

提取方式对枣膳食纤维理化及功能特性的影响

梁志宏,尹蓉,张倩茹,吕英忠*

(山西省农业科学院 果树研究所,山西 太谷,030815)

摘 要 以残次裂枣为原料,研究碱法、酶法、发酵法和超声辅助酶法 4 种不同提取方式对其总膳食纤维(total dietary fibre, TDF)理化特性及功能特性的影响。结果表明:TDF 提取率为发酵法最高,达 40.74%,比碱法(提取率最低)高 15.57%;TDF 纯度为超声辅助酶法最高,达 85.42%,碱法最低,为 78.13%;TDF 中可溶性膳食纤维(soluble dietary fibre, SDF)含量由大到小依次为:超声辅助酶法>酶法>碱法>发酵法;超声辅助酶法 TDF 的持水力、膨胀力、持油性、阳离子交换能力、葡萄糖吸附能力、胆固醇吸附能力和 NO₂⁻清除能力均显著高于枣粉及其他处理。说明超声辅助酶法对枣粉改性效果明显,是生产高品质膳食纤维的最佳方法。

关键词 残次裂枣;膳食纤维;超声辅助酶法;理化特性;功能特性

枣为鼠李科枣属木本植物,在我国栽培面积和产量都十分巨大^[1]。山西省是枣果主产区之一,产量居全国第 3 或第 4 位^[2],但因品种、气候、栽培管理和加工技术等原因,生产和加工过程中会出现大量残次裂果,这些果实大部分被直接扔掉,少部分作为动物饲料,从而造成严重经济损失。

膳食纤维被誉为人类的第七大营养素,许多研究表明:膳食纤维具有持水、螯合有机化合物、阳离子交换和改变肠道微生物群系等特性,可以起到维护肠道健康、预防肥胖和心血管疾病、解毒、增强机体免疫力^[3-7]等作用。天然植物中可溶性膳食纤维含量较低,导致其理化特性较差,需经过改性处理后许多功能特性才可以更好的发挥。目前研究较多的膳食纤维改性方法主要有以下几种:(1)以超高压、粉碎、挤压膨化等技术为主的物理方法;(2)以酸、碱法为主的化学方法;(3)以酶法、发酵法为主的生物技术方法;(4)以上 3 种方法同时使用的联合处理方法^[8]。以上四种方法在枣膳食纤维提取中都有应用,如张江宁等^[9]发现枣渣超微粉碎后可溶性膳食纤维比例提高,持水性、溶胀性、吸附油脂、胆固醇、胆酸钠能力增强;张华等^[10]用碱法提取枣渣中不溶性膳食纤维,得到产品呈淡黄色,无异味;黄雪姣等^[11]以 α -淀粉酶和中性蛋白酶酶解残次枣中不溶性膳食纤维,提取率达

13.04%;李黎等^[12]运用保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌和植物乳酸菌复合发酵提取枣渣中不溶性膳食纤维,提高了不溶性膳食纤维得率;孙静等^[13]采用高温蒸煮、纤维素酶酶解改性枣渣水不溶性膳食纤维,不溶性膳食纤维得率达 20.03%。以上研究多以枣渣为原料,分别采用物理法、化学法、发酵法和联合法优化膳食纤维提取工艺,但对制得的膳食纤维的品质研究较少。目前,以残次裂枣为原料,对不同提取方式制备的膳食纤维进行品质分析的研究未见报道。

本文以残次裂枣为原料,分别就碱法、酶法、发酵法和超声辅助酶解法制备的膳食纤维进行主要成分、持水性、持油性、膨胀性等理化性质比较,阳离子交换能力、葡萄糖吸收能力、胆固醇吸附能力、NO₂⁻清除能力等功能特性分析,旨在为残次裂枣的增值利用提供新思路,为制备高活性枣膳食纤维提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

枣粉:残次裂枣去核,切片后 60 ℃烘箱干燥,粉碎过 40 目筛备用;纤维素酶(5 万 U/g)、木聚糖酶(5 万 U/g)、糖化酶(10 万 U/g),北京索莱宝科技有限公司;*m*(保加利亚乳杆菌):*m*(嗜热链球菌):*m*(植物乳杆菌)=1:1:1 混合备用;其他常用化学试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TGL20M-II 型台式高速离心机,湖南凯达科学仪器有限公司;SX 系列马弗炉,南阳市鑫宇炉业有限公

