

胡志伟, 周鸿宇, 刘友明, 等. 薯类淀粉种类对黄冈鱼面品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(22): 90–97. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022030020

HU Zhiwei, ZHOU Hongyu, LIU Youming, et al. Effect of Root Crop Starch Types on the Quality of Huanggang Fish Meat Noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(22): 90–97. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022030020

· 研究与探讨 ·

薯类淀粉种类对黄冈鱼面品质的影响

胡志伟^{1,2}, 周鸿宇^{1,2}, 刘友明^{1,2,*}, 熊善柏^{1,2}

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430070;

2. 国家大宗淡水鱼加工技术研发中心(武汉), 湖北武汉 430070)

摘要: 为研究薯类淀粉种类对黄冈鱼面品质的影响, 测定了红薯淀粉 (SPS1、SPS2、SPS3)、马铃薯淀粉 (PS)、木薯淀粉 (CS) 的理化性质、糊化特性、粒径、溶解度及膨胀度, 分析了这些性质与鱼面品质之间的关系。结果表明: 不同薯类淀粉的理化性质、糊化特性、粒径、溶解度及膨胀度均存在显著差异 ($P<0.05$), 红薯淀粉的糊化温度 (78.37~79.97 °C) 最高, 马铃薯淀粉的粒径、溶解度及膨胀度最大。不同薯类淀粉加工鱼面的质构特性、煮制品质、感官评价及色泽均存在显著差异 ($P<0.05$)。红薯淀粉加工鱼面的硬度显著大于马铃薯淀粉、木薯淀粉 ($P<0.05$), 红薯淀粉中 SPS3 加工鱼面的硬度最大。马铃薯淀粉加工鱼面的拉伸强度、吸水率及煮制损失率最大。SPS2 加工鱼面的感官评价最高, CS 加工鱼面的最低。不同薯类淀粉加工鱼面干燥前的色泽在亮度、红绿值和白度上差异显著 ($P<0.05$), 但对鱼面干燥后的色泽影响并不明显。根据综合评分的大小对鱼面的品质进行排序为: SPS2>SPS1>SPS3>PS>CS。淀粉的糊化特性、直链淀粉含量、粒径与鱼面的品质具有显著的相关性 ($P<0.05$)。

关键词: 薯类淀粉, 鱼面, 质构, 煮制品质, 色泽, 感官评价

中图分类号: TS235.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)22-0090-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022030020



本文网刊:

Effect of Root Crop Starch Types on the Quality of Huanggang Fish Meat Noodles

HU Zhiwei^{1,2}, ZHOU Hongyu^{1,2}, LIU Youming^{1,2,*}, XIONG Shanbai^{1,2}

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan), Wuhan 430070, China)

Abstract: To investigate the effect of root crop starch types on the quality of Huanggang fish meat noodles, the physicochemical properties, pasting property, particle size, solubility and swelling of sweet potato starch (from the cultivars SPS1, SPS2 and SPS3), potato starch (PS) and cassava starch (CS) were measured, and the relationship between these properties and quality of fish meat noodles was analyzed. The results showed that there are significant differences in the physicochemical properties, pasting property, particle size, solubility and swelling of different root crop starches ($P<0.05$). The pasting temperature of sweet potato starch (78.37~79.97 °C) was the highest. Potato starch had the largest particle size, solubility and swelling. fish meat noodles processed with different root crop starches significantly differed in texture property, cooking quality, sensory evaluation and color ($P<0.05$). The hardness of fish meat noodles processed with sweet potato starch was significantly higher than that of potato starch and cassava starch ($P<0.05$). Among the sweet potato starch, the hardness of fish meat noodles processed with SPS3 was the largest. The tensile strength, water absorption and cooking loss of fish meat noodles processed with potato starch were the highest. The sensory evaluation of fish meat noodles processed by SPS2 was the highest and that processed by CS was the lowest. The brightness, red and green value and whiteness of fish meat noodles processed with different root crop starches before drying were significantly different

收稿日期: 2022-03-02

基金项目: 财政部和农业部国家现代农业产业技术体系 (CARS-45-28)。

作者简介: 胡志伟 (1998-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 水产品加工与贮藏, E-mail: 964077935@qq.com。

* 通信作者: 刘友明 (1975-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 水产品加工与贮藏, E-mail: lym@mail.hzau.edu.cn。

($P<0.05$), but had no obvious effect on the color of fish meat noodles after drying. According to the comprehensive score, the quality of fish noodles is sorted as follows: SPS2>SPS1>SPS3>PS>CS. The pasting properties, amylose content, particle size of starch showed a significant correlation with the quality of fish meat noodles ($P<0.05$).

Key words: root crop starch; fish meat noodles; texture; cooking quality; color; sensory evaluation

鱼面是湖北地区著名的传统鱼糜制品之一^[1],以湖北云梦、黄冈两地较为出名。据史料记载,云梦鱼面始产于清道光年间,以面粉为主要原料,加以淀粉、食盐等辅料进行制作,因其细如发丝、色如白银的特点而被冠以“银丝鱼面”的称号。黄冈鱼面则主要采用红薯淀粉、草鱼为主要原料加工制成,据《黄梅县志》记载距今已有 500 多年历史。鱼肉作为低脂高蛋白的食品,含有人体所需的所有氨基酸及其合适的平衡组合,淀粉与这种富含蛋白质的食物相结合,既可以提高蛋白含量,又可以完善其膳食结构。研究表明,鱼糜制品的质量与淀粉的种类有着密不可分的关系。王冬妮等^[2]在鱼糜中分别添加红薯淀粉、马铃薯淀粉等四种淀粉来增强鱼糜凝胶强度和持水性,结果发现红薯淀粉的提升效果最好。李阳等^[3]研究发现在鱼糜中添加不同来源的淀粉(玉米淀粉、马铃薯淀粉、木薯淀粉)会对鱼糜的凝胶特性产生不同程度的影响。鲍佳彤等^[4]研究了红薯淀粉、绿豆淀粉等对未漂洗鱼糜凝胶品质的影响,结果表明绿豆淀粉对未漂洗鲢鱼鱼糜凝胶的影响最大。黄冈鱼面作为传统鱼糜制品,在其生产加工的过程中,仍存在着淀粉原料选择不科学、产品质量无保障等诸多亟待解决的问题。因此,深入了解淀粉性质与鱼面品质之间的关系,提高淀粉原料的标准化对提高鱼面品质、改善鱼面口感以及实现鱼面加工的产业化具有重要意义。本研究以红薯淀粉、马铃薯淀粉、木薯淀粉为主要原料,研究了薯类淀粉与黄冈鱼面品质之间的关系,以期为其标准化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜活草鱼(3~4 kg/尾) 秋季购于华中农业大学农贸市场;食用盐 华中农业大学教育超市;五种薯类淀粉的生产厂家见表 1。

