

聂梅梅, 肖亚冬, 李大婧, 等. 超微粉碎对山药全粉品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(19): 230–233.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.19.049

超微粉碎对山药全粉品质的影响

聂梅梅¹, 肖亚冬¹, 李大婧¹, 张培通², 冯 蕾¹, 张钟元¹, 刘春泉¹, 宋江峰¹, 刘春菊¹, 武敬楠¹, 江 宁¹

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014; 2. 江苏省农业科学院经济作物研究所, 江苏南京 210014)

摘要:为了明确超微粉碎工艺对山药粉品质的影响, 选用以真空冷冻干燥后的山药作为主要原料, 以普通粉碎的原料粉为对照, 采用振动式超微粉碎机对山药进行超微粉碎, 研究不同超微粉碎时间对山药超微全粉的各项理化和营养品质的影响。结果表明, 超微粉碎显著降低山药粉的粒径, 超微粉碎 5 min 即可达到超微粉的要求, 此时粒径为 14.26 μm ; 山药粉的色泽改善, 随超微粉碎时间延长, 溶解性指数和持水力呈上升趋势, 吸湿性降低, 山药粉中多糖溶出率呈现上升趋势。超微粉碎 5 min, 多糖溶出率较高, 达到 9.52%。综合分析, 超微粉碎 5 min 时, 获得的山药粉品质较佳, 适宜在山药深加工中推广应用。

关键词:山药粉; 超微粉碎; 品质; 多糖; 理化指标

中图分类号:TS255.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)19-0230-04

山药(*Dioscorea oppositifolia* L.) 是薯蓣科薯蓣属植物, 含有丰富的蛋白质、维生素、微量元素和黏多糖等, 也是我国传统的药食同源物^[1-2]。山药主要的活性成分是多糖, 具有较好的免疫调节作用, 大量研究表明, 山药在抗氧化、抗衰老方面具有很好的效果^[3-4]。但因其收获季节集中, 新鲜山药含水量高、常温下不耐贮存, 易褐变腐烂, 使保存和运输都很困难, 直接影响其食用性, 极大地限制了山药在食品中的应用。

对新鲜果蔬进行干燥制粉, 是近几年来果蔬加工的新趋势。果蔬全粉不仅营养丰富、贮藏稳定性好、运输成本低, 而且实现了原料的高效利用, 并可满足特殊消费人群的需要, 是提高产品附加值的重要途径之一^[5]。超微粉碎作为一种新型的食品加工改性方法, 指通过物理的剪切挤压等技术来克服被粉碎物料内部的凝聚力, 从而达到使物料粒径极大程度减小的目的, 将物料粒径粉碎至 10~25 μm , 由于粉碎细度远超普通粉碎方式, 得到的粉体比表面积大, 表面活性强, 且会出现普通粉体所不具备的特殊功能, 因此被广泛应用于食品领域中^[6]。超微粉碎可以粉碎常温下难以粉碎的物料, 如葡萄籽

和食用菌等, 粉碎后的粉体, 粒度更加微小和均匀, 溶解性能改善, 营养成分溶出率增加, 易于人体吸收^[7-8]。最新研究表明, 超微粉碎后荞麦粉的理化性质与降糖及抗氧化功能特性显著提升^[9]。然而对超微粉碎山药粉的研究较少。刘亚南研究 5 种不同干燥方式对怀山药进行干燥制粉, 筛选了怀山药粉的最佳干燥方式为喷雾干燥^[10]。张雪等研究了超微粉碎对怀山药粉的影响, 然而得出最佳粉碎时间为 3 h, 能耗较高^[11]。寻求一种加工能耗低、品质好的山药粉, 对于提高山药深加工水平及其附加值具有重要意义。

为了改善山药粉的理化特性, 提高其营养价值, 本研究结合前期的试验结果, 以真空冷冻干燥后的山药为原料制备粗粉, 采用超微粉碎机进行不同时间的超微粉碎, 研究超微粉碎过程对山药超微全粉品质的影响, 以期超微粉碎在山药加工产业的实际应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试山药品种为怀山药, 产地为河南焦作, 购于南京市孝陵卫集贸市场。试验于 2020 年 5—7 月在江苏省农业科学院农产品加工研究所实验室进行。

1.2 主要试剂与仪器

1.2.1 主要试剂 浓硫酸、磷酸、无水乙醚、无水乙醇、葡萄糖、苯酚等为分析纯试剂, 购于国药集团化学试剂有限公司。

收稿日期: 2020-07-10

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2017YFD0400901)

