

南瓜粉对小麦粉粉质特性及面团品质的影响

Effects of pumpkin powder on farinographic properties and dough quality of wheat

李良怡^{1,2} 吴安琪^{1,2} 谭玉珩^{1,2}

LI Liang-yi^{1,2} WU An-qi^{1,2} TAN Yu-heng^{1,2}

谢 欢^{1,2} 贵相茹^{1,2} 周文化^{1,2}

XIE Huan^{1,2} GUI Xiang-ru^{1,2} ZHOU Wen-hua^{1,2}

(1. 特医食品加工湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410004;

2. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004)

(1. Hunan Key Laboratory of Processed Food for Special Medical Purpose, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Food Science and Engineering, Central South Forestry University of Science and Technology University, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:以南瓜粉和小麦粉为原料,考察南瓜粉添加量对小麦粉粉质特性、糊化特性及面团的晶型与结晶度、水分分布、流变学特性的影响。结果表明:随着南瓜粉添加量的增大,面团的稳定时间、公差指数、带宽及糊化特性均显著性下降($P < 0.01$);储能模量和损耗模量先下降后上升,面团弹性先升高后降低;弱结合水含量逐渐增大;当南瓜粉添加量为 15% 时,面团中淀粉结晶度出现最大值,为 23.9%。综上,适量添加南瓜粉可降低面筋蛋白浓度,抑制淀粉的糊化特性,提高面团弹性,从而改善面粉粉质及品质特性。

关键词:南瓜粉;面团品质;粉质特性;糊化特性;流变学特性

Abstract: Pumpkin powder and wheat flour were used to analyze the farinographic properties, gelatinization characteristics, crystal form and crystallinity of dough, water distribution and rheological characteristics of wheat powder by measuring different addition levels of pumpkin powder. The results showed that the stability time, tolerance index, bandwidth and gelatinization characteristics of the dough were significantly decreased with

the increasing of the pumpkin powder content ($P < 0.01$). The storage modulus and loss modulus first decreased and then increased, while the dough elasticity first increased and then decreased. The content of weakly bound water increased gradually. When the addition amounted to 15%, the crystallinity of starch in dough reached the maximum of 23.9%. In summary, appropriate addition of pumpkin powder could reduce gluten protein concentration, inhibit starch gelatinization characteristics, and improve dough elasticity, thereby could improve farinographic properties and quality characteristics.

Keywords: pumpkin powder; dough quality; farinographic properties; gelatinization characteristics; rheological characteristics

南瓜,又名云南倭瓜、窝瓜,一年生蔓生草本植物^[1],营养丰富且具有较高的保健价值,如新鲜南瓜中富含糖类、蛋白质、多种维生素、膳食纤维及南瓜多糖等物质,经常食用可有效协助降低血糖、血脂及胆石症的发生^[2-5]。

鲜湿面作为中国“第 4 代方便面”,具有风味新鲜、嚼劲足、爽口等特点,但营养单一,而南瓜粉可作为一种天然的营养强化剂加入到小麦粉中,不仅能补充面团营养成分,还能改善面团的品质特性。目前南瓜粉在面制品中的应用主要为南瓜挂面和南瓜面包,而有关南瓜鲜湿面的研究较少^[6-8]。试验拟以南瓜粉和小麦粉为原料,考察南瓜粉添加量对小麦粉糊化特性、粉质特性及面团的晶型与结晶度、水分分布状况、流变学特性等的影响,探讨南瓜鲜湿面团的品质特性,以为南瓜—小麦深加工产品的研发及工业化生产提供依据。

基金项目:湖南省创新平台与人才计划(编号:2017TP1021);湖南省重点研发计划(编号:2020NK2020);湖南省创新型省份建设专项(编号:2019TP2011);长沙市科技计划(编号:KC17040007)

作者简介:李良怡,男,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:周文化(1969—),男,中南林业科技大学教授,博士。

