

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.02.012

马铃薯泥对面团及面包品质的影响

方秀丽, 常柳, 段晓亮, 洪宇, 欧阳姝虹, 孙辉

(国家粮食和物资储备局科学研究院 北京 100037)

摘要: 为提高马铃薯的利用率, 丰富主食面包的种类, 选取5个不同品种的马铃薯样品, 蒸熟后制成马铃薯泥, 按30%的比例添加到面包粉中制作面包。通过分析混合面团的粉质、拉伸特性及发酵性能, 研究添加马铃薯泥对混合面团流变学特性的影响; 通过对马铃薯泥面包进行感官评价和仪器分析, 探索添加马铃薯泥对面团品质的影响。结果表明, 添加马铃薯泥后, 混合面团筋力减弱, 加工性能略有下降, 但具有良好的持气能力和产气能力, 发酵性能良好; 添加马铃薯泥后所制面包体积变大, 且不易老化, 其中加入5号马铃薯样品的面包感官评价总分最高, 面包切片亮度高于对照样品, 且粗气孔体积得到改善。综合考虑面包的感官和物理特性, 添加5号马铃薯样品做出的面包品质最好。

关键词: 马铃薯泥; 面团; 流变学特性; 面包

中图分类号: TS213.2; TS215 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)02-0073-06

The effects of potato mud on the dough and the quality of bread

FANG Xiu-Li, CHANG Liu, DUAN Xiao-Liang, HONG Yu, OUYANG Shu-Hong, SUN Hui

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: In order to increase the utilization rate of potato and enrich the type of staple bread, five different varieties of potato samples were selected and steamed into potato mud, which was added to bread flour in 30% proportions to make bread. The influences of the potato mud paste on the rheology and fermentation properties of mixed dough were investigated by a Brabender Farinograph, Extensograph and Chopin F4 Rheofermentometer. The effects of adding potato mud paste on the quality of bread were explored by sensory evaluation and instrumental analysis. The results showed that, in comparison with control samples, the addition of potato mud weakened the dough gluten and decreased processing performance slightly, whereas the dough remained the good gas holding capacity and gas production capacity. The fermentation performances of dough kept same level. After adding potato mud, the bread volume became larger. The instrumental analysis shows that the brightness of the bread slices increased and the volume of coarse stomata were improved after the additions of potato variety No.3, No.4 and No.5. Furthermore,, potato variety No.5 showed superior processing quality and obtained higher sensory evaluation scores which is considered to be suitable for making potato-mixed bread.

Key words: potato mud; dough; rheological properties; bread

马铃薯又名土豆、洋芋等, 其营养十分丰富,

富含多种维生素、矿物质, 并含有优质蛋白, 其生物效价与全蛋相当^[1]。马铃薯淀粉颗粒大, 且支链淀粉分子上含有天然磷酸基团, 糊化温度低, 糊化速度快, 易膨胀, 持水性好, 口感温和^[2-4]。马铃薯中还含有抗性淀粉, 抗性淀粉在体内可以充饥但不产生能量, 摄入抗性淀粉, 对于糖尿病人控制血糖浓度, 以及普通人控制体重非常有效^[1]。

收稿日期: 2019-09-16

基金项目: 粮食产业基础数据库与科技服务平台建设与运行 (CZ1901)

作者简介: 方秀丽, 1984年出生, 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为粮食品质与标准研究。

