

# 马铃薯米粉与纯米粉品质的分析比较

刘嘉, 吕都, 唐健波, 李俊, 王辉, 刘永翔

(贵州省食品加工研究所, 贵州贵阳 550006)

**摘要:** 本文选用早籼米, 采用传统工艺即挤压技术干法生产制作米粉。在传统工艺的基础上, 添加马铃薯雪花粉作为米粉品质改良剂, 生产制作不同马铃薯雪花粉含量的马铃薯米粉。以纯米粉和不同马铃薯雪花粉添加量制成的马铃薯米粉为研究对象, 从复水特性、蒸煮特性、营养成分和感官评定四个方面对纯米粉和不同马铃薯雪花粉含量米粉的品质进行分析比较。并将不同马铃薯雪花粉添加量的马铃薯米粉进行比较, 确定了马铃薯米粉中马铃薯雪花粉的最佳添加量。结果表明: 马铃薯米粉的品质优于纯米粉的品质, 马铃薯雪花粉的最佳添加量为 40%, 采用传统工艺生产制得的马铃薯米粉复水速率快、蒸煮损失率低、断条率低、营养成分和矿物质含量更丰富。本文可以为工业生产提供理论基础, 也可以为消费者选择马铃薯米粉提供选择依据。

**关键词:** 马铃薯; 米粉; 品质; 比较

**文章编号:** 1673-9078(2018)01-45-51

**DOI:** 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.1.008

## Comparison of Quality of Potato Rice Noodles with Rice Noodles

LIU Jia, LV Du, TANG Jian-bo, LI Jun, WANG Hui, LIU Yong-xiang

(Food Processing Institute of Guizhou Province, Guiyang 550006, China)

**Abstract:** In this study, the early indica rice was selected to produce the rice noodles by traditional technology. Based on the traditional process, potato powder was added as a rice noodles quality improver to produce potato rice noodles. The pure rice noodles and potato rice noodles with different additive dosages of potato powder were taken as the research object, they were analyzed and compared from four aspects, rehydration characteristics, cooking characteristics, nutrient content and sensory evaluation. The potato rice noodles with different additions of potato powder were compared to determine the best additive dosage of potato powder. The results indicated that the quality of potato rice noodles was better than that of rice noodles. The optimal addition dosage of potato powder was 40%. The potato rice noodles prepared by the traditional process had high rehydration rate, low cooking loss rate and broken rate, nutrients and minerals were more abundant. This study could provide theoretical basis for industrial production, and could also provide selection basis for consumers to choose potato rice noodles.

**Key words:** potato; rice noodles; quality; comparison

米粉又称米线、米面条或米粉丝, 是一种以大米为主要原料的条状米制品。其质地柔韧、口感爽滑筋道, 既可作为主食, 又可作为小吃, 起源于中国, 距今有 2000 多年历史, 是一种传统主食, 在我国南方地区、港澳台地区及东南亚地区受到广泛欢迎<sup>[1-3]</sup>。马铃薯是我国居民膳食结构的重要组成部分, 与粮谷类一起被归为“谷薯类”。一般每 100 g 新鲜马铃薯中含有淀粉 9~28 g, 蛋白质 1.5~2.3 g, 脂肪 0.1~1.1 g, 粗纤维 0.4~1.5 g<sup>[4]</sup>, 在西方发达国家和地区, 马铃薯主要以主食形式消费, 成为生活中不可缺少的食物之一, 深受消费者的喜爱, 但在我国马铃薯主要以蔬菜或杂

收稿日期: 2017-07-12

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFNC010104); 贵州省科技计划课题 (黔科合重大专项字[2014]6016); 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑[2016]2575号); 贵州省农业科学院专项 (黔农科院院专项[2016]021)

作者简介: 刘嘉 (1985-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品科学

通讯作者: 刘永翔 (1978-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 食品科学

粮形式被人们所食用<sup>[5,6]</sup>。随着马铃薯主食化战略的提出, 马铃薯各式主食不断涌现。马铃薯米粉, 以其富含膳食纤维、维生素和矿物质、营养价值高等特点, 深受广大消费者喜爱。

随着我国居民生活水平的提高及市场经济的发展, 早餐工程、学生营养餐、方便米食、主食产业化等举措, 将促使米粉生产的健康发展, 米粉的商业化生产亦日益提高。米粉和大米一样, 主要生产和消费地区在亚洲, 尤其是籼米的种植地区, 如我国南部省份以及泰国、马来西亚和菲律宾等<sup>[7-9]</sup>。这些地区的科学技术还欠发达, 而欧美及日本等发达地区对米粉了解不多, 因此, 针对马铃薯米粉的科学研究报告较少。

本研究以马铃薯米粉和纯米粉为研究对象, 通过对马铃薯米粉和纯米粉的复水特性、蒸煮时间、糊化度和营养成分的测定, 再结合马铃薯米粉的感官评价, 对马铃薯米粉和纯米粉的品质进行对比, 为马铃薯米粉消费者提供选择指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

