

马铃薯湿面条品质改良

于洋, 祁岩龙, 张忆洁, 张俊, 宋芳芳, 徐艳文*

新疆农业科学院综合试验场 (乌鲁木齐 830012)

摘要 以小麦粉和马铃薯薯浆为主要原料制作马铃薯湿面条, 研究4种改良剂对其品质的影响。以样品的质构特性、蒸煮特性和感官评分为评价指标, 采用单因素试验及正交试验, 确定4种改良剂的单一最适用量及复配改良剂的最优组合。木薯抗性淀粉、复合磷酸盐、谷朊粉和硬脂酰乳酸钠 (sodium stearyl lactate, SSL) 对马铃薯湿面条的品质均有一定改善作用。改良剂的最优组合为木薯抗性淀粉4%、复合磷酸盐0.1%、谷朊粉4%和SSL 0.12%。复配改良剂可有效改善马铃薯湿面条品质。

关键词 马铃薯湿面条; 改良剂; 主成分分析; 面条品质

Quality Improvement of Potato Fresh Noodles

YU Yang, QI Yanlong, ZHANG Yijie, ZHANG Jun, SONG Fangfang, XU Yanwen*

Comprehensive Test Field of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences (Urumqi 830012)

Abstract Potato fresh noodles were made from wheat flour and potato pulp, and the effects of four kinds of modifiers on their quality were studied. The single factor test and orthogonal test were used to determine the most suitable amount of four food additives and the optimal combination of the compound modifiers by taking the texture characteristics, cooking characteristics and sensory score of the samples as evaluation indexes. The results showed that tapioca modified starch, compound phosphate, gluten and sodium stearyl lactate (SSL) could improve the quality of potato fresh noodles to some extent. The optimal combination of the modifiers was tapioca modified starch 4%, compound phosphate 0.1%, gluten 4% and SSL 0.12%. The quality of potato noodles could be effectively improved by the combination of the modifiers.

Keywords potato fresh noodles; modifiers; principal component analysis; noodle quality

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 为茄科茄属^[1], 全球第四大粮食作物, 也是我国重要的农产品之一。因其营养齐全、富含人体必需的7类营养物质, 在各类食品加工生产中应用广泛, 如马铃薯馒头^[2-4]、马铃薯面条^[5-9]、马铃薯面包^[10-12]等。这类食品中的马铃薯原料来源多以粉或泥的形式加入, 以马铃薯薯浆为原料的并不多见。试验将马铃薯洗净去皮护色后打制成

浆, 添加小麦面粉等原料, 加工成湿面条, 对丰富马铃薯主食产品具有重要意义^[8]。但在马铃薯湿面条加工环节中, 由于马铃薯中面筋蛋白的缺失, 加工性能较差, 会造成制品成型难、易糊汤、咬劲差等情况^[13]。

任立焕等^[14]研究发现, 海藻酸钠、谷朊粉、木薯抗性淀粉及SSL对混合粉的粉质特性及面条品质有一定改良效果。李升等^[15]研究发现, 复配添加魔芋胶

2-O- α -d-glucopyranosyl-1-ascorbic acid[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2017, 25(20): 5303-5310.

[11] 师聪, 宫号, 李茹, 等. 苹果不同极性萃取物总黄酮、总多酚含量与其抗氧化活性的相关性[J]. 化学试剂, 2022, 44(1): 84-89.

[12] 胡潇文. 猴头菇成分及其生理活性的研究[D]. 延边: 延边大学, 2018.

[13] 李亚会, 李积华, 吉宏武, 等. 远东拟沙丁鱼抗氧化肽的分离纯化及结构解析[J]. 中国食品学报, 2021, 21(2): 229-238.

[14] 吴晓青, 孙燕丽, 钟碧萍. 福林酚法测定檀香橄榄中总多酚含量的研究[J]. 福建中医药, 2021, 52(6): 22-24.

[15] 黄晓晨, 马金魁, 梁乐欣. 凤凰单枞多酚提取工艺优化及其体外抗氧化和 α -葡萄糖苷酶抑制活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(9): 88-94.

[16] 黄雪娇, 吴元辉, 吴娟, 等. 紫金蜜桑叶活性成分的提取

工艺优化及其抗氧化能力评价[J]. 现代食品科技, 2021, 37(6): 193-200.

[17] 马飞跃, 耿炬, 乔健, 等. 不同品种桑葚叶总酚含量及其抗氧化活性比较[J]. 热带作物学报, 2021, 42(3): 888-896.

