广西巴马长寿人群饮食中 7 种膳食纤维成分及抗氧化活性分析

饶川艳[1], 聂梦琳[1], 莫明规[2], 黄燕婷[1], 潘海博[1], 覃璐琪[1], 李全阳[1*]

(1.广西大学轻工与食品工程学院, 南宁 530004; 2.柳州康小乐牛奶有限公司, 柳州 545007)

摘要: 目的 探索广西巴马长寿人群饮食中代表性膳食纤维的作用。**方法** 选取广西巴马长寿人群膳食中 7 种代表性果蔬为原料, 采用水提醇沉工艺对其进行膳食纤维的提取, 获得其中的水溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)和水不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF)并对其组成成分、吸附能力、抗氧化效果等方面进行比较。**结果** 7 种 SDF 含量、多糖含量、果胶含量、半纤维素含量最高分别是脐橙、南瓜苗、红薯叶、脐橙, 分别为 67.28%、63.52%、70.46 mg/g、94.23 mg/g; 7 种 IDF 纯度、半纤维素含量、纤维素含量、木质素含量最高的分别是茶树菇、香蕉、茶树菇、空心菜, 分别为 70.39%、158.86 mg/g、51.34 mg/g、572.96 mg/g。7 种 SDF 和 7 种 IDF 中持水力、膨胀力、持油力最大的分别是茶树菇 SDF、脐橙 SDF、香蕉 SDF, 依次为 14.23 g/g、9.29 mL/g、5.18 g/g; 清除 DPPH 能力最强的是南瓜苗 SDF, 清除率为 73.34%; NO_2^-、胆固醇吸附能力最强的分别是脐橙 SDF、茶树菇 SDF, 依次为 17.23、15.99 μmol/mg。**结论** 广西巴马长寿人群膳食中 7 种 SDF 及 7 种 IDF 的灰分及蛋白等杂质含量较低, 具有清除胆固醇、NO_2^-、DPPH 的作用。

关键词: 长寿人群; 膳食纤维; 持油力; 胆固醇吸附力

Determination of 7 dietary fiber components and antioxidant effects in diet of Guangxi Bama longevity population

RAO Chuan-Yan[1], NIE Meng-Lin[1], MO Ming-Gui[2], HUANG Yan-Ting[1], PAN Hai-Bo[1], QIN Lu-Qi[1], LI Quan-Yang[1*]

(1. *College of Light Industry and Food Engineering*, *Guangxi University*, *Nanning* 530004, *China*; 2. *Liuzhou kangxiaole Co*., *Ltd*, *Liuzhou* 545007, *China*)

ABSTRACT: Objective To explore the role of dietary fiber in the diet of long-lived people in Bama, Guangxi. **Methods** Guangxi longevity diet 7 representative fruits were selected as raw materials, water extraction alcohol sinking process was adopted for the extraction of dietary fiber, to obtain the water-soluble dietary fiber (soluble dietary fiber, SDF) and water insoluble dietary fiber (insoluble dietary fiber, IDF), and the composition, adsorption capacity and antioxidant effect were compared. **Results** The highest SDF content, polysaccharide content, pectin content and hemicellulose content were navel orange, pumpkin seedling, sweet potato leaf and navel orange, which were 67.28%, 63.52%, 70.46 mg/g and 94.23 mg/g, respectively. The 7IDFs with the highest purity, hemicellulose

基金项目: 国家自然科学基金项目(31871802)

Fund: Supported by the National Science Foundation of China (31871802)

***通讯作者:** 李全阳, 博士, 教授, 主要研究方向为食品营养与健康长寿。E-mail:liquanyang@gxu.edu.cn

***Corresponding author:** LI Quan-Yang, Ph.D, Professor, College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, No.100, Daxue East Road,Xixiangtang District, Nanning 530004, China. E-mail: liquanyang@gxu.edu.cn

content, cellulose content and lignin content were tea mushroom, banana, tea mushroom and water cabbage, which were 70.39%, 158.86 mg/g, 51.34 mg/g and 572.96 mg/g, respectively. Among the 7 SDF and 7 IDFs, the largest hydraulic, expansive and oil holding forces were tea mushroom SDF, navel orange SDF and banana SDF, which were 14.23 g/g, 9.29 mL/g and 5.18 g/g, respectively. The strongest DPPH scavenging ability was pumpkin seedling SDF, with a scavenging rate of 73.34%. The adsorption capacities of NO_2^- and cholesterol were 17.23 mol/mg for navel orange and 15.99 mol/mg for tea tree mushroom respectively. **Conclusion** The content of ash, protein and other impurities of 7 SDF and 7 IDF in the diet of long-lived people in Bhama, Guangxi is relatively low, which has the effect of removing cholesterol, NO^{2-} and DPPH.

KEY WORDS: longevity people; dietaryfiber; oil holding capacity; cholesterol adsorption capacity

1　引　言

广西巴马是世界知名的长寿之乡, 本团队前期对广西巴马长寿之乡老人饮食研究发现, 长寿之乡人群饮食中膳食纤维的摄入量占除水外 6 大营养素摄入量总和的 8.22%[1]。考虑当地的膳食纤维与其长寿现象的形成可能联系紧密, 因此从当地膳食中代表性果蔬入手, 探索当地膳食中膳食纤维的作用。根据来源膳食纤维可以分为谷物类膳食纤维、豆类膳食纤维、水果膳食纤维、蔬菜膳食纤维。膳食纤维对人体有重要的生理功能。一方面膳食纤维可在宿主肠道内吸水膨胀增加宿主粪便体积, 从而达到软化粪便以及刺激肠道蠕动的作用[2]; 另一方面肠道微生物利用膳食纤维在肠道内发酵, 产生短链脂肪酸[3,4], 改变肠道 pH 值的同时, 也可以改变肠道菌群的丰度[5,6]。膳食纤维不仅可以影响宿主肠道健康, 还可以通过截留宿主体中的消化酶, 降低碳水化合物与机体大肠肠壁接触的次数, 达到降低血糖的效果。机体摄入一定数量的膳食纤维, 不仅能够降低血液中胆固醇的含量[7], 还能达到抗氧化的效果[8]。

王强[9]采用酶提法提取脐橙中的可溶性膳食纤维, 并经脱糖 3 次、复溶 2 次对可溶性膳食纤维进行提纯, 提纯后膳食纤维纯度为 78.08%。李静[10]采用黑曲霉发酵制备的香蕉皮可溶性膳食纤维, 最佳制备条件下可溶性膳食纤维得率为 12.83%, 对 DPPH 自由基清除率可达(51.37±1.85)%。Tainara 等[11]对橙渣进行膳食纤维提取, 且此膳食纤维可以代替在冰激凌生产中使用的脂肪。Kim 等[12]将南瓜膳食纤维添加到香肠中发现, 2%南瓜纤维的添加在降低了香肠脂肪含量的同时提高了香肠的质量和感官特性。辛英姬等[13]采用热水浸提法提取茶树菇子实体膳食纤维, 滤纸片法测定其抑菌效果, 结果表明茶树菇膳食纤维的抑菌效果约为阿莫西林的 1/3。