籼米：贵州金晨农产品开发有限公司；马铃薯雪花粉：石家庄凌峰农副产品开发有限公司；乙醚、无水乙醇、石油醚、葡萄糖、浓盐酸、浓硫酸、酒石酸钾钠、硫酸铜：成都金山化学试剂有限公司，均为分析纯；糖化酶：邢台万达生物工程有限公司； $\alpha$ -淀粉酶：邢台万达生物工程有限公司。

### 1.2 仪器与设备

紫外可见分光光度计：UV-2102C 型，尤尼柯（上海）仪器有限公司；离心机：上海安亭科学仪器厂；凯氏定氮仪：KN580 型，济南阿尔瓦仪器有限公司；数显恒温水浴锅：HHS 型，上海博迅实业有限公司医疗设备厂出品；电热恒温鼓风干燥箱：通州远东电子仪器厂；电子精密天平：奥豪斯仪器有限公司；电子分析天平：奥豪斯仪器有限公司；全自动氨基酸分析仪：日立 L-8800 型，日本日立公司。

### 1.3 马铃薯米粉的制备

马铃薯米粉的制作工艺：大米→清洗浸泡→沥干→粉碎→添加马铃薯雪花粉→混合搅拌→熟化挤压成型→冷却→老化→散丝→干燥→成品

根据马铃薯米粉加工工艺，制备得到不同原料配比的纯米粉和五种马铃薯米粉，各样品原料配比如下：

表 1 马铃薯米粉配料表

Table 1 The ingredients of potato rice noodles

样品编号	早籼米/%	马铃薯雪花粉/%
0 (空白)	100	0
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 马铃薯米粉复水特性的测定

对米粉复水性的影响存在多方面因素，其中水温、水量、米粉浸泡时间对米粉的复水性具有重要影响。因此，通过控制这三个因素就基本可以控制米粉的复水特性。本实验主要研究米粉的浸泡时间对马铃薯米粉复水特性的影响，最终确定最佳复水时间。其中控制水温为室温（25℃），水量为米粉质量的 10 倍，在

相同的条件下取米粉每 10 g 为一组，分别置于烧杯中进行米粉浸泡，以 30 min 为间隔，每隔 30 min 将一组米粉取出，用滤纸吸收其表面的水分，置于干燥烧杯中进行称重，直至米粉重量为恒重，即可得出复水率。

$$\text{复水率}(\%) = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100\%$$

式中： $M_0$ —样品重量，g； $M_1$ —样品复水后总重，g。

#### 1.4.2 马铃薯米粉最佳蒸煮时间的测定

取长度为 20 mm 的米粉数根，在常温（25℃）下，浸泡至复水率达到（50±2）%，将其捞出放入 200 mL 沸腾的蒸馏水内蒸煮，每隔 30 s 取一根米粉，用小刀切开，观察其横截面有无白芯，米粉横截面中央没有白芯为全熟，最佳蒸煮时间为白芯消失时间<sup>[10]</sup>。

#### 1.4.3 马铃薯米粉蒸煮损失率和断条率的测定

截取长约 10 cm 的样品 10 g 于 105℃ 烘干至恒重，测其干物质量为  $M_1$ ，然后在常温下用 100 mL 蒸馏水浸泡到复水率为（50±2）%，用筷子将米粉夹出，放入沸腾的 200 mL 蒸馏水中蒸煮 2 min，加冷水冷却并滤干，再将其放入 105℃ 恒温干燥箱中烘干至恒重，测定干物质量  $M_2$ 。以上操作重复 3 次，取平均值。

$$\text{蒸煮损失率} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

截取长 10 cm 的复合米粉 20 根，在常温下用 100 mL 蒸馏水浸泡到复水率为（50±2）%，用筷子将米粉夹出，放入沸腾的 200 mL 蒸馏水中蒸煮 2 min，滤去汤汁，加冷水冷却并滤干，倒入盘中，记录最后长为 10 cm 以上的复合米粉条数  $D$ ，以上操作平行测定 3 次，取平均值。

$$\text{断条率} = \frac{20 - D}{D} \times 100\%$$

#### 1.4.4 马铃薯米粉的糊化度的测定

将马铃薯米粉样品粉碎至细度为 80 目，按照 GB/T 5009.3-2010 规定的方法测定其水分含量。准确称取马铃薯米粉（1±0.1）g，分别放入 2 个 100 mL 的锥形瓶中（ $A_1$ ， $A_2$ ），均加入蒸馏水 50 mL，摇匀。将  $A_1$  在电磁炉上，用小火微沸糊化 20 min，然后冷却至室温，各加 1% 糖化酶 5 mL，于 60℃ 水浴振荡 90 min，立即加 1 mol/L HCl 2 mL，用蒸馏水定溶到 100 mL，然后以 5000 r/min 离心 5 min。取上清液 10 mL，稀释 10 倍。用 3,5-二硝基水杨酸定糖法来测定吸光度值，并以 3,5-二硝基水杨酸试剂作空白。糊化度即为试样（ $A_2$ ）的吸光值与完全糊化试样（ $A_1$ ）的吸光度值之比<sup>[11]</sup>。

