

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2022.01.036

慈姑淀粉添加量对鲜面条品质的影响

Effect of arrowhead starch on the quality of fresh noodles

罗婷婷 戢得蓉 罗妍琛 段丽丽 郑静

LU Ting-ting JI De-rong LUO Yan-chen DUAN Li-li ZHENG Jing

(四川旅游学院食品学院, 四川 成都 610100)

(College of Food and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu, Sichuan 610100, China)

摘要:目的:探究慈姑淀粉对鲜面条品质的影响,将不同比例的慈姑淀粉添加入麦芯粉中制得鲜面条。方法:对所制鲜面条蒸煮特性、色泽、感官品质、质构特性及挥发性风味成分等进行测定。结果:随着慈姑淀粉添加量增多,鲜面条的吸水率、断条率、蒸煮损失率整体呈上升趋势,风味物质、硬度和弹性增大,但咀嚼性、胶黏性、感官品质降低;慈姑淀粉添加量为5%时鲜面条感官品质最佳,其最佳蒸煮时间为4.5 min,面条断条率为0%,蒸煮损失率为5.28%,吸水率为70.09%,色差 ΔE^* 为2.31,GC-MS检测表明慈姑淀粉鲜面条中富含烃类、醇类等风味物质。结论:添加适量的慈姑淀粉可以改善鲜面条品质。

关键词:慈姑淀粉;鲜面条;蒸煮特性;质构特性;挥发性风味成分

Abstract: Objective: In order to explore the effect of arrowhead starch on the quality of fresh noodles, arrowhead starch in different proportions were added into wheat core powder to make fresh noodles. **Methods:** The cooking characteristics, color, sensory evaluation, texture characteristics and GC-MS of fresh noodles were measured. **Results:** Increasing the amount of arrowhead starch can not only increase the water absorption rate, broken rate and cooking loss rate of noodles as a whole, but also increase the flavor, hardness and elasticity of noodles, and reduced the chewiness, stickiness and taste quality of noodles as well as. When the addition of arrowhead starch was 5%, the sensory score of arrowhead fresh noodles was optimal. The optimized cooking time of the fresh noodles was 4.5 min, which had a 0% noodle breakage rate, 5.28% cooking loss rate and 70.09% water

absorption rate. The color difference ΔE^* was 2.31. GC-MS showed that the fresh arrowhead starch noodles were rich in hydrocarbons and alcohols. **Conclusion:** Adding a proper amount of arrowhead starch could improve the quality of fresh noodle.

Keywords: arrowhead starch; fresh noodles; cooking characteristics; texture characteristics; volatile flavor components

慈姑(*Sagittaria sagittifolia* L)又称茨菰、白地栗、乌芋等^[1],属于泽泻科慈姑属的直立水生草本植物,其主要食用部分为块茎。慈姑是一种良好的药食两用的原料,具有一定食疗作用,有凉血、清热解暑、消肿解毒、止血、保肝、降血糖、调脂和免疫刺激等功效^[2]。此外慈姑具有显著的抗氧化、抗肿瘤等作用^[3]。慈姑中淀粉含量高,干燥的慈姑球茎淀粉含量高达54.60%^[4-5],其中约有30%左右的直链淀粉^[6],而且慈姑淀粉的黏性行为、热稳定性和机械稳定性良好,适合作为面条加工的原料^[7]。

面条为中国传统主食之一,近年来,向小麦粉中添加杂粮粉制得的新型营养面条越来越受研究者的青睐与重视,目前已有将全谷、荞麦、鹰嘴豆、马铃薯淀粉等杂粮原料添加到面条中的研究报道^[8-10],但利用慈姑淀粉重组小麦粉制成淀粉面条的研究还未见报道。试验拟用慈姑淀粉代替部分小麦粉制作慈姑鲜面条,探究慈姑淀粉对鲜面条色泽、蒸煮特性、质构特性、感官品质和挥发性风味成分的影响,以期慈姑淀粉在鲜面条加工中的应用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

慈姑淀粉:弥勒市竹园镇蔗林食品厂;

多用途麦芯粉:碳水化合物24%、蛋白质20%、脂肪3%,滨州中裕食品有限公司。

1.2 材料与设备

摇摆式高速万能粉碎机:DFY-1000D克型,温岭市林大机械有限公司;

家用智能面条机:HR2356型,飞利浦公司;

基金项目:四川旅游学院校级重点科研项目(编号:19SCTUZZ04);四川省大学生创新创业训练项目(编号:S202011552089)

作者简介:罗婷婷,女,四川旅游学院在读本科生。

通信作者:戢得蓉(1989—),女,四川旅游学院讲师,硕士。

E-mail:240765570@qq.com

收稿日期:2021-06-08

电子天平:GL224I-1SCN 型,深圳市林涛仪器有限公司;

质构仪:TMS-PRO 型,美国 FTC 公司;

电热鼓风干燥箱:101 型,北京市永光明医疗仪器有限公司;