通讯作者: 孙辉, 1971年出生, 女, 博士, 研究员, 研究方向为粮食品质与标准研究。

因其营养丰富在法国被称为“地下苹果”，在欧美享有“第二面包”的美称^[5]。

近年来人们的饮食观念由吃饱开始转向吃好，吃出健康，从而促使人们对食品营养要求不断提高。面包是人们日常生活中经常食用的食品，通过将马铃薯泥添加到小麦粉中做成适合中国人消费习惯的主食面包，可以满足我国人民由温饱消费向营养健康消费的需求转变做出贡献。有研究发现马铃薯全粉的加入，对面包的营养价值和品质均有改善^[6]。另有研究，马铃薯全粉添加量在 5%~15% 的范围内，面包的品质均优于对照，添加量为 15% 时，面包的色泽、组织结构 and 口感等达到最佳状态，但当添加量超过 15% 时面包的品质开始变差^[7]。张士泉等研究表明，马铃薯全粉可作添加剂使用，如焙烤面食中添加 5%，可增加黏度和改善产品品质^[8]。张震等研究发现蒸煮马铃薯的添加量低于 10%，对面包的品质具有改良作用，高于 30% 会降低面包的品质，蒸煮马铃薯的添加量为 30% 时，较适宜开发出高品质的面包产品^[9]。董晓林等研究发现马铃薯泥在面包中最佳含量为 40% 时，面团相对发酵用时较短，感官品质最佳^[10]。上述研究多集中在马铃薯淀粉或全粉，马铃薯淀粉或全粉加工成本较高，以新鲜马铃薯为原料制取马铃薯全粉^[11]，马铃薯泥的制备成本较低，在面食品制作过程中可以直接加入和面机中，为马铃薯主食化大面积推广、尤其是在广大农村地区进行普及的一个有力途径，但是关于添加鲜马铃薯制作食品的研究鲜有报道，因此本文以马铃薯泥为主要辅料，研究其对面团特性和面包品质的影响，以期为提高马铃薯的利用率，丰富主食面包的种类提供一定的理论基础。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

高级面包粉：北京古船食品有限公司；白砂糖：北京市糖业烟酒公司；起酥油：安佳(Anchor)；即发高活性干酵母：安琪酵母股份有限公司；盐：中盐烹调海盐；麦芽粉：自制；抗坏血酸(食品级)：北京鸿瑞嘉盛商贸有限公司；水：实验室用纯净水。马铃薯样品信息见表 1。

表 1 5 种不同品种马铃薯来源及编号

品种	来源	编号	薯泥水分含量/%
冀张薯 3 号	张家口农科院	马铃薯 1	79.1
冀张薯 5 号	张家口农科院	马铃薯 2	81.8
冀张薯 8 号	张家口农科院	马铃薯 3	84.0
冀张薯 15 号	张家口农科院	马铃薯 4	73.4
区试品种	张家口农科院	马铃薯 5	80.4

1.2 仪器设备

BRABENDIR.820604 型粉质仪、brabender E 型拉伸仪：德国 Brabender 公司；CHEOPIN Rheo F4 型流变发酵测定仪：法国肖邦(Chopin)公司；National mfg.co. 型 Swanson 针式和面机和压片机、烤炉、体积测定仪：美国 National 公司；JXFD7 型醒发箱：北京东方孚德公司；旋转盘式无锯齿面包切片机：美国 Graef 公司；cc.200.06 型 C-Cell 图像分析仪：英国 Calibre Control International 公司；TA.XT_PLUS 型物性仪：英国 SMS 公司。

1.3 实验方法

马铃薯混合面团流变学特性测试及马铃薯面包的制作，马铃薯泥的添加量均相当于对照组面包粉重量的 30%，同时将添加的马铃薯换算成 14% 水分基，计算所需面包粉的量，薯泥称重后直接加入实验仪器中与面粉一起搅拌至均匀。

1.3.1 马铃薯泥制作方法

马铃薯块茎，洗净，带皮放入锅中，加适量水，煮熟，然后取出，晾凉，剥去皮，捣成泥状。

1.3.2 面团流变学特性测试

粉质特性测试：称取 46.6 g 面包粉+15 g 马铃薯泥，对照组为 50 g 面包粉，参考 GB/T 14614—2006。本研究最终吸水率的计算是用实际吸水率加上薯泥中含水率校正后得到，如实际吸水率为 50%，薯泥含水率为 14%，则最终吸水率为 64%。

