

# 刺梨粉添加对猪肉丸食用品质与抗氧化性的影响

傅凌韵

(福建正大食品有限公司, 福建 龙岩 364000)

刺梨是我国一种独具特色的药食同源类植物, 主要分布在贵州、陕西、川东南等地。维生素 C 又称抗坏血酸, 是刺梨果实中含量最高、应用较广的有效成分, 是一种重要的抗氧化剂, 能够清除机体内的自由基, 抵御自由基对细胞的损害, 防止正常人体组织发生变异; 还能阻断亚硝酸盐和仲胺形成的强致癌物——亚硝胺, 具有防癌功效。

同时, 刺梨果实中膳食纤维的质量极佳, 膳食纤维因其固有的物质特性, 不仅有促进肠胃蠕动、降血压的功效, 还在预防糖尿病、结肠癌、便秘等方面具有重要作用, 而且能增加饱腹感, 防止进食过饱, 具有减肥的功效。目前随着人们对刺梨的药食、美容、保健和治疗等各种功效的研究开发, 刺梨被广泛用于医学, 食品, 日用和化工等领域。王文涛等发现刺梨渣可以改善牛肉的剪切力和失水率等, 从而提高牛肉的品质。

我国是全球最大的猪肉消费国, 猪肉是国人饮食中最主要的动物蛋白来源。根据国家统计局预测, 2022 年我国猪肉供应量仍将增长。传统的猪肉丸主要由蛋白质, 脂肪和淀粉组成, 含少量膳食纤维, 属于高脂、高热量食品。人体摄入过多易造成肥胖, 引发高血压、高血脂等疾病, 不能满足当代消费者对健康饮食的消费需求。因此, 改善

猪肉丸营养品质, 逐渐成为相关学者关注的热点, 曹媛媛等向猪肉丸中添加仙草以提高猪肉丸的抗氧化能力; Xu 等发现桑葚多酚在猪肉丸中可提高其抗氧化能力。刺梨中富含维生素 C 及膳食纤维, 可有效改善猪肉丸的相关品质。但有关刺梨粉对猪肉丸的食用品质和抗氧化特性影响的研究鲜见报告。

文章以猪肉丸为原料, 在肉丸中加入不同量的刺梨粉以分析刺梨粉对猪肉丸的食用特性及抗氧化性的影响, 为刺梨粉改善猪肉丸品质的加工应用提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

刺梨品种为贵州金刺梨; 产自贵州安顺(2021年6月采摘), 所选刺梨均无病虫害及物理损伤, 且大小均一。新鲜猪肉为猪后腿肉; 购自贵阳永辉超市生鲜市场。磷酸盐缓冲溶液(分析纯): 贵阳超远志诚生物科技有限公司生产。无水乙醇(分析纯): 天津市致远化学试剂有限公司生产。2, 2-联氮-2-(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS): 北京索莱宝科技有限公司生产。1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH): 北京百奥莱博科技有限公司生产。

### 1.2 主要设备

PHS-3C 型 pH 计: 上海仪电科学仪器股份有限公司生产。NR200

型色差仪: 深圳市三恩时科技有限公司生产。BJ-800A 型多功能粉碎机: 德清拜杰电器有限公司生产。101-0AB 型电热鼓风干燥箱: 天津市泰斯特仪器有限公司生产。ST8R 型冷冻离心机: 赛默飞世尔科技(中国)有限公司生产。TMS-PRO 型质谱仪: 美国 FTC 公司生产。TS-111B 型恒温摇床: 深圳市天呈精密制造有限公司生产。Multiskan 型全自动酶标仪: 赛默飞世尔科技(中国)有限公司生产。KQ-500KVD 型超声波清洗器: 昆山美美超声仪器有限公司生产。ME204E 型电子分析天平: 梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司生产。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 配方

按照新鲜猪肉的质量(重量)百分比添加配料, 新鲜猪肉肥瘦比例为 1:3、姜 1.50%、食盐 1.00%、白胡椒粉 0.20%、味精 0.30%、淀粉 2.00%、三聚磷酸钠 0.20%; 按不同刺梨粉添加量分为 5 组, 其添加量分别为 0(对照组)、0.20%、0.40%、0.60%、0.80%。

#### 1.3.2 制作工艺

刺梨粉制作: 选择新鲜、表面无病斑的刺梨, 清洗干净后去除内部的籽粒, 切片后于电热鼓风干燥箱中烘干, 时间为 9 h。烘干后将其打磨成粉末状过 100 目样品筛, 即得刺梨粉。