传统饮食模式主要的关注点在单一的营养素及单一的食物种类, 而在人们的日常生活中, 人们摄入的是多种食物种类构成, 而非单一食物种类。地中海饮食模式主要由谷物、蔬菜、水果 3 个元素组成。朱玉凤[14]的研究发现, 以蔬菜水果为主的膳食模式是糖尿病的保护因素。要探索膳食纤维的益生效果, 首先从广西长寿人群膳食中最具代表性果蔬入手, 经过调查这些代表分别是:香蕉、脐橙、红薯叶、南瓜苗、苦荬菜、空心菜、茶树菇 7 种[1]。本研究对其中的膳食纤维进行提取, 进一步对水溶性膳食纤维(water soluble dietary fiber, SDF)以及水不溶性膳食纤维(water insoluble dietary fiber, IDF)组分及特性进行分析, 以期揭示这些特征成分与长寿现象的作用关系积累参考数据, 并为研究长寿人群优质饮食结构提供基础。

2　材料与方法

2.1　材料与试剂

香蕉、脐橙、红薯叶、南瓜苗、苦荬菜、空心菜、茶树菇(干)均是巴马当地农户种植, 采购于巴马坡月农贸市场。

Trolox 标准品、亚硝酸钠标准品、胆固醇标准品(分析纯, 上海源叶生物有限公司); DPPH(分析纯, 日本 Sigma 公司); 植物纤维素酶联免疫分析试剂盒、植物半纤维素酶联免疫试剂盒(莱江生物公司); 无水乙醇、浓硫酸、氢氧化钠、盐酸、苯酚、盐酸萘乙二胺、硫酸铁铵、磷酸、冰乙酸(分析纯, 成都科隆化学品有限公司); 金龙鱼大豆调和油、鸡蛋(西乡塘农贸市场)。

2.2　仪器与设备

BSA124S 天平[赛多利斯科学仪器(中国)有限公司]; WGUL-230BE 电热鼓风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司); KC-701 超微粉碎仪(北京开创同和科技发展有限公司); 100 目、200 目网筛(浙江上虞市五四仪器厂); XMYD-204 数显电热恒温水浴锅(金坛市华城创威实验仪器厂); 3-18KS 冷冻离心机(日本 Sigma 公司); LGJ-18 冷冻干燥机(北京松源华兴科技发展有限公司); GENESYS 10S UV-VIS 分光光度计(美国 Thermo 公司); MX-S 漩涡混匀器(美国 SCILOGEX 公司); YZQ-A 恒温摇床(春兰仪器有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 样品预处理

香蕉、脐橙、南瓜苗:剥皮、切片→65 ℃干燥→粉碎→过筛→备用。

红薯叶、苦荬菜、空心菜:清洗、切段→65 ℃干燥→粉碎→过筛→备用。

茶树菇: 65 ℃干燥→粉碎→过筛→备用。

2.3.2 膳食纤维提取工艺

称取过筛后的果蔬原料 10.0 g(m_1), 按固液比 1:25 g/mL 加入蒸馏水, 混匀后于 70 ℃热水浴提取 3 h。提取结束后, 冷却至室温, 于 10000 r/min 离心 15 min, 沉淀真空冷冻干燥得 IDF(m_2); 上清液 65 ℃真空浓缩至原体积 1/3, 转至烧杯中, 加入 4 倍体积无水乙醇, 4 ℃静置醇沉 8 h, 8000 r/min 离心后收集沉淀冷冻干燥得 SDF(m_3)。流程图见图 1。

2.3.3 不同种类果蔬中膳食纤维含量测定

不同种类果蔬中膳食纤维含量测定参考 GB 5009.88-2014《食品安全国家标准食品中膳食纤维的测定》[15]。结果以每克干基中所含膳食纤维的百分数表示(%)。

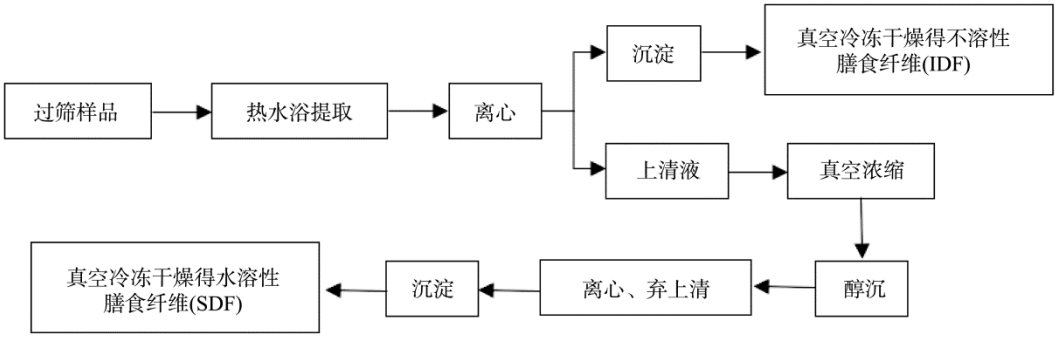


图 1 流程图

Fig.1 Flow chart

2.3.4 不同种类膳食纤维中脂肪含量测定

不同种类膳食纤维中脂肪含量测定参考 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》[16]。结果以每克干基中所含脂肪的百分数表示(%)。

2.3.5 不同种类膳食纤维中蛋白质含量测定

不同种类膳食纤维中蛋白质含量测定参考 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》[17]。结果以每克干基中所含蛋白质的百分数表示(%)。

2.3.6 不同种类膳食纤维中灰分含量测定

不同种类膳食纤维中灰分含量测定参考 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》[18]。结果以每克干基中所含灰分的百分数表示(%)。

2.3.7 不同种类膳食纤维中果胶含量测定

不同种类膳食纤维中果胶含量参考 Kyriakidis[19]的方法进行测定。结果以每克干基中所含果胶的毫克数表示(mg/g)。

2.3.8 不同种类膳食纤维中多糖含量测定

不同种类膳食纤维中多糖含量采用硫酸苯酚法进行测定。将待测样品配制成 1 mg/mL 的待测液备用, 测定时准确吸取待测液 1.0 mL, 分别加入 5%的苯酚溶液 1.6 mL, 摇匀后再加入 7.0 mL 浓硫酸, 充分混匀后, 室温放置 25 min, 以蒸馏水按同样显色操作作为空白, 于 490 nm 测定吸光度值 A, 重复 3 次去平均值。将其带入回归方程: Y=0.0063X+0.0633, r^2=0.9998, 即得多糖含量。结果以每克干基中所含多糖的百分数表示(%)。