拉伸特性测试：称取 279 g 面包粉+90 g 马铃薯泥，对照组为 300 g 面包粉，参考 GB/T 14615—2006。

发酵特性测试：称取 232 g 小麦粉+75 g 马铃薯泥，对照组为 250 g 面包粉，参考 AACC 89—01.01。

1.3.3 面包制作配方

对照组：200 g 面包粉，其他配料按表 2 配比添加；实验组：186 g 面包粉+60 g 马铃薯，其他配料按表 2 配比添加。

表 2 面包基础配方 %

项目	小麦粉	糖	起酥油	即发干酵母	盐	麦芽粉	抗坏血酸	水
小麦粉总量的百分基数	100	6.0	3.0	2.7	1.5	0.2	0.01	适量

1.3.4 面包制作工艺

面包生产工艺流程如下：称样→和面→发酵→揉压与成型→醒发→烘烤→成品。采用快速发酵法，工艺参数及具体操作过程，参考 GB/T 35869—2018。

1.3.5 面包感官评分

按照 GB/T 35869—2018 附录 A 进行面包烘焙品质评分。

1.3.6 面包仪器评价

质构特性测试，利用质构测试仪对硬度、韧性和衰减比率等参数进行分析，参考 AACCC74—09。

纹理测试，采用 C-Cell 图像分析仪对其切片亮度、气孔数量等纹理特性的分析，参考孙辉等方法^[12]。

1.3.7 数据分析

用 Excel 软件、SPSS16.0 软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 马铃薯泥对面团流变学特性的影响

面团流变学特性是小麦粉加水后耐揉性和粘

弹性的综合表现，是小麦品质的指标之一，它决定小麦粉的加工品质和烘焙、蒸煮食品等最终产品的质量，可以为小麦粉的分类和用途提供一个实际且科学的依据^[13]。有研究报道，适量添加马铃薯氧化淀粉可有效改善面团的粉质、拉伸和糊化特性及馒头的品质^[14]，另有报道，添加马铃薯变性淀粉可改善面团的流变学特性，增大面团的韧性，减小面团的延伸性，改善面团的筋力^[15]。

2.1.1 马铃薯泥对面团粉质特性的影响

面团粉质特性分析参数包括面粉吸水率、面团形成时间、面团稳定时间、弱化度和粉质质量指数等，结果见表 3。添加马铃薯泥后，由于面团中面筋蛋白质相对含量下降，面团的形成时间、稳定时间变短，而弱化度变大，粉质质量指数下降，王春香等研究也表明添加马铃薯全粉后，小麦面筋蛋白含量相对下降，面筋筋力减弱，导致面团稳定性发生变化^[16]。面团吸水量越大，面包烘焙效果越好^[17]，故添加马铃薯 5 的面包烘焙效果较好。面团吸水量取决于面筋蛋白质和淀粉结合水的能力，面筋蛋白质亲水性高于淀粉，但是淀粉的吸水速度比面筋蛋白质更快^[16]。由于马铃薯淀粉结合水的能力远高于小麦淀粉，所以在小麦粉中添加马铃薯泥后，可能导致面筋过度吸水，使得混合面团的稳定性下降。

表 3 马铃薯-小麦粉混合面团粉质测试结果

粉质参数	小麦粉	小麦粉+马铃薯 1	小麦粉+马铃薯 2	小麦粉+马铃薯 3	小麦粉+马铃薯 4	小麦粉+马铃薯 5
吸水率/%	62.3±0.00 ^b	57.1±0.28 ^a	61.4±0.35 ^b	61.6±1.27 ^b	61.9±0.00 ^b	62.7±0.56 ^b
形成时间/min	3.9±0.14 ^b	1.2±0.08 ^a	1.4±0.11 ^a	1.5±0.05 ^a	1.3±0.07 ^a	1.2±0.00 ^a
稳定性/min	4.7±0.28 ^b	2.0±0.10 ^a	1.3±0.08 ^a	1.4±0.02 ^a	1.2±0.04 ^a	0.9±0.05 ^a
弱化度/FU	47±2.12 ^a	148±3.22 ^b	143±1.05 ^b	148±1.31 ^b	175±0.96 ^c	188±0.84 ^c
粉质质量指数	70.5±2.81 ^c	23.5±1.41 ^b	21.5±1.33 ^{ab}	23.5±1.14 ^b	17.5±0.89 ^a	16.0±0.33 ^a

注：同列字母不同表示差异显著 ($P \leq 0.05$)，下同。

2.1.2 马铃薯泥对面团拉伸特性的影响

从面粉的拉伸曲线可得到拉伸曲线面积、拉伸阻力、延伸度和拉伸比例等参数，延伸度指面团的拉伸长度，表示面团的延展性和可缩性^[18]，拉伸阻力反映面团的强筋度，阻力越大筋力越强^[19]。张剑等指出拉伸曲线面积、最大拉伸阻力与拉伸阻力等因素对面包综合得分的影响显著^[20]。面团拉伸特性分析结果见表 4，添加马铃薯泥后，混合面团的拉伸曲线面积、拉伸阻力减小，延伸度

