

紫薯粉对面包粉流变学及糊化特性的影响

The influence of purple potato starch on bread flour rheology properities and gelatinization characteristics

何兆位¹ 刘 雄¹ 赵天天¹ 舒远凤²

HE Zhao-wei¹ LIU Xiong¹ ZHAO Tian-tian¹ SHU Yuan-feng²

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学国家食品科学与工程实验教学中心, 重庆 400715)
(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. National Food Science and Engineering Experimental Teaching Center, Southwest University, Chongqing 400715, China)

摘要:在面包粉中依次加入 0%, 5%, 10%, 15%, 20% 的紫薯粉, 利用粉质仪、拉伸仪、快速黏度分析仪探究不同紫薯粉添加量对面团流变学特性、糊化特性的影响。研究表明, 添加紫薯粉对面粉性质影响显著, 随着紫薯粉含量的增加面团流变学特性、糊化特性下降, 说明紫薯粉加入使面团筋力减弱, 抑制了淀粉的糊化和膨胀过程, 不利于面包制作, 但吸水率升高、回生值下降有利于改善产品贮藏特性。当紫薯粉含量超过 10% 时, 面团稳定时间低于 7 min, 各拉伸特性指标下降速率明显加快, 不利于面包制作, 由拉力比曲线可知制作面包发酵时间应为 90 min; 当紫薯粉含量为 5% 时, 回生值与空白相比无显著性差别, 黏度显著增大, 对产品贮藏特性无明显改善, 制作面包时紫薯粉的适宜添加量可控制在 5%~10%。

关键词:紫薯粉; 面包粉; 流变学特性; 糊化特性

Abstract: This study aimed at the effects of purple sweet potato powder (PSP) with different amounts (namely null, 5%, 10%, 15% and 20%) on the rheological properties and pasting properties of dough tested by farinograph, extensograph, and rapid viscosity analyzer. The results showed that addition of PSP significantly influenced the properties of a dough. With the increase of PSP, the rheological properties and gelatinization properties of the dough were improved, which means PSP could lessen the gluten thews and inhibit the gelatinization and expansion process of wheat dough. However, the PSP could rise the bibulous rates, and reduce retrogradation value, which could improve the storage property of the bread. When the addition of PSP was more than 10%, the dough stability time was less than 7 min, and the index of each tensile property decreased faster, which

is unsuitable for bread making. Meanwhile, the tensile curve shows fermentation time of the dough was 90 min. The addition of 5% PSP does not cause any significant difference between setback value and blank, though it triggers off a significant increase in viscosity, which could not obviously improve the storage time of the product. In conclusion, it was suitable for bread making when the addition amount of PSP was 5%~10%.

Keywords: purple sweet potato powder; bread powder; rheological properties; pasting characteristics

紫薯富含淀粉、蛋白质、纤维素、维生素、硒、铁元素和花青素, 营养丰富, 具特殊保健功能。其中富含的 V_C 可促使胶原蛋白正常合成, 预防坏血病的发生^[1]; 硒可增强机体免疫力, 清除体内自由基^[2]。紫薯具有良好的功能特性被广泛运用于面制品中, 赋予产品独特的色泽和保健功能。然而在紫薯面制品开发中, 研究者更偏向于确定产品的最优配方和最佳工艺流程, 而对与面制品加工、产品品质息息相关的面粉性质却不够重视。

在已有报道中, 李颖等^[3]研究了紫薯粉对面团粉质一拉伸特性的影响, 指出了紫薯粉加入会降低面团的流变学特性, 但对导致各特性指标变化的原因及各特性指标变化对产品制作、成品品质预测有参考意义并未说明; 陈芳芳等^[4]仅研究了紫薯粉对面团粉质特性的影响, 具体阐述了加水搅拌形成面团过程中各特性指标变化的趋势原理及对产品制作、品质预测的参考意义, 然而添加紫薯粉面团形成以后在发酵过程中各拉伸特性指标将如何变化以及对产品制作有何参考意义没有继续探究, 同时该研究紫薯粉最大添加量仅为 10%, 各组添加量之间特性指标变化是否显著也没有说明。单珊等^[5]的研究也仅指出了紫薯粉添加量对面团稳定时间的影响, 其他重要特性指标如何变化未进行说明。此外, 无论是面粉还是紫薯粉均含有较多的淀粉^[6-7], 淀粉具有糊化

