

• 食品保鲜与加工 •

## 不同干燥方式对豆腐柴叶干粉理化性质的影响

张 洪<sup>1</sup> 郭瑶堂<sup>2</sup> 吉俊臣<sup>2</sup> 王 馨<sup>2</sup> 熊乙帆<sup>2</sup> 赵定勇<sup>1</sup> 李明元<sup>2\*</sup>

(1. 四川信息职业技术学院国有资产与后勤管理处 四川 广元 628040;

2. 西华大学食品与生物工程学院, 四川 成都 610039)

**摘 要:** 研究冷冻干燥、热风干燥和晒干3种不同干燥方式对豆腐柴叶干粉理化性质的影响。结果显示: 不同干燥方式的色泽差异显著( $P < 0.05$ ) 热风干燥叶片亮度和绿度保持最好; 干燥过的豆腐柴叶与未干燥过的相比, 气味差异明显(总贡献率: 99.62%) 干燥能消除其臭味; 不同干燥方式的堆积密度、吸水指数和持油性差异显著( $P < 0.05$ ) 热风干燥堆积密度最小, 为0.32 g/mL 吸水指数最大, 为28.14 g/g 晒干组持油性最好, 为1.78 g/g; 乳化特性、果胶含量差异显著( $P < 0.05$ ) 冷冻干燥组乳化活性、乳化稳定性最好, 分别为97.68%、90.04% 果胶质量分数最高, 为25.77%。该研究结果将为豆腐柴叶的干燥及其加工利用提供参考。

**关键词:** 豆腐柴叶; 干燥方式; 干粉; 吸水指数; 冷冻干燥; 热风干燥

中图分类号: TS214.2; TS201.2 文献标志码: A 文章编号: 1673-159X(2019)04-0050-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-159X.2019.04.008

## Effect of Different Drying Methods on the Physical and Chemical Properties of *Premna Microphylla* Turcz Leaves Powder

ZHANG Hong<sup>1</sup>, GUO Yaotang<sup>2</sup>, JI Junchen<sup>2</sup>, WANG Xin<sup>2</sup>, XIONG Yifan<sup>2</sup>,

ZHAO Dingyong<sup>1</sup>, LI Mingyuan<sup>2\*</sup>

(1. State-owned Assets and Logistics Management Office Sichuan Vocational College of Information Technology Guangyuan 628040 China;

2. College of Food and Biological Engineering, Xihua University, Chengdu 610039 China)

**Abstract:** The study evaluated the changes of the physical and chemical properties of *Premna microphylla* Turcz leaves powder after freezing drying, hot-air-drying and sun-drying respectively. The results show that the colors are significantly different ( $P < 0.05$ ) under different drying methods. The hot-air-drying group has the best brightness and greenness. The difference of odor between the dried leaves and the undried leaves is significant (the total Variance: 99.62%). It can be found that drying could eliminate the odor. The bulk density, water absorption index and oil holding capacity of different drying groups are significantly different ( $P < 0.05$ ) under different drying methods. The hot-air-drying group has the smallest bulk density and the largest water absorption index, which are 0.32 g/mL and 28.14 g/g. The sun-drying group has the best oil holding capacity which is 1.78 g/g. The emulsion property and pectin content of different drying groups are significantly different ( $P < 0.05$ ). The emulsion activity and emulsion stability of the freeze-drying group are the best, which are 97.68% and 90.04%, respectively. The pectin content is also the highest, at 25.77%. The results of this study will provide a reference for the drying and processing of *Premna microphylla* Turcz leaves.

**Keywords:** *Premna microphylla* Turcz leaves; drying methods; dry powder; water absorption index; freeze drying; hot air drying

收稿日期: 2019-03-12

\* 通信作者: 李明元(1965—) 男 教授 硕士 主要研究方向为食品保鲜与加工。

ORCID: 0000-0003-1115-4948 E-mail: 423372074@qq.com

引用格式: 张洪, 郭瑶堂, 吉俊臣, 等. 不同干燥方式对豆腐柴叶干粉理化性质的影响[J]. 西华大学学报(自然科学版) 2019, 38(4): 50-54.

