

木薯全粉对蛋糕品质及其质构特性的影响

Effect of the cassava flour on the qualities and texture characteristics of cake

王颖^{1,2,3}

李明娟^{1,2,3}

张雅媛^{1,2}

游向荣^{1,2}

WANG ying^{1,2,3}

LI Ming-juan^{1,2,3}

ZHANG Ya-yuan^{1,2}

YOU Xiang-rong^{1,2}

孙健^{1,2}

卫萍^{1,2}

周葵^{1,2}

SUN Jian^{1,2}

WEI Ping^{1,2}

ZHOU Kui^{1,2}

(1. 广西农业科学院农产品加工研究所, 广西南宁 530007; 2. 广西果蔬贮藏与加工新技术重点实验室, 广西南宁 530007; 3. 广西作物遗传改良生物技术重点开放实验室, 广西南宁 530007)

(1. *Agro-food Science and Technology Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China*; 2. *Guangxi Key Laboratory of Fruits and Vegetables Storage-processing Technology, Nanning, Guangxi 530007, China*; 3. *Guangxi Crop Genetic Improvement and Biotechnology Laboratory, Nanning, Guangxi 530007, China*)

摘要:以不同比例木薯全粉替代低筋面粉制作蛋糕,研究木薯全粉对蛋糕物理特性、感官品质和质构特性的影响,对其品质和质构指标进行评价。结果表明:随着木薯全粉替代比例的增加,蛋糕回缩率先降后升,感官总分先升后降,烘焙损失率、密度、硬度和咀嚼性不断升高,比容、水分含量、弹性和内聚性不断降低;替代比例为10/90~30/70的蛋糕回缩率、烘焙损失率、密度均比对照低,水分含量比对照高,有利于蛋糕品质的提升;替代比例为30/70的蛋糕比容、感官总分、硬度和咀嚼性与对照差异不显著;替代比例超过40/60后,与对照组相比,蛋糕回缩率、烘焙损失率、硬度和咀嚼性显著升高($P<0.05$),比容、感官总分、水分含量、弹性和内聚性显著降低($P<0.05$),蛋糕品质下降。

关键词:木薯全粉;蛋糕;理化特性;质构特性

Abstract: The paper focused on the effect of the cassava flour on the physical properties, sensory qualities and texture characteristics of

cake. Different proportion of cassava flour instead of low-gluten flour was used to make cake, and the qualities and texture indexes of the products were evaluated. The results showed that with increase of the cassava flour, retraction rate of cake first decreased then increased. However, the sensory score of cake was found first increased then decreased. The baking loss rate, density, hardness and chewiness of cake increased, and the specific volume, moisture content, springiness and cohesiveness of cake was reduced. When the substitute proportion was 10/90 to 30/70, the retraction rate was conducive to the improvement of cake quality. However, when the substitute proportion was 30/70, no obvious change was found in the specific volume, sensory score, hardness, chewiness and cohesiveness of the cake. When the substitute proportion was higher than 40/60, the retraction rate, baking loss rate, hardness and chewiness of cake increased significantly ($P<0.05$), with the specific volume, sensory score, moisture content, springiness and cohesiveness significantly reducing ($P<0.05$), and the quality of cake were also declined.

Keywords: the cassava flour; cake; quality; texture characteristic

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31560437);公益性行业(农业)科研专项(编号:201503001-6);国家“万人计划”青年拔尖人才专项经费项目(编号:组厅字〔2015〕48号);广西农业重点科技计划项目(编号:201602);广西自然科学基金项目(编号:2014GXNSFBA118137, 2016GXNSFBA380167);南宁市科学研究与技术开发计划项目(编号:20152081);广西农业科学院项目(编号:桂农科2015YT87, 桂农科2016YM13, 桂农科2016JZ21, 桂农科2017JM50, 桂农加201501);广西作物遗传改良生物技术重点开放实验室建设项目(编号:15-140-33-05)

作者简介:王颖,女,广西农科院助理研究员,学士。

通信作者:李明娟(1986—),女,广西农科院助理研究员,硕士。

E-mail: limingjuan230@163.com

收稿日期:2017-08-07

木薯(*Manihot esculenta* Crantz)富含淀粉、膳食纤维、维生素及多种矿物质元素,且具有一定的功效,如预防和控制肥胖症、心血管疾病和消化系统疾病等^[1-3]。木薯全粉是鲜木薯块根经除杂、清洗、去皮、冲洗、切片、蒸煮或不蒸煮、干燥、粉碎等工艺加工成的粉末状木薯脱水制品,制备方法简单,成本较低,耐贮藏;细嫩松粉,口感接近鲜薯原有的风味,并保留了鲜薯中所含的全部营养成分,营养较全面,尤其含有较高的膳食纤维、维生素和矿物质等营养成分;因不含小