作者简介: 聂梅梅(1993—), 女, 山东德州人, 硕士, 主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail: 1148309350@qq.com。

通信作者: 李大婧, 博士, 研究员, 主要从事农产品加工与综合利用研究。E-mail: lidajing@163.com。

1.2.2 仪器与设备 FD-1A-50 型冷冻干燥机, 北京博医康实验仪器有限公司; BS224S 电子分析天平, 北京赛多利斯科学仪器有限公司; XDW-6A 振动式细胞级超微粉碎机, 济南达微机械有限公司; FW100 高速万能粉碎机, 天津市泰斯特仪器有限公司; DW-86L828 型超低温保存箱, 青岛海尔股份有限公司; 激光粒度分布仪, 英国马尔文仪器有限公司; H2050R 台式高速冷冻离心机, 长沙湘仪离心机仪器有限公司; UV-6300 紫外分光光度计, 上海美谱达仪器有限公司; HH-8 数显恒温水浴锅, 上海红星仪器有限公司。

1.3 样品处理

新鲜山药清洗去皮切成 (3 ± 2) mm 的薄片, 以质量分数为 2.0% 柠檬酸加 0.1% 抗坏血酸水溶液为护色剂, 按料液比为 1 g : 10 mL 在 95 °C 水浴锅中水浴 5 min, 称质量后待用。

1.4 试验方法

1.4.1 工艺流程 新鲜山药→去皮→清洗→切分→预处理→真空冷冻干燥→山药片→普通粉碎→超微粉碎→包装→贮藏。

1.4.2 山药片的制备 取适量削皮切片后的山药, 经预处理后进行真空冷冻干燥, 将山药干燥至干燥终点 (水分含量 < 5%), 装入自封袋, 置于干燥器中备用。

1.4.3 超微粉的制备 将得到的山药干用多功能粉碎机进行粉碎, 每次粉碎时间 10 ~ 15 s, 过 100 目筛, 得到山药粗粉。将山药粗粉放入超微粉碎机中进行超微粉碎, 每次投样量一定, 粉碎时间分别为 1、2、5、10 min, 得到 4 种微粉。

1.5 指标测定

1.5.1 粒径 利用激光粒度仪测定山药超微粉的粒径^[12]。

1.5.2 色泽 采用色差仪“CIE Lab”表色系统测定山药超微粉的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。其中 L^* 为亮度变量, 测定值越大则表示样品表面亮度越高。 a^* 为红色或绿色值, 正值表示红色, 负值表示偏绿色, 绝对值越大则说明红色或绿色越深。 b^* 为黄色或蓝色值, 正值表示为黄色, 负值则表示偏蓝色, 绝对值越大说明黄色或蓝色越深。

1.5.3 休止角 将一漏斗固定在距离水平面一定距离处, 取粉体适量, 使其通过玻璃漏斗自由落在平面上, 直到粉堆成的圆锥体的最高点碰到漏斗最下端为止, 测量此时圆锥体直径 D ^[8]。计算公式: $\theta = \arctg H/D$ 。其中: H 为漏斗底部距离水平面的距

离 (cm); D 为粉体堆成的圆锥体的直径 (cm); θ 为粉体的休止角 (°)。

1.5.4 复水性 精确称取 1 g 山药粉置于 50 mL 离心管中, 加入 20 mL 蒸馏水, 25 °C 条件下静置 1 h。然后以 5 000 g 速度离心 25 min, 去掉上清液所得沉淀物的质量即为复水粉的质量。复水性 (R) 用以下公式表示: $R = (m_2 - m_1)/m_1 \times 100$ 。其中 m_1 和 m_2 分别为山药粉复水前和复水后的质量 (g)^[13]。

1.5.5 吸湿性 山药粉吸湿性的测定参照王萍等的方法^[14]。

1.5.6 溶解性指数 (WSI) 称取质量为 1.0 g 的山药粉, 均匀分散在 50 mL 水溶液中; 将样品转入离心管, 在 80 °C 下水浴振荡 30 min; 然后 800 g 下离心 15 min, 然后置于 105 °C 干燥箱中下至恒质量, 称质量^[15]。计算公式如下: $WSI = M_1/M_0 \times 100\%$ 。其中: M_0 为样品的质量 (g); M_1 为烘干后的样品质量 (g); WSI 为粉的溶解性指数 (%)。