[18] 苗永美, 钱立生, 汪雁, 等. 响应面法优化广东石豆兰总黄酮提取工艺及提取物抗氧化性[J]. 基因组学与应用生物学, 2020, 39(7): 3180-3189.

[19] 杨斌, 宋厚辑, 郑峻, 等. 秀珍菇多酚提取工艺优化及抗氧化活性探究[J]. 中国调味品, 2022, 47(1): 183-189.

[20] 薄采颖, 郑光耀, 陈琰, 等. 松树皮多酚的亚临界水提取及抗氧化活性初探[J]. 林产化学与工业, 2011, 31(6): 73-77.

[21] 刘便强, 仲乙, 沈光海. 青楷槭化学成分及抗氧化活性的研究[J]. 吉林医药学院学报, 2021, 42(5): 328-333.

[22] 戴妙妙. 紫娟茶中花青素提取物的抗氧化性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(9): 42-46.

0.7%、谷朊粉3.8%、SSL 0.06%时,可显著改善高含量紫薯挂面的品质。丁捷等^[16]证实食用碱、食盐、复合磷酸盐、CMC这4种改良剂分别可对速冻青稞鱼面品质特性产生极显著影响,复配改良剂配方对速冻青稞鱼面的品质有极佳的改良效果。采用单因素试验研究木薯抗性淀粉、复合磷酸盐、谷朊粉和SSL对马铃薯湿面条的质构特性和蒸煮特性的影响,通过正交试验、经主成分分析确定复配改良剂的最优组合,以期获得品质更好的马铃薯湿面条,为马铃薯湿面条产品的加工提供一定理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与方法

1.1.1 材料与试剂

费乌瑞它马铃薯(新疆农业科学院综合试验场自产);小麦中筋粉[新疆天山面粉(集团)有限责任公司];木薯抗性淀粉(临沂市富兴变性淀粉厂);复合磷酸盐(徐州添安食品添加剂有限公司);谷朊粉(河南万邦实业有限公司);SSL(河南中泰食品添加剂有限公司)。

1.1.2 主要仪器与设备

TH-UP-10超纯水设备(成都浩康科技有限公司);TD电子天平(余姚市金诺天平仪器有限公司);JYL-Y16破壁机(九阳股份有限公司);HMJ-A35A1和面机(广东小熊电器有限公司);DZM-160电动压面机(永康市海鸥电器有限公司);DSH-50-1电子水份测定仪(上海越平科学仪器有限公司);电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);电子万用炉(北京市永光明医疗仪器有限公司);TMS-Pilot食品物性分析仪(美国FTC公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 马铃薯湿面条的制作

按比例(马铃薯原浆占比37%)称取护色后的马铃薯原浆^[17]及面粉,添加不同改良剂,经和面机和面并形成不含生粉的松散颗粒状后醒面20 min,用电动压面机在3 mm轧距处压片成型,调小轧距反复压延使面片表面光滑平整,压片经切面刀切条,面条厚度1 mm、宽度2 mm、长度20 mm,备用。

1.2.2 蒸煮损失率的测定

蒸煮损失率即干物质损失率测定:称取约10 g样品,精确至0.1 g,在500 mL沸水中煮制,达到最佳蒸煮时间后捞出面条,待面汤冷却至常温后,用500 mL容量瓶定容、混匀,取100 mL面汤倒入已恒重的烧杯中,在电子万用炉上蒸发至近干,于105 ℃烘至恒重,按式(1)计算蒸煮损失率,进行3次重复取平均值。

$$P=5M/[G(1-W)] \times 100\% \quad (1)$$

式中: P 为干物质损失率,以质量分数计,%; M 为100 mL面汤中干物质质量,g; W 为面条水分含

量,%; G 为样品质量,g。

1.2.3 吸水率的测定

取20根面条在500 mL沸水中煮制,2.5 min后捞出置于凉水中冷却1 min,用滤纸将表面水分吸干后称重并计算吸水率,进行3次重复取平均值,按式(2)计算。

$$X=(M_2-M_1)/M_1 \times 100\% \quad (2)$$

式中: X 为吸水率,%; M_1 为干面条总质量,g; M_2 为煮后面条吸干表面水分后总质量,g。

1.2.4 马铃薯湿面条感官评定

称取20根面条于200 mL沸水中按最佳蒸煮时间进行煮制。感官评价参照任立焕等^[15]的方法进行。

1.2.5 质构特性测定

取20根马铃薯面条在沸水中达到最佳蒸煮时间时立刻捞出,用凉水冲淋冷却,进行TPA测试。测试速度30 mm/min,压缩比例50%,2次压缩间隔1 s,触发力0.03 N。每个样品设置5次平行测定。