作者简介: 何兆位, 男, 西南大学在读本科生。
通信作者: 刘雄(1970—), 男, 西南大学教授, 博士。
E-mail: liuxiong848@hotmail.com
收稿日期: 2017-05-05

特性,在面包的制作过程中淀粉可吸水膨胀,增加面包含水量,并与体系中的其他成分竞争水分,建立起焙烤制品的骨架结构^[8],其对产品的影响不可忽略。单珊等^[5]研究表明添加紫薯粉到小麦粉中各糊化特性指标下降,混粉的热稳定性得到提高,面条老化问题得到改善,但不同添加量之间各糊化特性指标变化是否显著、对产品品质有何影响未详细说明,导致各糊化特性指标下降的原因阐述不够充分,同时各糊化特性指标变化对面包及面条品质预测的参考意义侧重点亦存在差别。

为此,本试验以紫薯粉、面包粉为研究对象,利用粉质仪、拉伸仪、快速黏度分析仪研究了不同紫薯粉添加量对面团流变学特性、糊化特性的影响,深入探究导致各特性指标变化的可能原因,并对品质改良提出建议,旨在对前人的研究进行补充完善,为紫薯面包类产品的开发提供更加系统、科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

紫薯粉:纯粉,上海佳食食品有限公司;
麦心雪花粉:河南省雪健实业有限公司;

1.2 试验仪器与设备

粉质仪:JFZD300 型,菏泽衡通实验仪器有限公司;
电子式面团拉伸仪:HZL-350 型,浙江托普仪器有限公司;
快速黏度分析仪(RVA):Tec-Master 型,瑞联科技有限公司;
电子天平:Fa2004A 型,上海精天电子仪器有限公司。

1.3 面团流变学、糊化特性测定

1.3.1 混合粉制备 分别将 0%,5%,10%,15%,20%的紫薯粉替代相应比例的面包粉,混合均匀。

1.3.2 粉质特性测定 根据 GB/T 14614—2006《小麦粉面团的物理特性吸水量和流变学特性的测定粉质仪法》,利用粉质仪测定面粉吸水率、面团形成时间、稳定时间、弱化度。

1.3.3 拉伸特性测定 根据 GB/T 14615—2006《小麦粉面团的物理特性吸水量和流变学特性的测定拉伸仪法》,利用拉伸仪分别测定面团发酵 45,90,135 min 时的抗延伸性、延伸性、拉伸面积、拉伸比。

1.3.4 糊化特性测定 根据 GB/T 24853—2010《小麦、黑麦

及其粉类和淀粉糊化特性测定快速黏度仪法》,采用快速黏度分析仪(RVA)测定含有不同紫薯粉添加量混粉的糊化特性。记录混合粉在糊化过程中的糊化温度、峰值黏度、谷值黏度、峰值时间、衰减值、回生值。

1.4 统计与分析

采用 Excel 2010、SPSS 18.0 对面团流变学特性数据进行分析,当 $P<0.05$ 时,差异性显著。试验结果取 3 次测定的平均值。

2 结果与分析

2.1 紫薯粉添加量对粉质特性的影响

由表 1 可知,随着紫薯粉含量增加,面团吸水率逐渐上升,当紫薯粉添加量达到 20%时,吸水量与 0%添加量相比增加了 22.3%,加入 5%的紫薯粉吸水率即发生显著变化,这一结果与洪文龙等^[9]探究红薯淀粉添加量对小麦面团流变学特性影响相似。导致吸水率上升的原因可能是紫薯粉中含有丰富的淀粉颗粒,淀粉颗粒破碎后具有较大表面积能够吸收大量水分,同时紫薯中含有的总膳食纤维约为 16%,其持水率与马铃薯相似约为 6 g/g,也可以吸收较多的水分,最终导致面团的吸水率上升^[10-11]。吸水率上升制作同等质量的面包所需要的干物质含量减少,同时水分含量升高有助于延长产品保质期。制作面包要求形成时间长,弱化度小,由表 1 还可以看出随着紫薯粉含量增加,面团形成时间缩短,弱化度增大,这一变化与孙维思等^[12]研究马铃薯对面团流变学特性的影响类似。当紫薯粉添加量低于 5%时,形成时间没有显著性差别,当添加量达到 20%时与添加 0%相比形成时间缩短了 4.5 min,弱化度增大了 65 FU。导致该变化的原因可能是在搅拌机剪切力作用下,面筋蛋白多肽链间二硫键与次级键断裂,再次重组形成面筋网络能力减弱,面筋骨架强度减弱,导致形成时间缩短,弱化度增大^[13],此外淀粉吸水后具有一定的黏稠性,淀粉含量增加,水分含量增加,导致混粉黏度增大,发黏变软,加工性能下降。

