

马铃薯全粉烤饼制作配方的优化及其质构特性研究

付玉虎, 辛世华, 吴庆, 杨小萍, 刘慧燕, 方海田

Study on the Optimization of the Formula of Potato Scone and Its Texture Characteristics

FU Yuhu, XIN Shihua, WU Qing, YANG Xiaoping, LIU Huiyan, and FANG Haitian

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023010187>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

木薯全粉面条配方的优化

Optimization of formula of cassava whole flour noodle

食品工业科技. 2018, 39(3): 187-193,200 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.03.037>

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

Effect of three different potato composite modified starches on the physical and digestibility properties of potato noodles

食品工业科技. 2018, 39(1): 41-45,51 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.01.008>

方竹笋营养配方粉优化和理化分析

Formula optimization and physicochemical analysis of nutritious formula powder of bamboo shoots of *Chimonobambusa quadrangularis*

食品工业科技. 2018, 39(1): 208-213,220 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.01.038>

菊糖对不同筋度面粉的粉质特性和凝胶质构特性的影响

Effects of inulin on farinograph and gel texture properties of flour with different gluten

食品工业科技. 2018, 39(7): 30-34 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.07.007>

含不同粗粮粉面包的营养、质构特性、风味化合物

Nutritional properties, texture characteristics and volatile flavor compounds of bread containing different grain flour

食品工业科技. 2018, 39(4): 21-27,32 <https://doi.org/>

西北旱区不同品种马铃薯薯饼加工品质特性分析

Processing quality characteristics analysis of potato-cake of different potato varieties in northwest arid area

食品工业科技. 2018, 39(5): 36-40 <https://doi.org/>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

付玉虎, 辛世华, 吴庆, 等. 马铃薯全粉烤饼制作配方的优化及其质构特性研究 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(22): 176-181. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023010187

FU Yuhu, XIN Shihua, WU Qing, et al. Study on the Optimization of the Formula of Potato Scone and Its Texture Characteristics [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(22): 176-181. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023010187

· 工艺技术 ·

马铃薯全粉烤饼制作配方的优化及其质构特性研究

付玉虎¹, 辛世华², 吴庆², 杨小萍², 刘慧燕^{1*}, 方海田^{1*}

(1. 宁夏大学食品科学与工程学院, 宁夏食品微生物应用技术与安全控制重点实验室, 宁夏银川 750021;

2. 宁夏工商职业技术学院旅游管理学院, 宁夏银川 750021)

摘要: 为丰富马铃薯主食化产品, 改善烤饼的感官品质, 本研究测定了马铃薯全粉与小麦粉混合粉面团的流变学特性, 并以感官评分和质构特性为评价指标, 通过单因素和正交试验优化了马铃薯全粉烤饼的制作配方。结果表明, 马铃薯全粉能提高小麦粉的吸水率, 缩短面团的形成时间, 但会导致面团的弹性和筋力下降, 面团的品质降低。因此, 综合考虑马铃薯全粉的合适替代比例为 20%; 马铃薯全粉烤饼的最佳工艺配方为以小麦粉与马铃薯全粉混合粉质量为基础, 马铃薯全粉添加量 20%、水添加量 68%、酵母粉添加量 0.8%、白砂糖添加量 6%。在此配方工艺下制作的马铃薯全粉烤饼具有较好的质构特性, 硬度为 342.63 g, 咀嚼性为 106.76 N。研究结果为烤饼品质的改善和马铃薯全粉产品的开发提供了一定的理论基础。

关键词: 马铃薯全粉, 烤饼, 配方工艺, 质构分析

中图分类号: TS215

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2023)22-0176-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023010187



本文网刊:

Study on the Optimization of the Formula of Potato Scone and Its Texture Characteristics

FU Yuhu¹, XIN Shihua², WU Qing², YANG Xiaoping², LIU Huiyan^{1*}, FANG Haitian^{1*}

(1. School of Food Science and Engineering, Ningxia University, Ningxia Key Laboratory for Food Microbial-Applications Technology and Safety Control, Yinchuan 750021, China;

2. Department of Tourism Management, Ningxia Vocational Technical College of Industry and Commerce, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to enrich potato staple products and improve the sensory quality of scones, the rheological properties of mixed dough of potato flour and wheat flour were studied. With sensory score and texture characteristics as evaluation indexes, the formulation of potato flour scone was optimized by single factor experiments and orthogonal test. The results showed that potato flour could improve the water absorption of wheat flour and shorten the formation time of dough, but it would lead to a decline in the elasticity and strength of the dough, resulting in a decrease in its quality. Therefore, the appropriate substitution ratio for whole potato flour was considered to be 20%. The best process recipe for scones was based on a mixture of wheat flour and whole potato flour quality, with 20% whole potato flour added, 68% water added, 0.8%

