

玉米粉-粳米粉复配对无麸质意面食用品质的影响

李康¹, 刘伟^{1,2,3}, 樊月¹, 黄艳杰¹, 徐芬¹, 戴小枫^{1,2,3}, 张泓^{1,2,3}, 胡宏海^{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)

摘要: 为筛选出适宜加工无麸质意面的玉米粉与粳米粉复配比例, 本研究比较分析了不同玉米粉-粳米粉复配比例(1:9、3:7、5:5、7:3和9:1)对无麸质意面蒸煮损失、TPA 质构特性、拉伸特性、最佳蒸煮时间等食用品质的影响。结果表明: 玉米粉-粳米粉复配比例为 3:7 时, 所制得的无麸质意面蒸煮损失和拉伸特性等品质指标分别达到 12.10% 和 14.90 g; 同时硬度、弹性、咀嚼性和胶着性达到最大为 105.67 g、1.19 mm、0.80 MJ 和 68.00 g, 显著优于相同加工条件下其他 4 种复配比例制得的无麸质意面。扫描电镜结果亦表明, 玉米粉-粳米粉复配比例为 3:7 时, 无麸质意面蒸煮前内部结构致密, 空隙率更小; 蒸煮后呈现有规则的三维网络结构。而其他玉米粉-粳米粉复配比例制作的无麸质意面内部结构较差。综合以上结果, 玉米粉-粳米粉复配比例为 3:7 时, 无麸质意面食用品质较佳。

关键词: 玉米粉; 粳米粉; 无麸质意面; 食用品质

文章编号: 1673-9078(2019)07-191-197

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.7.026

The Effect of Corn Flour to Rice Flour Ratio on the Edible Quality of Gluten Free Pasta

LI Kang¹, LIU Wei^{1,2,3}, FAN Yue¹, HUANG Yan-jie¹, XU Fen¹, DAI Xiao-feng^{1,2,3}, ZHANG Hong^{1,2,3}, HU Hong-hai^{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)

Abstract: In order to determine the optimum ratio of corn flour to rice flour for processing gluten-free pasta, this work compared the effects of different corn flour to rice flour ratios (1:9, 3:7, 5:5, 7:3 and 9:1) on edible qualities of gluten-free pasta, such as cooking loss, TPA texture, tensile property, and optimal cooking time. The results showed that, as the ratio was 3:7, the cooking loss and strength characteristics of gluten-free pasta reached 12.10% and 14.90 g, respectively. The hardness, spring, chewiness and gumminess also reached 105.67 g, 1.19 mm, 0.80 mj and 68.00 g, which was significantly better than the others. Results of scanning electron microscopy also indicated that the internal structure of gluten-free pasta before cooking is more dense and porosity is smaller void when the ratio of corn flour to rice flour was 3:7. Furthermore, a regular three-dimensional network structure was observed in the gluten-free pasta after cooking. However, the gluten-free pasta made of other corn flour to rice flour ratios had a poorer internal structure. Based on the above results, when the corn flour to rice flour ratio was 3:7, the edible quality of gluten-free pasta was better.

Key words: corn flour; rice flour; gluten free pasta; edible quality

收稿日期: 2019-03-15

基金项目: 北京市科技计划项目(D17110500190000); 公益性行业(农业)科研专项(201503001-2); 现代农业产业技术体系建设专项资金(马铃薯产业技术体系 CARS-09)

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

通讯作者: 张泓(1958-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 中式食品制造与装备; 共同通讯作者: 胡宏海(1975-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品加工理论与技术

乳糜泻(Celiac disease, CD)是一种自身免疫性疾病,即携带遗传易感基因个体在摄入含有麸质食品后诱发的多种肠胃及肠外疾病^[1]。目前乳糜泻病例在中国较少,但呈现逐年增多的趋势,同时结合中国人群易感基因携带率和小麦消费量分析来看,中国人群尤其北方地区患乳糜泻风险显著高于预计值^[2,3]。目前治疗乳糜泻的唯一有效方式是严格控制含麸质(面筋)食品的摄入^[4]。无麸质意面作为乳糜泻患者喜爱的无麸质产品之一,通常以大米、玉米、马铃薯等不含麸质谷薯类原料制成。与籼稻等稻米相比,粳米口感绵软细腻,在我国北方和大中型城市的消费前景更加广阔^[5,6]。同时随着生活水平的不断改善,消费者对稻米质量的要求随之升高,优质粳米在人民口粮中的比例越来越高^[7]。然而受无麸质意面加工方式影响,粳米原料粉在双螺杆高温挤出条件下抗剪切能力较弱,凝胶形成能力较弱且凝胶强度低^[8]。因此,以粳米粉单一原料制作无麸质意面时,存在产品弹性不足、易糊汤、易断条、营养不均衡等问题^[9]。

