

# 不同品种淮山全粉的理化性质比较分析

李清明<sup>1</sup>, 舒青青<sup>1</sup>, 夏磊<sup>1</sup>, 李燕<sup>1</sup>, 苏小军<sup>1</sup>, 王锋<sup>1</sup>, 熊兴耀<sup>2</sup>, 韦本辉<sup>3</sup>

(1. 湖南农业大学食品科学与技术学院, 湖南长沙 410128) (2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)  
(3. 广西农业科学院经济作物研究所, 广西南宁 530007)

**摘要:** 为了探索淮山新的应用途径, 本文以桂淮系列 6 个品种为原料, 通过热风干燥制备淮山全粉, 并研究了其理化性质。结果表明: 6 个品种淮山全粉的理化性质存在显著差异, 6 个品种全粉中淀粉、总糖和蛋白质含量分别为 60.36~62.63%、72.32~78.77% 和 12.0~13.0%, 灰分为 3.05~3.25%, 脂肪含量约为 0.5%, 尿酸素、儿茶素、丁香酸和黄酮含量分别为 26.48~69.08 mg/g、0.25~1.64 mg/g、0.32~0.58 mg/g 和 0.31~0.94 mg/g。淮山全粉的平衡含水量低, 吸附等温线属于 BET 分类中的 II 型吸附等温线。桂淮 6 号、桂淮 2 号和桂淮 3 号淮山全粉平衡含水量高于其他品种。桂淮 5 号色泽最佳, 碘蓝值和白度最高, 且丁香酸和黄酮含量最高。桂淮 4 号的持水力最佳, 儿茶素含量最高。桂淮 6 号最短的分散时间, 尿酸素含量最高, 桂淮 2 号稳定时间最长, 但分散时间最长。桂淮 1 号冻融稳定性最好, 适合于用于冷冻食品加工。

**关键词:** 淮山全粉; 理化特性; 加工特性

文章编号: 1673-9078(2018)04-23-29

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.04.005

## Comparative Analysis of Physicochemical Properties from Yam Flours of Six Varieties

LI Qing-ming<sup>1</sup>, SHU Qing-qing<sup>1</sup>, XIA Lei<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, SU Xiao-jun<sup>1</sup>, WANG Feng<sup>1</sup>, XIONG Xing-yao<sup>2</sup>, WEI Ben-hui<sup>3</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China.)

(2. The Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China)

(3. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Science, Nanning 530007, China)

**Abstract:** The physicochemical characteristics of yam flours produced by hot air drying process with different yam varieties as materials were investigated to explore the new application of yam in food processing in this study. The results indicated that the physicochemical characteristics of yam flours were significant different with different yam varieties. The contents of starch, total carbohydrate, protein, ash and fat of 6 yam flours were around 60.36~62.63%, 72.32~78.77%, 12.0~13.0%, 3.05~3.25% and 0.5%, respectively. In addition, the contents of allantoin, catechinic acid, syringic acid and flavone were 26.48~69.08 mg/g, 0.25~1.64 mg/g, 0.32~0.58 mg/g and 0.31~0.94 mg/g, respectively. The equilibrium moisture contents of yam flours were low, and moisture adsorption isotherms presented a sigmoid shape corresponding to Type II isotherms according to BET classification. The equilibrium moisture contents of yam samples Guihuai No.2, No.3 and No.6 were higher than that of others. Guihuai No.5 displayed the most favor color, with the highest whiteness value, starch-iodine-blue value, syringic acid and flavone content. Guihuai No.4 had the highest water holding capacity and catechinic acid content. Guihuai No.6 displayed the shortest dispersion time and the highest allantoin content, while Guihuai No.2 had the longest stability time and dispersion time. Guihuai No.1 displayed good freeze-thaw stability, and it was suitable for refrigerant food processing.

**Key words:** yam flour; physicochemical properties; applicability

淮山是全球除木薯、马铃薯和红薯外的第四大块根类作物, 是我国传统的药食同源食物, 也是许多热

收稿日期: 2017-11-29

基金项目: 湖南省教育厅重点项目 (16A100); 湖南省重点研发计划项目 (2016NK2113)

作者简介: 李清明 (1973-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品深加工

通讯作者: 苏小军 (1975-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品加工与安全

带国家的重要主粮作物<sup>[1,2]</sup>, 因富含淀粉、蛋白质、多糖、尿酸素和黄酮等多种营养物质和活性成分, 深得消费者青睐。近年来淮山产业发展很快, 特别在广西等南方地区得到大面积种植, 对带动农民增收和实现精准扶贫起到了重要作用。但淮山不耐贮藏<sup>[3]</sup>, 集中上市易出现滞销, 导致物贱伤农, 因此必须发展加工型品种, 以推动淮山深加工。

淮山全粉保留了淮山的色泽、风味和去皮以外的

全部干物质。将淮山加工成淮山全粉既可以解决淮山产业发展瓶颈,又可以为食品工业提供满足人们健康需求的食品原料。淮山全粉中淀粉和蛋白质含量与小麦粉接近,将淮山全粉与小麦粉搭配使用,既能改善淮山全粉的加工性能,使之适应于传统面制品的生产,又能弥补小麦粉的营养缺陷,达到营养互补,可广泛应用于婴儿米粉、营养早餐、面包、面条和饼干等多种食品中<sup>[4-8]</sup>。