麦麸质,可供麸质过敏人群食用^[4],是很好的加工食材。目前已有木薯全粉用于饼干^[4-6]、馒头^[7]、糍粑^[8]等产品的相关报道。

蛋糕因质地柔软,甜美可口,易消化,而备受消费者青睐,随着人们生活水平的提高和生活节奏的加快,越来越多的人把蛋糕作为主食或早餐食品^[9],但是目前蛋糕存在营养不均衡,品种单一,没有保健作用等问题^[10]。至今未见木薯全粉用于蛋糕产品的研究报道,只有 Gan 等^[11]将鲜木薯应用于蛋糕的研究报道,但鲜木薯季节性强,供货期短且不耐贮藏运输等缺点,不利于销售推广。本试验以营养与鲜木薯接近、耐贮藏的食用木薯全粉替代低筋面粉制作蛋糕,探讨木薯全粉替代比例对蛋糕品质(回缩率、烘焙损失率、密度、比容、感官评分、水分含量)和质构特性(硬度、咀嚼性、弹性、内聚性)的影响,为木薯深加工利用提供新途径。

1 材料与方 法

1.1 材 料

食用木薯:华南9号,由广西农业科学院经济作物研究所提供;

低筋面粉、白糖、黄油、鸡蛋、牛奶、泡打粉:食用级,购于当地市场。

1.2 仪 器 设 备

太阳能热泵干燥仪:单位自主研发产品,专利号 ZL201320617683.6;

电热鼓风干燥箱:101-2AB型,天津市泰斯特仪器有限公司;

超微粉碎机:KC-701型,北京开创同和科技发展有限公司;

搅拌机:MFQM440VCN型,德国 Bosch 公司;

烤箱:KN204P型,青岛金贝克机械有限公司;

质构仪:CT₃型,美国博勒飞公司。

1.3 方 法

1.3.1 木薯全粉的制备 参考文献^[4]。

1.3.2 蛋糕的制备 本试验用0%,10%,20%,30%,40%,50%的木薯全粉替代低筋面粉,即木薯全粉与低筋面粉按质量比为0/100,10/90,20/80,30/70,40/60,50/50的比例混合制备蛋糕,具体配方见表1。工艺流程:

称量原辅料→混合鸡蛋和白糖→低速搅拌至糖完全溶解→高速搅拌→加入低筋面粉、木薯全粉和泡打粉的混合物(过筛)→低速搅打→加入牛奶和黄油→高速搅打→注模成型→烤制→冷却→成品

表 1 蛋糕制作配方

Table 1 The recipe for cake g

替代比例	低筋面粉	木薯全粉	泡打粉	全蛋液	白糖	黄油	牛奶	总量
0/100	100	0	2	150	100	25	40	417
10/90	90	10	2	150	100	25	40	417
20/80	80	20	2	150	100	25	40	417
30/70	70	30	2	150	100	25	40	417
40/60	60	40	2	150	100	25	40	417
50/50	50	50	2	150	100	25	40	417

1.3.3 蛋糕品质指标的测定

(1) 回缩率:测量刚出炉蛋糕的高度(H_0)、冷藏1h后蛋糕的高度(H_1),按式(1)计算回缩率(W),每个样品重复3次,取平均值。

$$W = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100\% \quad (1)$$

(2) 烘焙损失率:参考文献^[12]。

(3) 蛋糕密度:将蛋糕切成规则的长方体,测量长宽高,计算体积(cm^3),并用电子天平称量蛋糕质量(精确至0.01g),蛋糕密度以蛋糕质量与蛋糕体积的比值来表示,每个样品重复3次,取平均值。

(4) 蛋糕比容:以蛋糕体积与蛋糕质量的比值来表示,每个样品重复3次,取平均值。

(5) 感官评分:将冷却后的蛋糕切成小块,由经过培训的8名科技人员参照表2进行感官评分^[13]。

(6) 水分含量:按GB 5009.3—2016的直接干燥法执行,每个样品重复3次,取平均值。

1.3.4 蛋糕质构特性的测定 将蛋糕切成长宽高分别为4cm×4cm×2.5cm的均匀薄片,用质构分析仪测定蛋糕质

构,包括硬度、咀嚼性、弹性和内聚性4个指标。测定条件:采用TPA模式,选用直径为25.4mm的圆柱形平底探头TA11/1000,测试速度1mm/s,测试距离10mm,触发力5g。每组样品测试3次,取平均值^[14]。