1.2.6 改良剂单因素试验

选用木薯抗性淀粉、复合磷酸盐、谷朊粉和SSL这4种改良剂,以及5个不同添加量梯度进行单因素试验,以选择改良效果较优的3个添加量进行正交试验,各改良剂添加量见表1。

表1 改良剂单因素试验添加量

改良剂	添加量/%					
木薯抗性淀粉	0	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
复合磷酸盐	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
谷朊粉	0	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
SSL	0	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20

1.2.7 改良剂正交试验

根据1.2.6单因素试验结果,选取各因素的较优水平,进行四因素三水平正交试验。

1.3 数据处理

采用Excel和SPSS 19.0软件对数据进行处理、方差分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 不同木薯抗性淀粉添加量对面条质构特性及蒸煮特性的影响

由于木薯抗性淀粉亲水性高于小麦淀粉,易吸水膨润,在和面筋蛋白、小麦淀粉的相互作用下形成网络结构,使面团光滑耐揉,保水能力提高,耐煮性能亦提高。由表2可得,随着木薯抗性淀粉添加量的增加,湿面条硬度、内聚性、胶黏性和咀嚼性逐渐增大,添加量4%时硬度、内聚性、胶黏性和咀嚼性均为最大,较对照组依次提高13.54%,26.53%,46.82%和50.18%。在添加量5%时黏附性最大,弹性没有显著性差异。

*通信作者;基金项目:新疆农业科学院青年科技骨干创新能力培养项目(xjnkq-2019020)

表2 不同木薯抗性淀粉添加量对马铃薯面条品质的影响

指标	木薯抗性淀粉添加量/%					
	0	2	3	4	5	6
硬度/N	12.48±0.44 ^b	13.45±0.64 ^a	13.76±0.97 ^a	14.17±0.10 ^a	13.64±0.33 ^a	13.83±0.59 ^a
黏附性/(N·mm)	0.38±0.09 ^{ab}	0.29±0.09 ^b	0.36±0.07 ^{ab}	0.41±0.11 ^{ab}	0.46±0.15 ^a	0.33±0.10 ^{ab}
内聚性	0.49±0.02 ^c	0.55±0.06 ^b	0.58±0.04 ^{ab}	0.62±0.03 ^a	0.58±0.05 ^{ab}	0.61±0.06 ^{ab}
弹性/mm	2.27±0.12 ^a	2.25±0.20 ^a	2.24±0.11 ^a	2.35±0.20 ^a	2.19±0.12 ^a	2.32±0.17 ^a
胶黏性/N	5.98±0.52 ^c	7.43±1.13 ^b	7.98±1.10 ^{ab}	8.78±0.44 ^a	7.93±0.87 ^{ab}	8.44±0.93 ^{ab}
咀嚼性/mJ	13.77±0.56 ^c	16.79±3.53 ^{bc}	17.80±2.13 ^{ab}	20.68±2.62 ^a	17.44±2.57 ^{ab}	19.56±2.57 ^{ab}
回复性	0.25±0.02 ^b	0.34±0.06 ^a	0.35±0.07 ^a	0.39±0.02 ^a	0.34±0.06 ^a	0.39±0.06 ^a

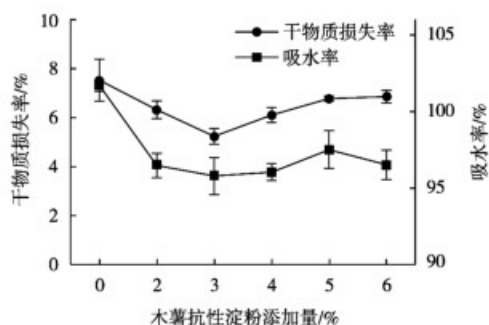
注:不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平上同一品种不同处理的差异性。

图1 不同木薯抗性淀粉添加量对马铃薯面条蒸煮特性的影响

由图1可得,添加木薯抗性淀粉后湿面条的干物质损失率呈先下降后上升趋势,且均小于对照组,添加量3%时,干物质损失率最小,为5.24%,较对照组下降30.32%。吸水率为先下降后上升再下降,添加量

4%时,吸水率达到较小值,为96.05%,较对照组下降5.55%。面条加热后,网络结构进一步强化紧实,使熟面条富有弹性,且面粉中淀粉颗粒溶于水亦受到阻碍,降低蒸煮损失。毛汝婧等^[18]和刘玉环等^[19]的研究都证实这一结论。但过多添加,面团会吸收较多的水分,阻碍面筋形成高质量的网络结构,降低面团的可塑性^[20]。综合上述指标,添加4%木薯抗性淀粉,能获得较好品质的马铃薯湿面条,因此选取3%~5%水平进行正交试验,这与任立焕等^[14]的研究一致。