猪肉丸制作：将猪肥瘦肉经4 mm板孔的绞肉机搅碎，加入一定比例配料和少许水，充分搅拌均匀，制成直径为3 cm的肉丸。蒸煮成型后冷却至室温，置于4℃冰箱内备用。

#### 1.4 刺梨粉对猪肉丸食用特性的影响

##### 1.4.1 质构特性

根据文献将猪肉丸切成2 cm的正方形样品，采用质构仪在TPA模式下测定样品的硬度、弹性、黏附性及咀嚼性。质构仪参数：探头型号，p/50；测定前后探头速度，5.00 mm/s；压缩比50%；触发类型，自动；触发力，0.50 N；两次测定间距时间；5.00 s。

##### 1.4.2 pH

称取5 g猪肉丸样品，加入50 mL去离子水后用料理机破碎40 s，得匀浆液。用pH计测定匀浆液的pH，待数据稳定后读数。

##### 1.4.3 蒸煮损失率

根据文献稍做修改，准确称量生肉丸质量( $m_1$ )，在沸水中煮4 min使中心温度达80℃后捞出，室温下冷却，并用滤纸吸干表面水分后称重( $m_2$ )。

蒸煮损失率(%) =  $(m_1 - m_2) \div m_1 \times 100\%$

##### 1.4.4 色差

根据文献稍做修改，将肉丸捏成厚度约5 mm，直径大于色差计口径圆饼状，置于表面皿中。用校正后的色差仪测量猪肉丸的亮度值(L\*)、红度值(a\*)和黄度值(b\*)。

#### 1.5 刺梨粉对猪肉丸抗氧化特性的影响

##### 1.5.1 ABTS 自由基清除活性

根据参考文献修改如下：准确称取10 g样品，加入50 mL无水乙醇，充分混匀1 min后于50℃，120 r/min条件下恒温振荡1 h。过

滤后取1 mL滤液，将其稀释8倍后取1 mL滤液与4 mL ABTS溶液充分混合，黑暗中反应6 min，测定其在734 nm处的吸光度。

$$R\% = (A_0 - A_s) \div A_0 \times 100\%$$

式中：R%为ABTS自由基清除率； $A_0$ 为ABTS溶液的吸光度； $A_s$ 为滤液与ABTS混合溶液的吸光度。

##### 1.5.2 DPPH 自由基清除活性

根据参考文献修改如下：准确称取10 g样品，加入50 mL的无水乙醇，充分混匀1 min，于50℃，120 r/min恒温振荡1 h，过滤后取滤液。取1 mL稀释8倍数的滤液，添加4 mL DPPH(0.04 mg/mL)，室温避光反应30 min后，于517 nm处测吸光度。

$$R\% = (A_0 - A_1) \div A_0 \times 100\%$$

式中：R%为DPPH自由基清除率； $A_0$ 为DPPH溶液的吸光度； $A_1$ 为样液与DPPH混合溶液的吸光度。

#### 1.6 数据处理

实验均重复3次，结果用平均值±标准差。采用SPSS 26软件、origin 2021及Microsoft Excel 2007等软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 刺梨粉对猪肉丸食用特性的影响

#### 2.1.1 质构特性

硬度、弹性、黏附性和咀嚼性是衡量猪肉丸质构的重要指标。硬度是描述与食品变形或穿透食品所需的力有关的机械质地特性，是食

品保持形状的内部结合力，值越小代表硬度越低，肉糜的品质就越好。结果如表1所示，随着刺梨粉的增加，肉糜的硬度显著降低( $P < 0.05$ )。肉丸的硬度与肉类的保水性有一定关系，刺梨粉的添加可能增加其保水性，使得肉糜硬度降低。弹性是食品发生形变后可以恢复原来状态的一种性质，数值越大，弹性越好。肉丸添加刺梨粉后弹性显著上升，但刺梨粉添加量的变化对肉丸弹性无显著影响。这可能是由于刺梨粉的添加，使刺梨中的多糖与肉糜蛋白质紧密结合，增加肉糜的内部结构，束缚了更多的水分，从而导致肉糜弹性增加。黏附性是指一种物质在另一种物质上的黏附程度。肉丸的黏附性随着刺梨粉添加的增加而逐渐上升。咀嚼性可认为是咀嚼固体食物所需要的能量，常用于固体食物的口感描述。由表1可知，刺梨粉添加的增加使肉丸咀嚼性呈现上下波动，但没有显著性差异( $P > 0.05$ )。