专用磁力加热搅拌装置:PC-420D 型,美国 Supelco 公司;

手动萃取头:75 μm ,CAR/PDMS 型,美国 Supelco 公司;

气相色谱-质谱联用仪:SQ680 型,美国 Perkin Elmer 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 慈姑淀粉预处理 将慈姑淀粉原料,用粉碎机进行粉碎并过 100 目筛,备用。

1.3.2 慈姑鲜面条加工

(1) 工艺流程:

原料称重(麦芯粉、慈姑淀粉) \rightarrow 混匀 \rightarrow 和面(加水量 35%) \rightarrow 压面 \rightarrow 单螺旋挤压切条 \rightarrow 熟化 \rightarrow 成品^[11]

(2) 操作要点:按表 1 的比例称取麦芯粉和过 100 目筛的慈姑淀粉,用智能面条机以和面模式搅拌 2 min,加入 70 g 纯净水继续搅拌 4 min,转为压面模式,使用 2 mm 孔径的模具^[12],制备出不同慈姑淀粉添加量(0%,5%,10%,15%,20%,25%,30%)的鲜面条。

1.3.3 鲜面条水分含量测定 参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法。

1.3.4 面条色泽测定 参照刘增贵^[13]的方法,测定各样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.3.5 最佳蒸煮时间测定 参照 LS/T 3212—2014《挂面》中的方法,略作调整:取 15 根长度为 20 cm 的慈姑面条,从 135 s 时取样,每间 15 s 取出 1 根面条,确定最佳蒸煮时间。

1.3.6 熟断条率测定 参照马贵燕^[14]的方法,略作调整:取 25 根长度为 20 cm 的慈姑面条进行测定。

1.3.7 吸水率及蒸煮损失率测定 参照乔明锋等^[15]的方法,略作调整:取 25 根长 15 cm 面条称重,置于 500 mL 蒸馏水中煮制 270 s,捞出、沥干后称重后得出吸水率;将测吸水率的面条,取 200 mL 面汤倒入恒重的 250 mL 烧

杯中,用电子万用炉蒸发出大部分水分,放入 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱内烘至恒重得到蒸煮损失率。

1.3.8 质构分析 参照乔明锋等^[15]的方法,略作调整:将 25 根长度为 20 cm 的慈姑鲜面条,置于沸水中进行煮制 270 s,捞出后用冷水冲淋 1 min,置于滤纸上静置 1 min;选用 TA/LKB-切刀探头,设定测试参数形变量 50 mm,速度 60 mm/min,回复力 0.375 N,高度 30 mm。煮制后慈姑鲜面条质构测试以硬度、弹性、咀嚼性、胶黏性为主要指标。

1.3.9 感官评价 选择 10 名食品科学与工程本科专业的学生组成感官鉴评小组然后对慈姑鲜面条进行感官评价,满分为 100 分。参照 SB/T 10137—93《中华人民共和国行业标准 面条用小麦粉》制定评分标准如表 2 所示。

1.3.10 挥发性风味成分分析

(1) 萃取条件:将面条剁细,称取 3.0 g 样品置于 10 mL 顶空瓶中,加盖密封,固相微萃取器经老化处理后插入顶空瓶,置于 40 $^{\circ}\text{C}$ 水浴顶空萃取 60 min 后,立即插入气相色谱仪进样口中,在 220 $^{\circ}\text{C}$ 下解吸 5 min,进行 GC-MS 检测。

(2) GC 条件:进样口温度 220 $^{\circ}\text{C}$;色谱柱为 DB-Wax (30 mm \times 0.25 mm \times 0.25 μm);升温程序:初始温度 70 $^{\circ}\text{C}$,保持 10 min,以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 100 $^{\circ}\text{C}$,保持 0 min,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 220 $^{\circ}\text{C}$,保持 5 min。

(3) MS 条件:电子电离源,电子能量 70 eV,灯丝流量 0.20 mA,离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$,接口温度 240 $^{\circ}\text{C}$,质量扫描范围 50.00~450.00(m/z)。

1.4 数据处理与分析

所有试验数据均进行 3 组及以上平行,运用 Microsoft Excel 2010 进行数据处理,显著性差异分析和相关性分析使用 SPSS 22.0、Origin 8.5 统计软件进行评估与处理。

2 结果与分析

2.1 慈姑淀粉添加量对鲜面条含水量和吸水率的影响

慈姑淀粉添加量对鲜面条含水量和吸水率的影响显著,结果见图 1。面条的含水量在慈姑淀粉添加量为 0%~15%和 20%~30%时呈上升趋势,当慈姑淀粉添加量为 15%时,面条含水量相对最大,可能是混合粉中蛋白质占比逐渐减少,降低了非冻结水与蛋白质表面的亲水部位以氢键相结合的机率,进而导致面条的含水量增加^[16-17];当慈姑淀粉添加量为 20%时,面条含水量骤降,可能由于混合粉中蛋白质占比减小到一定比例,此时的加水量充分,蛋白质和淀粉与水分子紧密结合,使吸附水增加,蛋白质与淀粉充分吸水膨胀,形成致密的网络结构,而后随慈姑淀粉添加量增加,混合粉中蛋白质占比继续降低,而加水量不变,水分只能吸附在面筋网络结构外面,进而导致吸附水更多地向自由水转化,含水量又逐渐