2.1.2 不同复合磷酸盐添加量对面条质构特性及蒸煮特性的影响

由表3可得,添加量0.1%时硬度、黏附性和咀嚼性均为最大,较对照组依次提高5.29%,68.42%和6.68%,内聚性、弹性和回复性与对照组相近。添加量0.2%时,除弹性外,其余指标较对照组均有提高。

表3 不同复合磷酸盐添加量对马铃薯面条品质的影响

指标	复合磷酸盐添加量/%					
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
硬度/N	12.48±0.44 ^a	13.14±0.40 ^a	13.02±0.51 ^a	10.73±1.55 ^c	11.95±1.11 ^{ab}	11.20±0.44 ^{bc}
黏附性/(N·mm)	0.38±0.09 ^b	0.64±0.15 ^a	0.53±0.20 ^{ab}	0.28±0.04 ^b	0.36±0.32 ^b	0.50±0.13 ^{ab}
内聚性	0.49±0.02 ^{ab}	0.49±0.01 ^{ab}	0.51±0.01 ^{ab}	0.49±0.02 ^{ab}	0.52±0.05 ^a	0.48±0.04 ^b
弹性/mm	2.27±0.12 ^{ab}	2.27±0.09 ^{ab}	2.17±0.11 ^b	2.36±0.19 ^{ab}	2.48±0.25 ^a	2.28±0.30 ^{ab}
胶黏性/N	5.98±0.52 ^{ab}	6.47±0.20 ^a	6.69±0.29 ^a	5.30±0.85 ^b	6.29±0.99 ^a	5.35±0.55 ^b
咀嚼性/mJ	13.77±0.56 ^{ab}	14.69±0.97 ^{ab}	14.56±1.29 ^{ab}	12.52±2.45 ^b	15.69±3.51 ^a	12.27±2.50 ^b
回复性	0.25±0.02 ^{ab}	0.25±0.01 ^{ab}	0.26±0.02 ^{ab}	0.25±0.01 ^{ab}	0.28±0.04 ^a	0.24±0.04 ^b

注:不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平上同一品种不同处理的差异性。

由图2可得,添加复合磷酸盐后湿面条的干物质损失率呈先下降后上升再下降趋势,添加量0.2%时,干物质损失率最小,为6.64%,较对照组下降11.70%。而吸水率的变化趋势与干物质损失率变化趋势相反,即呈先上升后下降再上升趋势,添加量0.2%时,吸水率达到较小值,为95.68%,较对照组下降5.91%。因为复合磷酸盐与可溶性淀粉作用,提高淀粉的吸水能力,促进形成面团面筋网络,提高面团的持水性、韧性和弹性。但添加过量时,水分进入颗粒受到阻碍,造成网络结构松散,面条品质下降。综合各项指标,添加0.2%复合磷酸盐能较好改善马铃薯湿面条的品质,因此选取0.1%~0.3%水平进行正交试验,这与丁捷等^[16]的研究结果相似。