收稿日期: 2023-02-02

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划项目 (2018BBF02010); 宁夏食品微生物应用技术与安全控制重点实验室平台建设项目 (2021DPC05003); 宁夏工商职业技术学院工程技术研发中心项目 (NXGSYFZX2020003, NXGSYFZX2020006)。

作者简介: 付玉虎 (1999-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 健康食品生物制造, E-mail: fyh990726@163.com。

* 通信作者: 刘慧燕 (1977-), 女, 硕士, 副教授, 研究方向: 农产品生物加工, E-mail: liuhy@nxu.edu.cn。

方海田 (1978-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 健康食品生物制造, E-mail: fanght@nxu.edu.cn。

yeast added and 6% sugar added. The hardness of the scone prepared under the optimal condition was 342.63 g, and the chewiness was 106.76 N. The research results provided a theoretical basis for the quality improvement of the scones and the development of whole potato flour products.

Key words: potato flour; scones; formula and technology; textural analysis

马铃薯全粉是鲜马铃薯经清洗、去皮、切片、蒸煮、破碎、干燥等工序制得^[1]。马铃薯全粉中涵盖了新鲜马铃薯的全部干物质,能很好地保留鲜马铃薯中的风味和营养物质,复水后具有与新鲜马铃薯泥相近的风味与口感^[2-4]。2015 年我国启动了马铃薯主粮化战略,随着马铃薯主粮化战略的推进,其在食品中的应用得到较大的关注,将马铃薯全粉应用于面制品中,对马铃薯主粮化战略的推进有极大的促进作用^[5-7]。

烤饼是一种以小麦粉为主的淀粉质食品,因其制作方法简单、口感酥脆且风味丰富,被广大消费者所喜爱^[8-10]。但是其原材料成分单一,所含有的人体必需营养成分也不完整,其内在的营养成分存在不平衡现象^[11]。马铃薯全粉含有丰富的膳食纤维、维生素、矿物质等营养素,且复水性良好,可加入面包、饼干和馒头等食品中,对产品的感官和质地起到一定改善作用^[12]。高婧妍等^[13]研究发现添加适量马铃薯对马铃薯千层饼的硬度、胶着度和咀嚼度有改善作用,可以使千层饼具有较好的口感。张云焕等^[14]研究发现马铃薯全粉能提高小麦粉的吸水率,缩短面团的形成时间,提高面团的发酵能力和弹性。马铃薯全粉在食品加工中具有非常重要的现实意义^[15]。

本研究测定了马铃薯全粉与小麦粉混合粉面团流变学特性,并以感官评分和质构特性为评价指标,通过单因素和正交试验优化了马铃薯全粉烤饼的制作配方。为烤饼品质的改善和马铃薯全粉产品的开发提供了一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

马铃薯全粉(水分含量 7.68%,淀粉含量 77.24%,蛋白质含量 6.00%) 甘肃正阳现代农业服务有限公司;低筋小麦粉(水分含量 13.36%,淀粉含量 70.21%,蛋白质含量 11.90%) 中粮集团有限公司;植物油 山东鲁花集团有限公司;安琪酵母粉 安琪酵母股份有限公司;白砂糖 上海怡神保健食品有限公司。

YP1002 电子天平 上海衡际有限公司;恒温醒发箱 德科机械科技有限公司;HM780 和面机 锦泰鑫诚科技有限公司;DKL-102D 电烤箱 德玛仕智能厨房设备有限公司;TA-XT PlusC 质构仪 英国 SMS 公司;JFZD 粉质仪、HZL-350 拉伸仪 北京东孚久恒仪器技术有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 混合粉面团流变学的测定

1.2.1.1 马铃薯全粉与小麦粉混合粉的制备 将马

铃薯全粉以 0%、10%、20%、30%、40% 的取代比例与小麦粉混合,总重量以 100% 计。

1.2.1.2 混合粉面团粉质特性的测定 参照 GB/T 14614-2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试粉质仪法》,利用 JFZD 粉质仪测定混合粉面团的粉质特性。

1.2.1.3 混合粉面团拉伸特性的测定 参考 GB/T 14615-2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试拉伸仪法》,采用 HZL-350 拉伸仪测定混合粉面团的拉伸特性。