许多研究者对热风干燥、喷雾干燥、冷冻干燥、热泵干燥、红外干燥和差压膨化干燥等干燥方法都进行了研究,结果表明加工方式和原料品种都对淮山全粉的品质都有显著影响<sup>[9-13]</sup>,其中热风干燥成本低、技术成熟、投资少、适合于工业化制备淮山全粉。任广跃等利用变异系数权重法对不同干燥方法干制的怀山药干燥全粉品质进行了评价,建立了品质评价体系<sup>[14]</sup>。淮山全粉的特性决定了其加工性能及制品的食用品质,从而影响其在食品工业中的应用范围,但目前对淮山全粉的贮藏性能和加工特性仍缺乏系统的研究。近年来,广西农业科学院收集了大量淮山品种资源<sup>[15]</sup>,其中包含一批产量高、淀粉含量高、适合于南方种植的品种资源。本文以广西农业科学院经济作物研究所提供的6种淮山为原料,根据前期研究结果,采用热风干燥生产淮山全粉,分析其理化性质与加工特性,为淮山全粉的加工利用和加工型品种选育提供思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料

采用广西农科院经作所提供的适合于南方种植的、高淀粉含量的桂淮系列(桂淮1~6号)为原料,经清洗后去皮、切片3~4 mm,在60℃热风干燥12 h,粉碎后,存于干燥器中待用。

#### 1.1.2 试剂

盐酸、硼酸、氢氧化钠、硫酸钠、硫酸、酒石酸钾钠、碳酸钾,均为分析纯,国药集团;乙腈、甲醇均为色谱纯,上海科密欧试剂公司;冰醋酸、乙醇、亚硫酸钠为分析纯,天津大茂试剂有限公司;儿茶素、丁香酸、芦丁、尿囊素均为色谱纯,美国Sigma公司。

#### 1.1.3 仪器与设备

电热恒温鼓风干燥箱, DGH-9246A 型, 上海精密试验设备有限公司; 低速离心机, LD5-2A 型, 上海精密试验设备有限公司; 可见分光光度计, 7200 型, 上海尤尼柯仪器有限公司; 扫描电镜, JSM-6380 LV

型, 日本电子株式会社; 色彩色差计, CR-400 型, 日本柯尼卡美能达株式会社; 高效液相色谱, Agilent 1260, 安捷伦公司。

### 1.2 检测方法

#### 1.2.1 化学成分检测

水分含量按 GB 5009.3-2016 直接干燥法测定; 总糖按 GB/T 15038-2006 直接滴定法测定; 淀粉按 GB 5009.9-2016 酸水解法测定; 灰分按 GB 5009.4-2016 总灰分的测定; 脂肪按 GB 5009.6-2016 索氏抽提法测定; 蛋白质按 GB 5009.5-2010 微量凯氏定氮法测定。

#### 1.2.2 扫描电镜观察

参考高晓旭<sup>[16]</sup>的方法, 采用 JSM-6380 LV 型扫描电镜观察淮山全粉形态特征。将干燥好的淮山全粉通过双面导电胶均匀固定, 真空喷金后装样观察、拍照。

#### 1.2.3 物理特性检测

色泽采用 CR-400 全自动色差计测定, 测定过程参照 Hsu<sup>[2]</sup>等人的方法, 在不同部位测试 5 次取平均值; 堆积密度参照 Hsu<sup>[2]</sup>等人的方法; 碘蓝值文献<sup>[17]</sup>的测定; 持水性和持油性按文献<sup>[18]</sup>测定; 冻融稳定性取作为容器的离心管称重  $M_1$ , 加入 2 g 淮山全粉和 30 mL 蒸馏水, 混合均匀。在 30℃ 恒温水浴锅中加热 8 min, 自然冷却后放入 -18℃ 下冷冻 24 h, 经自然解冻, 3000 r/min 离心 15 min, 称重  $M_2$ , 将上层清液弃去, 倒置 2 min 后称重  $M_3$ , 冻融稳定性的大小通过冻融析水率体现:

$$\text{析水率} R = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)}$$

分散时间和稳定时间取 100 mL 蒸馏水于烧杯中, 80℃ 恒温水浴加热 30 min, 加入 2 g 样品, 磁力搅拌器在最大转速处进行搅拌, 测定样品完全分散于蒸馏水中所需时间为分散时间, 记录从静置到溶液分层的时间, 为稳定时间, 重复 3 次取平均值。

#### 1.2.4 平衡水分含量

按文献<sup>[19]</sup>进行测定, 称 0.5 g 左右淮山全粉于 20 mL 已恒重的称量杯中, 将样品置于环境温度 (25±5)℃ 盛有  $\text{CH}_3\text{COOK}$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{NaNO}_2$  和  $\text{NaCl}$  过饱和溶液的干燥器中, 对应相对饱和蒸气压 (relative vapor pressure, RVP) 分别为 23.1%、33.2%、44.1%、54.5%、65.6% 和 76.1%, 直到样品重量恒定。样品置于盛有饱和溶液的干燥器后, RVP≤44.1% 在 2、4、6、8、21 和 24 h 称重, 之后每隔 24 h 称量 1 次; RVP≥54.5% 开始每小时称量 1 次, 共 6 次, 之后 8、10、21、24 h 称重, 之后每隔 24 h 称量 1 次。