E-mail: 1479674265@qq.com

收稿日期:2021-03-07

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

南瓜:贵州农耀农业开发有限公司;
小麦粉:湖南凯雪有限公司。

1.1.2 仪器与设备

卤素快速水分分析仪:JH-HS 型,泰州宜信得仪器仪表有限公司;

冷冻干燥机:B01-10NA 型,宁波新芝生物科技股份有限公司;

流变仪:DHR-2 型,美国 TA 公司;

全自动微型粉质仪:Micro-doughLAB2800 型,瑞典 Perten 公司;

快速黏度分析仪:JK-1 型,瑞典 Perten 公司;

高速万能粉碎机:FW-400A 型,江苏万申机械科技发展有限公司;

核磁共振成像分析仪:NMI120 型,纽迈电子科技有限公司;

X 射线衍射仪:X'Perf PRO MPD 型,丹东奥龙射线仪器集团有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 南瓜粉的制备 取新鲜、金黄、成熟的南瓜原料,使用流动水清洗去除表面污垢,去皮、去籽及病变等各种不可食用部分;切片,厚度为 1 cm,放置于铁盘中,冰箱中预冻 24 h,冷冻干燥机中真空干燥 48 h;粉碎,过 100 目筛,即得南瓜粉,真空包装,置于 4 ℃ 避光贮藏。

1.2.2 混合面粉的制备 取南瓜粉,分别按 0%,5%,10%,15%,20%,25%,30%,100% 添加量与小麦粉混合均匀,真空包装,置于 4 ℃ 冰箱中贮藏备用。

1.2.3 面粉粉质特性的测定 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》,测定混合粉样品的形成时间、稳定时间和吸水率等。

1.2.4 面粉糊化特性的测定 参照 GB/T 14490—2008

《粮油检验 谷物及淀粉糊化特性测定 粘度仪法》。

1.2.5 面团流变学特性的测定 参照 Xu 等^[9]的方法并略作修改。称取 25 g 样品放置于粉质仪中,待达到最大稠度时停止搅拌,取下面团,使用保鲜膜包好,将样品放置于仪器测试台上,刮掉多余的面团,25 ℃ 静置 5 min。测试条件:平板直径 40 mm,应变量 2.0%,扫描频率 0.1~20.0 Hz,平板间隙 1 000 μm。

1.2.6 面团核磁共振的测定 参照肖东等^[10]的方法并修改,取 3 g 南瓜面团样品,制成直径为 1.5 cm、高为 2 cm 的圆柱形样品,并使用保鲜膜包裹样品。测试参数:采样点数 2 048,重复扫描次数 8,弛豫衰减时间 1 000 ms。通过 CPMG 脉冲序列表征样品的横向弛豫时间(T_2)。

1.2.7 面团 X-衍射的测定 参照 Tan 等^[11]的方法并略作修改,南瓜鲜湿面团样品冷冻干燥 24 h,粉碎并 0.075 mm 的筛,称取 20 mg 样品进行 X-射线光谱衍射的测定。测定参数:管压 40 kV,管流 30 mA,扫描范围 5°~40°(2 θ),扫描速率 2°/min。

1.2.8 数据处理 所有试验重复 3 次,使用 Jade 6.5、IBM SPSS Statistics 19.0、Excel 2016 软件进行数据处理与分析,使用 Origin Pro 2017C 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 对面粉粉质特性的影响

由表 1 可知,当南瓜粉添加量为 0%~30% 时,随着南瓜粉添加量的增加,稳定时间先显著下降后上升,其下降可能是因为南瓜粉的加入使混合粉在搅拌过程中蛋白质空间结构被破坏,麦谷蛋白的二硫键断裂,面筋强度变小,面团稳定时间下降;而上升可能是南瓜粉中各分子之间形成了交联网状结构,与面筋网络相互交替形成复杂的体系,从而延长了面团的稳定时间。