#### 2.1.2 pH

pH是判定肉类质量与风味的重要指标之一，pH > 6.00为正常猪肉。如图1所示，添加刺梨粉后猪肉丸的pH与对照组相比较，整体呈现下降趋势，其结果与郭年红利用青稞麸皮膳食纤维在肉制品中应用的结果相似。pH下降是由于刺梨中的有机酸等活性成分与猪肉丸中的蛋白质相结合并发生反应，导致猪肉丸pH下降。而当刺梨粉添

表1 刺梨粉添加量对猪肉丸质构性的影响

刺梨粉添加量 / (%)	硬度 / N	弹性	黏附性	咀嚼性 / mJ
0	12.37±0.13 <sup>a</sup>	2.28±0.04 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>d</sup>	10.79±0.73 <sup>a</sup>
0.20	10.33±0.12 <sup>b</sup>	3.18±0.24 <sup>b</sup>	0.42±0.02 <sup>b</sup>	11.18±0.10 <sup>a</sup>
0.40	9.83±0.09 <sup>bc</sup>	3.53±0.22 <sup>b</sup>	0.35±0.01 <sup>c</sup>	10.19±0.29 <sup>ab</sup>
0.60	9.17±0.56 <sup>c</sup>	3.49±0.28 <sup>b</sup>	0.50±0.05 <sup>a</sup>	11.57±1.54 <sup>a</sup>
0.80	7.93±0.19 <sup>d</sup>	3.37±0.05 <sup>b</sup>	0.52±0.02 <sup>a</sup>	8.67±0.04 <sup>b</sup>

注：同列不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )，下同。

加量为 0.60% 时, pH 呈现上升趋势, 这可能与肉丸制作过程中刺梨粉的损失有关。

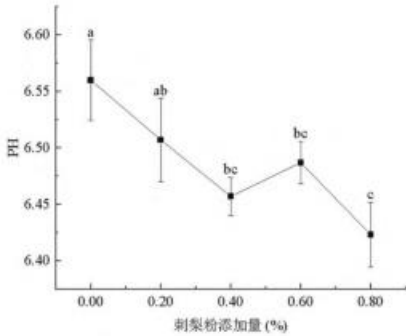


图 1 刺梨粉添加量对猪肉丸 pH 的影响

### 2.1.3 蒸煮损失率

蒸煮损失率是指肉制品在蒸煮过程中水分损失的百分比, 可以评价肉制品的持水力。如图 2 所示, 当刺梨粉添加量为 0.40% 时, 肉丸的蒸煮损失率呈现突增状态, 可能与肉丸制作过程中, 刺梨粉没有与肉糜充分混合, 导致肉丸蒸煮损失率增加; 当刺梨粉添加量为 0.60% 时, 肉丸的蒸煮损失率趋于稳定状态。可能是由于加热过程中, 刺梨粉中含有的多糖与肉丸中的蛋白质结合, 使肉丸的内部结构变得更加紧密, 从而保留了更多的水分, 提高其保水特性。因此添加刺梨粉可降低肉丸产品的蒸煮损失率, 提高肉糜的保水性。

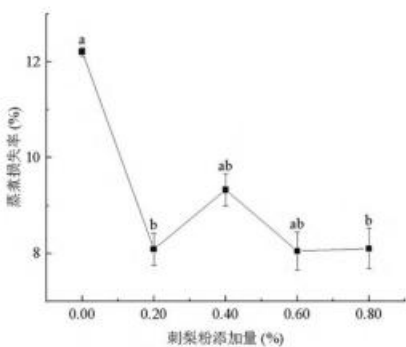


图 2 刺梨粉添加量对肉丸蒸煮损失率的影响

### 2.1.4 色泽

猪肉丸色泽是消费者进行产

品选择的重要依据之一, 不同比例的刺梨粉添加对猪肉丸色泽的影响不同。由表 2 可知, 与未添加刺梨粉的猪肉丸相比, 添加刺梨粉的猪肉丸 L 值 \* 呈显著降低趋势 ( $P < 0.05$ ), a 值 \* 与 b 值 \* 呈现显著上升趋势 ( $P < 0.05$ ), 这与刘俊雅在猪肉糜中添加竹笋膳食纤维的结果相似。刺梨粉中含有花青素, 随着其成熟度的提高, 颜色由绿转黄, 因此刺梨外观呈淡黄色, 并且其中含有丰富的多糖, 与猪肉丸中的氨基化合物在加热过程中发生美拉德反应, 产生黑褐色物质从而改变肉丸色泽。由此可得, 刺梨粉的添加可以改善肉丸的色泽, 并且产生风味物质。

