

马铃薯全粉剂量效应对面团特性 以及馒头品质作用分析

蔡沙, 蔡芳, 何建军, 施建斌, 隋勇, 熊添, 陈学玲, 范传会, 梅新
(湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064)

摘要: 为丰富馒头营养和品种, 向面团中加入马铃薯全粉, 分析马铃薯全粉基本成分及物化特性, 探究马铃薯全粉剂量效应对混粉、面团特性, 以及馒头品质影响的研究。结果表明, 马铃薯全粉中主要成分为淀粉, 含量约为 67.07%; 马铃薯全粉的持水性、吸水膨胀性分别为 3.57 g/g、2.49 mL/g; 马铃薯全粉的粘度为 12.71 m²/s, 与面粉混合可以增强面团的物化特性。马铃薯全粉的添加使得面团粉质特性变差, 揉混特性变好, 添加量为 8%~15% 时, 面团糊化特性和拉伸特性较好; 随着马铃薯全粉添加量的增加, 马铃薯馒头表皮、内瓤白度降低; 马铃薯全粉添加量为 5%~8% 时, 馒头比容、硬度、胶着性和咀嚼性较大, 感官评分高。综上所述, 为提高面团特性, 马铃薯全粉的建议添加量为 8%~15%; 为改善馒头品质, 马铃薯全粉的建议添加量为 5%~8%。

关键词: 马铃薯全粉; 剂量效应; 面团特性; 馒头品质

文章篇号: 1673-9078(2020)12-213-219

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.12.0547

Analysis of Potato Flour Dosage on the Characteristics of Dough and the Quality of Steamed Bread

CAI Sha, CAI Fang, HE Jian-jun, SHI Jian-bin, SUI Yong, XIONG Tian, CHEN Xue-ling, FAN Chuan-hui,
MEI Xin

(Institute of Agricultural Product Processing and Nuclear-Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)

Abstract: Potato flour was added to the dough to enrich the nutrition and variety of steamed bread. The basic ingredients and characteristics of potato flour were investigated, and the effects of potato flour dosage on the dough characteristics and the quality of steamed bread were also examined. Results showed that the main component of potato flour was starch, and the content was about 67.07%. The expansibility of potato flour in water holding capacity and water absorption were 3.57 g/g and 2.49 mL/g, respectively. The viscosity of the whole potato powder was 12.71 m²/s. The physical and chemical properties of the dough were enhanced when mixing with the potato flour. The addition of potato flour made the dough farinographical properties worse but mixing properties better. When the addition amount was 8%~15%, the gelatinization properties and tensile properties of the dough were better. With the increasing of potato flour, the whiteness of the surface and inside of potato steamed bread decreased. When the addition of potato flour was 5%~8%, the specific volume hardness and chewability of steamed bread were higher and the sensory scores were higher. In conclusion, in order to improve the dough characteristics, the recommended amount of potato flour is 8%~15%. To improve the quality of steamed bread, it is recommended to add 5%~8% potato flour.

Key words: potato flour; dosage effect; dough characteristics; quality of steamed bread

引文格式:

蔡沙, 蔡芳, 何建军, 等. 马铃薯全粉剂量效应对面团特性以及馒头品质作用分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(12): 213-219

CAI Sha, CAI Fang, HE Jian-jun, et al. Analysis of potato flour dosage on the characteristics of dough and the quality of steamed bread [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 213-219

收稿日期: 2020-06-10

基金项目: 湖北省中央引导地方科技发展专项 (2018ZYD011)

作者简介: 蔡沙(1989-), 女, 助理研究员, 研究方向: 农产品加工与副产物综合利用研究

通讯作者: 梅新(1978-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品加工与副产物综合利用研究

马铃薯全粉是以新鲜马铃薯为原料, 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^[1,2]。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, 添加一定量的马铃薯全粉不仅能提高馒头的营养价值, 并且能够使馒头的品质得到改善, 具有较高开发利用价值^[3-5]。

馒头作为中国历史悠久的传统面食, 已有上千年的传承。传统的主食馒头仅有小麦粉制作而成, 但是小麦粉中缺乏一种人体必需氨基酸——赖氨酸, 加入营养丰富的马铃薯全粉与小麦粉混合, 能改善传统馒头的营养缺失, 还能丰富馒头的品种, 实现马铃薯转变为消费和营养健康消费。但由于马铃薯全粉加工性能较差, 产品形式受限, 将马铃薯全粉和小麦粉混合, 可以将蛋白质的功效比提高, 满足人体对营养配比的需要^[6]。