1.2.2 马铃薯全粉烤饼的制作 参考贺捷群^[16]的马铃薯雪花全粉烤饼制作方法并修改。马铃薯全粉烤饼的基本配方为:以小麦粉与马铃薯全粉混合粉质量为基础,水 72%、酵母粉 0.6%、白砂糖 6%、植物油 5%。操作要点:将小麦粉、马铃薯全粉和酵母放入和面机,搅拌均匀后加入白砂糖、水、植物油进行搅拌和面至面团表面光滑;将和好的面团分割成 100 g/个,揉压擀制成相同大小的圆饼状;整形后的面饼放入温度 35 ℃、湿度 70% 的醒发箱中醒发 40 min;将醒发好的面饼放入烤箱中上火 200 ℃,下火 190 ℃ 焙烤 25 min,冷却后包装备用。

1.2.3 单因素实验

1.2.3.1 马铃薯全粉添加量对烤饼品质的影响 以马铃薯全粉与小麦粉混合粉质量为基础,在水添加量 72%、酵母粉添加量 0.6%、白砂糖添加量 6% 的条件下,设置马铃薯全粉添加量为 0%、10%、20%、30%、40%,按上述加工条件制作烤饼,对烤饼进行感官品评和硬度的测定。

1.2.3.2 水添加量对烤饼品质的影响 以马铃薯全粉与小麦粉混合粉质量为基础,在马铃薯全粉添加量 20%、酵母粉添加量 0.6%、白砂糖添加量 6% 的条件下,设置水添加量为 64%、68%、72%、76%、80%,按上述加工条件制作烤饼,对烤饼进行感官品评和硬度的测定。

1.2.3.3 酵母粉添加量对烤饼品质的影响 以马铃薯全粉与小麦粉混合粉质量为基础,在马铃薯全粉添加量 20%、水添加量 72%、白砂糖添加量 6% 的条件下,设置酵母粉添加量为 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%,按上述加工条件制作烤饼,对烤饼进行感官品评和硬度的测定。

1.2.3.4 白砂糖添加量对烤饼品质的影响 以马铃薯全粉与小麦粉混合粉质量为基础,在马铃薯全粉添加量 20%、水添加量 72%、酵母粉添加量 0.6% 的条件下,设置白砂糖添加量为 2%、4%、6%、8%、10%、

按上述加工条件制作烤饼,对烤饼进行感官品评和硬度的测定。

1.2.4 正交试验 根据单因素实验结果,选取马铃薯全粉添加量、水添加量、酵母粉添加量、白砂糖添加量为考察指标,以感官评分和质构特性为评价指标,进行四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,考察各因素对马铃薯全粉烤饼品质的影响,正交试验因素水平见表1。

表1 正交试验设计因素与水平(%)
Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment (%)

水平	因素			
	A马铃薯全粉添加量	B水添加量	C酵母粉添加量	D白砂糖添加量
1	10	64	0.6	4
2	20	68	0.8	6
3	30	72	1.0	8

1.2.5 马铃薯全粉烤饼感官评分 参照金慧敏等^[17]的方法并修改。由10位(男女比例1:1)经过培训的人员组成感官评价小组,对马铃薯全粉烤饼进行评分。感官评分标准见表2。

表2 马铃薯全粉烤饼感官评定标准
Table 2 Sensory evaluation criteria for whole potato flour scones

评分指标	满分	评分标准
色泽	20	表皮色泽均匀,表皮金黄,无发焦发白,16~20; 色泽基本均匀,有少量焦白现象,11~15; 表皮色泽不均匀,有焦白现象5~10。
形态结构	30	表面无损伤,无变形,内部组织结构均匀,21~30; 表面稍破损,略有变形,内部组织结构较均匀11~20; 表面破损严重,严重变形,内部组织结构松散,0~10。
口感	30	口感酥松细腻,咀嚼性好,不粘牙,21~30; 口感较细腻,咀嚼性较好,稍粘牙,11~20; 口感粗糙,咀嚼性较差,粘牙严重,0~10。
风味	20	麦香味与马铃薯风味适宜,无异味,16~20; 马铃薯风味较淡或较重,略有异味,11~15; 薯味过重或过淡,有明显异味,5~10。

1.2.6 马铃薯全粉烤饼质构特性的测定 参照谈江莹等^[18]的方法并修改。采用P/36R圆柱形探头,测量参数设置如下:选用TPA模式,应变为50%,触发力为5.0 g,测量前、中、后速度分别为2.00、1.00、2.00 mm/s,回程距离为10 mm,间隔时间为5 s。