面团的形成时间表示面筋网络形成速度^[12]。当南瓜粉添加量为 0%~30% 时,面团形成时间随南瓜粉添加量的增加而逐渐延长,其最大相差 2.84 min。这可能是由于混合粉中膳食纤维显著增加,其亲水性使得水分在较短

表 1 南瓜粉对小麦粉粉质特性的影响[†]

Table 1 Effect of pumpkin powder on wheat flour properties

添加量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	公差指数/FU	带宽/FU
0	68.37±0.06 ^{Aa}	3.17±0.11 ^{Ff}	3.41±0.07 ^{Bb}	45.20±0.87 ^{Aa}	30.33±0.24 ^{Aa}
5	68.42±0.05 ^{Aa}	4.18±0.11 ^{Ec}	3.04±0.05 ^{Cc}	45.30±0.21 ^{Aa}	30.05±0.20 ^{Aa}
10	68.40±0.08 ^{Aa}	4.72±0.08 ^{Dd}	2.18±0.06 ^{Ef}	40.27±0.54 ^{Bb}	30.47±0.11 ^{Aa}
15	68.43±0.05 ^{Aa}	4.60±0.07 ^{Dd}	2.36±0.09 ^{DEe}	30.33±0.26 ^{Cc}	30.09±0.15 ^{Aa}
20	68.40±0.07 ^{Aa}	5.05±0.09 ^{Cc}	2.51±0.07 ^{Dd}	30.13±0.33 ^{Cc}	25.36±0.22 ^{Bb}
25	68.23±0.25 ^{Aa}	5.87±0.06 ^{Bb}	3.10±0.05 ^{Cc}	25.00±0.54 ^{Dd}	25.13±0.13 ^{Bb}
30	68.22±0.03 ^{Aa}	6.01±0.05 ^{Aa}	3.39±0.06 ^{Aa}	15.37±0.13 ^{Ee}	20.31±0.26 ^{Cc}
100	60.30±0.37 ^{Bb}	3.09±0.05 ^{Ff}	0.50±0.07 ^{Fg}	5.10±0.41 ^{Ff}	15.34±0.19 ^{Dd}

[†] 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05),同列大写字母不同表示差异极显著(P<0.01)。

时间内被大量吸收,南瓜面团中的淀粉吸水量降低,造成面筋网络结构不稳定,面团的形成时间被延长。公差指数能反映面粉筋力大小,其差值越小,面粉筋力越强;带宽能够直接反映面团的弹性,其带宽越大,弹性越好。由表1分析可知,面粉筋力和面团的弹性与南瓜粉添加量呈正相关,随着南瓜粉添加量的不断增加,混合粉的公差指数和带宽均逐渐减小,表明混合粉筋力越来越小,面团弹性下降,这可能是因为南瓜中含有膳食纤维、南瓜多糖及果胶等物质,使其自身无法形成网络结构,从而在混合粉中显著影响面团的弹性与筋力。

2.2 对面粉糊化特性的影响

由图1可知,随着南瓜粉添加量的增加,面团的峰值黏度、最低黏度、最终黏度均下降,且差异极显著($P < 0.01$),与李勇等^[13]的结论类似。这可能是因为南瓜粉中含有大量的南瓜多糖或非淀粉多糖,与面团中的淀粉形成竞争关系,抑制了淀粉吸水膨胀,导致面团黏度下降;而衰减值的逐渐下降,说明南瓜粉可促使混合粉淀粉颗粒强度增大,不易破裂,使面团在高温条件下稳定性较好。

回生值是指面团的最低黏度和最终黏度的差值,差值越大,表明面团老化程度越大,形成凝胶能力越强,反之亦然。从图1分析可知,南瓜粉对小麦面团的回生影响显著($P < 0.05$),南瓜粉添加量越高,面团老化程度越低,越有利于延长面制品的保质期。