#### 1.4.5 马铃薯米粉主要营养成分测定

- (1)水分,按照 GB/T 5009.3-2010 规定的方法测定;
- (2)蛋白质,按照按照 GB 5009.5-2010 凯氏定氮法测定;
- (3)脂肪,按照 GB 5009.6-85 索氏提取法测定;
- (4)碳水化合物,淀粉的测定按照 GB/T 5009.9-2008 酶水解法测定;膳食纤维的测定按照 GB 5009.88-2014 酶解法测定;总糖的测定按照 GB/T 5009.9-2008 《食品中总糖的测定》测定;
- (5)矿物质的测定,钾的测定按照 GB/T 5009.91-2003 《食品中钾、钠的测定》;钙的测定按照 GB/T 5009.92-2003 《食品中钙的测定》;铁、镁的测定按照 GB/T 5009.90-2003 《食品中铁、镁、锰的测定》;

锌的测定按照 GB/T 5009.14-2003 《食品中锌、硒的测定》。

(6)氨基酸,按照 GB/T 5009.124-2003 中方法测定。

### 1.4.6 马铃薯米粉感官评定

取长 20 mm 左右的米粉数根,放入 500 mL 沸腾的蒸馏水内,煮至米粉白芯消失后将其捞出,放入盛有清水的碗中,进行感官评价<sup>[12]</sup>。感官评价时,先观察米粉的色泽和表观,再通过咀嚼品尝,最后记录评分结果,并整理相关数据。

将试样编号后,选择 10 位具有食品专业知识的人对马铃薯米粉的感官品质进行感官评价。马铃薯米粉感官评价表见表 2。

表 2 马铃薯米粉感官评价表

Table 2 The sensory evaluation of potato rice noodles

项目	分值	评分标准
色泽	10 分	白色,晶莹透亮(8~10分);较白,亮度一般(6~8分);色发暗、发灰,无光泽(1~2分)
表观	15 分	表面光滑(10~15分);表面较光滑(6~10分);表面粗糙,有裂痕(1~6分)
硬度	25 分	软硬合适(21~25分);稍软(硬)(14~20分);过软(硬)(0~14分)
弹性	15 分	弹性好(12~15分);弹性一般(8~11分);弹性差(4~7分)
粘性	10 分	不黏牙(8~10分);稍粘牙(5~7分);粘牙(2~4分)
爽滑性	10 分	光滑爽口(8~10分);较光滑(4~7分);口感粗糙,不爽口(0~3分)
咀嚼性	10 分	口感好,耐咀嚼(8~10分);口感一般,较耐咀嚼(5~7分);口感易烂,不耐咀嚼(2~4分)。
食味	5 分	有马铃薯的清香味(5分);无味(3~4分);有异味(1~2分)

## 1.5 数据统计与分析

本实验所有数据采用 origin 9.1 作图及 Excel、spss 处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉复水

#### 特性的影响

在常温(25℃)、样品与水质量比为 1:10 的条件下进行,每隔 0.5 h,对不同比例的马铃薯米粉进行复水率的测定。从图 1 可知添加 50% 马铃薯雪花粉的马铃薯米粉复水速率最快,而纯米粉的复水率最慢。米粉在 0.5 h~1.5 h 时间段内复水速率较快,主要是由于经过干燥的米粉,在浸泡时淀粉粒大量吸水,当经过一段时间,淀粉粒吸水量达到饱和,则复水结束<sup>[13]</sup>。随着马铃薯雪花粉含量的增加,马铃薯米粉的复水率逐渐增加,当复水达到饱和时,添加量为 30% 的马铃薯米粉复水率最大。

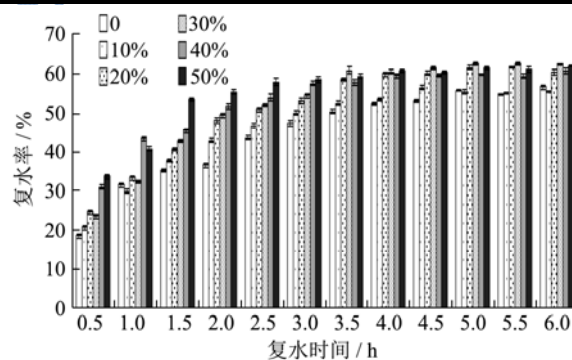


图 1 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉复水特性的影响

Fig.1 Effects of the dosages of potato powder on rehydration characteristics of potato rice noodles

纯米粉与马铃薯米粉相比,复水饱和时间长于马铃薯米粉,复水率低于马铃薯米粉。这可能是由于马铃薯淀粉中的亲油基链进入了直链淀粉的空间结构,形成了一种较为稳定的淀粉络合物,其亲水基团部分裸露在外,加强了整个络合体的亲水性,使得水分更容易渗入到米粉颗粒内部,因此提高了马铃薯米粉的复水率<sup>[14]</sup>。因此,添加马铃薯雪花粉可以改善纯米粉复水困难的问题。

