效期^[0]。在酸奶中加入 3%枣椰子膳食纤维,其接受度与普通酸奶几乎相等,并且在加入枣椰子膳食纤维后,其营养价值更高。

3.3 膳食纤维微粉

在膳食纤维提取来源中,蔗渣是比较理想又便宜的原料。一般蔗渣的主要成分有纤维素和木质素等,但是这些成分不易被人体消化吸收。杨斌等人^[31]

将蔗渣进行粗粉碎、压力处理等一系列处理后制得蔗渣膳食纤维微粉,从而使蔗渣膳食纤维易于被人体消化吸收。除此以外,蔗渣膳食纤维微粉还可以添加于焙烤食品中以增加口感和改善外观,还可作为低热量食品的原料。

3.4 脂肪替代物

脂肪替代物可以模拟脂肪润滑口感并且不提供或提供微量能量,避免或减少了高脂肪对人体带来的危害,又可以满足人们对味蕾上的需求。研究表明,膳食纤维在一定情况下可以作为脂肪替代物,为保障人们的健康发挥作用。Maja T 等人¹²³用菊粉和柑橘膳食纤维生产出脂肪含量低的里昂香肠和肝香肠,通过消费者的反馈与相关试验可知膳食纤维可以作为脂肪替代物。Yi Tian 等人¹²³研究发现,橘子膳食纤维可以改善酸奶的口感,而且从水化性相关性能的改善中了解到膳食纤维在脂肪替代物的应用前景。

3.5 其他方面

膳食纤维除了在食品方面有着广泛的应用,在生活用品和生产工业上也可应用。张鹰等人¹⁴¹用柚皮果胶作为原料,制作出柚皮果胶可食性膜。该膜可以防止水分的散失,从而减少猪瘦肉的汁液流失;此膜还具有抑菌性和阻气性,从而抑制猪瘦肉中微生物的生长。研究结果显示其对猪瘦肉的保鲜效果略胜于市售的 PE 保鲜。还有研究人员发现并提出从柑橘和苹果中提取的果胶可以用于凝胶的形成,还可以作为溶液的黏度增强剂。

4 关于水果中膳食纤维应用的展望

近年来,我国人民的饮食习惯发生了很大的改 变,大中城市尤其是经济较发达的沿海城市已出现 了膳食纤维摄入不足的现象,并且产生一些相关的 疾病(如肥胖症、糖尿病等),所以膳食纤维的研究 及应用问题亟待解决。水果种类丰富、资源广泛,所 以水果中膳食纤维的原料充足,且水果中膳食纤维的 功能性广泛,在食品工业领域及生产生活中的应用广 泛, 所以开展水果中膳食纤维的相关研究非常有意 义。当今世界的食品工业正在迅速变化,功能性食品 的开发与研究正在发达国家形成高潮。作为功能性食 品的基料品种繁多,但最热门、最有普遍意义的是膳 食纤维。但是,我国对膳食纤维的开发仍处于起步阶 段時,市场中供消费者选择的膳食纤维产品种类不 多、口味不全,不能完全满足消费者的需求。虽然水 果中膳食纤维具有良好的发展前景, 但仍然需要科学 工作者不断地进行深入的研究,逐步改善膳食纤维发 展的现状, 研发出健康的膳食纤维相关产品。

参考文献:

[1] 程音. 膳食纤维的物理作用及其生理功能 [J]. 安阳工学

- 报, 2020, 19 (2): 33-35.
- [2] 黄素雅,钱炳俊,邓云.膳食纤维功能的研究进展[J]. 食品工业,2016,37(1):273-277.
- [3] 陈燕卉,陈敏,张绍英,等.膳食纤维在食品加工中的应用与研究进展[J].食品科学,2004(S1):253-257.
- [4] 黄林华,吴厚玖. 我国水果副产物综合利用的研究及应用[J]. 食品安全质量检测学报,2015(11):4446-4452.
- [5] 孙海燕,杨梦凡,郝丹青,等.膳食纤维的研究现状 [J]. 保鲜与加工,2019,19(6):238-242.
- [6] 葛邦国,吴茂玉,肖丽霞,等.苹果膳食纤维的研究进展 [J].食品研究与开发,2009,30 (2):162-165.
- [7] 王庆庆. 三种食用菌可溶性膳食纤维提取工艺优化及功能特性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- [8] 李慧芸,商萌,何儒伊,等.光皮木瓜渣中水不溶性膳食纤维提取工艺的研究[J].保鲜与加工,2015,15(1):42-44,48.
- [9] 李施瑶,代玲敏,范宜杰,等.化学法提取红树莓果渣可溶性膳食纤维的工艺优化 [J].食品工业科技,2019,40 (19):180-186,193.
- [10] 谢永红,廖立敏. 蔗渣中不溶性膳食纤维提取工艺 [J]. 江南大学学报(自然科学版), 2013, 12(3): 331-334.
- [11] 林杰,陈如溪,王锡茂.酶法制备蔗渣膳食纤维 [J].食品研究与开发,2011,32 (11):7-10.
- [12] 杨峰,杨秀玖,陈尧,等.香蕉皮中膳食纤维总量提取的工艺研究[J].当代化工,2015,44(3):441-444.
- [13] 杨辉,任雁宇,王涛.苹果渣可溶性膳食纤维的研究进展[J].粮油食品科技,2015,23(5):61-67.
- [14] 徐峥嵘,李佳,马正,等.双酶法制备蓝莓果渣膳食纤维的工艺[J].食品工业,2020,41(5):139-142.
- [15] 张会香,杨世军,蓝华生,等.超声波辅助法提取百香果壳中黄酮的工艺及其抗氧化性研究[J].食品研究与开发,2020,41(1):123-129.
- [16] 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.
- [17] 杨翠凤,腾峥,吴观英,等.超声波辅助酶法提取百香 果籽可溶性膳食纤维 [J].湖南农业科学,2019 (11): 90-93
- [18] 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.
- [19] 郭彩霞. 膳食纤维在食品加工中的应用与进展 [J]. 现代食品, 2020 (11): 49-51.
- [20] Tuoping Li, Suhong Li, Lijuan Du, et al. Effects of haw pectic oligosaccharide on lipid metabolism and oxidative stress in experimental hyperlipidemia mice induced by highfat diet [J] . Food Chemistry, 2010 (4): 1 010-1 013.
- [21] Rugang Zhu, Yandi Sun, Tuoping Li, et al. Comparative effects of hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) pectin and pectin hydrolyzates on the cholesterol homeostasis of hamsters fed high-cholesterol diets [J]. Chemico-Biologi-

- 24 (10): 2 365-2 367.
- [29] 邢会军,侯雷,孙勇,等.灵芝多糖对小鼠胃肿瘤活性的体内外抑制作用[J].中国实验方剂学杂志,2017,23(13):116-120.
- [30] 唐恩红, 蔡旺. 茯苓多糖对人宫颈癌 HeLa 细胞增殖、迁移、促凋亡的影响及其机制 [J]. 肿瘤防治研究, 2019, 46 (8): 707-713.
- [31] 蔡小玲,吴海军,郭勇,等. 11 种食用菌的粗多糖抗 S-180 肉瘤的实验研究 [J]. 中医药学刊,2002,20(6):807-808.
- [32] Khan I, Huang Guo-xin, Li Xiao-ang, et al. Mushroom polysaccharides from *Ganoderma lucidum* and *Poria cocos* reveal prebiotic functions [J]. Journal of Functional Foods, 2018 (41): 191-201.
- [33] Luo J M, Zhang C, Liu R, et al. Gano-derma lucidum polysaccharide alle-viating colorectal cancerby alteration of special gut bacteria and regulation of gene expres-sion of colonic epithelial cells [J]. Journal of Functional Foods, 2018 (47): 127-135.
- [34] 和玉丹,万培伟,王庚.益生元促进动物肠道免疫的作用机理[J].江西畜牧兽医杂志,2020(1):5-9.
- [35] 钟千贵,邱铭锰,杨娟,等.猴头菇多糖对胃肠道益生 菌生长的影响 [J].食品工业科技,2019,40(19):301-304,309.
- [36] 刘韩,杨文钦,藏传刚,等.富含γ含氨基丁酸青春双 歧杆菌的酸奶稳定性研究 [J].中国奶牛,2012 (11): 32-34
- [37] 宋思媛,王欣,王泽旭,等.银耳多糖对免疫抑制小鼠 肠道菌群的保护作用 [J].中国微生态学杂志,2020,32 (7):772-776.