1.3 数据处理

所有实验均设置三组平行,实验结果以平均值±标准偏差表示,用Excel 2019软件统计实验数据,采用SPSS 26.0软件进行数据的差异性分析,用Origin 2021软件绘制处理图表。

2 结果与分析

2.1 混合粉面团流变学特性分析

2.1.1 马铃薯全粉添加量对混合粉粉质特性的影响 由表3可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,混合粉的吸水率呈上升趋势,吸水率由61.3%上升至105.5%,说明马铃薯全粉吸水能力较强,原因是马铃薯全粉颗粒大且淀粉含量高,因此马铃薯全粉添加量

的增加使面团的吸水率增加^[19]。面团的形成时间和稳定时间呈下降趋势,表明马铃薯全粉的添加对面筋蛋白有稀释作用,降低了面团的筋性。适量添加马铃薯全粉能缩短面团的形成时间与稳定时间;当马铃薯全粉添加量较高时,面团的形成时间与稳定时间较低,面团不易成型,可加工性变差^[20]。弱化度说明了面团承受机械搅拌的能力,也代表了面团的强度^[21]。随着马铃薯全粉添加比例的增大,面团的弱化度呈上升趋势,面团的强度下降、耐受力降低,在加工过程中不易成型。这与刘颖等^[22]研究结果一致,马铃薯全粉的添加会稀释混合粉中的面筋蛋白,使面团的形成时间与稳定时间降低,弱化度增加,耐受力降低。

表3 马铃薯全粉和小麦粉混合粉的粉质特性
Table 3 Flour properties of whole potato flour and wheat flour blends

马铃薯全粉比例(%)	吸水率(%)	形成时间(min)	稳定时间(min)	弱化度(FU)
0	61.3±2.18 ^c	6.7±0.36 ^a	7.37±0.17 ^a	72.41±0.58 ^e
10	74.4±0.86 ^d	6.4±0.65 ^a	3.25±0.17 ^b	231.31±1.48 ^d
20	82.5±1.94 ^c	5.4±0.16 ^b	2.77±0.24 ^c	238.92±1.82 ^c
30	94.1±0.45 ^b	5.2±0.14 ^b	1.11±0.07 ^d	257.22±2.99 ^b
40	105.5±0.83 ^a	3.8±0.22 ^c	0.84±0.15 ^d	268.27±0.36 ^a

注:表中同列不同字母表示显著性差异($P<0.05$),表4、表7同。

2.1.2 马铃薯全粉添加量对混合粉面团拉伸特性的影响 由表4可知,混合粉面团的拉伸阻力、延伸度和拉伸比例随着马铃薯全粉添加量的增加而显著降低($P<0.05$)。可能的原因是马铃薯全粉中不含面筋蛋白,混合粉加水搅拌形成面团时,混合粉面团中面筋蛋白被稀释,且随着马铃薯全粉添加比例的增加,面筋蛋白含量降低,面筋网络结构变差,面团的弹性和筋力下降^[23]。适量添加马铃薯全粉会降低混合粉的拉伸特性,提高面团的可调制性;马铃薯全粉添加量较高时,会使面团的拉伸特性降低,加工性能下降,不利于面团的成型。这是由于马铃薯全粉具有良好的持水性,较高的添加量会使面团过度吸水,面筋的含量降低,面团的品质下降^[24]。因此综合考虑,马铃薯全粉的添加量不应超过20%。

表4 马铃薯全粉和小麦粉混合粉的拉伸特性
Table 4 Tensile properties of whole potato flour and wheat flour blends

马铃薯全粉比例(%)	最大拉伸阻力(EU)	延伸度(mm)	拉伸比例EU(mm)
0	317.70±8.57 ^a	122.09±6.05 ^a	2.60±0.06 ^a
10	267.02±11.14 ^b	101.76±2.19 ^b	2.52±0.08 ^a
20	128.44±4.88 ^c	66.12±1.69 ^c	1.94±0.07 ^b
30	78.03±1.87 ^d	40.48±2.25 ^d	1.93±0.11 ^b
40	58.93±1.24 ^e	35.53±1.54 ^d	1.66±0.05 ^c

2.2 单因素实验

2.2.1 马铃薯全粉添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响 由图1可知,随着马铃薯全粉添加量的增加,

