

面粉特性对荞麦馒头预拌粉品质的影响

Effect of wheat flour characteristics on the quality of buckwheat Chinese steamed bread premix

郑玉娇 郭晓娜 朱科学

Zheng Yu-jiao Guo Xiao-na Zhu Ke-xue

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:测定 8 种不同面粉的基本性质、面团流变特性、发酵特性,并用其制备成荞麦馒头预拌粉制作荞麦馒头,通过测定荞麦馒头的比容、质构特性、感官品质等指标,探究面粉特性对荞麦馒头预拌粉品质的影响。试验结果表明:湿面筋含量在 33%~34%,蛋白质含量在 11%~12% 的面粉其蛋白质弱化度较小,面团形成时间和稳定时间较长,面团的持气率较好,面团开始漏气时间较晚;对应编号制作的荞麦馒头比容较大,硬度、弹性、咀嚼性适中,感官评价总分较高;灰分 <0.4 g/100 g 的面粉制作的荞麦馒头表面颜色光亮、色泽均匀。综上可得:湿面筋含量在 33%~34%,蛋白质含量在 11%~12%,吸水率在 58%~60%,灰分 <0.4 g/100 g 的面粉制作的荞麦馒头品质较好,比较适合制备荞麦馒头预拌粉。

关键词:面粉;流变特性;发酵特性;荞麦馒头;质构

Abstract: The basic properties, dough rheological properties and fermentation characteristics of 8 different wheat flours were determined, and the buckwheat Chinese steamed bread(CSB) was prepared by using the buckwheat CSB premix prepared by the method. The specific volume, texture characteristics and sensory quality of the buckwheat CSB were determined. To explore the effect of wheat flour characteristics on the quality of buckwheat CSB premix. The results showed that wheat flour of the content of wet gluten was between 33% and 34%, the protein content was between 11% and 12% had less protein weakening, the dough formation time and stability time were longer, and the dough retention rate was better, the gas leakage time of dough late. The buckwheat CSB produced by the corresponding number

has a larger specific volume, moderate hardness, elasticity and chewiness, and the sensory evaluation has a higher total score. The surface of the buckwheat CSB made from flour with an ash content of less than 0.4 g/100 g is bright and uniform in color. The above results are as follows: the wet gluten content is between 33% and 34%, the protein content is between 11% and 12%, the water absorption is between 58% and 60%, and the ash content is less than 0.4 g/100 g. The buckwheat CSB produced is of good quality and is suitable for preparing buckwheat Chinese steamed bread premix.

Keywords: flour; rheological properties; fermentation characteristics; buckwheat Chinese steamed bread; texture

荞麦蛋白质生物价较高,氨基酸组成合理,含有芦丁等生物类黄酮,含有丰富的 V_E 和膳食纤维,可提高毛细血管的通透性,维护微血管循环等功能,同时,荞麦可抑制胆结石脂肪积累、降低血液胆固醇^[1],具有药食兼用的意义^[2]。荞麦馒头因其独特的营养价值,广受消费者青睐。近年来,馒头预拌粉技术也逐渐引起业界的关注,它是将不同特性不同种类的粉状原料,按一定的配方,根据相应的物理、化学、生物等技术进行完全混合的一种复配半成品^[3-4]。使用馒头预拌粉不仅方便快捷,同时降低了馒头制作的技术要求。

馒头品质是表征馒头预拌粉品质的主要指标,而面粉是制备馒头最主要的原料,面粉的特性对馒头品质有重要影响^[5]。曹子月等^[6]选取了 10 种小麦粉制作馒头,研究发现小麦粉的蛋白质含量和质量可以影响馒头品质。王远辉等^[7]发现小麦粉的粒度影响着馒头品质,目数为 180~200 的小麦粉最适合制作馒头。

已有研究^[8]发现荞麦馒头和小麦馒头相比,荞麦馒头口感粗糙、体积小、硬度大、色泽暗。目前,国内外对杂粮馒头的研究多集中在加工工艺、改良剂的使用等方面^[9],而关于面粉对馒头尤其是荞麦馒头品质的影响研

基金项目:国家重点研发计划课题(编号:2018YFD0401003);江苏省“六大人才高峰”高层次人才资助项目(编号:NY-009)

作者简介:郑玉娇,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:郭晓娜(1978—),女,江南大学食品学院副教授,博士,硕士生导师。Email:gxn1978@hotmail.com

收稿日期:2018-11-29

究较少。杨双^[10]研究表明蛋白质交联程度能够影响荞麦馒头的品质,随着添加剂的加入,蛋白质交联程度增加,荞麦馒头的发酵性能提高,比容增大,内部结构均匀有序。目前研究集中在利用外在添加剂改善荞麦馒头品质,而未有研究原料面粉对荞麦馒头品质改善的影响。

本研究拟选用 8 种馒头专用面粉,分别测定面粉的基本成分、面团流变特性、发酵特性,并用其制备的荞麦馒头预拌粉制作荞麦馒头,通过测定荞麦馒头的比容、扩展比、质构特性、感官品质、色泽等指标,探究面粉特性对荞麦馒头预拌粉品质的影响。以期选择适合制备荞麦馒头的预拌粉主原料,为荞麦馒头预拌粉的生产提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料

