



2种工艺制作的60%紫马铃薯全粉馒头品质对比

陈粒丰, 王正武*

(上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240)

摘要: 为降低马铃薯全粉的添加对馒头加工性能、质构特性和口感的不利影响, 从工艺角度提高产品品质, 设计了创新的双面团法工艺, 通过独立控制小麦和马铃薯组分的发酵条件, 有效降低两者之间的交互作用。结合质构分析和感官评价, 考察并对比双面团法和常规馒头制法制作的60%含量紫马铃薯馒头品质关于总加水量、总发酵时间、静置时间等不同因素影响的变化关系。结果表明, 相比常规馒头制法, 双面团法具有最适加水量较低、最适发酵时间较长等工艺特点, 制作的馒头黏度显著降低, 抗老化能力强, 拥有蓬松而有弹性的口感。该工艺对马铃薯馒头的品质提升具有可行性, 并为高含量马铃薯主食产品的开发提供了技术参考和理论指导。

关键词: 紫马铃薯馒头; 双面团法; 工艺条件; 对比分析

中图分类号: TS 215

文献标志码: B

文章编号: 1005-9989(2020)12-0135-09

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2020.12.021

Quality Comparison of Steamed Bread with 60% Content of Purple Potato Flakes Made by Two Processing Methods

CHEN Lifeng, WANG Zhengwu*

(School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to reduce the adverse effects of potato flakes on the processing properties, texture indexes and taste of steamed bread, an innovative processing method called double-dough method was designed to improve the product quality from the perspective of manufacturing process, where the interaction between wheat and potato components was effectively reduced by controlling the fermentation conditions of the two components independently. Combined with texture analysis and sensory evaluation, the effects of different factors, such as total water content, total fermentation time and settling time, on the quality of steamed bread with 60% content purple potato flakes made by double-dough method and conventional steamed bread manufacturing method were investigated and compared. The result showed that compared to conventional steamed bread manufacturing method, double-dough method had the characteristic of lower optimum water content and longer optimum fermentation time, a significant viscosity reduction, strong anti-aging ability and a fluffy and elastic taste also expressing on the product. This process was feasible for improving the quality of potato steamed bread, and could provide a technical

收稿日期: 2020-08-13

*通信作者

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31571763); 上海市农委科技新农成果转化项目(沪农成转字(2016)3-2)。

作者简介: 陈粒丰(1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品化学及功能食品。

reference and theoretical guidance for the development of staple food products with high content of potato component.

Key words: purple potato steamed bread; double-dough method; process conditions; comparative analysis

马铃薯是世界第四大粮食作物,有着“第二面包”和“地下苹果”之称^[1]。2015年我国开展马铃薯主粮化战略,促进农业发展的同时,有效满足了居民对主食功能性的需求^[2-3]。相比小麦粉,紫马铃薯全粉具有低水分、低脂肪、高纤维的特点,同时富含优质蛋白、维生素、矿物质和花青素,因此易于储藏、热量低^[4],能有效预防“三高”、癌症和心血管疾病^[5-6]。

马铃薯相比小麦支链淀粉含量较高并且结构疏松,因此吸水性较强,且吸水过程中黏度显著增加^[7]。马铃薯不含面筋蛋白,会稀释产品中的面筋蛋白,导致产品加工性能和品质的下降,例如难以成型、蓬松度低、易变干变硬等^[8-9],故马铃薯产品推广受到制约。

作为创新的制作方法,双面团法工艺将原料分为A、B 2个面团独立进行一次发酵,再混合进行二次发酵。其中面团A由100%面粉组成,面团B由马铃薯全粉和少量面粉组成。面粉和马铃薯全粉组分发酵过程中交互作用降低,并且能分别灵活调节发酵条件,有利于产品品质的进一步优化。

实验考察总加水量、总发酵时间、静置时间等对马铃薯馒头品质影响较大的因素,结合质构分析和感官评价对常规制作方法和双面团法制作的馒头品质进行对比研究,探究双面团法工艺特点和可行性,为高含量马铃薯馒头的品质优化提供新的参考方向。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 实验材料 兴爱兰牌紫马铃薯全粉:甘肃爱兰马铃薯种业有限公司,水分含量5.95%、淀粉含量58.13%、蛋白质含量9.62%;希森牌紫马铃薯全粉:内蒙古希森马铃薯种业有限公司,水分含量6.97%、淀粉含量67.34%、蛋白质含量10.24%;正阳牌紫马铃薯全粉:甘肃正阳现代农业服务有限公司,水分含量6.46%、淀粉含量53.81%、蛋白质含量12.65%;小麦粉:五得利面粉集团有限公司,水分含量11.95%、淀粉含量

60.89%、蛋白质含量11.39%;安琪酵母:安琪酵母股份有限公司。

1.1.2 仪器与设备 Universal TA质构仪:上海腾拔仪器科技有限公司;BJ-800A粉碎机:德清拜杰电器有限公司;英润20 mm压面机:永康市五瑞工贸有限公司;HM740和面机:青岛汉尚电器有限公司;DC-18S醒发箱:广州新麦机械设备有限公司。