显著变大。其中添加马铃薯 5 的面团拉伸性能与对照样品间差异最小。有研究发现添加马铃薯淀粉可导致面粉的最大拉伸阻力和拉伸曲线面积减小^[21]，这与我们的研究结果也一致。

2.1.3 马铃薯泥对面团流变发酵参数的影响

使用 F4 发酵流变仪，通过模拟面团的发酵过程，可以测得面团发酵全过程中各时间点的发酵参数，从而反应面筋蛋白网络结构的特性。由表 5 可知，添加不同品种马铃薯样品后，面团的最

大发酵高度 (Hm)、终点发酵高度 (h) 均稍有降低。其中加入马铃薯 5 的面团到达发酵高度的时间 (T1) 显著增加, 说明加入马铃薯 5 可显著改

善面团的耐性, 这可能是由于马铃薯 5 中还原糖含量较高, 导致酵母活性增强, 从而使其发酵高度与其它样品产生明显的显著性差异。

表 4 马铃薯小麦粉混合面团拉伸测试结果

拉伸参数	小麦粉	小麦粉+马铃薯 1	小麦粉+马铃薯 2	小麦粉+马铃薯 3	小麦粉+马铃薯 4	小麦粉+马铃薯 5
拉伸曲线面积/cm ²	62±4.24 ^d	47±3.54 ^e	46±2.83 ^e	36±0.00 ^a	41±2.82 ^{ab}	61±0.00 ^d
拉伸阻力/BU	257±15.56 ^c	177±4.24 ^b	156±14.14 ^{ab}	135±2.83 ^a	151±7.07 ^a	239±0.00 ^c
延伸度/mm	142±1.41 ^a	152±7.78 ^{bc}	163±2.83 ^d	157±1.41 ^{cd}	157±1.41 ^{cd}	148±0.71 ^{ab}
最大拉伸阻力/BU	302±19.09 ^c	204±7.78 ^b	192±15.56 ^b	149±1.41 ^a	182±10.61 ^b	296±6.36 ^c
拉伸比例	1.8±0.14 ^d	1.2±0.07 ^b	1.0±0.07 ^a	0.9±0.00 ^a	1.0±0.07 ^a	1.6±0.00 ^c
最大拉伸比例	2.2±0.07 ^d	1.4±0.07 ^c	1.2±0.14 ^{bc}	0.9±0.00 ^a	1.2±0.07 ^{bc}	2.0±0.00 ^d

表 5 马铃薯-小麦粉混合面团发酵曲线结果

样品名称	最大发酵高度 Hm/mm	终点发酵高度 h/mm	(Hm-h)/Hm/%	达到最大发酵高度的时间 T1/h
小麦粉	45.7±0.92 ^c	41.8±1.20 ^c	8.45±0.79 ^b	1.85±0.11 ^a
小麦粉+马铃薯 1	45.6±0.42 ^c	41.4±1.13 ^c	9.15±1.64 ^b	1.73±0.04 ^a
小麦粉+马铃薯 2	39.6±0.14 ^b	37.9±1.20 ^{ab}	4.10±2.69 ^a	1.74±0.06 ^a
小麦粉+马铃薯 3	37.4±0.35 ^a	36.1±0.42 ^a	3.25±2.05 ^a	1.60±0.02 ^a
小麦粉+马铃薯 4	40.1±0.07 ^b	38.5±0.35 ^b	4.05±0.71 ^a	1.86±0.03 ^a
小麦粉+马铃薯 5	39.3±0.28 ^b	38.4±0.42 ^b	2.20±0.37 ^a	2.61±0.08 ^b

使用 F4 发酵流变仪同时可以测得面团发酵全过程中各时间点的气体释放参数, 结果见表 6, 加入马铃薯 1 和马铃薯 5 的面团出现孔洞的时间 (Tx) 增加, 而加入马铃薯 2、3、4 的面团出现孔洞的时间减少, 说明加入马铃薯 1 和马铃薯 5 时可延缓 CO₂ 气体的溢出时间, 提高了面团的持气性, 有利于改善面包的体积。