1.3.5 数据分析 采用Excel和DPS软件处理分析数据并制图。

2 结果与分析

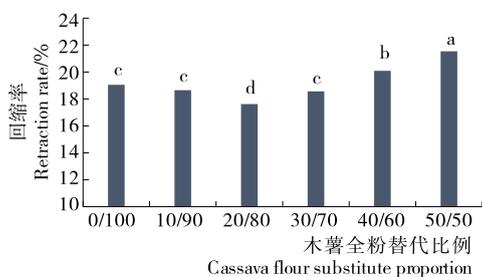
2.1 木薯全粉对蛋糕品质的影响

2.1.1 对蛋糕回缩率的影响 蛋糕回缩率反应蛋糕膨胀保持效果的好坏^[15]。由图1可知,蛋糕回缩率随着木薯全粉替代比例的增加先减小后增加,替代比例为20/80时蛋糕回缩率最低,比对照低7.52%($P < 0.05$);替代比例为10/90,30/70的蛋糕回缩率略低于对照($P > 0.05$);替代比例超过40/60后,蛋糕回缩率显著高于对照及其他替代比例组($P < 0.05$)。由于木薯全粉不含面筋蛋白,替代比例适量,能有效稀释小麦面筋蛋白,利于面筋网络结构的形成及支撑,蛋糕膨胀保持效果较好;随着替代比例的增加,稀释作用加大,不利于蛋糕糊面筋网络结构的形成,加之混合粉中的粗纤维和

表 2 木薯蛋糕感官评分标准

Table 2 Sensory value standard of cassava cake

项目	评分标准
表面状况	表面光滑无斑点、无裂纹,金黄色或浅黄色,色泽均匀(8~10分)
	表面略有气泡和少量裂纹,稍有收缩变形现象,色泽较均匀(5~7分)
	表面裂纹深、收缩变形严重,色泽不均匀(1~2分)
内部结构	内部呈亮黄或淡黄色,光滑细腻、有光泽,气孔较均匀(23~30分)
	内部呈不均匀的黄色或淡黄色,无光泽,气孔略大,无坚实部分(16~22分)
弹性	内部呈暗黄色,气孔较大,存在坚实部分(8~15分)
	用手按下去后能很快复原,柔软,有弹性(8~10分)
	用手按下去后复原较快,较柔软,较有弹性(5~7分)
口感	用手按下去后很难复原(2~4分)
	绵软,细腻,有潮湿感(16~20分)
比容	口感绵软且略有坚韧感,稍干(12~15分)
	松散发干、坚韧、粗糙或较黏牙(6~11分)
	蛋糕比容为 2.0 时得分为 10 分,比容每增加 0.1,得分加 1 分



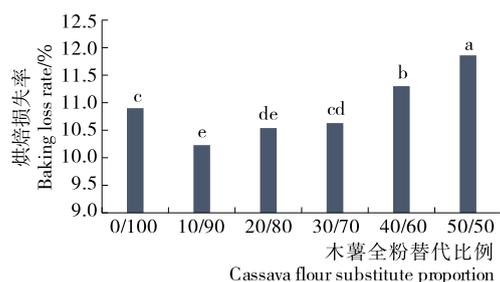
不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图 1 木薯蛋糕回缩率

Figure 1 The retraction rate of cassava cake ($n=3$)

膳食纤维含量增多,蛋糕糊吸水及保水性能变差,因而影响了蛋糕糊气泡形成和保持的能力,使得烘焙过程中蛋糕骨架的形成受到影响,导致蛋糕回缩、塌陷^[15]。

2.1.2 对蛋糕烘焙损失率的影响 蛋糕在烘焙过程中的损失主要是水分的损失,即受蛋糕糊中的气-水接触面积、持水性及水分子状态的影响^[16-17]。由图 2 可知,蛋糕烘焙损失率随着木薯全粉替代比例的增加而增加,替代比例为 10/90, 20/80, 30/70 的蛋糕烘焙损失率分别比对照低 6.18% ($P < 0.05$), 3.33% ($P < 0.05$), 2.48%, 替代比例超过 40/60 的蛋糕烘焙损失率显著高于对照及其他替代比例组的 ($P < 0.05$)。蛋糕糊中气-水接触面积越大,在烘焙过程中水分