稳定时间表示面团筋力强弱。由表 1 可以看出随着紫薯粉的加入,面团稳定时间下降,这与单珊等^[5]的研究结果一致。当紫薯粉添加量达 20%时与添加 0%相比稳定时间下降了 7.7 min,除了添加 20%与添加 15%不存在显著性差别外,其他各组稳定时间均存在显著性差别。好的面包专用粉要求稳定时间在 10 min 以上,中国标准要求不低于

表 1 紫薯粉对面包粉粉质特性的影响[†]

Table 1 The effect of purple sweet potato powder content on bread flour powder farinograph properties

添加量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU
0	60.87±0.32 ^a	10.67±0.23 ^a	12.63±0.74 ^a	104.33±2.52 ^a
5	66.10±0.95 ^b	10.37±0.15 ^a	10.83±0.21 ^b	121.77±13.43 ^b
10	71.10±0.46 ^c	8.10±0.26 ^b	7.13±0.06 ^c	141.25±10.02 ^c
15	73.60±0.10 ^d	6.87±0.06 ^c	4.97±0.35 ^d	151.00±3.61 ^c
20	74.47±0.45 ^d	6.17±0.12 ^d	4.93±0.15 ^d	169.33±3.51 ^d

[†] 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

7 min,当紫薯粉添加量超过 10%稳定时间为 7.13 min 不再适合制作面包。导致这一变化的原因可能是随着搅拌进行,淀粉颗粒、膳食纤维充分吸水,降低了面筋网络中的水分含量,使麦胶蛋白、麦谷蛋白之间二硫键稳定性减弱,最终导致稳定时间下降。面团筋力减弱将导致发酵过程中保留 CO₂ 气体的能力降低,成品紫薯面包比容会更小,硬度增大,适口性降低。

2.2 紫薯粉添加量对拉伸特性的影响

拉伸曲线反映面团形成后的流变学特性,研究不同醒发时间下的拉伸特性可以选择合适的发酵时间,预测面包品质,拉伸能量与拉伸比是衡量面粉特性的重要指标。

由图 1~3 可知,相同发酵时间时随着紫薯粉添加量的增加,面团延伸度、抗延伸阻力逐渐下降,紫薯粉添加量在

10%以内时下降趋势相对平缓,超过 10%时延伸度下降趋势明显增大,说明紫薯粉加入降低了面团的筋力强度,图 4 拉伸能量曲线面积减小也印证了这一点。导致这一变化的原因可能是紫薯粉加入降低了面筋相对含量;此外,随着搅拌进行淀粉颗粒在面筋网络空间分布更为均匀,降低了面筋网络润胀性也是导致拉伸特性下降的原因之一^[14]。该变化对制作面包的影响与粉质特性下降造成的影响一致。

拉力比是指面团 50 mm 阻力与延伸度的比值,反映了面团的机械特性,制作面包要求拉力比在 5 左右。由图 5 可知,紫薯粉添加量在 0%~10%时,拉力比变化幅度小,当紫薯粉添加量超过 10%时变化速率明显加快,对比图 1 和图 2 可以看出由于抗拉伸阻力下降速率快于延伸度下降速率,从而导致拉力比下降。当发酵时间为 90 min 时拉力比在 5 左右较适合制作面包。