香满园面粉(编号 1):特制一等,益海嘉里粮油工业有限公司;

金龙鱼面粉(编号 2):特制一等,益海嘉里粮油工业有限公司;

香雪面粉(编号 3):特制一等,中粮厦门海嘉面粉有限公司;

鲁王 1 号面粉(编号 4):特制一等,山东鲁王集团有限公司;

陈克明面粉(编号 5):一等,克明面业股份有限公司;

鲁王 2 号面粉(编号 6):一级,山东鲁王集团有限公司;

中裕面粉(编号 7):特制一等,滨州中裕食品有限公司;

风筝面粉(编号 8):特制一等,潍坊风筝面粉有限责任公司;

荞麦粉:一等级,四川省绿植农业有限责任公司;

即发高活性干酵母:安琪酵母有限公司。

1.1.2 设备与仪器

和面机:ARM-O1 型,福建德霸食品机械有限公司;

醒发箱:SM-40SP 型,新麦机械(无锡)有限公司;

切片机:SM302N 型,新麦机械(无锡)有限公司;

混合实验仪:Mixolab 型,法国 Chopin 公司;

物性测试仪:TA.XT plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

色差仪:CR-400 型,柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;

流变发酵仪:RheoF4 型,法国 Chopin 公司。

1.2 方法

1.2.1 面粉基本成分的测定

(1) 水分含量测定:参照 GB/T 5009.3—2016。

(2) 湿面筋含量和干面筋含量测定:参照 GB/T 5506.3—2008。

(3) 灰分含量测定:参照 GB/T 22.510—2008。

(4) 蛋白含量测定:参照 GB/T 5009.5—2016 凯氏定氮法,其中蛋白质的换算系数取 5.70。

1.2.2 面团流变特性的测定 采用 Mixolab 混合实验仪测定面团的流变特性。根据张清等^[11]的检测方法,修改如下:按照“Chopin+”标准进行试验,设定水分基数为 14%(湿基);吸水率为 60%;参数设置:面团重量 75 g,转速 80 r/min,水箱温度 30 ℃,和面初始温度 30 ℃,水合作用设为 55%,第一阶段 30 ℃恒温 8 min,第二阶段由 30 ℃升温至 90 ℃15 min,第三阶段 90 ℃恒温保持 7 min,第四阶段由 90 ℃降温到 50 ℃共 10 min,第五阶段 50 ℃恒温 5 min,试验总用时 45 min。

1.2.3 面团发酵特性的测定 采用 F4 流变发酵仪,将和好的面团快速地放于 F4 发酵篮中,按照操作规程进行测定。测定条件为:面团质量 300 g,测定温度 35 ℃,测试时间 3 h,面团上砝码质量为 2 000 g^[12]。

1.2.4 荞麦馒头的制作方法 馒头制作根据杨双^[10]的方法,修改如下:取 500 g 小麦粉与荞麦粉(过 80 目筛)的混合粉,其中小麦粉占总质量的 70%,荞麦粉占总质量的 30%。加入准确称取的 4.5 g 酵母和其他改良剂继续混合,混合均匀制成荞麦馒头预拌粉备用。称取 500 g 荞麦馒头预拌粉倒入和面钵中,再将 250 g 水倒入和面钵。在和面钵中先低速搅拌 4 min,再中速搅拌和面 2 min,将和好的光滑面团搓条,分割成质量相同的面团,手工揉面,然后搓成馒头形状。将馒头生坯置于 38 ℃、相对湿度为 80%的醒发箱中发酵 60 min。将发酵好的馒头生坯置于电蒸锅中沸水蒸制 20 min。

1.2.5 荞麦馒头比容和扩展比的测定 荞麦馒头的比容为馒头体积与质量之比(mL/g)。熟化后的荞麦馒头放置室温下冷却 30 min,馒头的体积和质量分别由面包体积测定仪和分析天平测得^[10]。每个样品平行测定 3 次,取平均值。用游标卡尺分别测量出馒头的直径和高度,二者的比值即为馒头的扩展比。

1.2.6 荞麦馒头质构的测定 取切片机均匀切割的馒头中心两片(厚度为 12.5 mm)。采用 TA-XT2i 型质构分析仪,具体参数设置为:测前速度 3 mm/s,测试时速度 1 mm/s,测后速度 5 mm/s,压缩比例 50%,触发力 5 g,两次压缩间隔 5 s。在 TPA 模式下选择 P/25 探头进行测定^[13]。每组样品测定 6 次,取 6 次结果的平均值。

1.2.7 荞麦馒头的感官评价 根据 GB/T 17320—2013,结合荞麦馒头的特性对感官评价表^[3]适当做出修改,对荞麦馒头主要从比容(15 分)、高(5 分)、表面色泽(10 分)、表面结构(10 分)、外观形状(10 分)、内部结构(15 分)、弹性(10 分)、韧性(10 分)、黏性(10 分)、气味(5 分)几个方面进行感官评定。将待测馒头置于室温下冷却 30 min,每个样品各取 4 个切成小块,并组织有经验