2.2 马铃薯泥面包感官评分及仪器评价

2.2.1 感官评分

马铃薯泥面包剖面图见图 1, 马铃薯泥面包感官评分及差异性分析结果见表 7, 感官评分体系中体积评分和面包芯纹理分值比重较大, 分别为 45 分和 35 分。体积评分结果, 添加不同品种马铃薯

泥后面包体积变大, 评分均达到了 45 分, 较对照样品差异显著, 但是不同马铃薯泥面包间体积不存在显著差异。纹理评分结果, 添加马铃薯 1 和马铃薯 4 的面包芯纹理评分均显著低于对照样品, 而添加马铃薯 2、3、5 的面包芯纹理评分与对照样品间不存在差异。添加不同品种马铃薯泥对面包芯质地也表现出不同程度的影响, 较对照样品, 添加马铃薯 1、2、3、4 后面包芯质地评分略有降低, 而添加马铃薯 5 则使面包芯质地得到改善, 评分升高。根据感官评价总分, 添加马铃薯 1、2、4 的面包总评分均低于对照样品, 添加马铃薯 3 和马铃薯 5 的面包总评分与对照样品间不存在差异, 其中添加马铃薯 5 的面包品质最好, 感官总分达到了 91 分。

表 6 马铃薯-小麦粉混合面团气体释放曲线结果

样品名称	气体释放曲线最大高度 H'm/mm	达到气体释放最大高度时间 T1/h	面团出现孔洞时间 Tx/h	产生气体总体积/mL	CO ₂ 总损失体积/mL	保持气体体积/mL	气体保留系数/%
小麦粉	71.2±4.38 ^a	1.19±0.09 ^a	0.95±0.08 ^a	1 648±23.35 ^a	405±7.38 ^a	1 243±24.04 ^a	75.5±2.55 ^a
小麦粉+马铃薯 1	73.7±2.76 ^a	1.50±0.04 ^a	1.04±0.05 ^a	1 775±31.11 ^a	516±7.07 ^a	1 260±37.45 ^a	71.0±0.92 ^a
小麦粉+马铃薯 2	70.2±3.39 ^a	1.48±0.04 ^a	0.94±0.08 ^a	1 747±53.74 ^a	514±11.21 ^a	1 233±32.52 ^a	70.6±0.35 ^a
小麦粉+马铃薯 3	69.3±1.06 ^a	1.41±0.12 ^a	0.85±0.00 ^a	1 760±16.97 ^a	559±23.33 ^a	1 202±6.36 ^a	68.3±1.06 ^a
小麦粉+马铃薯 4	67.1±2.33 ^a	1.35±0.11 ^a	0.93±0.07 ^a	1 654±77.07 ^a	451±22.02 ^a	1 203±4.95 ^a	72.8±3.67 ^a
小麦粉+马铃薯 5	67.0±5.73 ^a	2.10±0.13 ^a	1.05±0.02 ^a	1 640±21.77 ^a	434±21.77 ^a	1 206±1.41 ^a	74.2±3.76 ^a