表 1 慈姑淀粉替代麦芯粉比例

Table 1 Mixed flour formula

慈姑淀粉 添加比例/%	实际质量	
	慈姑淀粉/g	麦芯粉/g
0	0	200
5	10	190
10	20	180
15	30	170
20	40	160
25	50	150
30	60	140

表 2 感官评分标准
Table 2 Sensory score

色泽	外观状态	适口性	韧性	黏性	光滑性	香味
面条色泽白, 色泽均匀, 光亮 (8.5~10.0 分)	面条表面光滑无破损, 膨胀度饱满, 表面结构细密 (8.5~10.0 分)	齿咬断一根面条需要力的大小适中 (16~20 分)	面条在咀嚼时有咬劲、富含弹性 (19~25 分)	咀嚼时面条爽口且不粘牙 (19~25 分)	光滑 (4~5 分)	有适宜慈姑淀粉清香味, 无其他异味 (4~5 分)
面条色泽偏黄, 但均匀一致, 亮度一般 (5.0~8.5 分)	面条表面有小裂纹或气泡, 表面皱起无破损, 膨胀度良好 (5.0~8.5 分)	面条口感稍偏硬或软 (10~16 分)	面条在咀嚼时的咬劲和弹性大小一般 (12~19 分)	咀嚼时面条较爽口、稍粘牙 (12~19 分)	较为光滑杂质 (3~4 分)	慈姑味较浓或过淡, 但无其他异味 (3~4 分)
面条色泽发暗、发灰, 颜色不一致且淡无光泽 (1.0~5.0 分)	面条表面粗糙有大裂纹或气泡、过度膨胀、严重变形, 皱起有小破损 (1.0~5.0 分)	面条口感太硬或太软 (1~10 分)	面条在咀嚼时的咬劲差、弹性弱 (1~12 分)	咀嚼时面条不爽口、发黏 (1~12 分)	粗糙 (1~3 分)	香味不足, 无慈姑味, 有酸味等不良气味 (1~3 分)

上升^[18]。由于慈姑淀粉中含大量多糖物质和亲水性物质^[19], 添加慈姑淀粉后会影响到面条的吸水率, 随慈姑淀粉添加量的增加, 慈姑鲜面条的吸水率整体呈上升趋势; 当慈姑淀粉添加量为 20% 时, 面条吸水率骤升, 由于面条的吸水率与淀粉结合水能力密切相关, 此时慈姑面条的含水量最低, 煮制时水分充分被吸附至面筋网络结构表面^[20]。面条的含水量在慈姑淀粉添加量为 5% 及 25% 时与普通面条最接近, 但从实际食用品质来看, 5% 慈姑淀粉添加量的面条黏度适宜, 咀嚼时爽口且不粘牙。

2.2 慈姑淀粉添加量对鲜面条蒸煮特性的影响

由图 2 可知, 普通面条与 5% 慈姑淀粉添加量的面条断条率均为 0, 之后随着慈姑淀粉添加比例的增加, 面条断条率不断增大, 当慈姑淀粉添加量为 30% 时面条断条率最大。由于慈姑淀粉中面筋蛋白含量极少, 增加慈姑淀粉用量, 会降低混合粉中的面筋蛋白含量不利于面筋网络结构的形成, 从而使得面条韧性减低^[21]。因此, 随着慈姑淀粉添加量的增加断条率上升。

由图 2 还可知, 慈姑淀粉添加量为 5% 和 20% 的面条相比于其他添加量的面条蒸煮损失率相对较低, 品质较好; 而慈姑淀粉添加量为 15% 时蒸煮损失率达到最大, 面条糊汤明显。在 0%~15% 的慈姑淀粉添加量范围内慈姑淀粉含量较小, 混合粉中直链淀粉含量占比增大, 在煮制

过程中使得面筋网络更多地暴露在沸水中, 面条中的面筋蛋白损失率上升, 进而导致面条的断条率升高^[22], 在 15% 添加量时达到最大值。添加量为 20% 时面条的蒸煮损失率骤然减小, 可能与慈姑淀粉高黏性的特征有关。