TA-XTPlus 质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司;BL-2200 H 电子天平 日本岛津公司;DHR2 流变仪 美国 TA 仪器公司;RVA4800 快速粘度分

析仪 瑞典 Perten 仪器公司;UltraScan VIS 手持色差仪 美国 HunterLab 公司;APA2000 激光粒度分布仪 英国马尔文仪器有限公司;CT-C 热风循环烘箱 常州市易能干燥设备有限公司;采肉机 厦门英博机械有限公司;K600 食品调理机 德国博朗电器公司;HY-72 高温蒸箱 诸城市鸿运机械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 淀粉理化性质的测定 参照 GB 5009.3-2016 测定样品中的水分含量,参照 GB 5009.6-2016 测定样品中的粗脂肪含量,参照 GB5009.5-2016 测定样品中的蛋白质含量,参照 GB 5009.9-2016 测定样品中的总淀粉含量,参照 GB/T 15683-2008 测定样品中的直链淀粉含量。

1.2.2 淀粉糊化特性的测定 参照 GB/T 24852-2010 的方法。称取 3.00 g 样品和 25.00 mL 蒸馏水于铝盒中,按照淀粉湿基水分含量进行校正,并在快速粘度分析仪上进行测试。测试程序如下:50 ℃ 保持 1 min,以 12 ℃/min 上升到 95 ℃,95 ℃ 保持 2.5 min,以 12 ℃/min 下降到 50 ℃,50 ℃ 保持 1.4 min。搅拌器在起始 10 s 内转动速度为 960 r/min,以后保持在 160 r/min。

1.2.3 淀粉粒径的测定 参考陆兰芳^[5]的方法并略作修改。称取适量淀粉样品配制成一定浓度的淀粉悬浮液,采用激光粒度分布仪测定淀粉的颗粒大小及其分布。测试条件:样品折射率为 1.540,遮光度范围为 10%~15%,分散剂折射率为 1.333,搅拌速率 2000 r/min。

1.2.4 淀粉溶解度和膨胀度的测定 参考 Lai 等^[6]的方法并略作修改。称取一定质量的淀粉记为 m,加水配制质量分数为 2% 的淀粉糊。分别在 55、65、75、85、95 ℃ 条件下水浴加热并持续搅拌 20 min,冷却至室温后,3500 r/min 离心 20 min,取上清液置于 105 ℃ 烘箱烘干至恒重,得到水溶性淀粉质量记为 W_1 以及离心管中沉淀部分的膨胀淀粉记为 W_2 。溶解度和膨胀度公式如下:

表 1 五种薯类淀粉的生产厂家
Table 1 Manufacturers of five kinds of root crop starch

淀粉种类	编号	生产厂家
1号红薯淀粉(sweet potato starch)	SPS1	湖北龙之泉农业发展股份有限公司
2号红薯淀粉(sweet potato starch)	SPS2	湖北黄梅戏牌农业科技有限公司
3号红薯淀粉(sweet potato starch)	SPS3	红安伟杰农业发展有限公司
马铃薯淀粉(potato starch)	PS	苏州云可食品有限公司
木薯淀粉(cassava starch)	CS	新乡良润谷物食品有限公司

$$\text{溶解度}(\%) = \frac{W_1}{m} \times 100 \quad \text{式 (1)}$$

$$\text{膨胀度}(\text{g/g}) = \frac{W_2}{m \times (1 - \text{溶解度})} \quad \text{式 (2)}$$

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad \text{式 (4)}$$

$$\text{煮制损失率}(\%) = \frac{M_4 - M_3}{M_1(1 - W)} \times 100 \quad \text{式 (5)}$$

1.2.5 鱼面的制备 参考贺习耀等^[7]的方法并略作修改。鲜活草鱼经过三去(去头、去内脏、去鳞)等预处理后,用冰水冲洗干净。使用采肉机进行采肉后,将鱼蓉置于离心机中以 2000 r/min 离心脱水 20 min,再加入 2% 食盐并进行斩拌。将鱼糜与淀粉按 1:1 的比例加水进行和面并手工擀为 1 mm 左右薄饼状面片,放入蒸箱中 100 ℃ 蒸制 10 min,趁热将面片对折成条状并切成卷形饼片,置于热风循环烘箱中 50 ℃ 干燥 3.5 h。

1.2.6 鱼面质构特性的测定 参考张庆霞^[8]的方法并略作修改。将样品煮后在质构仪上对样品进行测定,测试参数如下:探头 P/36R,测前速度 1 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度 5 mm/s,测试形变 50%,触发力 5 g。

参考张云亮等^[9]的方法并略作修改。在质构仪上用 A/SPR 探头进行测量。测定条件:测前速度 1 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度 10 mm/s,触发力 3 g,拉伸距离 70 mm。