目前, 马铃薯全粉添加量对马铃薯馒头影响的相关文献, 主要是针对剂量效应对马铃薯馒头的品质影响进行研究。刘常金等^[7]研究发现添加马铃薯全粉能够有效改善馒头的比容, 增加馒头的弹性, 提高馒头的回复性, 改善馒头的感官品质, 延长其货架期, 但马铃薯全粉的适宜添加量不宜超过 15%。刘竟峰等^[8]研究发现当马铃薯全粉添加量为 10% 时, 所制备的馒头品质最佳。然而, 在小麦馒头中加入适量马铃薯全粉虽然能明显改善小麦馒头的质构及营养构成, 但过量加入反而会破坏面筋基质的结构, 使馒头体积变小, 硬度较大^[9]。本课题系统的研究分析混粉的物化特性、马铃薯全粉剂量效应对面团特性和马铃薯馒头品质特性的影响, 从而为高品质、强营养马铃薯馒头工业化生产提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试剂与原料

马铃薯全粉, 山西三来食品有限公司; 特级小麦粉, 河南天香面业有限公司; 石油醚(分析纯), 天津市化学试剂有限公司; 安琪酵母(食品级), 安琪酵母股份有限公司。无水硫酸铜(分析纯), 天津市东丽区天大化学试剂厂; 无水乙醇、硫酸钾、硫酸、氢氧化钠、硼酸、盐酸、甲基红、乙酸铅、硫酸钠、D-无葡萄糖等均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

AM CG108 厨师机, 北美电器(珠海)有限公司; SX3-4-10A 马弗炉, 英山亚华实验设备有限公司; KDN 消化炉, 上海精隆科学仪器有限公司; K9840 半自动

凯氏定氮仪, 上海沛欧分析仪器有限公司; TPIC 分光光度计, 天津市普锐斯仪器有限公司; DV2T 粘度计, 博勒飞公司; Farinograph-E 粉质仪, 德国布拉班德公司; RVA-Super4 快速粘度分析仪, 瑞典波通公司; Mixolab 混合试验仪, 法国肖邦技术公司; Brubender 拉伸仪, 德国布拉班德公司; TAXT plus 质构仪, 英国 Stable Micro Systems。

1.3 方法

1.3.1 马铃薯全粉中基本成分的测定

马铃薯全粉中灰分、蛋白质、脂肪、淀粉、可溶性糖等含量的测定分别参照 GB 5009.4-2016、GB 5009.5-2016、GB 5009.6-2016、GB 5009.9-2016、NY/T2742-2015 中的方法进行。

1.3.2 马铃薯全粉-面粉(以下简称混粉)物化特性分析

马铃薯全粉与高筋面粉按一定比例混合均匀后得混粉, 分别制备马铃薯全粉含量为 0%、5%、8%、10%、15% 的混粉备用(如马铃薯全粉添加量为 5% 的混粉: 小麦粉 95 g+马铃薯全粉 5 g, 其它不同比例的混粉添加量以此类推)。

持水性、吸水膨胀性参照蔡沙等^[10]的试验方法进行测定。

粘度: 取一定量样品, 加水悬浊定容至最终浓度为 5%, 在水浴锅中加热并搅拌均匀, 于不同温度(35、70 °C) 下分别测定其粘度。

1.3.3 马铃薯全粉剂量效应对面团特性的影响

表 1 感官评分标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation

指标	分值	评分标准
外观形状	15	表皮光滑有光泽, 对称, 挺: 13~15 分; 中等: 9~12 分; 表皮粗糙, 有硬块, 不对称: 1~8 分
内瓤色泽	10	白、乳白、奶白: 9~10 分; 中等: 6~8 分; 发灰、发暗: 1~5 分
结构	20	纵剖面气孔小均匀: 14~20 分; 中等: 9~13 分; 气孔大不均匀 1~8 分
弹性	25	用手指按压复原性好, 有嚼劲: 19~25 分; 中等: 12~18 分; 复原性、咬紧均差 1~11 分
口感	15	咀嚼爽口不粘牙: 13~15 分; 中等: 9~12 分; 咀嚼不爽口、发粘: 1~8 分
气味	15	具有麦清香、无异味: 12~15 分; 中等: 9~11 分; 有异味: 1~8 分
总分	100	

粉质特性、糊化特性、拉伸特性、揉混特性分别参照 GB/T 14614-2006、GB/T 24853-2010、GB/T 14615-2006、AACC 54-40A (1999) 等方法进行测定。