ZHANG Hong, GUO Yaotang, JI Junchen et al. Effect of different drying methods on the physical and chemical properties of *Premna microphylla* Turcz leaves powder[J]. Journal of Xihua University (Natural Science Edition) 2019, 38(4): 50-54.

豆腐柴(*Premna microphylla* Turcz),别名凉粉叶、豆腐木等,属马鞭草科多年生落叶灌木<sup>[1]</sup>,但也有最新研究将其归类为唇形科<sup>[2-3]</sup>。我国豆腐柴资源丰富,主要分布在浙、皖、湘和川渝等省市山区地带<sup>[4]</sup>。豆腐柴叶果胶含量丰富,多为果糖、葡萄糖和D-甘露糖所组成的一种杂多糖<sup>[5]</sup>。蒋立科等<sup>[6]</sup>对豆腐柴叶的毒性进行了研究,证明食用豆腐柴是安全的。同时豆腐柴叶也被中医用于治疗皮肤割伤、疟疾等和毒蛇咬伤<sup>[7]</sup>。目前,豆腐柴因其食用价值和药用价值,尝试将其作为经济作物大量种植的人也日益增多<sup>[8]</sup>。

国外豆腐柴极少,研究不多,国内重视度也不足<sup>[9]</sup>。目前对豆腐柴的研究主要集中在豆腐柴叶果胶的提取及其性质研究<sup>[10-12]</sup>,其次是有效成分的分离鉴定<sup>[13-14]</sup>,再者就是豆腐柴叶的产品开发利用等<sup>[15-16]</sup>。豆腐柴一般3月长叶,11月落叶,不同月份叶中的果胶含量也有所不同<sup>[17]</sup>。豆腐柴鲜叶不耐贮存,易腐烂变质,有关干叶及干粉的加工工艺等方面的研究也少有报道。

冷冻干燥能很好地保存产品的营养价值,但投入大,一般用于干燥高附加值的原材料<sup>[18]</sup>。热风干燥是食品工业中最常见的脱水技术,操作简单、投资少,但不适用于热敏性或含糖量较高的食品<sup>[19]</sup>。晒干是民间常用的干燥方法,处理量大、成本低,但是占地规模大、易被污染且受天气影响大<sup>[20]</sup>。本研究以豆腐柴鲜叶为材料,探究3种不同干燥方式对其干粉品质的影响,以期对豆腐柴叶的加工利用提供基础参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

豆腐柴鲜叶:5月初采摘自四川达州,经生鲜快速运输至实验室后冷藏备用,时间不超过2d;硫酸、无水乙醇,成都市科龙化工试剂厂;吡啶,美国Sigma公司;半乳糖醛酸,广州市乐试生物科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

FDU-1100真空冷冻干燥机,北京博医康实验仪器有限公司;BPG-9240A精密鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;QE-200克万能粉碎机,浙江屹立工贸有限公司;PEN3型电子鼻,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;威福WF32精密色差仪,杭州彩谱科技有限公司;Vortex genius3涡旋混匀器,艾卡(广州)仪器设备有限公司;TD-5M台式低速离心机,四川蜀科仪器有限公司;HH-S4型数显恒温

水浴锅,金坛市医疗仪器厂;JTM-300胶体磨,上海沃迪智能装备股份有限公司;KQ-250DB数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;UV-2800紫外可见分光光度计,上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

### 1.3 样品处理

冷冻干燥组:取100g鲜叶平摊于盘中,于-70℃预冻10h,在真空冷冻干燥机中干燥30h。热风干燥组:取100g鲜叶平摊于铁筛中,厚度约为2cm,待干燥箱温度上升到60℃时放入,干燥4h。晒干组:取100g鲜叶平摊于铁筛中,每隔约3h翻动一次,太阳直射时间总共约20h,没有阳光时密封放置于阴凉处。所有干叶打粉过80目筛,4℃冷藏备用。

### 1.4 色泽测定

用色差仪测定各组样品的 $L^*$ 值和 $a^*$ 值,其中: $L^*$ 值表示亮度; $a^*$ 值表示红绿偏向,正值偏向红色,负值偏向绿色。 $a^*$ 值越小,绿色程度越好, $L^*$ 值越大,颜色越鲜越亮,表示豆腐柴外观品质越好,更易被消费者接受。因此,可根据 $L^*$ 值和 $a^*$ 值来判断豆腐柴干粉的品质<sup>[21]</sup>。

