

不同品种小麦粉对马铃薯面条食用品质的影响

李康¹, 胡宏海^{1,2,3}, 樊月¹, 吴磊^{1,4}, 徐芬¹, 戴小枫^{1,2,3}, 张泓^{1,2,3}

(1. 中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工重点实验室, 北京 100193) (2. 中国农业科学院合肥食品科学与营养创新研究院, 安徽合肥 238000) (3. 中国农业科学院农产品加工研究所主食加工技术研究院, 黑龙江哈尔滨 151900) (4. 陕西科技大学食品与生物工程学院, 陕西西安 710021)

摘要: 为筛选出适宜加工马铃薯面条的小麦粉品种, 本研究比较分析了双福 02-1、永良 4、奎冬 5、济南 17、山农 15 和新冬 18 六种不同品种小麦粉对马铃薯面条蒸煮损失、拉伸特性、TPA 质构特性的影响, 并利用扫描电子显微镜对其内部结构进行观察。结果表明: 在马铃薯全粉添加量 20%, 小麦粉添加量 80%, 面团含水量 35% 的条件下, 济南 17 和山农 15 两种小麦粉制得马铃薯面条的蒸煮损失、拉伸特性、质构特性等品质指标均显著优于其他 4 种小麦粉。扫描电镜结果表明, 济南 17 和山农 15 马铃薯干面内部结构更加致密, 空隙率更小。由双福 02-1、永良 4 小麦粉制得马铃薯面条感官品质整体较差。综合以上结果, 六种小麦粉中济南 17 和山农 15 较适合制作马铃薯面条, 而双福 02-1 和永良 4 制作的马铃薯面条加工适应性较差。

关键词: 小麦粉; 马铃薯面条; 食用品质

文章编号: 1673-9078(2018)03-83-89

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.012

Effects of Different Varieties of Wheat Flour on the Edible Quality of Potato Noodles

LI Kang¹, HU Hong-hai^{1,2,3}, FAN Yue¹, WU Lei^{1,4}, XU Fen¹, DAI Xiao-feng^{1,2,3}, ZHANG Hong^{1,2,3}

(1. Institute of Food Science and Technology CAAS/Comprehensive Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China) (2. Academy of Food and Nutrition Health, CAAS, Hefei 238000, China) (3. College of Staple Food Technology, Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Harbin 151900, China) (4. School of Food and Biological Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: In order to screen out the suitable wheat flour for making potato noodles, the effects of six different varieties of wheat flour on the cooking loss, tensile resistance, and TPA were compared in this study, including Shuang Fu 02-1, Yong Liang 4, Kui Dong 5, Ji Nan 17, Shan Nong 15 and Xin Dong 18, and the microstructures of potato noodles were observed by scanning electron microscope. The results showed that the edible qualities of Shan Nong 15 and Ji Nan 17 potato noodles, such as cooking loss, tensile resistance, TPA and microstructures, were significantly better than those of the other 4 kinds wheat flour when the potato noodles were prepared by 80% different varieties of wheat flour, 20% potato granules and 35% dough moisture content. However, the overall edible qualities of potato noodles produced by Shuang fu 02-1 and Yong liang 4 were relatively poor. In conclusion, Ji Nan 17 and Shan 15 wheat flour are suitable for making potato noodles, while the potato noodles produced by Shuang Fu 02-1 and Yong Liang 4 wheat flour showed poor adaptability.

Key words: wheat flour; potato noodles; edible quality

马铃薯, 茄科茄属, 一年生草本植物^[1], 营养丰

收稿日期: 2017-09-18

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(马铃薯体系 CARS-10); 北京市科技计划(D17110500190000); 公益性行业(农业)科研专项(201503001-2); 中央级科研院所基本科研业务费专项(S2017JC03)

作者简介: 李康(1993-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程; 胡宏海为并列第一作者

通讯作者: 戴小枫(1962-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 植物病理学; 张泓(1958-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 传统食品加工与装备

富, 是许多国家的主要食物来源^[2]。2015 年我国鲜薯产量达 9500 万 t, 占世界总产量的 1/4, 但加工利用率却不足 10%, 远远落后于发达国家。一方面是因为马铃薯不含面筋蛋白, 难以赋予面团特有的粘弹性, 致使其加工性能较差; 另一方面, 由于我国马铃薯传统消费方式主要以鲜食为主, 精深加工产品所占比重较低, 且产品种类单一, 缺乏适合中国居民饮食习惯的马铃薯主食产品。为实现推进马铃薯由副食消费向主食消费转变、由原料产品向加工制成品转变、由温