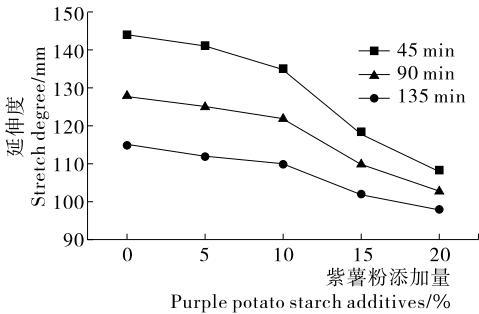


图 1 紫薯粉对面团拉伸延伸度的影响

Figure 1 Effect of purple sweet potato powder on dough tensile stretch degree

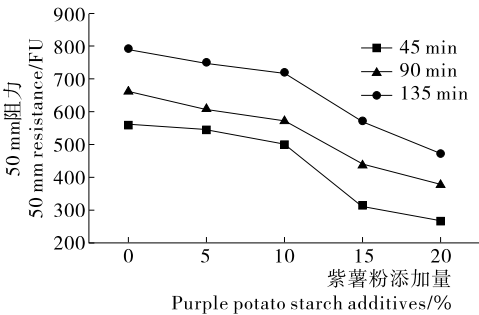


图 2 紫薯粉对面团拉伸 50 mm 阻力的影响

Figure 2 Effect of purple sweet potato powder on dough tensile 50 mm resistance

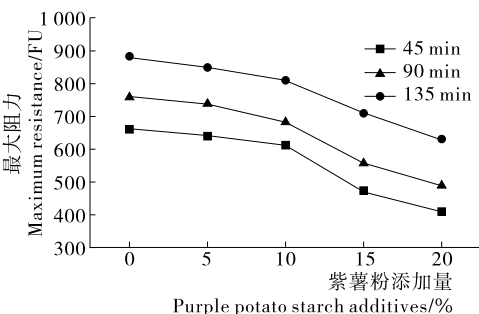


图 3 紫薯粉对面团拉伸最大阻力的影响

Figure 3 Effect of purple sweet potato powder on dough tensile maximum resistance

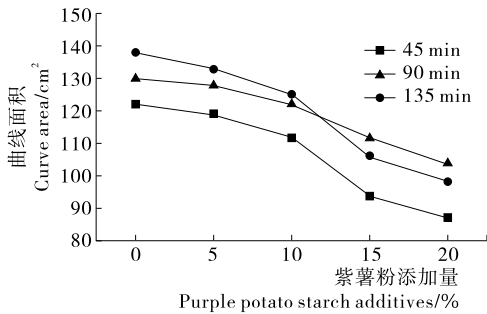


图 4 紫薯粉对面团拉伸曲线面积的影响

Figure 4 Effect of purple sweet potato powder on dough tensile curve area

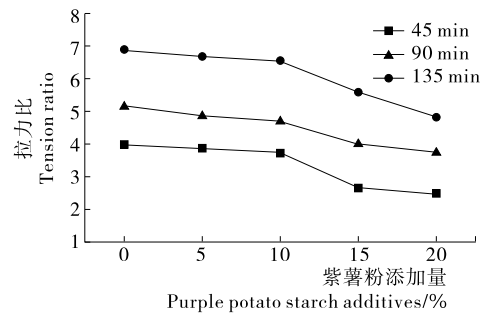


图 5 紫薯粉对面团拉伸拉力比的影响

Figure 5 Effect of purple sweet potato powder on dough tension ratio

紫薯粉的加入有利于改善产品的贮藏特性,但也导致面团筋力减弱,不利于面包制作。罗登林等^[15]的研究表明加入短链菊粉能够显著改善中筋面粉的面团流变学特性;王坤等^[8]的研究亦表明变性淀粉能够改善面团的流变学特性,提高面包品质。故可考虑加入菊粉、变性淀粉等提高紫薯面团的流变学特性以获得品质更优良的产品。

2.3 紫薯粉添加量对面粉糊化特性的影响

由表 2 可知:

(1) 随着紫薯粉含量的增加,混粉的黏度逐渐下降,与单珊^[16]的研究结果一致。5%的紫薯粉添加量即可产生显

表 2 添加紫薯粉对面粉糊化特性的影响[†]