2.3 对面团动态流变学特性的影响

由图2可知,所有样品的 G' 均大于 G'' , G' 与 G'' 均随频率的增加而上升,为典型的弱凝胶动态流变学谱图^[14-15]。与纯小麦粉面团相比,当南瓜粉添加量为5%时,面团的 G' 和 G'' 出现显著下降,可能是因为南瓜粉的加入使面筋蛋白的交联作用减弱,从而影响面团的黏弹特性,造成面团网络结构变得松散;当南瓜粉添加量为10%~30%时,随着南瓜粉添加量的不断增加,面团的 G' 和 G'' 逐渐上升,可能是由于南瓜粉的添加使面团中的蛋白质、非淀粉多糖和膳食纤维含量逐渐升高,面团的黏弹性增强,从而使面团网状结构再次增强。

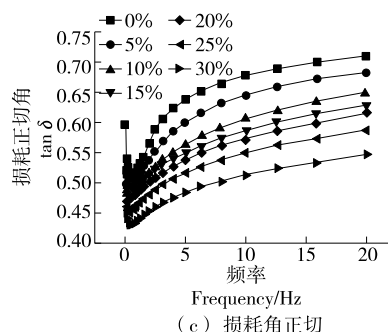
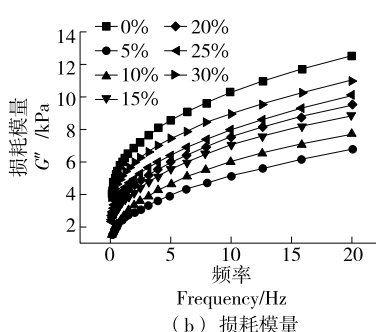
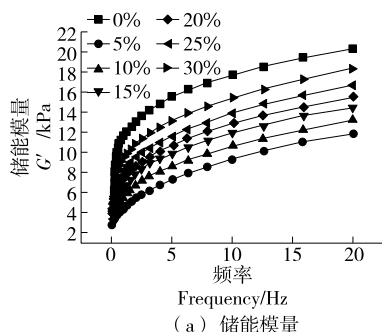


图2 南瓜粉—小麦粉的面团动态流变学特性

Figure 2 Dynamic rheological properties of pumpkin flour-wheat flour dough

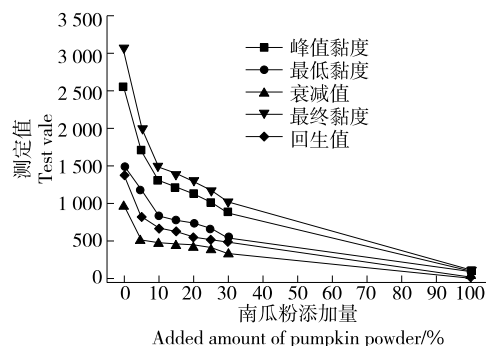


图1 南瓜粉添加量对鲜湿面团糊化特性的影响

Figure 1 Effect of pumpkin powder with different dosages on gelatinization characteristics of fresh wet dough

由图2还可知,所有混合粉面团的 $\tan\delta < 1$,随着南瓜粉添加量的增加, $\tan\delta$ 逐渐下降,说明面团弹性比例增大,这可能是由于南瓜粉与小麦粉在共混体系下分子交联程度增加,面团中分子聚合度越大,面团 $\tan\delta$ 越小。当频率 < 0.63 时, $\tan\delta$ 随着频率的升高而降低,表明混合面团在此频率范围内具有较好的弹性比例,较低的黏性比例;当频率 > 1 时, $\tan\delta$ 随着频率的升高而升高,表明混合面团在此频率范围内黏性比例较高,弹性比例逐渐下降,面团稳定性较差且极易被破坏。