饱消费向营养健康消费转变,2015年国家启动马铃薯主食化战略,预计到2020年30%以上的马铃薯将作为主食进行消费。

面条是我国的传统食品,有近两千年的悠久历史,是我国北方居民日常生活中最重要、最受欢迎的主食之一。同时在国外,特别是在意大利、日本和韩国等国家,面条也已成为人们日常饮食生活中的主要食品。但由于传统小麦粉面条的原料单一,已不能满足消费者对营养健康主食产品日益增长的需求。有研究表明,通过优化产品配方和工艺,将小麦粉和马铃薯全粉按一定比例混合制作马铃薯面条,不仅解决了因马铃薯全粉缺乏面筋蛋白导致成型难的问题,同时使面条的营养更加均衡^[3,4]。然而,不同品种的小麦粉对马铃薯面条食用品质的影响尚不明确。因此,本文通过比较研究不同品种小麦粉对马铃薯面条品质的影响,以期筛选出适宜加工马铃薯面条的小麦粉品种,从而为马铃薯面条的加工和品质的改善提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

双福 02-1、山农 15、永良 4、济南 17 和奎冬 5 等小麦粉由秦皇岛原滋味食品有限公司提供;新冬 18 小麦粉由新疆农业科学院提供;大西洋马铃薯全粉购自内蒙古凌志马铃薯科技股份有限公司;食盐购自当地超市。

1.2 主要仪器与设备

DJ-500J 电子天平,奥豪斯仪器(常州)有限公司;JHMZ 200 和面机,北京东孚久恒仪器技术有限公司;YRR34CB 醒发室,Ayauta-gun, Kagawa., Japan;实验面条机,中国农业科学院农产品加工研究所;LT-ACC300 人工气候箱,立德泰勃(上海)科学仪器有限公司;CT310K 质构仪,BROOKFIELD, U.S.A.;BGZ-140 电热鼓风干燥箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;C21-H2101 电磁炉,青岛海尔成套家电服务有限公司;S-570 扫描电子显微镜,日本日立公司;K1100/K1100F 全自动凯氏定氮仪,济南海能仪器股份有限公司;L 3/11-LT 40/12 马弗炉,广州市华粤行仪器有限公司;MJ-III B 型面筋仪,杭州大吉光电仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 马铃薯面条原料组成

80%小麦粉+20%马铃薯全粉+2%食盐(以混合粉

质量计算)。

1.3.2 马铃薯面条的制作

称取混合粉 200 g 放入和面机,搅拌 6 min,同时不断加入盐水,加水量为湿面团含水量与混合粉含水量之差,面团的含水量为 35%。拌好的面絮放入自封袋在 25 ℃的醒发室内醒发 1 h,然后将面絮压成 0.4 cm 厚的面带,继续在 25 ℃醒发室中进行二次醒发 30 min,最后醒发好的面带分别在 3.0、2.5、2.0、1.5、1.0 mm 的轨间距处延压两次,面带压至 1 mm 厚,进行切面。

1.3.3 马铃薯干面的制作

取部分马铃薯鲜切面吊挂在人工气候箱中烘干,制得马铃薯干面。烘干条件如下:第一段:温度 25 ℃,湿度 85%,时间 1 h;第二段:温度 45 ℃,湿度 80%,时间 3 h;第三段:温度 25 ℃,湿度 60%,时间 2 h。

1.4 品质指标的测定

1.4.1 小麦粉中主要成分的测定

1.4.1.1 蛋白质含量测定

小麦粉中粗蛋白含量按《GB 5009.5-2010 食品中蛋白质的测定》的方法进行测定。

1.4.1.2 湿面筋含量测定

小麦粉中湿面筋含量按《GB/T 5506.2-2008 仪器法测定湿面筋》的方法进行测定。

1.4.1.3 淀粉含量测定

小麦粉中淀粉含量按《GB/T 5009.9-2008 食品中淀粉的测定》的方法进行测定。

1.4.1.4 直链淀粉含量测定

小麦粉中支链淀粉含量按 Megazyme 直链淀粉试剂盒方法测定。

1.4.1.5 灰分含量测定

小麦粉中灰分含量按《GB 5009.4-2016 食品安全标准食品中的灰分的测定》的方法进行测定。

1.4.2 马铃薯面条蒸煮损失测定

采用中华人民共和国粮食行业标准 LS/T 3212-2014《挂面生产工艺测定方法》对鲜切面及干面的蒸煮损失进行测定。称取约 10 g 样品,精确至 0.1 g,放入盛有 500 mL 沸水(蒸馏水)的烧杯中,用电磁炉加热,保持水的微沸状态,煮制最佳烹调时间后,用筷子挑出面条,面汤放至常温后,转入 500 mL 容量瓶中定容混匀,吸 50 mL 面汤倒入恒重的 250 mL 烧杯中,放在可调式电磁炉上蒸发掉大部分水分后,再吸入面汤 50 mL,继续蒸发至近干,放入 105 ℃烘箱内烘至恒重,计算蒸煮损失。