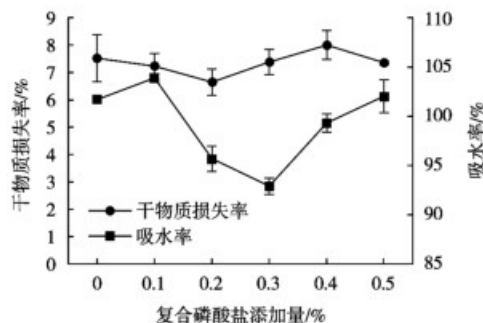


图2 复合磷酸盐对马铃薯面条蒸煮特性的影响

2.1.3 不同谷朊粉添加量对面条质构特性及蒸煮特性的影响

由表4可得,添加量3%时7个质构指标较对照组

均有所升高。添加量4%时,内聚性、弹性、咀嚼性和回复性最高,较对照组依次提高28.57%,41.41%,75.09%和56.00%。这是由于面筋含量随着谷朊粉的

添加而升高,强化面条的面筋网络,增强面条结构强度,耐咀嚼,回复能力变好^[21]。

表4 添加不同量谷朊粉对马铃薯面条品质的影响

指标	谷朊粉添加量/%					
	0	1	2	3	4	5
硬度/N	12.48±0.44 ^{bc}	12.91±0.35 ^{abc}	13.12±0.45 ^{ab}	13.47±0.37 ^a	12.10±1.19 ^c	12.38±0.72 ^{bc}
黏附性/(N·mm)	0.38±0.09 ^b	0.41±0.07 ^{ab}	0.54±0.13 ^a	0.50±0.15 ^{ab}	0.14±0.08 ^c	0.21±0.06 ^c
内聚性	0.49±0.02 ^d	0.56±0.01 ^{bc}	0.56±0.01 ^c	0.59±0.02 ^b	0.63±0.03 ^a	0.62±0.01 ^a
弹性/mm	2.27±0.12 ^c	2.30±0.05 ^c	2.36±0.13 ^{bc}	2.39±0.18 ^{bc}	3.21±0.77 ^a	2.99±0.81 ^{ab}
胶黏性/N	5.98±0.52 ^b	7.29±0.32 ^a	7.31±0.26 ^a	7.90±0.41 ^a	7.56±0.82 ^a	7.68±0.41 ^a
咀嚼性/mj	13.77±0.56 ^d	16.75±0.74 ^{cd}	17.24±1.24 ^{cd}	18.85±1.88 ^{bc}	24.11±5.42 ^a	22.91±6.19 ^{ab}
回复性	0.25±0.02 ^e	0.29±0.23 ^d	0.30±0.14 ^d	0.32±0.28 ^c	0.39±0.29 ^a	0.36±0.29 ^b

注:不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平上同一品种不同处理的差异性。

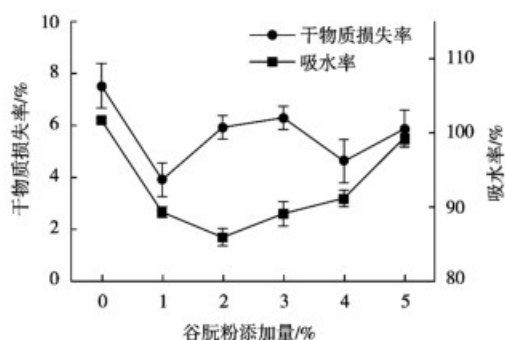


图3 谷朊粉对马铃薯面条蒸煮特性的影响

由图3可得,添加谷朊粉后湿面条的干物质损失率均小于对照组。添加量4%时,干物质损失率较小,为4.62%,较对照组下降38.56%;吸水率也达到较小值,为91.18%,较对照组下降10.34%。谷朊粉能给予面团良好的延伸性、黏弹性和耐揉性等。在适当范围内,添加谷朊粉可使面条的成型性得到改善,筋力和强度增强,面条的蒸煮损失率降低,提高面条的吸水率。但过量添加,会使面团中的巯基和二硫键减少,易形成“面筋球”,加工特性降低^[22-23]。蒸煮过程中产生蛋白质变性,疏水基暴露,吸水能力下降,降低

面条吸水率,面条的硬度反而增加,口感变差^[24]。综合各项指标,添加4%谷朊粉能有效改善马铃薯湿面条的品质,因此选取3%~5%水平进行正交试验,此结果与毛汝婧等^[18]的研究一致。

2.1.4 不同SSL添加量对面条质构特性及蒸煮特性的影响

SSL作为一种乳化剂,是面制品中常用的添加剂,在溶于水后极易分散形成高黏度胶体,能与面筋蛋白分子作用由较小的分子变为大分子复合物,使蛋白质聚集形成稳定的结构,提高面制品的韧性、弹性。同时,SSL与面粉中淀粉分子作用降低淀粉的吸水性,继而形成紧密的面筋网络,且在高温下,SSL有利于加大淀粉颗粒的膨胀,改善面制品的品质。但过量添加会对面筋蛋白有破坏作用,反而造成吸水率上升,影响面条品质^[25]。

由表5可得,添加量0.08%时7个质构指标中除内聚性和弹性外较对照组均为最大,其中硬度较对照组提高11.94%,黏附性提高至2倍,咀嚼性提高35.95%。而添加量0.12%~0.20%时,随着添加量的增加,7个质构指标除弹性外与添加量0.08%时的指标相比均有所减小。