的 10 名感官评价员对荞麦馒头进行感官评分。

1.2.8 荞麦馒头的色泽 采用色差仪测量馒头的色泽。 L^* 表示亮度值,数值越大表示越亮; a^* 表示红绿值,数值越大表示越红; b^* 表示黄蓝值,数值越大表示越黄; ΔE 表示总色差的大小。随机取馒头表面 3 个部位进行测量,每组样品测定 6 次平行,取 6 次结果的平均值。

1.2.9 数据统计与分析 应用 Excel 2007 整理数据,应用 Origin 8.5 软件作图,用 SPASS 17.0 进行数据分析。选择 Duncan 测试,在 $P<0.05$ 检测水平下对数据进行显著性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同面粉的基本成分

面粉的水分含量和灰分是小麦粉的基本理化指标。

研究^[14]表明,灰分含量会影响面制品的色泽,灰分含量与亮度值呈反比。而相同蛋白质含量下,灰分越低,蒸煮品质越好^[15]。面粉的面筋含量和蛋白质含量是影响馒头品质的关键指标,面粉蛋白质含量与馒头品质中的比容、弹性、总评分存在相关性^[6]。由表 1 可知:8 种馒头专用面粉水分含量为 12.233%~13.769%,灰分含量为 0.379~0.609 g/100 g,2 号面粉灰分最低,3 号面粉灰分最高,8 种面粉的水分和灰分含量都符合行业标准 LS/T 3204—1993 对馒头用小麦粉的要求。湿面筋含量为 27.689%~35.337%,干面筋含量为 8.783%~11.901%,1 号面粉湿面筋含量最低,4 号面粉湿面筋含量最高。蛋白质含量为 9.752%~12.241%,1 号面粉蛋白质含量最低,4 号面粉蛋白质含量最高。研究^[16]表明湿面筋含量与蛋白质含量呈显著正相关。

表 1 不同面粉的基本成分[†]
Table 1 Basic ingredient of different wheat flours ($n=3$)

面粉编号	水分含量/%	湿面筋含量/%	干面筋含量/%	灰分/(10 ⁻² g·g ⁻¹)	蛋白质含量/%
1	13.769±0.013 ^g	27.689±0.238 ^a	8.783±0.107 ^a	0.424±0.030 ^a	9.752±0.415 ^a
2	13.291±0.013 ^d	33.273±1.264 ^{bc}	10.727±0.519 ^{cd}	0.379±0.026 ^a	11.582±0.000 ^b
3	13.592±0.055 ^f	29.097±0.061 ^a	8.937±0.366 ^{ab}	0.609±0.007 ^b	10.799±0.519 ^{ab}
4	13.059±0.021 ^c	35.337±0.830 ^d	11.901±0.474 ^d	0.433±0.127 ^a	12.241±0.311 ^b
5	12.386±0.008 ^b	31.993±0.081 ^b	10.171±0.319 ^{bc}	0.484±0.031 ^{ab}	11.515±1.037 ^b
6	12.233±0.003 ^a	34.117±0.079 ^{cd}	11.771±0.873 ^d	0.489±0.022 ^{ab}	12.138±0.405 ^b
7	13.393±0.018 ^e	32.834±0.243 ^{bc}	10.378±0.256 ^c	0.399±0.068 ^a	11.826±1.037 ^b
8	12.366±0.025 ^b	33.324±0.296 ^{bc}	10.871±0.595 ^{cd}	0.382±0.055 ^a	11.930±0.311 ^b

[†] 同列不同字母表示有显著差异($P<0.05$)。

2.2 不同面粉对面团流变特性的影响

Mixolab 混合实验仪可根据面团揉混情况和面团温度的双重制约因素来分析谷物面团的流变特性。图 1 为典型的 Mixolab 曲线,即混合力和温度所引起的面团各个阶段的力矩变化曲线。不同面粉形成的面团 Mixolab 性质见表 2,不同面粉对面团机械拉伸和温度处理可用各曲线的斜率予以说明。该曲线分成 5 个区域,C1~5 分别为相应阶段的扭矩最大值点。C2 表示蛋白质弱化度,C3、C4、C5 分别代表淀粉糊化、糊化淀粉的稳定性、淀粉回生^[17]。

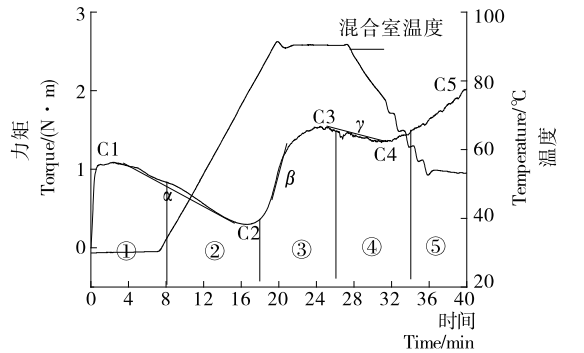
Mixolab 曲线的第一部分表征面团的蛋白质特征,其特征包括以下参数:

(1) 吸水率:由表 2 得,8 种面粉的吸水率为 55.15%~63.4%,3 号面粉的吸水率最小,6 号面粉的吸水率最大。

(2) 面团形成时间:2、4、6、7、8 号的面团形成时间较长,1、3、5 号面团形成时间较短,面团形成时间反映了面团弹性,张密等^[18]研究表明面团形成时间与蛋白质含量呈正相关。

(3) 面团稳定时间:面团稳定时间反映了面团的耐揉性和强度,1、3、5 号面团稳定时间较短,2、4、6、7、8 号面团稳定时间较长,稳定时间越长,表明面团筋力越强,面筋网络结合越稳固。

(4) 斜率 α :1、2、7、8 号面粉的斜率 α 的绝对值较小,说明蛋白质弱化度较低,蛋白质质量较好。结合表 1,湿面筋含量>33%,蛋白质含量>11%的面粉面团形成时



① 面团的形成; ② 蛋白质弱化; ③ 淀粉糊化; ④ 淀粉酶活性; ⑤ 回生

图 1 Mixolab 典型曲线

Figure 1 Mixolab typical curve

表 2 不同面粉的 Mixolab 分析[†]
Table 2 Mixolab analysis of different wheat flour (n=3)

面粉 编号	吸水率/ %	面团形成 时间/min	面团稳定 时间/min	蒸煮稳定 性/(N·m)	回生值/ (N·m)	斜率 α	斜率 β	斜率 γ
1	60.50±0.00 ^{de}	1.10±0.05 ^a	5.60±0.12 ^a	0.690±0.005 ^a	0.40±0.03 ^a	-0.069±0.001 ^a	0.468±0.014 ^b	-0.069±0.009 ^c
2	58.70±0.30 ^c	2.22±0.04 ^{bcd}	6.28±0.00 ^{bc}	0.802±0.02 ^b	0.45±0.04 ^a	-0.056±0.002 ^a	0.444±0.016 ^b	-0.037±0.009 ^{ab}
3	55.15±0.15 ^a	1.86±0.46 ^{abc}	5.68±0.23 ^{ab}	0.985±0.020 ^c	0.96±0.01 ^c	-0.092±0.004 ^b	0.356±0.172 ^{ab}	0.014±0.002 ^a
4	61.20±0.10 ^e	3.00±0.65 ^d	6.69±0.71 ^c	0.924±0.003 ^c	0.64±0.01 ^b	-0.072±0.002 ^{ab}	0.312±0.192 ^{ab}	-0.031±0.005 ^{ab}
5	57.75±0.75 ^b	1.69±0.06 ^{ab}	6.05±0.27 ^{abc}	0.771±0.012 ^b	0.39±0.06 ^a	-0.072±0.002 ^{ab}	0.415±0.005 ^b	-0.041±0.015 ^b
6	63.40±0.20 ^f	2.92±0.05 ^d	6.54±0.19 ^c	0.937±0.003 ^d	0.65±0.01 ^b	-0.075±0.019 ^{ab}	0.148±0.038 ^a	-0.025±0.001 ^{ab}
7	60.25±0.25 ^d	2.59±0.21 ^{cd}	6.15±0.52 ^{abc}	0.949±0.001 ^d	0.71±0.00 ^b	-0.058±0.006 ^a	0.393±0.001 ^{ab}	-0.014±0.004 ^a
8	59.15±0.05 ^c	2.36±0.14 ^{bcd}	6.35±.22 ^c	0.903±0.010 ^c	0.88±0.03 ^c	-0.066±0.004 ^a	0.523±0.021 ^b	-0.029±0.013 ^{ab}

† 同列不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

间和面团稳定时间较长,面团的粉质特性较好。

Mixolab 曲线的第二部分表征面团的淀粉特性,C5、C4 值之间的差值代表淀粉回生度,C4 与 C3 的比值代表蒸煮稳定性^[19]。由表 2 可得,1、2、5 号的回生值较小,3、6、7 号的蒸煮稳定性较好。

2.3 不同面粉对面团发酵特性的影响

气体保持力主要依赖于面团中蛋白质和淀粉形成的致密网络结构,面团持气率可以反映面团网络结构的致密性。由表 3 可知:2 号面粉制备的面团持气率最大,其次是 7 号面粉和 8 号面粉,这与他们的蛋白质含量和质量有关。2、7、8 号面粉的蛋白质含量较高且质量较好。因此形成的面团的网络结构较致密,持气率较好。2 号面粉面团开始漏气时间最晚,其次是 7、8 号面粉。最大膨胀高度与面团总产气量和持气率有关,产气越多,持气率越好的面团膨胀高度越高。由图 2 可得,2 号面粉的面团膨胀高度最大。综上可得:2、7、8 号面粉在制作馒头时可以保持较好的面筋网络结构。