$$P=5M/[G \times (1-W)] \times 100$$

式中:G为煮前面条重量/g;P为蒸煮损失/%;M为100 mL面汤中干物质质量/g;W为面条中水分含量。

1.4.3 煮后面条质构特性测定

量取600 mL蒸馏水放入1000 mL烧杯中,将水加热煮沸后,放入5根马铃薯面条,微沸状态下煮至最佳蒸煮状态立即捞出。以流动蒸馏水冲淋30 s,然后利用质构仪进行拉伸特性和质地剖面分析(TPA)测定,每个样品进行5次重复试验取平均值。

1.4.3.1 煮后面条拉伸特性测定

利用质构仪对蒸煮冲淋完毕的实验样品进行拉伸性能的测定,最大拉力反映蒸煮后面条的拉伸性能。探头A/SPR,测前速率为2.0 mm/s,返回速率10 mm/s,测试速率1 mm/s。拉伸距离为100 mm,数据采集速率为25 p/s。两探头起始间距30 mm,触发值为5 g。记录面条被拉断时的最大拉伸力,每个样品进行5次重复实验取平均值。

1.4.3.2 煮后面条质地剖面分析(TPA测试)

利用质构仪对蒸煮冲淋完毕的实验样品进行TPA测试,比较分析面条的硬度、弹性、胶着性、咀嚼性

和粘力等品质指标。选择3根面条均匀并排放置在实验平台上,探头ALKB-F,测前速率和测后速率均为2.0 mm/s,测试速率为0.8 mm/s。压缩程度为70%,两次压缩停留间隔为10 s,数据采集速率为200 p/s。触发值为10 g。每个样品进行6次重复实验取平均值。

1.4.4 扫描电镜(SEM)观察

将干面用镊子掰成1~2 mm的小方块,将干面断裂面向上放置粘贴固定在载样台上,直接进行喷涂处理,观察、拍照。每个样品重复拍照三次,选择较为清晰的代表性照片观察比较。

1.4.5 数据分析

每个实验指标最少做三个平行试验,最后测定数据用SPASS 17.0统计软件进行LSD显著性分析,显著性 $p<0.05$,统计值使用“平均值±标准差”表示。所得结果进一步用Excel 2007及Origin 9.1做图表示。

2 结果与分析

2.1 不同品种小麦粉中主要成分

表1 不同品种小麦粉中主要成分差异

Table 1 The differences in major component of different varieties of wheat flour

品种	蛋白质/%	湿面筋/g	淀粉/%	直链淀粉/%	灰分/%
双福 02-1	12.33±0.14 ^c	0.35±0.08 ^{bc}	58.60±0.21 ^d	32.84±0.43 ^a	0.68±0.01 ^c
山农 15	11.60±0.41 ^{bc}	0.35±0.08 ^c	64.22±0.46 ^a	29.84±2.51 ^b	0.77±0.02 ^a
济南 17	11.18±0.76 ^{ab}	0.34±0.18 ^{bc}	59.66±0.15 ^c	30.36±0.71 ^b	0.69±0.01 ^c
新冬 18	11.62±0.23 ^{bc}	0.33±0.09 ^b	64.38±0.35 ^a	25.45±1.18 ^c	1.06±0.02 ^d
奎冬 5	10.92±0.37 ^{ab}	0.35±0.12 ^c	64.30±0.23 ^a	30.44±1.30 ^b	0.60±0.08 ^b
永良 4	10.46±0.46 ^a	0.31±0.02 ^a	62.34±0.14 ^b	26.28±1.41 ^c	0.66±0.02 ^c

注: a,b,c,d代表同一指标不同小麦粉之间的显著性差异($p<0.05$)。

由表1可见,六种不同品种小麦粉中,双福02-1粗蛋白含量最高,永良4含量最低。小麦粉蛋白质粗蛋白中除面筋蛋白外还含有一定量的非面筋蛋白,这部分蛋白对面粉起到酶的功能,具有催化酵母发酵和凝结面团的作用^[5,6]。双福02-1中的小麦粉直链淀粉含量也最高,而新冬18小麦粉中的最低。新冬18小麦粉灰分含量显著高于其余5种小麦粉,奎冬5小麦粉的灰分含量最低。一般而言,小麦粉灰分含量越高,矿物质的含量越高,其加工性能越差^[7]。

