

doi:10.7633/j.issn.1003-6202.2022.02.007

柿粉馒头的研制及营养特性分析

杨 森¹, 敖常伟¹, 张 贺², 王雪静¹

(1. 河北农业大学食品科技学院, 河北 保定 071000; 2. 河北柿子生物科技有限公司, 河北 保定 071000)

摘 要:探讨在小麦粉中添加不同比例柿粉(0%、5%、10%、15%)并醒发后面团的粉质拉伸特性以及加工成馒头后质构及总酚含量的变化,并对柿粉馒头的风味物质组成,抗氧化效果、膳食纤维、矿物质元素含量等方面进行分析。结果表明:随着柿粉添加比例的增大,面团吸水率逐渐降低,醒发后面团拉伸能量、最大拉伸阻力呈下降趋势;馒头硬度、胶黏性、咀嚼性降低,内聚性、弹性无较为明显变化;添加柿粉后的馒头风味物质如醇类和酯类物质含量明显增加。柿粉添加量为0%、5%、10%、15%时馒头的总酚含量分别为 34.73 ± 0.65 、 27.93 ± 0.34 、 12.59 ± 0.27 、 6.88 ± 0.18 mg/L;柿粉、10%柿粉+小麦粉、10%柿粉馒头、0%柿粉馒头的DPPH自由基清除率分别为 $(42.69 \pm 1.03)\%$ 、 $(31.14 \pm 0.87)\%$ 、 $(23.20 \pm 0.62)\%$ 、 $(5.70 \pm 0.13)\%$,ABTS自由基清除率分别为 $(21.38 \pm 0.87)\%$ 、 $(18.74 \pm 0.54)\%$ 、 $(16.07 \pm 0.33)\%$ 、 $(9.27 \pm 0.25)\%$;10%柿粉馒头的膳食纤维含量和Ca、Fe、Zn三种矿物质元素的含量均显著高于普通馒头。综合分析,柿粉添加量10%有利于维持馒头的加工及食用品质,并具有较好的营养价值。

关键词:柿粉馒头;面团特性;风味物质;抗氧化;质构

中图分类号:TS213.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6202(2022)02-0027-07

Study on processing of persimmon powder steamed bread and nutritional characteristics

YANG Miao¹, AO Chang-wei², ZHANG He³, WANG Xue-jing¹

(1. College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China; 2. Hebei Persimmon Biological Technology Corporation, Baoding 071000, China; 3. Hebei Persimmon Biological Technology Corporation, Baoding 071000, China)

ABSTRACT: In this paper, different proportions of persimmon powder (0, 5%, 10%, 15%) were added to wheat flour and the tensile properties of dough and the changes of texture and total phenol content of steamed bread were studied. The composition of flavor substance, antioxidant effect, dietary fiber and mineral element content of persimmon steamed bread were analyzed. The results showed that with the increase of persimmon powder addition ratio, the water absorption of the dough decreased gradually, and the tensile energy and maximum tensile resistance of the dough decreased. The hardness, tackiness, and chewiness of the steamed bread decreased while there's no obvious changes in cohesion and elasticity. The content of flavor substances such as alcohols and esters in steamed bread after adding persimmon powder has significantly increased. The total phenolic content of steamed bread was 34.73 ± 0.65 , 27.93 ± 0.34 , 12.59 ± 0.27 , 6.88 ± 0.18 mg/L when persimmon powder was added at 0, 5%, 10% and 15%, respectively. The eliminating rate of DPPH free radical of persimmon powder, 10% persimmon powder plus flour, 10% persimmon powder steamed bread, and 0% persimmon powder steamed bread were $(42.69 \pm 1.03)\%$, $(31.14 \pm 0.87)\%$, $(23.20 \pm 0.62)\%$, $(5.70 \pm 0.13)\%$, respectively. The free radical scavenging rates of ABTS were $(21.38 \pm 0.87)\%$, $(18.74 \pm 0.54)\%$, $(16.07 \pm 0.33)\%$, $(9.27 \pm 0.25)\%$, respectively. The contents of dietary fiber, Ca, Fe and Zn in 10% persimmon steamed bread were significantly higher than those in ordinary steamed bread. The results showed that adding 10% persimmon powder was beneficial to maintain the processing and eating quality of steamed bread, and had good nutritional value.