1.2.7 鱼面煮制品质的测定

1.2.7.1 断条率的测定 参照挂面行业标准 LS/T 3212-2021 的方法进行测定。随机抽取 40 根样品并称重,置于样品质量 50 倍的沸水中煮至面条无白芯。随后将面条挑出,数取完整面条根数 N。断条率计算公式如下:

$$\text{断条率}(\%) = \frac{40 - N}{40} \times 100 \quad \text{式 (3)}$$

1.2.7.2 吸水率及煮制损失率的测定 参考王乐^[10]的方法并作适当修改。取 20 根样品并称重记为 M_1 ,置于 500 mL 沸腾的蒸馏水中煮至面条无白芯,立刻用漏勺捞出并用 50 mL 蒸馏水冲淋 1 min,再用厨房纸滤干 2 min 并称重记为 M_2 ,取干净的 500 mL 烧杯并称重记为 M_3 ,收集煮面后的水及冲淋水倒于烧杯中并在 105 ℃ 烘箱进行烘干,冷却后的烧杯称重记为 M_4 ,鱼面样品含水量为 W。吸水率及煮制损失率计算式如下:

1.2.8 鱼面色泽的测定 参考 Wang 等^[11]的方法,使用破壁机对干燥后的鱼面进行粉碎,将粉碎后的鱼面过 40 目筛并装入自封袋,采用手持色差仪对干燥后的鱼面以及蒸熟的鱼面面片的色度进行测量,得参数:亮度(L^*)、红绿值(a^*)和黄蓝值(b^*)。白度计算公式如下:

$$\text{白度} = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{式 (6)}$$

1.2.9 鱼面感官评价的测定 参考湖北省地方标准 DB42/T 1690-2021 并略作修改,挑选 10 位经过训练的人员对鱼面进行感官评价,感官评价标准如下见表 2。

1.2.10 综合评分 参考邹金浩等^[12]的方法并略作修改。综合评分指标为:感官评价、硬度、弹性、内聚性、拉伸强度、最大拉伸距离、吸水率、煮制损失率、断条率、白度(干燥后)。各评价指标的满分依次为:5、4、4、4、3、3、2、2、2、1 分。其中,硬度、弹性、内聚性、拉伸强度、最大拉伸距离、吸水率、感官评价、白度(干燥后)越大评分越高,最大值为满分,最小值为 0 分;煮制损失率、断条率越小评分越高,最小值为满分,最大值为 0 分,中间值根据差值进行等比例换算。

1.3 数据处理

采用 Excel 和 SPSS19.0 对数据进项显著性分析和相关性分析,所有图均采用由 Origin2018 作图完成。所有数据都进行三次重复试验并取平均值。

2 结果与分析

2.1 淀粉理化性质的分析

五种薯类淀粉的水分含量、蛋白质、粗脂肪、总淀粉及直链淀粉含量见表 3。由表 3 可以看出,五种淀粉的理化指标具有显著差异($P < 0.05$),且均符合国家生产标准。五种薯类淀粉的蛋白质、粗脂肪含量均较少,说明淀粉纯度较高。其中,SPS3 的水分含量最低,总淀粉含量最高,说明其淀粉纯度最高。由于淀粉生产工艺的不同,总淀粉含量具有部分差异。

表 2 鱼面的感官评价标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of fish meat noodles

项目	满分	评价标准
色泽	20	白色或乳白色1~8分;灰色9~15分;青色或稍带淡黄色16~20分
组织形态	20	大小不均匀,表面明显粗糙1~8分;大小较为均匀,表面无明显粗糙9~15分;大小均匀,表面光滑,16~20分
气味	20	无明显鱼香味,鱼腥味重或存在霉味1~8分;鱼香味较足,无或少有腥味9~15分;具有明显鱼肉香味,无霉味及鱼腥味16~20分
滋味	20	无或几乎无鱼鲜味,有鱼腥味或其他异味1~8分;鱼鲜味较淡,基本无其他异味9~15分;鱼鲜味浓郁,滋味十足,无异味16~20分
口感	20	咀嚼时弹性较差,无或几乎无咬劲,略粘牙1~8分;咀嚼时弹性较好,略有咬劲,基本不粘牙9~15分;咀嚼时弹性十足,具有咬劲,不粘牙16~20分
总分	100	-

表 3 不同薯类淀粉的理化性质

Table 3 Physicochemical properties of different root crop starches

淀粉编号	水分含量(%)	蛋白质含量(%)	粗脂肪含量(%)	总淀粉含量(%)	直链淀粉含量(%)
SPS1	13.21±0.34 ^c	0.12±0.01 ^d	0.28±0.01 ^b	82.56±1.82 ^c	24.08±0.10 ^{ab}
SPS2	15.65±0.30 ^b	0.80±0.07 ^b	0.52±0.05 ^a	81.53±1.21 ^{cd}	24.64±0.51 ^a
SPS3	8.45±0.36 ^c	0.14±0.01 ^d	0.11±0.02 ^c	87.38±1.07 ^a	25.12±0.87 ^a
PS	17.31±0.41 ^a	1.22±0.13 ^a	0.25±0.03 ^b	80.12±0.84 ^d	21.28±0.45 ^c
CS	10.26±0.42 ^d	0.51±0.03 ^c	0.25±0.03 ^b	84.25±1.16 ^b	23.69±0.85 ^b

注: 淀粉的理化指标计算均为湿基, 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); 表4~表8同。