2.3 慈姑淀粉添加量对鲜面条质构特性的影响

由表 3 可知, 随着慈姑淀粉添加量的增加, 鲜面条的胶黏性先减小后增大再降低; 面条的硬度、咀嚼性与弹性的变化趋势相似, 均呈先增大后减小再增大的趋势, 均在慈姑添加量为 5% 时出现第一次拐点, 表明添加 5% 慈姑淀粉可以增加鲜面条的内聚力, 使得面条的品质得到一定的改善, 但是当慈姑淀粉的添加量超过一定范围时, 面条的品质开始下降。由于慈姑淀粉中不含面筋蛋白, 进而导致面筋网络形成受阻, 影响了面筋的强度, 对面条的食用口感产生了影响^[21]。蒸煮后的面条中淀粉发生糊化, 直链淀粉与支链淀粉形成一种淀粉网络结构, 使面条具有一定的刚性和完整性, 由于慈姑淀粉的添加, 混合面粉中的面筋蛋白占比降低, 导致面筋蛋白的结合性能降低, 以至于面筋网络形成受阻以及面筋的延展性降低, 使得面条质地变坚硬^[23]。由表 4 可知, 面条咀嚼性受硬度、胶黏性、弹性 3 个因素共同影响, 与面条硬度、弹性呈极显著正相关性 ($P \leq 0.01$), 与面条胶黏性呈极显著负相关

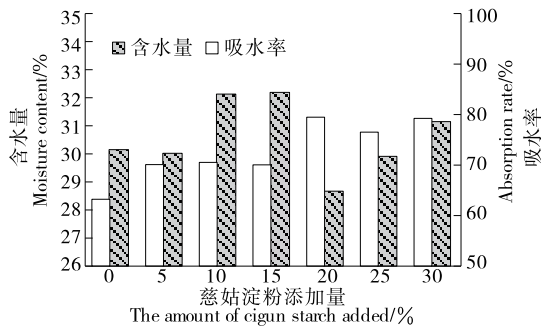


图 1 慈姑淀粉添加量对面条含水量和吸水率的影响

Figure 1 Effect of arrowhead starch addition on water content and water absorption of noodles

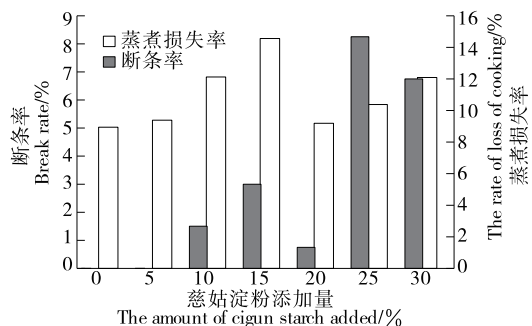


图 2 慈姑淀粉添加量对面条断条率和蒸煮损失率的影响

Figure 2 Effect of arrowhead starch addition on noodle breakage rate and cooking loss rate

表 3 慈姑淀粉添加量对慈姑鲜面条品质的影响[†]

Table 3 Effect of arrowhead starch addition on the quality of arrowhead noodles

慈姑淀粉添加量/%	咀嚼性/mJ	胶黏性/N	硬度/N	弹性/mm
0	0.57±0.07 ^{ab}	1.00±0.06 ^a	1.41±0.05 ^b	0.59±0.05 ^{ab}
5	0.63±0.07 ^{ab}	0.95±0.05 ^{ab}	1.54±0.12 ^b	0.61±0.02 ^{ab}
10	0.58±0.06 ^{ab}	0.94±0.08 ^{ab}	1.45±0.08 ^b	0.60±0.03 ^{ab}
15	0.58±0.06 ^{ab}	1.02±0.12 ^a	1.48±0.08 ^b	0.60±0.04 ^{ab}
20	0.49±0.08 ^b	1.07±0.22 ^a	1.39±0.14 ^b	0.50±0.03 ^b
25	0.63±0.10 ^{ab}	0.76±0.23 ^{bc}	1.58±0.15 ^b	0.64±0.03 ^a
30	0.69±0.18 ^a	0.69±0.18 ^c	1.73±0.21 ^a	0.68±0.25 ^{ab}

† 同列数据中标注字母不同表示差异显著($P \leq 0.05$)。

表 4 慈姑淀粉添加量与鲜面条质构指标间的相关性分析[†]

Table 4 Correlation analysis between arrowhead starch addition and quality index of arrowhead noodles

指标	慈姑淀粉添加量	咀嚼性	硬度	胶黏性	弹性
慈姑淀粉添加量	1.000				
咀嚼性	0.372	1.000			
硬度	0.642	0.940 ^{**}	1.000		
胶黏性	-0.642	-0.887 ^{**}	-0.911 ^{**}	1.000	
弹性	0.329	0.973 ^{**}	0.885 ^{**}	-0.877 ^{**}	1.000