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

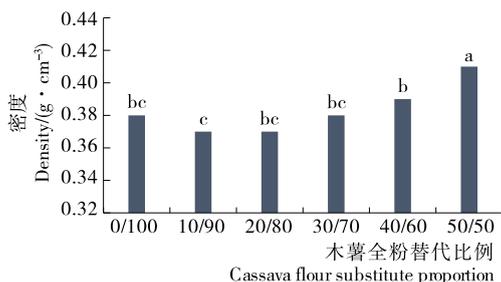
图 2 木薯蛋糕烘焙损失率

Figure 2 The retraction rate of cassava cake ($n=3$)

损失的途径越多^[16];持水性与蛋糕糊内部淀粉和蛋白质分子与水分子结合状态有关,若结合不紧密,水分子的自由移动速率大,在蛋糕烘焙过程中容易从蛋糕糊中散逸出来,导致蛋糕烘焙损失率增加^[17]。

2.1.3 对蛋糕密度的影响 单位体积内蛋糕的重量表示蛋糕的密度,密度越小表示蛋糕越膨松,品质越好^{[18]21}。由图 3 可知,蛋糕密度随着木薯全粉替代比例的增加而增加,替代比例 10/90~30/70 的蛋糕密度变化不大,均略低于对照 ($P > 0.05$);替代比例超过 40/60 后,蛋糕密度上升速率加大,明显高于对照组。可能是添加一定量的木薯全粉,有利于增加蛋糕起泡能力及起泡稳定性,有助于蛋糕糊充入并保持更多的空气,使成品蛋糕体积变大,内部组织较疏松,蛋糕密度减小;但替代比例过高,木薯全粉对面筋稀释作用太大,降低蛋糕糊的持气性能^[19]。

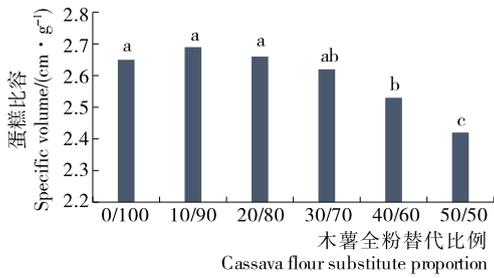
2.1.4 对蛋糕比容的影响 比容是衡量蛋糕体积膨胀程度以及膨胀后保持能力的主要指标之一,直接反应蛋糕的保水能力和松软程度^[20]。由图 4 可知,蛋糕比容随着木薯全粉替代比例的增加而逐渐降低,当替代比例为 10/90~30/70 时,蛋糕比容变化不大,均略高于对照 ($P > 0.05$);当替代比例 $> 40/60$ 时,蛋糕比容下降速率增大,显著低于对照组的 ($P < 0.05$)。由于低筋面粉中加入了不含面筋蛋白的木薯全粉,蛋糕糊面筋蛋白被稀释,蛋糕面筋网络结构形成受阻,面



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图 3 木薯蛋糕密度

Figure 3 The density of cassava cake ($n=3$)



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图4 木薯蛋糕比容

Figure 4 The specific volume of cassava cake ($n=3$)

筋网络的支撑作用下降,蛋糕糊的膨胀下降,使蛋糕的体积下降,从而导致蛋糕比容下降,与葡萄皮粉蛋糕^[20]、玉米粉蛋糕^[21]研究结果一致。

2.1.5 对蛋糕感官评分的影响 由表3可知,随着木薯全粉替代比例的增加,蛋糕表面状况、弹柔性、口感和总分均先升高后下降,替代比例为20/80时均达到最大值,分别比对照高15.38% ($P < 0.05$),9.87% ($P < 0.05$),12.80% ($P < 0.05$),1.67%;蛋糕比容评分则不断减小,替代比例为10/90~30/70时的蛋糕比容和总分与对照差异均不显著 ($P > 0.05$),替代比例 $> 40/60$ 时蛋糕比容及总分均显著低于对照 ($P < 0.05$)。可见,适量添加木薯全粉可以改善蛋糕感官品质,添

表3 木薯蛋糕感官评分[†]

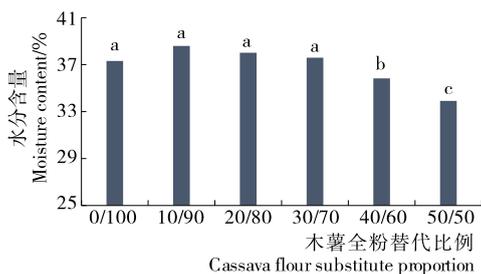
Table 3 The sensory value of cassava cake ($n=8$)

