

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.01.004

马铃薯全粉对面条品质影响的主成分分析研究

杨 健¹, 康建平^{1,2}, 张星灿^{1,2}, 刘 建¹, 华苗苗¹, 钟雪婷¹, 白菊红¹

(1. 四川东方主食产业技术研究院, 四川 成都 611130;

2. 四川省食品发酵工业研究设计院, 四川 成都 611130)

摘要: 为了探讨马铃薯全粉对面条品质的影响, 通过测定添加不同比例马铃薯全粉的面筋特性、蒸煮特性、质构特性和感官评价, 并结合主成分分析进行综合评价。结果表明: 随着马铃薯全粉添加量的增加, 面条色泽呈暗红趋势变化, 其面筋含量逐渐降低; 面条的蒸煮特性、质构特性及感官品质呈现先增加后降低的趋势, 说明适量添加马铃薯全粉可以在一定程度上提高面条的食用品质。应用主成分分析法对不同马铃薯全粉添加量的面条进行研究, 确定了反映面条品质的3个主成分因子, 3个主成分的累积贡献率达到88.35%。为进一步开发高含量马铃薯全粉面条提供数据支撑。

关键词: 马铃薯全粉; 主成分分析; 面条; 质构特性; 品质

中图分类号: TS215 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)01-0017-07

Study on principal component analysis of influence of potato flour on noodle quality

YANG Jian¹, KANG Jian-ping^{1,2}, ZHANG Xing-can^{1,2}, LIU Jian¹,
HUA Miao-miao¹, ZHONG Xue-ting¹, BAI Ju-hong¹

(1. Sichuan Oriental Staple Food Industry Technology Research Institute, Chengdu Sichuan 611130;

2. Sichuan Food and Fermentation Industry Research & Design Institute, Chengdu Sichuan 611130)

Abstract: The effect of potato flour on noodles quality was investigated by detecting the properties of gluten, cooking properties, texture properties and sensory evaluation of noodles added with different proportions of potato flour and evaluating comprehensively by principal component analysis. The results showed that with the increase of the total amount of potato flour, the color of the noodles trended to dark red and the gluten content gradually decreased. The cooking properties, texture properties and sensory quality of the noodles increased first then decreased, which indicated that appropriate amount of potato could improve the eating quality of the noodles to some extent. Three principal component factors affecting noodle quality were determined by principal component analysis, which cumulative contribution rate reached 88.35%. It provides data support for the further development of high-content potato flour noodles.

Key words: potato flour; principal component analysis; noodle; texture characteristics; quality

收稿日期: 2018-07-25

基金项目: 四川省科技计划项目(2018NZ0122); 成都市科技项目(2018-YF05-01299-SN)

作者简介: 杨健, 1986年出生, 男, 工程师.

通讯作者: 康建平, 1965年出生, 男, 教授级高工.

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L), 属茄科, 原产于南美洲秘鲁和玻利维亚等国的安第斯山脉, 产量丰富, 目前是仅次于小麦、水稻、玉米的世界第四大主要粮食作物^[1-2]。马铃薯全粉是以马铃薯的块茎为原料, 经过清洗、去皮、蒸煮、捣泥、护色等生产工艺, 再经脱水干燥得到的粉末状产品^[3]。马铃薯全粉含有丰富的膳食纤维、蛋白质、维生素、矿物质及酚类物质, 具有较高的开发利用价值^[4-5]。2015年我国正式启动马铃薯主粮化战略, 关于马铃薯全粉挂面加工工艺的研究已成为近年来研究的热点。