### 1.2.5 活性成分的测定

取 2 g 干燥的淮山粉末溶解与 10 mL 蒸馏水中, 加入 10 倍量 95% 乙醇 (V/V), 将混合物在 4 °C 下超声波处理 10 min, 保存过夜, 取上清液旋转蒸发至干, 加入 4 mL 蒸馏水超声 30 min 后取出 1 mL 样品, 并以 7700 r/min 离心 10 min 后保存备用。HPLC 条件: 采用 Agilent 1260 Unitary C18 色谱柱 (150 mm×4.6 mm, 5 μm), 乙腈-冰醋酸-水溶液为流动相, 梯度洗脱, 流速为 1.0 mL/min, 柱温 30 °C, 检测波长 210 nm。

### 1.3 统计分析方法

每组实验均做三个平行, 计算平均值和标准偏差, 结果以平均值±SD 的形式表示, 淮山全粉的化学成分均换算成干基含量表示。运用 Excel 和 SPSS 软件对试验数据进行分析, 运用 Origin 软件进行图形绘制。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同品种淮山全粉化学成分分析

表 1 淮山全粉的化学成分分析

Table 1 Proximate composition of yam flours of six yam varieties

	桂淮 1 号	桂淮 2 号	桂淮 3 号	桂淮 4 号	桂淮 5 号	桂淮 6 号
水分含量/%	2.33±0.21 <sup>b</sup>	2.33±0.18 <sup>b</sup>	2.48±0.26 <sup>b</sup>	2.41±0.32 <sup>b</sup>	3.72±0.28 <sup>a</sup>	2.37±0.36 <sup>b</sup>
总糖/%	72.32±1.34 <sup>c</sup>	73.68±1.67 <sup>c</sup>	72.54±1.15 <sup>c</sup>	75.33±1.38 <sup>b</sup>	73.51±0.84 <sup>c</sup>	78.77±0.96 <sup>a</sup>
淀粉/%	60.60±0.92 <sup>d</sup>	62.34±1.12 <sup>b</sup>	60.36±0.87 <sup>d</sup>	61.07±0.92 <sup>c</sup>	62.25±0.83 <sup>b</sup>	62.63±0.78 <sup>a</sup>
灰分/%	3.05±0.25 <sup>b</sup>	3.12±0.28 <sup>ab</sup>	3.12±0.31 <sup>ab</sup>	3.25±0.36 <sup>a</sup>	3.19±0.21 <sup>ab</sup>	3.25±0.18 <sup>a</sup>
脂肪/%	0.50±0.02 <sup>c</sup>	0.54±0.02 <sup>b</sup>	0.49±0.03 <sup>c</sup>	0.53±0.01 <sup>b</sup>	0.54±0.02 <sup>b</sup>	0.56±0.03 <sup>a</sup>
蛋白质/%	12.57±0.83 <sup>c</sup>	12.33±0.95 <sup>d</sup>	12.88±0.88 <sup>b</sup>	13.37±0.74 <sup>a</sup>	13.43±0.84 <sup>a</sup>	13.55±0.92 <sup>a</sup>

注: 同一行中不同小写字母代表不同品种淮山全粉之间的显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### 2.2 表观形貌分析

由图 1 可以看出, 淮山全粉颗粒呈椭圆形, 结构完整, 外表面光滑, 无明显裂纹, 说明在干燥和粉碎过程结构未受到破坏。颗粒表面附着不规则片、块状物, 可能为多糖、蛋白质等成分, 其中桂淮 5 号, 桂淮 6 号附着物较多, 而桂淮 3 号较少。

经软件 Image J 2X2.4.7 分析发现, 各品种淮山全粉中淀粉粒径分布在 14~30 μm 之间, 其中桂淮 4 号淮山全粉淀粉颗粒结构较大, 主要为 26~30 μm 之间, 桂淮 4 号为 18~23 μm。

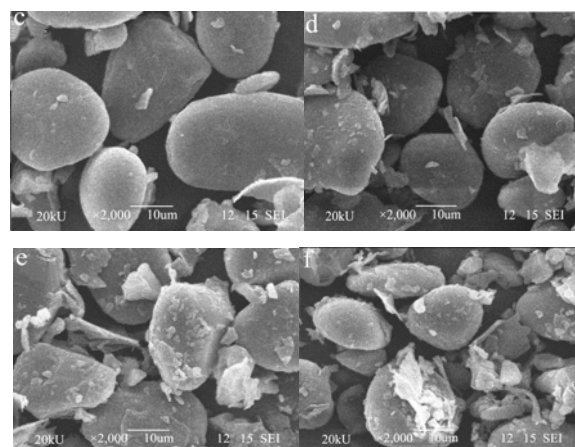
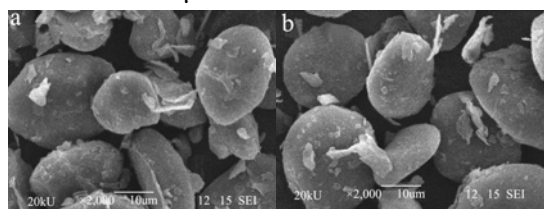


图 1 不同品种淮山全粉的微观结构特征 (×2000)