烤饼的硬度呈现先降低后增加的趋势, 当马铃薯全粉添加量为 20% 时, 烤饼硬度最低, 感官评分最高^[25]。当马铃薯全粉添加量>20% 时, 由于马铃薯全粉中不含面筋蛋白, 且吸水性较强, 过量添加会使烤饼皱缩, 导致烤饼的硬度增加, 感官评分下降^[26]。因此综上所述, 最佳马铃薯全粉添加量为 20%, 考察范围定为 10%、20%、30%。

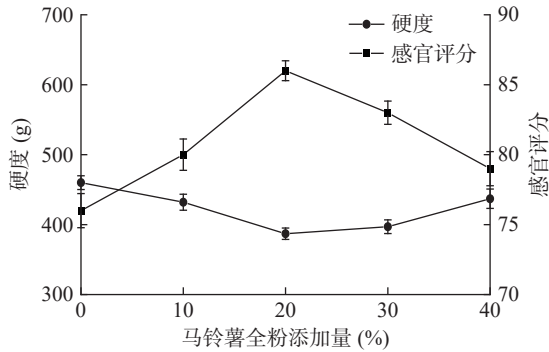


图 1 马铃薯全粉添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响
Fig.1 Effect of whole potato flour addition on the quality of whole potato flour scones

2.2.2 水添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响 由图 2 可知, 随着水添加量的增加, 烤饼的硬度逐渐降低, 当加水量为 80% 时烤饼的硬度最低, 但此时的烤饼含水量较高, 烤饼过于软塌, 感官评分也较低。当水的添加量在 68% 时, 烤饼的色泽、组织形态、组织结构、口感和风味达到最佳, 感官评分最高。当水的添加量大于 68% 时, 面筋发生水化作用, 导致面团变粘, 硬度降低, 但口感和组织结构较差, 感官评分也随之降低^[27]。因此综上所述, 最佳水添加量为 68%, 考察范围定为 64%、68%、72%。

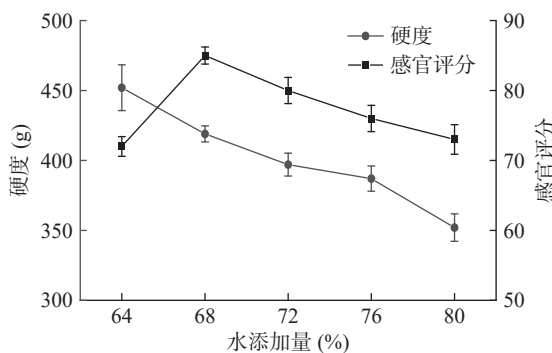


图 2 水添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响
Fig.2 Effect of water addition on the quality of whole potato flour scones

2.2.3 酵母粉添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响 由图 3 可知, 随着酵母粉添加量的增加, 烤饼的硬度呈现先降低后增加的趋势。当酵母粉添加量为 0.8% 时, 烤饼硬度最低, 但感官评分最高。其原因是, 酵母在面团的发酵过程中会产生 CO₂, 可以填充在面筋网络结构中, 改善面团的品质。当酵母粉添加量较低时, 面团发酵较差, 烤饼内部气孔少; 酵母粉添

加量较高时, 发酵产生 CO₂ 的速度加快, 导致面团过度膨胀, 面团中面筋网络结构破裂, 面团的品质下降从而使烤饼的感官品质降低^[28]。因此综上所述, 最佳酵母粉添加量为 0.8%, 考察范围定为 0.6%、0.8%、1.0%。

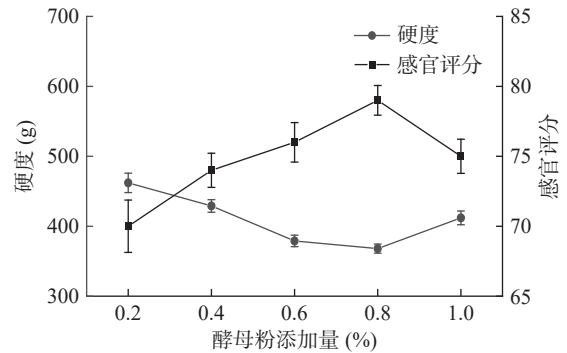


图 3 酵母粉添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响
Fig.3 Effect of yeast addition on the quality of whole potato flour scones

2.2.4 白砂糖添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响 由图 4 可知, 随着白砂糖添加量的增加, 烤饼的硬度呈现先降低后增加的趋势, 感官评分呈现先增加后降低的趋势。当白砂糖添加量为 6% 时, 烤饼硬度最低, 感官评分最高。主要原因是白砂糖在焙烤过程中会发生美拉德反应与焦糖化反应, 提高烤饼的口感、色泽与风味, 使烤饼变的香甜美味, 感官评分增加^[29]。但过量的添加会使烤饼的硬度增加, 口感变差, 感官评分降低。因此综上所述, 最佳白砂糖添加量为 6%, 考察范围定为 4%、6%、8%。