KEYWORDS: persimmon steamed bread; dough characteristics; flavor substances; antioxidants; texture

馒头生产一般采用酵母发酵小麦粉为主,随着生活水平的提高,人们也逐渐开始进行创新,选择向

收稿日期:2022-02-13;修回日期:2022-03-18

基金项目:河北省重点研发计划项目(19227141D)。

作者简介:杨 森(2000-),女,本科,主要研究方向为食品科学与工程。

通讯作者:敖常伟(1971-),男,博士,副教授,研究方向为食品营养与加工。

小麦粉中添加一些其它食物成分来增强纯小麦粉馒头的营养和保健功能。现已有在馒头中添加银耳粉^[1]、玫瑰花粉^[2]、红枣粉^[3]和鲜食甜玉米粉^[4]等的研究,但将柿粉添加到馒头中的研究还很少。

柿果主要含有果糖、葡萄糖、蔗糖等糖类物质,以及蛋白质和丰富的无机盐、淀粉、果酸等,还含有保健功能成分如维生素、多酚、胡萝卜素、芦丁、胆碱、黄酮甙以及多种氨基酸^[5]。我国柿子品种繁多,其中华北地区以磨盘柿为主,种植广泛,产量可观。然而,相对于其他产量成一定规模的水果而言,柿子保鲜期短,贮藏运输较为困难,柿子滞后的采后加工技术造成了极大的资源浪费和经济损失。近年来,人们已逐渐重视柿子资源的加工利用,柿果被加工制成柿粉,不但易于贮藏,还能广泛应用,开发出多种产品,为扩大柿子的加工用途以及推动柿子产业发展等发挥了重要作用^[6]。将柿粉添加到馒头中,不仅可以为柿粉的使用提供新思路而且可以丰富馒头种类,提高馒头的营养作用和保健价值,具有一定的研究意义。

本研究将柿粉、小麦粉复配后制作成馒头,研究柿粉对面团粉质拉伸特性以及馒头品质、抗氧化性、膳食纤维、矿质元素含量的影响,分析柿粉馒头营养品质的同时也为柿粉在馒头中的应用提供理论性依据。

1 材料与amp;方法

1.1 主要材料与设备

DPPH、ABTS、过硫酸钾、无水甲醇(分析纯)、碳酸钠、没食子酸;Folin-Ciocalteu 试剂,日本光试剂公司;香雪多用途麦芯粉,中粮集团有限公司;柿粉(保定满城磨盘柿),实验室自制;安琪高活性干酵母,市售。

Farinograph-AT 粉质仪、Extensograph-E 拉伸仪,德国 Brabender 公司;CP224C 电子天平,奥豪斯仪器常州有限公司;DHG-9420A 电热恒温鼓风干燥箱,上海飞越仪器有限公司;SK5200H KUDOS 超声仪,上海科导超声仪器有限公司;7230G 可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;TMS-PRO 质构仪,美国 FTC 公司;LD-200 粉碎机,浙江永康市红太阳机电有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 柿粉的制备

磨盘柿 12 月成熟果→去皮→晾晒脱涩脱水→70℃干燥→粉碎→过 80 目筛→柿粉。

1.2.2 柿粉还原糖的测定

依照国标 GB 50097—2016 食品安全国家标准食品中还原糖的测定方法。

1.2.3 混合粉面团的制备

在小麦粉中分别添加质量占比为 0%、5%、10%、15%的柿粉,混合均匀制成混合粉,以 0%柿粉的一组为空白对照。向定量称取好的混合粉中加入 50%的水,混揉 5 min 至表面光滑,得到添加不同比例柿粉的混合粉面团。

1.2.4 混合粉面团粉质特性及拉伸特性的测定

参照 GB/T 14615—2006 拉伸仪法检测。

1.2.5 混合粉馒头的制备及贮存

各原辅料(水 150 g、混合粉 300 g、酵母 6 g、蔗糖 3 g)混合制成面团→发酵箱发酵(温度 30℃、相对湿度 70%、时间 2 h)→分割整形制成馒头坯(50 g)→醒发(温度 28℃、时间 30 min)→笼蒸 20 min→冷却→成品。

待馒头温度下降至室温,将馒头放入铝箔袋中,在将内部空气赶出后密封袋口,放入温度在-1℃左右的冷藏柜中保存。

1.2.6 馒头质构特性的检测

将馒头切成 12.5 mm 厚的馒头片,取馒头中心处进行质构测试,采用 P/36R 探头进行 TPA 质构检测。

测试参数:测试前速度:1.00 mm/s、测试速度 1.00 mm/s、测试后速度:1.00 mm/s、压缩率:50%、起点感应力:5 N。

1.2.7 馒头风味成分的测定

1.2.7.1 样品前处理

将馒头撕碎成渣块状,称量 5 g 后加入 20 ml 顶空瓶中,盖紧密封。

1.2.7.2 HS-SPME 测定

将顶空瓶置于 50℃水浴锅中保温 20 min,达到保温时间后将萃取头插入顶空瓶萃取 20 min,之后在 GC-MS 进样口解析 5 min。

1.2.7.3 GC 测定条件

GC 测定条件为溶剂不延迟,载气为氦气,流速为 1.17 ml/min,分流比为 5:1;升温程序为:40℃保持 2 min,然后以 6℃/min 升至 100℃,再以 5℃/min 升至 200℃,再以 10℃/min 升至 240℃,保持 6 min。MS 条件为离子源温度 200℃,接口温度 250℃,电离方式为 EI,检测器电压相对于调谐结果增益 0.15 kV,阈值 100,采集方式为 Scan,扫描间隔 0.40 s,扫描速度 1 250,扫描范围 30~500 m/z。