### 1.5 基于电子鼻的主成分分析

用便携式电子鼻进行气味分析,测试条件参照俞慧红等<sup>[22]</sup>方法略作改动。称取2g样品于40mL顶空瓶中,清洗时间80.0s,测量时间100.0s,进样流量300mL/min。

### 1.6 堆积密度的测定

参照Goula等<sup>[23]</sup>的方法进行测定。将豆腐柴叶干粉经漏斗自由落入10mL量筒中,测定10mL干粉的质量,计算堆积密度(g/mL)。

### 1.7 吸水指数的测定

参照美国专利6461663<sup>[24]</sup>中的方法,略做改动:称取0.5g干粉于50mL离心管中,称质量为 $m_1$ ;加入20mL水,涡旋混合30s,30℃水浴30min(每15min混合一次);再2500r/min(离心力1300×g)离心20min;弃去上清液,倒置于滤纸上2min,称质量为 $m_2$ 。吸水指数计算公式:吸水指数( $g_{\text{水}}/g_{\text{粉}}$ )= $(m_2 - m_1) / \text{样品干物质的质量}$ 。

### 1.8 持油性测定

根据Abdul-hamid等<sup>[25]</sup>的方法,略作改动:称取1g干粉置于50mL离心管中,称质量为 $m_1$ ;加入10mL大豆油,涡旋混合30min(每5min混合30s);再4000r/min(离心力3328×g)离心20min;移除上层油脂,倒置于滤纸上30min,称质量为 $m_2$ 。持

油性计算公式: 持油性( $g_{油}/g_{粉}$ ) = ( $m_2 - m_1$ ) / 样品干物质的质量。

### 1.9 乳化特性测定

参照 Elkhalfa 等<sup>[26]</sup>的方法, 略作改动: 取 1 g 干粉置于 200 mL 烧杯中, 加 50 mL 水, 用胶体磨均质 30 s, 再加入 50 mL 菜籽油均质 1 min。取该乳浊液 25 mL 置于离心管中, 在 4 000 r/min 下离心 10 min, 测定离心管中乳浊液体积。

乳化活性 = 离心后乳浊液体积 / 原乳浊液体积  $\times 100\%$ 。

取该乳浊液 25 mL 于 80 °C 加热 30 min, 冷却至室温后在 4 000 r/min (离心力 3 328  $\times g$ ) 下离心 10 min, 测定离心管中乳浊液体积。

乳化稳定性 = 加热离心后乳浊液体积 / 原乳浊液体积  $\times 100\%$ 。

### 1.10 果胶含量测定

#### 1.10.1 果胶提取

参照张攀等<sup>[27]</sup>方法略作改动, 料液比 1:30, 浸提液 pH = 1.6 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 配制), 100 W、30 °C 水浴超声 20 min, 再 80 °C 水浴提取 2 h, 4 000 r/min 离心 20 min, 滤渣继续上述操作, 合并三次上清液, 定容。

#### 1.10.2 果胶测定

参照丁建东等<sup>[28]</sup>方法进行测定, 取适当稀释后的 1.10.1 中提取液 1.0 mL 置于试管中, 加 6.0 mL 浓硫酸, 用水降温到室温后加入 1.5 g/L 的吡唑无水乙醇溶液 0.5 mL, 摇匀, 室温暗处放置 30 min, 在 530 nm 处测定吸光度。分别配制质量浓度为 10、20、30、40、50、60  $\mu g/mL$  的半乳糖醛酸标准溶液, 相同方法作标准曲线, 计算各样品果胶含量。所得标准曲线回归方程为:

$$Y = 0.0057X + 0.0027 (R^2 = 0.9978)$$

式中:  $Y$  为吸光值;  $X$  为半乳糖醛酸浓度 ( $\mu g/mL$ )。

### 1.11 数据处理

实验数据用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析, 结果用平均值  $\pm$  标准差表示, 采用 Origin 9.0 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 色泽的比较分析