Fig.1 Scanning electron micrographs of yam flours of six yam varieties

注: a 为桂淮 1 号; b 为桂淮 2 号; c 为桂淮 3 号; d 为桂淮 4 号; e 为桂淮 5 号; f 为桂淮 6 号。

对淮山全粉进行化学成分测定, 结果见表 1。由表 1 可知, 桂淮 6 号的总糖、淀粉、灰分、脂肪和蛋白质含量均高出其他 5 个品种。6 个品种淮山全粉总糖含量处于 72.32~78.77% 之间, 与 *D.dumetorum* (75.3~75.4 g/100 g) 接近<sup>[21]</sup>。淀粉含量处于 60.36~62.63% 之间, 在牛洁<sup>[20]</sup>的研究中, 对 4 个品种的淮山不同生长周期的营养成分进行测定, 到成熟收获期淀粉含量为 60.0~65.0%。淮山全粉中蛋白质含量为 12.0~13.0%, 脂肪含量约为 0.5%, 反映出了高蛋白质含量和低脂肪含量的特点, 这与前人研究结果<sup>[2,21]</sup>一致, 桂淮系列淮山全粉中蛋白质和脂肪含量略高于台农 2 号 (10.2~11.7% 和 0.29~0.31%) 和 *D.dumetorum* (9.43~10.3% 和 0.35~0.38%)。灰分含量约为 3.0%, 与文献报道台农 2 号 (3.96~5.06%) 和 *D.dumetorum* (3.51~3.79 g/100 g), 与 *D.rotundata* (3.3 g/100 g) 和 *D.alata* (2.4 g/100 g) 等相近, 灰分主要与矿物质含量有关, Afoakwa<sup>[21]</sup>等报道, 淮山中矿物质含量相对较高。淮山全粉蛋白质与小麦粉 (11.30%~16.20%)<sup>[22]</sup> 和马铃薯全粉 (6.57~12.84 g/100 g)<sup>[23]</sup> 接近。



### 2.3 不同品种淮山全粉的平衡含水量

平衡含水量对全粉类产品的稳定性和储藏性极为重要，平衡含水量越小说明淮山全粉的储藏性越好，稳定性更佳，不易吸潮。如图2所示，6个品种的淮山全粉在不同水分活度下，平衡含水量的变化规律相同，均随水分活度增大而增大。

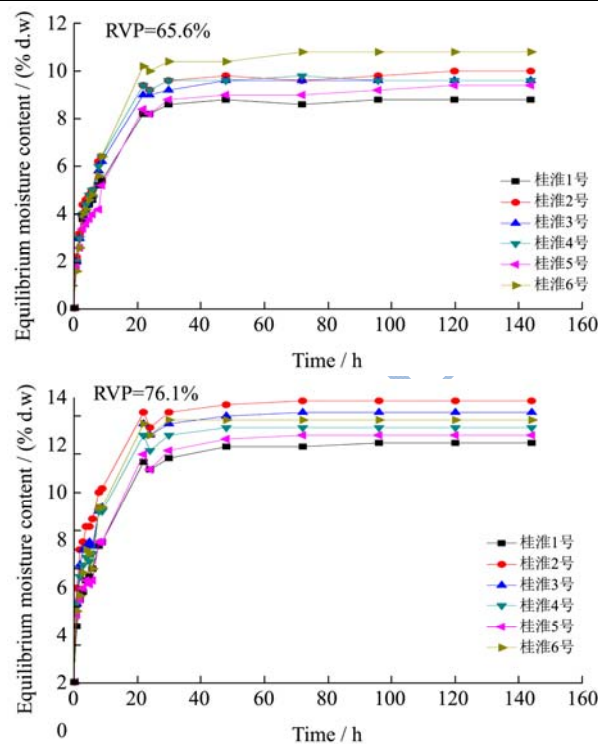
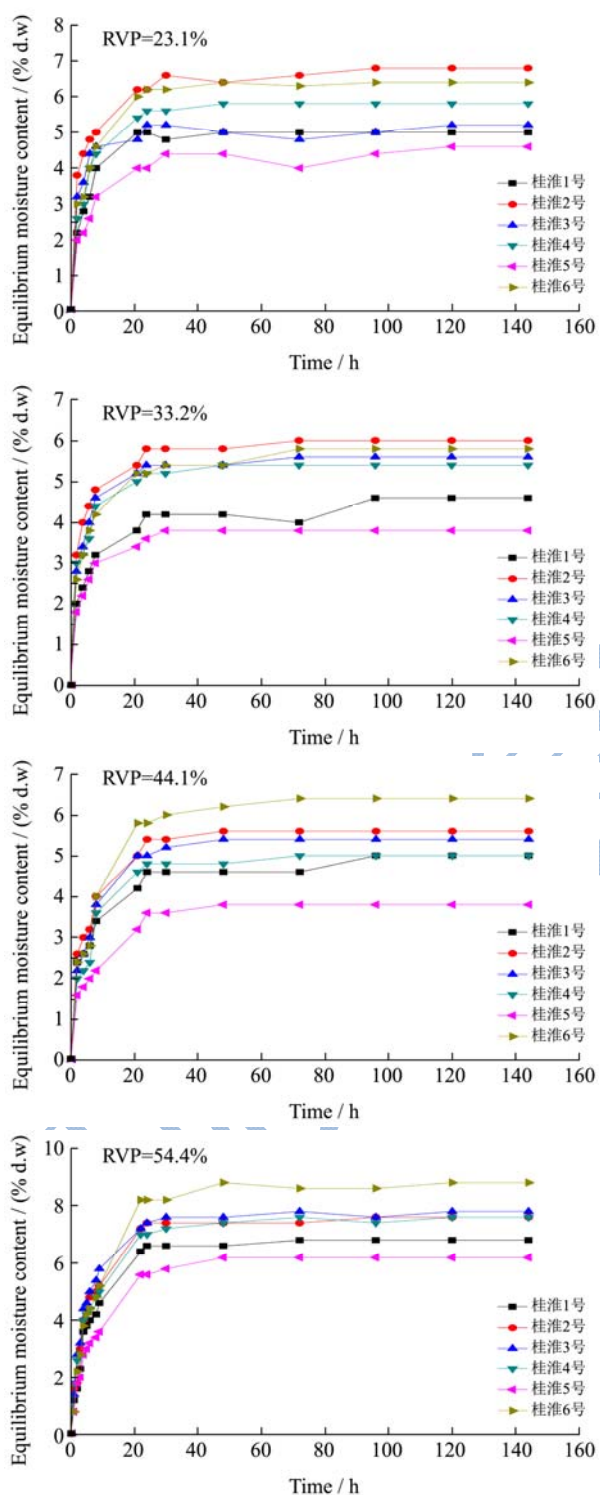