1.2.8 馒头抗氧化能力测定

1.2.8.1 馒头样品多酚提取液制备

将不同柿粉添加量的馒头样品放入烘箱 24 h 烘干后取出,研磨成粉状,准确称取 10 g 加入分析纯级甲醇溶液,超声波提取 1 h,滤纸过滤得多酚提取液。同等条件下制得柿粉、10% 柿粉+小麦粉混合粉的多酚提取液。

1.2.8.2 总酚含量的测定

参考文献[7]的测定方法并加以调整,采用福林酚试剂法进行总酚含量的测定。取 0.6 ml 的多酚提取液,往其中加入 0.6 ml Folin-Ciocalteu 试剂和 3 ml 蒸馏水,摇匀。3 min 中后加入 2 ml 7.5% 的碳酸钠溶液,在室温环境下振荡,静置 1 h 后,测定波长在 765 nm 处的吸光度。以蒸馏水代替待测液做空白试验,没食子酸为标准品制定标准曲线,每个样品测定 3 次,取平均值。根据标准曲线计算总酚含量,总酚含量以没食子酸当量表示 (mg 没食子酸/g 馒头干物质)。

1.2.8.3 DPPH 自由基清除能力的测定

DPPH 自由基清除能力的测定参考文献[8]的方法并做略微改动。取 2.0 ml 多酚提取液,之后加入 2.0 ml 的 0.2 mmol/L 的 DPPH 乙醇溶液于试管中,涡旋使其均匀混合,在室温环境下避光静置 30 min 后,无水乙醇调零,测定波长在 517 nm 处的吸光度值,测定结果以 A_1 表示。取 2.0 ml 馒头多酚提取液,加入 2.0 ml 无水乙醇,充分混合,测定波长在 517 nm 处的吸光度值,测定结果以 A_2 表示。再于 517 nm 波长处测定 2.0 ml 的 DPPH 乙醇溶液与无水乙醇混合液的吸光度,测定结果以 A_3 表示。

$$\text{DPPH 自由基清除率} = \frac{1 - (A_1 - A_2)}{A_3} \times 100\%$$

1.2.8.4 ABTS 自由基清除能力的测定

参照文献[7]的方法测定 ABTS 自由基清除能力,将 7 mmol/L ABTS 和 2.45 mmol/L 过硫酸钾溶液均匀混合,在室温、避光环境下静置过夜(12~16 h)。使用前用乙醇将混合液进行稀释,使其在 734 nm 处的吸光度值为 0.7 ± 0.02 ,即得到 ABTS 工作液。取 0.1 ml 多酚提取液和 4 ml ABTS 工作液混合,室温避光环境放置 6 min,于 734 nm 处测定吸光度值。

$$\text{ABTS 自由基清除率} = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100\%$$

式中, A_1 为 0.1 ml 样品与 4 ml ABTS 工作液的吸

光度值; A_2 为 0.1 ml 样品与 4 ml 乙醇吸光度值; A_0 为 0.1 ml 乙醇与 4 ml ABTS 工作液的吸光度值。

1.2.9 膳食纤维的测定

测定方法采用 GB 5009.88—2014。

1.2.10 矿质元素的测定

其中测定灰分的测定方法为 GB 5009.4—2016 第一法食品中总灰分的测定;铅(以 Pb 计)、汞(以 Hg 计)、钙、镁、铁、锌、镉(以 Cd 计)元素的测定方法为 GB 5009.268—2016 第一法电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS);钾、锰元素的测定方法为 GB 5009.91—2017 第一法火焰原子吸收光谱法。

1.3 数据处理

利用 EXCEL2010 和 SPSS19.0 统计软件进行数据统计分析,所有试样均重复 3 次,试验结果用“平均值±标准偏差”来表示。

2 结果与分析

2.1 柿粉中还原糖含量的测定结果

柿粉还原糖含量为 0.445 g/g。

2.2 柿粉添加量对面团粉质特性的影响

面团的粉质特性从侧面反映了面团的耐揉程度以及后续产品质量的好坏^[9]。柿粉添加量对混合面团吸水率的影响见图 1。

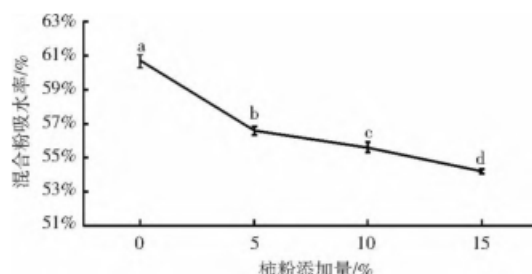


图 1 柿粉添加量对混合面团吸水率的影响

由图 1 可知,随着柿粉添加量的逐渐增加,面团的吸水率呈显著性($P < 0.05$)下降趋势,面团吸水率与破损淀粉、蛋白质含量等因素有关^[10],混合粉面团的吸水率从 60.70% 下降到 54.20%,这可能是因为柿粉中蛋白质的含量远低于小麦粉,对面筋蛋白起到了稀释作用,同时柿粉中的糖类在面团形成的过程中增加了面团的稠度,共同导致面团的吸水率降低。但考虑到吸水率过低可能对馒头加工及口感带来的不良影响,应控制柿粉添加量在 10% 为宜。