† * 表示具有显著相关性($P \leq 0.05$); ** 表示具有极显著相关性($P \leq 0.01$)。

性($P \leq 0.01$);面条弹性与面条咀嚼性、硬度呈极显著正相关性($P \leq 0.01$)。

2.4 慈姑淀粉添加量对鲜面条色泽的影响

随着慈姑淀粉的添加,淀粉含量逐渐增加,蛋白质相对含量减少,会使面筋网状结构形成受阻,对光的反射造成一定的影响^[24]。由表 5 可知,随慈姑淀粉添加量的增加,使 L^* 、 a^* 值均较未添加慈姑淀粉的对照组高。其中添加了慈姑淀粉后面条 L^* 值比普通面条高,表明慈姑淀粉的添加有助于提高鲜面条的亮度,使面条的表观状态提高,这是由于 L^* 值与支链淀粉含量呈正相关,与蛋白质含量呈负相关,添加了慈姑淀粉的混合粉中直链淀粉占比增加,蛋白质占比减小,使得面筋网络形成受阻,面条质地紧密程度降低,反射光增加所致;慈姑鲜面条较普通面条的 b^* 值呈下降趋势,慈姑鲜面条偏向蓝色度增大的方向,这是由于 b^* 值与直连淀粉含量相关^[25]。综上,随着慈姑淀粉添加量的增加,慈姑鲜面条的颜色会向亮、红的趋势发展,同时面条颜色随慈姑淀粉添加量的增加,会先向黄的趋势发展,再逐渐加深。可能是由于随着慈姑淀粉含量增加,混合粉中蛋白质占比降低,淀粉占比增加,使得面筋网状结构受阻,从而导致制得的面条内部结构紧密程度改变,对光的反射产生影响^[26]。

2.5 慈姑淀粉添加量对鲜面条感官品质的影响

由图 3 可知,不同添加量的慈姑淀粉制作的鲜面条感官各项指标存在较大的差异,面条感官总体评分随慈姑淀粉添加量的增加,呈先增加后降低的趋势。感官评分总分的变幅为 0.34%~8.70%,平均分为 85.86。其中,

表 5 慈姑淀粉添加量对慈姑鲜面条色泽的影响[†]

Table 5 Effect of arrowhead starch addition on the color of arrowhead noodles

慈姑淀粉添加量/%	L^*	a^*	b^*
0	56.63±1.91 ^c	2.72±0.38 ^a	14.45±0.56 ^{ab}
5	58.92±0.53 ^{bc}	2.88±0.26 ^a	14.86±0.72 ^a
10	57.94±2.06 ^c	3.04±0.73 ^a	14.61±0.47 ^{ab}
15	58.94±1.98 ^{bc}	2.96±0.71 ^a	13.68±0.47 ^{bc}
20	59.39±1.34 ^{bc}	2.96±0.28 ^a	13.36±0.35 ^c
25	63.12±2.20 ^a	3.17±0.52 ^a	14.07±0.40 ^{ab}
30	61.57±1.17 ^{ab}	3.13±0.40 ^a	13.20±0.83 ^c

† 同列数据中标注字母不同表示差异显著($P \leq 0.05$)。

慈姑淀粉添加量为 5% 时,色泽、表观状态、适口性、黏度、光滑性得分最高,添加少量慈姑淀粉一定程度上提升了面条的风味与口感,面条吃起来伴有淡淡的甜味,具有适宜慈姑淀粉清香味。但随着慈姑粉添加比例增加,混合面粉中的蛋白质含量降低,面条的表观状态、适口性、光滑性逐渐下降;面条颜色逐渐偏灰但色泽均匀,亮度逐渐增加。由于慈姑淀粉面条黏度逐渐增加,粘牙程度也随之增加;面条的弹性和筋力会有所下降,韧性逐渐减弱,致使面条的口感逐渐变软,咬劲变差,最终使得面条的感官评分逐渐下降。综上,添加适量的慈姑淀粉可有效改善面条的食用品质。

2.6 添加慈姑淀粉对鲜面条挥发性风味成分的影响

利用固相微萃取气质联用检测未添加慈姑淀粉的普

通面条和慈姑淀粉添加量为 5% 的鲜面条的挥发性风味成分物质。表 6 为面条中挥发性风味成分的 GC-MS 分析结果。

由表 6 可知,慈姑淀粉添加量为 0%,5% 的面条样品检测出的风味物质分别为 16,17 种,普通面条中醛类含量最高(27.88%),其次是烃类(8.96%)、酮类(5.25%)、呋喃类(4.06%)等。慈姑淀粉添加量为 5% 的慈姑鲜面条中烃类含量最高(40.53%),其次为呋喃类(6.87%)、醇类(1.83%)、酮类(1.16%)等。经过数据对比可知,普通面条中的挥发性成分及挥发性物质总相对含量均低于慈姑淀粉添加量为 5% 的慈姑鲜面条,两者的香气物质在种类和相对含量上均存在一定的差异,但也存在相似的香气