如表 1 所示, 不同干燥方式对豆腐柴叶干粉的  $L^*$  值和  $a^*$  值有显著影响 ( $P < 0.05$ )。热风干燥的绿度和亮度最好, 冷冻干燥效果最差。常压热风干燥是液态的水分变成气态的过程, 而真空冷冻干燥是固态冰通过升华直接变成气体的过程。豆腐柴叶片比较薄, 经超低温冷冻放入冷冻干燥机后很容易

回温, 并不能使叶片中的所有水分直接升华, 从而干燥速率变慢, 效果变差。热风干燥和晒干组脱水比较充分, 更容易粉碎, 绿色程度也相对较好。

表 1 不同干燥方式对豆腐柴粉  $L^*$  值和  $a^*$  值的影响

项目	冷冻干燥	热风干燥	晒干
$L^*$	44.62 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	46.11 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	43.96 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>
$a^*$	-3.68 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	-6.32 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	-5.26 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>

注: 上标具有相同字母则表示无显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 下同

### 2.2 气味成分的比较分析

电子鼻通过气体传感器阵列的响应曲线可以分析检测复杂气味<sup>[29]</sup>。由图 1 可知, 7 号传感器对第 1 主成分的贡献最大, 2、6、8 号传感器对第 2 主成分贡献率较大, 且对第 1 主成分贡献率也比较大, 说明这 4 种传感器能很好地识别不同处理的豆腐柴。一般情况下, 总贡献率大于 70%, 方法就可用<sup>[30]</sup>。

主成分分析法 (PCA) 是将多个指标化为少数几个综合指标的 1 种线性判别分析方法。豆腐柴样品电子鼻响应值的 PCA 分析如图 2 所示, 总贡献率为 99.62%, 说明该方法可用。冷冻干燥样与热风干燥样重叠较多, 说明二者气味差别较小。3 种干燥样与未干燥样区别明显, 说明干燥能消除豆腐柴鲜叶的特殊臭味, 改善产品风味。

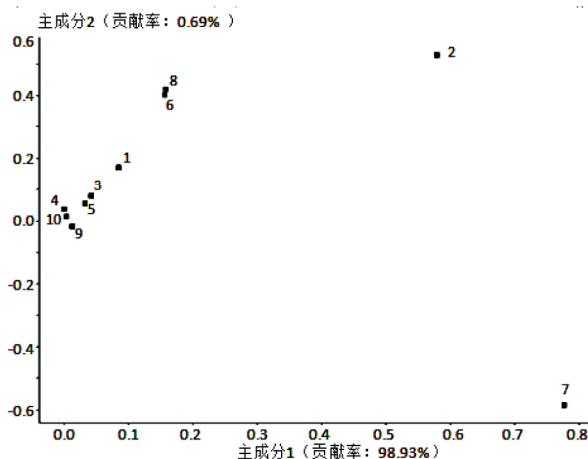


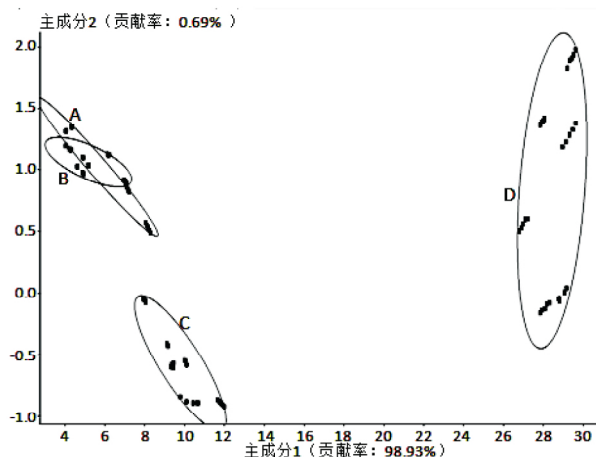
图 1 不同干燥方式豆腐柴叶的电子鼻响应值 Loading 分析

### 2.3 堆积密度、吸水指数和持油性的比较分析

如表 2 所示, 不同干燥方式豆腐柴叶干粉的堆积密度、吸水指数和持油性都有显著差异 ( $P < 0.05$ )。热风干燥和晒干组的堆积密度之间无显著差异, 且都比冷冻干燥组小。热风干燥和晒干组脱水比冷冻干燥组更充分, 更容易粉碎, 平均粒径小, 同体积下质量减轻, 堆积密度减小。