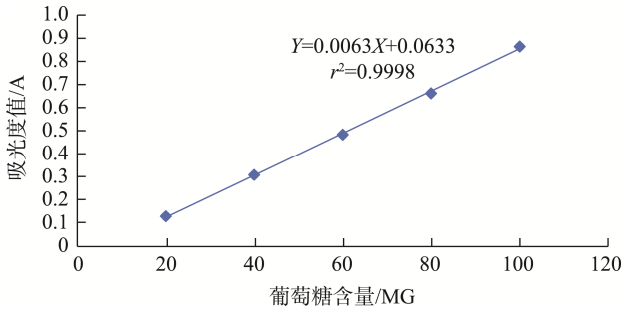


图 2 葡萄糖标准曲线

Fig.2 Glucose standard curve

2.3.9 不同种类膳食纤维中半纤维素、纤维素含量测定

不同种类膳食纤维中半纤维素及纤维素含量按照植物半纤维素、纤维素酶联免疫分析试剂盒进行测定, 具体操作如表 1 所示。结果以每克干基中所含半纤维素、纤维素的毫克数表示(mg/g)。

2.3.10 不同种类膳食纤维中木质素含量测定

不同种类膳食纤维中木质素含量测定采用梁冬[20]的方法。结果以每克干基中所含木质素的毫克数表示(mg/g)。

2.3.11 不同种类膳食纤维持水力测定

参考梁媛媛等[21]的方法并进行改进。分别称取膳食纤维各 1.000 g, 记为 m_1, 置于 50 mL 离心管中, 加入 30 mL 去离子水, 室温过夜, 随后以 5000 r/min 条件离心 20 min, 弃去上清液, 称量沉淀质量, 记为 m_2。

$$\text{持水力（g/g）} = \frac{m_1 - m_2}{m_1}$$

表 1　半纤维素、纤维素测定(μL)
Table 1　Determination of hemicelluloses and cellulose(μL)

试剂	标准孔	样本孔	空白孔
不同浓度标准品	50	-	-
样品稀释液	-	40	40
样品	-	10	
酶标试剂	100	100	-
封板膜封板, 37 ℃, 60 min 后弃去液体, 甩干。加满洗涤液静置 30 s, 甩去液体, 拍干, 重复 5 次。			
显色剂 A	50	50	50
显色剂 B	50	50	50
轻轻震荡混匀, 37 ℃避光 15 min。			
终止液	50	50	50
以空白孔调零, 450 nm 测定。			

2.3.12　不同种类膳食纤维持油力测定

参考张明等[22]的方法并进行改进。分别称取膳食纤维各 1.000 g, 记为 m_1, 置于 50 mL 离心管中, 边震荡边加入 30 g 大豆调和油, 充分混匀后静置 30 min, 随后以 5000 r/min 条件离心 20 min, 称取沉淀质量, 记为 m_2。

$$\text{持油力（g/g）} = \frac{m_1 - m_2}{m_1}$$

2.3.13　不同种类膳食纤维膨胀力测定

分别称取膳食纤维 3.000 g, 记为 m, 置于 50 mL 具塞刻度试管中, 铺平读取干物料体积, 记为 V_1。准确加入 20.00 mL 去离子水, 震荡均匀后, 室温过夜。读取试管中物料体积, 记为 V_2[23]。

$$\text{膨胀力（mL/g）} = \frac{V_1 - V_2}{m}$$

2.3.14　不同种类膳食纤维清除 DPPH 能力测定

参考尹培培等[24]的方法并进行改进。Trolox 标准曲线绘制:取 6 支 10 mL 具塞试管, 分别加入 0.1 mL 0、200、400、600、800、1000 μmol/L 的 Trolox 标准液, 再加入 3.9mL 新鲜配制的 25 mg/L 的 DPPH 甲醇溶液, 混匀, 暗反应 20 min 后于 515 nm 处测定。样品测定:分别将膳食纤维分别配制成浓度为 5 mg/mL 的待测液, 根据标准曲线的步骤进行测定。根据标准曲线计算样品 DPPH 自由基清除能力, 结果表示为 Trolox 当量 μmol/L。

$$\text{DPPH 清除率}(\%) = \frac{A_0 - A_s}{A_0} \times 100\%$$

2.3.15　不同种类膳食纤维吸附亚硝酸根离子能力测定

NO_2^-标准曲线绘制[25]:分别量取 100 μmol/mLNO_2^-标准溶液 0.00、1.25、2.00、3.50、4.25、5.00 mL 于 25 mL 具塞试管中, 添加 0.4%对氨基苯磺酸溶液 1.00 mL, 摇匀静置 3~5 min, 再加入 0.2%盐酸萘乙二胺 0.5 mL, 蒸馏水补足 25 mL。混合均匀, 静置 15 min, 然后在 538 nm 处测定吸光度值, 每个梯度平行 3 次。将 NO_2^-作为横坐标, *OD* 值作为纵坐标, 绘制标准曲线。样品测定[26]:设置 pH7.0 的吸附环境, 选择 150 mL 锥形瓶, 分别加入 50.00 mg 膳食纤维到溶液中, 37℃恒温条件下震荡 120 min 后测定溶液中 NO_2^-浓度。

$$NO_2^-\text{吸附能力}(\mu\text{mol/mg}) = \frac{（\text{吸附前}NO_2^-\text{含量} - \text{吸附后}NO_2^-\text{含量}）}{\text{膳食纤维质量}}$$

2.3.16　不同种类膳食纤维吸附胆固醇能力测定

胆固醇标准曲线绘制:分别量取 100 μmol/mL 胆固醇标准溶液 0.0、0.2、0.4、0.8、1.6、2.0 mL 于 10 mL 具塞试管中, 加入冰乙酸至 4.0 mL, 混匀后再加入 2.0 mL 铁矾显色剂, 摇匀, 静置 15 min, 然后在 560nm 处测定吸光度值, 每个梯度平行 3 次。以胆固醇含量为横坐标, *OD* 值作为纵坐标, 绘制曲线。样品测定[27]: 选择 150mL 锥形瓶, 先后分别加入 50 mL 蛋黄液和 50.0 mg 7 种 SDF, 混匀后利用相应试剂将调整成吸附环境 pH 7.0, 37 ℃恒温条件下震荡 120 min 后测定溶液中胆固醇含量。

$$\text{胆固醇吸附能力（μmol/mg）} = \frac{\text{吸附前胆固醇含量} - \text{吸附后胆固醇含量}}{\text{膳食纤维质量}}$$