1.3.4 马铃薯全粉剂量效应对馒头品质的影响

马铃薯馒头制作：以混粉质量为基准，加入 1% 酵母、45% 水于厨师机中和面 10 min (3 档)，置于 35 °C，相对湿度 85% 的醒发箱中醒发 40 min，后再次于厨师机中和面 5 min (2 档) 并于相同条件下二次醒发 30 min，醒发结束后置于沸水浴中蒸制 25 min，冷却 1 h 测定馒头各项品质指标。

1.3.4.1 比容的测定

参照 GB/T 21118-2007 中的方法进行测定。

1.3.4.2 色泽

参照刘树萍等^[11]的试验方法进行测定，并在其基础上稍作修改。马铃薯馒头蒸熟冷却 1 h 后，对表皮和内瓤进行色泽测定，每一平面分别对 3 个不同位置测定。其中 L 是样品颜色的亮度；a、b 是色方向，其中 +a 为红色方向、-a 为绿色方向、+b 为黄色方向、-b 为蓝色方向。每个样品测定 3 次，结果取平均值。

1.3.4.3 质构特性

参照孔晓雪等^[12]的试验方法进行测定，并在其基

础上稍作修改。探头类型选用 P/36R，测前速度设为 2.00 mm/s，测试速度设为 1.00 mm/s，测后速度设为 2.00 mm/s，测试距离设为 20 mm，触发力设为 5 g，压缩率设为 50%，触发模式为 Auto(Force)，获取数据速率 400 pps。重复测定 2 次，取 2 次测定结果平均值。

1.3.4.4 感官评分

将馒头切成数块，品尝小组由 4~5 人经训练并有经验的人员组成，评分参照 SB/T 10139-1993 进行 (见表 1)，试验均 3 次重复，取平均值。

1.4 数据处理

采用 SPSS 20.0 数据处理软件、Excel 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 马铃薯全粉基本成分及物化特性

如表 2 所示，马铃薯全粉中主要成分为淀粉，含量约为 67.07%；马铃薯全粉的持水性、吸水膨胀性分别为 3.57 g/g、2.49 mL/g，与面粉混合可以增强混合面团的物化特性；马铃薯全粉的粘度为 12.71 m²/s。

表 2 马铃薯全粉的基本成分和物化特性

Table 2 Basic ingredients and characteristics of potato flour

项目	水分/%	灰分/%	蛋白质/%	脂肪/%	可溶性糖/%	淀粉/%	持水性/(g/g)	吸水膨胀性/(mL/g)	粘度/(m ² /s) (200 r/min)
马铃薯全粉	9.90±0.12	4.01±0.08	9.41±0.13	4.01±0.06	1.19±0.02	67.07±0.15	3.57±0.05	2.49±0.03	12.71±0.11

表 3 马铃薯全粉添加量对面团粉质特性的影响

Table 3 Effect of addition of potato flour on dough farinographical properties

添加量/%	吸水率/%	面团形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	粉质质量指数
0	58.80±0.80 ^e	4.00±0.20 ^b	5.10±0.20 ^a	85±1 ^e	61±1 ^a
5	61.30±1.00 ^d	4.20±0.10 ^a	3.90±0.20 ^b	103±2 ^d	56±1 ^b
8	63.00±0.90 ^c	3.90±0.10 ^c	3.80±0.10 ^c	127±1 ^c	50±1 ^c
10	64.30±1.10 ^b	3.00±0.10 ^e	3.60±0.10 ^d	132±3 ^b	50±2 ^c
15	67.20±1.00 ^a	3.50±0.10 ^d	3.40±0.10 ^e	147±2 ^a	49±1 ^d

注：同列数据小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)，下同。

2.2 马铃薯全粉剂量效应对面团特性的影响

2.2.1 粉质特性

粉质曲线是反映面团形成的过程，马铃薯全粉添加量对面团粉质特性的影响如表 3 所示，由表 3 可知，随着马铃薯全粉添加量的增加，面团吸水率和弱化度增大，粉质指数和稳定时间减小。面团的吸水率从 58.80% 增加到 67.20%，马铃薯全粉-小麦粉混合粉的吸水率 (Y) 随马铃薯添加量 (X) 的增加而增大，数据拟合后其回归线方程为： $Y=0.5634X+58.638$

($R^2=0.9979$)，随马铃薯全粉添加量的增加，混合粉得到吸水率呈线性增加，这可能是因为马铃薯全粉中破损淀粉率比小麦粉中破损淀粉率高；形成时间在 0~5% 呈略微上升趋势，在 5% 时达到最大值 4.20 min，在 8%~15% 呈先下降后上升趋势；未添加马铃薯全粉时，稳定时间最大为 5.10 min，随着马铃薯全粉添加量的增加，稳定时间呈下降趋势，说明马铃薯全粉的加入使得面团的粉质特性变差，对剪切力降解的抵抗力变低，面筋强度变小，加工处理性能变差；随着马铃薯全粉添加量的增加，弱化度呈上升趋势，从 85FU