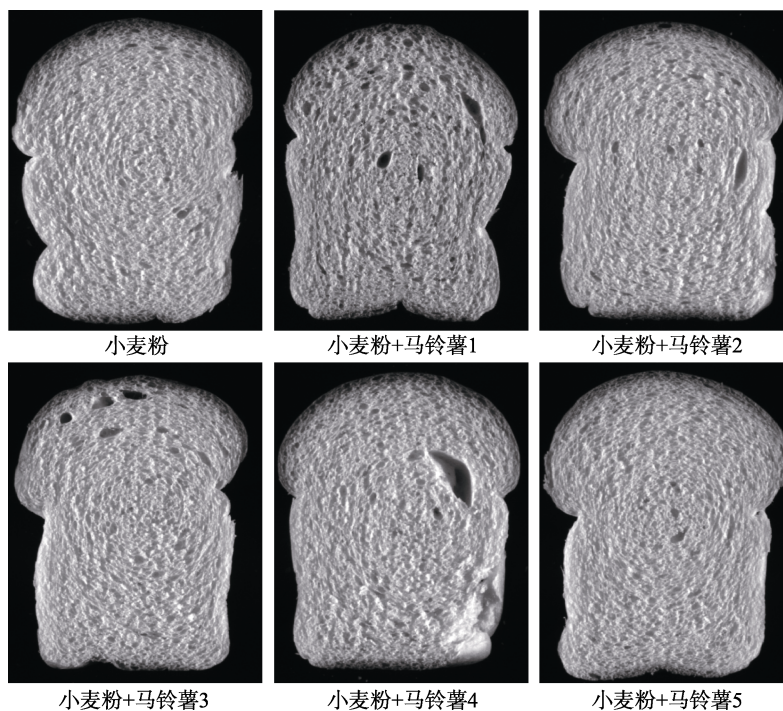


图 1 马铃薯泥面包剖面图

表 7 马铃薯泥面包的感官评分及其差异性分析

样品名称	体积评分 (45 分)	外观形状 (5 分)	面包芯色泽 (5 分)	面包芯质地 (10 分)	面包芯纹理 (35 分)	总分 (100 分)
小麦粉	43.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^c	4.0±0.00 ^b	8.0±0.00 ^{ab}	30.0±0.00 ^{bc}	90.0±0.00 ^{bc}
小麦粉+马铃薯 1	45.0±0.00 ^b	5.0±0.00 ^c	3.5±0.00 ^a	7.2±0.35 ^a	25.0±1.41 ^a	85.8±1.06 ^a
小麦粉+马铃薯 2	45.0±0.00 ^b	4.5±0.00 ^b	3.5±0.00 ^a	7.4±0.56 ^a	26.5±0.71 ^{ab}	86.9±0.14 ^{ab}
小麦粉+马铃薯 3	45.0±0.00 ^b	4.5±0.00 ^b	3.5±0.00 ^a	7.4±0.56 ^a	27.5±0.71 ^{abc}	87.9±0.14 ^{abc}
小麦粉+马铃薯 4	45.0±0.00 ^b	4.0±0.00 ^a	3.2±0.35 ^a	7.2±0.35 ^a	26.0±1.41 ^a	85.5±1.41 ^a
小麦粉+马铃薯 5	45.0±0.00 ^b	4.8±0.35 ^{bc}	3.5±0.00 ^a	8.8±0.35 ^b	29.0±0.00 ^{bc}	91.0±0.71 ^c

2.2.2 仪器评价

质构分析中，硬度、韧性主要影响面包芯的质地，硬度越小、韧性越大，面包芯质地评分越高。衰减比率则反应面包的老化程度，衰减比率越大，面包弹性越好，越不易老化，品质也越好。如图 2，曲线最高点为面包的硬度；阴影部分的积分面积为韧性，表示将样品挤压到设定距离过程中的能量消耗；衰减比率是测试曲线末端数值与硬度的百分比，反应经历一定时长，样品保持原来形状的能力。面包质构特性测试结果见表 8，添加马铃薯 1、2、3、5 的面包硬度、韧性均变小，添加马铃薯 4 的面包硬度、韧性较对照样品变大。添加马铃薯后，面包衰减比率与对照样品相比均