第一作者:副研究员(吕英忠副研究员为通讯作者, E-mail: gss-lyz0@163.com)。

基金项目:山西省重点研发计划重点项目(201703D221011-5);山西省重点研发计划项目(201603D221016-4)

收稿日期:2019-07-05,改回日期:2019-09-12

司;DZF-1B 电热恒温真空干燥箱,上海跃进医疗器械有限公司; ZWY-103B 型恒温培养振荡器,上海智城分析仪器制造有限公司;WFZ UV-2102C 型紫外可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;LRH-70 型生化培养箱,上海一恒科学仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 膳食纤维提取方式

1.3.1.1 碱法膳食纤维(DF1)制备

取脱糖干燥后枣粉,质量浓度 20 g/L NaOH,料液比1:15(g: mL),60 ℃ 提取 40 min,4 000 r/min 离心 20 min,收集残渣;上清液真空浓缩至原体积 1/3 左右,加入 4 倍 95% 乙醇(体积分数)醇沉 6 h,离心,得滤渣,将 2 次滤渣混合,水洗至中性,60 ℃ 烘干,粉碎过 80 目筛备用。

1.3.1.2 酶法膳食纤维(DF2)制备:

取脱糖干燥后枣粉,料液比 1:20(g: mL),添加质量浓度 7 g/L 纤维素酶,pH 4.8 在 50 ℃ 条件下酶解 70 min,灭酶。其他操作同 1.3.1.1。

1.3.1.3 发酵法膳食纤维(DF3)制备:

取脱糖干燥后枣粉,料液比 1:10(g: mL),加入质量浓度 20 g/L 的脱脂奶粉和质量浓度 10 g/L 白砂糖混匀后灭菌,迅速冷却,接入质量浓度 50 g/L 混合菌剂,40 ℃ 条件下发酵 15 h。其他操作方法同上。

1.3.1.4 超声辅助酶法膳食纤维(DF4)制备:

取脱糖干燥后枣粉,料液比 1:20(g: mL)调成悬液,加入质量浓度 7 g/L 纤维素酶,50 ℃ 条件下超声提取 50 min。其他操作同上。

1.3.2 膳食纤维化学组成的测定

水分、灰分、粗蛋白和粗脂肪质量分数的测定参

照 AOAC 方法^[14],总膳食纤维(TDF)、可溶性膳食纤维(SDF)及不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)质量分数的测定参照 GB 5009.88—2014^[15]。

1.3.3 膳食纤维理化性质测定

持水力和膨胀力的测定参照陶永霞等^[16]方法;持油力的测定参照 SANGNARK 等^[17]的方法。

1.3.4 功能特性测定

阳离子交换能力测定参照张建利等^[18]方法;胆固醇吸附能力和葡萄糖吸附能力测定参照黄六容等^[19]方法;NO₂⁻ 清除能力测定参照阮传英等^[20]方法。

1.4 数据分析

试验数据均为 3 个平行样的平均值 ± 标准差,结果采用 SPSS 23.0 软件中的 Duncan's 进行显著性差异分析($P < 0.05$),图表用 Excel 绘制。

2 结果与分析

2.1 不同提取方式对膳食纤维化学组成和提取率的影响

由表 1 可以看出,经碱、酶、发酵和超声处理后,粗纤维含量较枣粉有显著提高,提取率增大,说明物理、化学和生物技术处理均可使细胞壁中的果胶和纤维结构降解,更多的纤维素、半纤维素、木质素和果胶等物质溶出,使膳食纤维比率提高。提取方式对枣粉中粗蛋白清除率最高,在 39.04% ~ 58.88% 之间,与枣粉之间差异显著($P < 0.05$);对粗脂肪也有显著清除效果,但清除率没有粗蛋白高。说明不同处理方式均对蛋白和脂肪有一定降解破坏作用。