表5 添加不同量SSL对马铃薯面条品质的影响

指标	SSL添加量/%					
	0	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20
硬度/N	12.48±0.44 ^b	12.63±0.18 ^b	13.97±0.11 ^a	13.84±0.14 ^a	11.89±1.25 ^b	10.67±1.49 ^c
黏附性/(N·mm)	0.38±0.09 ^b	0.23±0.04 ^c	0.76±0.12 ^a	0.48±0.13 ^b	0.14±0.09 ^c	0.21±0.11 ^c
内聚性	0.49±0.02 ^b	0.58±0.05 ^a	0.57±0.02 ^a	0.56±0.04 ^a	0.44±0.01 ^c	0.48±0.05 ^{bc}
弹性/mm	2.27±0.12 ^a	1.95±0.47 ^a	2.36±0.11 ^a	2.32±0.23 ^a	2.49±0.33 ^a	2.44±0.82 ^a
胶黏性/N	5.98±0.52 ^b	7.26±0.61 ^a	7.93±0.25 ^a	7.75±0.55 ^a	5.15±0.41 ^b	5.21±1.10 ^b
咀嚼性/mj	13.77±0.56 ^b	13.98±2.53 ^b	18.72±0.93 ^a	17.96±1.81 ^a	12.46±1.82 ^b	11.99±1.16 ^b
回复性	0.25±0.02 ^b	0.32±0.03 ^a	0.33±0.03 ^a	0.31±0.02 ^a	0.22±0.02 ^b	0.24±0.02 ^b

注:不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平上同一品种不同处理的差异性。

由图4可得,添加SSL后湿面条的干物质损失率也均小于对照组。SSL添加量0.08%时,干物质损失率最小,为5.90%,较对照组下降21.54%。吸水率先

下降后上升趋势,SSL添加量0.08%时,吸水率达到较小值,为95.63%,较对照组下降5.96%。综合各项指标,SSL添加量0.08%时,能提高马铃薯湿面条的品

质,因此选取0.04%~0.12%水平进行正交试验。

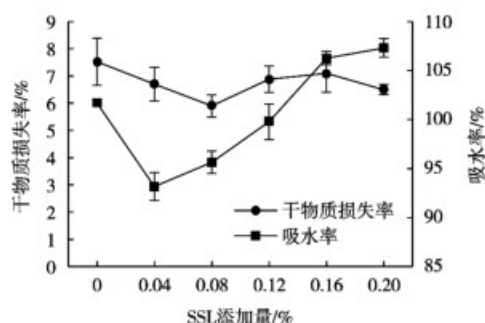


图4 SSL对马铃薯面条蒸煮特性的影响

2.2 正交试验结果与分析

根据单因素试验结果,以质构特性、蒸煮特性和感官评分为评价指标,进行四因素三水平正交试验,试验方案见表6,复配改良剂对马铃薯湿面条质构特

性和蒸煮特性的影响试验结果见表7。

表6 正交试验设计方案

单位: %

试验组	因素			
	A木薯抗性淀粉添加量	B复合磷酸盐添加量	C谷朊粉添加量	D SSL添加量
1	3	0.1	3	0.04
2	3	0.2	4	0.08
3	3	0.3	5	0.12
4	4	0.1	4	0.12
5	4	0.2	5	0.04
6	4	0.3	3	0.08
7	5	0.1	5	0.08
8	5	0.2	3	0.12
9	5	0.3	4	0.04

由表7可得,各试验组间的弹性指标无显著差异。试验组4的内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性和回复性均为最高,吸水率最低,为90.41%。试验组5的硬度和感官评分最高,干物质损失率较低,为6.18%。