2.4 对面团水分分布状况的影响

根据横向弛豫时间(T_2),其代表面团中分别存在3种水分状态,即 T_{21} (0.1~10.0 ms)为深层结合水、 T_{22} (10~100 ms)为弱结合水、 T_{23} (100~1 000 ms)为自由水,对应的峰积分面积分别为 A_{21} 、 A_{22} 、 A_{23} ^[16-19]。由图3可知,随着南瓜粉添加量的不断增加,面团的弱结合水含量逐渐上升,而自由水含量逐渐下降,深层结合水含量基本保持不变,且纯南瓜粉面团的弱结合水含量明显高于纯小麦粉面团,可能是由于南瓜粉面团中的南瓜多糖、果胶和淀粉等物质的增加,导致面团对水分子的束缚能力增强,使弱结合水含量上升,自由水含量降低,一定程度上抑制了面团中水分含量的减少,使其延长南瓜粉

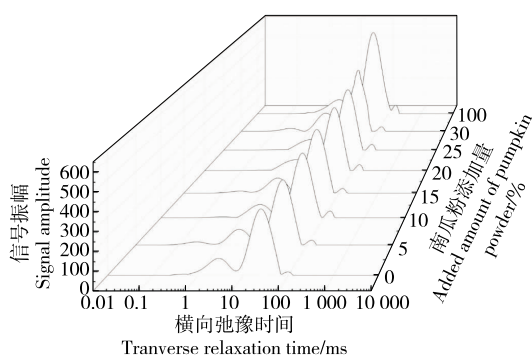


图 3 南瓜粉添加量对面团 3 种状态水分低场核磁共振图谱的影响

Figure 3 Low-field NMR spectra of pumpkin powder with different additions on wet dough in three states

面团的保质期时间。

2.5 对面团 X-衍射的影响

淀粉的结晶度大小能直接影响各淀粉分子产品的实际应用综合性能^[20-21]。由图 4 可知,各混合粉面团均在 15°,17°,18°,23°处有明显的峰形,为典型的淀粉结晶峰,且为 A 型晶体,说明南瓜粉添加量对面团中的淀粉晶型无显著影响。

由图 5 可知,混合面团中淀粉结晶度随南瓜粉添加量的增加先升高后下降,其最大值与最小值分别出现在南瓜粉添加量为 15% 和 30% 时,其结晶度分别为 23.90%,19.23%,最大相差 4.67%。这表明在南瓜粉添加量为 15% 时,淀粉的强度、硬度最大且稳定性最好,而在南瓜粉添加量为 30% 时,淀粉的弹性最好。综上,南瓜粉添加量对面团中淀粉的结晶度有一定影响。

3 结论

适量添加南瓜粉可有效降低面团的公差指数、带宽和稳定时间,改善小麦粉粉质特性;面团的糊化特性指标均随南瓜粉添加量的增加而显著下降($P < 0.01$),说明南

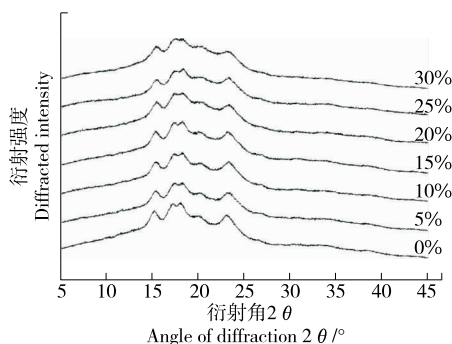


图 4 南瓜粉添加量对面团 X-衍射图谱的影响

Figure 4 X-ray diffraction patterns of wet dough with pumpkin powder at different dosages

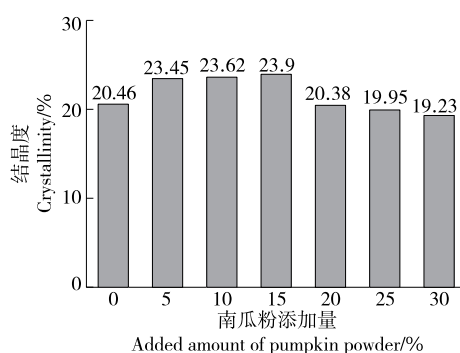


图 5 南瓜粉添加量对面团中淀粉结晶度的影响

Figure 5 Effect of pumpkin powder with different dosages on starch crystallinity in wet dough