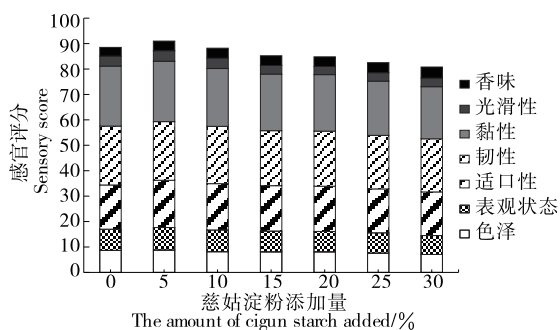


图 3 慈姑淀粉添加量对慈姑鲜面条感官的影响

Figure 3 Effect of arrowhead starch addition on sensory properties of arrowhead fresh noodles

表 6 香气成分对比

Table 6 Comparison of aroma components

类别	化合物名称	相对含量/%	
		慈姑淀粉添加 5% 的鲜面条	普通面条
烃类	八甲基环四硅氧烷	1.14	5.13
	正辛烷	37.97	—
	壬烷	1.14	—
	5,8-二乙基十二烷	0.10	—
	茨烯	—	1.06
	萘品油烯	—	0.74
	(1S,3R)-顺式-4-萘烯	—	2.03
	α-姜黄烯	0.18	—
酮类	6-甲基-5-(1-甲基亚乙基)-6,8-壬二烯-2-酮	—	2.75
	(1S-顺)-1-(2,2,6-三甲基环己基)-乙酮	0.90	2.50
	氘代丙酮	0.10	—
	4,4-二甲基二氢呋喃-2(3H)-酮	0.16	—
醇类	2-氟乙醇	0.14	—
	2-乙基-2-己烯-1-醇	1.58	—
	反式-2-癸烯醇	0.11	—
酯类	2-甲基乙酸苄酯	—	2.12
	甲酸甲酯	0.10	—
醛类	正己醛	—	25.94
	3-甲基己醛	—	1.84
	3,7-二甲基-2,6-壬二烯醛	—	0.10
酸类	N-(2-乙酰胺基)-2-氨基乙磺酸	0.07	0.12
	L-磺基丙氨酸	0.22	0.17
	顺式-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸	—	0.11
呋喃类	2-戊基-呋喃	6.87	4.06
其他	1,2-二甲苯	—	0.18
	3-甲氧基丙基苯	—	0.12
	5,8-二羟基-1,4-萘醌	0.13	—
	甲酰胺	0.08	—

物质。在添加量为 5% 的慈姑鲜面条中检测出了普通面条中没有的正辛烷、壬烷、5,8-二乙基十二烷、 α -姜黄烯、氘代丙酮、4,4-二甲基二氢咪喃-2(3H)-酮、2-氟乙醇、2-乙基-2-己烯-1-醇、反式-2-癸烯醇、甲酸甲酯、5,8-二羟基-1,4-萘醌、甲酰肼。其中有具有醇味的 2-氟乙醇、具有芳香味的甲酸甲酯;添加量为 5% 的慈姑鲜面条中含有多种普通面条不含有的烃类、酮类、醇类、酯类,赋予了慈姑鲜面条慈姑的特有清香和风味,对慈姑鲜面条的风味呈现提供重大的贡献。

由图 4 可知,慈姑淀粉添加量为 0% 普通面条的香气成分中醛类相对含量为 27.88%,说明醛类物质是普通面条主要香气成分。慈姑淀粉添加量为 5% 的慈姑鲜面条中烃类相对含量为 40.53%,说明烃类物质是慈姑淀粉添加量为 5% 的慈姑鲜面条主要香气成分。两种样品均检测到了一种共有的基本特征风味物质 2-戊基-咪喃,赋予面条具有豆香、果香、泥土、青香及类似蔬菜的香韵。

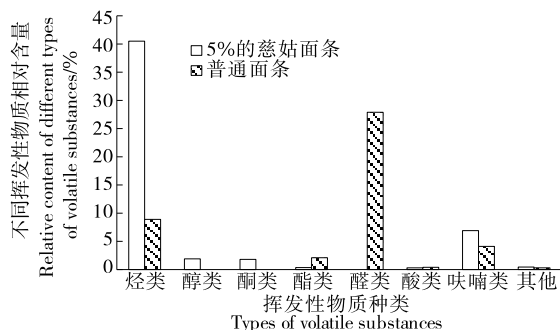


图 4 不同种类挥发性物质相对含量的变化

Figure 4 Changes in the relative content of the different volatile substances

3 结论

由于慈姑淀粉是一种多糖物质,不含面筋蛋白,随着慈姑淀粉添加量逐渐增加,面粉中面筋蛋白含量占比降低,面筋网络结构的形成受阻,所以慈姑淀粉的特性对高含量的慈姑鲜面条品质影响较大,当添加适量的慈姑淀粉时可以改良面条品质。总体而言,综合考虑蒸煮特性、色泽、感官评定及质构特性的研究结果,确定慈姑淀粉最佳添加量为 5%,煮制后的面条不粘黏且具有弹性,口感较佳,相对于普通面条,慈姑淀粉添加量为 5% 的慈姑鲜面条赋予了其慈姑的特有清香和风味,对慈姑鲜面条的风味呈现提供重大的贡献;而慈姑淀粉添加量过高会显著降低鲜面条品质,其具体原因仍需进一步研究确定。