1.2 60%含量紫马铃薯全粉馒头的制作工艺(双面团法)

面粉和紫马铃薯全粉的质量比为1:1.5(紫马铃薯全粉占混合粉质量比为60%),紫马铃薯全粉经粉碎机磨细过100目筛备用。

1.2.1 面团A的制作(一次发酵) 取0.75%活性干酵母(以紫马铃薯全粉+面粉的总质量为100%计)放入一定量的38℃温水中活化10 min,再与75%的面粉(面粉总质量为100%计)混合后倒入和面机匀速搅拌20 min得光滑均匀面团,放入38℃恒温醒发箱中,在相对湿度77%下醒发一定时间得面团A。

1.2.2 面团B的制作(一次发酵) 取0.75%活性干酵母(以紫马铃薯全粉+面粉的总质量为100%计)放入一定量的38℃温水中活化10 min,再与25%的面粉(面粉总质量为100%计)、全部紫马铃薯全粉混合后倒入和面机匀速搅拌30 min得均匀面团,放入恒温醒发箱中,在38℃、相对湿度77%下醒发一定时间得面团B。双面团的发酵时间比与加水量比随总发酵时间与总加水量动态变化。

1.2.3 混合与二次发酵 同时取出发酵完成的面团A与面团B,混合并反复揉捏至均匀,置于压延厚度为20 mm的压面机中压延6次,每次压延后揉捏1 min,切割成每份质量相等的均匀混合面团,手工捏成馒头形状。将面团置于38℃、相对湿度77%的恒温醒发箱中醒发一定时间得馒头坯。

1.2.4 蒸制 醒发完成后,将馒头坯置于蒸锅中,100℃蒸煮15 min得成品。

1.3 60%含量紫马铃薯全粉馒头的制作工艺(常规制法)

面粉和紫马铃薯全粉的质量比为1:1.5(紫马铃薯

薯全粉占混合粉质量比为60%),紫马铃薯全粉经粉碎机磨细过100目筛备用。

1.3.1 一次发酵 取1.5%活性干酵母(以紫马铃薯全粉+面粉的总质量为100%计)放入一定量的38℃温水中活化10 min,再与全部面粉和紫马铃薯全粉混合后倒入和面机匀速搅拌30 min得光滑均匀面团,放入恒温醒发箱中,在38℃、相对湿度77%下醒发一定时间得一次发酵面团。

1.3.2 二次发酵 取出一次发酵面团,置于压延厚度为20 mm的压面机中压延6次,每次压延后揉捏1 min,切割成每份质量相等的均匀面团,手工捏成馒头形状。将面团置于38℃、相对湿度77%的恒温醒发箱中醒发一定时间得馒头坯。

1.3.3 蒸制 醒发完成后,将馒头坯置于蒸锅中,100℃蒸煮15 min得成品。

1.4 馒头质构测定

将熟制馒头冷却一定时间,纵切成厚度为30 mm的均匀薄片,选取正中2片用质构仪进行物性测试,测试参数如下:探头为P50压盘式探头;操作模式为压力测定;测试压缩比为50%;操作类型为texture profile analysis(TPA);测试前速率为2.0 mm/s;测试中速率为1.0 mm/s;测试后速率为2.0 mm/s;2次压缩时间间隔为5.0 s;引发力为5.0 g。

1.5 馒头感官评定

馒头蒸熟并在室温下冷却5 min后,选取有经验的7人进行评价,重复3次,每人评分取3次评价的中间值再进行排序,去掉最大值和最小值并累加,作为最终的感官评分。感官评分标准参考GB/T 17320—2013《小麦品牌品质分类》的馒头评定方法,并根据高含量紫马铃薯全粉馒头特征进行相应修改,具体评分标准由表1所示。

1.6 双面团法和常规制法工艺对比分析

根据前期研究结果,对于双面团法,在双面团发酵时间比(面团B:面团A)0.69,一次发酵时间占比(一次发酵时间以面团A为基准)0.73下发酵性能较好,故采用该条件作为以下对比分析实验中双面团法工艺的固定值。

根据前期的研究结果与经验,考察并对比不同品牌紫马铃薯全粉、总加水量(以面粉和马铃薯全粉总质量为100%计)、总发酵时间、馒头静置时间等因素分别对2种工艺制作的馒头质构特性和感官评分的影响。对总加水量和总发酵时间2个关