玉米属禾本科一年生草本植物,营养丰富,含有大量淀粉、蛋白质、脂肪、粗纤维、矿物质等营养物质,同时磷元素、维生素B₂等含量居谷类之首,具有较高的营养保健价值^[10,11]。虽然我国玉米种植面积和产量居粮食作物第二位^[12],但约50%都用于饲料加工,利用价值偏低^[13]。究其原因,一方面是玉米不含面筋蛋白,加工过程中难以形成面筋网状结构,粘弹性欠佳,柔韧性差,造成玉米粉食用口感粗糙,品质较差^[14]。另一方面,我国玉米传统消费方式单一,加工技术水平落后,玉米加工仍停留在初加工阶段,传统的玉米食品无法满足人们对营养、卫生和安全的需要^[15]。已有研究表明,采用双螺杆挤压技术可以有效改善玉米的加工适宜性,提高产品的品质及其利用价值^[16]。

因此将玉米粉和粳米粉混合,采用双螺杆挤压技术制作无麸质意面,有望解决粳米粉抗剪切能力差的问题,提高无麸质意面营养价值。然而,玉米粉与粳米粉的复配比例对无麸质意面食用品质的影响尚不明确。因此,本文通过比较研究不同玉米粉与粳米粉的复配比例对无麸质意面品质的影响,以期筛选出适宜加工无麸质意面的最佳玉米粉-粳米粉复配比例,从而为改善无麸质意面新产品品质提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

玉米粉购自青岛五谷康食品营养科技有限公司;

粳米粉购自芜湖市神农食品有限公司。

1.2 主要设备与仪器

DJ-500J 电子天平,奥豪斯仪器(常州)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;S-570 扫描电子显微镜,日本日立公司。

1.3 试验方法

1.3.1 玉米粉与粳米粉中主要成分测定

1.3.1.1 脂肪含量测定

粗脂肪含量按《GB 5009.6-2016 食品中脂肪的测定》的方法进行测定。

1.3.1.2 蛋白质含量测定

粗蛋白含量按《GB 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定》的方法进行测定。

1.3.1.3 淀粉含量测定

淀粉含量按《GB 5009.9-2016 食品中淀粉的测定》的方法进行测定。

1.3.1.4 直链淀粉含量测定

直链淀粉含量按 Megazyme 直链淀粉试剂盒方法测定。

1.3.1.5 灰分含量测定

灰分含量按《GB 5009.4-2016 食品中的灰分的测定》的方法进行测定。

1.3.2 无麸质意面原料组成

将玉米粉和粳米粉按照不同复配比例(1:9、3:7、5:5、7:3和9:1)混合均匀,制得5种不同无麸质意面原料混合粉,作为无麸质意面样品制作原料。

1.3.3 无麸质意面的制作

称取500 g不同复配比例的无麸质意面原料混合粉,将其倒入双螺杆挤压机喂料筒内,启动双螺杆挤压机,参数如下:喂料转速为40 r/min,液体泵转速为45 r/min,双螺杆转速为120 r/min,机筒温区温度分别为II区:45℃;III区:65℃;IV区:85℃;V区:110℃;VI区:90℃;VII区:70℃。物料经双螺杆挤出机挤出头挤压成直径1 mm圆形无麸质意面。将制得的无麸质意面悬挂于人工气候室烘干制得无麸质意面成品。烘干条件如下:第一段:温度25℃,湿度85%,时间1 h;第二段:温度30℃,湿度85%,时间2 h;第三段:温度35℃,湿度90%,时间2 h;第四段:温度45℃,湿度90%,时间4 h;第五段:温度45℃,湿度90%,时间4 h;第六段:温度35℃,湿度85%,时间3 h;第七段:温度30℃,湿度70%,时间5 h。

1.4 品质指标测定

1.4.1 最佳蒸煮时间测定

最佳蒸煮时间的测定参照 Bastos^[17]的方法,并略作修改:取5根约10 cm长的无麸质意面样品放入煮沸的500 mL蒸馏水中,保持微沸,每隔10 s取一段用两块透明玻璃平板轻轻按压,若硬芯消失则认为米线已经煮好,记录蒸煮时间。

1.4.2 蒸煮损失测定

参照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》对无麸质意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,保持水呈微沸状态,煮制最佳蒸煮时间后,用筷子挑出意面,面汤放至常温后,转入500 mL容量瓶中定容混匀,吸取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 °C烘箱内烘至恒重,计算蒸煮损失。