表 1 不同提取方式膳食纤维的成分组成及提取率

Table 1 Chemical compositions and yields of dietary fibers from different extraction methods

成分	枣粉	DF1	DF2	DF3	DF4
水分/%	5.08 ± 0.23 ^a	4.36 ± 0.19 ^b	4.92 ± 0.17 ^a	5.23 ± 0.27 ^a	4.87 ± 0.24 ^a
灰分/%	2.79 ± 0.14 ^a	1.48 ± 0.10 ^{bc}	1.31 ± 0.09 ^c	1.62 ± 0.11 ^b	1.57 ± 0.09 ^b
粗脂肪/%	1.94 ± 0.10 ^a	0.73 ± 0.05 ^e	1.59 ± 0.08 ^b	1.07 ± 0.08 ^d	1.42 ± 0.08 ^c
粗蛋白/%	4.56 ± 0.29 ^a	1.89 ± 0.11 ^c	2.78 ± 0.18 ^b	1.96 ± 0.10 ^c	2.17 ± 0.13 ^c
TDF/%	13.58 ± 0.78 ^e	78.13 ± 2.68 ^d	80.01 ± 3.69 ^c	82.02 ± 4.58 ^b	85.42 ± 3.11 ^a
SDF/%	3.61 ± 0.15 ^c	19.00 ± 1.14 ^b	19.60 ± 0.14 ^b	19.31 ± 0.87 ^b	22.41 ± 1.56 ^a
IDF/%	9.97 ± 0.52 ^d	59.13 ± 3.07 ^c	60.41 ± 3.55 ^b	62.71 ± 2.98 ^a	62.01 ± 2.57 ^a
SDF: IDF	1:2.76 ^b	1:3.11 ^a	1:3.08 ^a	1:3.25 ^a	1:2.77 ^b
TDF 提取率/%	—	35.25 ± 1.52 ^c	37.27 ± 2.06 ^b	40.74 ± 1.71 ^a	38.21 ± 2.13 ^b

注:同行不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,下同。

4 种提取方式中,发酵法提取率最高,为 40.74%,与其他处理之间差异显著,碱法提取率最

低,为 35.25%,与其他处理之间亦差异显著,超声辅助酶法提取率略高于酶法,但二者之间差异不显著。

SDF 与 IDF 的组成比例是影响膳食纤维生理功能的一个重要指标^[21],目前普遍认为 SDF 与 IDF 比率1:3左右较合理,为方便后续理化特性和功能特性比较,本研究尽量将4种膳食纤维样品 SDF 和 IDF 比例控制在1:3左右。超声辅助酶法 SDF 含量最高,与 IDF 比率基本与枣粉一致,其他3种处理 SDF 含量相近,三者之间差异不显著,与 IDF 比率略高于1:3,碱法膳食纤维 SDF 含量在4种提取方式中最低。4种膳食纤维样品纯度由大到小依次为:超声辅助酶法>酶法>发酵法>碱法,超声辅助酶法膳食纤维的纯度最高,达85.42%,其次是发酵法和酶法制备的膳食纤维,分别为82.02%和80.01%,碱法膳食纤维纯度最低,只有78.13%,4种膳食纤维样品之间纯度差异显著。

2.2 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维理化性质的影响

2.2.1 对持水力的影响

高持水力是高品质膳食纤维的主要物化特性之一,可以调节食品体系中水分分布情况,防止加工品组织结构的脱水收缩,对食品外观、风味及商品价值都有较大影响^[22]。由图1可以看出,4种处理方式制备的膳食纤维与枣粉相比持水力都有显著提升($P<0.05$),其中超声辅助酶法制备的 TDF 持水力最高,化学法制备的最低,持水力由大到小排序依次是超声辅助酶法>酶法>发酵法>碱法>枣粉,除酶法和发酵法膳食纤维之间差异不显著外,其他处理之间差异显著。超声辅助酶法持水力最大的原因是在超声波作用下,纤维素酶在水分子带动下可以更多的渗入纤维结构中,水解部分纤维糖苷键,使纤维分子向可溶性小分子变化,纤维结构更加疏松,比表面积增大,亲水基团更多地暴露出来,持水力大幅度提高^[23]。所有处理中,碱法膳食纤维持水力最低,说明碱液处理对膳食纤维的骨架结构破坏明显,对水分的吸收和保持能力较弱。