利用马铃薯全粉制作面条, 由于马铃薯全粉不含面筋蛋白, 难以赋予面团原有的粘弹性, 导致其加工性能较差, 因此国内外研究者将马铃薯全粉与小麦面粉混合使用制作面条^[6]。公艳^[7]等认为马铃薯全粉添加量 31%, 豆腐柴汁液添加量 9%, 醒发时间 31 min, 醒发温度 25℃, 理论综合评分值达到 0.919 4, 该条件下马铃薯挂面综合评分达 0.911 6, 与模型预测值接近。郭祥想^[8]等认为当马铃薯全粉添加量为 15%、和面时间 15 min, 醒发温度 20℃, 醒发时间 40 min 时, 干物质损失率较低, 面条品质最佳。魏园园^[9]等发现马铃薯全粉添加量为 10%时, 马铃薯挂面具有较高的品质。赵煜^[10]等认为添加马铃薯泥所制得的面条, 薯味浓郁、适合大众口味。但针对马铃薯全粉对面条品质的影响的系统研究鲜有报道。

本研究将马铃薯全粉与小麦粉以不同比例混合制作面条, 对面条蒸煮特性、质构特性及感官品质进行综合分析, 结合主成分分析法探讨马铃薯全粉对面条品质的影响规律, 为高含量、高品质马铃薯面条工业化生产提供一定的理论和应用基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

马铃薯全粉: 甘肃正阳食品有限公司; 高筋小麦粉: 绵阳仙特米业有限公司; 食用盐、食用碱: 市售。

Universal TA 质构仪: 上海腾拔仪器科技有限公司; K9860 凯氏定氮仪、SOX606 脂肪测定仪、F800 纤维测定仪: 上海仪电科学仪器股份有限公

司; MT40 面条机: 北京全兴机械厂; MJ-II 面筋含量测定仪: 杭州麦哲仪器有限公司; CS-220 色差仪: 杭州彩谱科技有限公司; 和面机: 佛山市烈动电器有限公司; 电热鼓风干燥箱: 上海博讯实业有限公司医疗设备厂。

1.2 实验方法

1.2.1 面条制作工艺

称取一定比例的马铃薯全粉-小麦粉混合粉 1 000 g 于搅拌机中, 加适量饮用水, 低速搅拌 2 min 后, 高速搅拌 10 min, 使其成松散的颗粒团状; 置于盆中用保鲜膜封口, 放入恒温培养箱 (25℃) 醒发 15 min, 然后压延, 调节面条机的辊间距分别为 3.5、2.8、2.2、1.7、1.2、1.0 mm, 各压延 2 次, 最后压成 1 mm 厚的面带, 用切刀切成 2 mm 宽的面条, 切成 200~240 mm 长装入保鲜袋或经 60~70℃ 烘干后的面条切成 200~240 mm, 即为样品。

1.2.2 马铃薯全粉添加量

称量一定质量马铃薯全粉与高筋小麦粉, 装入自封袋中充分摇匀备用, 具体配比如表 1 所示。

表 1 马铃薯全粉添加量 %

项目	样品							
	对照	10%	20%	25%	30%	35%	40%	50%
马铃薯全粉	0	10	20	25	30	35	40	50
高筋小麦粉	100	90	80	75	70	65	60	50
水添加量	30	31	33	35	37	40	42	45

注: 水添加量根据面团最佳成型状态确定。

1.3 检验方法

1.3.1 原料基本成分测定

水分的测定: 按照 GB/T 5009.3—2016《食品中水分的测定》方法执行。灰分的测定: 按照 GB/T 5009.4—2016《食品中灰分的测定》方法执行。粗蛋白含量的测定: 按照 GB/T 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》方法执行。粗脂肪的测定: 按照 GB/T 14772—2016《食品中粗脂肪的测定》方法执行。淀粉含量的测定: 按照 GB/T 5009.9—2016《食品中淀粉的测定》方法执行。