- [38] 沙继斌,张静,隋波,等.有氧运动与复合多糖干预对高脂膳食诱导肥胖大鼠肠道菌群的影响[J].中国运动医学杂志,2018,37(4):328-336.
- [39] 史瑛,冯欣静,周志磊,等.黄酒多糖对炎症性肠病及便秘作用机制的研究进展[J].食品与发酵工业,2021(1):1-10.
- [40] 李茜,吴涛,刘锐,等. 植物多糖与肠道菌群互作及其对代谢综合征的影响[J]. 食品安全质量检测学报,2020(21):7649-7655.
- [41] 洪珊珊,钱荣立.丁酸盐类可改善小鼠胰岛素敏感性并增加其能量消耗 [J].中国糖尿病杂志,2012,20(1):41.
- [42] 郭芸,李海涛,赵玉明,等.富硒平菇多糖对益生菌生长代谢的研究[J].中国酿造,2019,38(11):145-148.
- [43] 杨焱, 唐庆九, 周昌艳, 等. 猴头菌提取物对大鼠胃黏膜损伤保护作用的研究 [J]. 食用菌学报, 1999(1): 14-17.
- [44] 孙培龙,杨开,张安强,等.食用菌多糖作为功能食品 配料的市场状况及对策 [J].浙江食用菌,2007 (1):28-31.
- [45] 吕文英. 黑木耳和毛木耳中无机营养元素含量的测定与研究 [J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(4): 30-31.
- [46] 周蓓莉,梁强,邹妍,等.食用菌的益生元效应研究进展[J].食品科学,2011,32(15):303-307.
- [47] 赵伯菁. 三种食用菌提取物对乳酸菌生长的影响 [J]. 食品科技, 2009, 34 (12): 261-264.
- [48] 黄镭,柯寒,陈戈辉,等.黄精多糖益生元糕的研制及 其品质分析 [J].食品工业,2020,41 (3):90-94. ◇

(上接第88页)

cal Interactions, 2015 (6): 42-47.

- [22] 刘田,崔同,高哲,等.山楂膳食纤维的研究进展 [J]. 食品研究与开发,2020,41(6):199-204.
- [23] 陈洪雨,马蕾,杨建乔,等.山楂膳食纤维改善功能性 便秘及预防铅中毒作用 [J].食品科学,2013,34 (15):232-235.
- [24] 王强,赵欣. 柚皮膳食纤维对高脂日粮大鼠血脂调节的 影响 [J]. 食品科学,2013,34 (15):277-280.
- [25] 欧仕益,高孔荣,赵谋明.膳食纤维抑制膳后血糖升高的机理探讨[J].营养学报,1998(3):3-5.
- [26] Baodong Yao, Hong Fang, Wanghong Xu, et al. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: A dose-response analysis of prospective studies [J]. European Journal of Epidemiology, 2014 (2): 79–88.
- [27] 贾立冬. 膳食纤维在食品中的应用进展 [J]. 农产品加工, 2019 (13): 89-90, 93.
- [28] 孙海燕. 柑橘皮膳食纤维在曲奇饼干中的应用研究 [J]. 保鲜与加工, 2016, 16(6): 69-74.
- [29] 谢婧,孔令辉,赵园园.添加柚皮膳食纤维对酥性饼干品质的影响[J].中国食品添加剂,2015(5):126-131.

- [30] 张欢欢,高飞虎,张玲,等.膳食纤维提取工艺及在食品工业中的应用进展 [J].南方农业,2018,12(1):79-82.
- [31] 杨斌,高孔荣.蔗渣膳食纤维微粉 [J].粮食与饲料工业,1994(12):37-38.
- [32] Maja T, Rebecca Z, Jürgen F, et al. Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers [J]. Meat Science, 2013 (3): 629– 640.
- [33] Yi Tian, Huang Xingjian, Pan Siyi, et al. Physicochemical and functional properties of micronized jincheng orange by-products (*Citrus sinensis* Osbeck) dietary fiber and its application as a fat replacer in yogurt [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2014 (5): 565–572.
- [34] 张鹰,曾少甫. 柚皮果胶可食性膜对猪瘦肉的保鲜效果研究[J].食品科技,2014,39 (12):264-268.
- [35] 刘劼,严冬青,刘健.膳食纤维——人类的健康卫士 [J]. 现代食品,2020(1):113-115. ◇