上升到 147FU, 说明马铃薯全粉的加入使面团对机械搅拌承受能力变低, 面团易流变。

一般而言, 面团的吸水率、形成时间、稳定时间、粉质指数越大而弱化度越小, 面团的粉质特性越好

[13,14]。由试验结果可知, 马铃薯全粉的添加量使混合粉品质变差, 小麦粉的加工特性降低, 面筋强度随之降低, 面团加工品质降低。

2.2.2 糊化特性

表 4 马铃薯全粉添加量对面团糊化特性的影响

Table 4 Effect of addition of potato flour on dough gelatinization properties

全粉添加量/%	峰值粘度/(Pa·s)	谷值粘度/(Pa·s)	衰减值/(Pa·s)	最终粘度/(Pa·s)	回生值/(Pa·s)	峰值时间/min	糊化温度/°C
0	2638±45 ^a	1691±29 ^a	947±19 ^a	3050±55 ^a	1359±28 ^a	6.38±0.17 ^a	78.73±1.68 ^d
5	2592±36 ^b	1634±26 ^b	958±22 ^b	2984±47 ^b	1350±21 ^b	6.24±0.15 ^c	86.33±1.47 ^c
8	2456±42 ^c	1558±27 ^d	898±25 ^c	2869±41 ^c	1315±30 ^c	6.25±0.20 ^c	86.87±1.64 ^b
10	2438±39 ^d	1570±30 ^c	868±20 ^d	2868±40 ^c	1298±25 ^d	6.30±0.14 ^b	86.90±1.58 ^b
15	2298±40 ^e	1498±32 ^e	800±18 ^e	2739±51 ^d	1241±27 ^e	6.31±0.19 ^b	87.70±1.66 ^a

表 5 马铃薯全粉添加量对面团拉伸特性的影响

Table 5 Effect of addition of potato flour on dough tensile properties

时间/min	全粉添加量/%	拉伸曲线面积/cm ²	拉伸阻力/EU	延伸度/mm	最大拉伸阻力/EU	拉伸比例/(EU/mm)
45	0	59±1 ^b	286±10 ^b	128±3 ^d	335±10 ^b	2.20±0.20 ^a
	5	52±1 ^d	246±8 ^d	132±4 ^c	286±6 ^d	1.90±0.10 ^b
	8	62±2 ^a	293±10 ^a	134±3 ^b	337±12 ^a	2.20±0.20 ^a
	10	54±1 ^c	255±8 ^c	134±4 ^b	298±8 ^c	1.90±0.10 ^b
	15	49±1 ^e	241±7 ^e	136±4 ^a	268±8 ^e	1.80±0.10 ^c
90	0	59±2 ^d	306±9 ^d	129±2 ^a	356±9 ^d	2.40±0.10 ^d
	5	55±1 ^e	294±12 ^e	127±1 ^c	344±12 ^e	2.30±0.10 ^e
	8	70±1 ^a	352±14 ^a	128±2 ^b	423±15 ^a	2.80±0.30 ^a
	10	62±2 ^c	334±14 ^b	124±2 ^d	401±10 ^b	2.70±0.20 ^b
	15	64±1 ^b	325±12 ^c	121±1 ^e	381±7 ^c	2.60±0.20 ^c
135	0	57±1 ^c	295±11 ^d	127±2 ^a	342±7 ^c	2.30±0.20 ^c
	5	51±1 ^d	271±11 ^e	126±2 ^b	298±10 ^d	2.10±0.10 ^d
	8	68±1 ^a	319±11 ^c	123±1 ^c	347±10 ^b	2.60±0.10 ^b
	10	63±2 ^b	324±9 ^b	126±3 ^b	383±11 ^a	2.60±0.10 ^b
	15	52±1 ^d	347±11 ^a	110±1 ^d	382±11 ^a	3.20±0.20 ^a