木薯全粉 替代比例	感官评分					
	表面状况	内部结构	弹柔性	口感	比容	总分
0/100	8.13±0.83 ^{bc}	26.75±2.12 ^a	8.31±1.03 ^{bc}	15.63±1.41 ^c	16.50±0.84 ^a	75.34±2.36 ^{ab}
10/90	8.50±0.53 ^b	24.88±1.55 ^b	8.63±0.74 ^{ab}	16.88±1.13 ^{ab}	16.90±0.23 ^a	75.81±2.03 ^{ab}
20/80	9.38±0.74 ^a	23.88±1.36 ^{bc}	9.13±0.64 ^a	17.63±1.19 ^a	16.60±0.17 ^a	76.60±2.33 ^a
30/70	8.13±0.64 ^{bc}	24.25±1.16 ^b	8.00±0.53 ^{bc}	17.50±1.07 ^a	16.20±0.44 ^{ab}	74.08±0.99 ^b
40/60	7.75±0.46 ^{cd}	22.50±0.93 ^{cd}	7.75±0.46 ^c	16.88±0.83 ^{ab}	15.30±0.62 ^b	70.18±1.46 ^c
50/50	7.25±0.46 ^d	21.38±1.06 ^d	7.00±0.76 ^d	15.88±0.83 ^{bc}	14.20±0.79 ^c	65.70±1.77 ^d

† 同列数据上标不同小写字母表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。

加过量,烘焙过程中蛋糕的持气能力受到影响,感官品质下降,与玉米粉^[22]、紫薯粉^[23]应用于蛋糕中的研究结果一致。

2.1.6 对蛋糕水分含量的影响 水分含量是蛋糕品质的主要因素之一,反应蛋糕糊吸水和持水能力的大小^{[18]25}。由图5可知,蛋糕的水分含量随着木薯全粉替代比例的升高而降低。替代比例为10/90,20/80和30/70的蛋糕水分含量分别比对照高3.43%,1.88%和0.75%,且差异均不显著 ($P > 0.05$);替代比例 $\geq 40/60$ 时,蛋糕水分含量下降迅速,显著低于对照及其他组 ($P < 0.05$)。说明在替代比例不超过30/70时,面筋强度较弱,使得蛋糕糊乳化效果更好,有利于提高蛋糕保水效果;但添加量超过一定阈值后,稀释作用太大,形成的面筋过少,面筋失去该有的网络结构,蛋糕糊内部组织排列变得疏松,烘烤过程中蛋糕水分散失速率加快,加之混合粉中的粗纤维和膳食纤维含量增多,蛋糕糊吸水和保水性能较差,使得蛋糕水分含量降低,导致蛋糕口感粗糙、干燥,品质降低,与蛋糕回缩率和烘焙损失率变化规律相吻合。



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

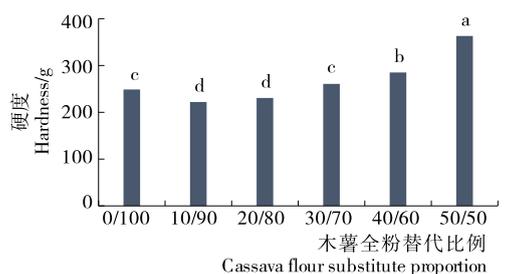
图5 木薯蛋糕水分含量

Figure 5 The moisture content of cassava cake ($n=3$)

2.2 木薯全粉对蛋糕质构特性的影响

2.2.1 对蛋糕硬度的影响 硬度作为评价蛋糕品质的一个重要指标,指咀嚼蛋糕达到一定变形后所需要的力。由图6可知,蛋糕硬度随着木薯全粉替代比例的增加而增加,替代比例为10/90,20/80的蛋糕硬度差异不大,分别比对照低10.73% ($P < 0.05$)和7.24% ($P < 0.05$);替代比例为30/70的蛋糕硬度为260.67g,略高于对照 ($P > 0.05$);替代比例 $> 40/60$ 时,蛋糕硬度上升速率加快,显著高于对照及其他组 ($P < 0.05$)。说明木薯全粉添加量适中时,蛋糕水分含量升高,口感变软,硬度降低;替代比例过高,木薯全粉强吸水性和不持气性使蛋糕糊烘焙时保水效果和持气能力降低,产品结构变密实,硬度上升,品质下降^[24-25]。