表7 正交试验结果

试验组	硬度/N	黏附性/(N·mm)	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mj	回复性	干物质损失率/%	吸水率/%	感官评分/分
1	13.64±0.46 ^a	0.52±0.57 ^{bcd}	0.59±0.07 ^{ab}	2.36±0.15 ^a	8.03±1.21 ^a	19.01±3.79 ^{abc}	0.34±0.06 ^{abc}	7.59±0.49 ^a	95.74±0.43 ^d	83±1.45 ^c
2	13.35±0.70 ^a	0.48±0.24 ^{bcd}	0.55±0.04 ^{abc}	2.33±0.10 ^a	7.31±0.80 ^a	17.00±1.64 ^{bcd}	0.29±0.33 ^{bc}	6.27±0.28 ^{def}	92.34±1.17 ^e	84.67±1.40 ^b
3	13.61±0.76 ^a	0.97±0.34 ^a	0.57±0.02 ^{abc}	2.44±0.09 ^a	7.72±0.62 ^a	18.80±1.63 ^{abc}	0.31±0.03 ^{bc}	7.38±0.27 ^{ab}	95.93±0.37 ^d	82.33±0.98 ^{cd}
4	14.21±0.26 ^a	0.21±0.12 ^{cd}	0.60±0.05 ^a	2.59±0.54 ^a	8.52±0.83 ^a	21.83±3.49 ^a	0.40±0.06 ^a	5.82±0.23 ^f	90.41±0.24 ^e	89.67±1.47 ^a
5	14.28±0.91 ^a	0.67±0.41 ^{ab}	0.57±0.08 ^{abc}	2.34±0.20 ^a	8.24±1.65 ^a	19.17±3.78 ^{ab}	0.35±0.09 ^{ab}	6.18±0.40 ^{ef}	91.64±1.04 ^e	91.67±1.21 ^a
6	11.43±1.34 ^b	0.62±0.17 ^{abc}	0.54±0.03 ^{abc}	2.49±0.76 ^a	6.15±0.41 ^b	15.21±3.97 ^{cde}	0.28±0.03 ^c	6.51±0.25 ^{def}	98.36±0.65 ^c	82.58±0.86 ^c
7	10.71±1.55 ^b	0.33±0.08 ^{bcd}	0.53±0.01 ^{bc}	2.20±0.12 ^a	5.65±0.72 ^b	12.38±1.08 ^c	0.27±0.01 ^c	6.48±0.29 ^{def}	103.16±0.61 ^a	76.42±1.74 ^e
8	11.35±0.73 ^b	0.17±0.09 ^d	0.52±0.03 ^c	2.38±0.30 ^a	5.87±0.21 ^b	13.97±1.44 ^{de}	0.27±0.02 ^c	6.88±0.47 ^{bcd}	100.29±0.68 ^b	80.33±1.51 ^d
9	13.51±0.48 ^a	0.40±0.16 ^{bcd}	0.59±0.04 ^{ab}	2.23±0.09 ^a	7.95±0.54 ^a	17.69±1.11 ^{bcd}	0.32±0.03 ^{bc}	7.06±0.46 ^{abc}	96.88±0.73 ^d	85.00±1.26 ^b

注:不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平上同一品种不同处理的差异性。

将表7得到的9组改良剂复配试验的8个(剔除内聚性和弹性指标)指标数据进行主成分分析。在Bartlett's球形检验和KMO检验中, $P=0.0001$ (<0.05),KMO统计量为0.692(>0.5),表明原有各变量间具有一定相关性,适合进行主成分分析^[26],分析结果如表8~表10所示。由表9可得,2个主成分的累计贡献率为87.626%,说明其能代表原来8个品质评价指标信息的87.626%,即能有效评价马铃薯湿面条的品质。

由表9可得,第1主成分主要以咀嚼性、硬度、胶黏性、回复性和感官评分的影响为主,第2主成分

以干物质损失率和黏附性的影响为主。根据此成分矩阵计算特征向量矩阵,得到主成分 Y_1 、 Y_2 的线性关系式,各关系式为: $Y_1=0.412X_1+0.091X_2+0.410X_3+0.413X_4+0.393X_5-0.105X_6-0.405X_7+0.392X_8$; $Y_2=0.162X_1+0.638X_2+0.149X_3+0.094X_4-0.122X_5+0.695X_6+0.092X_7-0.169X_8$ 。

表8 改良剂复配评价指标的主成分方差贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	5.486	68.575	68.575
2	1.524	19.051	87.626

表9 改良剂复配评价指标主成分的成分矩阵

指标	硬度(X_1)	黏附性(X_2)	胶黏性(X_3)	咀嚼性(X_4)	回复性(X_5)	干物质损失率(X_6)	吸水率(X_7)	感官评分(X_8)
主成分1	0.964	0.213	0.961	0.968	0.920	-0.245	-0.948	0.919
主成分2	0.200	0.788	0.184	0.116	-0.151	0.858	0.114	-0.209

表10 马铃薯湿面条综合品质评价得分结果

指标	试验组								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z值/分	0.93	0.24	0.88	2.22	2.04	-1.4	-3.05	-2.28	0.42

以主成分 Y_1 、 Y_2 所对应的特征值占所提取主成分总特征值之和的比例作为权重,计算主成分综合模型,关系式为 $Z=0.783Y_1+0.217Y_2$ 。

根据该关系式得到9组试验组的综合品质评价得分,如表10所示。

由表10可得,9个试验组中试验组4和5的综合品质评价得分均大于2,远高于其他7组,说明这2组复配改良剂对马铃薯湿面条的品质改善作用均优于其他7组。试验组4的综合品质评价得分最高,为2.22分,即复配改良剂的最优组合为木薯抗性淀粉4%、复合磷酸盐0.1%、谷朊粉4%、SSL 0.12%。