表1 紫马铃薯全粉馒头感官评分指标参考

项目	评分等级	评价标准
外观 (2分)	2	挺立、饱满、表面光滑
	1	略有皱缩和凹陷但膨胀感明显
	0	严重皱缩凹陷、缺乏光感和膨胀感
色泽 (2分)	2	颜色自然、均匀,有明亮的淡紫色泽
	1	不均匀、有少量深紫色斑点
	0	有大量深紫色斑点或整体呈现深紫色
气味 (2分)	2	有马铃薯特有的芳香和馒头的自然香气,两者混合适中且无酸味
	1	仅有马铃薯浓郁的香味,馒头香气缺乏后味
	0	有较重的马铃薯味,无馒头香气,且带酸味
弹性 (4分)	4	按压轻松,局部按压能立刻回复,正侧面弹性相同,较大压力下不出现裂痕
	3	按压轻松但回复较缓慢,正侧面弹性相同,较大压力下几乎不出现裂痕
	2	按压轻松但压缩一定量后变困难,局部按压能缓慢回复,侧面弹性较正面略弱,较大压力有裂痕
	1	按压较困难,局部按压回复困难但适当冷却后恢复一定弹性,较大压力下结构未断裂
	0	按压困难,按压完全不能回复,较大压力下结构断裂甚至被完全压实
黏牙 (2分)	2	咀嚼爽口不黏牙
	1	靠近表皮部分较小但内部黏度略微变大
	0	整体黏牙不爽口
内部结构 (3分)	3	均匀的较大气孔结构且片层明显
	2	有明显气孔但片层不明显、有所塌缩
	1	马铃薯黏性整体中分布有少许气孔区域
	0	无明显气孔、只有马铃薯的黏稠感
酸度 (2分)	2	无酸味,具有马铃薯芳香和少许甜味
	1	有少许甜味,但后味带酸
	0	缺乏甜味,整体发酸,马铃薯味浓重
蓬松度 (3分)	3	易于剥离,且内外层均匀,膨胀感明显
	2	易于剥离,但剥落层有明显厚薄不均
	1	较易剥离、剥离断面不均匀,有较紧实的区域
	0	难以剥离、整体紧实且断面不规则

键指标,另结合产品截面图进一步对比分析。

1.6.1 不同品牌紫马铃薯全粉对2种工艺制作的馒头质构特性和感官评分的影响 固定总加水量74%,总发酵时间140 min,馒头静置时间10 min。紫马铃薯全粉品牌包括:兴爱兰牌、正阳牌、希森牌。

1.6.2 总加水量对2种工艺制作的紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响 固定总发酵时间140 min,馒头静置时间10 min,采用兴爱兰牌

紫马铃薯全粉。总加水量考察值：65%、70%、72%、74%、76%、78%、80%、85%。

1.6.3 总发酵时间对2种工艺制作的紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响 固定总加水量为78%(常规制法)或74%(双面团法),馒头静置时间10 min,采用兴爱兰牌紫马铃薯全粉。总发酵时间考察值:40、60、80、100、120、140、160、180、240 min(常规制法)或60、80、100、120、140、160、180、240、300 min(双面团法)。

1.6.4 馒头静置时间对2种工艺制作的紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响 固定总加水

量为78%(常规制法)或74%(双面团法),总发酵时间100 min(常规制法)或140 min(双面团法),采用兴爱兰牌紫马铃薯全粉。馒头静置时间考察值:10、15、20、25、30、40 min。

1.7 数据处理

利用Excel软件进行数据分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 不同品牌紫马铃薯全粉对2种工艺制作的馒头质构特性和感官评分的影响

由表2和表3可知,3个品牌的紫马铃薯全粉制

表2 紫马铃薯全粉品牌对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(常规制法)

紫马铃薯品牌	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
希森	1833.19 ±131.99	1676.98 ±164.34	0.86 ±0.03	882.86 ±63.71	1026.59 ±74.31	0.56 ±0.01	44.67 ±3.51
正阳	1518.70 ±104.79	1489.69 ±81.93	0.80 ±0.04	716.83 ±51.16	896.03 ±62.46	0.59 ±0.03	26.00 ±3.00
兴爱兰	1138.00 ±67.14	508.02 ±49.28	0.84 ±0.02	678.70 ±40.37	807.98 ±46.60	0.71 ±0.02	44.67 ±4.51

表3 紫马铃薯全粉品牌对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(双面团法)

紫马铃薯品牌	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
希森	1623.69 ±108.79	2681.34 ±198.42	0.98 ±0.05	1034.29 ±68.52	1055.40 ±71.26	0.65 ±0.02	31.67 ±3.51
正阳	1928.69 ±113.79	644.75 ±32.24	0.92 ±0.03	1224.33 ±73.00	1330.80 ±81.59	0.69 ±0.03	51.33 ±2.52
兴爱兰	856.79 ±22.28	322.58 ±18.39	0.88 ±0.02	648.42 ±16.86	736.84 ±19.29	0.86 ±0.04	91.33 ±0.58

作的馒头质构特性各有不同,可能是全粉加工过程中采用了不同的紫马铃薯品种或者不同的制作工艺^[10-11]。同时对于不同全粉品牌2种工艺产品也有一定区别,可能是因为双面团法工艺中的混合操作对一次发酵面团质构品质更为敏感。