马铃薯全粉添加量对面团糊化特性的影响如表 4 所示, 由表 4 可知, 随着马铃薯全粉添加量的增加, 面团的峰值黏度、谷值粘度、衰减值、最终黏度、回升值不断下降, 衰减值最低为 800 Pa·s, 说明混合粉的粘度热稳定性越来越高, 这可能是因为马铃薯全粉不含面筋蛋白质, 将全粉加入面粉中起到了稀释面筋蛋白的作用, 强吸水作用及全粉中蛋白质等物质的影响使得峰值黏度降低, 此外, 马铃薯全粉的强吸水性, 限制了面粉可利用的水分, 阻碍了小麦淀粉的膨胀, 占体系比重大的面粉糊化不充分, 导致最终黏度、回升值等的下降^[8]。混合粉的回生值在 15%时最低为 1241 Pa·s, 此时淀粉糊化的冷稳定性最好, 回生值逐渐减小说明添加马铃薯全粉后能够使面团的老化速率减缓, 有利于馒头的储藏^[15]。随着马铃薯全粉添加量的增加, 峰值时间呈先减小后增大的变化趋势, 添加

量为 5%时, 峰值时间最小为 6.24 min, 糊化温度呈逐渐增大的变化趋势, 添加量为 15%时, 糊化温度最高为 87.70 °C。峰值黏度的降低, 有利于面团发酵时充分膨胀, 这在一定程度上能改良面团的加工性能。糊化温度的提高能延长糊化的加工时间, 使淀粉的糊化更加充分, 有利于提高面制品的品质^[16]。

2.2.3 拉伸特性

马铃薯全粉添加量对面团拉伸特性的影响如表 5 所示, 由表 5 可知, 在醒发时间相同的条件下, 马铃薯全粉添加量为 8%时拉伸面积最大; 45 min 和 90 min 时面团的拉伸阻力在添加量为 8%时达到最大值, 135 min 时在 15%达到最大值; 醒发时间为 45 min 时, 面团的延伸度随马铃薯全粉添加量的增加而增大, 醒发时间为 90 min 和 135 min 时, 面团的延伸度随马铃薯全粉添加量的增加而减小; 面团延伸度减小, 说明面

团变硬,不易流变,因为马铃薯全粉吸水能力较强。在醒发时间相同的条件下,拉伸比例在添加量为8%时最大,这可能是因为马铃薯全粉的添加稀释了小麦

粉中蛋白质含量,从而影响了面筋数量,并且淀粉吸水溶胀后影响拉伸特性。

2.2.4 揉混特性

表6 马铃薯添加量对面团揉混特性的影响

Table 6 Effect of addition of potato flour on dough mixing properties

全粉添加量/%	吸水率/%	时间/min	扭矩/Nm	面团温度/℃	和面峰值带宽/Nm	稳定时间/min
0	58.80±1.10 ^e	2.92±0.14 ^c	1.11±0.02 ^a	32.90±0.30 ^a	0.10±0.01 ^a	4.43±0.08 ^a
5	60.90±1.50 ^d	3.10±0.10 ^b	1.12±0.03 ^a	31.50±0.20 ^c	0.09±0.01 ^a	4.35±0.10 ^a
8	61.80±1.00 ^c	3.16±0.12 ^{ab}	1.13±0.01 ^a	31.70±0.20 ^c	0.10±0.01 ^a	4.10±0.10 ^b
10	63.70±1.60 ^b	3.23±0.11 ^a	1.11±0.02 ^a	32.30±0.10 ^b	0.09±0.01 ^a	4.10±0.07 ^b
15	65.90±1.20 ^a	3.28±0.09 ^a	1.09±0.01 ^a	32.20±0.20 ^b	0.09±0.01 ^a	4.03±0.09 ^{bc}

马铃薯添加量对面团揉混指数的影响如表6所示,由表6可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,面团的吸水率逐渐增大,稳定时间减小,说明马铃薯全粉的添加使面团筋力减弱,搅拌耐力减弱,面团强度减小。陈建省等^[17]的研究发现麦麸通过影响混合体系中水分的运转和可利用水分的多少,影响面团的弹性和黏性;麦麸纤维与面筋的相互作用影响面筋蛋白的网络结构,特别是大粒度麸皮在添加量较大时,对面筋网络的隔断和断裂作用,减弱了面团的强度和耐搅拌性;另外,添加麦麸对面筋蛋白的取代和稀释作用也影响了面团的形成和揉混特性。