热效应会影响果胶的质地结构特性和水的释放或结合能力<sup>[31]</sup>。热风干燥组的吸水能力最强, 冷冻

干燥组的吸水能力最弱。原因是热风干燥和晒干组平均粒径更小,都形成了凝胶,且热风干燥组形成的凝胶更多。果胶形成凝胶时,相互交联形成的网络结构,会使得溶剂和溶质分子包裹其中<sup>[10]</sup>。冷冻干燥组大部分仍以颗粒分布于水中,基本只有颗粒吸水复水,这与霍艳荣等<sup>[32]</sup>所测的复水比为4.08~5.70一致。



注: A—冷冻干燥组; B—热风干燥组; C—晒干组; D—未干燥处理组

图2 不同干燥方式豆腐柴叶的电子鼻响应值PCA分析

持油性不仅与多糖的化学结构有一定关系,更与纤维结构的孔隙率直接相关<sup>[33]</sup>。同时持油性受蛋白质组成中亲水和亲油基团暴露数量不同的影响,如含非极性尾端较多的蛋白质的含量增加,则持油性也随之增加<sup>[34]</sup>。冷冻干燥组持油性最差,晒干组最好,这可能是因为不同干燥方式和不同暴露时间对物性影响不同造成的。

表2 不同干燥方式对豆腐柴粉堆积密度、吸水指数和持油性的影响

项目	冷冻干燥	热风干燥	晒干
堆积密度/( $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	$0.44 \pm 0.01^b$	$0.32 \pm 0.00^a$	$0.33 \pm 0.01^a$
吸水指数/( $\text{g/g}$ )	$4.49 \pm 0.24^a$	$28.14 \pm 2.36^c$	$13.29 \pm 1.79^b$
持油性/( $\text{g/g}$ )	$1.18 \pm 0.01^a$	$1.57 \pm 0.02^b$	$1.78 \pm 0.01^c$

## 2.4 乳化特性的比较分析

如表3所示,不同干燥方式的豆腐柴叶干粉的乳化特性存在显著差异( $P < 0.05$ )。冷冻干燥组乳化活性好于其他2组,且差异显著( $P < 0.05$ );热风干燥和晒干组的乳化活性无显著差异( $P > 0.05$ )。冷冻干燥组的乳化稳定性最好,热风干燥组最差。

乳化活性(EA)和乳化稳定性(ES)都和蛋白质分子的亲水和亲油基团在分子表面的分布有关。不同干燥方法的蛋白质变性不同,蛋白质内部疏水基

团的暴露程度不同,其乳化活性和乳化稳定性就不同<sup>[34]</sup>。果胶是具有乳化能力的天然多糖<sup>[35]</sup>,梅新<sup>[36]</sup>研究发现EA和ES都与果胶浓度呈正相关。果胶分子降低油水界面张力和吸附到油滴表面的效率决定果胶的EA,同时果胶良好的水溶特性,使其具有较好的ES<sup>[37]</sup>。由此可判断,不同的干燥方式能显著影响豆腐柴粉蛋白质及果胶的物性,从而影响其乳化特性。

表3 不同干燥方式对豆腐柴粉乳化特性的影响

项目	冷冻干燥	热风干燥	晒干
乳化活性/%	$97.68 \pm 0.79^b$	$67.83 \pm 9.34^a$	$74.45 \pm 4.94^a$
乳化稳定性/%	$90.04 \pm 1.00^c$	$52.96 \pm 0.86^a$	$64.52 \pm 4.71^b$

## 2.5 果胶质量分数的比较分析

如图3所示,不同干燥方式豆腐柴叶干粉的果胶含量差异显著( $P < 0.05$ )。冷冻干燥组果胶质量分数最高,为25.77%,晒干组质量分数最低,为21.01%,这与前人研究结果基本一致<sup>[5,17]</sup>。果胶易受酶和热效应的影响而发生降解与结构变化<sup>[38]</sup>。刘佳<sup>[39]</sup>研究苹果果胶发现,在高温情况下,热效应和极化作用对果胶分子的破坏会导致果胶量减少。Geerkens等<sup>[40]</sup>研究芒果果胶也发现,干燥可以诱导果胶产生相关的变化。冷冻干燥组温度低,果胶不易被破坏;热风干燥温度虽然比晒干温度高,但是晒干组受阳光照射时间长,可能使果胶更容易受影响而分解变化。