变大，因此添加马铃薯可改善面包弹性，使面包不易老化。

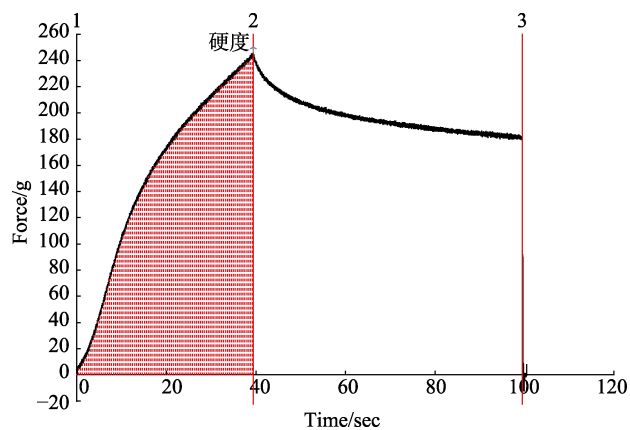


图 2 面包质构曲线示意图

表 8 马铃薯泥面包的物性及其差异性分析

样品名称	硬度/N	韧性/N.sec	衰减比率
小麦粉	2.62±0.30 ^c	30.3±2.16 ^c	69.5±0.57 ^{ab}
小麦粉+马铃薯 1	1.51±0.11 ^a	16.8±2.12 ^a	71.9±1.56 ^{cd}
小麦粉+马铃薯 2	1.86±0.04 ^b	20.2±0.07 ^{ab}	73.0±0.78 ^{cd}
小麦粉+马铃薯 3	1.94±0.08 ^b	21.7±0.97 ^{ab}	73.4±0.07 ^d
小麦粉+马铃薯 4	3.26±0.15 ^d	36.6±2.67 ^d	70.9±1.00 ^{cd}
小麦粉+马铃薯 5	2.20±0.02 ^b	24.0±1.07 ^b	72.2±0.92 ^{bc}

马铃薯泥面包纹理测试结果见表 9, 添加马铃薯泥后, 面包切片面积均变大, 说明添加马铃薯泥有利于改善面包体积。这可能是由于马铃薯中还原糖含量高, 导致酵母活性增强, 从而改善面包的体积。有研究称, 酵母的生长速率随糖浓度的升高而增加, 在糖浓度为 200 g/L 时生长量趋

于平稳^[22]。马铃薯泥面包的粗气孔体积减小, 气孔密度变小。加入马铃薯 2、3、4、5 的面包切片亮度增加, 这可能与马铃薯中淀粉含量及其品质密切相关。张馨文等研究称, 随着马铃薯氧化淀粉添加量的增加, 馒头的表皮亮度和内瓢亮度都在增加, 马铃薯氧化淀粉可改善馒头色泽^[23]。

表 9 马铃薯泥面包的纹理及其差异性分析

样品名称	切片面积/mm ²	切片亮度	气孔数量	壁厚/mm	气孔直径/mm	粗气孔体积/mm ³	平均气孔延伸长度	气孔密度
小麦粉	307 750±579 ^a	141.3±0.22 ^{ab}	3 461±107 ^a	3.21±0.05 ^{ab}	17.97±1.38 ^{bc}	16.78±2.41 ^d	1.98±0.02 ^c	0.011 2±0.00 ^c
小麦粉+马铃薯 1	341 568±1 488 ^d	140.4±1.36 ^{ab}	3 474±26 ^a	3.32±0.00 ^b	18.83±0.36 ^c	15.44±0.38 ^{cd}	1.86±0.00 ^c	0.010 2±0.00 ^{ab}
小麦粉+马铃薯 2	331 305±1 472 ^c	142.4±1.35 ^b	3 328±144 ^a	3.30±0.05 ^{ab}	18.92±0.79 ^c	14.47±0.71 ^{bcd}	1.88±0.01 ^{cd}	0.010 0±0.00 ^a
小麦粉+马铃薯 3	340 687±1 201 ^d	147.3±0.11 ^c	3 524±161 ^a	3.25±0.06 ^{ab}	18.19±0.44 ^{bc}	14.10±0.55 ^{abc}	1.89±0.00 ^d	0.010 3±0.00 ^{abc}
小麦粉+马铃薯 4	322 142±1 117 ^b	147.0±0.41 ^c	3 446±146 ^a	3.19±0.03 ^a	16.01±0.70 ^a	11.69±0.79 ^a	1.73±0.02 ^a	0.010 7±0.00 ^{abc}
小麦粉+马铃薯 5	332 388±980 ^c	146.8±1.10 ^c	3 446±23 ^a	3.29±0.02 ^{ab}	18.33±0.15 ^{bc}	14.02±0.43 ^{abc}	1.81±0.00 ^b	0.010 4±0.00 ^{abc}