## 2.2 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉最佳

蒸煮时间的影响

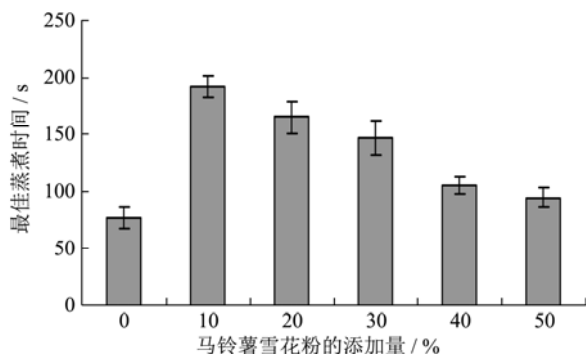


图2 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉最佳蒸煮时间的影响

Fig.2 Effects of the dosages of potato powder on the optimal cooking time of potato rice noodles

由图2可知, 马铃薯米粉与纯米粉相比, 其最佳蒸煮时间均长于纯米粉。这可能是由于马铃薯雪花粉与大米粉混合后, 经挤压熟化生产马铃薯米粉的过程中直链淀粉含量增高, 支链淀粉含量降低, 生产的马铃薯米粉容易老化、质地容易变硬<sup>[15]</sup>。由表4结果可知, 当马铃薯雪花粉的添加量为40%时, 经挤压熟化生产的马铃薯米粉中直链淀粉的含量为49.41%, 支链淀粉的含量为13.44%, 可以印证这一可能。纯米粉中两种淀粉含量相对均衡, 其最佳蒸煮时间较短。

## 2.3 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉蒸煮

损失率和断条率的影响

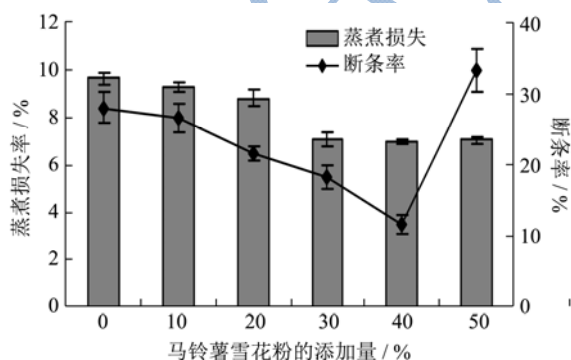


图3 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉蒸煮损失率和断条率的影响

Fig.3 Effect of the dosages of potato powder on the cooking loss rate and broken rate of potato rice noodles

由图3可知, 马铃薯雪花粉的添加量在10~30%时, 对马铃薯米粉的蒸煮损失率和断条率的影响呈现显著性差异, 随着马铃薯雪花粉含量的增加, 马铃薯

米粉的蒸煮损失率也逐渐降低, 当马铃薯雪花粉含量为30%时趋于平稳。在米粉生产中, 马铃薯雪花粉可以作为一种品质改良剂, 添加后可以明显改善米粉的蒸煮特性。这可能是由于马铃薯淀粉糊化后能产生很高的黏度, 冷却后形成柔软而透明的凝胶, 其不光自身可以产生凝胶, 在与大米粉混合后经糊化, 更能帮助大米淀粉形成凝胶, 使其直链淀粉分子的缠绕和有序化<sup>[16]</sup>。

米粉品质优劣最直观的指标就是米粉的断条率, 断条率越高, 说明米粉的品质越差, 断条率越低, 说明米粉的品质越好。随着马铃薯雪花粉含量的增加, 马铃薯米粉的断条率逐渐下降, 且断条率均小于纯米粉的断条率; 当马铃薯雪花粉含量大于40%时, 其断条率高于纯米粉的断条率, 达到33.33%。这说明一定量的马铃薯雪花粉可以加大米粉之间的凝胶性, 但并非越多越好, 超过某一含量时, 过多的淀粉会加速减弱直链淀粉的缠绕, 甚至会打破直链淀粉的有序化, 使其发生紊乱, 使得凝胶特性减弱。

## 2.4 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉糊化度的影响

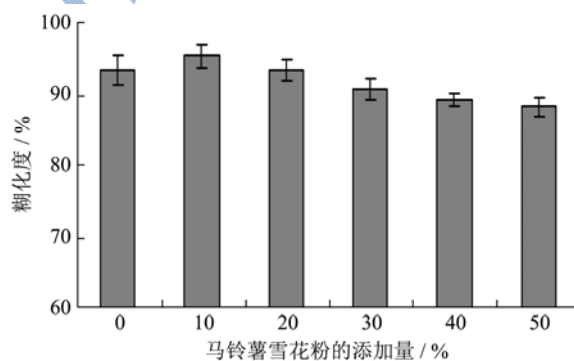


图4 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉糊化度的影响

Fig.4 Effects of the dosages of potato powder on the degree of gelatinization of potato rice noodles