2.2 不同薯类淀粉的糊化特性

不同薯类淀粉的糊化特性如表 4 所示。由表 4 可以看出, 不同薯类淀粉的糊化特性具有显著差异($P<0.05$)。研究表明, 淀粉的糊化温度及黏度都受到淀粉的直链淀粉含量等因素的影响^[13], 糊化温度在一定程度上可以反映出淀粉糊化的难易程度。红薯淀粉的糊化温度(78.37~79.97 ℃)均显著高于马铃薯淀粉和木薯淀粉($P<0.05$), 表明红薯淀粉的晶体结构较为稳定, 不易被破坏^[14]。峰值黏度表示的是在升温过程中, 淀粉颗粒的膨胀程度和其与水结合的能力^[15]。马铃薯淀粉的峰值黏度最大, 可能是因为马铃薯淀粉的磷含量较高, 结晶区分子间的氢键作用会被淀粉中的磷酸基团弱化, 从而促进水分子的吸收, 导致淀粉黏度增加^[16]。崩解值为峰值黏度与谷值黏度的差值, SPS2 的崩解值最小, 说明其在高温条件下抗剪切性最好^[17]。回生值表示淀粉冷糊的稳定性, 回生值越高, 淀粉形成凝胶的能力越强^[18]。在冷却过程中, 由于直链淀粉分子发生重排, 淀粉凝胶的粘度增加并发生老化。与红薯淀粉和木薯淀粉相比, 马铃薯淀粉具有最高的回生值, 表明其冷糊稳定性差, 更容易发生老化。

2.3 不同薯类淀粉的粒径大小及分布

不同薯类淀粉的粒径分布如表 5 所示。由表 5 可以看出, 不同薯类淀粉的粒径大小具有显著差异

($P<0.05$), 不同品种的红薯淀粉, 其粒径也有较大差异。这可能与红薯的基因、生长环境和淀粉加工工艺有关^[19]。 $D_{4,3}$ 和 $D_{3,2}$ 分别代表淀粉颗粒的体积平均粒径和表面积平均粒径^[20]。红薯淀粉的体积平均粒径在 21.95~24.57 μm 之间, 表面积平均粒径在 17.19~20.05 μm 之间, 马铃薯淀粉的体积平均粒径和表面积平均粒径最大, 分别为 37.08、29.60 μm , 木薯淀粉的体积平均粒径和表面积平均粒径最小, 分别为 16.25、14.06 μm 。按平均粒径大小排序为: 马铃薯淀粉(PS)>红薯淀粉(SPS1、SPS2、SPS3)>木薯淀粉(CS)。

2.4 不同薯类淀粉的溶解度及膨胀度

图 1 为不同薯类淀粉的溶解度和膨胀度。由图 1 可知, 五种薯类淀粉的溶解度和膨胀度均随着温度的升高而上升, 这可能是由于温度升高可促进未溶解的淀粉糊化并吸水膨胀^[21]以及直链淀粉的释放^[22]所致。马铃薯淀粉和木薯淀粉的溶解度在 55~95 ℃ 的范围内均显著高于红薯淀粉, 这可能是因为马铃薯淀粉和木薯淀粉的糊化温度最低, 直链淀粉溶出更快的缘故。淀粉的膨胀度表征淀粉在加热条件下淀粉分子通过氢键与水结合的能力^[23], 其与直链淀粉含量、淀粉颗粒的形态结构以及脂肪含量均相关^[24]。相较于红薯淀粉和木薯淀粉, 马铃薯淀粉的膨胀度在各个温度下均为最大值, 这可能是由于马铃薯淀粉粒径较

表 4 不同薯类淀粉的糊化特性

Table 4 Pasting properties of different root crop starches

淀粉编号	峰值时间(min)	糊化温度(℃)	峰值黏度(cP)	谷值黏度(cP)	崩解值(cP)	最终黏度(cP)	回生值(cP)
SPS1	4.87±0.01 ^b	78.37±0.03 ^b	4595.33±13.32 ^d	2414.00±7.94 ^c	2181.33±5.51 ^d	3174.00±19.97 ^c	760.00±27.87 ^d
SPS2	5.17±0.04 ^a	79.97±0.06 ^a	3760.33±34.08 ^e	2526.33±6.11 ^b	1234.00±28.21 ^e	3303.00±27.06 ^b	776.67±21.01 ^d
SPS3	4.58±0.04 ^c	79.90±0.09 ^a	5871.33±30.07 ^b	2776.00±17.09 ^a	3095.33±16.80 ^b	3653.00±16.00 ^a	877.00±2.00 ^c
PS	3.08±0.01 ^c	70.53±0.06 ^c	8130.00±32.42 ^a	1526.00±9.45 ^c	6604.00±23.30 ^a	3308.33±7.02 ^b	1782.33±2.89 ^a
CS	3.84±0.04 ^d	70.50±0.05 ^c	4779.00±6.56 ^c	1758.33±26.58 ^d	3020.67±20.21 ^c	3030.00±15.00 ^d	1271.67±41.55 ^b

表 5 不同薯类淀粉的粒径

Table 5 Particle size of different root crops starches

淀粉编号	$D_{10}(\mu\text{m})$	$D_{50}(\mu\text{m})$	$D_{90}(\mu\text{m})$	$D_{4,3}(\mu\text{m})$	$D_{3,2}(\mu\text{m})$
SPS1	10.91±0.01 ^c	21.63±0.02 ^c	38.95±0.05 ^c	23.46±0.02 ^c	17.61±0.01 ^c
SPS2	9.95±0.01 ^d	19.83±0.02 ^d	37.31±0.10 ^d	21.95±0.04 ^d	17.19±0.02 ^d
SPS3	12.10±0.01 ^b	22.61±0.02 ^b	40.12±0.02 ^b	24.57±0.02 ^b	20.05±0.02 ^b
PS	17.43±0.01 ^a	33.69±0.04 ^a	62.14±0.16 ^a	37.08±0.06 ^a	29.60±0.02 ^a
CS	9.10±0.01 ^c	15.22±0.01 ^c	24.94±0.03 ^c	16.25±0.02 ^c	14.06±0.01 ^c

大, 淀粉颗粒容易吸水膨胀所致。三种不同品种的红薯淀粉的溶解度及膨胀度具有相同的变化趋势, 其溶解度及膨胀度在 55~65 °C 间无较大差异, 随着温度的升高, 其溶解度及膨胀度到 75 °C 时迅速增加并于 85 °C 趋于平缓且产生显著差异($P<0.05$)。