2.2 不同品种小麦粉对马铃薯面条蒸煮损失的影响

蒸煮损失可定量反映蒸煮过程中面条中干物质的溶出量,是衡量面条品质的重要指标。蒸煮损失越

大,面条的糊汤程度越严重,面条食用品质亦越差^[8]。如图1所示,6种马铃薯干面中,双福02-1马铃薯干面蒸煮损失最大,奎冬5马铃薯干面最小。6种马铃薯鲜切面中,济南17马铃薯鲜切面蒸煮损失最大,双福02-1马铃薯鲜切面次之,山农15马铃薯鲜切面最小。

这可能是由于山农15和奎冬5小麦粉中湿面筋含量较高,在面团的制作过程中形成了较好的三维网状结构,降低了淀粉的溶出,从而降低了蒸煮损失。芦静和赵清宇等认为面条的蒸煮损失与湿面筋含量存在着显著的负相关^[9,10]。双福02-1小麦粉的高淀粉含量可能是造成马铃薯面条蒸煮损失高的主要原因,直链淀粉易溶于热水,糊化时间短,随着面条中的直链淀粉含量的升高,进入面汤中的干物质含量增加,蒸煮损失增大^[11,12]。

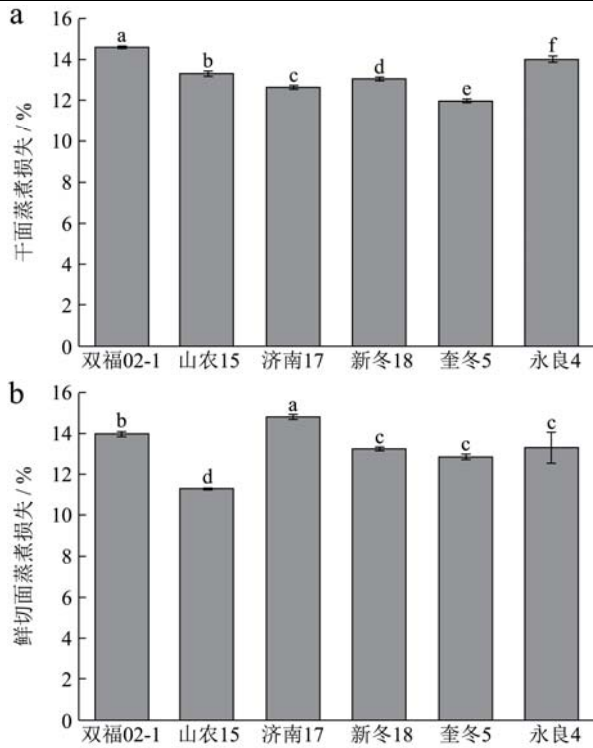


图1 不同品种小麦粉对马铃薯面条蒸煮损失的影响

Fig.1 Effects of different wheat flour on the cooking loss of potato noodles

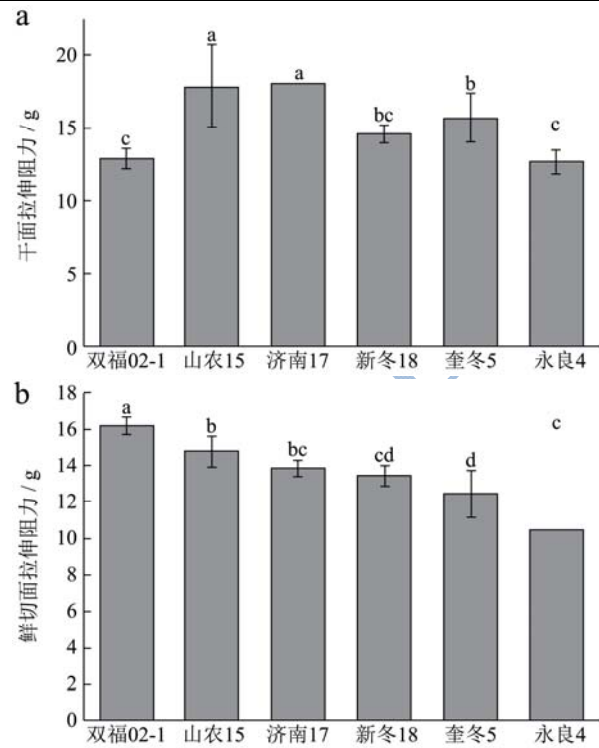


图2 不同品种小麦粉对马铃薯面条拉伸特性的影响

Fig.2 Effects of different wheat flour on the tensile force of potato noodles

2.3 不同品种小麦粉对马铃薯面条拉伸特性的影响

面条的拉伸阻力是指面条在受外力伸展时产生的阻力，一般用面条拉断时的最大阻力表示^[13]。拉伸阻力可以定量反映面条的拉伸特性，通常拉伸阻力越大，面条的筋道感越好，弹性越强，相应面条的品质亦越好。

六种马铃薯干面及鲜切面的拉伸特性如图 2 所示，可以看出山农 15 和济南 17 马铃薯干面的拉伸阻力要显著大于其余 4 种，永良 4 马铃薯面条的拉伸阻力最小。