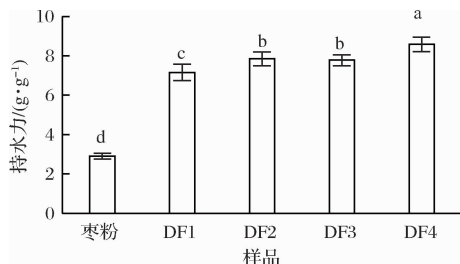


图1 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维持水力的影响

Fig. 1 Water holding capacity of dietary fibers from different extraction methods

2.2.2 对膨胀力的影响

膨胀力与持水力一样,均是膳食纤维的重要性质之一,同样与加工食品的品质有较大关系。由图2可以看出,不同提取方式制备的膳食纤维的膨胀力都显著高于枣粉($P<0.05$),由大到小依次为:超声辅助酶法>发酵法>酶法>碱法>枣粉,酶法与碱法之间差异不显著($P>0.05$),其他处理之间差异显著。超声辅助酶法膳食纤维膨胀力最大的原因是在物理和化学共同作用下,膳食纤维中大分子组分的连接键断裂转变为小分子组分,膳食纤维结构变得疏松,体积和比表面积增大,但并未破坏其骨架结构^[24]。

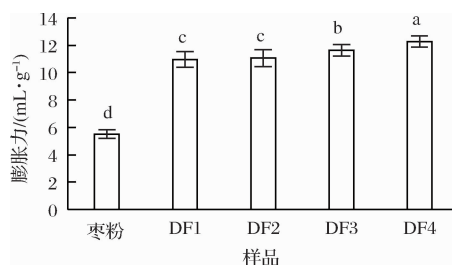


图2 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维膨胀力的影响

Fig. 2 Swelling power of dietary fibers from different extraction methods

2.2.3 对持油力的影响

膳食纤维表面不仅有亲水基团,也有亲油基团,亲油基团可以通过吸附食物中的油脂减少人体对脂肪的摄入量。膳食纤维持油性可有效改善食品的结构特性,赋予食品更好的感官品质^[22]。由图3可以看出,提取的膳食纤维的持油力都显著大于枣粉($P<0.05$),超声辅助酶法制备的膳食纤维持油力最大,碱法膳食纤维在所有处理中最小,从大到小排序与持水力相同,超声辅助酶法膳食纤维与其他 TDF 差异显著。超声辅助酶法膳食纤维持油力最大的原因与持水力一样,在超声和酶的双重作用下,更多亲水基团暴露的同时,更多亲油基团也裸露出来,导致持油力增大。

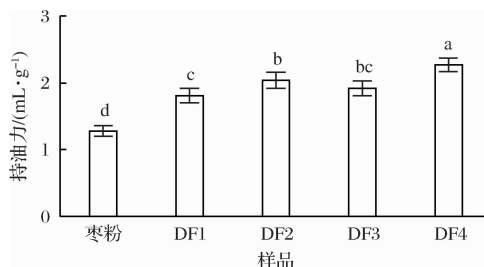


图3 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维持油力的影响

Fig. 3 Oil holding capacity of dietary fibers from different extraction methods

通过对不同提取方式膳食纤维理化特性分析可知,超声辅助酶法膳食纤维比其他膳食纤维有更好的持水力、膨胀力和持油力,可应用于肉、焙烤等多种加工食品中,提高食品的加工特性及品质,作为新型品质改良剂应用于食品加工中。

2.3 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维功能特性的影响

2.3.1 对阳离子交换能力的影响

膳食纤维结构中含有的羧基和羟基类侧链基团可以与阳离子可逆交换形成一个较为理想的缓冲体系,从而有利于机体的消化吸收^[25]。如 Na^+ 、 K^+ 可在肠道中与膳食纤维结合随粪便或尿液排出体外,调节血液中的 Na^+/K^+ 比,产生降压效果^[26]。由图 4 可以看出,所有处理的阳离子交换能力都显著高于枣粉,各处理间由大到小依次为:超声辅助酶法 > 酶法 > 碱法 > 发酵法 > 枣粉,除酶法和碱法制备的膳食纤维差异不显著外,其他样品之间差异显著。发酵法 TDF 的阳离子交换能力显著低于其他样品,可能与其 SDF 含量较低有关。