高含量紫马铃薯馒头对面团中马铃薯组分质构条件特别是硬度和黏度要求较高。熟化度较低、吸水性和吸水后黏度较低的马铃薯全粉具有更佳的加工适应性,故兴爱兰牌对于高含量产品加工性能可能更优。

2.2 总加水量对2种工艺制作的马铃薯馒头质构特性和感官评分的影响

由表4可知,随着总加水量的增加咀嚼性、弹性、内聚性总体呈先增大后减小的趋势,硬度则与之相反,但各自顶点不尽相同;黏度总体上逐

渐增加,但在72%~78%区间内大致稳定;胶着性呈现波浪形变化。可能原因是混合面团内马铃薯组分(淀粉、纤维素、蛋白质)的吸水性较强,会与面粉中的面筋蛋白形成竞争^[12],降低面筋蛋白的吸水量,阻碍面筋成型,并且在马铃薯全粉高含量下更为明显^[13]。

由表5可知,随着总加水量的增加,硬度、咀嚼性、胶着性总体呈先减小后增大的趋势,弹性、内聚性则与之相反;黏度总体上逐渐增加,但在70%~76%的区间内大致保持稳定。74%左右硬度、咀嚼性和内聚性都接近顶点,黏度也相对较低,综合品质最优。马铃薯全粉吸水性较强,在面团中的持水量较高,双面团法工艺中面粉的独立和面和一次发酵能减弱其与马铃薯全粉的吸水竞争,相对于常规制法最适总加水量的减少可



表4 总加水量对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(常规制法)

总加水量/% (混合粉质量)	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
65	1748.68 ±85.69	386.43 ±35.94	0.66 ±0.03	634.77 ±31.39	961.77 ±48.16	0.55 ±0.02	35.33 ±2.52
70	1478.73 ±85.77	387.89 ±26.76	0.82 ±0.03	812.41 ±49.73	990.75 ±57.21	0.67 ±0.02	44.67 ±2.52
72	1523.69 ±77.71	513.35 ±50.31	0.95 ±0.03	1056.68 ±51.94	1112.29 ±58.67	0.73 ±0.03	45.67 ±3.51
74	1138.00 ±44.38	508.02 ±40.13	0.84 ±0.03	678.70 ±26.11	807.98 ±31.51	0.71 ±0.03	44.67 ±4.51
76	900.25 ±44.11	481.22 ±32.24	0.82 ±0.04	516.74 ±24.42	630.18 ±30.97	0.70 ±0.02	60.67 ±2.52
78	885.13 ±39.83	493.68 ±27.15	0.83 ±0.02	550.99 ±26.61	663.85 ±30.03	0.75 ±0.04	70.00 ±2.00
80	1202.20 ±52.90	903.59 ±80.42	0.72 ±0.04	597.25 ±24.60	829.52 ±36.55	0.69 ±0.02	38.33 ±2.52
85	1171.98 ±70.32	1141.80 ±100.48	0.79 ±0.02	638.85 ±37.12	808.67 ±48.59	0.69 ±0.03	25.00 ±1.00

表5 总加水量对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(双面团法)

总加水量/% (混合粉质量)	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
65	1878.73 ±140.90	217.93 ±14.82	0.83 ±0.02	1107.14 ±84.90	1333.90 ±102.72	0.71 ±0.02	75.33 ±3.51
70	1663.96 ±88.19	309.70 ±29.73	0.81 ±0.03	1051.29 ±56.09	1297.89 ±67.64	0.78 ±0.03	70.67 ±2.52
72	1134.82 ±60.15	326.65 ±23.19	0.83 ±0.03	762.94 ±39.48	919.20 ±50.10	0.81 ±0.03	83.67 ±1.53
74	887.57 ±29.29	304.16 ±24.64	0.87 ±0.04	664.08 ±22.85	763.31 ±25.63	0.86 ±0.04	90.67 ±0.58
76	891.40 ±57.94	334.01 ±28.39	0.90 ±0.02	697.97 ±46.36	775.52 ±51.10	0.87 ±0.03	87.00 ±2.00
78	1082.72 ±62.80	456.68 ±45.67	0.84 ±0.04	709.40 ±44.17	844.52 ±48.04	0.78 ±0.02	64.67 ±3.51
80	1261.40 ±55.50	645.72 ±34.87	0.82 ±0.03	817.13 ±37.54	996.51 ±44.62	0.79 ±0.03	43.33 ±3.51
85	1238.68 ±91.66	1108.06 ±86.43	0.81 ±0.03	622.07 ±48.10	767.98 ±58.02	0.62 ±0.03	23.67 ±1.53

能是面粉持水量的下降所致。

对比2种工艺制作的馒头质构指标和感官评分随总加水量的变化规律, 可得出以下结论:

(1) 双面团法产品整体硬度、弹性、内聚性较大。

(2) 双面团法产品整体黏度较小, 且随着加水量的增加变化更显著。

(3) 达到相对最优品质时双面团法产品加水量较少。

(4) 低加水量时双面团法产品感官评分总体上

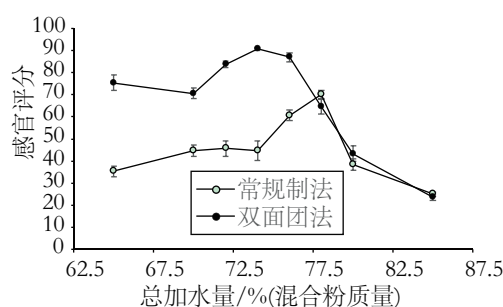


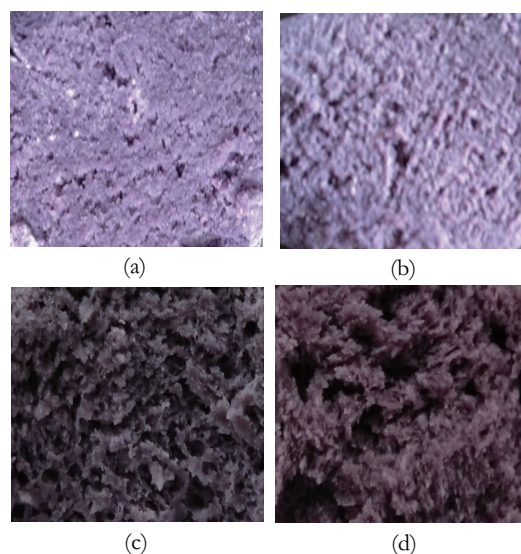
图1 总加水量对2种工艺制作的紫马铃薯馒头感官评分的影响对比

更优, 但高加水量时两者大致持平。

双面团法不仅能降低最适总加水量,还能优化发酵过程中水分在小麦和马铃薯组分之间的分配比。常规制法制作的馒头硬度较低可能是内部气孔较少导致比表面积减小,持水性增强所致;弹性较大可能是因为马铃薯与小麦混合粉充分吸水后过度膨胀和发酵,产气量和大气孔数量增加^[14],以及硬度较低气孔较易膨胀。

感官评分显示在较高加水量区间,2种工艺产品品质大致持平甚至常规制法产品品质更高,反映出双面团法工艺对加水量更敏感(图1)。

由图2可知,加水量为74%时,常规制法制作的馒头截面呈现致密、气孔较少的特征,反映了其高硬度、低持气性的特点;同样加水量条件下,双面团法产品截面呈现数量较多、大小中等而均匀的气孔结构,具有良好的硬度和持气性。加水量为78%时,常规制法产品截面气孔多而小,马铃薯淀粉黏聚感明显,但整体结构仍优于左图,体现了其黏度较高、松散、持气性较低的结构特征;双面团法产品截面呈现少而大的气孔结构,大气孔的间隙则是和左图类似的小气孔区域,结构以淀粉黏聚为主,相比左图持气性显著



注: a.常规制法, 加水量74%; b.常规制法, 加水量78%; c.双面团法, 加水量74%; d.双面团法, 加水量78%。

图2 不同加水量条件下2种工艺制作的紫马铃薯馒头截面图

降低。

2.3 总发酵时间对2种工艺制作的马铃薯馒头质构特性和感官评分的影响

表6 总发酵时间对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(常规制法)

总发酵时间/min	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
40	1856.46 ±89.11	1275.33 ±63.77	0.86 ±0.04	878.11 ±40.71	1021.05 ±49.01	0.55 ±0.03	18.33 ±1.53
60	1283.26 ±73.15	613.58 ±31.29	0.80 ±0.02	708.36 ±41.16	885.45 ±52.45	0.69 ±0.03	35.67 ±3.51
80	888.97 ±35.56	526.89 ±43.73	0.91 ±0.03	598.63 ±23.87	657.84 ±25.25	0.74 ±0.03	75.33 ±3.51
100	932.65 ±43.83	453.09 ±24.47	0.92 ±0.04	652.11 ±28.88	708.81 ±34.89	0.76 ±0.04	83.67 ±1.53
120	932.75 ±25.18	463.81 ±45.45	0.88 ±0.03	615.62 ±16.16	699.56 ±19.09	0.75 ±0.03	81.00 ±1.00
140	885.13 ±62.84	493.68 ±39.00	0.83 ±0.04	550.99 ±38.92	663.85 ±46.88	0.75 ±0.02	70.00 ±2.00
160	1085.27 ±54.26	645.12 ±48.38	0.78 ±0.02	558.70 ±27.26	716.28 ±35.05	0.66 ±0.03	31.67 ±2.52
180	1202.30 ±82.96	903.59 ±47.89	0.72 ±0.03	597.30 ±41.17	829.59 ±55.83	0.69 ±0.02	35.33 ±3.51
240	1300.55 ±81.93	1086.73 ±102.15	0.75 ±0.03	653.53 ±40.93	871.37 ±53.01	0.67 ±0.03	22.67 ±3.51