在鲜切面中，双福 02-1 马铃薯鲜切面的拉伸阻力最大，济南 17 马铃薯鲜切面次之，永良 4 鲜切面拉伸阻力最小。面条的拉伸特性与原料粉中的蛋白质和湿面筋含量密切相关。随着蛋白质含量的增加，湿面筋含量随之上升，蛋白质通过共价键和非共价键形成网状结构，进而与淀粉和脂肪等物质形成了一个淀粉-蛋白质-脂肪复合物，湿面筋含量越高，这种复合物结构越牢固稳定性越高，形成的面条的弹性越好，拉断力和拉伸距离也就越大^[14]。

2.4 不同品种小麦粉对马铃薯面条质构特性的影响

由于各个国家对面条的口感品质要求不同，同一种产品感官评价存在很大差异难以统一标准化，而质构仪有较高的灵敏度和客观性，可以通过对结果的量化处理避免人为评价的主观因素^[15]。同时，剪切应力和拉断力等参数与面条的筋道感，硬度和弹性等指标之间存在显著的正相关性，因此用质构仪对面条的质地进行研究不但直观而且更加方便快捷^[16]。对六种马铃薯干面和鲜切面质构特性的测定，结果见表 2。可以看出，六种干面的硬度存在显著差异，其中山农 15 和新冬 18 马铃薯干面硬度较大，双福 02-1 马铃薯干面硬度最小；济南 17 马铃薯干面弹性和胶着性相对较好，永良 4 马铃薯干面的硬度、弹性和胶着性等指标显著较差，其他指标六种干面均无显著性差异。在六种鲜切面条中，硬度等五个指标的无显著性差异。湿面筋和直链淀粉含量是影响面条质构特性的主要因素。

山农 15 和济南 17 小麦粉的湿面筋含量显著较高，直链淀粉含量相对较低（表 1）。在面团形成过程

中面筋蛋白中的麦谷蛋白各亚基之间通过分子间二硫键和次生键（氢键和疏水作用等）聚集形成较大的蛋白聚合物^[17]，这种聚合物形成的网络结构具有较好的刚性和弹性，是产生面条硬度和弹性的主要原因之一，

面筋蛋白含量越高，面条的咀嚼性也就越好，筋道感越强^[18]。直链淀粉含量不一致是影响面条的质构特性的另一个主要原因^[19,20]，通常直链淀粉含量越低，面条的吸水量越小，硬度亦越大。

表 2 不同品种小麦粉对马铃薯面条质构特性的影响

Table 2 Effects of different wheat flour on the texture characteristics of potato noodles