2.3 马铃薯全粉剂量效应对馒头品质的影响

2.3.1 比容

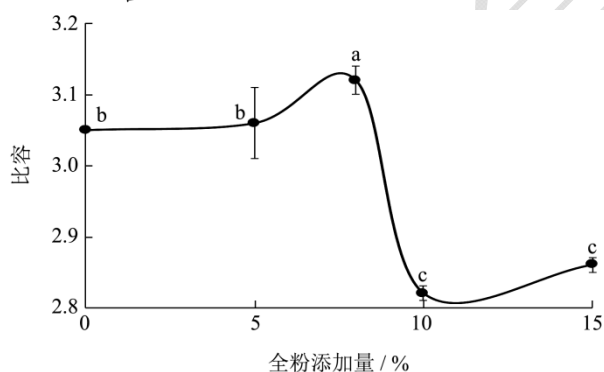


图1 剂量效应对马铃薯馒头比容的影响

Fig.1 Effect of dose of potato flour on specific volume of potato steamed bread

注:数据上小写字母不同表示差异显著, $p < 0.05$ 。

马铃薯全粉添加量对馒头比容影响如图1所示,由图可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,馒头的比容先增加后减小再增大,添加量为8%时达到最大值。这是由于马铃薯全粉具有良好的持水性,适量的添加有利于面筋蛋白网络结构的维持,有利于馒头的醒发和蒸制过程中二氧化碳的保持,从而增大馒头比容,但是由于马铃薯中不含面筋蛋白,当马铃薯全粉添加

量过大(超过10%)时使面团的拉伸性能降低,随着马铃薯粉比例增加,混配粉中面筋蛋白含量减少,从而不利于面筋网络结构的维持,使气室中固定的气体减少,导致馒头的比容降低^[18]。薛丽丽^[15]的研究结果表明当馒头比容随马铃薯全粉添加量的增加先增加后减小,添加量10%时达到最大值(2.70 mL/g),添加量超过10%时,馒头的比容有所下降。薛丽丽的研究中添加量10%时比容最大,而本文结果时8%时比容最大,这可能是因为马铃薯全粉的品种(基本成分含量)有差异,导致结果有一定出入。

2.3.2 色泽

表7 剂量效应对马铃薯馒头色泽的影响

Table 7 Effect of dose of potato flour on colour of potato steamed bread

项目	全粉添加量/%	L	a	b
表皮	0	70.20±0.54 ^a	-0.24±0.02 ^d	12.37±0.30 ^e
	5	69.34±0.32 ^b	1.34±0.15 ^a	15.13±0.25 ^a
	8	68.39±0.38 ^c	0.50±0.04 ^b	12.81±0.27 ^b
	10	67.95±0.49 ^d	0.05±0.01 ^c	12.21±0.34 ^d
	15	66.40±0.33 ^e	0.49±0.06 ^b	12.34±0.39 ^e
内瓤	0	67.76±0.29 ^a	0.11±0.04 ^d	13.45±0.28 ^d
	5	67.02±0.37 ^b	-0.24±0.03 ^e	12.58±0.33 ^e
	8	65.88±0.52 ^c	0.71±0.10 ^c	14.18±0.37 ^c
	10	64.59±0.37 ^d	1.44±0.12 ^a	15.15±0.41 ^a
	15	63.66±0.40 ^e	0.84±0.09 ^b	14.71±0.40 ^b

马铃薯全粉添加量对馒头色泽影响如表7,由表7可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,马铃薯馒头表皮、内瓤色泽随着马铃薯全粉添加量的增加而降低,这是因为随着马铃薯粉加入量增加,馒头起发性变差,导致颜色变暗,此外,选用的马铃薯全粉颜色偏黄,较暗淡,与小麦粉混合后,小麦粉的白度降低。

2.3.3 质构特性

马铃薯全粉添加量对馒头质构特性影响如表8所

示,由表8可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,馒头的硬度、胶着性和咀嚼性均呈先增大后减小的变化趋势,当添加量为8%时,硬度最大,这是因为马铃薯粉的加入阻碍面筋网络的形成,面团延展性变差,从而导致馒头气室变小,硬度变大^[19]。当添加量为0时,馒头黏聚性最高,表明不添加马铃薯全粉馒头内瓤结构较好,不易形成碎渣,咀嚼时能保持完整形态,

后感较好。孙维思^[18]的研究结果表明,随着马铃薯粉添加量增加,马铃薯馒头的黏聚性逐渐减小,硬度逐渐增大,硬度随马铃薯全粉添加量的变化趋势与我们的研究略不同,本文的变化趋势是随着马铃薯全粉添加量的增加,马铃薯馒头的硬度呈先增大后减小再增大的变化趋势,这可能是因为马铃薯品种而不同造成的。