2.3 柿粉添加量对面团拉伸特性的影响

添加不同比例的柿粉对混合面团醒发后的拉伸能量、延伸度、最大拉伸阻力、拉伸比的影响分别见

表1。由表1可以看出,面团的拉伸能量在柿粉添加量0~15%内随着柿粉添加量的增加呈现先上升再下降的趋势,当柿粉的添加量为10%时,面团的拉伸能量达到最大。面团的拉伸能量代表着面团的面筋筋力和抗延伸阻力,其数值越大,表示筋力越强,面团不易流散^[11]。这说明添加适量的柿粉会增大面团的筋力,使面团在发酵过程中能够更好的成型,不易流散。但添加量超过一定限度后,面团又会在发酵过程中膨胀受阻,不易起发。面团延伸度反映面团的延展性,即面团延伸度越大,面团越易醒发^[12]。当柿粉的添加量在5%~15%时,面团的延伸度随着柿粉添加量的增加显著下降($P<0.05$)。这可能是由于添加柿粉会使面团中的麦醇溶蛋白含

量显著减小,导致面团的延伸度降低^[13]。最大拉伸阻力体现面筋网络的持气能力,拉伸阻力越大,面筋网络的持气能力越强^[14]。随柿粉添加量的增加,最大拉伸阻力呈现上升的趋势($P<0.05$),说明柿粉的加入有利于面团内部形成更好的面筋网络结构,使面筋网络持气能力增加。面团的拉伸比由拉伸阻力和延伸度决定,面团拉伸比值过大代表着面团的延伸性差,醒发不足;相反则面团易发生流散,面制品不宜成型^[15]。随着柿粉添加量的增加,面团拉伸比整体呈上升趋势($P<0.05$)。因此,可以根据实际需求确定柿粉的最终添加量,综合考虑柿粉添加量在10%左右有利于维持馒头良好的质构特性。

表1 柿粉添加量对面团拉伸特性的影响

柿粉添加量/%	拉伸能量/cm ²	延伸度/mm	最大拉伸阻力/BU	最大拉伸比
0	74.67±3.79 ^c	119.00±2.00 ^a	498.33±23.01 ^b	4.30±0.62 ^c
5	79.67±1.15 ^b	115.33±4.62 ^a	521.33±54.27 ^b	4.57±0.64 ^c
10	92.00±1.00 ^a	104.00±6.93 ^b	690.67±49.65 ^a	6.67±0.98 ^b
15	81.03±1.31 ^b	95.67±0.58 ^c	738.33±14.22 ^a	8.47±0.38 ^a

2.4 柿粉添加量对馒头质构特性的影响

馒头的质构特性与其感官品质息息相关,同时可用来表征馒头的感官评定。硬度、胶黏性和咀嚼性是衡量面制食品品质的重要指标。硬度、胶黏性和咀嚼性与馒头品质成一定的负相关,而弹性、黏聚性和回复性与馒头品质成一定的正相关^[1]。柿粉的添加量对馒头质构的影响见表2。

由表2可知,柿粉添加量在0%~15%,馒头硬度下降($P<0.05$),胶黏性和咀嚼性具有相同的变化趋势,内聚性、弹性($P<0.05$)无较为明显变化。这说明馒头在添加柿粉后口感更加绵软酥松,感官

品质更佳。据刘滔^[16]报道,柿单宁可能通过还原麦谷蛋白分子间的二硫键,降低二硫键的稳定性,阻碍麦谷蛋白分子的交联和聚集以及通过氢键作用使得紧实的面筋蛋白结构变得松散,继而在共价键、氢键、疏水力等多种作用力存在的条件下使得面筋蛋白分子(麦谷蛋白,麦醇溶蛋白)处于相互“孤立”的状态,两种方式影响面筋蛋白的结构和网络形成。这种柿单宁与面筋蛋白的相互作用机制体现出柿子馒头独有的加工特性。但为避免由于柿粉添加导致馒头品质变化过大,影响人们对其的接受性,适宜选择10%的柿子粉添加量。

表2 柿粉添加量对馒头品质的影响

柿粉添加量/%	硬度/N	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
0	71.67±2.52 ^a	0.33±0.15 ^a	4.54±0.71 ^a	23.70±0.58 ^a	104.00±3.61 ^a
5	66.67±3.21 ^b	0.32±0.31 ^a	4.26±0.44 ^b	22.65±0.69 ^a	98.08±1.67 ^b
10	64.28±1.53 ^b	0.31±0.21 ^a	4.30±0.96 ^b	22.30±0.68 ^{ab}	94.26±1.12 ^b
15	59.61±1.48 ^c	0.31±0.40 ^a	4.29±0.12 ^b	20.77±1.27 ^b	89.28±1.06 ^c