目前淀粉面条的研发深受研究者的青睐,淀粉本身对淀粉面条的生产和最终面条品质的构建起着重要的作用,可以通过对淀粉进行改性来改善淀粉的性质,以增强其功能特性,将改性淀粉应用于食品制作中,使食品品质进一步得以提升。

参考文献

- [1] 陈晓明, 伏春燕, 金征宇. 慈姑淀粉的理化性质[J]. 中国粮油学报, 2010(7): 64-68.
CHEN Xiao-ming, FU Chun-yan, JIN Zheng-yu. Properties of starch from sagittaria latifolia[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010(7): 64-68.
- [2] 杜莹. 慈姑(Sagittaria trifolia)化学成分的研究[D]. 南京: 东南大学, 2019: 55-62.
DU Ying. Studies on the chemical constituents of Sagittaria trifolia[D]. Nanjing: Southeast University, 2019: 55-62.
- [3] 王素雅, 曹崇江, 杨晓蓉, 等. 慈姑淀粉的性质研究[J]. 食品与发酵工业, 2008(10): 40-43.
WANG Su-ya, CAO Chong-jiang, YANG Xiao-rong, et al. Studies on properties of arrowhead starch[J]. Food and Fermentation Industry, 2008(10): 40-43.
- [4] CHANG S M. Characterization of starch from Sagittaria trifolia L. var sinensis Makino[J]. Food Sci, 1988, 53(3): 837-840.
- [5] 唐小闲, 段振华, 任爱清, 等. 即食慈姑片微波干燥特性及动力学模型研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(10): 177-182, 227.
TANG Xiao-xian, DUAN Zhen-hua, REN Ai-qing, et al. Study on microwave drying characteristics of instant arrowhead slices and kinetic model[J]. Food & Machinery, 2020, 36(10): 177-182, 227.
- [6] 杜征, 赵力超, 肖苏尧, 等. 慈姑淀粉的理化特性及其比较研究[J]. 食品科技, 2010, 35(9): 70-75.
DU Zheng, ZHAO Li-chao, XIAO Su-yao, et al. Physicochemical properties and comparative study of arrowhead starch[J]. Food Industry Science and Technology, 2010, 35(9): 70-75.
- [7] CHANG Shuh-ming. Characterization of Starch from Sagittaria trifolia L. var. sinensis Makino[J]. Journal of Food Science, 1988, 53(3): 839.
- [8] SIM Eunyeong, PARK Eunhee, MA Feng-yun, et al. Sensory and physicochemical properties of whole wheat salted noodles under different preparation of bran[J]. Journal of Cereal Science, 2020, 96: 103-112.
- [9] YALCIN Seda. Quality characteristics, mineral contents and phenolic compounds of gluten free buckwheat noodles[J]. Journal of Food Science and Technology, 2021, 58(7): 2 661-2 669.
- [10] SOFI Sajad Ahmad, SINGH Jagmohan, CHHIKARA Navnidhi, et al. Quality characterization of gluten free noodles enriched with chickpea protein isolate[J]. Food Bioscience, 2020, 36: 100626.
- [11] 黄现青, 郭沛强, 赵秋艳. 发酵豆渣对面团性质和面条品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2019, 53(6): 959-965.
HUANG Xian-qing, GUO Pei-qiang, ZHAO qiu-yan. Effect of fermented bean dregs on dough properties and noodle quality[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2019, 53(6): 959-965.
- [12] 丁捷, 唐艳, 黄益前, 等. 青稞粉对速冻面条品质的影响[J]. 粮食食品科技, 2016, 24(4): 27-32.
DING Jie, TANG Yan, HUANG Yi-qian, et al. Effect of highland barley flour on the quick-frozen noodles[J]. Food Science and Technology, 2016, 24(4): 27-32.