由表6可知,随着总发酵时间的增加,硬度、黏度、胶着性均呈先降低后增加的趋势;弹性、内聚性则相反;咀嚼性逐渐降低。同时在80~140 min区间内硬度和黏度变化量较小。短发酵时间区

间内硬度和黏度的降低可以归结为面筋结构的延展和马铃薯组分持水量的降低以及发酵作用的影响,长发酵时间下两者的上升可能是过度发酵导致的结构塌缩和持气性降低所致^[15]。

表7 总发酵时间对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(双面团法)

总发酵时间/min	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
60	2004.50 ±134.30	427.07 ±22.21	0.77 ±0.04	987.82 ±63.71	1282.88 ±83.54	0.64 ±0.02	14.67 ±0.58
80	1749.02 ±62.96	693.53 ±59.64	0.82 ±0.04	1018.28 ±37.33	1241.80 ±44.70	0.71 ±0.02	20.00 ±2.00
100	1142.58 ±36.56	566.97 ±29.48	0.87 ±0.04	755.47 ±23.60	868.36 ±27.42	0.76 ±0.03	34.33 ±1.53
120	956.35 ±34.43	330.79 ±27.79	0.92 ±0.04	747.87 ±26.02	812.90 ±28.30	0.85 ±0.04	84.33 ±2.52
140	886.79 ±60.30	321.32 ±17.99	0.88 ±0.03	671.12 ±44.49	762.64 ±54.09	0.86 ±0.04	93.00 ±2.00
160	971.06 ±68.95	345.10 ±26.92	0.88 ±0.03	751.99 ±53.51	854.53 ±60.12	0.88 ±0.03	81.67 ±2.52
180	1164.83 ±54.75	371.98 ±25.67	0.83 ±0.03	850.79 ±39.61	1025.05 ±47.85	0.88 ±0.04	58.33 ±3.51
240	1379.46 ±37.25	387.01 ±26.70	0.84 ±0.04	984.93 ±26.46	1172.54 ±32.74	0.85 ±0.04	31.33 ±1.53
300	1473.49 ±75.15	531.52 ±43.85	0.74 ±0.04	839.60 ±50.45	1134.59 ±59.14	0.77 ±0.04	25.33 ±0.58

由表7可知,随着总发酵时间的增加,硬度、咀嚼性、胶着性均呈现先降低后增加的趋势;弹性、内聚性则相反;黏度呈现波浪状变化。为保证产品高持气性和低黏度,一般来说面团A最适发酵时间较长,面团B则较短。受面粉和马铃薯全粉组分各自的发酵规律影响,过长和过短的总发酵时间均可能导致其中之一偏离最适发酵时长,使产品品质降低。

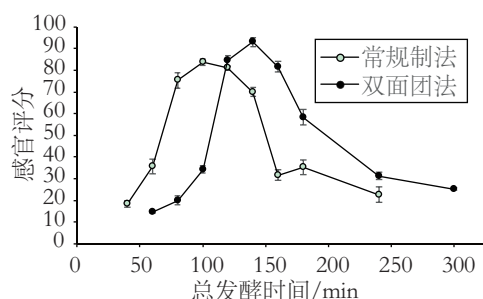


图3 总发酵时间对2种工艺制作的紫马铃薯馒头感官评分的影响对比

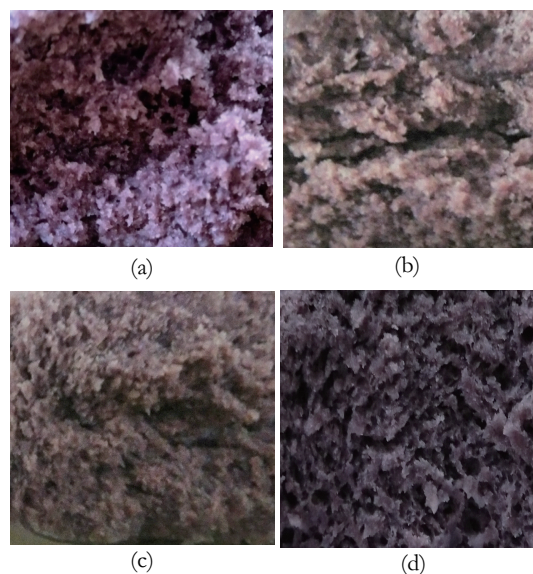
对比2种工艺制作的馒头质构指标和感官评分随总发酵时间的变化规律,可得出以下结论:

- (1)双面团法产品硬度和内聚性较大,黏度较小。
- (2)达到相对最优品质时双面团法产品总发酵时间较长。
- (3)双面团法产品感官评分对发酵时间的变化

更敏感。

由于能分别优化面粉和马铃薯全粉组分的发酵时间,双面团法可以有效改善产品品质,特别是黏度和内聚性。尽管相较于常规制法,双面团法发酵的混合面团在低发酵时间弹性和蓬松度不足,但在较高发酵时间下上述指标有显著提高。