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

式中:G为煮前意面重量/g;P为蒸煮损失/%;M为100 mL面汤中干物质量/g;W为意面中水分含量。

1.4.3 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根无麸质意面样品,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 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意面的拉伸性能。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20 mm,触发值为7 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 质地剖面分析(TPA测定)

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 电子扫描电镜(SEM)观察

将干燥后无麸质意面样品用镊子掰成1~2 mm的小圆柱体,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进行观察。

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进行分析, $p < 0.05$ 为差异显著,统计值使用“平均值±标准差”表示。所得结果进一步用Origin 9.1做图表示。

2 结果分析

2.1 玉米粉、粳米粉中主要成分

玉米粉,粳米粉中脂肪、蛋白质、淀粉、直链淀粉、灰分等主要成分含量差异如表1所示。从表中可以看出玉米粉中直链淀粉和蛋白质含量远远高于粳米粉。江帆认为直链淀粉和蛋白质含量的差异是影响不同比例复配粉理化性质产生差异的主要原因^[18]。蛋白质受热变性后在面制品中起着骨架的作用,淀粉则是构成无麸质意面的主体。玉米粉中脂肪和灰分含量略高于粳米粉,其中脂肪含量的多少可以影响加工面制品的拉伸强度和拉伸距离。Sahi与Hallberg研究发现,油脂类物质的添加可提高面团的拉伸强度和均匀度^[19,20]。灰分含量与加工精度和品种相关。通常情况下,灰分含量越高,矿物质含量越高。

表1 玉米粉与粳米粉主要成分差异(干基)

Table 1 The differences in major component content between corn flour and rice flour (dry basis)

种类	脂肪/%	蛋白质/%	淀粉/%	直链淀粉/%	灰分/%
玉米粉	1.75±0.01 ^a	10.08±0.01 ^a	69.03±0.04 ^a	19.70±0.03 ^a	0.50±0.00 ^a
粳米粉	1.12±0.02 ^b	7.04±0.01 ^b	67.02±0.02 ^b	10.22±0.06 ^b	0.45±0.02 ^b

注:同列肩注小写字母不同表示差异显著($p < 0.05$),下表同。

2.2 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面最

佳蒸煮时间的影响

最佳蒸煮时间指,在蒸煮过程中水分子进入意面组织内部并使中心淀粉颗粒完全糊化的最短时间^[21]。从图1可以看出,当玉米粉-粳米粉复配比例从1:9增加到3:7时最佳蒸煮时间显著增加,这可能是由于玉

米粉占比增加,提高了混合粉中直链淀粉含量,糊化温度升高,糊化后再经老化,形成的凝胶强度较大,较耐煮,从而导致最佳蒸煮时间延长^[22]。同时随着玉米粉占比进一步增加,最佳蒸煮时间继续增加但增加速率放缓。过长的最佳蒸煮时间会造成无麸质意面表面结构过于松散,此时水沸腾过程中产生的冲击力会使蒸煮损失增加。

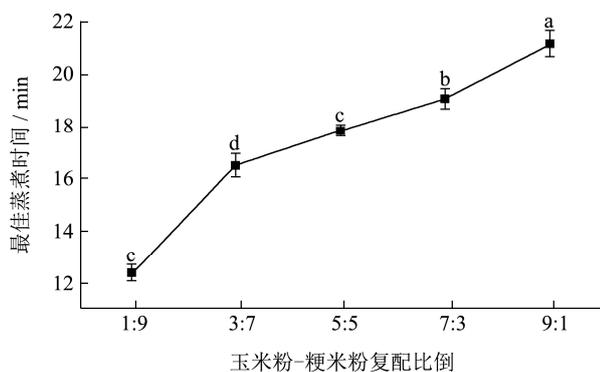


图1 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面最佳蒸煮时间的影响

Fig.1 The effect of corn flour to rice flour ratio on the gluten-free pasta optimum cooking time

2.3 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面蒸煮损失的影响

蒸煮损失可定量反映蒸煮过程中干物质溶出量,是衡量无麸质意面蒸煮特性的重要指标^[23]。如图2所示,随着玉米粉占比的增加,无麸质意面的蒸煮损失呈现先降低后增加的趋势,并当玉米粉-粳米粉复配比