2.4　数据处理

采用 Origin 8.1 进行图表绘制, 使用 SPSS 17.0 进行方差分析。

3　结果与分析

3.1　膳食纤维成分分析

3.1.1　不同种类可溶性膳食纤维成分分析

多糖、果胶与半纤维素等植物细胞内的亲水性胶体是

SDF 的主要成分, 参与机体的多项生理代谢活动[28, 29]。由表 2 可知, 7 种原料经过水提醇沉等工艺提取得到的 SDF 的干基含量范围为 55.90%~67.28%, 7 种 SDF 中, 脐橙 SDF 干基含量最高, 达 67.28%, 苦荬菜 SDF 干基含量最低, 为 55.90%; 多糖干基含量由高至低分别是南瓜苗 、苦荬菜、脐橙、空心菜、香蕉、茶树菇、红薯叶, 分别为 63.52%、59.31%、58.52%、53.04%、42.89%、42.65%、40.26%。果胶干基含量最高和最低的分别是红薯叶、茶树菇, 分别为 70.46、5.09 mg/g; 半纤维素干基含量最高和最低的分别为脐橙、茶树菇, 分别为 94.23、14.86 mg/g。SDF 在机体胃肠内可形成高粘性的物质, 这可能延迟胃排空或肠吸收[30]; 在机体小肠中, SDF 可通过降低餐后血糖和胰岛素反应来控制机体的能量摄入[31]。

3.1.2 不同种类水不溶性膳食纤维成分分析

IDF 主要由半纤维素、纤维素及木质素等成分组成, 可促进机体肠道的蠕动[28,29]。由表 3 可知, 7 种原料经水提醇沉等工艺提取得到的 7 种 IDF 的干基含量由高到低分别为茶树菇、红薯叶、空心菜、南瓜苗、苦荬菜、脐橙、香蕉。纤维素干基含量在 34.19~51.34 mg/g 之间, 其中茶树菇 IDF 纤维素干基含量最高, 空心菜 IDF 纤维素干基含量最低。半纤维素干基含量由高到低依次为脐橙、香蕉、茶树菇、红薯叶、空心菜、苦荬菜、南瓜苗; 木质素干基含量由高至低依次为空心菜、南瓜苗、红薯叶、脐橙、苦荬菜、香蕉、茶树菇。

3.2 膳食纤维特性分析

3.2.1 不同种类膳食纤维持水、持油、膨胀力分析

膳食纤维的持油力、持水力、膨胀力的强弱与其化学结构密切相关[31]。不同来源膳食纤维可能在化学结构上有所不同。由表 4 可知, 7 种 SDF 和 7 种 IDF 持油、持水、膨胀力均有差异性($P < 0.05$), 其中空心菜 IDF 持油力最弱为(3.60±0.32)g/g, 苦荬菜 SDF 持油力最强为(5.41±0.12) g/g; 香蕉 IDF 持水力最弱, 为(1.89±0.40) g/g; 其中脐橙、红薯叶、苦荬菜 3 种 SDF 持水力相近, 以及香蕉、脐橙、茶树菇 3 种 IDF 持水能力相近。脐橙 SDF 膨胀力最高, 为(9.28±0.51) mL/g, 其中香蕉 IDF 膨胀力最弱, 为(1.75±0.04) mL/g。同来源 SDF 持油力、持水力、膨胀力均高于 IDF, 这可能与其多糖链形成的多孔基质有关, 多糖链可以通过氢键保持大量的水[30]。

3.2.2 不同种类膳食纤维清除 DPPH 能力比较

物质的氢原子供给能力越强, 物质清除自由基的能力也越强[32]。测定 7 种 SDF 与 7 种 IDF 清除 DPPH 自由基的能力, 其中水溶性维生素 E(torlox)清除 DPPH 自由基的标准曲线回归方程为 Y=0.0871X-0.0697(r^2=0.9998)。测定结果如图 3 所示。由图 3 可知, 7 种 SDF 与 7 种 IDF 均具有一定的体外抗氧化活性, 且具有差异性($P < 0.05$)。其中香蕉 IDF 清除 DPPH 自由基能力最弱, 清除率为 11.63%, 南瓜苗 SDF 清除 DPPH 能力最强, 清除率为 73.34%; 以 trolox 对 DPPH 自由基的抗氧化能力为标准, 可知香蕉 IDF 和南瓜苗 SDF 的抗氧化能力分别为 134.28 μmol torlox/L、842.82 μmol torlox/L。7 种 SDF 抗氧化能力大小依次为: 南瓜苗 > 空心菜 > 苦荬菜 > 红薯叶 > 茶树菇 > 脐橙 > 香蕉; 7 种 IDF 抗氧化能力强弱依次为: 空心菜 > 南瓜苗 > 红薯叶 > 苦荬菜 > 茶树菇 > 脐橙 > 香蕉。实验表明, 同来源的 SDF 与 IDF 相比, SDF 对 DPPH 的清除能力均大于 IDF。膳食纤维清除 DPPH 能力的强弱取决于膳食纤维的组成、含量等因素[33], 同来源 SDF 清除 DPPH 的能力大于 IDF 可能是由于膳食纤维本身分子大小、单糖种类与含量等差异导致的[34]。

表 2 不同种类可溶性膳食纤维成分分析

Table 2 Composition analysis of different kinds of soluble dietary fiber

膳食纤维种类	SDF 含量/%	多糖含量/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	灰分含量/%	果胶含量/(mg/g)	半纤维素含量/(mg/g)
香蕉	56.79±1.04^{a}	42.89±1.23^{a}	0.08±0.00^{b}	1.79±0.17^{a}	7.16±0.12^{c}	6.86±0.08^{a}	15.17±0.16^{a}
脐橙	67.28±2.99^{b}	58.52±1.12^{c}	0.10±0.00^{a}	4.28±0.31^{c}	4.39±0.21^{b}	6.26±0.10^{a}	94.23±4.64^{d}
红薯叶	58.90±4.59^{a}	40.26±1.12^{a}	0.24±0.00^{e}	1.70±0.13^{a}	9.26±0.41^{f}	70.46±2.82^{d}	19.47±0.87^{b}
南瓜苗	57.64±2.56^{a}	63.52±4.83^{d}	0.25±0.00^{e}	1.77±0.17^{a}	8.69±0.24^{d}	36.07±0.68^{c}	16.50±0.31^{ab}
苦荬菜	55.90±4.07^{a}	59.31±0.45^{cd}	0.14±0.00^{c}	1.79±0.38^{a}	9.58±0.44^{g}	28.68±0.33^{b}	17.87±0.48^{ab}
空心菜	57.90±0.84^{a}	53.04±0.78^{b}	0.23±0.00^{d}	1.52±0.12^{a}	3.45±0.87^{a}	23.18±0.67^{b}	25.27±1.30^{c}
茶树菇	62.83±0.17^{ab}	42.65±0.22^{a}	0.25±0.00^{e}	3.32±0.15^{b}	8.85±0.12^{e}	5.09±0.04^{a}	14.86±0.15^{a}

注:所有样品的平均值±标准差(n=3), 同一列中相同字母代表样品间差异不显著, $P > 0.05$; 同一列中不同字母代表样品间差异性显著, $P < 0.05$。以下同。