2.5 柿粉添加量对馒头风味成分的影响

将不同柿粉添加量的馒头的主要香气成分按照结构种类与含量进行统计,见表3,其中共含有8大类挥发性物质,醇类含量最多,其次为酯类和烃类,醛类、苯环类、醚类、酸类、酮类、杂环类等含量较少。醇类在馒头的挥发性成分中占有主导地位,种类和含量都很高,特别是乙醇,占醇类含量的一半以上。乙醇具有酒类所含的清香,产生令人愉快的香味^[17];异戊醇是由酵母菌对亮氨酸转氨、脱羧和氧化而成,具有很高的气味活性值,有着香脂、酒精、

麦芽的风味^[18-21]。乙醇和异戊醇被证实是馒头挥发性风味物质中重要组成部分^[22]。醇类都具有特殊香气,且芳香阈值较低,赋予发酵香气作用较大,而且与其它成分间存在相乘作用^[23]。对不同柿粉添加量馒头产生的醇类含量进行比较,发现10%柿粉添加量的馒头产生的醇类含量及种类相对较多,而5%和15%柿子粉含量的馒头产生的醇类含量及种类相对较少,甚至比0%柿粉添加量的馒头少,这可能是由于这两种馒头中部分醇类作为前体物质,与其他化合物之间进一步反应,形成了酯类、醛类等

风味物质。酯类具有果实香味,香气持久浓郁,其中,乙酸乙酯含量在酯类中相对较大。在面团发酵过程中,一方面随着微生物的生长繁殖,产生部分酯类;另一方面,醇类与有机酸的酯化反应是馒头蒸制过程中的主要反应之一,能够产生酯类这种具有芳香的物质,赋予馒头香气。

表3 柿粉添加量对馒头风味成分的影响

化合物类别	风味成分	柿粉添加量			
		0%	5%	10%	15%
醇类	乙醇	11.742%	8.338%	16.044%	8.908%
	异戊醇	3.149%	2.153%	2.227%	2.410%
	1-戊醇	0.503%	—	—	—
	2-乙基己醇	—	0.859%	0.112%	0.234%
	3-呋喃甲醇	0.082%	—	0.098%	—
	苯乙醇	0.352%	0.451%	0.662%	—
	九甘醇	—	0.627%	0.834%	—
小计		15.828%	12.428%	19.977%	11.552%
酯类	乙酸乙酯	1.461%	3.071%	4.406%	2.070%
	癸酸乙酯	0.455%	0.683%	0.343%	0.141%
	月桂酸乙酯	—	0.393%	0.528%	—
	苯甲酸乙酯	0.325%	0.557%	0.662%	—
	正己酸乙酯	—	0.110%	0.201%	1.087%
小计		2.241%	4.814%	6.140%	3.298%
酸类	己酸	—	0.473%	0.578%	—
	乙酸	0.687%	0.875%	1.213%	0.814%
小计		0.687%	1.348%	1.791%	0.814%
醛类	壬醛	2.756%	—	1.509%	—
	己醛	—	2.374%	1.026%	—
	苯甲醛	0.244%	—	—	1.416%
小计		3.000%	2.374%	2.535%	1.416%
烃类	正辛烷	7.560%	2.862%	—	—
	右旋萜二烯	0.312%	1.477%	2.598%	0.789%
	苯乙烯	—	0.164%	0.224%	—
小计		7.872%	4.503%	2.822%	0.789%
苯环类	对二甲苯	0.075%	0.168%	0.223%	—
	间二甲苯	0.227%	—	0.098%	0.112%
小计		0.302%	0.168%	0.321%	0.112%
杂环类	2-正戊基呋喃	1.675%	1.228%	2.334%	1.212%
	2-正丁基呋喃	0.163%	—	—	—
	萘	0.102%	—	0.127%	—
小计		0.194%	1.228%	2.461%	1.212%
醚类	15-冠醚-5	0.124%	0.052%	0.034%	—
	18-冠醚-6	2.338%	1.153%	0.676%	0.443%
	八(乙二醇) 一(十二烷基)醚	0.550%	0.446%	0.107%	—
小计		3.012%	1.651%	0.817%	0.443%

注:表中数据为相对含量。

从表3可见,添加柿粉的馒头比空白馒头能够产生更多的酯类前体物质。醛类芳香阈值较低,且有多种香气在发酵食品及调理食品的香气中均有检出,单纯的醛类有刺激性气味,但是微量醛在食品中可使香气更加醇厚^[24]。烃类在4种样品中主要为烷烃和烯烃,通常烃类化合物具有较高的芳香阈值,对馒头的风味贡献几乎没有,但马先红等^[25]表示,

烯烃由于其不饱和性,可能本身具有特殊香味,或者容易发生反应而产生风味物质。虽然柿粉馒头烃类物质总量低于空白组馒头,但在烯类物质种类含量上具有较大优势。苯环类、杂环类与醚类物质都会赋予馒头一定的芳香气味,馒头之间含量均有不同程度的差异。酸类在各馒头中含量占比都不高,但5%和10%柿粉添加量馒头产生的酸类相对较多,由于酸味较大会使馒头的风味特征评分较低,应根据实际情况决定是否需要在制作工艺中加碱中和。综合看来,添加柿粉后的馒头在醇类和酯类物质含量上有所增加,10%柿粉添加量馒头在香气成分和含量上均有较好表现。