1.5.7 持水力 称取一定量的山药粉, 均匀分散在水溶液中, 样品和水的比例为 0.05, 将样品转入离心管, 用玻璃棒搅拌均匀, 置于 60 °C 恒温水浴锅中水浴 30 min, 然后取出在冷水中冷却。样品在 500 g 下离心 20 min, 去除上清液, 称取离心管和样品的总质量^[15]。计算公式如下:

$$WHC = \frac{m_1}{m_2 - m}$$

式中: m 为离心试管的质量 (g); m_1 为样品的质量 (g); m_2 为离心后离心管和样品的总质量 (g); WHC 为粉的持水力 (g/g)。

1.5.8 山药多糖溶出率测定 本试验采用苯酚-硫酸法测定山药粉中的多糖^[16]。准确称取 0.25 g 葡萄糖标准品, 置于 250 mL 容量瓶中定容, 摇匀, 得到 0.1 mg/mL 的葡萄糖标准溶液。分别移取标准溶液 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 于试管中, 分别加蒸馏水至 2 mL。加入 5% 苯酚溶液 1.0 mL, 迅速滴加 5.0 mL 浓硫酸摇匀, 后置于水浴锅中沸水浴 15 min, 冷却后在 490 nm 下测量吸光度, 制作标准曲线。按上述步骤处理样品后, 经显色后, 于 490 nm 下测定吸光值, 计算得出山药粉多糖的溶出率。多糖溶出率计算公式 = $CD/m \times 100\%$ 。其中: C 为葡萄糖的浓度 (mg/mL), D 为稀释倍数, m 为干物质质量 (mg)。

1.6 数据统计与分析

所有试验重复 3 次。各试验结果以“平均值 ±

标准差”表示。应用 SAS 软件进行单因素方差分析及组间差异的 Duncan’s 多重比较,应用 Origin 9.0、Excel 作图。

2 结果与分析

2.1 超微粉碎对山药粉色泽的影响

色泽是影响干制品的重要品质指标之一,不同超微粉碎时间对山药粉色泽的影响结果见表 1。超微粉碎后,山药粉亮度显著增加($P<0.05$)。随着超微粉碎时间延长,山药粉亮度呈现增加的趋势,超微粉碎 5 min 和 10 min 之间没有显著性差异,可能是因为随着超微粉碎时间延长,山药粉受热,其中的易氧化物质发生氧化,亮度增加缓慢。 a^* 表示粉体的红绿度,数值越大粉体越红;山药粉随着超微粉碎时间延长红度呈先增大后减小的趋势。 b^* 表示粉体黄蓝度,数值越大粉体越黄。超微粉碎显著增加粗粉的黄度值,且随着超微粉碎时间的延长黄度呈增加趋势。超微粉碎 5 min 时山药色度均较好。

2.2 超微粉碎对山药粉物理特性的影响

不同超微粉碎时间对山药粉物理特性的影响

表 2 不同超微粉碎时间对山药粉品质的影响

超微粉碎时间 (min)	粒径 (μm)	休止角 ($^{\circ}$)	吸湿性 (%)	溶解性指数 (%)	持水力 (g/g)	复水比
粗粉	61.26 \pm 1.25a	26.34 \pm 1.34a	23.45 \pm 1.25a	60.51 \pm 1.42a	0.24 \pm 0.01a	2.21 \pm 0.26a
1	45.31 \pm 2.51b	27.16 \pm 0.36a	22.24 \pm 0.25a	67.35 \pm 1.24b	0.24 \pm 0.03a	2.05 \pm 0.32a
2	30.15 \pm 3.24c	28.34 \pm 0.21c	23.24 \pm 0.64a	72.24 \pm 1.20c	0.26 \pm 0.02b	2.31 \pm 0.14a
5	14.26 \pm 0.64d	26.24 \pm 0.20b	18.14 \pm 0.51c	85.21 \pm 0.56d	0.29 \pm 0.02c	2.30 \pm 0.21a
10	15.21 \pm 0.46d	26.61 \pm 0.64b	21.14 \pm 0.65b	65.23 \pm 0.51b	0.33 \pm 0.01d	1.73 \pm 0.14b

粉体的休止角是反映粉体流动性大小的重要指标,休止角越小,粉体的流动性越好。本试验结果显示,不同超微粉碎时间对山药粉休止角有显著性差异。山药粉的休止角表现为先增加后减小的趋势。其中超微粉碎 2 min 山药粉休止角达到最大值,超微粉碎 5 min 山药粉休止角较小,与超微粉碎 10 min 没有显著性差异。这是因为超微粉碎使粉体粒径降低,导致颗粒的表面积增加,进而使其颗粒的摩擦力增加,因此粉体的休止角增加。然而随着超微粉碎时间延长,粉体表面的吸附力小于重力,导致休止角下降^[17]。本试验结果表明超微粉碎 5 min,山药粉流动性较好。