表8 剂量效应对马铃薯馒头质构特性的影响

Table 8 Effect of dose of potato flour on texture of potato steamed bread

全粉添加量/%	硬度	黏性	回复性	黏聚性	弹性	胶着性	咀嚼性
0	668.14±16.28 ^d	-51.37±3.04 ^c	43.29±1.07 ^a	0.79±0.02 ^a	91.20±3.46 ^c	524.60±12.58 ^d	480.78±10.18 ^d
5	1949.99±17.92 ^c	-9.19±1.27 ^a	41.36±1.98 ^b	0.74±0.02 ^c	94.71±4.01 ^a	1449.63±20.64 ^c	1373.85±24.59 ^c
8	2727.98±15.87 ^a	-71.87±5.21 ^d	41.53±1.77 ^b	0.74±0.01 ^c	91.45±3.55 ^c	2020.53±23.17 ^a	1849.58±28.83 ^a
10	2418.62±20.66 ^b	-27.35±1.99 ^b	40.30±1.64 ^c	0.73±0.01 ^d	92.95±3.87 ^b	1775.84±21.88 ^b	1651.60±25.37 ^b
15	2480.52±23.17 ^b	-46.90±2.47 ^c	43.36±1.37 ^a	0.76±0.02 ^b	91.32±3.64 ^c	1889.51±22.60 ^b	1726.83±26.91 ^b

表9 剂量效应对马铃薯馒头感官评分的影响

Table 9 Effect of dose of potato flour on sensory score of potato steamed bread

全粉添加量/%	0	5	8	10	15
外观形状	12.80±0.64 ^{ab}	12.40±0.59 ^b	12.20±0.50 ^b	11.00±0.44 ^c	13.00±0.67 ^a
内瓤色泽	8.90±0.21 ^a	8.48±0.19 ^b	8.20±0.18 ^b	7.60±0.14 ^c	7.00±0.11 ^d
结构	10.20±0.32 ^d	12.00±0.45 ^b	11.60±0.38 ^c	12.60±0.47 ^a	12.80±0.50 ^a
弹性	18.40±0.87 ^d	20.60±0.96 ^a	19.80±0.89 ^b	18.60±0.77 ^d	19.20±0.80 ^c
口感	13.20±0.56 ^b	13.00±0.51 ^b	13.60±0.59 ^a	11.80±0.42 ^c	11.80±0.40 ^c
风味	12.92±0.28 ^b	13.90±0.34 ^a	13.20±0.33 ^b	11.80±0.29 ^c	11.00±0.22 ^d
总分	76.42±4.64 ^c	80.38±5.98 ^a	78.60±4.80 ^b	73.40±3.61 ^e	74.80±3.97 ^d

2.3.4 感官评分

马铃薯全粉添加量对馒头感官评分影响如表9所示,由表9可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,馒头的感官评分呈先增加后减小的变化趋势,这说明添加一定量的马铃薯全粉能够有效地改善馒头的感官评分,这主要是因为加入马铃薯全粉有利于面筋蛋白网络结构的维持,能够改变馒头的内瓤结构,从而使馒头具有良好的质构特性^[7]。马铃薯全粉添加量为5%时馒头整体弹性较好,色泽、结构、外观和口感都较符合要求,感官评分最高,添加量超过5%时,馒头的感官品质有所下降,可能受马铃薯全粉的颜色影响,馒头的色泽暗淡,无光泽,同时由于马铃薯全粉容易吸水膨胀,添加量过多时,较多的膨胀淀粉有可能形成空间障碍而限制面筋的充分扩展,从而影响馒头的品质。

3 结论

马铃薯全粉中主要成分为淀粉,含量约为67.07%;马铃薯全粉的持水性、吸水膨胀性分别为3.57 g/g、2.49 mL/g。马铃薯全粉的添加量使混粉粉质特性变差,

揉混特性变好,添加量为15%时,糊化特性较好,添加量为8%时,拉伸特性较好,为提高面团特性,马铃薯全粉的建议添加量为8%~15%。马铃薯全粉添加量为8%时,馒头比容、硬度、胶着性和咀嚼性最大;随着马铃薯全粉添加量的增加,马铃薯馒头表皮、内瓤白度降低;马铃薯全粉添加量为5%时馒头整体弹性较好,色泽、结构、外观和口感都较好,感官评分高,为改善馒头品质,马铃薯全粉的建议添加量为5%~8%。

参考文献

- [1] 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
HOU Fei-na, MU Tai-hua, SUN Hong-nan, et al. Effects of different potato cultivars on the quality characteristics of potato-wheat composite steamed bread [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(3): 132-139
- [2] 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