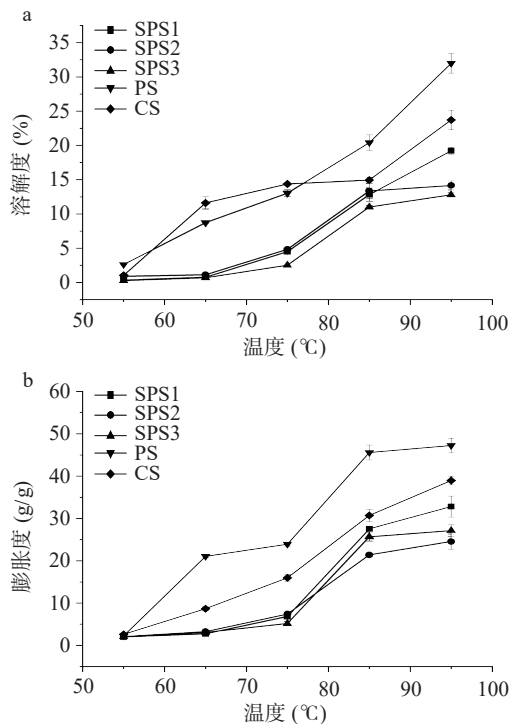


图1 不同薯类淀粉的溶解度(a)与膨胀度(b)

Fig.1 Solubility (a) and swelling (b) of different root crop starches

2.5 不同薯类淀粉对鱼面质构特性的影响

表6为不同薯类淀粉加工鱼面的质构特性。由表6可以看出, 红薯淀粉加工鱼面的硬度显著大于马铃薯淀粉、木薯淀粉加工的鱼面($P<0.05$), 红薯淀粉中 SPS3 加工鱼面的硬度(2385.98 g)最大, 是硬度最小的 CS 加工鱼面(1847.30 g)的 1.3 倍。不同薯

类淀粉加工鱼面的弹性差异显著($P<0.05$), 内聚性无显著差异($P<0.05$)。不同品种的红薯淀粉加工的鱼面在硬度、弹性等方面也具有显著差异($P<0.05$)。这可能是由于鱼面在煮制过程中, 发生了淀粉的糊化和蛋白质的变性现象^[25]。不同的淀粉含量导致其加热后产生不同程度的膨胀, 并与蛋白网络产生相互作用并填充在蛋白网络中, 这在一定程度上强化了蛋白凝胶的强度^[26], 从而导致了其较大差异的质构特性。鱼面的拉伸强度可以在一定程度上反映鱼面的韧性, 而鱼面的最大拉伸距离则反映了鱼面断裂的难易程度。马铃薯淀粉加工鱼面的拉伸强度远高于红薯淀粉、木薯淀粉加工的鱼面, 说明其抗拉能力最强。就最大拉伸距离而言, SPS2 加工的鱼面最大(66.50 mm), CS 加工的鱼面最小(36.76 mm)。

2.6 不同薯类淀粉对鱼面煮制品质及感官评价的影响

表7为不同薯类淀粉加工鱼面的煮制品质及感官评价。面条煮制品质的的好坏, 主要与蛋白网络结构及其与淀粉的结合程度有关^[27]。研究表明, 淀粉的添加会降低混合粉中蛋白质的含量, 鱼面在煮制过程中, 蛋白结构发生变化, 淀粉与其结合不紧密, 就会出现蒸煮损失和断条现象^[28]。马铃薯淀粉加工鱼面的吸水率、煮制损失率均最高, 这可能和马铃薯淀粉的高溶胀性、高溶解性以及低煮制耐受度有关^[29]。红薯淀粉加工鱼面的吸水率均高于木薯淀粉加工的鱼面, 煮制损失率则恰好相反, 不同品种红薯淀粉加工的鱼面之间差异不大。就断条率而言, CS 加工的鱼面断条率最高, SPS2 加工的鱼面断条率最低。通过不同的感官评价人员对不同薯类淀粉加工的鱼面进行感官评价后得出, SPS2 加工的鱼面感官评价得分最高, CS 加工的鱼面感官评价得分最低。

2.7 不同薯类淀粉对鱼面色泽的影响

颜色是决定产品可以被消费者接受的重要属性之一^[30]。表8为不同薯类淀粉加工鱼面干燥前和干

表6 不同薯类淀粉对鱼面质构特性的影响

Table 6 Effect of different root crop starches on fish meat noodles texture characteristics

淀粉编号	硬度(g)	弹性	内聚性	拉伸强度(g)	最大拉伸距离(mm)
SPS1	2040.90±101.74 ^b	0.95±0.02 ^a	0.78±0.01 ^a	70.17±1.52 ^b	61.71±0.92 ^b
SPS2	2263.73±84.89 ^a	0.86±0.01 ^b	0.80±0.01 ^a	54.52±3.02 ^c	66.50±4.81 ^a
SPS3	2385.98±62.98 ^a	0.92±0.01 ^a	0.82±0.04 ^a	48.3±3.83 ^c	39.84±2.99 ^d
PS	2010.18±39.15 ^b	0.88±0.02 ^b	0.77±0.04 ^a	301.37±27.36 ^a	44.42±2.62 ^c
CS	1847.30±119.05 ^c	0.83±0.03 ^c	0.78±0.02 ^a	72.01±4.31 ^b	36.76±3.49 ^d

表7 不同薯类淀粉对鱼面煮制品质及感官评价的影响

Table 7 Effect of different root crop starches on cooking quality and sensory evaluation of fish meat noodles