超微粉碎显著降低山药粉的吸湿性,且随着粉碎时间延长,山药粉的吸湿性降低,粉碎时间 5 min 时,山药粉的吸湿性达到显著性差异。粉体的吸湿

表 1 不同超微粉碎时间对山药粉色泽的影响

超微粉碎时间 (min)	L^*	a^*	b^*
粗粉	90.21 \pm 0.11a	0.42 \pm 0.01a	8.21 \pm 0.54a
1	91.65 \pm 0.21b	0.59 \pm 0.14a	10.64 \pm 0.16b
2	93.28 \pm 0.34c	0.75 \pm 0.02b	11.21 \pm 1.44b
5	96.21 \pm 0.15d	0.84 \pm 0.04c	15.21 \pm 0.49c
10	97.18 \pm 0.52d	0.80 \pm 0.16b	17.74 \pm 1.20d

注:同列小写英文字母不同表示差异显著($P<0.05$),表 2 同。

见表 2。结果显示,超微粉碎显著降低山药粉的粒径($P<0.05$)。此外,粉碎后的超微山药粉粒度分布更加均匀。随着超微粉碎时间延长,山药粉的粒径呈下降趋势,其中超微粉碎 5 min 和 10 min 之间没有显著性差异。超微粉碎 5 min 时,粒径达到 14.26 μm ,已达到超微粉的粒径要求(超微粉粒径要求为 10 ~ 25 μm),而张雪等采用低温球磨机发现超微粉碎 3 h 后怀山药粉才达到超微粉的要求^[11]。因此本试验中采用的振动式超微粉碎机在减少能耗的同时,能获得粒径较小且分布均匀的山药粉。

性越强,越易引起物料结块,使物料发生流动性降低、潮解等理化性变化,降低物料的生物稳定性,使产品难以被消费者所接受。粉体的吸湿性与粉体内部多种物质有关,不同的物料经超微粉碎后吸湿性存在差异,研究表明超微粉碎对菠萝蜜粉的吸湿性没有规律性影响^[14]。本试验结果与周禹含等的研究结果^[18]一致。本试验表明超微粉碎得到的粉体比普通粉碎的粉吸湿性小,超微粉碎 5 min 得到山药粉的吸湿性较低,超微粉碎更有利于山药粉的保存。

超微粉碎增加山药粉的溶解性指数和持水力,且随着粉碎时间延长,山药粉的溶解性指数和持水力增加。其中,超微粉碎 5 min,山药粉的溶解性指数和持水力达到显著性差异。经超微粉碎后,山药粉粒径降低,导致颗粒比表面积增加,因此分散性和溶解性增加^[19]。而超微 5、10 min 之间没有显著

差异,这是因为随着超微粉碎时间延长,粉体颗粒的粒径没有显著性差异,导致粉体的溶解性指数和持水力变化较小。因此超微粉碎 5 min 得到的山药粉溶解性更佳。

复水性是影响物料品质的一项重要指标。表 2 结果显示,短时间超微粉碎对山药粉的复水性没有显著影响,超微粉碎 10 min,山药粉的复水性显著降低。这是因为随着超微粉碎时间延长,粉体粒径降低且分布均匀,粉体的粒径越大^[12],复水性越大,颗粒间隙减小,并且山药中多糖含量高,置于水中黏结在一起,阻碍了水向山药粉内部渗透,导致复水性差。

2.3 超微粉碎对山药粉多糖溶出率的影响

山药中含有丰富的多糖,对调节人体免疫力具有重要作用。不同超微粉碎时间对山药粉多糖溶出率的影响如图 1 所示。根据葡萄糖标准曲线($y = 11.4404x + 0.0001, r^2 = 0.9995$)计算得到山药粉中多糖含量。超微粉碎显著提高山药粉中多糖的溶出率,且随着超微粉碎时间延长,多糖溶出率呈现上升趋势,超微粉碎 5 min 时,多糖溶出率达到 9.52%。超微粉碎降低山药粉的粒径,导致山药细胞破裂,有利于多糖溶出。此外,颗粒粒径降低,导致颗粒与水溶液接触面积增大,更易于多糖溶出。本试验获得的山药超微粉粒径值比张雪等的^[11]小,因此多糖溶出率比张雪等得到的值^[11]高。超微粉碎 5 min 后多糖溶出率增加缓慢,因此,考虑到能耗,选用超微粉碎 5 min 较适宜。此外,关于超微粉碎后山药粉的其他性质,如抗氧化活性及体外消化特性等值得进一步研究,这将对拓宽山药在食品中应用具有重要意义。