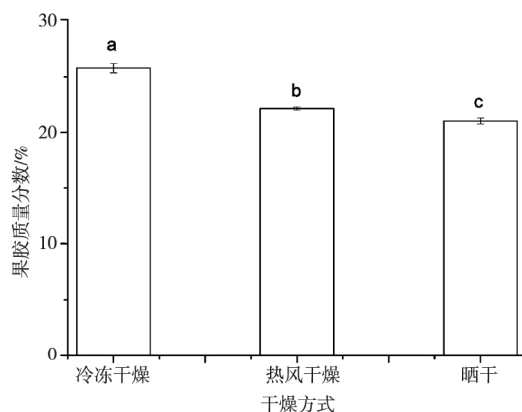


图3 不同干燥方式对豆腐柴叶干粉果胶质量分数的影响

## 3 结论

3种不同干燥方式对豆腐柴叶干粉各项理化指标皆有显著影响。热风干燥色泽最好,吸水指数最大,堆积密度最小;3种干燥方法都能消除豆腐柴鲜叶特殊的臭味;冷冻干燥持油性最差,但果胶质量分数最高,晒干持油性最好,但果胶质量分数最低;冷冻干燥乳化活性和乳化稳定性最好,热风干燥最差。

总体而言,考虑到豆腐柴叶目前的主要用途、附加值及各种干燥方式的加工成本,为合理推动山区经济作物的开发与利用,热风干燥优于另外 2 种干燥方式。

### 参 考 文 献

- [1]中国科学院植物所. 中国高等植物图鉴(第三册). 北京: 科学出版社, 2002: 189-190.
- [2]OLMSTEAD R G, ZHRA M L, LOHMANN L G, et al. A molecular phylogeny and classification of bignoniaceae. [J]. American Journal of Botany 2009 96(9): 1731-1743.
- [3]YANG J, KONG W. The complete chloroplast genome sequence of *Premna microphylla* turcz [J]. Mitochondrial DNA Part A 2016 27(6): 4164-4165.
- [4]宁海凤. 豆腐柴叶干粉中果胶的提取工艺及其性质研究[D]. 江苏: 江南大学, 2010.
- [5]蒋立科, 陈祎凡, 金青, 等. 豆腐柴叶果胶理化性质及“神仙豆腐”制备的条件[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 138-142.
- [6]蒋立科, 王世强. 豆腐柴叶干粉的毒性[J]. 食品科学, 1990, 11(11): 41-42.
- [7]ZHAN Z J, LAN T, SHAN W G. A new triterpene glycoside from *Premna microphylla* [J]. Chemistry of Natural Compounds 2009 45(2): 197-199.
- [8]CHEN J, LIANG R H, LIU W, et al. Extraction of pectin from *Premna microphylla* turcz leaves and its physicochemical properties. [J]. Carbohydrate Polymers 2014 102(1): 376-384.
- [9]廖雯娟. 豆腐柴果胶的分离及其性质研究[D]. 合肥: 安徽农业大学 2010.
- [10]陈军. 特色资源果胶的提取和物理化学性质表征及微射流降解机理[D]. 南昌: 南昌大学 2013.
- [11]王媛莉. 豆腐柴果胶的提取及其特性的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学 2011.
- [12]马俊. 从豆腐柴中提取低酯果胶的工艺研究[D]. 重庆: 西南大学 2007.
- [13]陈丽芬. 中药战骨的化学成分、总黄酮提取工艺与抗氧化活性的研究[D]. 南宁: 广西大学 2006.
- [14]范超敏, 卢秀彬, 钟耕, 等. 臭黄荆叶理化组成及挥发油成分分析[J]. 食品科学 2011 32(8): 248-251.
- [15]孙莹莹. 乳酸发酵型豆腐柴果胶冻加工工艺的研究[J]. 陕西农业科学 2016 62(2): 28-30.
- [16]李刚凤, 严红波, 康明, 等. 豆腐柴叶干粉豆腐的加工工艺优化[J]. 食品研究与开发 2017 38(14): 68-74.
- [17]李瑜, 张百忍, 柯斧, 等. 豆腐木叶果胶含量的动态变化规律研究[J]. 中国野生植物资源, 2013, 32(6): 14-15.
- [18]WU L, ORIKASA T, OGAWA Y, et al. Vacuum drying characteristics of eggplants [J]. Journal of Food Engineering 2007 83(3): 422-429.
- [19]HU Y, QUE T, LIU W, et al. Effect of different drying methods on the protein and product quality of hairtail fish meat gel [J]. Drying Technology, 2013, 31(13/14): 1707-1714.
- [20]BANSUNIA M A, ABE T. Thin-layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection [J]. Journal of Food Engineering, 2001 47(4): 295-301.
- [21]卢秀彬. 臭黄荆叶中抗氧化成分分析和凉粉凝胶优化工艺研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [22]俞慧红, 崔晓红, 刘平. 电子鼻在酱油气味识别中的应用[J]. 中国调味品 2016 41(2): 121-125.