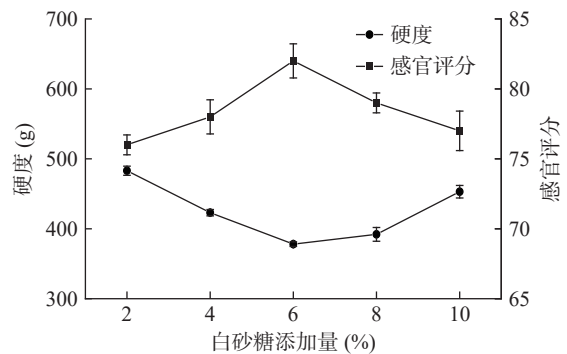


图 4 白砂糖添加量对马铃薯全粉烤饼品质的影响
Fig.4 Effect of white sugar addition on the quality of whole potato flour scones

2.3 正交试验结果与分析

由表 5 可知, 各因素对马铃薯全粉烤饼感官评分的影响依次为马铃薯全粉添加量>酵母粉添加量>白砂糖添加量>水添加量, 最佳优化组合为 A₂B₂C₂D₂, 即马铃薯全粉添加量 20%、水添加量 68%、酵母粉添加量 0.8%、白砂糖添加量 6%。在此条件下进行 5 次验证实验, 感官评分平均值为 84, 硬度为 342.63 g, 说明该工艺稳定, 效果良好。

由表 6 可知, 马铃薯全粉添加量、酵母粉添加量、白砂糖添加量、水添加量的 P 值均小于 0.01, 说

表5 正交试验设计及其结果

Table 5 Orthogonal test design and their results

实验号	A	B	C	D	感官评分
1	1	1	1	1	72.50
2	1	2	2	2	81.00
3	1	3	3	3	75.50
4	2	1	2	3	82.75
5	2	2	3	1	83.00
6	2	3	1	2	80.00
7	3	1	3	2	77.25
8	3	2	1	3	72.75
9	3	3	2	1	73.25
k ₁	76.33	77.50	75.08	76.17	
k ₂	81.92	78.92	79.00	79.42	
k ₃	74.42	76.25	78.58	77.00	
R	7.50	2.67	3.92	3.25	

表6 正交试验方差分析

Table 6 Analysis of variance for orthogonal tests

来源	III类平方和	自由度	均方	F	显著性
校正模型	437.917	8	54.740	33.400	0.000
截距	162401.333	1	162401.333	99092.339	0.000
A马铃薯全粉添加量	273.292	2	136.646	83.377	0.000
B水添加量	32.042	2	16.021	9.775	0.001
C酵母粉添加量	83.292	2	41.646	25.411	0.000
D白砂糖添加量	49.292	2	24.646	15.038	0.000
误差	29.500	18	1.639		
总计	162868.750	27			
校正的总计	467.417	26			

明A、B、C、D 4个因素对感官评分的结果均有显著影响。

2.4 马铃薯全粉烤饼的质构特性分析

硬度和咀嚼性是评价烤饼品质的重要指标,硬度越小,表示烤饼质地越好,咀嚼性反映烤饼对牙齿咀嚼的抵抗性,咀嚼性越小表示烤饼越易被嚼碎,口感越好^[30]。最优配方下马铃薯全粉烤饼的质构特性如表7所示,与小麦粉烤饼相比,马铃薯全粉烤饼的硬度、胶粘性 and 咀嚼性较小麦粉烤饼低,弹性和内聚力较小麦粉烤饼高,说明马铃薯全粉烤饼具有较好的质地与口感,适量添加马铃薯全粉对烤饼的品质具有改善作用。

表7 马铃薯全粉烤饼的质构特性分析

Table 7 Analysis of texture characteristics of whole potato flour scones

样品	硬度(g)	弹性(mm)	内聚力(Ratio)	胶粘性(N)	咀嚼性(N)
马铃薯全粉烤饼	342.63±3.56 ^b	0.76±0.03 ^a	0.41±0.02 ^a	140.48±2.86 ^b	106.76±0.84 ^b
小麦粉烤饼	453.27±6.34 ^a	0.68±0.02 ^b	0.37±0.01 ^b	167.71±3.84 ^a	114.04±0.67 ^a