2.6 柿粉添加量对馒头总酚含量的影响

柿粉添加量对馒头总酚含量的影响见图2。

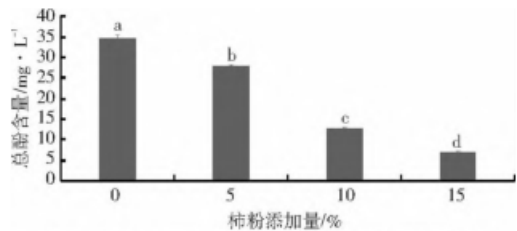


图2 柿粉添加量对馒头总酚含量的影响

由图2可知,添加柿粉的馒头总酚含量显著低于空白未添加的馒头($P < 0.05$),并且随着柿粉添加量的增加,总酚含量呈现递减的趋势。空白馒头总酚含量(34.73 mg/L)是柿粉添加量为15%时(6.88 mg/L)的5.05倍。结果表明,柿粉的添加显著降低了馒头中的酚类物质含量。谷物中自身存在于麸皮及胚乳层中的多酚类物质,有可能是因为柿子粉的添加降低了多酚类物质的比重,使添加柿粉之后多酚含量有所降低,也有可能是柿粉中单宁和蛋白质相互作用的影响,具体机理还需进一步实验论证。

2.7 添加柿粉后对馒头抗氧化能力的影响

对柿粉、10%柿粉+小麦粉、10%柿粉馒头、0%柿粉馒头进行了抗氧化能力测定,试验结果见图3和图4。DPPH、ABTS自由基清除能力是广泛用于抗氧化评价的方法。由二者试验结果分析可知,柿粉和小麦粉在形成面团没有进行蒸制时,已经进行了一定的反应,使得柿粉本身的抗氧化能力受到显著($P < 0.05$)抑制,在同样的柿粉添加量(10%)的条件下,制成馒头后抗氧化能力又显著($P < 0.05$)下降,但总体来说抗氧化能力高于空白对照组,由此可知,虽然在馒头中添加柿粉由于柿粉中单宁与小麦粉相互作用一定程度降低了柿粉的抗氧化能力,

但相对于不添加柿粉的馒头仍然具有一定的抗氧化能力,为柿粉添加在馒头中的做法提供了可行性支撑。

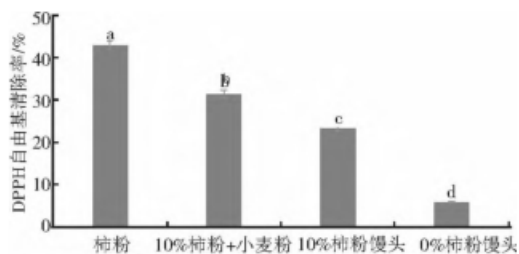


图3 柿粉添加量对DPPH自由基清除率影响

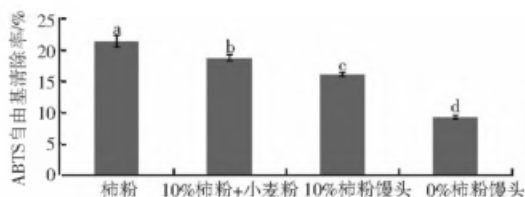


图4 柿粉添加量对ABTS自由基清除率影响

2.8 添加柿粉后对馒头膳食纤维含量的影响

柿粉与添加柿粉后馒头的膳食纤维含量如图5所示,柿子本身膳食纤维含量丰富,柿粉膳食纤维含量测得高达16.47 g/100 g。通过对添加柿粉与不添加柿粉的空白组馒头膳食纤维含量的比较,发现馒头在添加柿粉后膳食纤维含量显著性($P < 0.05$)增加,与空白组馒头相比提升了54.2%。膳食纤维具有重要的生理功效,能够调节胃肠功能,防治心血管疾病,降低多种疾病的发病率,对人体健康具有重要意义^[26]。膳食纤维在主食中的添加,可以弥补膳食纤维的摄入不足,也是应对我国“膳食纤维鸿沟”的有效手段^[27]。因此添加柿粉后的馒头就膳食纤维补充这一方面来讲,具有改善和提升食品品质和营养价值的重要潜力。

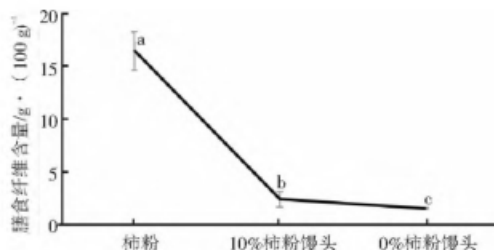


图5 柿粉及柿粉馒头膳食纤维含量的变化

2.9 添加柿粉后对馒头矿质元素含量的影响

通过对表4数据分析可知,除纯柿粉中检测少量铅元素外,3个样品中主要重金属(Pb、Hg、Mn、Cd)均未检出,10%柿粉添加量的馒头安全性得到保障。就其他矿质元素来看,添加柿粉的馒头Ca、Fe、Zn三种矿质元素的含量显著性($P < 0.05$)增