3 结论

以马铃薯为原料制作面条会使面条品质下降,而适量改良剂的添加可增强面筋的网络结构,改善面条品质。在单因素试验中,通过对面条质构特性和蒸煮特性指标的评价得到,分别添加4%木薯抗性淀粉、0.2%复合磷酸盐、4%谷朊粉、0.08% SSL时,马铃薯湿面条的品质改善效果较好。在正交试验中,通过对面条质构特性和蒸煮特性指标进行主成分分析,得到复配改良剂的最优组合:木薯抗性淀粉4%、复合磷酸盐0.1%、谷朊粉4%、SSL 0.12%,综合品质评价得分最高,为2.22分,改善效果最好。

参考文献:

- [1] AKYOL H, RICIPUTI Y, CAPANOGLU E, et al. Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(6): 835.
- [2] 蔡沙, 隋勇, 施建斌, 等. 马铃薯馒头的制备工艺研究[J]. 食品工业, 2018, 39(9): 140-143.
- [3] 姚佳, 邓峰, 杨佳宁, 等. 马铃薯馒头的研制与品质改良研究[J]. 食品科技, 2019, 44(2): 164-169.
- [4] 蔡沙, 蔡芳, 施建斌, 等. 马铃薯馒头制作工艺和贮藏、消化特性分析[J]. 食品工业, 2021, 42(5): 18-22.
- [5] WANG W X, CHEN Q Q, WU P, et al. Development of whole potato flour fish noodles[J]. Agricultural Biotechnology, 2019, 8(6): 114-118.
- [6] 吕美, 赵月, 曾文莺, 等. 马铃薯全粉在面条中的应用研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(1): 55-61.
- [7] 冯一丹, 刘香英, 康立宁, 等. 马铃薯面条配方的响应面法优化[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(9): 30-34.
- [8] 张旭. 马铃薯全粉面条研制[D]. 雅安: 四川农业大学, 2019.
- [9] 李俊, 关郁芳, 王辉, 等. 马铃薯泥面条加工工艺研究[J]. 食品科技, 2018, 43(4): 153-158.
- [10] LIU X L, MU T H, SUN H N, et al. Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(11): 2666-2676.
- [11] 文瑜, 彭凌, 杨华进, 等. 马铃薯吐司面包的配方研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(23): 137-142.
- [12] 孟金明, 刘秋鸣, 刘发超, 等. 马铃薯全粉面包感官品质改良研究[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(11): 72-78.
- [13] 杨健, 康建平, 张星灿, 等. 马铃薯全粉对面条品质影响的主成分分析研究[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(1): 17-23.
- [14] 任立煊, 赵江, 刘子圆, 等. 不同改良剂对马铃薯面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(9): 35-38.
- [15] 李升, 王佳佳, 叶发银, 等. 3种改良剂提升高含量紫薯挂面品质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(11): 146-152.
- [16] 丁捷, 李晓梅, 黄益前, 等. 复合改良剂在速冻青稞面加工中的应用[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(5): 95-99.
- [17] 宋鱼, 冯怀章, 张忆洁, 等. 马铃薯原浆的护色工艺及其防腐[J]. 食品工业, 2019, 40(8): 4-7.
- [18] 毛汝婧, 杨富民. 3种品质改良剂对湿面条质构及蒸煮特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(4): 164-170, 177.
- [19] 刘玉环, 李彩霞, 焦扬, 等. 变性淀粉对马铃薯全粉小麦复合粉方便面品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(2): 157-165, 174.
- [20] 侯汉学, 董海洲, 汪建民, 等. 羟丙基磷酸交联糯玉米淀粉的性质及其作为面条品质改良剂的研究[J]. 食品与发酵工业, 2004(6): 17-21.
- [21] 曹蕊, 陆启玉, 刘紫鹏, 等. 木薯淀粉、谷朊粉、复合磷酸盐与瓜尔胶对冷冻熟面品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(1): 24-30.
- [22] 杨雪飞, 袁蓓蓓, 罗水忠, 等. 品质改良剂对复合杂粮面包粉流变学特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 75-80.
- [23] 徐超宇, 马晓军. 面包改良剂对红薯面包面团流变特性的影响及改良剂的优化分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(19): 267-274.
- [24] ZHOU Y, CAO H, HOU M, et al. Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour[J]. Food Research International, 2013, 51(2): 879-885.
- [25] 陈佳佳, 任国宝, 任晨刚, 等. 谷朊粉、乳化剂对全麦面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(6): 72-75.
- [26] 张怀予, 沈世爽, 张浩, 等. 枸杞面包复合改良剂优化及其品质的主成分分析法多指标评价[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(13): 232-241.