3 结论

本研究测定了马铃薯全粉与小麦粉混合粉面团的流变学特性,发现马铃薯全粉能提高小麦粉的吸水

率,缩短面团的形成时间,但会导致面团的弹性和筋力下降,使面团的品质降低。适量添加马铃薯全粉可以改善烤饼的感官和质构。通过单因素实验与正交试验确定了马铃薯全粉烤饼的最佳配方工艺:以马铃薯全粉与小麦粉混合粉质量为基础,马铃薯全粉添加量20%、水添加量68%、酵母粉添加量0.8%、白砂糖添加量6%。在此配方下马铃薯全粉烤饼具有较好的质构特性,硬度为342.63 g,咀嚼性为106.76 N,说明适量添加马铃薯全粉对烤饼的品质具有改善作用。本研究为烤饼品质的改善和马铃薯全粉产品的开发提供了一定的理论基础。

参考文献

[1] 张桂彬,周立青,白春明,等.全产业链视角下马铃薯主粮化发展的基础与突破路径[J]. 种子科技, 2017, 35(5): 6-7. [ZHANG G B, ZHOU L Q, BAI C M, et al. The basis and breakthrough path for potato staple food development from a whole industry chain perspective[J]. Seed Science & Technology, 2017, 35(5): 6-7.]

[2] QIAO L, HONG L, PENG X, et al. Study on the physical and chemical properties of potato powder[J]. Chemical Engineering Transactions (CET Journal), 2017, 59: 781-786.

[3] NASCIMENTO R F, CANTERI M H G. Effect of blanching on physicochemical characteristics of potato flour[J]. Horticultura Brasileira, 2018, 36(4): 461-465.

[4] DEREJE B, GIRMA A, MAMO D, et al. Functional properties of sweet potato flour and its role in product development: A review[J]. International journal of Food Properties, 2020, 23(1): 1639-1662.

[5] 刘丽宅,谢晶,卢曼曼,等.马铃薯全粉的应用研究现状[J]. 粮食加工, 2017, 42(1): 1-3. [LIU L Z, XIE J, LU M M, et al. Preparation of the potato distarch phosphate and its application in alum-free vermicelli[J]. Grain Processing, 2017, 42(1): 1-3.]

[6] 赵晶,时东杰,屈岩峰,等.马铃薯全粉食品研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 363-367. [ZHAO J, SHI D J, QU Y F, et al. Research progress of potato whole meal food[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(20): 363-367.]

[7] BACH D, BEDIN A C, LACERDA L G, et al. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): A versatile raw material for the food industry[J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2021, 64.

[8] ZHANG H, XU F, WU Y, et al. Progress of potato staple food research and industry development in China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(12): 2924-2932.

[9] 杨鹏,袁梦,于博,等.传统烤饼复合保鲜剂的研制[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(4): 119-126. [YANG P, YUAN M, YU B, et al. Study on compound preservative for Chinese traditional toast bread[J]. China Food Additives, 2019, 30(4): 119-126.]

[10] SHIN M H, CHOI N, CHA S S. A study on the development of healthy desserts using plums[J]. The Korean Journal of Food & Health Convergence, 2022, 8(5): 1-9.

[11] XIAO X, LI J Y, XIONG H, et al. Effect of extrusion or fermentation on physicochemical and digestive properties of barley powder[J]. Frontiers in Nutrition, 2022, 2(8): 2-8.

[12] 张棋. 马铃薯全粉在食品应用中的研究进展[J]. 农产品加工, 2022(2): 68-72. [ZHANG Q. Research progress of potato powder in food[J]. Farm Products Processing, 2022(2): 68-72.]

[13] 高婧妍,祁立波,傅宝尚,等.不同因素对马铃薯千层饼质构的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(23): 47-52. [GAO J Y, QI