糊化度表示糊化的淀粉占全部淀粉的比例, 淀粉糊化是指在高温状态下, 水分子进入淀粉分子, 加热煮沸处理, 能够打破分子间的氢键, 使淀粉成为淀粉糊的状态<sup>[17]</sup>。糊化度的大小, 同样影响马铃薯米粉品质的好坏, 糊化度越高, 则说明在挤压熟化过程中淀粉的凝胶性就越强, 这样复合粉间淀粉分子才结合得越紧密。由图4可知, 纯米粉与马铃薯米粉相比, 其糊化度仅低于马铃薯雪花粉含量为10%的马铃薯米粉。随着马铃薯雪花粉添加量的增加, 马铃薯米粉的糊化度逐渐降低。这可能是由于随着马铃薯雪花粉添加量的增加, 复合粉料对水量需求上升, 固定的加水

量不能满足逐渐增多的马铃薯雪花粉, 导致复合粉料含水量不足, 造成糊化不完全。

## 2.5 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉营养成分的影响

本研究对纯米粉及 5 种马铃薯米粉营养成分的测定, 分别从水分、蛋白质、总糖、脂肪、碳水化合物、矿物质和氨基酸含量对 6 种样品进行测定及分析, 其结果分别见表 3、表 4、表 5 和表 6。

表 3 不同马铃薯米粉主要成分测定结果

Table 3 The results of main components of different potato rice

noodles				
样品编号	水分含量/%	蛋白质含量/%	总糖含量/%	脂肪含量/%
0(空白)	13.71±0.05 <sup>a</sup>	6.58±0.02 <sup>b</sup>	54.47±1.24 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>
1	12.39±0.01 <sup>b</sup>	6.73±0.13 <sup>b</sup>	56.48±1.02 <sup>b</sup>	0.11±0.02 <sup>a</sup>
2	12.02±0.02 <sup>b</sup>	6.99±0.03 <sup>b</sup>	57.31±1.4 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>
3	12.56±0.05 <sup>b</sup>	7.27±0.05 <sup>b</sup>	59.25±1.3 <sup>a</sup>	0.13±0.03 <sup>a</sup>
4	13.26±0.03 <sup>a</sup>	7.67±0.02 <sup>a</sup>	60.91±0.58 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>
5	12.16±0.19 <sup>b</sup>	7.84±0.02 <sup>a</sup>	60.71±0.61 <sup>a</sup>	0.15±0.04 <sup>a</sup>

注: 同列中肩标字母不同, 表示差异显著 ( $p<0.05$ )。0、1、2、3、4 和 5 分别表示马铃薯米粉中马铃薯雪花粉的添加量为 0%、10%、20%、30%、40%和 50%。

由表 3 可知, 纯米粉和马铃薯米粉的水分含量在 13%左右, 差异不大; 纯米粉与马铃薯米粉相比, 其蛋白质含量低于马铃薯米粉, 当马铃薯雪花粉含量为 50%时, 马铃薯米粉的蛋白质含量比纯米粉的蛋白含量增加了 1.26%; 随着马铃薯粉含量的增加, 马铃薯米粉中的总糖含量和脂肪含量均呈现上升趋势。据此可知, 添加马铃薯雪花粉可以改善纯米粉的营养结构, 而且可以使其营养成分的含量增加。

由表 4 可知, 纯米粉与马铃薯米粉相比较, 支链淀粉的含量小于马铃薯米粉, 但是直链淀粉的含量大

于马铃薯米粉, 由此可知, 马铃薯米粉在蒸煮过程中不容易断条、蒸煮损失率也更小, 但是, 当支链淀粉降低到某一数值和直链淀粉增加到某一数值时, 其米粉的品质出现劣化; 膳食纤维的含量, 明显低于马铃薯米粉, 随着马铃薯雪花粉含量的增加而增加, 膳食纤维能促进人体的食物的消化利用, 因此, 添加马铃薯雪花粉可以增加米粉中的功能成分。

表 4 不同马铃薯米粉碳水化合物测定结果

Table 4 The results of carbohydrates of different potato rice

noodles				
样品编号	支链淀粉/%	直链淀粉/%	不溶性膳食纤维/%	水溶性膳食纤维/%
0(空白)	21.49±2.43 <sup>a</sup>	38.29±1.63 <sup>c</sup>	2.40±0.57 <sup>c</sup>	0.81±0.15 <sup>d</sup>
1	19.82±0.39 <sup>a</sup>	41.67±1.78 <sup>b</sup>	2.85±1.62 <sup>c</sup>	1.10±0.21 <sup>d</sup>
2	16.47±1.73 <sup>b</sup>	46.00±0.75 <sup>a</sup>	2.80±0.85 <sup>c</sup>	1.90±0.71 <sup>d</sup>
3	14.60±0.14 <sup>b</sup>	47.69±4.08 <sup>a</sup>	3.25±0.78 <sup>b</sup>	2.80±0.42 <sup>c</sup>
4	13.44±0.64 <sup>b</sup>	49.41±3.32 <sup>a</sup>	4.10±1.55 <sup>a</sup>	3.95±0.36 <sup>b</sup>
5	10.09±0.42 <sup>c</sup>	51.77±2.32 <sup>a</sup>	4.70±0.28 <sup>a</sup>	5.50±0.26 <sup>a</sup>