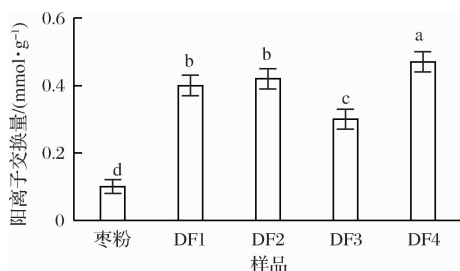


图 4 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维阳离子交换能力的影响

Fig. 4 Cation exchange capacity of dietary fibers from different extraction methods

2.3.2 对葡萄糖吸附能力的影响

膳食纤维对葡萄糖具有吸附和阻碍扩散作用,可以降低小肠内葡萄糖浓度,抑制餐后血糖上升,改善葡萄糖耐量^[19]。由图 5 可以看出,不同提取方式制备的 TDF 对葡萄糖的吸附能力显著高于枣粉,4 种 TDF 样品中,超声辅助酶法制备的膳食纤维吸附能力最强,显著高于其他 3 个处理,碱法、酶法和发酵法膳食纤维虽然吸附量略有不同,但相差不大,三者之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3.3 对胆固醇吸附能力的影响

膳食纤维表面带有的活性基团可以整合吸附胆固醇和胆汁酸等有机分子,造成胆酸减少,肝脏就会利用机体自身的胆固醇合成胆酸,从而降低肝组织和

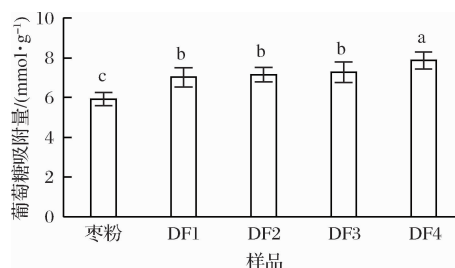


图 5 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维葡萄糖吸附能力的影响

Fig. 5 Glucose adsorption capacity of dietary fibers from different extraction methods

血浆中胆固醇水平^[27]。本文分别以 pH 2.0 和 pH 7.0 条件模拟胃和小肠环境,由图 6 可以看出,所有处理在 pH 7.0 环境下的吸附能力均大于 pH 2.0 环境下,2 种 pH 环境下样品对胆固醇的吸附量都以超声辅助酶解法最大,碱法最小,pH 7.0 条件下由大到小依次是:超声辅助酶法 > 发酵法 > 枣粉 > 酶法 > 碱法,超声辅助酶法除与发酵法差异不显著外,与其他样品之间差异显著 ($P < 0.05$)。枣粉胆固醇吸附量大于碱法 TDF,与酶法和发酵法相差不大,说明枣粉中的多糖对胆固醇也有相似的吸附作用。

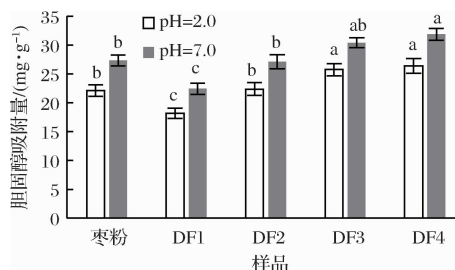


图 6 不同提取方式对残次裂枣膳食纤维胆固醇吸附能力的影响

Fig. 6 Cholesterol adsorption capacity of dietary fibers from different extraction methods

2.3.4 对 NO_2^- 清除能力的影响

NO_2^- 可与胃中的仲胺、叔胺类物质作用转化为具有致癌效果的亚硝胺,导致癌症的发生^[28]。由图 7 可以看出,pH 2.0 条件下 NO_2^- 的清除能力远大于 pH 7.0 环境下,二者之间差异极大,说明人体对 NO_2^- 的清除作用主要在胃中进行,可以一定程度清除内源和外源有毒有害物质,保护人体健康;清除能力由大到小依次为:超声辅助酶法 > 发酵法 > 酶法 > 碱法 > 枣粉,超声辅助酶法显著大于其他样品 ($P < 0.05$)。