- [23]GOULA A M, ADAMOPOULOS K G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air II the effect on powder properties. [J]. Journal of Food Engineering 2005 66(1): 35-42.
- [24]OORAIKUL B. Production of potato granules: US, US4110478 [P]. 1978-08-29.
- [25]ABDUL-HAMID A, YU S L. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran [J]. Food Chemistry 2000 68(1): 15-19.
- [26]ELKHALIFA A E O, SCHIFFLER B, BERNHARDT R. Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour [J]. Food Chemistry 2005 92(1): 1-5.
- [27]张攀, 熊双丽, 薛朝云. 豆腐柴叶干粉果胶的提取与理化性质分析[J]. 食品工业科技 2016 37(16): 278-284.
- [28]丁建东, 张雪红, 姚先超, 等. 咔唑比色法测定剑麻果胶含量[J]. 食品研究与开发 2010 31(11): 138-140.
- [29]NATALE D C, MACAGNANO A, DAVIDE F, et al. An electronic nose for food analysis [J]. Sensors & Actuators B: Chemical, 1997 44(s 1/3): 521-526.
- [30]贾洪锋, 何江红, 袁新宇, 等. 电子鼻在不同豆瓣产品识别中的应用[J]. 食品科学, 2011, 32(12): 178-182.
- [31]LEVI A, BEN-SHALOM N, PLAT D, et al. Effect of blanching and drying on pectin constituents and related characteristics of dehydrated peaches [J]. Journal of Food Science, 1988 53(4): 1187-1190.
- [32]霍艳荣, 高前欣. 不同干燥方法对豆腐柴叶凝胶特性的影响[J]. 安徽农业科学 2010 38(36): 20628-20629.
- [33]VERMA A K, BANERJEE R. Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living — a review [J]. Journal of Food Science & Technology 2010 47(3): 247-257.
- [34]宋振. 甘薯茎叶的干燥制粉技术及青汁固体饮料的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学 2014.
- [35]MAKOTO N, TAKAHIRO F, SAKIE N, et al. Comparison of sugar beet pectin, soybean soluble polysaccharide and gum arabic as food emulsifiers. 1. Effect of concentration, pH and salts on the emulsifying properties [J]. Food Hydrocolloids 2008 22(7): 1254-1267.
- [36]梅新. 甘薯膳食纤维、果胶制备及物化特性研究[D]. 北京: 中国农业科学院 2010.
- [37]DICKINSON E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers [J]. Food Hydrocolloids 2009 23(6): 1473-1482.
- [38]SHIPGELMAN A, KYOMUGASHO C, CHRISTIAENS S, et al. The effect of high pressure homogenization on pectin: Importance of pectin source and pH [J]. Food Hydrocolloids 2015 43: 189-198.
- [39]刘佳. 干燥方式对苹果皮渣果胶理化性质的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版) 2010 25(4): 398-401.
- [40]GEERKENS C H, NAGEL A, JUST K M, et al. Mango pectin quality as influenced by cultivar, ripeness, peel particle size, blanching, drying and irradiation [J]. Food Hydrocolloids 2015 51: 241-251.

( 编校: 叶超 )