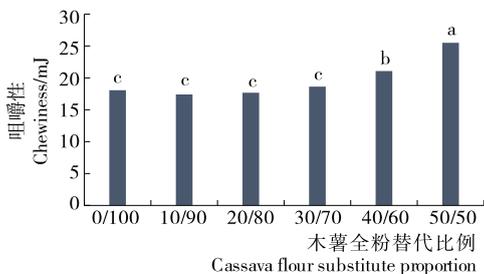
2.2.2 对蛋糕咀嚼性的影响 咀嚼性表示咀嚼蛋糕至可吞咽状态时需要做的功,反映蛋糕对咀嚼的抵抗能力,咀嚼性越高,蛋糕越难被嚼碎至吞咽状态^[26]。由图7可知,蛋糕咀嚼性变化规律与硬度相一致,也随着木薯全粉替代比例的增加而增加。



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图6 木薯蛋糕硬度

Figure 6 The hardness of cassava cake ($n=3$)



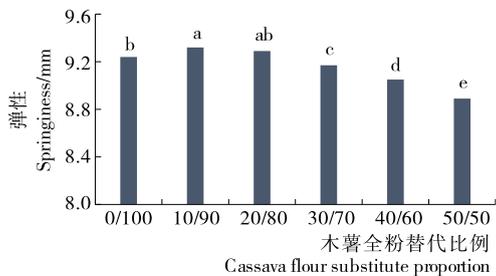
不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图 7 木薯蛋糕咀嚼性

Figure 7 The chewiness of cassava cake ($n=3$)

加而增加。替代比例为 10/90~30/70 的蛋糕咀嚼性均与对照差异不显著 ($P > 0.05$); 替代比例 $> 40/60$ 时, 蛋糕咀嚼性上升速率加快, 显著高于对照及其他组 ($P < 0.05$)。可见, 蛋糕咀嚼性越高, 硬度越大, 咀嚼至可吞咽状态需要的功就越大, 木薯全粉替代比例 $< 30/70$ 时, 对蛋糕咀嚼性影响不大; 替代比例 $> 40/60$ 时, 硬度显著上升, 导致蛋糕咀嚼性上升。

2.2.3 对蛋糕弹性的影响 弹性指样品在两次压缩之间可恢复的程度, 蛋糕弹性越大, 品质越好。由图 8 可知, 蛋糕弹性随着木薯全粉替代比例的增加而降低, 替代比例为 10/90, 20/80 的蛋糕弹性差异不显著, 分别比对照高 0.87% ($P < 0.05$) 和 0.54%; 替代比例 $> 30/70$ 时, 蛋糕弹性下降速率加快, 显著低于对照及其他组 ($P < 0.05$)。适量添加木薯全粉有助于提高蛋糕产品的持气性能, 过量添加导致过多的面筋蛋白被稀释, 蛋糕糊支撑蛋糕自身重量的面筋网络结构受到影响, 蛋糕糊流变学特性变差, 持气能力减弱, 蛋糕起泡性和膨松度变差, 导致弹性下降^[27]。

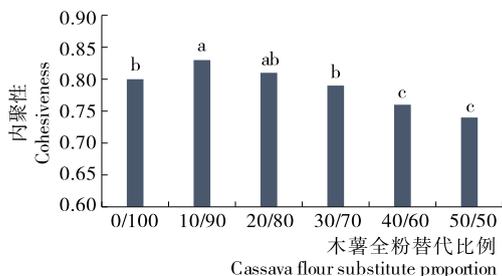


不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图 8 木薯蛋糕弹性

Figure 8 The springiness of cassava cake ($n=3$)

2.2.4 对蛋糕内聚性的影响 内聚性指构成食品内部结合力的大小, 表示食品经第一次压缩变形后对第二次压缩的抵抗能力, 反映了蛋糕抵抗咀嚼破碎受损保持完整的性质。由图 9 可知, 蛋糕内聚性随着木薯全粉替代比例的增加而降低, 替代比例为 10/90, 20/80 的蛋糕内聚性分别比对照高 3.75% ($P < 0.05$) 和 1.25%; 替代比例为 30/70 的蛋糕内聚性为 0.79, 略低于对照 ($P > 0.05$); 替代比例 $> 40/60$ 时, 蛋糕内聚性下降速率加快, 显著低于对照及其他组 ($P < 0.05$)。蛋糕品质受外加物的影响, 取决于外加原材料之间适宜的混合比和混合方法, 本试验外加木薯全粉, 替代比例在 10/90~30/70 时, 利于产品内部结合力; 替代比例 $> 40/60$ 时, 外加物过度稀释了面筋蛋白且干扰了面筋网络结构的形成, 改变



不同字母表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平

图 9 木薯蛋糕内聚性

Figure 9 The cohesiveness of cassava cake ($n=3$)