1.3.2 面条品质的测定

1.3.2.1 面条色泽的测定 采用便携式测色仪测定, 按照 CIE- $\Delta L\Delta a\Delta b$ 色空间表示方法^[11]。

1.3.2.2 湿面筋含量的测定 参照 GB/T5506.2—2008《小麦和小麦粉面筋含量第 2 部分：仪器法测定湿面筋》。

1.3.2.3 蒸煮品质测定

(1) 熟断条率与蒸煮时间的测定参照 LS/T 3212—2014 中的方法。

(2) 面条吸水率测定

准确称取面条 20 g,置于盛有 500 mL 蒸馏水的烧杯中,100 ℃水浴加热至白芯刚好消失,捞出面条并淋水 30 s,然后置于漏勺中,室温放置 2 min,称质量,测定面条的蒸煮吸水率,将面汤倒入 500 mL 量筒,静置 2 h,记录沉淀层体积即为淀粉溶出率。

$$\text{吸水率} / \% = \frac{\text{煮后面条干重} - 20}{20} \times 100$$

(3) 面条蒸煮损失率测定

取 30 g 左右面条,置于盛有 500 mL 蒸馏水的烧杯中,100 ℃水浴加热至白芯刚好消失,捞

出面条并淋水 30 s,将冲淋液和面汤煮至剩下大约 50 mL 时,在 105 ℃烘干至恒重,重复三次取平均值。

$$\text{蒸煮损失率} / \% = \frac{\text{面汤中干物质重量}}{\text{面条干重}} \times 100$$

1.3.3 面条质构测定

1.3.3.1 面条 TPA 测定方法 取面条样品 20~30 根,放入盛有 500 mL 沸水(蒸馏水)的烧杯中,保持水呈微沸状态,煮至面条白芯刚好消失,立即将面条捞出,在漏水丝网容器中沥干水分后进行质构测定。测定方法按 TPA 实验法进行,测定参数见表 2,测定指标为:弹性、胶着性、粘聚性、回复性、硬度、咀嚼性、粘性,测量在 10 min 内完成,每个样品重复 6 次平行实验。

1.3.3.2 干面条的破裂力实验 所用探头为 P/SFR 弯曲装置,参数设定如下:测前速度 2 mm/s;测试速度 2 mm/s;测后速度 2 mm/s;引发力 5 g;压缩率 50%。

表 2 质构仪操作参数

探头	操作类型	测前速度/(mm/s)	测试速度/(mm/s)	测后速度/(mm/s)	压缩率/%	感应力/g	时间/S
HDP/PFS	TPA	2	1	1	70	5	1

1.3.3.3 面条拉伸实验 采用的质构仪探头 P/SPR 面条拉伸装置,参数设定如下:测前速度 1 mm/s;测试速度 3.0 mm/s;测后速度 5 mm/s;引发力 5 g;拉伸距离 15 mm。

1.3.4 马铃薯面条感官评定

面条的感官特性主要包括色泽、表观状况、弹性、韧性、光滑性、适口性和食味。取加工好

的生面条若干,将面条在 100 ℃沸水中煮至白芯刚好消失,用漏勺捞出面条,并淋水 30 s,然后室温放置 2 min,对煮制后面条的感官品质进行评价。按照实验设计进行色泽、表观状况等感官性状的评价,面条评分项目及分值分配参考 SB/T10137—93 制订。实验的品尝小组由 15 位事先经过训练对品尝有经验的人员组成。评分标准如表 3 所示。

表 3 马铃薯面条感官评分标准

项目	满分/分	评分标准
色泽	10	指面条的颜色和亮度、面条白、乳白、奶黄色,光亮为 8.5~10 分;亮度一般为 6~8.4 分;色发暗、发灰,亮度差为 1~6 分
表观状况	10	指面条表面光滑和膨胀程度,表面结构细密、光滑为 8.5~10 分,中间为 6.0~8.4 分,表面粗糙、膨胀、变形严重为 1~6 分
适口性	20	用牙咬断一根面条所需力的大小。力适中为 17~20 分,稍偏硬或软 12~17 分,太硬或太软 1~12 分
韧性	25	面条在咀嚼时,咬劲和弹性的大小,有咬劲、富有弹性为 21~25 分,一般为 15~21 分,咬劲差、弹性不足为 1~15 分
粘性	25	指在咀嚼过程中,面条粘牙强度,咀嚼时爽口、不粘牙为 21~25,较爽口、稍粘牙为 15~21 分,不爽口、发粘为 10~15 分
光滑性	5	指在品尝面条时口感的光滑程度,光滑为 4.3~5 分,中间为 3~4.3 分,光滑程度差为 1~3 分
食味	5	指品尝时的味道,具有马铃薯清香味 4.3~5 分,基本无异味 3~4.3 分,有异味为 1~3 分
总分	100	精制级小麦粉制品评分 85 分普通级小麦粉制品评分 75 分