例为 3:7 时,无麸质意面蒸煮损失最低。这一趋势与王永辉研究结果较为一致^[22]。这可能是由于玉米粉中玉米淀粉具有良好的亲水能力和吸水性,使得原料粉受热后更易吸水糊化从而形成致密稳定的结构,降低了可溶性淀粉的溶出率^[9]。同时玉米粉中直链淀粉含量较高,在原料粉糊化冷却形成凝胶过程中,分子链间通过氢键交联聚合,直链淀粉含量越高生成氢键越多,凝胶形成三维网络结构越致密,蒸煮损失越低^[24]。由于玉米粉中可溶性直链淀粉含量高且易溶于热水,糊化时间短,随着玉米粉占比进一步增加,蒸煮中意面干物质质量溶出进一步增加,导致蒸煮损失增大^[25]。

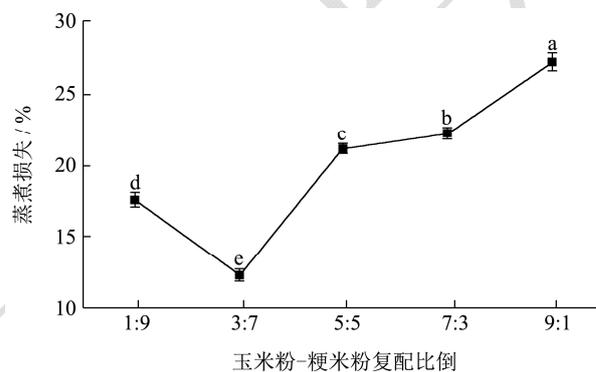


图2 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面蒸煮损失的影响

Fig.2 The effect of corn flour to rice flour ratio on the gluten-free pasta cooking loss

2.4 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面质构特性的影响

表2 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面质构特性的影响

Table 2 Effects of corn flour to rice flour ratio on textural properties of gluten-free pasta

玉米粉-粳米粉复配比例	硬度/g	弹性/mm	黏结性/MJ	咀嚼性/MJ	胶着性/g
1:9	96.00±5.29 ^{ab}	1.06±0.05 ^c	3.67±2.89 ^a	0.70±0.17 ^c	59.33±9.81 ^{dc}
3:7	105.67±7.23 ^{cd}	1.19±0.07 ^d	3.33±0.58 ^a	0.80±0.10 ^d	68.00±1.73 ^d
5:5	103.67±6.43 ^c	1.18±0.10 ^{de}	3.67±1.54 ^a	0.67±0.15 ^{ab}	58.33±10.79 ^c
7:3	100.33±5.69 ^b	1.13±0.03 ^b	4.33±0.58 ^a	0.67±0.06 ^b	52.33±8.33 ^{ab}
9:1	90.00±6.16 ^a	0.92±0.02 ^a	5.00±0.82 ^a	0.53±0.13 ^a	53.50±7.05 ^a

质构仪有较高的灵敏度和客观性,可以通过对结果量化处理避免人为评价产生的主观因素^[26]。在质构品质指标中,硬度和弹性是反映意面品质的两个决定性因素,品质优良的意面通常要软硬适中和较高的弹性^[27]。黏着性,咀嚼性和胶着性分别反映了意面表面光滑度,和耐嚼程度,通常黏结性越小,意面光滑程度越高,品质越好^[28]。如表1所示,玉米粉占比增加可改善意面质构品质指标。当玉米粉占比从 1:9 增加到 3:7 时,无麸质意面的硬度,弹性,咀嚼性和胶着

性等均呈现增大趋势,黏结性则减小。当玉米粉占比超过 3:7 时,无意面质构特性指标均呈现下降趋势。由此可见,当玉米粉占比为 3:7 时,无麸质意面质构特性最佳。王永辉、郭静璇等亦研究了玉米淀粉对米粉食用品质的影响,其结果与本文较为相似^[22,29]。这可能是由于玉米粉中直链淀粉分子含有大量的羟基,在凝胶过程中分子链充分伸展,并在末端区域相互缠绕,通过分子间的氢键、范德华力等分子间的相互作用而形成双螺旋结构,随着糊化凝胶程度进一步加强,

双螺旋结构之间的分子间相互作用不断增强而聚集成结构更加致密有序的超分子聚集体，从而提高了意面的质构特性^[30,31]。随着玉米粉含量的进一步增加，原料粉中直链淀粉含量上升，过高含量的直链淀粉反而会抑制原料粉在挤压过程中吸水糊化，使得无麸质意面难以形成良好的凝胶结构，进而影响后期老化回生过程，使其质构特性降低^[29]。