淀粉编号	吸水率(%)	断条率(%)	煮制损失率(%)	感官评价
SPS1	200.03±1.66 ^b	5.00±0.00 ^c	5.35±0.18 ^c	82.78±1.24 ^b
SPS2	180.68±2.75 ^c	2.50±0.00 ^d	5.10±0.22 ^c	85.56±3.25 ^a
SPS3	179.05±2.59 ^c	6.67±2.89 ^b	6.47±0.37 ^b	72.83±2.06 ^d
PS	210.77±5.74 ^a	5.00±0.00 ^c	7.97±0.30 ^a	75.91±1.50 ^c
CS	155.20±5.13 ^d	11.67±2.89 ^a	6.53±0.21 ^b	69.21±1.77 ^d

表 8 不同薯类淀粉对鱼面色泽的影响
Table 8 Effect of different root crop starches on the color of fish meat noodles

淀粉编号	<i>L</i> [*]		<i>a</i> [*]		<i>b</i> [*]		白度	
	干燥前	干燥后	干燥前	干燥后	干燥前	干燥后	干燥前	干燥后
SPS1	64.14±2.37 ^b	87.67±0.80 ^a	-0.38±0.14 ^a	-0.14±0.02 ^b	9.43±0.82 ^b	10.10±0.47 ^b	62.90±2.18 ^c	84.06±0.89 ^a
SPS2	61.77±0.52 ^c	83.55±1.12 ^b	-0.61±0.22 ^b	-0.31±0.03 ^c	10.57±0.73 ^a	11.53±0.36 ^a	60.33±0.49 ^d	79.91±1.08 ^b
SPS3	65.84±0.36 ^b	88.39±0.68 ^a	-0.94±0.10 ^c	-0.70±0.11 ^d	9.98±0.38 ^b	9.59±0.67 ^b	64.39±0.38 ^b	84.92±0.93 ^a
PS	71.03±2.44 ^a	88.58±0.21 ^a	-1.08±0.13 ^c	-0.24±0.12 ^c	9.01±0.45 ^b	9.86±0.69 ^b	69.63±2.22 ^a	84.91±0.54 ^a
CS	65.47±3.20 ^b	88.19±0.34 ^a	-0.69±0.30 ^b	0.50±0.40 ^a	8.97±1.15 ^b	9.79±0.35 ^b	64.84±0.48 ^b	84.65±0.44 ^a

燥后的色泽指标。由表 8 可以看出,不同薯类淀粉加工鱼面干燥前的色泽在亮度(*L*^{*})、红绿值(*a*^{*})和白度上差异显著(*P*<0.05),可能是因为添加的淀粉本身的颜色具有较大差异。其中 PS 加工鱼面干燥前的亮度(*L*^{*})、白度最高,SPS2 加工鱼面干燥前的亮度(*L*^{*})、白度最低。五种淀粉加工鱼面干燥前的红绿值(*a*^{*})均为负值,黄蓝值(*b*^{*})均为正值,表明这五种薯类淀粉加工鱼面干燥前在色泽上偏绿且偏黄。与干燥前相比,不同薯类淀粉加工鱼面干燥后的亮度、红绿值、黄蓝值、白度差异较小,且都产生了不同程度的升高。这可能是由于干燥后,水分的蒸发流失,鱼面结构变得更为致密,导致数值均有所上升。其中 SPS2 加工鱼面的亮度(*L*^{*})、白度最低、黄蓝值(*b*^{*})最高,表明 SPS2 加工的鱼面在干燥后最暗且最黄。

2.8 不同薯类淀粉对鱼面综合评分的影响

表 9 为不同薯类淀粉对鱼面综合评分的影响。由表 9 可知,红薯淀粉加工鱼面的综合评分均大于马铃薯淀粉、木薯淀粉,说明红薯淀粉较为适合作为

鱼面的加工原料。红薯淀粉中,SPS2 加工的鱼面品质综合得分最高(19.5),其次是 SPS1(18.8)和 SPS3(16.4)加工的鱼面。根据综合评分的大小对鱼面的品质进行排序为:SPS2>SPS1>SPS3>PS>CS。

2.9 淀粉性质和鱼面品质的相关性分析

表 10 为淀粉性质和鱼面品质的相关性分析。由表 10 可以看出,淀粉的最终黏度和鱼面的硬度显著正相关(*P*<0.05),说明淀粉的最终黏度越大,鱼面的硬度越大。鱼面的拉伸强度和淀粉峰值黏度、崩解值、回生值、体积平均粒径在 0.05 水平上显著正相关,和直链淀粉含量显著负相关(*P*<0.05),说明采用峰值黏度、崩解值、回生值高的淀粉可以提高鱼面的拉伸强度,淀粉的粒径大小及直链淀粉含量对淀粉基食品的品质产生一定的影响,可以为淀粉原料的选择提供一定的依据^[31]。鱼面的煮制损失和淀粉的峰值黏度、回生值显著正相关(*P*<0.05),和峰值时间显著负相关(*P*<0.05),和淀粉的崩解值在 0.01 水平上极显著正相关。表明淀粉的峰值黏度、崩解值、回生

表 9 不同薯类淀粉对鱼面综合评分的影响
Table 9 Effect of different root crop starches on comprehensive score of fish meat noodles

淀粉编号	硬度	弹性	内聚性	拉伸强度	最大拉伸距离	吸水率	断条率	煮制损失率	感官评价	白度(干燥后)	总分
SPS1	1.4	4	0.8	0.3	2.5	1.6	1.5	1.8	4.1	0.8	18.8
SPS2	3.1	1	2.4	0.1	3	0.9	2	2	5	0	19.5
SPS3	4	3	4	0	0.3	0.9	1.1	1	1.1	1	16.4
PS	1.2	1.7	0	3	0.8	2	1.5	0	2	1	13.2
CS	0	0	0.8	0.3	0	0	0	1	0	0.9	3

表 10 淀粉性质和鱼面品质的相关性分析
Table 10 Correlation analysis between starch properties and quality of fish meat noodles