- L B, FU B S et al. Effect of different factors on the textural properties of potato thousand-layer cake[J]. Food Research and Development, 2021, 42(23): 47-52.]
- [14] 张云焕,李书国.马铃薯全粉对比萨饼底加工工艺及品质的影响[J].食品科学,2017,38(22):239-245. [ZHANG Y H, LI S G. Effect of potato flour on processing and quality of pizza base[J]. Food Science, 2017, 38(22): 239-245.]
- [15] CUI L L, TIAN Y G, TIAN S Q, et al. Preparation of potato whole flour and its effects on quality of flour products: A review[J]. Grain & Oil Science and Technology, 2018, 1(3): 145-150.
- [16] 贺捷群.低GI马铃薯雪花烤饼的研制及其体外消化特性的研究[D].银川:宁夏大学,2022. [HE J Q. Study on development and *in vitro* digestibility of low GI potato snow scones[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2022.]
- [17] 金慧敏,党斌,张文刚,等.低GI烤制杂粮复合馒头工艺配方优化及品质分析[J].中国粮油学报,2021,9(2):1-13. [JIN H M, DANG B, ZHANG W G, et al. Optimization of technological formula and quality analysis of bread compound steamed baked with miscellaneous grains with low GI[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 9(2): 1-13.]
- [18] 谈江莹,陈紫婷,秦佳斌,等.莲原花青素对华夫饼 AGEs 的抑制及感官品质的影响[J].食品工业科技,2022,43(11):284-294. [TAN J Y, CHEN Z T, QIN J B, et al. Effects of lotus seedpod procyanidins on ages inhibition and sensory quality of waffles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(11): 284-294.]
- [19] 曾希珂,章丽琳,刘竞峰,等.马铃薯全粉添加量对小麦粉及其挂面品质特性的影响[J].食品与机械,2017,33(8):163-166. [ZENG X K, ZHANG L L, LIU J F, et al. Effect of different content of potato granule on the quality of flour and dried noodles mixed with potato and wheat[J]. Food & Machinery, 2017, 33(8): 163-166.]
- [20] BEN JEDDOU K, BOUAZIZ F, ZOUARI-ELLOUZI S, et al. Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein[J]. Food Chemistry, 2017, 217: 668-677.
- [21] 陈凤莲,管哲贤,孙贵尧,等.稻米-小麦混合粉体系流变学特性研究[J].中国食品学报,2020,20(6):154-165. [CHEN F L, GUAN Z X, SUN G Y, et al. Studies on rheological properties of rice-wheat flour[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(6): 154-165.]
- [22] 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,2016,37(24):163-167. [LIU Y, LIU L Z, YU X H, et al. Effect of potato flour on the quality of wheat flour and noodle[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(24): 163-167.]
- [23] 陈洁,李璞,王稳新,等.马铃薯生全粉对小麦粉面团特性的影响[J].粮食与油脂,2018,31(7):35-38. [CHEN J, LI P, WANG W X, et al. Effect of potato raw powder on the characteristics of wheat flour dough[J]. Cereal & Feed Industry, 2018, 31(7): 5-38.]
- [24] 孔晓涵,樊红秀,张闪闪,等.荞麦-小麦混合粉流变学特性及其对冷面质构的影响[J].粮食与油脂,2022,35(10):31-34,67. [KONG X H, FAN H X, ZHANG S S, et al. Rheological properties of buckwheat-wheat mixed flour and its effect on cold noodle texture[J]. Cereals & Oils, 2022, 35(10): 31-34,67.]
- [25] SKALTSI A, MARINOPOULOU A, PORIAZI A, et al. Development and optimization of gluten-free biscuits with carob flour and dry apple pomace[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 46(10): e15938.
- [26] 张丹.马铃薯-小麦混合粉面团品质改良及其酥性饼干的研制[D].哈尔滨:哈尔滨商业大学,2017. [ZHANG D. Improvement of the quality of potato-wheat flour dough mix and development of its crisp biscuits[D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2017.]
- [27] 买玉花,王彩霞,贺晓光,等.响应面-主成分分析法优化马铃薯饼干配方[J].食品工业科技,2018,39(21):185-190. [MAI Y H, WANG C X, HE X G, et al. Optimization of potato biscuits technology by response surface methodology and principal component analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(21): 185-190.]
- [28] 孙力博,刘远晓,李萌萌,等.发酵面团持气性及品质改良研究进展[J/OL].食品与发酵工业:1-10[2023-09-04]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034272> [SUN L B, LIU Y X, LI M M, et al. Research progress on gas retention and quality improvement of fermented dough[J]. Food and Fermentation Industries: 1-10[2023-09-04]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034272>.]
- [29] 刘莉,黄华,朱思洁,等.添加紫色马铃薯全粉的韧性饼干制作工艺研究[J].食品研究与开发,2019,40(20):92-95. [LIU L, HUANG H, ZHU S J, et al. Study on the production process of tough biscuits with the addition of purple potato whole meal[J]. Food Research and Development, 2019, 40(20): 92-95.]
- [30] 党斌,张杰,张文刚,等.马铃薯酥饼配方的优化及品质特性研究[J].食品科技,2019,44(9):172-178. [DANG B, ZHANG J, ZHANG W G, et al. Formula optimization and quality characteristics analysis of potato flaky pastry[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(9): 172-178.]