双面团法制作的馒头最适发酵时间更长。长



注: a.常规制法, 发酵时间100 min; b.常规制法, 发酵时间140 min; c.双面团法, 发酵时间100 min; d.双面团法, 发酵时间140 min。

图4 不同发酵时间条件下2种工艺制作的紫马铃薯馒头截面图

发酵时间不仅能赋予馒头更为细腻蓬松的口感,还能降低混合面团发酵强度,有助于降低黏度^[16]。但混合操作对2个面团品质(特别是硬度和黏度)要求较高,发酵强度的控制难度较大,发酵时间对其品质的影响较常规制法产品更大。

由图4可知,发酵时间100 min时常规制法制作的馒头截面结构疏松,大中小气孔交错排列,反映了较好的弹性和蓬松的口感,但面筋组分呈分散排列,面筋网络结构不明显,故产品持气性较差,嚼劲略有不足;同样发酵时间条件下双面团法制作的馒头虽然存在较明显的面筋片层结构,但气孔少且小,马铃薯组分彼此黏聚较强,故产品弹性较强但发黏发硬。发酵时间140 min时常规制法产品截面相比100 min时气孔逐渐聚拢变大,总体积减小,面筋组分较少并且有较多的淀粉散落在外,故面团稳定性较差;同样发酵时间下双面团法产品截面面筋片层结构明显,气孔大小中等且均匀分布,反映出良好的硬度、弹性和持气

性,相比发酵时间100 min时的截面,显示出二次发酵对于混合面团的气孔结构改善明显^[17]。

2.4 馒头静置时间对2种工艺制作的马铃薯馒头质构特性和感官评分的影响

由表8和表9可知,随着馒头静置时间的增加,硬度、咀嚼性、胶着性逐渐升高,黏度逐渐降低,弹性、内聚性变化规律不明显。对比不同的制作工艺,常规制法制作馒头的硬度、黏度关于静置时间的变化更为显著,其变化规律的差别可能是因为面筋网络强度和气孔结构的区别所致。随着馒头静置时间增加,硬度的上升和黏度的下降可能和更多水分和气体的失去有关^[14]。

如图5所示,感官评分和馒头静置时间的变化规律清晰反映了其质构的变化特点。相同静置时间下双面团法制作的馒头感官评分更高,反映出其更佳的弹性和持气性。常规制法制作的馒头在感官上表现为更干、更硬,可能和黏度和内聚性上的差异有关。

表8 馒头静置时间对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(常规制法)

馒头静置时间/min	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
10	932.65 ±41.04	453.09 ±29.00	0.92 ±0.04	652.11 ±29.93	708.81 ±54.11	0.76 ±0.02	84.00 ±3.00
15	1403.71 ±43.52	356.68 ±24.61	0.76 ±0.02	778.78 ±23.79	1024.71 ±79.44	0.73 ±0.03	72.33 ±2.52
20	1738.00 ±48.66	356.03 ±23.50	0.80 ±0.04	987.18 ±27.32	1233.98 ±0.00	0.71 ±0.03	58.33 ±3.51
25	1613.91 ±119.43	270.36 ±21.90	0.71 ±0.02	836.49 ±60.54	1178.15 ±20.72	0.73 ±0.03	43.67 ±1.53
30	1903.71 ±72.34	207.65 ±18.69	0.77 ±0.03	1040.76 ±40.66	1351.63 ±30.18	0.71 ±0.02	46.67 ±5.51
40	2438.68 ±106.63	95.92 ±7.87	1.00 ±0.04	1853.40 ±79.78	1853.40 ±27.05	0.76 ±0.03	31.67 ±2.52

表9 馒头静置时间对紫马铃薯全粉馒头质构特性和感官评分的影响(双面团法)

馒头静置时间/min	硬度/gf	黏度/gf·mm	弹性	咀嚼性/gf	胶着性/gf	内聚性	感官评分
10	886.79 ±29.26	321.32 ±32.13	0.88 ±0.03	671.12 ±21.16	762.64 ±33.31	0.86 ±0.03	92.67 ±1.53
15	938.68 ±43.18	260.22 ±22.12	0.91 ±0.03	751.69 ±34.41	826.04 ±52.83	0.88 ±0.02	93.33 ±0.58
20	1179.06 ±34.19	262.75 ±22.60	0.88 ±0.04	881.94 ±24.29	1002.20 ±57.30	0.85 ±0.03	87.33 ±2.52
25	1359.06 ±65.47	207.01 ±14.70	0.88 ±0.04	1016.58 ±47.47	1155.2 ±76.03	0.85 ±0.04	88.00 ±3.00
30	1668.87 ±39.66	187.01 ±10.85	0.90 ±0.04	1246.65 ±29.39	1385.16 ±46.41	0.83 ±0.04	84.67 ±4.51
40	2179.06 ±58.25	67.93 ±3.67	0.90 ±0.03	1647.37 ±42.75	1830.41 ±73.85	0.84 ±0.04	67.67 ±2.52