- YANG Jian, KANG Jian-ping, ZHANG Xing-can, et al. Study on principal component analysis of influence of potato flour on noodle quality [J]. Science and Technology of Cereals Oils and Food, 2019, 27(1): 17-23
- [3] 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
- [4] 陶银,文韵漫.马铃薯全粉加工制品及营养价值研究进展[J].粮食与油脂,2020,33(4):10-13
TAO Yin, WEN Yun-man. Research progress of potato whole flour processed products and nutritional value [J]. Cereals and Oils, 2020, 33(4): 10-13
- [5] 吴海霞,田志芳.马铃薯全粉馒头制作配方优化及其质构特性主成分分析[J].食品研究与开发,2020,41(13):88-92
WU Hai-xia, TIAN Zhi-fang. Optimization of potato steamed bread formula and principal component analysis of texture profiles [J]. Food Research and Development, 2020, 41(13): 88-92
- [6] 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
GUO Xiang-xiang, LI Xue-qin, ZHANG Jia-jia. The rheological properties and noodles quality of the mixed potato flour [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2015, 36(6): 21-25
- [7] 刘常金,薛丽丽,李娜,等.添加马铃薯全粉对馒头食用品质的影响研究[J].粮食与油脂,2016,29(10):25-27
LIU Chang-jin, XUE Li-li, LI Na, et al. Study on the effect of the potato whole flour addition on eating quality of Chinese steamed bread [J]. Cereals and Oils, 2016, 29(10): 25-27
- [8] 刘竟峰,陆鹏,张喻,等.马铃薯全粉对面粉糊化特性及馒头品质的影响[J].中国酿造,2016,35(2):97-100
LIU Jing-feng, LU Peng, ZHANG Yu, et al. Effect of potato granule on flour gelatinization and steamed bread quality [J]. China Brewing, 2016, 35(2): 97-100
- [9] Villarino C B, Jayasena V, Coorey R, et al. The effects of Australian sweet lupin variety on physical properties of flours and breads [J]. Food Science and Technology, 2015, 60: 435-443
- [10] 蔡沙,隋勇,施建斌,等.马铃薯膳食纤维物化特性分析及其对马铃薯热干面品质的影响[J].食品科学,2019,40(4):87-94
CAI Sha, SUI Yong, SHI Jian-bin, et al. Physicochemical properties of potato dietary fiber and its influence on the quality of hot dry noodles made from potato starch [J]. Food Science, 2019, 40(4): 87-94
- [11] 刘树萍,方伟佳.微波复热时间和功率对速冻全麦豆沙包品质的影响[J].食品研究与开发,2019,40(14):97-102
LIU Shu-ping, FANG Wei-jia. Effect of microwave reheat time and power on quality of quick-frozen whole wheat steamed bread with minced red bean [J]. Food Research and Development, 2019, 40(14): 97-102
- [12] 孔晓雪,王爱,丁其娟,等.高膳食纤维面团粉质特性与面包烘焙特性的研究[J].食品科学,2013,34(17):111-115
KONG Xiao-xue, WANG Ai, DING Qi-juan, et al. Farinograph properties and baking characteristics of dietary Fiber-fortified wheat dough [J]. Food Science, 2013, 34(17): 111-115
- [13] 宋莲军,侯丹,张平安,等.豆渣对面团特性及馒头品质的影响[J].中国粮油学报,2014,29(5):5-9
SONG Lian-jun, HOU Dan, ZHANG Ping-an, et al. Effects of okara on dough properties and qualities of steamed bread [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014, 29(5): 5-9
- [14] 赵文华,魏彩娇,白瑞平,等.麦麸膳食纤维对面团流变学特性及馒头品质的影响[J].粮食加工,2009,3:16-19
ZHAO Wen-hua, WEI Cai-jiao, BAI Rui-ping, et al. The effect of wheat bran fiber on rheological properties of wheat dough and quality of northern-style Chinese steamed bread [J]. Grain Processing, 2009, 3: 16-19
- [15] 薛丽丽.马铃薯全粉对北方馒头品质的影响及常温保鲜技术研究[D].天津,天津科技大学,2016
XUE Li-li. Research on effects of potato whole flour on steamed bread and room temperature preservation [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2016
- [16] 鹿保鑫,杨春华,李志江,等.发酵糙米粉对小麦粉品质、流变学及面包的影响研究[J].中国粮油学报,2010,25(9):10-12
LU Bao-xin, YANG Chun-hua, LI Zhi-jiang, et al. Effects of fermented brown rice meal on wheat flour quality, rheological property and bread quality [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(9): 10-12
- [17] 陈建省,崔金龙,邓志英,等.麦麸添加量和粒度对面团揉混特性的影响[J].中国农业科学,2011,44(14):2990-2998
CHEN Jian-sheng, CUI Jin-long, DENG Zhi-ying, et al. Effects of wheat bran addition and particle size on mixing properties of dough [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(14): 2990-2998