指标	硬度	弹性	内聚性	拉伸强度	最大拉伸距离	吸水率	断条率	煮制损失	感官评价	白度(干燥后)	总分
峰值黏度	-0.122	0.079	-0.316	0.879 [*]	-0.533	0.561	0.025	0.938 [*]	-0.409	0.637	-0.157
谷值黏度	0.828	0.528	0.852	-0.759	0.408	-0.128	-0.385	-0.709	0.400	-0.371	0.671
崩解值	-0.318	-0.073	-0.485	0.929 [*]	-0.550	0.499	0.122	0.965 ^{**}	-0.445	0.626	-0.306
最终黏度	0.893 [*]	0.432	0.780	-0.051	-0.120	0.215	-0.374	0.121	-0.011	-0.064	0.520
回生值	-0.536	-0.415	-0.626	0.897 [*]	-0.560	0.269	0.271	0.927 [*]	-0.493	0.486	-0.542
峰值时间	0.572	0.35	0.597	-0.834	0.686	-0.202	-0.417	-0.953 [*]	0.628	-0.644	0.626
糊化温度	0.834	0.559	0.756	-0.657	0.595	0.044	-0.584	-0.747	0.600	-0.644	0.626
D _{4,3}	0.081	0.275	-0.304	0.882 [*]	-0.058	0.862	-0.453	0.677	0.086	0.284	0.286
溶解度(95℃)	-0.749	-0.288	-0.871	0.878	-0.354	0.381	0.236	0.770	-0.315	0.465	-0.496
膨胀度(95℃)	-0.748	-0.241	-0.820	0.842	-0.487	0.326	0.355	0.824	-0.450	0.608	-0.565
直链淀粉含量	0.662	0.294	0.836	-0.930 [*]	0.297	-0.449	-0.118	-0.782	0.241	-0.385	0.409

注: *表示在0.05水平上显著相关; **表示在0.01水平上极显著相关。

值越大或峰值时间越小,鱼面煮制损失越大,说明淀粉的糊化特性可以用来预测鱼面的煮制损失,并作为减少鱼面煮制损失的生产加工特征指标。邹金浩等^[32]研究了红薯淀粉、木薯淀粉和淮山淀粉的糊化特性与其加工粉条品质的关系,并指出淀粉的回生值与其加工粉条的煮制损失呈现正相关关系,这与本研究结果一致。但也有研究表明,大米淀粉的回生值与鲜湿米粉的吐浆值呈现极显著负相关^[33]。造成这种差异的原因可能来源于淀粉来源和体系复杂性的不同,本研究采用的是蛋白质-淀粉复杂体系,它们之间的相互作用可能会产生一定的影响。

3 结论

五种薯类淀粉的理化性质、糊化特性存在显著差异($P<0.05$)。不同种类的薯类淀粉,其粒径大小及分布具有显著的差异($P<0.05$),按平均粒径大小排序为:马铃薯淀粉>红薯淀粉>木薯淀粉。马铃薯淀粉的溶解度及膨胀度在 95℃ 均最高。不同薯类淀粉加工鱼面的质构特性、煮制品质、色泽、感官评价均存在显著差异($P<0.05$)。与马铃薯淀粉、木薯淀粉加工的鱼面相比,红薯淀粉加工鱼面的硬度较大,煮制损失率较小。马铃薯淀粉加工鱼面的拉伸强度、吸水率及煮制损失率最大。综合考虑感官评价和综合评分,SPS2 加工的鱼面品质最佳,可以作为黄冈鱼面的原料。薯类淀粉的糊化特性、粒径以及直链淀粉含量与鱼面的品质具有显著相关性($P<0.05$)。