通过对不同提取方式所制膳食纤维功能特性的综合分析可知,超声辅助酶法膳食纤维相比于其他膳

食纤维具有更好的降压、降糖、降脂及清除内源和外源有毒物质的功效。

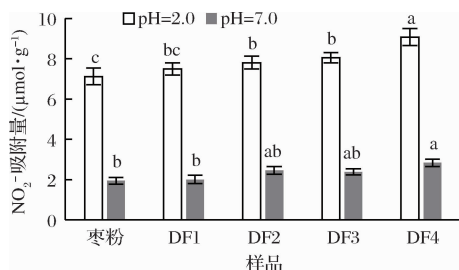


图7 不同提取方式对残次裂枣 NO₂⁻ 清除能力的影响

Fig. 7 NO₂⁻ clearance ability of dietary fibers from different extraction methods

3 结论

经过对碱法、酶法、发酵法和超声辅助酶法制备的 TDF 化学组成、理化性质及功能特性研究发现:4 种制备方法的提取率约在 35% ~ 40% 之间,制备的 TDF 纯度在 78.13% ~ 85.42% 之间,不同制备方法 TDF 中 SDF 含量较高,属优质膳食纤维;不同提取方式制备的 TDF 持水力、膨涨力和持油力均显著高于枣粉,在食品加工中对食品品质改良效果明显;超声辅助酶法制备的 TDF 其阳离子交换能力、葡萄糖吸附能力、胆固醇吸附能力和 NO₂⁻ 清除能力均优于枣粉和碱法、酶法、发酵法制备的 TDF,说明联合处理法提取的膳食纤维较单一处理方法制备的膳食纤维在理化特性和功能特性方面更优越,可作为一种功能性配料应用于食品加工中,使加工品具备一定的降压、降糖、降脂等功效。

参 考 文 献

- [1] 鲁周明,刘坤,闫忠心,等. 枣果实营养成分及保健作用研究进展[J]. 园艺学报,2010,37(12):2 017-2 024.
- [2] 杨建华. 山西省枣产业发展现状分析[J]. 山西林业科技,2018,47(3):57-59.
- [3] GONG J, YANG C. Advances in the methods for studying gut microbiota and their relevance to the research of dietary fiber functions[J]. Food Research International, 2012, 48(2): 916-929.
- [4] ZHANG N, HUANG C, OU S Y. In vitro binding capacities of three dietary fibers and their mixture for four toxic elements, cholesterol, and bile acid[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 186(1): 236-239.
- [5] 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]. Javma-J Am Vet Med A, 2014, 245(1): 99-105.
- [6] TAN B L, ESA N M, RAHMAN H S, et al. Brewers' rice induces apoptosis in azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats via suppression of cell proliferation and the Wnt signaling pathway[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2014, 14(1): 304-314.
- [7] 罗非君, 聂莹. 膳食纤维抗癌作用及其分子机理的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2015, 34(12): 1 233-1 238.
- [8] 杨明华, 太周伟, 俞政全, 等. 膳食纤维改性技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(10): 207-210.
- [9] 张江宁, 丁卫英, 杨春. 超微粉碎对枣渣理化性质的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(9): 123-127.
- [10] 张华, 段倩, 张可, 等. 化学法提取红枣渣中不溶性膳食纤维工艺研究[J]. 北方园艺, 2013(14): 143-145.
- [11] 黄雪姣, 陈恺, 许建, 等. 响应面法优化残次枣中不溶性膳食纤维提取工艺[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(2): 55-61.
- [12] 李黎, 王宇辉. 响应面法优化发酵法提取枣渣中不溶性膳食纤维提取工艺优化[J]. 中国食品添加剂, 2017(9): 140-145.
- [13] 孙静, 邵佩兰, 徐明, 等. 高温蒸煮结合酶解改性枣渣膳食纤维[J]. 食品工业科技, 2017, 38(23): 137-142.
- [14] HORWITZ W, HELRICH K, HELRICH W. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist[M]. America: Association of Official Analytical Chemists, Inc., 1975: 181-186.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB5009.88—2014, 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定[S]. 2014: 1-5.
- [16] 陶永霞, 周建中, 武运, 等. 酶碱法提取枣渣可溶性膳食纤维的工艺研究[J]. 食品科学, 2016, 41(6): 118-121.
- [17] SANGNARK A, NOOMHORM A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw[J]. Food Research International, 2004, 37(1): 66-74.
- [18] 张建利, 张正茂, 张蕊蕊, 等. 不同提取方法对马铃薯膳食纤维化学组成和理化性质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018(11): 33-38.
- [19] 黄六容, 陈甜, 李璇, 等. 改性方法对大蒜秸秆总膳食纤维功能特性的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(9): 61-67.
- [20] 阮传英, 涂宗财, 王辉, 等. 豆渣膳食纤维的体外吸附性能[J]. 食品科学, 2014, 35(15): 109-112.
- [21] RUSSO M, BONACCORSI I, INFERRERA V, et al.