表 3　不同种类不溶性膳食纤维成分分析

Table 3　Composition analysis of different kinds of insoluble dietary fiber

膳食纤维种类	IDF 含量/%	蛋白含量/%	脂肪含量/%	灰分含量/%	纤维素含量/(mg/g)	半纤维素含量/(mg/g)	木质素含量/(mg/g)
香蕉	58.24±0.38^{a}	0.12±0.00^{b}	2.31±0.17^{a}	7.16±0.30^{f}	48.36±2.28^{de}	156.07±1.08^{e}	186.58±6.50^{b}
脐橙	63.84±0.56^{b}	0.09±0.00^{a}	4.80±0.24^{c}	5.01±0.59^{e}	49.61±0.07^{e}	158.86±1.51^{f}	251.91±6.36^{c}
红薯叶	66.86±1.28^{c}	0.30±0.02^{f}	2.22±0.73^{a}	7.68±0.12^{g}	39.86±1.89^{b}	65.79±0.54^{c}	288.73±4.47^{d}
南瓜苗	65.15±1.05^{bc}	0.30±0.00^{f}	2.29±0.12^{a}	2.64±0.12^{c}	44.77±2.06^{cd}	50.36±3.11^{a}	339.32±8.00^{e}
苦荬菜	64.13±0.56^{b}	0.21±0.00^{d}	2.31±0.04^{a}	3.89±0.52^{d}	43.26±2.28^{bc}	56.83±0.32^{b}	187.95±7.12^{b}
空心菜	65.57±1.70^{bc}	0.27±0.00^{e}	2.04±0.28^{a}	2.10±0.11^{b}	34.19±1.32^{a}	64.55±0.50^{c}	572.96±0.19^{f}
茶树菇	70.39±0.29^{d}	0.17±0.00^{c}	3.84±0.15^{b}	1.55±0.28^{a}	51.34±0.80^{e}	106.83±1.46^{d}	143.36±0.20^{a}

表 4　不同种类膳食纤维持油、持水、膨胀力比较

Table 4　Comparison of oil holding capacity, water holding capacity and swelling capacity of different types of dietary fiber

膳食纤维种类	SDF			IDF		
	持油力/(g/g)	持水力/(g/g)	膨胀力/(mL/g)	持油力/(g/g)	持水力/(g/g)	膨胀力/(mL/g)
香蕉	5.37±0.50^{bc}	8.55±0.21^{a}	4.75±0.33^{a}	5.18±0.50^{b}	1.89±0.40^{a}	1.75±0.04^{a}
脐橙	4.66±0.12^{a}	10.33±0.19^{c}	9.28±0.51^{e}	3.85±0.32^{a}	2.65±0.31^{a}	3.56±0.58^{b}
红薯叶	4.96±0.23^{abc}	10.46±0.02^{c}	7.09±0.64^{c}	3.63±0.28^{a}	5.11±0.27^{b}	5.38±0.53^{d}
南瓜苗	5.04±0.34^{abc}	9.45±0.57^{b}	5.90±0.50^{b}	4.95±0.49^{b}	6.80±0.24^{c}	4.56±0.00^{c}
苦荬菜	5.41±0.12^{c}	10.35±0.31^{c}	8.24±0.38^{d}	3.67±0.32^{a}	5.84±0.74^{bc}	5.07±0.13^{cd}
空心菜	4.98±0.09^{abc}	11.21±0.24^{d}	8.73±0.29^{de}	3.60±0.32^{a}	4.82±1.20^{b}	4.70±0.28^{c}
茶树菇	4.90±0.49^{ab}	14.23±0.79^{e}	6.58±0.24^{bc}	4.77±0.10^{b}	2.37±0.15^{a}	5.11±0.30^{cd}

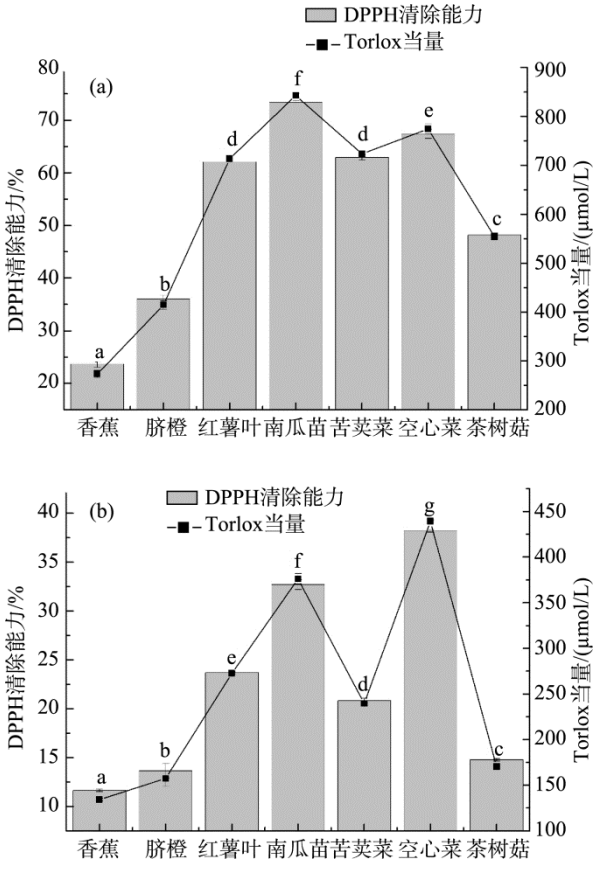
3.2.3　不同种类膳食纤维吸附 NO_2^-能力比较

亚硝酸盐作为防腐剂和发色剂在多种食品中都有添加, 亚硝酸盐在酸性条件下会分解成不稳定的亚硝酸。亚硝酸分解产生亚硝基, 亚硝基能与仲胺、叔胺反应形成引起人体多种癌症的亚硝胺[35]。依据实验数据建立 NO_2^-标准曲线回归方程为 Y=0.1228X+0.0602, r^2=0.9989。7 种 SDF 与 7 种 IDF 吸附 NO_2^-能力比较见图 4。由图 4 可知, pH7.0(模拟人体小肠环境)时, 不同种类 SDF 及 IDF 对 NO_2^-的吸附作用各不相同, 且具有差异性(P < 0.05); 2 种水果与茶树菇膳食纤维(SDF、IDF)对 NO_2^-的吸附作用大于其他 4 种蔬菜膳食纤维, 其中脐橙 SDF 对 NO_2^-的吸附作用最强, 达 17.23 μmol/mg。各种类膳食纤维吸附 NO_2^-能力依次为脐橙 > 香蕉 > 茶树菇 > 苦荬菜 > 红薯叶 > 空心菜 > 南瓜苗, 且 IDF 对 NO_2^-的清除能力均大于 SDF, 这可能是因为 IDF 的表面为多孔结构, 而 SDF 表面相对平滑[30]。这些结果表明, 选取的 7 种巴马长寿核心区代表性果蔬膳食纤维具有较好的 NO_2^-吸附能力, 具有潜在的益生效果。