2.4 不同面粉对荞麦馒头比容和扩展比的影响

馒头的比容是馒头体积与质量的比值,是面筋强度和酵母发酵共同作用的结果,是评价馒头品质的重要指标。扩展比可表征馒头的外观形状。

由图 2 可知,2、6、7、8 号面粉制作的荞麦馒头比较大,这是由于面粉的蛋白质和面筋含量较高,能够形成较致密的面筋网络结构,馒头持气率较好,馒头醒发时气体可以保持在面筋网络结构中,因此馒头体积较大。1、3、5 号面粉由于面筋含量较低,加入荞麦粉后,由于荞麦粉不含面筋蛋白,削弱了面筋强度,面筋弹性和延展性差,发酵时间短,蒸制的馒头体积小、比容低^[20]。4、6 号面粉制作的馒头扩展比较大,说明馒头扁平,不够挺立,外观形状不好。综上,面筋含量为 33%~34%的 2、7、8 号面粉制作的荞麦馒头比较大,外观也较挺立。

2.5 不同面粉对荞麦馒头质构特性的影响

通过仪器测定的馒头质构参数有助于客观评价馒头的品质,同时能从侧面反映馒头内部组织结构状态和适

表 3 不同面粉的发酵流变学特性[†]
Table 3 Fermentation rheological properties of different wheat flours (n=3)

面粉编号	释放气体总体积/mL	面团开始漏气时间/min	持气率/%	面团最大膨胀高度/mL
1	1 953.3±52.32 ^{cd}	57.50±0.50 ^a	70.70±0.26 ^b	29.80±0.68 ^b
2	2 071.0±54.15 ^d	60.00±1.00 ^b	78.07±0.25 ^c	40.73±0.25 ^f
3	1 747.7±134.92 ^a	58.50±0.50 ^{ab}	68.50±0.50 ^a	28.90±0.21 ^a
4	1 964.3±52.92 ^{cd}	58.33±0.58 ^{ab}	69.90±0.46 ^b	39.33±0.25 ^{de}
5	1 993.0±28.48 ^{cd}	58.50±0.58 ^{ab}	70.07±0.46 ^b	33.23±0.20 ^b
6	2 041.3±57.55 ^{cd}	57.33±0.58 ^a	70.50±0.40 ^b	38.87±0.23 ^d
7	1 823.7±56.96 ^{ab}	59.67±0.50 ^b	74.00±0.50 ^d	38.63±0.55 ^d
8	1 918.0±36.10 ^{bc}	59.67±0.58 ^b	72.73±0.25 ^c	39.73±0.10 ^{ef}

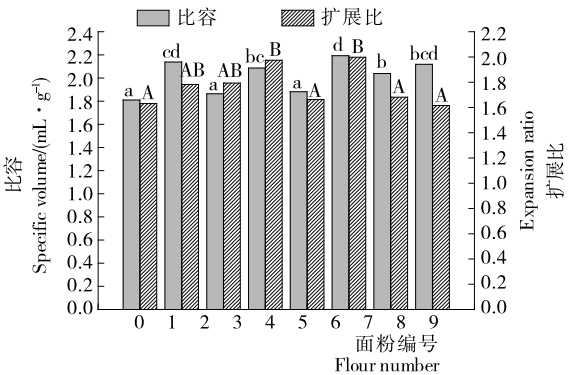
† 同列不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

口性^[21]。面包馒头类食品主要研究指标为硬度、弹性、内聚力、胶着性、咀嚼性和回复值^[22]。

由表 4 可以看出,4、6 号面粉制作的馒头最硬,胶着性和咀嚼性也较高。可能是 4、6 号面粉的面筋含量和蛋白质含量较高,面筋网络结构强,导致荞麦馒头硬度较大。1、3、5 号面粉制作的馒头较软,胶着性和咀嚼性较小。可能是 1、3、5 号面粉与荞麦粉混合后面筋含量较低,面筋网络结构较弱,导致荞麦馒头硬度和咀嚼性较小^[23]。2、7、8 号面粉制作的馒头硬度、弹性、咀嚼性都适中。

2.6 不同面粉对荞麦馒头色泽的影响

色泽是表现馒头品质的一项重要指标,它影响了消费者对馒头的选择。对于消费者而言,表面光亮、色泽均匀的馒头更受消费者青睐。对于荞麦馒头而言,加入荞麦粉后,馒头色泽发暗。由表 5 可以看出,不同面粉对荞麦馒头的色泽影响较大,2、8 号面粉制作的馒头 L^* 值较大,说明馒头表面较光亮。 ΔE 值较小,表示馒头表面颜色均匀。3 号面粉制作的馒头 L^* 值最小, ΔE 值最大,说明馒头表面色泽灰暗,颜色不均。



不同字母表示平行组间有显著差异(P<0.05)

图 2 不同面粉对荞麦馒头比容和扩展比的影响

Figure 2 Effect of different wheat flours on the specific volume and expansion ratio of buckwheat steamed bread (n=3)

2.7 不同面粉对荞麦馒头感官评价的影响

由表 6 可以看出,不同面粉对荞麦馒头的表面色泽、外观形状、内部结构、韧性有明显影响,2、7、8 号面粉制作的馒头表面色泽得分较高,3 号面粉制作的馒头得分最

表 4 不同面粉荞麦馒头质构特性[†]

Table 4 Effect of different wheat flours on the texture characteristics of buckwheat steamed bread (n=6)