瓜粉对面筋蛋白的浓度产生了一定的稀释作用,导致面团的黏性降低,面筋网络结构被破坏;随着南瓜粉添加量的增加,面团的储能模量、损耗模量先下降后上升, $\tan\delta$ 先降低后升高,表明在 0.00~0.63 Hz 下,面团弹性较好,而在 1~20 Hz 下,面团结构极易被破坏;随着南瓜粉添加量的增加,面团的弱结合水含量上升,自由水含量下降,深层结合水含量基本保持不变,且纯南瓜粉面团的弱结合水含量明显高于纯小麦粉面团;面团中淀粉的晶型结构为 A 型晶体,淀粉结晶度在南瓜粉添加量为 15% 时最大,即 23.9%。综上,当南瓜粉添加量为 10%~15% 时,可显著改善混合粉粉质特性($P < 0.01$),且面团具有较好的品质特性。但若使面团转变成面条还需经压片、切片等工序,而这些工序可能会对面条的蒸煮特性和质构特性有一定的影响,为此南瓜粉对面条品质特性的影响还需进一步深入探究。

参考文献

- [1] 熊玲,陈京晓,牟明远,等.南瓜的营养保健价值分析及产品的开发现状[J].食品工业科技,2013,34(23):395-400.
- [2] 杨丹璐,施依,吴金鸿,等.抗冻剂对速冻南瓜泥品质影响及其机理探究[J].食品与机械,2020,36(12):127-131.
- [3] ANURUDDIKA M, UMADEVI H. Pumpkin powder (Cucurbita maxima)-supplemented string hoppers as a functional food[J]. International Journal of Food and Nutritional Sciences, 2020, 9(1): 2-6.
- [4] 刘颖,梁盈,林亲录,等.南瓜多糖的提取及其抗氧化活性研究进展[J].食品与机械,2014,30(3):239-243.
- [5] ZHANG Na, GUO Qing-qi. The nutrition evaluation of pumpkin and its effect to rheology of paste[J]. Advanced Materials Research, 2011, 1154: 933-936.
- [6] 李俊星,杨李益,云天海.南瓜加工品开发与利用研究进展[J].中国瓜菜,2018,31(4):1-4.

(下转第 208 页)