3.2.4　不同种类膳食纤维吸附胆固醇能力比较

当胆固醇以低密度胆固醇蛋白的形式在血液中流动

时，容易造成血管堵塞，引起心血管疾病。已有研究表明，膳食纤维摄入可以降低机体血清胆固醇含量，降低心血管疾病的发生[36]。依据实验数据建立胆固醇标准曲线方程为 Y=0.0033X-0.0051, r^2=0.9998。7 种 SDF 和 7 种 IDF 对胆固醇的吸附能力见图 5。由图 5 可知，在 pH7.0 时，7 种 SDF 及 7 种 IDF 对胆固醇的吸附能力不尽相同，且具有一定的差异性($P < 0.05$)；水果类膳食纤维对胆固醇的吸附作用小于蔬菜纤维，其中茶树菇 IDF 对胆固醇的吸附能最强，可达 17.57μmol/mg；香蕉 SDF 吸附胆固醇能力最弱，为 6.12μmol/mg。且 IDF 对胆固醇的吸附能力均大于 SDF，这应该是由于 IDF 表面的多孔结构导致的。这些结果表明，选取的 7 种果蔬膳食纤维可能具有较强的吸附胆固醇能力，由于这些物化性质，选取的 7 种膳食纤维可能具有降胆固醇的潜在应用。



注：所有样品的平均值±标准差(n=3)，图中相同字母代表样品间差异不显著，$P > 0.05$；同一列中不同字母代表样品间差异性显著，$P < 0.05$。

a: SDF 清除 DPPH 能力比较; b: IDF 清除 DPPH 能力比较

图 3 不同种类膳食纤维清除 DPPH 能力比较(n=3)

Fig.3 Comparison of DPPH scavenging ability of different kinds of dietary fiber(n=3)

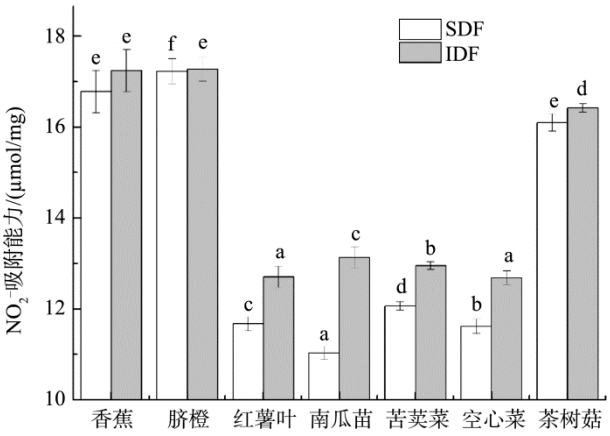


图 4 不同种类膳食纤维吸附 NO_2^-能力比较(n=3)

Fig.4 Comparison of NO_2^- adsorption capacity of different kinds of dietary fiber(n=3)

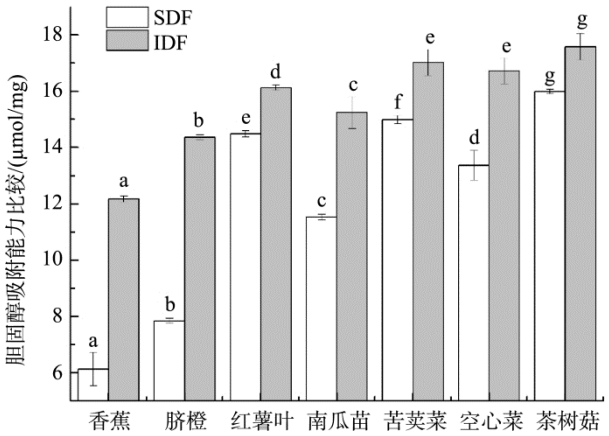


图 5 不同种类膳食纤维吸附胆固醇能力比较(n=3)

Fig.5 Comparison of cholesterol adsorption capacity of different kinds of dietary fiber(n=3)

4 讨论与结论

本研究为探索长寿形成影响因素，选取了长寿地区饮食中 7 种典型果蔬，对其膳食纤维进行提取并进一步探究了它们的理化特性。纯度对理化性能影响甚大，本实验经水提醇沉等工艺得到的 7 种 SDF 含量范围为：55.90%~67.28%，7 种 IDF 含量范围为:58.24%～70.39%。从益生食品的角度考虑，膳食纤维的持水力及膨胀力越大，进入肠胃后吸水膨胀的能力就越大，这有助于机体预防便秘和结肠癌的发生[37-40]。实验得到的 7 种 SDF 的持水力与膨胀力范围分别为 8.55~14.23 g/g 和 4.75~9.28 mL/g；7 种 IDF 持水力和膨胀力范围分别为 1.89~6.80 g/g、1.75~5.38

mL/g, 高于仝文玲等[41]的胡麻渣 SDF 的持水力及膨胀力; 7 种 SDF 和 7 种 IDF 持油力范围分别为 4.66~5.41 g/g、3.60~5.18 g/g, 均高于王大为等[42]的毛葱膳食纤维持油力 1.95 g/g。与血液中的低密度脂蛋白结合时的胆固醇容易在血管壁上沉积, 造成血管堵塞, 引起各种心血管疾病; NO_2^-自由基在机体内累积会引起机体多种癌变, 研究表明膳食纤维可通过吸附胆固醇、NO_2^-自由基, 起到预防心血管疾病和癌症[43]的作用。实验得到的 7 种 SDF 对胆固醇的吸附能力范围为: 6.12~15.99 μmol/mL, 对 NO_2^-自由基清除率范围为: 11.03~17.23 μmol/mL; 7 种 IDF 对胆固醇吸附能力范围为: 12.17~17.57 μmol/mg, 对 NO_2^-自由基清除率范围为: 12.70~17.28 μmol/mg, 与刘龙研等[44]的网纹瓜膳食纤维吸附胆固醇能力和刘海英等[45]的 3 种菇类膳食纤维对 NO_2^-清除率相接近。

本文对广西巴马长寿人群饮食中 7 种代表性果蔬:香蕉、脐橙、红薯叶、南瓜苗、苦荬菜、空心菜、茶树菇中的水溶性和非水溶性膳食纤维进行了分离, 并对其成分及抗氧化效果进行了检测。获得 7 种 SDF 及 7 种 IDF 含量范围在 55.90%~70.39%之间, 其中灰分、脂肪、蛋白等杂质含量较低。检测到 7 种 SDF 和 7 种 IDF 抗氧化能力最大的分别为 842.81 μmol torlox/L、439.371 μmol torlox/L; 对 NO_2^-清除率最大的分别为 17.23 μmol/mg 及 17.29 μmol/mg; 吸附胆固醇能力最大的分别是 15.99 μmol/mg 和 17.57 μmol/mg。其中还发现苦荬菜 SDF 持油力最强, 为 5.41 g/g; 脐橙 SDF 膨胀力最高, 为 9.28 mL/g; 南瓜苗 SDF 清除 DPPH 能力最强, 清除率为 73.34%; 脐橙 SDF 对 NO_2^-的吸附作用最强, 达 17.23 μmol/mg; 茶树菇 SDF 对胆固醇的吸附能最强, 可达 15.99 μmol/mg。经检索没有发现对上述 7 种膳食纤维集中分离和特性检测的报道。将本研究所得结果与有关零星报道进行对比发现, 巴马长寿人群饮食中代表性膳食纤维具备多种抗氧化效果, 这为揭示广西巴马长寿核心区饮食的益生效果提供了正向的理论数据支持, 也为有关个性化健康食品的开发提供了一些新的线索。

参考文献

[1] 王芳. 广西巴马长寿老人肠道菌群及其与膳食纤维多糖饮食关联性研究[D]. 南宁: 广西大学, 2015.
Wang F. Study on intestinal flora and its correlation with dietary Fiber polysaccharides in long–lived elderly people from Bama, Guangxi [D]. Nanning: Guangxi University, 2015.