注: 同列中肩标字母不同, 表示差异显著 ( $p<0.05$ )。0、1、2、3、4 和 5 分别表示马铃薯米粉中马铃薯雪花粉的添加量为 0%、10%、20%、30%、40%和 50%。

矿物质元素对食品的营养和人体的健康具有重要的影响。由表 5 可知, 纯米粉与马铃薯米粉相比较, 钾、钙、镁的含量低于马铃薯米粉; 铁和锌的含量高于马铃薯米粉。纯米粉添加马铃薯雪花粉后, 改善了纯米粉的矿物质元素含量, 对于矿物质的需求而言, 马铃薯米粉优于纯米粉。当马铃薯雪花粉的添加量为 50%时, 马铃薯米粉的钾含量达到 3905.6 mg/kg, 钙达到 835.00 mg/kg, 镁达到 645.63 mg/kg。铁、锌的含量则随马铃薯雪花粉含量的上升而降低。这可能是由于马铃薯雪花粉本身富含矿物质元素, 从而随着马铃薯雪花粉的增加而使矿物质的量增加, 但是在加工过程中大米和马铃薯混合挤压糊化, 使其营养成分重新结合, 从而导致某些矿物质元素的含量降低。

表 5 不同马铃薯米粉矿物质测定结果

Table 5 The results of mineral content of different potato rice noodles

样品编号	K/(mg/kg)	Ca/(mg/kg)	Fe/(mg/kg)	Mg/(mg/kg)	Zn/(mg/kg)
0(空白)	328.8±12.5 <sup>e</sup>	249.38±23.13 <sup>d</sup>	212.33±2.83 <sup>a</sup>	128.13±8.13 <sup>d</sup>	44.33±0.93 <sup>a</sup>
1	984.4±4.4 <sup>d</sup>	238.13±31.88 <sup>d</sup>	48.08±0.77 <sup>b</sup>	186.88±6.88 <sup>d</sup>	20.30±0.85 <sup>b</sup>
2	1679.4±8.1 <sup>c</sup>	286.88±23.13 <sup>d</sup>	56.55±0.50 <sup>b</sup>	276.25±0.01 <sup>c</sup>	14.08±0.72 <sup>c</sup>
3	2376.3±22.5 <sup>b</sup>	406.88±4.37 <sup>c</sup>	23.30±0.40 <sup>c</sup>	354.38±3.13 <sup>c</sup>	15.63±0.63 <sup>c</sup>
4	2475.6±4.4 <sup>b</sup>	570.00±28.75 <sup>b</sup>	16.25±0.20 <sup>c</sup>	393.13±13.13 <sup>b</sup>	10.40±0.25 <sup>c</sup>
5	3905.6±24.4 <sup>a</sup>	835.00±7.50 <sup>a</sup>	10.20±0.95 <sup>c</sup>	645.63±5.63 <sup>a</sup>	9.33±0.58 <sup>c</sup>

注: 同列中肩标字母不同, 表示差异显著 ( $p<0.05$ )。0、1、2、3、4 和 5 分别表示马铃薯米粉中马铃薯雪花粉的添加量为 0%、10%、20%、30%、40%和 50%。