Table 2 Effect of purple potato starch amount on pasting properties of flour

紫薯粉添加量/%	峰值黏度/(mPa·s)	衰减值/(mPa·s)	最终黏度/(mPa·s)	回生值/(mPa·s)	糊化温度/℃
0	2 705.0±117.4 ^a	912.3±8.1 ^a	3 339.0±148.5 ^a	1 538.7±29.7 ^a	72.30±0.28 ^a
5	2 541.7±70.5 ^b	922.3±10.1 ^a	3 136.7±66.5 ^b	1 517.3±11.1 ^a	87.55±0.71 ^b
10	2 201.0±75.9 ^c	870.0±30.5 ^b	2 772.3±55.5 ^c	1 441.3±26.0 ^b	87.33±0.24 ^b
15	2 061.0±72.1 ^c	863.0±27.7 ^b	2 487.5±30.4 ^d	1 352.3±66.9 ^c	86.33±0.35 ^c
20	1 728.0±53.1 ^d	611.0±17.7 ^c	2 231.3±42.6 ^e	1 114.3±9.1 ^d	86.40±0.87 ^c

[†] 同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

著差别,当紫薯粉添加量达 20%时,峰值黏度相对下降了 36%,最终黏度相对下降了 33%,说明紫薯粉添加对面粉的黏度特性影响显著,加入紫薯粉抑制了淀粉的糊化膨胀过程不利于面包制作。周爱梅等^[17]认为,淀粉颗粒越小,分子间结合越紧密,膨胀阻力越大,黏度就越难以增大。由于紫薯粉淀粉颗粒粒径小于面粉淀粉粒径^[7,18],随着紫薯粉含量增加,混粉淀粉平均粒径相对减小,糊化过程中小颗粒淀粉膨胀挤压的效果减弱,从而导致黏度下降。黏度下降,将导致成品比容减小、口感变硬等问题,降低成品品质,这与流变学特性预测面包品质一致。

(2) 5%的紫薯粉添加量对衰减值无显著性影响,衰减值整体呈下降趋势,当紫薯粉添加量达 20%时,衰减值相对下降了 33%,说明紫薯粉增强了混粉的耐剪切性,面团更耐搅拌。由于加入紫薯粉后混粉平均粒径相对降低,小分子颗粒间结合更紧密,在吸水膨胀过程中强度更大,不易破裂,最终导致衰减值下降,使产品咀嚼性增大。

(3) 随着紫薯粉添加量的增加,回生值逐渐减小,与孔霜霜^[19]的研究一致。5%以内紫薯粉添加量对回生值无显著性影响,不能明显改善产品贮藏特性,制作面包时紫薯粉添加量可控制在 5%以上更有利于产品保存,当紫薯粉添加量达 20%时,回生值相对降低 28%。导致回生值降低的原因可能是紫薯粉直链淀粉含量低于面包粉^[6-7],加入紫薯粉混粉直链淀粉含量降低,导致回生值降低。淀粉回生将导致产品贮藏过程中质地变硬,口感降低,但回生值降低有利于产品保存,这与粉质特性吸水率升高有利于产品保存一致。

(4) 紫薯粉加入后糊化温度整体呈上升趋势,5%的添加量与纯粉相比糊化温度明显升高。导致糊化温度升高的原因可能是紫薯淀粉结晶度大于小麦淀粉^[20-21],较难糊化,说明在焙烤紫薯面包时应当适当提高烤炉温度或延长焙烤时间。紫薯粉加入混粉黏度随之下降,将导致成品面包比容减小、口感变硬等问题,程东等^[22]研究表明通过羟丙基改性引入亲水基团提高了蜡质玉米淀粉的膨胀度,降低了糊化温度。在实际操作中可考通过羟丙基改性的方法克服加入紫薯粉带来的不利影响,以获得品质更优良的产品。

3 结论

面团流变学—糊化特性是预测面包品质、指导生产的基

础理论依据之一。本研究表明,添加紫薯粉对面粉的性质影响显著,将导致面团的流变学、糊化特性下降,降低面团的加工品质和面包的焙烤品质,但改善了成品的贮藏特性。在开发紫薯面包类产品时建议控制紫薯粉的添加量在 5%~10%,此时面团仍具有合适的筋力,也有利于产品保存,具体添加量应当结合成品品质与贮藏特性确定。