量取 500 mL 自来水于小铝锅中(直径 20 cm), 在 2 000 W 电炉上煮沸, 称取 50 g 干面条样品, 放入锅内, 煮至面条白芯刚好消失, 立即将面条捞出, 以流动的饮用水冲淋约 10 s 钟, 分放在碗中进行品尝。

1.4 分析方法

1.4.1 主成分分析^[7]

对马铃薯面条品质各指标进行主成分分析, 得到原始数据的特征值、贡献率及累积贡献率, 对特征值大于 1 的因子, 提取主成分。

1.4.2 数据处理

采用统计软件 Excel 2007 和 SPSS19.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 小麦粉与马铃薯全粉基本成分

小麦粉和马铃薯全粉的基本成分测定结果如表 4 所示。

表 4 马铃薯全粉与小麦粉基本成分 %

样品	粗淀粉	膳食纤维	粗蛋白	脂肪	水分	灰分
马铃薯全粉	69.82	1.48	9.57	0.69	7.56	2.68
小麦粉	72.35	0.25	12.44	0.89	13.66	0.68

由表 4 可知, 马铃薯全粉与小麦粉中的主要成分是淀粉, 分别占干基的 69.82%和 72.35%。马铃薯全粉与小麦粉基本成分含量差异较大, 其中马铃薯全粉中粗蛋白、脂肪、粗淀粉含量明显低于小麦粉, 而灰分明显高于小麦粉, 这是因为马铃薯比小麦中含有更多的钙、磷、铁等无机盐所致。

2.2 马铃薯全粉对混合粉面筋含量的影响

面筋是小麦粉中独有的黏弹性的物质, 是小麦蛋白质存在的一种特殊形式, 决定小麦品种的加工品质。湿面筋主要由麦醇溶蛋白和麦谷蛋白组成, 湿面筋干燥后就是干面筋。面筋的数量与质量在评价小麦品质时具有同等的重要性。添加不同比例马铃薯全粉的面筋含量测定结果见图 1。

由图 1 可知, 随着马铃薯全粉添加量的增大, 马铃薯混合粉的干面筋含量和湿面筋含量均呈现逐渐降低的趋势; 干面筋含量曲线变化较湿面筋含量平缓。当马铃薯全粉添加量超过 35%后, 湿

面筋含量已经下降到 17.99%, 此时混合面团几乎不能形成整片的面筋膜, 面筋结构遭到严重破坏, 原因可能是马铃薯全粉中不含面筋蛋白, 且因其蛋白不具备黏弹性, 加水后面絮松散易流失, 面团易反水发粘^[16]。

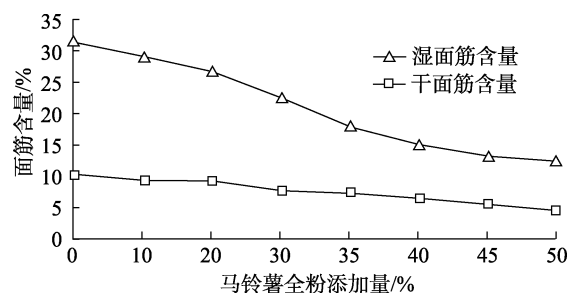


图 1 马铃薯全粉对面筋含量的影响

2.3 马铃薯全粉对面条色泽的影响

面条的色泽是面条品质评价的重要指标, 采用 CIE- $\Delta L\Delta a\Delta b$ 色空间表示方法。其中 L 值代表亮度, a 、 b 值为色坐标值。其中 a 值表示红绿方向颜色变化, $+a$ 表示向红色方向变化, $-a$ 表示向绿色方向变化; b 表示黄蓝方向变化, $+b$ 表示向黄色方向变化, $-b$ 表示向蓝色方向变化。这种方法不仅可以用来测定流动性的粉状物小麦粉的白度, 更能对面制成品的表面白度、亮度以及内部结构的白度、光泽性等给予客观的量化评价, 通过综合 L 、 a 、 b , 能全面反映出面条的表面色度或内部组织所存在的偏差, 从而更精确地比较不同样品之间的色差^[12]。