图2 不同相对蒸汽压 (RVP) 条件下淮山全粉的吸附等温线

Fig.2 Adsorption isotherms of yam flours under different RVP

图3显示在不同水分活度条件下，淮山全粉平衡吸附量随时间的变化曲线，随水分活度提高，淮山全粉水分吸附量呈上升趋势，且当水分活度较高时，水分吸附平衡时间短，而水分活度较低时，平衡更长。不同的水分活度下，淮山全粉的平衡含水量有所差异，在6个品种之中，桂淮6号、桂淮2号和桂淮3号淮山全粉的平衡含水量高于桂淮5号和桂淮1号。淮山全粉的吸附等温线属于II型等温线，这与Oyelade的结论一致<sup>[24]</sup>，与马铃薯全粉吸附等温曲线<sup>[25]</sup>相似。

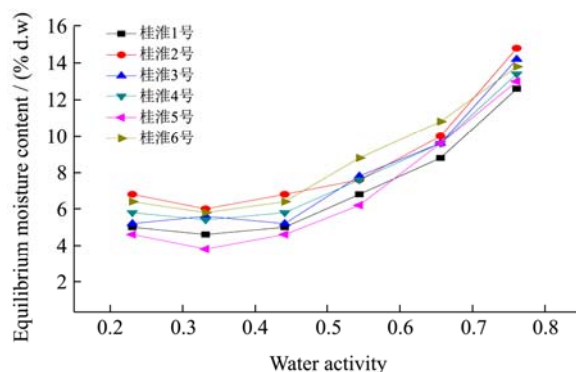


图3 不同水分活度条件下淮山全粉的平衡吸附量

Fig.3 Equilibrium moisture contents of yam flours in six yam varieties

### 2.4 不同品种淮山全粉物理性质分析

淮山全粉的色泽、堆积密度、持水性、持油性、冻融稳定性、分散时间和稳定时间等物理性质,直接

反映了淮山全粉的品质特性和加工性能。测定各品种淮山全粉的物理性质,结果见表2和表3。

表2 不同品种淮山全粉的色泽

Table 2 Color attributes of yam flours of six yam varieties

品种	L	a*	b*	WI	色度
桂淮1号	85.77±1.86 <sup>c</sup>	1.09±0.24 <sup>b</sup>	17.62±0.87 <sup>c</sup>	77.33±1.46 <sup>de</sup>	17.65±0.68 <sup>c</sup>
桂淮2号	87.69±1.63 <sup>b</sup>	1.13±0.22 <sup>a</sup>	19.64±0.65 <sup>a</sup>	76.79±1.38 <sup>e</sup>	19.67±0.82 <sup>a</sup>
桂淮3号	87.57±1.78 <sup>b</sup>	0.98±0.17 <sup>c</sup>	18.03±0.74 <sup>b</sup>	78.08±1.29 <sup>d</sup>	18.06±0.76 <sup>b</sup>
桂淮4号	88.58±1.94 <sup>b</sup>	0.63±0.21 <sup>d</sup>	15.14±0.78 <sup>d</sup>	81.03±1.13 <sup>c</sup>	15.15±0.94 <sup>d</sup>
桂淮5号	91.33±2.06 <sup>a</sup>	0.36±0.16 <sup>e</sup>	10.21±0.72 <sup>e</sup>	86.60±1.40 <sup>a</sup>	10.21±0.88 <sup>f</sup>
桂淮6号	91.02±1.66 <sup>a</sup>	0.30±0.19 <sup>e</sup>	15.66±0.89 <sup>d</sup>	81.95±1.32 <sup>b</sup>	15.66±0.65 <sup>d</sup>