表6 不同马铃薯米粉氨基酸测定结果

Table 6 The results of amino acids of different potato rice noodles

氨基酸/(g/100 g)	样品编号					
	0 (空白)	1	2	3	4	5
天门冬氨酸	0.546 <sup>a</sup>	0.650 <sup>b</sup>	0.754 <sup>b</sup>	0.762 <sup>b</sup>	0.794 <sup>b</sup>	0.951 <sup>a</sup>
苏氨酸	0.218 <sup>b</sup>	0.244 <sup>b</sup>	0.267 <sup>a</sup>	0.256 <sup>a</sup>	0.264 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>
丝氨酸	0.289 <sup>b</sup>	0.313 <sup>a</sup>	0.313 <sup>a</sup>	0.317 <sup>a</sup>	0.321 <sup>a</sup>	0.339 <sup>a</sup>
谷氨酸	1.064 <sup>b</sup>	1.159 <sup>a</sup>	1.177 <sup>a</sup>	1.191 <sup>a</sup>	1.249 <sup>a</sup>	1.270 <sup>a</sup>
甘氨酸	0.276 <sup>b</sup>	0.297 <sup>a</sup>	0.293 <sup>a</sup>	0.295 <sup>a</sup>	0.298 <sup>a</sup>	0.316 <sup>a</sup>
丙氨酸	0.368 <sup>b</sup>	0.359 <sup>b</sup>	0.361 <sup>b</sup>	0.363 <sup>b</sup>	0.384 <sup>b</sup>	0.401 <sup>a</sup>
半胱氨酸	0.045 <sup>c</sup>	0.054 <sup>b</sup>	0.052 <sup>b</sup>	0.055 <sup>b</sup>	0.063 <sup>a</sup>	0.065 <sup>a</sup>
缬氨酸	0.38 <sup>b</sup>	0.399 <sup>b</sup>	0.394 <sup>b</sup>	0.403 <sup>b</sup>	0.402 <sup>b</sup>	0.426 <sup>a</sup>
蛋氨酸	0.113 <sup>b</sup>	0.096 <sup>c</sup>	0.096 <sup>c</sup>	0.115 <sup>b</sup>	0.129 <sup>b</sup>	0.158 <sup>a</sup>
异亮氨酸	0.273 <sup>b</sup>	0.298 <sup>a</sup>	0.295 <sup>a</sup>	0.305 <sup>a</sup>	0.302 <sup>a</sup>	0.315 <sup>a</sup>
亮氨酸	0.537 <sup>c</sup>	0.562 <sup>b</sup>	0.566 <sup>b</sup>	0.572 <sup>b</sup>	0.575 <sup>b</sup>	0.608 <sup>a</sup>
酪氨酸	0.091 <sup>c</sup>	0.110 <sup>b</sup>	0.124 <sup>b</sup>	0.128 <sup>b</sup>	0.141 <sup>a</sup>	0.143 <sup>a</sup>
苯丙氨酸	0.372 <sup>c</sup>	0.395 <sup>b</sup>	0.401 <sup>b</sup>	0.397 <sup>b</sup>	0.403 <sup>b</sup>	0.425 <sup>a</sup>
赖氨酸	0.251 <sup>c</sup>	0.289 <sup>c</sup>	0.330 <sup>b</sup>	0.337 <sup>b</sup>	0.349 <sup>b</sup>	0.388 <sup>a</sup>
组氨酸	0.160 <sup>c</sup>	0.170 <sup>b</sup>	0.172 <sup>b</sup>	0.174 <sup>b</sup>	0.177 <sup>b</sup>	0.187 <sup>a</sup>
精氨酸	0.424 <sup>b</sup>	0.434 <sup>b</sup>	0.436 <sup>b</sup>	0.432 <sup>b</sup>	0.455 <sup>b</sup>	0.492 <sup>a</sup>
脯氨酸	0.425 <sup>c</sup>	0.483 <sup>b</sup>	0.487 <sup>b</sup>	0.495 <sup>b</sup>	0.501 <sup>b</sup>	0.543 <sup>a</sup>
氮	0.085 <sup>b</sup>	0.092 <sup>a</sup>	0.102 <sup>a</sup>	0.102 <sup>a</sup>	0.103 <sup>a</sup>	0.111 <sup>a</sup>
总量	5.917 <sup>d</sup>	6.404 <sup>c</sup>	6.620 <sup>c</sup>	6.699 <sup>b</sup>	6.910 <sup>b</sup>	7.418 <sup>a</sup>

注:必需氨基酸是苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸。同列中肩标字母不同,表示差异显著( $p < 0.05$ )。

0、1、2、3、4和5分别表示马铃薯米粉中马铃薯雪花粉的添加量为0%、10%、20%、30%、40%和50%。

马铃薯雪花粉富含蛋白质,其组成蛋白质的氨基酸齐全而且含量较高。因此,在大米粉中添加马铃薯雪花粉生产的马铃薯米粉氨基酸含量必定会有所增加。由表6可知,纯米粉氨基酸种类齐全,但是含量低于马铃薯米粉。随着马铃薯雪花粉添加量的增加,马铃薯米粉的氨基酸含量都呈现上升趋势。其原因可能是马铃薯雪花粉相对大米粉蛋白质含量高一点,在大米粉中的添加量增多,其积累越来越多,从而使马铃薯米粉中的氨基酸含量也逐渐增加。

## 2.6 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉感官评定的影响

感官评定是评价马铃薯米粉品质好坏最直观的方法。对纯米粉和马铃薯米粉进行感官评定结果表明(见图5),随着马铃薯雪花粉添加量的增加,马铃薯米粉的评分值先上升后下降,在马铃薯雪花粉含量为40%时评分值最高,说明添加适量的马铃薯雪花粉能有效改善其米粉的色泽、表观、硬度、粘性、爽滑性、咀嚼性和食味等感官指标;当马铃薯雪花粉的添加量超

过40%时,其评分值下降,且低于纯米粉的评分值,这可能是由于过量的马铃薯雪花粉导致马铃薯米粉的淀粉网络结构遭到破坏,感官指标下降使得评分值降低。

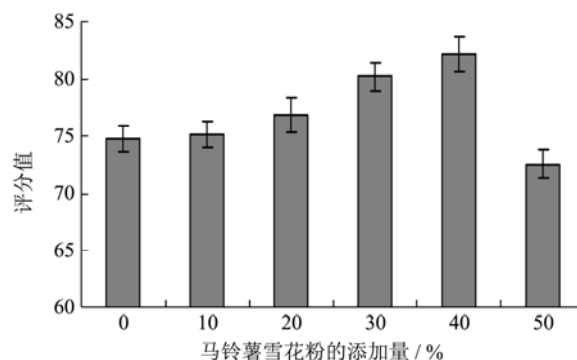


图5 马铃薯雪花粉添加量对马铃薯米粉感官评定的影响

Fig.5 Effects of the additive dosages of potato powder on the sensory evaluation of potato rice noodles