加,K元素含量显著性($P < 0.05$)减少,Mg元素无显著性差异。钙元素是人类骨骼的重要组成部分,可以维持神经和肌肉的活动以及体内的积液平衡,维持细胞膜的通透性。铁元素是人体血红蛋白的主要成分,能够催化细胞内的生化作用和各组织的呼吸作用,也是构成细胞核必不可少的物质^[28]。锌是金属酶的一部分,是调节抗氧化酶的必需辅助因子,又是控制基因表达的调节剂,参与人体生物学功能的进行^[29]。矿质元素在各种组织内含量不平衡,很多时候需要体外补充,添加柿粉的馒头可以起到很好的补充Ca、Fe、Zn三种元素的作用。但在长期以柿粉馒头为主食的膳食中需注意从蔬菜、水果方面增加对K元素的摄入。

表4 柿粉及柿粉馒头的矿质元素含量

元素	柿粉	10%柿粉馒头	0%柿粉馒头
Pb/mg · kg ⁻¹	0.197 ± 0.015 3	—	—
Hg/mg · kg ⁻¹	—	—	—
Ca/mg · kg ⁻¹	425.33 ± 4.73 ^c	645.00 ± 3.00 ^a	603.67 ± 3.21 ^b
Mg/mg · kg ⁻¹	418.00 ± 1.00 ^a	184.67 ± 2.08 ^b	184.33 ± 2.08 ^b
Fe/mg · kg ⁻¹	0.875 ± 0.015 ^c	9.26 ± 0.21 ^a	7.92 ± 0.21 ^b
Mn/mg · kg ⁻¹	—	—	—
Zn/mg · kg ⁻¹	6.92 ± 0.42 ^a	5.05 ± 0.46 ^b	4.74 ± 0.10 ^c
Cd/mg · kg ⁻¹	—	—	—
K/mg · (100 g) ⁻¹	160.67 ± 2.52 ^a	114.33 ± 1.53 ^c	122.67 ± 2.08 ^b

3 结论

添加10%柿粉的馒头与空白组比较,膳食纤维、Ca、Fe、Zn三种矿质元素含量均显著性($P < 0.05$)提高,抗氧化能力显著性($P < 0.05$)增强,能够明显的增加普通馒头的营养价值。在质构方面,柿粉添加量在0%~15%时,馒头硬度、胶黏性、咀嚼性下降($P < 0.05$),内聚性、弹性($P < 0.05$)无较为明显变化,说明柿粉的添加可以使馒头口感更加绵软酥松,感官品质更佳。添加柿粉后的馒头在风味物质醇类和酯类上的含量也明显增加,可以赋予馒头不同的风味感受。柿粉在适量的添加范围内可以调节混合面团的理化特性,但随着柿粉添加量的增加,超过一定限度后,对面团的拉伸特性有不利影响,因此在实际工业运用时需要注意柿粉的添加剂量。综合考虑,柿粉添加量在10%左右较为适宜。

[参考文献]

- [1] 董雪,李其迪,王彦楠,等.银耳粉对馒头感官和质构的影响及其营养成分分析[J].保鲜与加工,2020,20(6):72-75.
- [2] 陈岑,方雨婷,韩艳丽,等.玫瑰花粉添加对馒头品质及抗氧化能力的影响[J].食品科技,2019,44(4):178-183.
- [3] 孟风华,孙凯,冯润芳,等.红枣粉添加量对面团特性及馒头