由表 5 分析可知, 随着马铃薯全粉添加量的不断增加, L 值不断下降, 即面条的亮度呈不断下降的趋势; b 值逐渐减小, 即黄值越来越小; 绿值逐渐减小, 当添加量达到 10%时, 面条的绿

表 5 面条色泽测定结果

序号	马铃薯添加量/%	L	a	b
1	0	81.52	-0.79	17.67
2	10	80.05	-0.55	17.72
3	20	76.21	0.78	16.98
4	30	74.75	1.55	16.37
5	35	73.42	1.99	15.98
6	40	72.55	2.09	15.45
7	45	70.73	2.21	14.87
8	50	69.66	2.43	14.57

值逐渐开始转向红值，且随着马铃薯全粉的不断添加，*a* 值逐渐增加，即红值越来越大。说明随着马铃薯全粉的不断添加，面条色泽逐渐向暗、红方向转变，且马铃薯全粉的添加会扩大样品之间 *L* 值与 *a* 值的差异。

2.4 马铃薯全粉对面条蒸煮特性与感官品质的影响

面条的蒸煮品质和感官品质是评价面条品质的重要指标。由表 6 可知，随着马铃薯全粉添加量的提高，面条最佳蒸煮时间和吸水率逐渐降低，蒸煮损失率与熟断条率逐渐增加，面汤变得越来越浑浊，浑汤越来越严重，面条的蒸煮品质变差。

表 6 面条蒸煮特性与感官评价测定结果

马铃薯添加量/%	蒸煮时间/s	蒸煮损失率/%	吸水率/%	熟断条率/%	感官评分/分
0	300	8.55	187.33	1.28	86.0
10	280	9.12	180.57	5.47	87.1
20	250	10.25	175.33	7.33	75.9
30	240	12.37	164.56	18.55	61.4
35	220	13.56	154.21	25.89	54.9
40	200	14.78	143.29	35.63	48.3
45	180	16.21	136.55	43.78	44.7
50	180	23.55	131.68	51.22	40.2

吸水率降低可能是蒸煮过程中干物质损失造成的。熟断条率增大，原因是马铃薯全粉吸水率增大，导致过多的水分使面条结构松散，且易断裂。最佳蒸煮时间的降低，熟断条率的增大，反映出添加了马铃薯面条变得更不耐煮。添加 10% 马铃薯全粉的面条，感官评分最高，说明适当添加马铃薯全粉可以提升面条的食用品质。

2.5 马铃薯全粉对面条质构特性的影响

2.5.1 面条 TPA 测定结果

由表 7 分析可知，随着马铃薯全粉添加量的不断增加，马铃薯面条的胶着性、黏聚性、回复性、咀嚼性、硬度、弹性和粘性均呈现出先增大后减小的趋势，说明少量添加马铃薯全粉可以增强面条胶着性，使面条的质构品质得到一定程度的改善；但当马铃薯全粉的添加量超过一定范围时，面条的质构开始变差，食用品质开始变差。可能是由于马铃薯全粉不含面筋蛋白，马铃薯全粉的添加会降低面团中面筋的含量，影响面条的面筋网络结构，因此降低面条的质构品质。