[2] 陈垚, 孙川喻, 吕志敏. 某复合膳食纤维对小鼠通便功能的影响研究[J]. 预防医学论坛, 2017, (3): 2–82.
Chen Y, Sun CY, Lv ZM,. Study on effect of a compound dietary fiber on the catharsis function in mice [J]. Pre Med Tribune, 2017, (3): 2–82.

[3] Bang SG, Kim, Y, Lim M, *et al*. The influence of *in vitro* pectin fermentation on the human fecal microbiome [J]. AMB Express, 2018, 8(1): 98.

[4] Shtriker MG, Peri I, Taieb E, *et al*. Galactomannan more than pectin exacerbates liver injury in mice fed high–fat, high–cholesterol diet [J]. 2018, 62(20): e1800331.

[5] Dziedzic, Krzysztof, Szwengiel A, *et al*. Effect of wheat dietary fiber particle size during digestioninvitroon bile acid, faecal bacteria and short–chain fatty acid content [J]. Plant Foods Human Nutr, 2016, 71(2): 151–157.

[6] Gorham JB, Kang S, Williams BA, *et al*. Addition of arabinoxylan and mixed linkage glucans in porcine diets affects the large intestinal bacterial populations [J]. Eur J Nutr, 2017, 56(6): 2193–2206.

[7] ZhangC, Huang SO. *In vitro* binding capacities of three dietary fibers and their mixture for four toxic elements, cholesterol, and bile acid [J]. J Hazard Mater, 2011, 186(1): 236–239.

[8] 王崇队, 张明, 杨立风, 等. 不同来源膳食纤维品质分析及抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2019, 44(5): 78–83.
Wang CD, Zhang M, Yang LF, *et al*. Quality analysis and antioxidant activity of dietary fiber from different sources [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(5): 78–83.

[9] 王强. 赣南脐橙加工适性及患黄龙病脐橙可溶性膳食纤维提取、纯化、改性研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2019.
Wang Q. Study on processing Suitability of Navel orange and extraction purification and modification of soluble dietary fiber from Navel Orange with Huanglong disease in southern Jiangxi province [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2019.

[10] 李静. 黑曲霉发酵制备香蕉皮可溶性膳食纤维研究[J]. 中国食品添加剂, 2015, (5): 137–141.
Li J. Study on extraction of soluble dietary fiber from banana peel with *Aspergillus niger* [J]. China Food Addit, 2015, (5): 137–141.

[11] Tainara DMC, Jablonski, André, *et al*. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer [J]. LWT–Food Sci Technol, 2013, 53(1): 9–14.

[12] Kim CJ, Kim HW, Hwang KE, *et al*. Effects of dietary fiber extracted from pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) on the physico–chemical and sensory characteristics of reduced–fat frankfurters [J]. Korean J Food Sci Anim Res, 2016, 36(3): 309–318.

[13] 辛英姬, 方绍海, 王筱凡, 等. 茶树菇多糖抑菌效果的试验[J]. 食用菌, 2011, (4): 64–65.
Xin YJ, Fang SH, Wang XF, *et al*. Experiment on antibacterial effect of *Agrocybeaegerita* polysaccharide [J]. Edible Fungi, 2011, (4): 64–65.

[14] 朱玉凤. 膳食模式, 脂肪酸和炎症因子与 2 型糖尿病的相关性研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2016.
Zhu YF. The research on the relationship among dietary patterns, fatty acids, inflammatory cytokines and type 2 diabetes mellitus [D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2016.

[15] GB 5009.88-2014 食品安全国家标准食品中膳食纤维的测定[S].
GB 5009.88-2014 National food safety standard-Determination of dietary fiber in foods [S].

[16] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准食品中脂肪的测定[S].
GB 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fat in foods [S].

[17] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in foods [S].

[18] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准食品中灰分的测定[S].
GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in foods [S].

[19] Kyriakidis NB. Hydrocolloid interferences in the determination of pectin by the carbazole method [J]. J AOAC Int, 2001, 84(6):1947-1949.

[20] 梁冬. 椰棕丝中纤维素及木质素含量的测定方法[J]. 轻纺工业与技术, 2014, 43(4): 127–128.
Liang D. Determination method of cellulose and lignin content in coconut palm silk [J]. Light Textile Ind Technol, 2014, 43(4): 127–128.

[21] 梁媛媛, 肖安红. 柑橘渣水不溶性膳食纤维的性质研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(4): 28–31.
Liang YY, Xiao AH. Study on the properties of insoluble dietary fiber from citrus pulp [J]. Cereals Oils, 2019, 32(4): 28–31.

[22] 张明, 马超, 杨立风, 等. 不同预处理方式对西兰花等外品热风干燥粉体性质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(14): 12–17.
Zhang M, Ma C, Yang LF, *et al*. Effect of different pretreatment methods on properties of the hot air drying powder of broccoli defective product [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(4): 12–17.

[23] 张明, 周萍, 李新胜, 等. 不同干燥方式对金针菇菇根粉物理性质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 100–103.
Zhang M, Zhou P, LiXS, *et al*. Effect of drying menthods on powder physical properties of *Flammulinavelutipes* root [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(6): 100–103.

[24] 尹培培, 刘昌衡, 赵鲁豫, 等. 芦笋膳食纤维及酚类物质的抗氧化活性[J]. 食品工业, 2019, 40(7): 190–194.
Yin PP, Liu CH, Zhao LY, *et al*. Antioxidant activity of dietary fibers and phenolic compounds in asparagus [J]. Food Ind, 2019, 40(7): 190–194.

[25] GB 5009.33–2016 食品安全国家标准食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].
GB 5009.33–2016National food safety standards-Determination of nitrite and nitrate in food [S].

[26] 张玉锋, 郭玉如, 赵瑞洁, 等. 椰蓉及其膳食纤维的理化性质和功能活性分析[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 66–70.
Zhang YF, Guo YR, Zhao RJ, *et al*. Physicochenmical and functional properties analysis of shredded coconut stuffing and its dietary fibers [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(4): 66–70.