3 结论

本研究选取 5 个马铃薯品种样品, 制成马铃薯泥后, 按 30% 的比例添加到小麦粉中制作马铃薯泥面包, 结果表明, 添加 30% 的马铃薯泥, 混合面团加工性能略有下降, 但是面团延伸度显著变大, 产气能力和持气能力良好, 仍具有较好发酵性能。不同品种的马铃薯泥对混合面团的流变学特性和马铃薯泥面包的品质影响差异显著, 说明不同品种马铃薯泥在加工面包的适应性上存在较大差异。添加马铃薯 5 后, 面团吸水量变大, 拉伸性能保持较好, 达到最大发酵高度的时间增加, 耐性得到显著改善, 持气性提高; 感官评价中, 面包芯纹理较好, 面包芯质地得到改善, 感官评价总分升高。仪器评价中添加马铃薯泥后, 面包衰减比率变大, 不易老化, 其中添加马铃薯 5 的面包切片面积变大, 粗气孔体积减小。综合考虑马铃薯泥混合面团的流变学特性及马铃薯泥面包的感官品质、物理特性, 马铃薯 5 较适合于加工面包。

参考文献:

[1] KING J C, SLAVIN J L. White potatoes, human health and dietary guidance. American society for nutrition[J]. Adv. Nutr. 2013, (4): 3939-4015.
 [2] 张洪文. 第二面包-土豆[J]. 吉林农业, 1997(7): 18.
 [3] 马晓东, 钟浩. 马铃薯淀粉的研究及在工业中的应用[J]. 农产品加工: 学刊, 2008(2): 59-61, 67.
 [4] 高福成. 食品新资源[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.
 [5] 古木子. 土豆营养赛苹果[J]. 绿色中国. 2008(4): 9-11.
 [6] 赵文亚. 添加马铃薯全粉对面包品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2008, 29 (8): 114-115.

[7] 郑捷, 胡爱军. 马铃薯全粉在面包中的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005, (11): 18-20.
 [8] 张士泉, 张宏路. 马铃薯全粉的制作与综合利用[J]. 农村实用科技信息, 2010, (4):20.
 [9] 张震. 蒸煮马铃薯面包的开发与品质改良[D]. 吉林农业大学, 2017.
 [10] 董晓琳, 刘树兴, 吴河龙, 等. 响应面法优化马铃薯泥面包的加工工艺[J]. 食品工业科技, 2017, 38(24): 201-205.
 [11] 李富利. 浅议马铃薯全粉[J]. 内蒙古农业科技, 2012 (1): 133-134.
 [12] 孙辉, YAN S P, MACRITCHIE F. 利用图像分析技术评价发酵面食品品质的研究[J]. 河南工业大学学报, 2011, 32 (4): 59-67.
 [13] 李宁波, 王晓曦, 于磊, 等. 面团流变学特性及其在食品加工中的应用[J]. 食品科技, 2008, (8): 35-38.
 [14] 张馨文, 董海洲, 刘传富, 等. 马铃薯氧化淀粉对面团特性及面包品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(10): 6-10.
 [15] 王坤, 吕振磊, 王雨生, 等. 变性淀粉对面团流变学特性和面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 20-24.
 [16] 王春香, 薛惠岚, 张国权. 马铃薯全粉-小麦粉混粉流变学特性的试验研究[J]. 粮食与饲料工业, 2004, (10): 34-35.
 [17] 彭凌, 周栎, 杨仕雷, 等. 不同小麦粉质特性及其吐司面包的加工品质研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45 (3): 104-107.
 [18] 刘艳玲, 田纪春, 韩祥铭, 等. 面团流变学特性分析方法比较及与烘烤品质的通径分析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(1): 45-51.
 [19] 刘志伟, 何宁, 赵阳, 等. 粉质仪和拉伸仪在面粉生产中的应用[J]. 农业科技与装备, 2008, 10, (5): 48-49.
 [20] 张剑, 李梦琴, 李林业, 等. 小麦蛋白质和粉质特性对馒头品质的影响[J]. 扬州大学学报, 2007, 28(3): 64-67.
 [21] 罗凤莲, 夏延斌, 欧阳建勋. 面粉中添加淀粉前后性质的变化[J]. 粮食科技与经济, 2004, (1): 45-46.
 [22] DE ORDUNA R M. Climate change associated effects on grape and wine quality and production[J]. Food Research International, 43(7): 1844-1855.
 [23] 张馨文, 董海洲, 刘传富, 等. 马铃薯氧化淀粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(10): 6-10. ㉞

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网(<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。