- 品质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(5): 177-181.
- [4] 王慧洁, 张国治, 张 雨. 鲜食甜玉米粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. 河南工业大学学报, 2019, 40(6): 19-25.
- [5] 高清山. 柿子的营养价值及其利用[J]. 山西果树, 2015(1): 10-12.
- [6] 杨 健, 裴艳玲. 柿子资源综合利用的研究进展[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(17): 116-118.
- [7] XIAO Y, XING G, RUI X, et al. Enhancement of the antioxidant capacity of chickpeas by solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18 [J]. Journal of Functional Foods 2014, (10): 210-222.
- [8] BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER M E, BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity[J]. LWT-Food Science and Technology, 1995, 28(1): 25-30.
- [9] LI J W, CHEN Y Y, DING S D, et al. Isolation and analysis of a novel proteoglycan from *Zizyphus jujuba* cv. *jinsixiaozao* [J]. Journal of Food & Drug Analysis, 2007, 15(3): 271-277.
- [10] 李东森, 郑学玲, 曹维让, 等. 小麦各系统面粉面筋及破损淀粉含量与面团吸水率的关系[J]. 现代面粉工业, 2011, 25(3): 36-40.
- [11] 王文静. 红枣粉对面团与馒头品质特性的影响研究[D]. 郑州: 郑州轻工业大学, 2019.
- [12] 张峻铭. 添加大米粉对面包面团揉混特性和拉伸特性的影响[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(2): 53.
- [13] 李 燕, 邹金浩, 郭时印, 等. 紫淮山全粉对面团流变特性及面条质构特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(2): 41-46.
- [14] 王小媛, 王文静, 丁俊豪, 等. 红枣粉对小麦面团特性以及微观结构的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(9): 28-32.
- [15] 崔会娟, 郭兴凤. 面团流变学特性与面制品品质的关系[J]. 粮食加工, 2015, 40(2): 28-31.
- [16] 刘 滔. 柿粉对面包品质的影响及柿单宁-面筋蛋白相互作用及机制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2017.
- [17] 张 婷, 陈小伟, 张沙沙, 等. 不同酒曲发酵生产木薯酒香气成分 GC-MS 分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(2): 125-131.
- [18] SUSANNE, PROCOPIO, PHILIPP, et al. Effect of amino acid supply on the transcription of flavour-related genes and aroma compound production during lager yeast fermentation [J]. Lwt Food Science and Technology, 2015, 63: 289-297.
- [19] YLVA A. Flavour formation by amino acid catabolism [J]. Biotechnology Advances, 2006, 24(2): 238-242.
- [20] LIU T J, LI Y, SADIQ F A, et al. Predominant yeasts in Chinese traditional sourdough and their influence on aroma formation in Chinese steamed bread [J]. Food Chemistry, 2018, 242: 404-411.
- [21] PICO J, BERNAL J, GOMEZ M. Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: a review [J]. Food Research International, 2015, 75: 200-215.
- [22] 何晓贤, 闫博文, 赵建新, 等. 乳酸菌发酵对馒头香气特征的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(1): 179-184.
- [23] 苏东海, 李自红, 苏东民, 等. 固相微萃取分析传统老酵馒头挥发性物质[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(6): 94-97.
- [24] 燕 雯, 张正茂, 刘拉平. 顶空固相微萃取-气质联用分析小麦馒头制作过程中的挥发性成分变化[J]. 食品科学, 2012, 33(12): 254-258.
- [25] 马先红, 李环通, 马志运, 等. 发酵对馒头风味物质的影响[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(9): 1-4.
- [26] CHEN Y R, MCGEE R, VANDEMARK G, et al. Dietary fiber analysis of four pulses using AOAC 2011. 25: implications for human health [J]. Nutrients, 2016, 8(12): 1-10.
- [27] 李维颖, 马跃洲, 丁智永, 等. 山药魔芋保健型馒头的制作工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(6): 69-74.
- [28] 马 涛, 张李躬, 林 钊, 等. 不同银耳产品主要营养成分分析与评估[J]. 中国食用菌, 2019, 38(11): 61-64.
- [29] 姜永峰, 邱海燕, 吴军华, 等. 抗氧化微量营养素与儿童疾病发生及治疗关系的研究进展 [J]. 浙江医学, 2020, 42(19): 107-110.

(责任编辑:梅 竹)

(上接第 26 页)

[参考文献]

- [1] 呕吐毒素[EB/OL]. [2021-4-20]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%91%95%E5%90%90%E6%AF%92%E7%B4%A0/8634134?fr=aladdin>.
- [2] 马传国, 王英丹. 玉米赤霉烯酮污染状况及毒性的研究进展[J]. 河南工业大学学报, 2017(1): 122-128.
- [3] 陈 帅, 于英威, 杨 娟. 粮食中的呕吐毒素(DON)研究进展[J]. 粮油仓储科技通讯, 2019(4): 46-49.
- [4] 国家粮食局标准质量管理办公室. 全国粮食收获质量调查和品质测报工作总体实施方案[S].
- [5] 杨彦琼. 新型复合吸附剂对黄曲霉素 B₁ 的吸附脱毒研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [6] 马冬月. 农产品中呕吐毒素的酶联免疫检测方法的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
- [7] 兰 静, 金海涛, 赵 琳. 玉米真菌毒素污染与控制技术研究进展[J]. 农产品质量与安全, 2020(5): 15-21.
- [8] 饶正华, 李 兰, 苏晓鸥. 玉米赤霉烯酮解毒技术研究进展及发展趋势[J]. 饲料工业, 2010(22): 58-61.
- [9] 李听听, 陈 伟, 李广富, 等. 玉米储藏霉菌类群及玉米赤霉烯酮含量的研究[J]. 中国粮油学报, 2015(12): 92-97.
- [10] 王 燕, 李增梅, 王艳杰. 真菌毒素对玉米质量安全的影响研究[J]. 农产品质量与安全, 2015(3): 58-62.
- [11] 国家粮食局. 中央储备粮油质量检查扦样检验管理办法(国粮发[2010]190号)[S].
- [12] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 饲料检验结果判定的允许误差: GB/T 18823—2010[S]. 北京: 中国标准出版社.

(责任编辑:梅 竹)