注:同一列中不同小写字母代表不同淮山全粉之间的显著性差异( $p<0.05$ )。

表3 不同品种淮山全粉的物理性质

Table 3 Physical properties of yam flours of six yam varieties

品种	持水性/(g/g)	持油性/(g/g)	碘蓝值	析水率/%	堆积密度/(g/mL)	分散时间/s	稳定时间/s
桂淮1号	6.04±0.31 <sup>e</sup>	0.53±0.02 <sup>b</sup>	5.11±0.23 <sup>c</sup>	40.20±1.5 <sup>c</sup>	0.93±0.02 <sup>b</sup>	29.08±1.71 <sup>c</sup>	582±3.5 <sup>b</sup>
桂淮2号	7.18±0.22 <sup>d</sup>	0.53±0.02 <sup>b</sup>	4.13±0.19 <sup>f</sup>	43.92±1.8 <sup>b</sup>	0.87±0.01 <sup>e</sup>	40.21±2.23 <sup>a</sup>	588±4.8 <sup>a</sup>
桂淮3号	7.38±0.23 <sup>c</sup>	0.49±0.02 <sup>c</sup>	4.24±0.18 <sup>e</sup>	40.92±1.7 <sup>c</sup>	0.91±0.01 <sup>b</sup>	30.76±1.57 <sup>c</sup>	554±6.6 <sup>e</sup>
桂淮4号	8.51±0.27 <sup>a</sup>	0.55±0.02 <sup>ab</sup>	4.46±0.21 <sup>d</sup>	47.68±1.9 <sup>a</sup>	0.92±0.01 <sup>b</sup>	32.61±2.02 <sup>bc</sup>	563±5.4 <sup>d</sup>
桂淮5号	7.86±0.16 <sup>b</sup>	0.55±0.02 <sup>ab</sup>	6.14±0.17 <sup>a</sup>	40.45±1.6 <sup>c</sup>	0.96±0.02 <sup>a</sup>	36.32±1.64 <sup>b</sup>	579±6.3 <sup>b</sup>
桂淮6号	7.87±0.17 <sup>b</sup>	0.57±0.03 <sup>a</sup>	5.22±0.16 <sup>b</sup>	40.66±2.3 <sup>c</sup>	0.96±0.02 <sup>a</sup>	25.52±1.55 <sup>d</sup>	572±6.5 <sup>c</sup>

注:同一列中不同小写字母代表不同淮山全粉之间的显著性差异( $p<0.05$ )。

由表2和表3可知,桂淮1号淮山全粉色泽、持水性在6个品种中相对较差,桂淮1号冻融稳定性最好,适合于用于冷冻食品加工。桂淮2号全粉碘蓝值最低,说明其在加工过程中受到破坏程度最低,堆积密度最小,分散时间和稳定时间最长。桂淮3号持油性最低和分散稳定性最低。桂淮4号持水性最佳,冻融稳定性最低。桂淮5号堆积密度最大,碘蓝值最高,说明其在加工过程中易受到破坏,导致游离淀粉增加。桂淮6号持油性最佳,分散时间最短,稳定时间居中,说明桂淮6号具有较理想的冲调性。一般来说,持水力与淀粉和游离淀粉含量呈正相关,但淮山全粉中含有黏液质成分,吸水后形成黏液,故持水力的变化并不完全与淀粉和游离淀粉含量呈正相关。桂淮6号的淮山全粉淀粉含量最高,游离淀粉含量仅次于桂淮5号,与一般性规律较为相符;桂淮4号淮山全粉的淀粉含量较高,游离淀粉含量却较低,但持水力最佳。桂淮5号淮山全粉的总淀粉含量最低,游离淀粉含量最高,持水力较好;持水性表现最差的桂淮1号,淀粉和游离淀粉含量相比之下则均处于中等水平。持油性与样粉的蛋白质含量有关,蛋白质含量越高,淮山全粉的持油能力越强。由表3可以看出,持油性高低顺序为:桂淮6号>桂淮4号>桂淮5号>桂淮1号>桂淮2号>桂淮3号,结合化学成分分析结果,蛋白质

含量桂淮6号、桂淮4号和桂淮5号均高于其他3个品种。淮山全粉的持油能力明显低于持水能力,说明淮山全粉的亲水性物质更多。淮山全粉的主要物理性质与小麦粉和马铃薯全粉相比较各有特色,淮山全粉的持水性处于6~9 g/g,介于马铃薯全粉的11~15 g/g和小麦粉的5~6 g/g之间<sup>[26]</sup>。

淮山全粉的持油性处于0.5~0.6 g/g范围内,马铃薯全粉的持油性约为0.6~1.0 g/g,小麦粉的持油性约为0.8~1.0 g/g,淮山全粉的持油性低于马铃薯全粉和小麦粉,相较而言,淮山全粉在食品配料中,可添加的食用油量较少,产品的含油量偏低。马铃薯全粉的析水率在50~60%,小麦粉的析水率在60~70%,而淮山全粉的析水率在40~50%,冻融稳定性优于马铃薯粉和小麦粉。

## 2.5 不同品种淮山全粉活性成分分析

淮山中含有黄酮类物质、多酚类物质和尿囊素等多种活性成分,测定6个品种的淮山全粉的尿囊素、儿茶素、丁香酸和黄酮类物质,结果见表4。

由表4可知,6个品种间的活性成分存在显著差异,桂淮6号品种淮山全粉中尿囊素含量最高,而儿茶素、丁香酸和黄酮含量较低,桂淮4号淮山全粉中儿茶素含量最高,达1.64 mg/g,桂淮5号淮山全粉中