- Underestimated sources of flavonoids, limonoids and dietary fiber: Availability in orange's by-products[J]. *Journal of Functional Foods*, 2015(12): 150–157.
- [22] 李杨,胡森,孙禹凡,等. 提取方式对大豆膳食纤维理化及功能特性的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(21): 18–24.
- [23] 赵梅. 枣渣膳食纤维酶法改性工艺及相关性质研究[D]. 无锡:江南大学, 2014.
- [24] GOÑI I, MARTIN-CARRÓN N. *In vitro* fermentation and hydration properties of commercial dietary fiber-rich supplements[J]. *Nutrition Research*, 1998, 18(6): 1 077–1 089.
- [25] 张丽媛,陈如,田昊,等. 超微粉碎对苹果膳食纤维理化性质及羟自由基清除能力的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(15): 139–144.
- [26] 吴少福,沈勇根,上官新晨,等. 紫红薯渣、膳食纤维和漂白膳食纤维物化特性分析[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(2): 28–32.
- [29] 黄六容,陈甜,李璇,等. 改性方法对大蒜秸秆总膳食纤维功能特性的影响[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(9): 61–67.
- [27] 黄才欢,欧仕溢,张宁,等. 膳食纤维吸附脂肪、胆固醇和胆酸盐的研究[J]. *食品科技*, 2006, 31(5): 133–136.
- [28] AGNIESZKA NAWITSK, MINIKA KWASNIEWSKA. Dietary fiber fractions from fruit and vegetable processing waste[J]. *Food Chemistry*, 2005(91): 221–225.

Effects of extraction methods on physiochemical and functional properties of dietary fiber in jujube

LIANG Zhihong, YIN Rong, ZHANG Qianru, LYU Yingzhong*

(Pomology Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taigu 030815, China)

ABSTRACT Compare the effects of different extraction methods on dietary fiber in defective jujube. Using defective & split jujube as test materials, effects of four different extraction methods including alkali method, enzyme method, fermentation method and ultrasonic assisted enzyme method on physiochemical properties and functional characteristics of total dietary fiber (TDF) were studied. Results showed that the TDF extraction rate by fermentation method was the highest, reaching 40.74%, which was 15.57% higher than the lowest extraction rate by alkali method. The TDF purity by ultrasonic assisted enzyme method was the highest, reaching 85.42%, while that by alkali method was only 78.13%, and the alkali method was the lowest. The order of SDF content in TDF from large to small was ultrasonic assisted enzyme method, enzyme method, alkali method and fermentation method. The water holding capacity, swelling power, oil holding capacity, cation exchange capacity, glucose adsorption capacity, cholesterol adsorption capacity and NO_2^- clearance ability of TDF extracted by ultrasonic assisted enzyme method were significantly higher than those of the jujube powder and other treatments. All the above results showed that ultrasonic assisted enzyme method had obvious effect on modification of jujube powder, which was the best method for producing high-quality dietary fiber.

Key words defective & split jujube; dietary fiber; ultrasonic assisted enzyme method; physiochemical properties; functional characteristics