胶着性、黏聚性、咀嚼性、硬度和粘性在添加量为 20% 处出现拐点，回复性和弹性在添加量为 10% 处出现拐点，这与马贵燕的研究结果相符^[13]。

表 7 面条的 TPA 特性测定结果

添加量/%	弹性	胶着性/g	黏聚性	回复性	硬度/g	咀嚼性/g	粘性/(g·mm)
0	0.88±0.04 ^a	1 774.25±21.89 ^a	0.73±0.05 ^a	0.90±0.06 ^a	2 362.42±30.17 ^a	1 659.21±11.61 ^a	14.41±0.59 ^a
10	0.96±0.05 ^a	1 907.59±45.70 ^b	0.75±0.05 ^{ab}	0.99±0.07 ^a	2 412.42±60.83 ^a	1 775.87±76.59 ^b	23.41±1.27 ^a
20	0.88±0.04 ^a	1 949.16±111.42 ^a	0.79±0.04 ^{ac}	0.88±0.07 ^c	2 496.17±45.02 ^a	1 926.24±113.82 ^c	46.79±1.42 ^b
30	0.88±0.03 ^b	2 054.62±75.66 ^c	0.70±0.03 ^{bcd}	0.77±0.05 ^d	2 223.25±33.35 ^b	1 896.44±30.83 ^d	40.14±2.01 ^c
35	0.85±0.03 ^c	1 886.96±38.47 ^b	0.68±0.04 ^{ce}	0.81±0.05 ^{cd}	2 168.67±49.82 ^b	1 660.74±25.28 ^a	37.76±1.26 ^c
40	0.91±0.01 ^d	1 939.48±119.63 ^c	0.70±0.07 ^{bef}	0.80±0.08 ^{cd}	2 971.50±77.88 ^c	1 786.38±58.94 ^b	57.07±7.59 ^d
45	0.91±0.02 ^a	1 233.69±18.72 ^d	0.70±0.04 ^{adef}	0.86±0.09 ^{cd}	1 683.50±50.95 ^d	1 047.00±104.96 ^e	21.92±1.95 ^e
50	0.86±0.07 ^a	1 536.89±108.22 ^e	0.73±0.09 ^{adef}	0.87±0.15 ^{cd}	2 048.00±91.69 ^c	1 518.08±49.69 ^c	19.91±0.83 ^e

注：同一列同一指标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，相同表示不显著，下同。

2.5.2 面条挤压特性测定结果

由表 8 分析得到，随着马铃薯全粉添加量的不断增加，马铃薯面条的最大正力、最大负力均呈现先增大后减小的变化趋势，最大正力面积呈现先减小后增大的趋势。并且三者均是在马铃薯全粉添加量为 10% 时达到拐点，而后变化趋势相

反，这与郭祥想的研究结果相符^[14]。说明含有适量马铃薯全粉的马铃薯面条在一定程度上提高了其蒸煮特性，改善了普通面条的品质特性。

2.5.3 面条拉伸特性测定结果

由表 9 可看出，随着马铃薯全粉添加量的增加，面条的拉伸参数（拉断力、最大拉伸应力、

表 8 面条挤压特性测定结果

添加量/%	最大正力/g	最大负力/g	最大正力面积/(g/mm)
0	108.93±3.33 ^a	-1.17±0.58 ^a	-528.33±16.50 ^a
10	139.51±5.59 ^b	-0.50±0.00 ^a	-600.04±15.79 ^c
20	131.28±7.32 ^b	-0.67±0.28 ^a	-561.72±14.30 ^b
30	121.41±5.88 ^c	-9.17±0.58 ^b	-556.44±35.98 ^{ab}
35	84.99±7.73 ^d	-22.17±1.53 ^c	-429.38±11.55 ^d
40	67.84±4.84 ^e	-43.50±2.00 ^d	-435.29±19.87 ^d
45	50.95±4.28 ^f	-61.17±1.53 ^c	-398.43±14.94 ^{dc}
50	39.88±0.29 ^f	-73.67±1.76 ^f	-374.86±10.05 ^e