本试验紫薯粉最高添加量达 20%拓展了前人的研究,对品质改良提出了可行建议,为紫薯面包类产品开发提供了参考依据。同时也验证了徐虹等^[23]确定紫薯面包配方时紫薯粉最适添加量为 10%是合理的。相同品种不同粒度的紫薯粉对面粉性质、产品品质的影响也存在一定差别,本试验未考虑紫薯粉粒度对面粉性质的影响,不同粒度的紫薯粉对面粉性质、产品品质影响如何有待于进一步探究。

参考文献

[1] 张明,王燕.紫甘薯中的功能性成分研究[J].农产品加工,2010(5):65-67,70.

[2] 屈兰竹,杨松杰,嵇苏,等.微量必需元素硒的作用探析[J].中国农学通报,2010,26(7):94-97.

[3] 李颖,张萌,郭丽萍.紫薯粉对面团流变学特性及馒头品质的影响[J].粮油食品科技,2013,21(6):46-50.

[4] 陈芳芳,于文涛,刘少伟,等.紫薯粉对面团粉质特性和质构特性的影响[J].食品工业,2014,35(5):170-174.

[5] 单珊,周惠明,朱科学.紫薯—小麦混合粉的性质及在面条上的应用[J].食品工业科技,2011,32(9):94-96.

[6] 何中虎.糯小麦的研究概况[J].作物杂志,1999(2):7-9.

[7] 刘蒙,曲智雅,李小定,等.紫薯淀粉理化性质的研究[J].中国粮油学报,2013,28(5):24-30.

[8] 王坤,吕振磊,王再生,等.变性淀粉对面团流变学特性和面包品质的影响[J].食品与机械,2011,27(4):20-24.

[9] 洪文龙,曹森,耿婉.不同淀粉对面团流变学特性的影响[J].农产品加工,2016(15):1-4.

[10] 孙健,钮福祥,岳瑞雪,等.甘薯膳食纤维构成及对乙醇发酵的影响[J].中国粮油学报,2014,29(5):18-22.

[11] 胡雪琼,陈笑芬,邵海艳.双酶法提取马铃薯渣中水不溶性膳食纤维的工艺研究[J].食品科技,2015,40(8):167-170.

(下转第 30 页)

产量及内生微生物植物体外传代的稳定性,使利用微生物发酵生产内酯类物质成为可能。

参考文献

[1] HARDOIM P R, VAN OVERBEEK L S, BERG G, et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes[J]. Microbiology and Molecular Biology Review, 2015, 79 (3): 293-320.

[2] 袁志辉, 蒋琼凤, 何福林. 植物内生微生物及其“暗物质”开发技术的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(7): 1 156-1 163.

[3] YAN J F, BROUGHTON S J, YANG S L, et al. Do endophytic fungi grow through their hosts systemically[J]. Fungal Ecology, 2015, 13: 53-59.

[4] 刘颖, 魏希颖. 内生菌对植物次生代谢产物的转化[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(2): 300-303.

[5] 王兴红. 内生真菌与天然药物研究进展[J]. 中草药, 2007, 38 (1): 140-143.

[6] STROBEL G, DAISY B. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products[J]. Microbiology and Molecular Biology Review, 2003, 67(4): 491-502.

[7] 韩宏伟, 谢博文, 许旦, 等. 漂烫对真空油炸银杏果品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 179-182, 212.

[8] 张灿, 宫彩娥, 范龚健, 等. 酶解银杏蛋白制备 α -葡萄糖苷酶抑制肽的研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 137-141.

[9] 雷爱秋, 华洋林, 孙为正. 含银杏叶提取物胶囊中黄酮类化合物检测方法改进[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 88-91.

[10] QIAN Yi-xin, KANG Ji-chuang, LUO Yi-kai, et al. A bilobalide-producing endophytic fungus, pestalotiopsis uvicola from medicinal plant *Ginkgo biloba*[J]. Current Microbiology, 2016, 73(2): 280-286.