种类	硬度	弹性	胶着性	咀嚼性	粘力	
干面	双福 02-1	117.80+9.45 ^c	0.67+0.03 ^a	59.60+13.65 ^{ab}	0.38+0.12 ^a	4.20+1.01 ^{ab}
	山农 15	161.20+15.63 ^a	0.60+0.02 ^{bc}	45.60+31.90 ^{ab}	0.28+0.18 ^{ab}	5.20+1.37 ^{ab}
	济南 17	145.60+4.47 ^{ab}	0.67+0.03 ^a	67.80+25.00 ^a	0.44+0.17 ^a	5.00+0.65 ^{ab}
	新冬 18	166.00+16.10 ^a	0.60+0.02 ^{bc}	54.80+11.92 ^{ab}	0.32+0.07 ^{ab}	4.80+1.21 ^{ab}
	奎冬 5	144.80+15.93 ^{ab}	0.63+0.02 ^{ab}	77.40+22.45 ^a	0.48+0.15 ^a	5.20+1.37 ^{ab}
	永良 4	127.40+16.72 ^{bc}	0.57+0.04 ^c	28.60+13.69 ^b	0.16+0.11 ^b	6.00+1.46 ^a
鲜切面	双福 02-1	137.20+1.52 ^{bc}	0.65+0.04 ^a	65.00+7.55 ^a	0.40+0.07 ^a	4.80+1.01 ^b
	山农 15	135.20+7.92 ^{bc}	0.66+0.04 ^a	65.60+23.58 ^a	0.46+0.17 ^a	7.40+1.55 ^{ab}
	济南 17	132.00+6.18 ^{bc}	0.66+0.04 ^a	71.20+24.11 ^a	0.46+0.19 ^a	5.40+0.83 ^b
	新冬 18	166.60+9.13 ^a	0.62+0.04 ^a	62.40+14.08 ^a	1.10+1.51 ^a	7.60+1.80 ^{ab}
	奎冬 5	132.40+11.69 ^{bc}	0.62+0.05 ^a	47.40+32.06 ^a	0.31+0.24 ^a	5.60+1.55 ^b
	永良 4	113.40+9.23 ^c	0.54+0.09 ^b	44.00+17.48 ^a	0.46+0.40 ^a	8.80+3.43 ^{ab}