## 3 结论

本研究以马铃薯米粉为主要研究对象,分别从马铃薯米粉的复水特性、蒸煮特性、营养成分和感官评

定四个方面对马铃薯米粉的品质进行评价分析。将马铃薯米粉与纯米粉进行比较,阐述了马铃薯米粉的优越性。将不同马铃薯雪花粉添加量的马铃薯米粉进行比较,确定了马铃薯雪花粉的最佳添加量为40%。

### 参考文献

- [1] FU B X. Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902
- [2] 唐汉军,李林静,朱伟.螺杆挤压工艺对米粉品质的改良作用[J].食品与机械,2015,5:239-242  
TANG Han-jun, LI Lin-jing, ZHU Wei. Improvement on quality of rice noodles by screw extrusion technology [J]. Food Machinery, 2015, 5: 239-242
- [3] 李树君.马铃薯加工学[M].北京:中国农业出版社,2014  
LI Shu-jun. Potato processing [M]. Beijing: China Agriculture press, 2014
- [4] 陈代园.马铃薯面包冷冻面团关键生产技术研究[D].福州:福建农林大学,2013  
CHEN Dai-yuan. Study on critical processing technique of the frozen dough of potato bread [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013
- [5] 刘洋,高明杰,罗其友,等.世界马铃薯消费基本态势及特点[J].世界农业,2014,5:119-124  
LIU Yang, GAO Ming-jie, LUO Qi-you, et al. Analysis on the basic situation and characteristics of world potatoes consumption [J]. Word Agriculture, 2014, 5: 119-124
- [6] 中国农业科学院.马铃薯主食产品及产业开发科普宣传提纲[J].休闲农业与美丽乡村,2015,7:84-89  
Chinese Academy of Agricultural Sciences. The outline of Potato food products and industrial development of popular science propaganda [J]. Leisure Agriculture and the Beautiful Countryside, 2015, 7: 84-89
- [7] 成明华.米粉品质评价体系和生产工艺的研究[D].北京:中国农业大学,2000  
CHENG Ming-hua. Study on the evaluation systems and processing technology of rice noodle [D]. Beijing: China Agricultural University, 2000
- [8] 章达礼,傅晓如.保鲜湿米粉的生产工艺及设备探讨[J].粮食与食品工业,2000,3:14-15  
ZHANG Da-li, FU Xiao-ru. Fresh wet rice production technology and equipment [J]. Cereal & Food Industry, 2000, 3: 14-15
- [9] 李哲,丁士军,陈风波.世界主要稻米生产国和进出口国的稻米生产贸易分析[J].国际贸易问题,2005,6:49-53  
LI Zhe, DING Shi-jun, CHEN Feng-bo. An analysis of rice production and trade in countries mainly producing and trading rice [J]. International Trade Journal, 2005, 6: 49-53
- [10] Eerlingen R C, Jacobs H, Block K, et al. Effects of hydrothermal treatments on the rheological properties of potato starch [J]. Carbohydrate Research, 1997, 297(4): 347-356
- [11] 王肇慈.粮油食品品质分析[M].北京:中国轻工业出版社,2000  
WANG Zhao-ci. Grain and oil food quality analysis [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000
- [12] Li J H, Vasanthan T. Hypochlorite oxidation of field pea starch and its suitability for noodle making using an extrusion cooker [J]. Food Research International, 2003, 36(4): 381-386
- [13] 赵秋艳,宋莲军,张平安,等.豆丝方便面复水性的改善研究[J].粮油加工,2009,11:120-122  
ZHAO Qiu-yan, SONG Lian-jun, ZHANG Ping-an, et al. The improvement of bean silk noodles after water research [J]. Cereals and Oils Processing, 2009, 11:120-122
- [14] 孙庆杰.米粉加工原理与技术[M].北京:中国轻工业出版社,2006  
SUN Qing-jie. Rice flour processing theory and technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2006
- [15] 李红斌,李万芬,詹小卉,等.米浆中直链淀粉含量与方便米粉品质关系的研究[J].食品科技,2005,4:29-31  
LI Hong-bin, LI Wan-fen, ZHAN Xiao-hui, et al. The relation of amylose content in rice slurry and quality of instant rice noodle [J]. Food Science and Technology, 2005, 4: 29-31
- [16] 吕振磊,李国强,陈海华.马铃薯淀粉糊化及凝胶特性研究[J].食品与机械,2010,26(3):22-27  
LV Zhen-lei, LI Guo-qiang, CHEN Hai-hua. Gelationization and gel properties of potato starch [J]. Food Machinery, 2010, 26(3): 22-27
- [17] 徐晓辉.鲜湿米粉原料工艺特性的研究[D].南宁:广西大学,2014  
XU Xiao-hui. Study on the process property of raw material of fresh rice noodles [D]. Nanning: Guangxi University, 2014