参考文献

- [1] 刘婧,熊汉国.正交优化马铃薯鱼面生产工艺研究[J].*中国调味品*,2018,43(7):95-98. [LIU J, XIONG H G. Study on the production technology of potato fish meat noodles with orthogonal optimization[J]. *China Condiment*, 2018, 43(7): 95-98.]
- [2] 王冬妮,范馨茹,祁立波,等.淀粉和蛋白类添加剂对鱿鱼鱼糜凝胶特性的影响[J].*中国食品学报*,2018,18(4):65-71. [WANG D N, FAN X R, QI L B, et al. Effect of starch and non-muscle protein on gel properties of squid (*Illex argentinus*) surimi[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2018, 18(4): 65-71.]
- [3] 李阳,武红伟.淀粉种类对草鱼鱼糜凝胶特性的影响[J].*渔业研究*,2021,43(5):487-493. [LI Y, WU H W. Effect of different types of starch on gelation properties of grass carp surimi[J]. *Journal of Fisheries Research*, 2021, 43(5): 487-493.]
- [4] 鲍佳彤,宁云霞,杨淇越,等.不同淀粉种类对未漂洗革胡子鲶鱼鱼糜凝胶特性的影响[J].*肉类研究*,2020,34(4):27-33. [BAO J T, NING Y X, YANG Q Y, et al. Effects of different starch types on gel properties of unrinsed *Clarias gariepinus* Surimi[J]. *Meat Research*, 2020, 34(4): 27-33.]
- [5] 陆兰芳,扎西拉宗,吴进菊,等.超声处理对小米淀粉结构及理化性质的影响[J].*食品工业科技*,2021,42(24):60-67. [LU L F, ZAXI L Z, WU J J, et al. Effects of ultrasonic treatment on the structure and physicochemical properties of millet Starch[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(24): 60-67.]
- [6] LAI Y C, WANG S Y, GAO H Y, et al. Physicochemical properties of starches and expression and activity of starch biosynthesis-related genes in sweet potatoes[J]. *Food Chemistry*, 2016, 199: 556-564.
- [7] 贺习耀,曾习,何四云,等.葛粉鱼面加工工艺研究[J].*食品研究与开发*,2015,36(23):83-87. [HE X Y, ZENG X, HE S Y, et al. Research on processing technology of puerarin powder fish meat noodles[J]. *Food Research and Development*, 2015, 36(23): 83-87.]
- [8] 张庆霞.玉米-小麦混合粉面团流变学特性、面条品质及两者相关性[J].*食品工业科技*,2019,40(22):73-76. [ZHANG Q X. The rheological properties of dough, the quality of noodles of corn-wheat blended flour and their correlation[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(22): 73-76.]
- [9] 张云亮,窦博鑫,刘丽宅,等.基于变异系数法分析四种改良剂对马铃薯面条品质的影响[J].*食品工业科技*,2021,42(5):26-32. [ZHANG Y L, DOU B X, LIU L Z, et al. Analysis of effects of four improvers on quality of potato noodles based on the coefficient of variation method[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(5): 26-32.]
- [10] 王乐.马铃薯面团特性及面条品质研究[D].西安:陕西科技大学,2017. [WANG L. Properties of potato dough and quality of potato noodles[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2017.]
- [11] WANG X, XU Y, JIANG Q, et al. Effect of incorporated surimi on the wheat dough rheological properties and noodle quality[J]. *Food Science and Technology Research*, 2014, 20(6): 1191-1197.
- [12] 邹金浩,李燕,欧阳华峰,等.不同薯类淀粉结构性质与粉条品质的关系[J].*食品科学*,2020,41(23):77-82. [ZOU J H, LI Y, OUYANG H F, et al. Structural properties of starches from various root crops and their effect on vermicelli quality[J]. *Food Science*, 2020, 41(23): 77-82.]
- [13] ZAIDUL I, NORULAINI N N, OMAR A M, et al. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2007, 69(4): 784-791.
- [14] 靳艳玲,杨林,丁凡,等.不同品种甘薯淀粉加工特性及其与磷含量的相关性研究[J].*食品工业科技*,2019,40(13):46-51. [JIN Y L, YANG L, DING F, et al. Processing characteristics and correlation to phosphorus of different varieties of sweet potato starch[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(13): 46-51.]
- [15] WANG L, GONG Y, LI Y, et al. Structure and properties of soft rice starch[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 157: 10-16.
- [16] KRYSZYJAN M, SIKORA M, ADAMCZYK G, et al. Thixotropic properties of waxy potato starch depending on the degree of the granules pasting[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 141: 126-134.
- [17] CHEN L, REN F, YU X, et al. Pasting investigation, SEM observation and the possible interaction study on rice starch-pullulan combination[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 73: 45-48.
- [18] 董贝贝.八种淀粉糊化和流变特性及其与凝胶特性的关系

- [D]. 西安: 陕西科技大学, 2017. [DONG B B. Pasting, rheological properties and the relationship with gel properties of eight kinds of starch[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2017.]
- [19] 张令文, 琚星, 李欣欣, 等. 8 个品种甘薯淀粉的理化性质及其相关性分析[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(4): 26–32. [ZHANG L W, JU X, LI X X, et al. Physicochemical properties and their correlation of starches from eight sweet potato cultivars[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(4): 26–32.]
- [20] REN Y, WEI Q, LIN L, et al. Physicochemical properties of a new starch from ramie (*Boehmeria nivea*) root[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 174: 392–401.
- [21] HE R, SHANG W T, PAN Y G, et al. Effect of drying treatment on the structural characterizations and physicochemical properties of starch from canistel (*Lucuma nervosa* A. DC)[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 167: 539–546.
- [22] OSUNDAHUNSI O F, FAGBEMI T N, KESSELMAN E, et al. Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(8): 2232–2236.
- [23] WANG D, FAN D C, DING M, et al. Characteristics of different types of starch in starch noodles and their effect on eating quality[J]. *International Journal of Food Properties*, 2015, 18(11): 2472–2486.
- [24] GOU M, WU H, SALEH A S, et al. Effects of repeated and continuous dry heat treatments on properties of sweet potato starch[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 129: 869–877.
- [25] FAN M, HU T, ZHAO S, et al. Gel characteristics and microstructure of fish myofibrillar protein/cassava starch composites[J]. *Food Chemistry*, 2017, 218: 221–230.
- [26] FAN M, HUANG Q, ZHONG S, et al. Gel properties of myofibrillar protein as affected by gelatinization and retrogradation behaviors of modified starches with different crosslinking and acetylation degrees[J]. *Food Hydrocolloids*, 2019, 96: 604–616.
- [27] PARVATHY U, BINDU J, JOSHY C G. Development and optimization of fish-fortified instant noodles using response surface methodology[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2017, 52(3): 608–616.
- [28] 张豫辉. 淀粉对面条品质的影响研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2015. [ZHANG Y H. Studies on the influence of different starch on noodle quality[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2015.]
- [29] SANDHU K S, KAUR M. Studies on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties[J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2010, 43(8): 1289–1293.
- [30] MARES D, CAMPBELL A. Mapping components of flour and noodle colour in Australian wheat[J]. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2001, 52(12): 1297–1309.
- [31] 艾志录, 孙茜茜, 潘治利, 等. 不同来源淀粉特性对水晶皮质构品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(1): 318–324. [AI Z L, SUN X X, PAN Z L, et al. Effect of different starch source properties on crystal leather textural quality[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(1): 318–324.]
- [32] 邹金浩, 李燕, 李文佳, 等. 淮山淀粉性质及其与粉条品质的相关性[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(8): 69–75. [ZOU J H, LI Y, LI W J, et al. Properties of yam starches and its correlation with the qualities of starch noodles[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(8): 69–75.]
- [33] 雷婉莹, 吴卫国, 廖卢艳, 等. 鲜湿米粉品质评价及原料选择[J]. *食品科学*, 2020, 41(1): 74–79. [LEI W, WU W G, LIAO L Y, et al. Quality evaluation of and raw material selection for wet rice noodles[J]. *Food Science*, 2020, 41(1): 74–79.]