了蛋糕内部结构, 从而使蛋糕内聚性下降^{[18][27]}。

3 结论

本研究考察了不同量的木薯全粉替代低筋面粉制作蛋糕对蛋糕理化品质和质构特性的影响。结果显示, 替代比例在 10/90~30/70 时的蛋糕回缩率、烘焙损失率和密度均比对照低, 水分含量均比对照高, 质构特性指标略优于对照或与对照差异不大, 有利于蛋糕品质的提升; 替代比例 $> 40/60$ 时, 回缩率、烘焙损失率、硬度和咀嚼性显著高于对照 ($P < 0.05$), 比容、感官总分、水分含量、弹性和内聚性显著低于对照 ($P < 0.05$), 蛋糕品质明显下降。综上所述, 添加木薯全粉后蛋糕品质和质构特性的变化趋势基本一致, 综合考虑木薯全粉对蛋糕食用营养价值和保健作用, 木薯全粉替代比例为 30/70 最适宜。本研究为实验室小试, 对蛋糕产品品质检测指标不够全面, 若进行工业化生产时需要根据实际情况进行配方和工艺参数的调整和优化。

参考文献

- [1] 谢江, 查春月, 刘婷, 等. 涂膜保鲜对食用鲜木薯品质的影响[J]. 储藏与保鲜, 2012, 20(5): 185-188.
- [2] JULIE A M. Nutritional value of cassava for used as a staple food and recent advances for improvement[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2009(8): 181-194.
- [3] ADEMOLA A A, OGUGUA C A, RICHARD A, et al. Developing GM super cassava for improved health and food security: future challenges in Africa[J]. Agriculture & Food Security, 2012, 1(1): 1-15.
- [4] 李明娟, 张雅媛, 游向荣, 等. 木薯全粉对饼干储藏期品质和质构特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 116-120.
- [5] 谢辉, 何艾, 窦志浩, 等. 木薯营养酥性饼干的研制[J]. 食品工业, 2013, 34(6): 4-7.
- [6] 李明娟, 王颖, 张雅媛, 等. 食用木薯全粉添加量对饼干品质、质构特性及消化性能的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(9): 55-59, 65.
- [7] 张丽超, 谢彩锋, 古碧, 等. 木薯全粉馒头的研制[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 127-132.
- [8] 苏艳兰, 韦茂新, 刘功德, 等. 食用木薯艾糍加工工艺的研制[J]. 食品科技, 2014, 39(11): 122-125.

(下转第 189 页)

② 提出了特征温度的概念,用以表征整个对流干燥过程中烟丝的受热程度,发现烟丝填充值与特征温度呈负相关,酸性、碱性、中性香味成分均与特征温度呈正相关。本试验着重研究了对流干燥过程中烟丝受热程度与烟丝理化品质之间的关联性,填补了该研究方向的空白,但是该研究仅仅局限于对流干燥条件,对于其他干燥条件烟丝受热程度与烟丝理化品质的关联性则需要后续的研究。

参考文献

- [1] 王超,谭鹤群.我国干燥技术的研究进展及展望[J].农机化研究,2009,31(12):221-224.
- [2] 顾中铸,徐爱琴,吕留根,等.烟丝干燥特性研究[J].南京师范大学学报,2007,7(1):32-36.
- [3] 解俊.多孔介质(烟丝)干燥过程热湿迁移特性研究与计算机模拟[D].南京:东南大学,2001:19-36.
- [4] 李善莲.烟叶对流特性的实验研究[D].郑州:郑州烟草研究院,2004:17-37.
- [5] 邓国栋.烟丝滚筒干燥过程数值模拟[D].郑州:郑州烟草研究院,2006:15-35.
- [6] 张兰晓.卷烟原料对流干燥实验与动力学分析研究[D].郑州:郑州烟草研究院,2007:17-30.
- [7] 刘泽.烟丝在复合传热过程中干燥动力学研究[D].郑州:郑州烟草研究院,2009:17-32.
- [8] 赵静芬,李斌,朱文魁,等.滚筒干燥过程中叶丝表面温度变化特征[J].烟草科技,2011(6):12-15.
- [9] TOGRUL I T, PEHLIVAN D. Modeling of thin layer drying kinetics of some fruit under open-air sun drying process [J].