表 9 面条拉伸特性测定结果

添加量/%	拉断力/g	最大负力/g	最大拉伸应力/(g/mm ²)	拉伸距离/mm
0	13.597±0.95 ^a	-4.833±0.29 ^a	51.587±0.78 ^a	23.333±1.63 ^a
10	14.947±0.55 ^b	-6.333±0.58 ^b	68.387±1.27 ^b	32.800±1.99 ^b
20	14.180±0.89 ^{ab}	-5.167±0.29 ^a	56.710±0.63 ^c	27.200±2.43 ^a
30	12.413±0.69 ^c	-4.333±0.29 ^{ac}	46.440±0.07 ^d	24.267±1.23 ^a
35	10.323±0.11 ^d	-3.833±0.29 ^{cd}	42.717±1.51 ^e	20.633±1.12 ^a
40	8.857±0.29 ^e	-3.333±0.29 ^d	35.287±0.54 ^f	15.300±3.26 ^c
45	7.617±0.24 ^f	-2.167±0.29 ^e	25.097±0.52 ^g	13.367±0.83 ^c
50	6.550±0.30 ^g	-1.333±0.28 ^f	21.193±0.73 ^h	13.433±4.39 ^c

拉伸距离)均呈现先增大后减小的变化趋势,且均在马铃薯全粉添加量为 10% 时出现拐点。说明马铃薯全粉添加量适中时可以在一定程度上改善面条的筋力,但过量添加会使面条品质发生劣变。

2.6 马铃薯面条主成分分析

以不同马铃薯全粉添加量的面条品质为研究对象,对 14 种指标(蒸煮时间、蒸煮损失率、吸水率、熟断条率、感官评分、弹性、胶着性、黏聚性、回复性、硬度、咀嚼性、粘性、最大正力、拉断力)进行主成分分析,主成分的特征值及贡献率见表 10,主要指标的特征向量见表 11,三个主成分载荷散点见图 2。

表 10 相关成分的特征值及贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	8.211	58.650	58.650
2	2.953	21.090	79.740
3	1.205	8.608	88.348
4	0.843	6.019	94.367
5	0.429	3.064	97.431
6	0.293	2.092	99.523

表 11 主要指标的特征向量

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
蒸煮时间	0.939	-0.188	-0.205
蒸煮损失率	-0.903	0.026	0.125
吸水率	0.968	-0.143	-0.191
熟断条率	-0.977	0.068	0.177
感官评分	0.959	-0.266	-0.055
弹性	0.348	-0.346	0.688
胶着性	0.695	0.676	-0.045
黏聚性	0.520	-0.278	0.412
回复性	0.446	-0.761	0.368
硬度	0.491	0.628	0.448
咀嚼性	0.705	0.622	0.041
粘性	0.069	0.896	0.288
最大正力	0.956	0.044	-0.064
拉断力	0.986	-0.055	-0.080

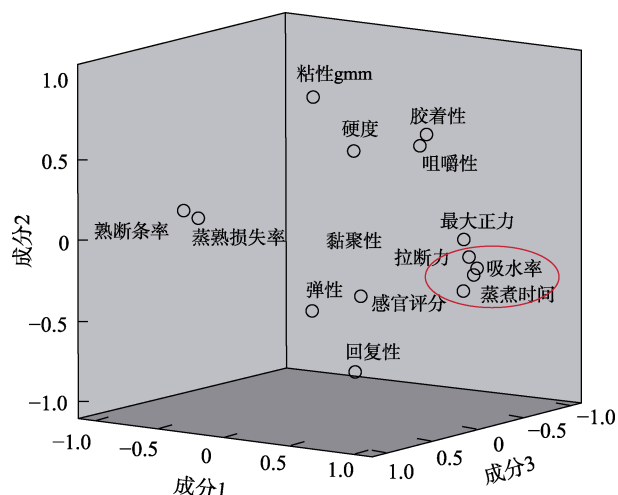


图 2 主成分分析对面条品质载荷散点图

根据主成分分析,累积贡献率大于 85% 原则,由表 11 可知,提取三个主成分累积贡献率达到 88.35%,包含了马铃薯面条中绝大多数信息,能够全面反映面条品质的整体信息,因而可以选前三个主成分进行分析。