注：a,b,c,d 代表同一小麦粉添加量不同马铃薯面条之间的显著性差异(p<0.05)。

2.5 不同品种小麦粉对马铃薯面条微观结构的影响

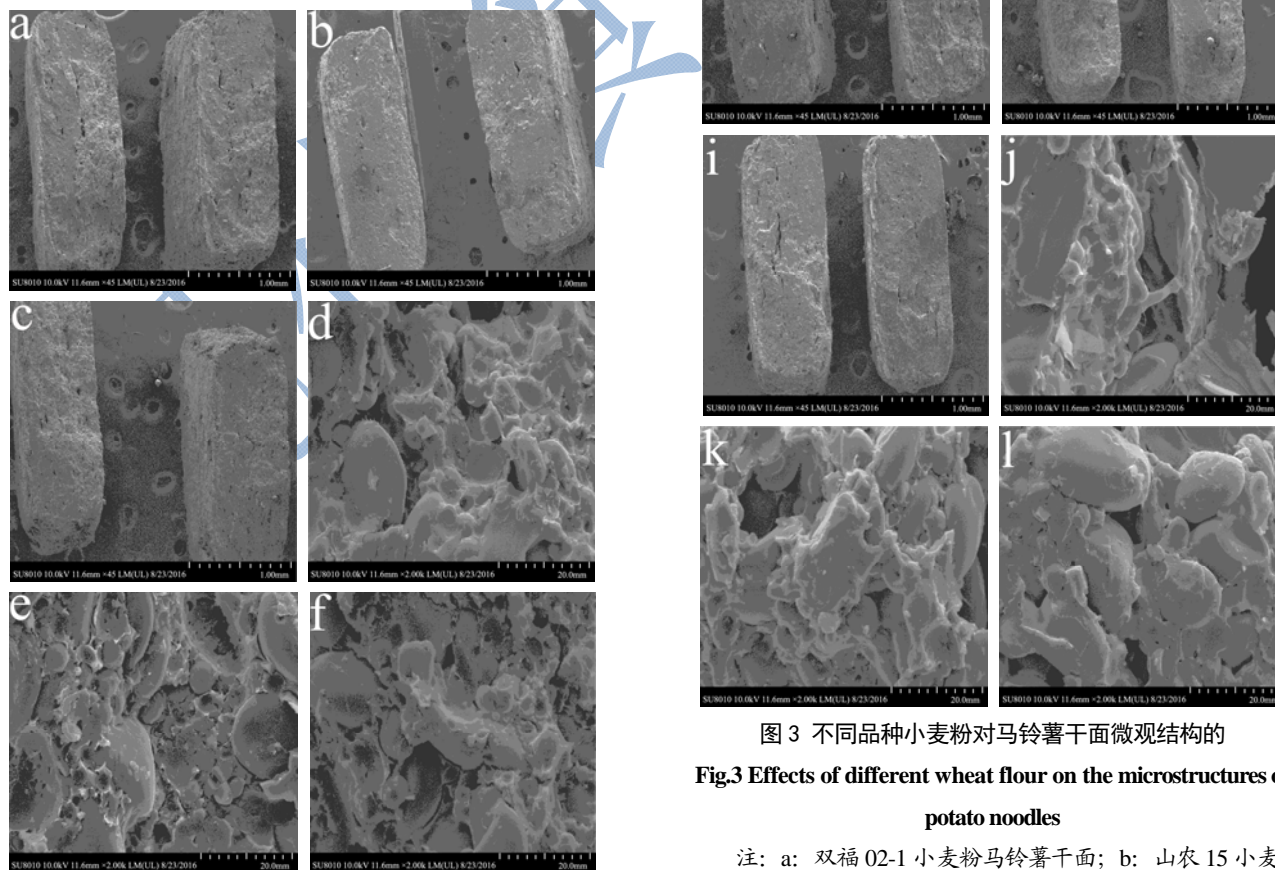


图 3 不同品种小麦粉对马铃薯干面微观结构的影响

Fig.3 Effects of different wheat flour on the microstructures of potato noodles

注：a：双福 02-1 小麦粉马铃薯干面；b：山农 15 小麦粉

马铃薯干面; c: 济南 17 小麦粉马铃薯干面; d: 新冬 18 小麦粉马铃薯干面; e: 奎冬 5 马铃薯干面; f: 永良 4 马铃薯干面; 放大倍数: 45 倍。g: 双福 02-1 小麦粉马铃薯鲜切面; h: 山农 15 小麦粉马铃薯鲜切面; i: 济南 17 小麦粉马铃薯鲜切面; j: 新冬 18 小麦粉马铃薯鲜切面; k: 奎冬 5 马铃薯鲜切面; l: 永良 4 马铃薯鲜切面; 放大倍数: 2000 倍。

扫描电子显微镜能较好的评价蛋白质和淀粉等主要成分对面条微观结构的影响^[21]。分别在 45 和 2000 放大倍数下观察六种马铃薯干面的横截面, 结果如图 3 所示。

从图中可以看出, 放大倍数在 45 倍时, 可明显地观察到六种面条的内部微观结构存在较大差异, 山农 15 和济南 17 马铃薯干面结构较为致密, 无龟裂现象发生且空隙较小。而双福 02-1 和永良 4 马铃薯干面质地较为疏松, 有龟裂现象发生。在 2000 倍显微镜下进一步观察发现, 山农 15 和济南 17 马铃薯干面中蛋白质和淀粉颗粒结合更为紧密, 蛋白质对淀粉颗粒的包裹效果较好。而双福 02-1 马铃薯干面中形成的蛋白网络结构较差, 淀粉颗粒和蛋白质间存在较大空隙, 淀粉未完全镶嵌在面筋网络结构中。小麦粉中湿面筋含量会直接影响面筋网络结构形成的数量和质量, 进而影响面条的质地^[22], 而面筋蛋白中的半胱氨酸氧化形成的分子间和分子内的二硫键可促进网络结构的形成^[21]。

3 结论

3.1 综合考虑不同品种小麦粉对马铃薯面条的蒸煮损失、拉伸特性、质构特性和微观结构的影响, 结果表明山农 15、济南 17 小麦粉制作的马铃薯面条, 其食用品质优于其他 4 种小麦粉。由此可见, 山农 15、济南 17 小麦粉较适用于加工马铃薯面条。