表 2 刺梨粉添加量对猪肉丸色泽的影响

刺梨粉添加量 / (%)	L 值 *	a 值 *	b 值 *
0	55.30±0.10 <sup>a</sup>	3.48±0.01 <sup>b</sup>	11.61±0.03 <sup>c</sup>
0.20	53.58±0.16 <sup>b</sup>	3.22±0.01 <sup>a</sup>	10.27±0.03 <sup>c</sup>
0.40	53.22±0.08 <sup>b</sup>	3.24±0.01 <sup>a</sup>	10.34±0.03 <sup>c</sup>
0.60	53.49±0.05 <sup>b</sup>	3.39±0.01 <sup>a</sup>	12.81±0.01 <sup>b</sup>
0.80	52.25±0.05 <sup>b</sup>	4.37±0.01 <sup>a</sup>	13.35±0.02 <sup>b</sup>

### 2.2 刺梨粉对猪肉丸抗氧化活性 (ABTS、DPPH) 的影响

肉制品中含有较丰富的脂肪和蛋白质, 为人体带来营养的同时, 易在贮存过程中会发生各种氧化反应, 产生对人体有害的自由基, 从而诱发产品的腐败变质。而抗氧化剂是通过自身的还原作用使自由基转变成稳定的分子, 从而失去活性。由图 3 可知, 随着刺梨粉的添加增多, 肉丸的 ABTS 与 DPPH 自由基清除率显著增加, 其自由基清除率分别从 72.39%、70.94% 上升到 93.44%、89.27%。这可能是因为刺梨粉中富含的维生素 C、多糖、单宁与总酚等有效成分, 其作为有效的抗氧化剂, 使得刺梨粉添加到猪

肉丸后, 增强肉丸的自由基清除能力。当刺梨粉添加量为 0.80% 时, ABTS 与 DPPH 自由基清除率达到最高, 本实验的结果与艾草对猪肉丸品质和抗氧化特性的影响结果相似。

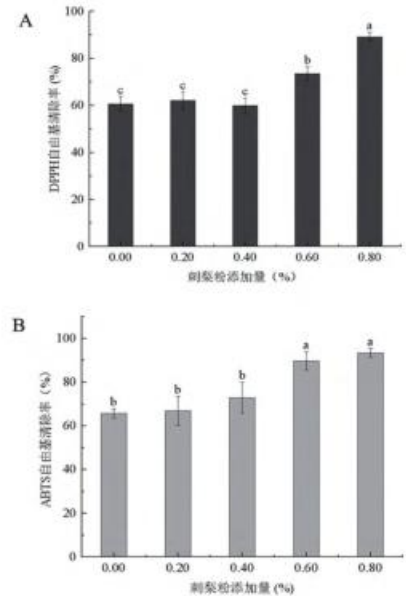


图 3 刺梨粉添加量对猪肉丸抗氧化能力的影响

A. 刺梨粉添加猪肉丸中 DPPH 自由基清除率的测定  
B. 刺梨粉添加猪肉丸中 ABTS 自由基清除率的测定

### 3 结论

实验选用猪肉丸为原料, 研究刺梨粉对猪肉丸食用品质与抗氧化性能的影响。结果表明, 随着刺梨粉的增加, 猪肉丸的硬度从 12.37 N 降低至 7.93 N; 黏附性增强; 亮度值 (L\*) 显著降低、红度值 (a\*) 和黄度值 (b\*) 显著升高; 当刺梨粉添加量为 0.80% 时, ABTS 及 DPPH 自由基清除率分别从 72.39%、70.94% 显著提高至 93.44%、89.27% ( $P < 0.05$ )。说明刺梨粉能够改善猪肉丸的质构特性, 降低其蒸煮损失率, 改善肉丸的色泽, 并增强肉丸的抗氧化性能。为刺梨在肉类食品领域中的加工应用提供了理论参考。

(收稿日期: 2022-06-23)