面粉编号	硬度/g	弹性	内聚力	胶着性	咀嚼性	回复值
1	1 917.8±204.4 ^a	0.881±0.008 ^{ab}	0.791±0.006 ^{ab}	1 542.5±150.6 ^a	1 361.6±123.7 ^a	0.456±0.005 ^b
2	2 834.4±117.4 ^{cd}	0.891±0.012 ^{ab}	0.809±0.010 ^{bcd}	2 074.3±150.1 ^c	1 905.2±90.5 ^c	0.478±0.009 ^d
3	2 236.9±116.7 ^b	0.886±0.023 ^{ab}	0.799±0.006 ^{bcd}	1 773.5±116.7 ^b	1 575.5±98.7 ^b	0.475±0.006 ^d
4	3 154.3±168.6 ^e	0.889±0.011 ^{ab}	0.786±0.007 ^{ab}	2 494.2±118.3 ^d	2 200.4±114.7 ^d	0.454±0.006 ^b
5	2 255.8±146.8 ^b	0.870±0.012 ^a	0.773±0.006 ^a	1 972.0±65.1 ^b	1 737.9±43.8 ^b	0.430±0.009 ^a
6	3 008.6±196.3 ^{de}	0.884±0.009 ^{ab}	0.806±0.012 ^{cd}	2 431.6±140.9 ^d	2 155.3±160.3 ^d	0.471±0.010 ^c
7	2 565.7±186.1 ^c	0.894±0.008 ^b	0.809±0.012 ^{cd}	2 190.3±79.0 ^c	1 848.7±130.0 ^c	0.486±0.010 ^d
8	2 846.6±106.2 ^{cd}	0.882±0.007 ^{ab}	0.809±0.028 ^d	2 273.4±79.7 ^{cd}	2 032.5±58.8 ^c	0.474±0.018 ^d

† 同列不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

表 5 不同面粉荞麦馒头色泽[†]

Table 5 Effect of different flours on the color of buckwheat steamed bread (n=6)

面粉编号	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	67.93±0.41 ^{bcd}	2.73±0.25 ^{ab}	17.78±0.31 ^{abc}	30.54±0.47 ^{abc}
2	69.31±0.64 ^d	2.59±0.07 ^a	16.95±0.79 ^a	29.04±0.95 ^a
3	65.09±0.61 ^a	3.13±0.09 ^{bc}	17.79±0.12 ^{abc}	33.12±0.49 ^d
4	67.37±0.69 ^{bc}	2.63±0.07 ^a	17.69±0.29 ^{abc}	30.99±0.71 ^{bc}
5	66.73±0.20 ^b	3.45±0.21 ^c	18.56±0.24 ^c	31.98±0.17 ^{cd}
6	68.02±0.73 ^{bcd}	2.48±0.12 ^a	17.76±0.17 ^{abc}	30.43±0.71 ^{abc}
7	68.08±0.45 ^{bcd}	2.62±0.24 ^a	18.06±0.15 ^{bc}	30.53±0.47 ^{abc}
8	68.48±0.34 ^{cd}	2.78±0.07 ^{ab}	17.29±0.13 ^{ab}	29.85±0.24 ^{ab}

† 同列不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

表 6 不同面粉荞麦馒头感官评价[†]Table 6 Effect of different flours on sensory evaluation of buckwheat steamed bread ($n=10$)

面粉编号	表面色泽	表面结构	外观形状	内部结构	弹性	韧性	粘性	气味	总分
1	7.2±0.8 ^{abc}	6.2±2.0 ^{ab}	7.0±1.4 ^{bc}	11.3±1.6 ^{bc}	6.1±1.3 ^a	6.7±1.5 ^{ab}	6.3±1.9 ^a	4.1±0.5 ^a	62.0±8.1 ^a
2	8.4±0.5 ^{de}	8.1±0.5 ^c	7.8±0.8 ^{cd}	11.9±2.2 ^{bc}	7.6±1.2 ^b	7.8±0.9 ^b	7.7±1.6 ^a	4.1±0.5 ^a	73.4±5.4 ^c
3	6.3±1.0 ^a	7.1±1.0 ^b	6.8±1.1 ^{bc}	11.6±2.5 ^{bc}	6.9±1.2 ^{ab}	7.3±1.5 ^b	7.5±2.0 ^a	3.9±0.5 ^a	65.4±6.8 ^{ab}
4	7.5±0.6 ^{bcd}	6.1±1.0 ^{ab}	6.6±0.9 ^b	9.7±2.2 ^{ab}	6.9±1.1 ^{ab}	6.7±1.1 ^{ab}	7.3±0.9 ^a	3.8±0.6 ^a	64.7±3.0 ^{ab}
5	6.6±0.6 ^{ab}	5.4±1.0 ^a	6.6±0.9 ^b	11.3±1.1 ^{bc}	6.1±1.7 ^a	6.8±1.4 ^{ab}	6.6±1.6 ^a	4.2±0.3 ^a	61.2±5.7 ^a
6	6.6±1.2 ^{ab}	5.0±1.0 ^a	5.7±1.1 ^a	8.7±2.4 ^a	6.6±1.5 ^{ab}	5.7±0.7 ^a	6.6±1.5 ^a	4.1±0.2 ^a	59.9±6.2 ^a
7	8.4±0.5 ^e	7.4±2.2 ^{bc}	7.9±0.6 ^d	12.4±2.4 ^c	6.4±1.8 ^{ab}	7.4±1.2 ^b	7.4±0.9 ^a	4.1±0.3 ^a	70.6±8.0 ^{bc}
8	8.2±0.5 ^{de}	7.2±0.4 ^{bc}	7.7±0.8 ^{cd}	12.4±2.2 ^c	7.6±0.9 ^b	7.8±0.7 ^b	7.7±1.4 ^a	4.2±0.3 ^a	72.9±4.0 ^c