3.2 小麦粉中湿面筋含量和直链淀粉含量对马铃薯面条的感官品质影响显著, 小麦粉中湿面筋含量越高, 直链淀粉含量越低马铃薯面条的感官品质越好。

参考文献

- [1] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2012, 1: 1-4
XIE Cong-hua. Potato industry status and development [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2012, 1: 1-4
- [2] 胡宏海, 张泓, 戴小枫. 马铃薯营养与健康功能研究现状[J]. 生物产业技术, 2017, 4: 31-35
HU Hong-hai, ZHANG Hong, DAI Xiao-feng. Research status of potato nutrition and health function [J]. Biotechnology & Business, 2017, 4: 31-35
- [3] 刘颖, 刘丽宅, 于晓红, 等. 马铃薯全粉对小麦粉及面条品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(24)
LIU Ying, LIU Li-zhai, YU Xiao-hong, et al. Effect of potato flour on the quality of wheat flour and noodle [J]. Science and Technology of Industry, 2016, 37(24)
- [4] XU Fen, Hu Hong-hai, Dai Xiao-feng, et al. Nutritional compositions of various potato noodles: Comparative analysis [J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2017, 10(1): 218-225
- [5] 章学澄. 小麦籽实糊粉层与面粉品质的关系[J]. 粮食与饲料工业, 1993, 6: 1-2
ZHANG Xue-cheng. The relationship between flour quality and aleurone of kernel [J]. Cereal and Feed Industry, 1993, 6: 1-2
- [6] Bleux W, Brijs K, Torrekens S, et al. Specificity of a wheat gluten aspartic proteinase [J]. Biochimica Et Biophysica Acta, 1998, 1387(1-2): 317-324
- [7] 张国权, 魏益民, 欧阳韶晖, 等. 面粉质量与面条品质关系的研究[J]. 西部粮油科技, 1999, 24(4): 39-41
ZHANG Guo-quan, WEI Yi-min, OUYANG Shao-hui, et al. Research on the relationship between flour quality and noodle quality [J]. China Western Cereals & Oils Technology, 1999, 24(4): 39-41
- [8] 李梅, 田世龙, 程建新, 等. 应用鲜薯为原料的马铃薯面条加工研究[J]. 农业工程技术: 农产品加工业, 2015, 23: 23-27
LI Mei, TIAN Shi-long, CHENG Jian-xin, et al. Study on processing potato noodles with fresh potato as raw material [J]. Agricultural Engineering Technology, Agricultural Products Processing Industry, 2015, 23: 23-27
- [9] 芦静, 张新忠, 吴新元, 等. 小麦品质性状与面制食品加工特性相关性研究[J]. 新疆农业科学, 2002, 39(5): 290-292
LU Jing, ZHANG Xin-zhong, WU Xin-yuan, et al. Investigation on correlation between quality characters of wheat and processing quality of flour food [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2002, 39(5): 290-292
- [10] 赵清宇. 小麦蛋白特性对面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012
ZHAO Qing-yu. The influence of protein characteristics on noodles quality [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012
- [11] 章绍兵, 陆启玉, 吕燕红. 面条品质与小麦粉成分关系的研究进展[J]. 食品科技, 2003, 6: 66-69
ZHANG Shao-bing, LU Qi-yu, LV Yan-hong, et al. Development of study on the relationships between noodle

- quality and wheat flour components [J]. Food Science and Technology, 2003, 6: 66-69
- [12] 王晓曦,雷宏,曲艺,等.面粉中的淀粉组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. Effect of starch composition in flour noodle cooking quality [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2010, 31(2): 24-27
- [13] 徐芬,胡宏海,张春江,等.不同蛋白对马铃薯面条食用品质的影响[J].现代食品科技,2015,12:269-276
- XU Fen, HU Hong-hai, ZHANG Chun-jiang, et al. Effects of different types of proteins on the eating quality of potato noodles [J]. Modern Food Science & Technology, 2015, 12: 269-276
- [14] He Z H, Yang J, Zhang Y, et al. Pan bread and dry white Chinese noodle quality in Chinese winter wheats [J]. Euphytica, 2004, 139(3): 257-267
- [15] 孙彩玲,田纪春,张永祥.质构仪分析法在面条品质评价中的应用[J].实验技术与管理,2007,24(12):40-43
- SUN Cai-ling, TIAN Ji-chun, ZHANG Yong-xiang. Application of texture analyser in the evaluation of noodle quality [J]. Experimental Technology and Management, 2007, 24(12): 40-43
- [16] 王灵昭,陆启玉,袁传光.用质构仪评价面条质地品质的研究[J].河南工业大学学报自然科学版,2003,24(3):29-33
- WANG Ling-zhao, LU Qi-yu, YUAN Chuan-guang. Study on the assessment of noodle texture with texture analyser [J]. Journal of Henan University of Technology(Natural Science Edition), 2003, 24(3): 29-33
- [17] D'Ovidio R, Masci S. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten [J]. Journal of Cereal Science, 2004, 39(3): 321-339
- [18] 杨秀改.面筋蛋白与面条品质关系的研究[D].郑州:河南工业大学,2005
- YANG Xiu-gai. Effects of glutenins on noodle qualities [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2005
- [19] 陆启玉.小麦面粉中主要组对面条特性影响的研究[D].广州:华南理工大学,2010
- LU Qi-yu. Effect of main components in wheat flour on noodle characteristics [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010
- [20] Toyokawa H, Rubenthaler G L, Powers J R, et al. Japanese noodle qualities. II. Starch components [J]. Cereal Chemistry, 1989
- [21] Dexter J E, Matsuo R R, Dronzek B L. A scanning electron microscopy study of Japanese noodles [J]. Cereal Chemistry, 1979
- [22] Lagrain B, Glorieux C, Delcour J A. Importance of gluten and starch for structural and textural properties of crumb from fresh and stored bread [J]. Food Biophysics, 2012, 7(2): 173-181