- Food Science and Biotechnology, 2021, 30(1): 149-158.
- [36] ISMIAL S A M A, ALI R F M, ASKAR M, et al. Impact of pre-treatments on the acrylamide formation and organoleptic evolution of fried potato chips[J]. American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2013, 9(2): 90-101.
- [37] TORANG A, ALEMZADEH I. Acrylamide reduction in potato crisps using: Asparaginase from *Candida utilis*, commercial asparaginase, salt immersion, and pH treatment[J]. International Journal of Engineering, 2016, 29: 879-886.
- [38] GENOVESE J, TAPPI S, LUO W, et al. Important factors to consider for acrylamide mitigation in potato crisps using pulsed electric fields[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2019, 55: 18-26.
- [39] MARTINEZ E, RODRIGUEZ J A, MONDRAGON A C, et al. Influence of potato crisps processing parameters on acrylamide formation and bioaccessibility[J]. Molecules, 2019, 24(21): 3 827.
- [40] BERTUZZI T, MARTINELLI E, MULAZZI A, et al. Acrylamide determination during an industrial roasting process of coffee and the influence of asparagine and low molecular weight sugars[J]. Food Chemistry, 2020, 303: 125372.1-125372.6
- [41] LIM P K, JINAP S, SANNY M, et al. The influence of deep-frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) chips[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(1): T115-T121.
- [42] ZHANG Hao, ZHANG Hui, CHENG Li-lin, et al. Influence of deep-frying using various commercial oils on acrylamide formation in French fries[J]. Food Additives & Contaminants: Part A, 2015, 32(7): 1 083-1 088.
- [43] GÖKMEN V, ŞENYUVA H Z. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction [J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 196-203.
- [44] AÇAR Ö Ç, POLLIO M, DI MONACO R, et al. Effect of calcium on acrylamide level and sensory properties of cookies[J]. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5(2): 519-526.
- [45] CONSTANTINOU C, KOUTSIDIS G. Investigations on the effect of antioxidant type and concentration and model system matrix on acrylamide formation in model Maillard reaction systems[J]. Food Chemistry, 2016, 197: 769-775.
- [46] 云少君, 霍相君, 李光宇, 等. 紫米原花青素对丙烯酰胺生成的抑制作用[J]. 农产品加工, 2020(6): 11-13, 16.
- [47] 刘健南, 王小博. 黑枸杞花青素抑制曲奇饼干中丙烯酰胺效果的研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(9): 146-150.
- [48] QI Ya-jing, ZHANG Hao, WU Gang-cheng, et al. Mitigation effects of proanthocyanidins with different structures on acrylamide formation in chemical and fried potato crisp models[J]. Food Chemistry, 2018, 250: 98-104.
- [49] KIM C T, HWANG E S, LEE H J. Reducing acrylamide in fried snack products by adding amino acids[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(5): C354-C358.
- [50] VATTEM D A, SHETTY K. Acrylamide in food: A model for mechanism of formation and its reduction [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2003, 4(3): 331-338.
-
- (上接第 186 页)
- [7] ZAHRA D, MOHAMMAD S, MEHDI K. Effects of pumpkin powder addition on the rheological, sensory, and quality attributes of Taftoon bread[J]. Cereal Chemistry, 2020, 97(5): 904-911.
- [8] 李彦坡, 徐静, 王青波, 等. 甬柑南瓜果酒的研制[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 217-221.
- [9] XU Fen, HU Hong-hai, LIU Qian-nan, et al. Rheological and micro-structural properties of wheat flour dough systems added with potato granules[J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(s1): 1 145-1 157.
- [10] 肖东, 周文化, 陈帅, 等. 亲水多糖对鲜湿面货架期内水分迁移及老化进程的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 298-303.
- [11] TAN Xiao-yan, LI Xiao-xi, CHEN Ling, et al. Effect of heat-moisture treatment on multi-scale structures and physicochemical properties of breadfruit starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 161: 286-294.
- [12] 石晶红, 郭淑文, 李云玲, 等. 豆粉对小麦粉粉质特性和糊化特性的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(9): 50-54.
- [13] 李勇, 周文化, 李彦, 等. 板栗-小麦混合粉的流变学和热力学特性[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(2): 1-5.
- [14] PTASZEK A, BERSKI W, PTASZEK P, et al. Viscoelastic properties of waxy maize starch and selected non-starch hydrocolloids gels[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 76(4): 567-577.
- [15] 陶虹伶, 王丹, 马宁, 等. 松茸粉对面团流变特性及饼干品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(5): 51-56.
- [16] WU Ye-jun, YAN Bo-wen, ZHOU Juan, et al. Effects of sourdough on improving the textural characteristics of microwave-steamed cake: A perspective from dielectric properties and water distribution[J]. Journal of Food Science, 2020, 85(10): 3 282-3 292.
- [17] JASIM A, LINU T, AL-HAZZA A. Effects of frozen storage on texture, microstructure, water mobility and baking quality of brown wheat flour/ β -glucan concentrate Arabic bread dough[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021, 15(2): 1 258-1 269.
- [18] 范珈璇, 裘清扬, 王金荣, 等. 青稞 β -葡聚糖对冷冻熟面品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 115-119, 146.
- [19] 刘锐, 武亮, 张影全, 等. 基于低场核磁和差示量热扫描的面条面团水分状态研究[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9): 288-294.
- [20] 屈展平, 任广跃, 张迎敏, 等. 马铃薯淀粉-小麦蛋白共混体系的相互作用及对复合面条性质的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(1): 72-78.
- [21] 刘卫光. 添加玉米粉对油条品质的影响及其作用机理研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018: 62.