† 同列不同字母表示有显著差异($P<0.05$)。

低,馒头表皮色泽与面粉的灰分含量有关,结合表 1,灰分含量较低的馒头表面色泽得分较高。由外观形状得分可以看出,持气率和比容较大的 2、7、8 号面粉制作的荞麦馒头的外观形状得分较高,同时 2、7、8 号面粉制作的馒头内部结构和韧性得分也较高,6 号面粉制作的馒头韧性得分最低,可能是 6 号面粉面筋含量较高,馒头扩展比较大,馒头内部结构过于疏松导致。2、7、8 号的感官评价总分较高,这与质构分析结果相一致。综合质构分析色泽的结果可得,湿面筋含量为 33%~34%,蛋白质含量为 11%~12%,灰分 <0.4 g/100 g 的 2、7、8 号面粉制作的馒头品质较好。

3 结论

本试验研究了 8 种馒头用面粉的基本成分、面团流变特性、发酵特性,并用其制备的荞麦馒头预拌粉制作荞麦馒头,通过测定荞麦馒头的比容、扩展比、质构特性、色泽、感官品质等指标,探究面粉特性对荞麦馒头预拌粉品质的影响。结果表明:① 湿面筋含量为 33%~34%,蛋白质含量为 11%~12%的面粉蛋白质弱化度较小,面团形成时间和面团稳定时间较长。同时面团的持气率较好,面团开始漏气时间较晚。相对应制作的荞麦馒头的比容和扩展比较大,硬度、弹性、咀嚼性适中,感官评价总分较高。② 灰分 <0.4 g/100 g 的面粉制作的荞麦馒头表皮颜色光亮、色泽均匀。③ 面筋含量低于或高于此区间的面粉,面团形成时间和稳定时间较短,蛋白质弱化度较高,面团的持气率较弱,制作的荞麦馒头品质较差。综上可得:湿面筋含量 33%~34%,蛋白质含量 11%~12%,吸水率 58%~60%,灰分 <0.4 g/100 g 的面粉制作的荞麦馒头品质较好,比较适合制备荞麦馒头预拌粉。本试验仅研究了面粉的蛋白质、湿面筋含量以及粉质特性对荞麦馒头预拌粉品质的影响,面粉中的淀粉等其他组分对荞麦馒头预拌粉品质的影响还有待进一步探讨。

参考文献

- [1] TOMOTAKE H, YAMAMOTO N, YANAKA N, et al. High protein buckwheat flour suppresses hypercholesterolemia in rats and gallstone formation in mice by hypercholesterolemic diet and body fat in rats because of its low protein digestibility[J]. Nutrition, 2006, 22(2): 166-173.
- [2] 魏晓明, 郭晓娜, 朱科学, 等. 谷氨酰胺转氨酶对荞麦面条品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 188-192.
- [3] 周磊, 陈志成. 全谷物家庭预拌粉研究进展与前景[J]. 粮食加工, 2015, 40(3): 23-25.
- [4] REBECCA L, THANE C W, CAROLINE B S, et al. Consumption of whole-grain foods by British adults: findings from further analysis of two national dietary surveys[J]. Public Health Nutrition, 2003, 6(5): 479-484.
- [5] 李晓倩, 周惠明, 朱科学, 等. 高酶活大豆粉对馒头增白效果的研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 197-200.
- [6] 曹子月, 耿艳艳, 魏志敏. 小麦粉蛋白质对馒头品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2017, 12(11): 32-36.
- [7] 王远辉, 余晓宇, 王皎洁. 不同粒度小麦粉对面团及馒头品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10): 204-211.
- [8] 温纪平, 毛瑞, 郑学玲. 荞麦粉对馒头品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2013, 12(6): 12-15.
- [9] 马先红, 刘景圣, 谢忠民. 中国杂粮馒头改良技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(22): 194-196.
- [10] 杨双. 蛋白交联对荞麦馒头品质的影响及作用机制[D]. 无锡: 江南大学, 2018: 5-6.
- [11] 张清, 王鑫, 沈群. V_c 对面条品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(5): 44-47.
- [12] 范会平, 李瑞, 郑学玲. 酵母对冷冻面团发酵特性及馒头品质的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(20): 298-305.
- [13] SHENG Qi, GUO Xiao-na, ZHU Ke-xue. The effect of active packaging on microbial stability and quality of Chinese steamed bread[J]. Packaging Technology and Science, 2015, 28(9): 775-787.