丁香酸和黄酮含量最高,分别达 0.58 mg/g 和 0.94 mg/g, 其余品种含量接近。小麦粉的淀粉含量约为 70%, 马铃薯粉的淀粉含量约为 70~80%<sup>[26]</sup>, 本试验选用的淮山全粉淀粉含量略低于小麦粉和马铃薯淀粉, 蛋白质含量与小麦粉、马铃薯粉接近, 是一种重要的碳水化合物来源, 并且含有尿囊素、黄酮类化合物和多酚类物质等活性成分, 具备部分替代小麦粉用于食品加工中的应用潜力。

表 4 不同品种淮山全粉中活性成分 (mg/g)

Table 4 Active components of yam flours of six yam varieties

品种	尿囊素	儿茶素	丁香酸	黄酮
桂淮 1 号	45.26±0.75 <sup>c</sup>	0.79±0.29 <sup>b</sup>	0.36±0.09 <sup>c</sup>	0.42±0.02 <sup>b</sup>
桂淮 2 号	36.16±1.32 <sup>d</sup>	0.97±0.10 <sup>b</sup>	0.34±0.02 <sup>c</sup>	0.40±0.02 <sup>b</sup>
桂淮 3 号	26.48±0.61 <sup>c</sup>	0.32±0.15 <sup>d</sup>	0.46±0.03 <sup>b</sup>	0.31±0.08 <sup>c</sup>
桂淮 4 号	36.53±1.31 <sup>d</sup>	1.64±0.61 <sup>a</sup>	0.32±0.04 <sup>c</sup>	0.44±0.02 <sup>b</sup>
桂淮 5 号	62.69±1.81 <sup>b</sup>	0.59±0.24 <sup>c</sup>	0.58±0.02 <sup>a</sup>	0.94±0.08 <sup>a</sup>
桂淮 6 号	69.08±0.76 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>d</sup>	0.33±0.03 <sup>c</sup>	0.34±0.05 <sup>c</sup>

注: 同一列中不同小写字母代表不同淮山全粉之间的显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### 3 结论

6 个品种淮山全粉的理化特性存在显著差异。6 个品种全粉中淀粉、总糖和蛋白质含量分别为 60.36~62.63%、72.32~78.77%和 12.0~13.0%, 灰分为 3.05~3.25%, 脂肪含量约为 0.5%, 尿囊素、儿茶素、丁香酸和黄酮含量分别为 26.48~69.08 mg/g、0.25~1.64 mg/g、0.32~0.58 mg/g 和 0.31~0.94 mg/g。淮山全粉的平衡含水量低, 吸附等温线属于 BET 分类中的 II 型吸附等温线。桂淮 6 号、桂淮 2 号和桂淮 3 号淮山全粉平衡含水量高于其他品种。桂淮 5 号色泽最佳, 碘蓝值和白度最高, 且丁香酸和黄酮含量最高。桂淮 4 号的持水力最佳, 儿茶素含量最高。桂淮 6 号最短的分散时间, 尿囊素含量最高, 桂淮 2 号稳定时间最长, 但分散时间最长。桂淮 1 号冻融稳定性最好, 适合于用于冷冻食品加工。不同品种淮山全粉的性质的差异可为品种选育、品种鉴定和开发应用提供多种选择, 可根据不同加工领域的应用需要, 选择不同品种淮山全粉。

### 参考文献

[1] A A Badmus, A O Raji, R A Kinoso. Effect of process parameters on work index, milling efficiency and some technological properties of yam flour using attrition mill [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(1): 160-168

[2] C L Hsu, W Chen, Y M Weng, et al. Chemical composition,

physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods [J]. Food Chemistry, 2003, 83(1): 85-92

- [3] 李丽, 孙健, 盛金凤, 等. 山药热泵干燥特性及数学模型的研究 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(10): 212-217
- LI Li, SUN Jian, SHENG Jin-feng, et al. Heat pump drying characteristics and mathematical modeling of Chinese yam [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(10): 212-217
- [4] Nindjin C, Amani G N, Sindic M. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality [J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 86(4): 1637-1645
- [5] Li P H, Huang C C, Yang M Y, et al. Textural and sensory properties of salted noodles containing purple yam flour [J]. Food Research International, 2012, 47(2): 223-228
- [6] Hsu C L, Hurang S L, Chen W, et al. Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2004, 39(2): 231-238
- [7] Akonor P T, Tortoe C, Buckman E S, et al. Proximate composition and sensory evaluation of root and tuber composite flour noodles [J]. Cogent Food & Agriculture, 2017, 3: 1-7
- [8] 谢荣辉. 山药挂面的研制 [J]. 现代食品科技, 2008, 24(6): 561-562
- XIE Rong-hui. Preparation of health vermicelli with rhizoma dioscoreae [J]. Modern Food Science and Technology, 2008, 24(6): 561-562
- [9] 周宇冰, 詹智钧, 李娜, 等. 热风干燥对淮山粉物理特性的影响 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37(11): 19-23
- ZHOU Yu-bing, ZHAN Zhi-jun, LI Na, et al. Physical properties of chinese yam flours as affected by different hot air drying [J]. Food Research and Development, 2016, 37(11): 19-23
- [10] 苏小军, 张丽茹, 李志雅, 等. 干燥方式对淮山全粉品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(24): 91-94
- SU Xiao-jun, ZHANG Li-ru, LI Zhi-ya, et al. Effect of drying methods on quality characteristics of chinese yam flour [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(24): 91-94
- [11] Dopporto M C, Dini C, Mugridge A, et al. Physicochemical, thermal and sorption properties of nutritionally differentiated flours and starches [J]. Journal of Food Engineering, 2012,