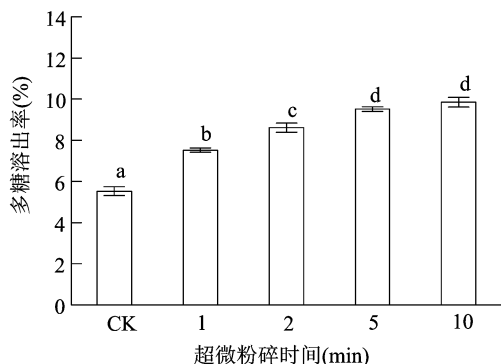


图1 不同超微粉碎时间对山药粉多糖溶出率的影响

3 结论

试验采用振动式超微粉碎技术制备超微山药粉,研究了不同超微粉碎时间对山药粉品质的影

响。超微粉碎显著增加山药粉的亮度,显著降低山药粉的粒径,超微粉碎 5 min 时,粒径为 14.26 μm ,此时山药粉的流动性、溶解性较好,吸湿性降低,更有利于山药粉的保存。此外,随着超微粉碎时间延长,山药粉多糖溶出率升高。

参考文献:

- [1] 衷平海. 山药乳发酵饮料[J]. 食品工业,1997(2):25-26.
- [2] 王震宙,黄绍华. 山药中的功能保健成分及其在食品加工中的应用[J]. 食品工业,2004(4):51-52.
- [3] 詹形,陶靖,王淑如. 水溶性山药多糖对小鼠的抗衰老作用[J]. 药学进展,1999,23(6):356-360.
- [4] 王永明. 山药提取物对 4 周大强度训练大鼠血清和部分组织抗氧化能力影响的研究[D]. 开封:河南大学,2010.
- [5] Chen X D, Ozkan N. Stickiness, functionality, and microstructure of food powders[J]. Drying Technology, 2007, 25(6):959-969.
- [6] 杨春瑜,柳双双,梁佳钰,等. 超微粉碎对食品理化性质影响的研究[J]. 食品研究与开发,2019,40(1):229-233.
- [7] 胥佳,魏嘉颐,李锦麟,等. 超微粉碎处理对葡萄籽中原花青素和脂肪酸成分的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(17):92-97.
- [8] Zhang M, Zhang C, Shrestha S. Study on the preparation technology of superfine ground powder of *Agrocybe chaxingu* Huang[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 67(3):333-337.
- [9] 王博,姚铁俊,李枝芳,王立峰. 超微粉碎对四种杂粮理化性质及功能特性的影响[J/OL]. 食品科学,2019-12-20. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20191219.1805.006.html>.
- [10] 刘亚男. 怀山药全粉的制备及其性质研究[D]. 洛阳:河南科技大学,2017.
- [11] 张雪,陈复生,邹建,等. 超微粉碎对小米、怀山药物化性质及功能成分影响的研究[J]. 食品科技,2019(6):176-182.
- [12] Zhang L, Xu H, Li S. Effects of micronization on properties of *Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne fruit powder[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(4):633-637.
- [13] Kim S H, Choi Y J, Lee H, et al. Physicochemical properties of jujube powder from air, vacuum, and freeze drying and their correlations[J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2012, 55:271-279.
- [14] 王萍,陈芹芹,毕金峰,等. 超微粉碎对菠萝蜜超微全粉品质的影响[J]. 食品工业科技,2015,36(1):144-148.
- [15] 刘素稳,常学东,李航航,等. 不同粉碎方法对杏鲍菇超微粉体物化性质的影响[J]. 现代食品科技,2013,29(11):2722-2727.
- [16] 温梓辰. 反复冻融法对枸杞多糖溶出率的研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(19):111-113.
- [17] 饶样福. 新型果蔬微粉片开发及其关键技术研究[D]. 无锡:江南大学,2007.
- [18] 周禹含,毕金峰,陈芹芹,等. 超微粉碎对枣粉品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2013,39(10):91-96.
- [19] 潘思轶,王可兴,刘强. 不同粒度超微粉碎米粉理化特性研究[J]. 中国粮油学报,2003,18(5):1-4.