(下转第 40 页)

- [10] 邓力, 黄德龙, 彭静, 等. 中式烹饪用时间温度积分器的构建与验证[J]. 农业工程学报, 2017, 33(7): 281-288.
- [11] 谈庆明. 量纲分析[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2005.
- [12] CHANDARANA D I, GAVIN A, WHEATON F W. Particle/fluid interface heat transfer under uht conditions at low particle/fluid relative velocities[J]. Journal of Food Process Engineering, 1990, 13(3): 191-206.
- [13] ZITOUN K B, SASTRY S K. Determination of convective heat transfer coefficient between fluid and cubic particles in continuous tube flow using noninvasive experimental techniques[J]. Journal of Food Process Engineering, 1994, 17(2): 209-228.
- [14] PRATAP SINGH A, SINGH A, RAMASWAMY H S. Dimensionless correlations for heat transfer coefficients during reciprocating agitation thermal processing (RA-TP) of Newtonian liquid/particulate mixtures[J]. Food and Bio-products Processing, 2016, 97: 76-87.
- [15] RAMASWAMY H S, AWUAH G B, SIMPSON B K. Heat transfer and lethality considerations in aseptic processing of liquid/particle mixtures: a review[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 1997, 37(3): 253-286.
- [16] 周杰, 邓力, 闫勇, 等. 烹饪传热学及动力学数据采集分析系统的研制[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 241-246.
- [17] 崔俊. 爆炒烹饪的 CFD 数值模拟及功率测定研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017: 19-58.
- [18] 梁昆森. 数学物理方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 122-127.
- [19] BUCKINGHAM E. On physically similar systems: Illustrations of the use of dimensional analysis[J]. Physical Review, 1914, 4(4): 345-376.
- [20] 聂卫波, 任长江, 费良军, 等. 基于量纲分析的畦灌灌水质量评价模型[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 46-53.
- [21] 陶文铨. 传热学[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2006: 197-202.
- [22] FEYISSA A H, CHRISTENSEN M G, PEDERSEN S J, et al. Studying fluid-to-particle heat transfer coefficients in vessel cooking processes using potatoes as measuring devices[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 163: 71-78.
- [23] ALVIS A, VÉLEZ C, RADA-MENDOZA M, et al. Heat transfer coefficient during deep-fat frying[J]. Food Control, 2009, 20(4): 321-325.
- [24] 闫勇, 邓力, 何腊平, 等. 猪里脊肉烹饪终点成熟值的测定[J]. 农业工程学报, 2014, 30(12): 284-292.
- [25] SANDHU J, PARIKH A, TAKHAR P S. Experimental determination of convective heat transfer coefficient during controlled frying of potato discs[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65(Supplement C): 180-184.
- [26] AGRAWAL S, SIMON T, NORTH M, et al. An experimental study on the effects of agitation on convective heat transfer[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2015, 90: 302-313.
- [27] BAPTISTA P N, OLIVEIRA F A R, OLIVEIRA J C, et al. Dimensionless analysis of fluid-to-particle heat transfer coefficients[J]. Journal of Food Engineering, 1997, 31(2): 199-218.
- [28] RAMASWAMY H S, AWUAH G B, SIMPSON B K. Heat transfer and lethality considerations in aseptic processing of liquid/particle mixtures: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2009, 37(3): 253-286.
- [29] LI Jing-peng, DENG Li, JIN Zheng-yu, et al. Modelling the cooking doneness via integrating sensory evaluation and kinetics[J]. Food Research International, 2017, 92: 1-8.
- [30] 邓力. 基于时间温度积分器将手工烹饪转变为自动烹饪的方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 287-292.

(上接第 32 页)

- [14] 高森森. 不同出粉率对小麦粉营养成分及其蒸煮特性的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018: 36-37.
- [15] 石满昌. 面粉灰分含量对其蒸煮品质影响的研究[J]. 中国粮油学报, 1991, 6(4): 21-24.
- [16] 曹子月, 耿艳艳, 朱守创, 等. 湿面筋对馒头品质的影响[J]. 北方农业学报, 2017, 45(6): 33-38.
- [17] HEO S, LEE S M, SHIM J H, et al. Effect of dry-and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(1): 213-217.
- [18] 张雷, 黄立群, 喻晓蔚, 等. 重组华根霉脂肪酶的酶学性质及其对面团热机械学和烘焙特性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 158-163.
- [19] OZTURK S, KAHRAMAN K, TIFTIK B, et al. Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab[J]. European Food Research & Technology, 2008, 227(5): 1 549-1 554.
- [20] 胡云峰, 苏利, 路敏, 等. 荞麦粉对面团流变学特性和馒头品质的影响研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(4): 52-55.
- [21] 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. 质构仪分析法在面条品质评价中的应用[J]. 实验技术与管理, 2007, 24(12): 40-43.
- [22] 杨双, 郭晓娜, 朱科学. 碳酸氢钠添加对荞麦馒头品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(6): 6-12.
- [23] 张丽莉. 黑龙江地产小麦粉品质与馒头品质相关性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2014: 3-4.