- [13] 刘增贵. 湿生面条的保鲜研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 1-53.
LIU Zeng-gui. Studies on the preservation of wet raw noodles[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008: 1-53.
- [14] 马贵燕. 马铃薯全粉对面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2016: 31-38.
MA Gui-yan. Effects of powder on quality characteristics of noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2016: 31-38.
- [15] 乔明锋, 彭毅秦, 丁捷, 等. 速冻青稞鱼面的研发及配方优化[J]. 粮食与油脂, 2017, 42(3): 162-168.
QIAO Ming-feng, PENG Yi-qin, DING Jie, et al. Optimization on the process of quick-frozen highland barley fish noodle[J]. Cereals & Oils, 2017, 42(3): 162-168.
- [16] LU W, GRANT L A. Effects of prolonged storage at freezing temperatures on starch and baking quality of frozen doughs[J]. Cereal Chemistry, 1999, 76(5): 656-662.
- [17] 李芳, 张影全, 李明, 等. 小麦面筋形成及其理化特性影响因素研究进展[J]. 中国食品学报, 2019, 19(11): 278-285.
LI Fang, ZHANG Ying-quan, LI Ming, et al. Research progress on influencing factors of wheat gluten formation and its physico-chemical properties [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(11): 278-285.
- [18] 胡云峰, 王奎超, 陈媛媛. 不同加水量对生鲜面条品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(24): 88-92.
HU Yun-feng, WANG Kui-chao, CHEN Yuan-yuan. Effect of different water addition on quality of fresh noodle[J]. Food Research and Development, 2017, 38(24): 88-92.
- [19] 李波, 靳羽慧, 聂远洋, 等. 金针菇添加形式对面条品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(7): 57-63.
LI Bo, JIN Yu-hui, NIE Yuan-yang, et al. Effect of adding method of *Flammulina velutipes* on the qualities of noodles [J]. Food Industry Science and Technology, 2019, 40(7): 57-63.
- [20] 葛珍珍, 张圆圆, 李盈, 等. 魔芋葡甘聚糖对面条质构及微观结构的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(9): 67-72.
GE Zhen-zhen, ZHANG Yuan-yuan, LI Ying, et al. Effect of konjac glucomannan on the texture and microstructure of noodles[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(9): 67-72.
- [21] 张文秀, 陆红佳, 戴媛. 蓝莓酒渣的粒度及添加量对面条品质的影响[J]. 食品科技, 2020, 45(11): 167-174.
ZHANG Wen-xiu, LU Hong-jia, DAI Yuan. Effect of size and addition of blueberry wine residue on the quality of noodle[J]. Food Industry Science and Technology, 2020, 45(11): 167-174.
- [22] 王晓曦, 雷宏, 曲艺, 等. 面条中的淀粉组分对面条蒸煮品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2010, 31(2): 24-27.
WANG Xiao-xi, LEI Hong, QU Yi, et al. Effects of starch composition in flour on noodle cooking quality[D]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2010, 31(2): 24-27.
- [23] 王庆卫, 刘启玲. 藜麦粉对面条品质以及体外消化特性的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(1): 31-34.
WANG Qing-wei, LIU Qi-ling. Effects of quinoa powder on noodle quality and in vitro digestion characteristics[J]. Grain and Oil, 2021, 34(1): 31-34.
- [24] 王中兴. 小麦面粉和制品色泽影响因素的相关研究及 QTL 定位[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016: 1-45.
WANG Zhong-xing. Study on factors influencing color of flour and its products and QTL analysis[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2016: 1-45.
- [25] 胡瑞波, 田纪春, 邓志英, 等. 中国白盐面条色泽影响因素的研究[J]. 作物学报, 2006, 32(9): 1 338-1 343.
HU Rui-bo, TIAN Ji-chun, DENG Zhi-ying, et al. Factors related to Chinese white salted noodle color[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(9): 1 338-1 343.
- [26] OH N H, SEIB P A, WARD A B. Influence of flour protein, extraction rate, particle size and starch damage on the quality characteristic of dry noodle[J]. Cereal Chem, 1985, 62: 441-446.

(上接第 210 页)

- [19] 赵凯, 许鹏举, 谷广焯. 3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J]. 食品科学, 2008(8): 534-536.
ZHAO Kai, XU Peng-ju, GU Guang-ye. Study on determination of reducing sugar content using 3, 5-dinitrosalicylic acid method[J]. Food Science, 2008(8): 534-536.
- [20] 孙军涛, 孙婉莹, 肖付刚. 复合酶法制备玉米芯低聚木糖的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(5): 105-108.
SUN Jun-tao, SUN Wan-ying, XIAO Fu-gang. Use of compound enzyme for enzymatic preparation of xylooligosaccharides from corncob[J]. The Food Industry, 2014, 35(5): 105-108.
- [21] 刘日斌, 张宇鹏, 马崇坚, 等. 超声波辅助酶法优化黄精多糖提取工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 141-146.
LIU Ri-bin, ZHANG Yu-peng, MA Chong-jian, et al. Ultrasonic-assisted enzymatic optimization of extraction process of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum*[J]. Food Research and Development, 2021, 42(7): 141-146.
- [22] 刘媛洁, 张良. 响应面法优化复合酶辅助超声波提取柚子皮总黄酮工艺[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 143-150.
LIU Yuan-jie, ZHANG Liang. Optimization of enzymatic assisted ultrasonic extraction of total flavonoids from grapefruit peel by response surface methodology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(23): 143-150.
- [23] 黎英, 陈雪梅, 张灵, 等. 复合酶法提取漳平水仙饼茶多糖的工艺优化[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(4): 443-447.
LI Ying, CHEN Xue-mei, ZHANG Ling, et al. Optimization of enzymatic extraction of polysaccharides from Zhangping Shuixian tea cake using complex enzymes[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2017, 36(4): 443-447.