- Journal of Food Engineering, 2004, 65(3): 413-425.
- [10] 朴永革,李元实,崔龙吉,等.气流干燥对烟丝中糖苷类致香成分的影响[J].农产品加工:学刊,2010(7):44-47.
- [11] 国家烟草专卖局.YC/T 31—1996 烟草及烟草制品试样的制备和水分的测定烘箱法[S].郑州:国家烟草质量监督检验中心,1996:1-3.
- [12] ZAFER Erbay, FRLIZ Icier. A review of thin layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(5): 441, 464.
- [13] MIDILLI A, KUCUK H, YAPAR Z. A new model for single-layer drying[J]. Drying Technology, 2002, 20(7): 1 503-1 513.
- [14] MA BASUNIA M A, ABE T. Thin-layer re-wetting of rough rice at low and high temperatures [J]. Journal of Stored Products Research, 2005, 41(2): 163-173.
- [15] 资文华,何邦华,刘坚,等.滚筒干燥叶丝过程工艺参数优化[J].昆明理工大学学报:自然科学版,2012(4):85-91.
- [16] 朱勇,何邦华,刘泽,等.制丝线主要热处理工序前后原料致香成分差异性解析[J].烟草科技,2013(3):37-42.
- [17] 张强,董高峰,李红武,等.滚筒烘丝机工艺参数对烤烟感官质量的影响[J].烟草科技,2011(11):10-18.
- [18] 徐如彦,毛多斌,许学坤,等.HXD工艺条件对烟丝香味成分的影响研究[J].安徽农学通报,2008,14(21):103-105.
- [19] 刘新民,杜咏梅,程森,等.烤烟烟丝填充值与其理化指标和感官品质的关系[J].中国烟草科学,2012,33(5):74-78.
- [20] 张成敏,刘志华,肖燕,等. β -胡萝卜素化学降解产物研究[J].烟草科学研究,1999(1):46-50.

(上接第183页)

- [9] MANUEL G, FELICIDAD R, PEDRO A, et al. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes[J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(2): 167-173.
- [10] MANUEL G, ANA M, BONASTRE O, et al. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(1): 33-38.
- [11] GAN H E, KARIM R, MUHAMMAD S K S, et al. Optimization of the basic formulation of a traditional baked cassava cake using response surface methodology[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(4): 611-618.
- [12] MAYRA D R, GEORGINA C D, MARIANO G G, et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 61: 633-639.
- [13] 国家粮食局.GB/T 24303—2009 粮油检验 小麦粉蛋糕烘焙品质试验 海绵蛋糕法[S/OL].(2012-01-04)[2017-03-05].
<http://down.foodmate.net/standard/sort/3/28572.html>.
- [14] 王凤,陈诚,杨紫璇,等.不同乳化剂在中日两国面粉重油蛋糕面糊体系中的比较研究[J].食品与机械,2017,33(1):1-6.
- [15] 梁权.麸皮蛋糕的制作及其品质研究[J].粮食加工,2016,41(1):62-64.
- [16] MIZUKOSHI M, MAEDA H, AMANO H. Model studies of cake baking II: Expansion and heat set of cake batter during baking[J]. Cereal Chemistry, 1980, 57(5): 352-355.

- [17] GUILLARD V, BROYART B, BONAZZI C, et al. Moistured-iffusivity in sponge cake as related to porous structure evaluation and moisture content[J]. Journal of Food Science, 2010, 68(2): 555-562.
- [18] 周德君.豆渣对蛋糕品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2013.
- [19] 付成程,郭玉蓉,薛战峰,等.苹果肉渣膳食纤维蛋糕的研制及其质构分析[J].农产品加工:学刊,2012(11):39-42.
- [20] 段丽丽,贾洪锋,徐向波,等.葡萄皮粉在蛋糕中的应用[J].食品与发酵科技,2017,53(1):53-55,104.
- [21] 渠雪娜,陈为凤,刘晓宇,等.高纤维玉米蛋糕蒸制加工的研究[J].食品工业,2017,38(1):57-60.
- [22] 代养勇,王志刚,董海洲.添加玉米粉对蛋糕品质影响的研究[J].中国食品与营养,2011,17(5):56-59.
- [23] 王美.紫薯清蛋糕配方及工艺方法研究[J].食品研究与开发,2011,32(6):86-89.
- [24] 马腾飞,林雪婷,王丽霞,等.魔芋紫薯海绵蛋糕工艺优化及品质检验[J].长江大学学报:自科版,2016,13(27):54-60,77.
- [25] 惠丽娟.荞麦杂豆蛋糕的加工技术及影响其品质的因素的研究[D].武汉:华中农业大学,2008:18-19.
- [26] SAHI S S, ALAVA J M. Functionality of emulsifiers in sponge cake production[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 83(14): 1 419-1 429.
- [27] 高雪丽,樊震江,张晖.红薯蛋糕的开发[J].农业机械,2013(2):72-75.