[11] 杜慧竟, 苏静, 余利岩, 等. 药用植物内生放线菌的分离和生物学特性[J]. 微生物学报, 2013, 53(1) : 15-23.

(上接第 9 页)

[12] 孙维思, 张仁堂, 乔旭光. 不同品种马铃薯混配粉面团流变学特性及对馒头品质的影响[J/OL]. 食品与发酵工业, 2017, 43 (2): 95-100.

[13] 刘振峰, 陈洁, 田少君, 等. 绿豆粉及其蛋白质对面条品质影响的研究[J]. 粮油食品, 2007(3): 75-77.

[14] 张月巧, 陈龙, 卢可可, 等. 添加不同粉碎处理香菇粉对面团流变学特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(3): 12-17.

[15] 罗登林, 陈瑞红, 刘娟, 等. 短链菊粉对中筋粉面团流变学特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(6): 1-4.

[16] 单珊. 紫薯—小麦混合粉的性质及面条品质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 14-19.

[17] 周爱梅, 杨慧, 杨磊, 等. 不同品种南瓜淀粉的理化特性对比研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(8): 1 784-1 790.

[12] 严铸云, 庞蕾, 罗静. 银杏内生真菌中产生银杏内酯类菌株的筛选[J]. 华西药学杂志, 2007, 22(5): 491-493.

[13] 严铸云, 罗静, 郭晓恒, 等. 产银杏内酯内生真菌的筛选及培养条件研究[J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(4): 554-558.

[14] 罗静, 严铸云, 郭晓恒, 等. 产银杏内酯内生真菌的选育及发酵条件研究[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2009, 46 (4): 1 161-1 165.

[15] 包飞, 樊明涛, 贺江. 产银杏内酯 B 内生真菌的分离与筛选[J]. 西北农业学报, 2008, 17(3): 328-331.

[16] CUI Yu-na, YI Da-wei, BAI Xiu-feng, et al. Ginkgolide B produced endophytic fungus (*Fusarium oxysporum*) isolated from *Ginkgo biloba*[J]. Fitoterapia, 2012, 85(3): 913-920.

[17] 席晓圆, 赵盛英, 张鹏, 等. 产紫杉醇内生真菌 N-15 的分离及鉴定[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(8): 1 219-1 222, 1 283.

[18] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982: 60-75.

[19] MAROPOLA M K, RAMOND J B, TRINDADEA M. Impact of metagenomic DNA extraction procedures on the identifiable endophytic bacterial diversity in *Sorghum bicolor* (L. Moench) [J]. Journal of Microbiological Methods, 2015, 112: 104-117.

[20] GONZALEZ-TEUBER M, VILO C, BASCUNAN-GODOY L. Molecular characterization of endophytic fungi associated with the roots of *Chenopodium quinoa* inhabiting the Atacama Desert, Chile [J]. Genomics Data, 2017, 11: 109-112.

[21] KUMAR S, STECHER G, TAMURA K. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets [J]. Molecular Biology and Evolution, 2016, 33(7): 1 870-1 874.

[22] 杜若源, 谢晶, 王婷, 等. 超声波辅助提取银杏叶中总黄酮的工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 167-170.

[23] 喻林华, 李晓烈, 蓝华, 等. 银杏叶提取物对柑橘青霉病菌的抑菌效果[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 60-62.

[18] 艾志录, 孙茜茜, 潘治利, 等. 不同来源淀粉特性对水晶皮制品品质的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(1): 318-214.

[19] 孔霜霜. 紫薯熟粉的加工及其自发粉研制[D]. 无锡: 江南大学, 2015: 30-31.

[20] 宋一诺, 谢新华, 艾志录, 等. 月桂酸对不同直链淀粉含量小麦淀粉黏滞性和质构特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2016, 31 (9): 52-56.

[21] 陈颖, 陈勉, 王曦, 等. 几种淀粉的相对分子质量分布、微晶结构及相貌研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(3): 19-23.

[22] 程东, 洪雁, 庞艳生, 等. 交联和羟丙基改性对蜡质玉米淀粉糊化和流变性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 18-23.

[23] 徐虹, 高思思, 王思宇, 等. 紫薯面包配方和工艺研究[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(6): 54-58.