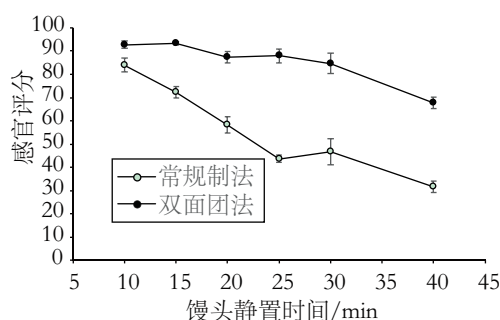


图5 馒头静置时间对2种工艺制作的紫马铃薯馒头感官评分的影响对比

馒头老化的主要表现方式之一是硬度随静置时间增加而增加,而增加速率则反映了馒头的抗老化能力^[18]。双面团法的产品抗老化能力高于常规制法产品,可能是由于其面筋与马铃薯混合结构稳定性更佳,面筋对淀粉的包覆作用更好。

3 结论

常规制法和双面团法2种不同工艺对60%紫马铃薯馒头质构特性和感官评分的影响规律如下:

(1)达到相对最优品质时双面团法产品加水量较少。

(2)达到相对最优品质时双面团法产品总发酵时间较长。

(3)最佳发酵条件下双面团法产品拥有更优的持水性、持气性和面筋结构,常规制法产品则更加蓬松。

(4)双面团法产品品质对水分、时间等条件更敏感。

作为全新的马铃薯产品制作方法,双面团法工艺在加水量和总发酵时间等指标上均能对馒头的品质产生更有利的影响,制作的馒头在弹性、黏度、持气性、抗老化能力等指标上相对于常规馒头制法的产品有一定的优势。并且该工艺具有较高的操作灵活度,同时能对不同组分发酵交互作用的降低和发酵条件进行更有效地控制,为高含量马铃薯馒头的发酵条件优化提供了参考模型。

参考文献:

[1] ZHOU L, MU T, MA M, et al. Nutritional evaluation of different cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from China by grey relational analysis (GRA) and its application in potato steamed bread making[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(1): 231-245.

[2] 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, 24(10): 25-27.

[3] 杨承钰,龚盛祥,王正武.紫马铃薯酸乳的工艺优化及其品质评价模型的建立[J].食品工业科技, 2019, 40(22): 192-200.

[4] 沈耀衡,陆启玉,张珂.不同马铃薯全粉对马铃薯面条品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 177(03): 38-44.

[5] LEE J, DURST R W, WROLSTAD R E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study[J]. Journal of AOAC International, 2005, 88(5): 1269-1278.

[6] NEMS A, PKSA A. Polyphenols of coloured-flesh potatoes as native antioxidants in stored fried snacks[J]. LWT, 2018, 97: 597-602.

[7] 曾凡远,许丹,刘刚.马铃薯营养综述[J].中国马铃薯, 2015, 144(04): 233-243.

[8] CAO Y, YANG Z, ZHANG H, et al. Influence of potato pulp on gluten network structure in wheat dough and steamed bread[J]. Cereal Chemistry, 2020, 97(2): 226-234.

[9] CAO Y, ZHANG F, GUO P, et al. Influence of wheat flour substitution with potato pulp on dough rheology, the quality of steamed bread and in vitro starch digestibility[J]. LWT, 2019, 111: 527-533.

[10] HOU F, MU T, SUN H, 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.

[11] 李雯昕,林丹,李艳梅,等.马铃薯全粉品种对速冻馒头品质的影响研究[J].食品科技, 2020, 45(06): 162-168.

[12] 陈建省,田纪春,吴澎,等.不同筋力面筋蛋白对小麦淀粉糊化特性的影响[J].食品科学, 2013, 34(03): 75-79.

[13] 李志勇,谢凡,龚盛祥,等.三种马铃薯复合变性淀粉对马铃薯面条的物性及品质的影响[J].食品工业科技, 2018, 39(01): 41-45, 51.

[14] LIU X, MU T, SUN H, 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.

[15] GAO J, TAY S L, KOH A H S, et al. Dough and bread made from high-and low-protein flours by vacuum mixing: Part 2. Yeast activity, dough proofing and bread quality[J]. Journal of Cereal Science, 2017, 77: 275-283.

[16] 赵峥.不同酸面团对马铃薯馒头品质特性的影响及复合发酵剂的制备[D].北京:中国农业科学院, 2019.

[17] 畅晓洁,畅阳,侯佳慧.二次发酵法制作马铃薯馒头的工艺优化[J].现代食品, 2016, 22(12): 64-68.

[18] 冯世德,孙太凡.玉米粉对小麦面团和馒头质构特性的影响[J].食品科学, 2013, 34(01): 101-104.