主特征向量能反映各指标对主成分的贡献率的大小^[15]。由表 12 可知,第一主成分主要包括蒸煮时间、吸水率、感官评分、胶着性、黏聚性、回复性、咀嚼性、最大正力(挤压力)、拉断力的信息,它们具有较大的载荷,其中拉断力在主成分 1 上的载荷最大。第二主成分主要包括硬度粘性的信息,其中粘性在主成分 2 上的载荷最大。第三主成分主要包括蒸煮损失率、熟断条率和弹

性,其中弹性在主成分 3 上的载荷最大。由图 2 可知,蒸煮时间、吸收率、感官评分、拉断力位于第一主成分的正半轴与第二、第三主成分的负半轴所围成的区域,与其它指标区分明显,由此可知最能反应马铃薯面条品质的指标为蒸煮时间、吸收率、感官评分、拉断力。

3 结论

通过测定添加不同比例马铃薯全粉的面筋特性、蒸煮特性、质构特性和感官评价,并结合主成分分析进行综合评价。随着马铃薯全粉添加量的增加,面条色泽呈暗红趋势变化,其面筋含量逐渐降低;面条的蒸煮特性、质构特性及感官品质呈现先增加后降低的趋势,说明适量添加马铃薯全粉可以在一定程度上提高面条的食用品质。这与目前研究结果相符,马铃薯全粉添加量 20%,其面条食用品质较好。

应用主成分分析法对不同马铃薯全粉添加量的面条样品进行研究,确定了反映面条品质的 3 个主成分因子,3 个主成分的累积贡献率达到 88.35%。为进一步研究高含量马铃薯全粉面条提供数据支撑。

参考文献:

- [1] ARUN K B, JANU CHANDRAN, DHANYA R, et al. A Comparative evaluation of antioxidant and antidiabetic potential of peel from young and matured potato[J]. Food Bioscience, 2015(9): 36-46.
- [2] BHAJANTRI S. Production, processing and marketing of potato in karnataka, indiaan economic analysis[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2011, 50(2): 143-155.
- [3] 侯飞娜, 木泰华, 孙红男, 等. 不同品种马铃薯对马铃薯-小麦复合馒头品质特性的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(3): 132-139.
- [4] VALCARCEL J, REILLY K, GAFFNEY M, et al. Total carotenoids and l-ascorbic acid content in 60 varieties of potato grown in ireland[J]. Potato Research, 2015, 58(1): 29-41.
- [5] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2012, 97(1): 1-4.
- [6] 刘颖, 刘丽宅, 于晓红, 等. 马铃薯全粉对小麦粉及面条品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016(24): 163-167.
- [7] 公艳, 熊双丽, 彭凌, 等. 响应面-主成分分析法优化马铃薯挂面工艺[J]. 食品工业科技, 2017(23): 143-150.
- [8] 郭祥想, 常悦, 李雪琴, 等. 加工工艺对马铃薯全粉面条品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2016(5): 191-195, 200.
- [9] 魏圆圆, 万菲菲, 王娜, 等. 马铃薯全粉面条加工工艺的研究[J]. 农产品加工, 2016(23): 24-27.
- [10] 赵煜, 彭涛, 张小燕, 等. 马铃薯主食化面条新产品的研究[J]. 食品工业科技, 2016(7): 232-236, 242.
- [11] BHISE S, KAUR A, AGGARWAL P. Development of protein enriched noodles using texturized defatted meal from sunflower, flaxseed and soybean[J]. Journal of Food Science Technolygy, 2015, 52(9): 5882-5889.
- [12] 徐吉祥, 楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业, 2010(3): 43-45.
- [13] 马贵燕. 马铃薯全粉对面条品质的影响[D]. 河南: 河南工业大学硕士论文, 2016: 13-15.
- [14] 郭祥想, 李雪琴, 张佳佳. 马铃薯全粉-小麦粉混合粉性质及其对面条品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2015, 36(6): 21-25.
- [15] 何新益, 汪姣, 任小青, 等. 花色馒头的制备及质构特性主成分分析[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(7): 108-112.
- [16] 潘牧, 彭慧元, 邓宽平, 等. 马铃薯蛋白的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2012(10): 22-26. 