[27] 钟希琼, 胡文娥, 林丽超. 膳食纤维对油脂、胆固醇、胆酸钠和亚硝酸根离子吸附作用的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(5): 134–136.
Zhong XQ, Hu WE, LinLC. Study on the adsorption of dietary fiber for oil and fat, cholesterol, sodium cholate and NO_2^- [J]. Sci Technol Food Ind, 2010, 31(5): 134–136.

[28] Zhang WM, Zeng GL, Pan YG, *et al*. Properties of soluble dietary fiber–polysaccharide from papaya peel obtained through alkaline or ultrasound–assisted alkaline extraction [J]. Carbohyd Polym, 2017, 172: 102–112.

[29] 华梅, 李珊珊, 曲迪, 等. 人参膳食纤维的营养成分和多糖结构及热稳定性研究[J]. 特产研究, 2020, 42(2): 20–26.
Hua M, Li SS, Qu D, *et al*.Study on nutritional ingredient, polysaccharide structure and thermal stability of ginseng dietary fiber [J]. Spec Wild Econ Anim Plant Res, 2020, 42(2): 20–26.

[30] Weijie W, Jie H, Haiyan G, *et al*. The potential cholesterol–lowering and prebiotic effects of bamboo shoot dietary fibers and their structural characteristics [J]. Food Chem, 2020: 332: 127372.

[31] SlavinJL. Dietary fiber and body weight [J]. Nutrition, 2005, 21(3): 411–418.

[32] Mengmei M, Taihua M. Modification of deoiled cumin dietary fiber with laccase and cellulase under high hydrostatic pressure [J]. Carbohyd Polym, 2016, 136: 87–94.

[33] 周小理, 钱韻芳, 周一鸣. 植物性膳食纤维抗氧化活性的研究与应用[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 158–160.
Zhou XL, Qian YF, Zhou YM. Progress on research and applications of the antioxidant activity of vegetable dietary fiber [J]. Food Mach, 2010, 26(3): 158–160.

[34] Kethireddipalli P, Hung YC, Phillips RD, *et al*. Evaluating the role of cell wall material and soluble protein in the functionality of cowpea (*Vigna unguiculata*) pastes [J]. J Food Sci, 2002, 67(1): 53–59.

[35] 刘亚琼, 马翠云, 刘高丽, 等. 沙果膳食纤维对胆固醇和亚硝酸根离子吸附作用的研究[J]. 农家参谋, 2018, (20): 63.
Liu YQ, Ma CY, Liu GL, *et al*. Study on adsorption of cholesterol and nitrite ions by dietary fiber of Amomum tsao–ko [J]. Farmers Cons, 2018, (20): 63.

[36] Hartley L, May MD, Loveman E, *et al*. Dietary fibre for the primary prevention of cardiovascular disease [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2016, 1(1): D11472.

[37] 曾蓓蓓, 常锦玉, 吕庆云, 等. 黑糯米米糠中水不溶膳食纤维功能特性研究[J]. 中国食物与营养, 2019, 25(6): 51–55.
Zeng BB, Chang JY, Lv QY, *et al*. Functional properties of insoluble dietary fiber from black glutinous rice bran [J]. Food Nutr China, 2019, 25(6): 51–55.

[38] Micka A, Siepelmeyer A, Holz. Effect of consumption of chicory inulin on bowel function in healthy subjects with constipation: a randomized, double–blind, placebo–controlled trial [J]. Int J Food Sci Nutr, 2016, 68(1): 1–8.

[39] Encarnacao JC, Abrantes AM, Pires AS, *et al*. Revisit dietary fiber on colorectal cancer: Butyrate and its role on prevention and treatment [J]. Cancer Metast Rev, 2015, 34: 465–478.

[40] Feijun L, Ying N. A review on anticancer function of dietary fiber and the molecular mechanism [J]. J Food Sci Biotechnol, 2015, 12: 1233-1238.

[41] 仝文玲, 郭玉如, 徐建国. 碱法和酶法提取方法对胡麻渣可溶性膳食纤维理化性质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(23): 93–97.
Tong WL, Guo YR, Xu JG. Effect of alkali and enzyme extraction methods on physicochemical properties of soluble dietary fiber from flax residue [J]. Food Res Dev, 2019, 40(23): 93-97.
[42] 王大为, 宋云禹, 刘阳, 等. 毛葱膳食纤维性质及结构分析[J]. 食品科学, 2018, 39(2): 53–57.
Wang DW, Song YY, Liu Y, *et al*. Properties and structure of dietary fiber from tillering onion [J]. Food Sci, 2018, 39(2): 53–57.
[43] Zeynep KF. Bedia E. Nitrate and nitrites in foods: Worldwide regional distribution in view of their risks and benefits [J]. J Agric Food Chem, 2019, 67(26): 7205–7222.
[44] 刘岩龙, 张彩丽, 黄萍萍, 等. 粒度对网纹瓜膳食纤维结构与性质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(23): 49–54.
Liu YL, Zhang CL, Huang PP, *et al*. Effect of grain size on struvture and properties of dietary fiber from neeted melon [J]. Food Res Dev, 2019, 40(23): 49–54.
[45] 刘海英, 张运峰, 范永山, 等. 平菇、杏鲍菇和白灵菇菌丝多糖对·OH、DPPH·和 NO_2^-的体外清除作用[J]. 中国农学通报, 2010, 16(17): 26–30.
Liu HY, Zhag YF, Fan YS, *et al*. In vitro of ·OH、DPPH· and NO_2^- with Polysaccharides from mycelia of *Pleurotusostreatus*, *P. nebrodensis* and P. *eryngii* [J]. Chin Agric Sci Bull, 2010, 26(17): 26–30.

(责任编辑: 王　欣)

作者简介

饶川艳, 硕士研究生, 主要研究方向为食品营养对健康长寿影响机理。
E-mail: 574078967@qq.com

李全阳, 博士, 教授, 主要研究方向为食品营养与健康长寿。
E-mail: liquanyang@gxu.edu.cn

“果蔬加工和质量安全控制”专题征稿函

我国是果蔬生产大国,水果蔬菜的总产量在世界名列前茅, 果蔬产品也成为我国较好的经济来源之一。蔬菜、水果等农产品的质量安全越来越受到全社会关注, 在生产阶段和加工、包装、储运等采后阶段进行质量安全风险控制显得越来越必要和紧迫。

鉴于此, 本刊特别策划了“果蔬加工和质量安全控制”专题, 由**郑州轻工业学院纵伟教授**担任专题主编。专题将围绕**(1)**果蔬加工过程质量安全识别控制; **(2)**果蔬生产过程质量安全朔源控制; **(3)**果蔬产后处理与贮运过程质量安全控制。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可, 专题计划在 2020 年 12 月出版。

本刊主编国家风险评估中心吴永宁研究员与**专题主编纵伟教授**及**编辑部全体成员**特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 综述、研究论文和研究简报均可。请在 2020 年 11 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**果蔬加工和质量安全控制**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿栏目选择“2020 专题: **果蔬加工和质量安全控制**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: **果蔬加工和质量安全控制**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部