- 113(4): 569-576
- [12] 聂希瑞,郭元照,秦文.不同干燥方式对山药全粉品质的影响[J].食品与发酵科技,2017,53(4):27-31  
NIE Xi-rui, GUO Yuan-zhao, QIN Wen. The influence of different drying method on yam-flour quality [J]. Food and Fermentation Science and Technology, 2017, 53(4): 27-31
- [13] Iwuoha C I. Comparative evaluation of physicochemical qualities of flours from steam-processed yam tubers [J]. Food Chemistry, 2004, 85(4): 541-551
- [14] 任广跃,刘亚男,乔小全,等.基于变异系数权重法对怀山药干燥全粉品质的评价[J].食品科学,2017,38(1):53-59  
REN Guang-yue, LIU Ya-nan, QIAO Xiao-quan, et al. Quality evaluation of chinese yam drying powder based on variation coefficient weight [J]. Food Science, 2017, 38(1): 53-59
- [15] 覃维治,韦本辉,甘秀芹,等.淮山药种质资源主要农艺性状遗传多样性分析[J].南方农业学报,2014,45(10):1726-1733  
QIN Wei-zhi, WEI Ben-hui, GAN Xiu-qin, et al. Genetic diversity analysis of main agronomic traits in yam germplasm resources [J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(10): 1726-1733
- [16] 高晓旭,佟立涛,钟葵,等.不同磨粉工艺对大米粉粉质特性的影响[J].现代食品科技,2015,31(1):194-199  
GAO Xiao-xu, TONG Li-tao, ZHONG Kui, et al. Effect of milling processes on quality of rice flour [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(1): 194-199
- [17] 李思宁,高颖,李珂,等.不同品种甘薯的干燥特性及对全粉品质的影响[J].食品与机械,2012,28(1):44-49  
LI Si-ning, GAO Ying, LI Ke, et al. Drying characteristics of different varieties of sweet potato and effect on granules quality [J]. Food & Machinery, 2012, 28(1): 44-49
- [18] 章丽琳,张喻,张涵予.挤压膨化参数对马铃薯全粉理化性质的影响[J].食品与机械,2016,32(12):40-44  
ZHANG Li-lin, ZHANG Yu, ZHANG Han-yu. Effect of different extrusion conditions on physicochemical properties of potato powder [J]. Food & Machinery, 2016, 32(12): 40-44
- [19] 苏东晓,廖森泰,张名位,等.喷雾干燥工艺条件对速溶龙眼粉理化特性的影响[J].中国农业科学,2011, 44(18):3830-3839  
SU Dong-xiao, LIAO Sen-tai, ZHANG Ming-wei, et al. Effect of spray drying processing on the physicochemical properties of instant longan powder [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(18): 3830-3839
- [20] 牛洁.不同山药营养成分分析及品质鉴定[D].内蒙古:内蒙古农业大学,2012  
NIU Jie. Study on nutrition content and quality evaluation of different Chinese yam (*Dioscorea oppositifolia* Thunb.) cultivars [D]. Inner Mongolia: Inner Mongolia Agricultural University, 2012
- [21] Afoakwa E O, Sefa-Dedeh S. Chemical composition and quality changes occurring in *Dioscorea dumetorum*, yam tubers after harvest [J]. Food Chemistry, 2001, 75(1): 85-91
- [22] 潘治利,田萍萍,黄忠民,等.不同品种小麦粉的粉质特性对速冻熟制面条品质的影响[J].农业工程学报,2017, 33(3): 307-314  
PAN Zhi-li, TIAN Ping-ping, HUANG Zhong-min, et al. Effects of flour characteristics of different wheat cultivars on quality of frozen cooked noodles [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(3): 307-314
- [23] 侯飞娜,木泰华,孙红男,等.马铃薯全粉品质特性的主成分分析与综合评价[J].核农学报,2015,29(11):2130-2140  
HOU Fei-na, MU Tai-hua, SUN Hong-nan, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation on quality characteristics of potato flour [J]. Journal of Nuclear Agricultural Science, 2015, 29(11): 2130-2140
- [24] Oyelade O J, Tunde-Akintunde T Y, Igbeka J C. Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(2): 229-235
- [25] Wam M M, Tra M. Thermodynamic properties of moisture sorption of potato [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 60(2): 157-165
- [26] 马梦苹,张来林,王彦波,等.马铃薯全粉和小麦粉基本特性的对比研究[J].河南工业大学学报,2016,37(6):52-56  
MA Meng-ping, ZHANG Lai-lin, WANG Yan-bo, et al. The comparison of basic characteristics of potato and wheat flour [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2016, 37(6): 52-56