2.5 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面拉伸特性的影响

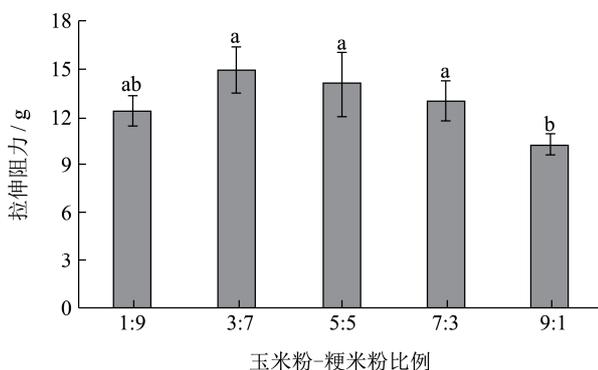


图3 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面拉伸特性的影响

Fig.3 The effect of corn flour to rice flour ratio on the gluten-free pasta tensile properties

拉伸阻力与意面的拉伸特性呈正相关，通常意面的拉伸阻力越大，意面筋道感越好，弹性越强^[32]。从图3中可以看出，随着玉米粉占比的增加，拉伸阻力呈现先增加后降低的趋势，玉米粉占比为3:7时拉伸阻力最大。这可能是由于玉米粉有较强的吸水性，增强了原料粉体系的吸水能力，提高了原料粉在挤压过程中糊化程度。水作为一种增塑剂，决定了淀粉分子链间的交联缠绕和重新聚合的速率。当原料粉亲水能力较低时，淀粉分子链的迁移较为困难，原料粉的糊化不充分，难以形成粘弹性较增强的凝胶体系^[33]。当玉米粉添加量超过一定范围时，无麸质意面拉伸特性变差。这可能是由于一方面过高直链淀粉的带入抑制了挤压过程中淀粉的糊化，不利于良好凝胶结构的形成；另一方面，玉米粉的过量添加，相应减少了大米粉中蛋白的含量，弱化了无麸质意面致密的网络结构，导致拉伸阻力下降^[9]。

2.6 玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面微观结构的影响

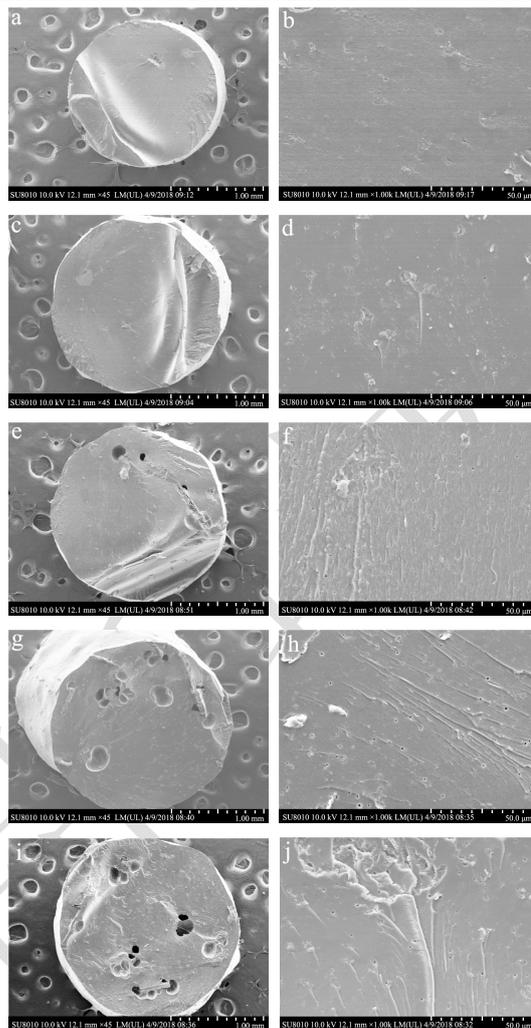


图4 玉米粉-粳米粉复配比例对煮制前无麸质意面微观结构的影响

Fig.4 The effect of corn flour to rice flour ratio on microstructure of gluten free pasta before cooking

注：a、c、e、g、i 分别表示玉米粉-粳米粉复配比例为 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 的无麸质意面煮制前的横截面（45 倍）；b、d、f、h、j 分别表示玉米粉-粳米粉复配比例为 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 的无麸质意面煮制前的横截面（1000 倍）。

扫描电子显微镜能较好评价食品内部微观结构^[34]。分别在 45 倍和 1000 倍的放大倍数下观察五种不同无麸质意面煮制前后横截面的差异，结果如图 4、5 所示。从图 4 中可以看出，放大倍数为 45 倍时，可明显观察到煮制前无麸质意面内部微观结构存在较大差异。当玉米粉占比超过 3:7 时，其横截面气孔数量逐渐增加，孔径逐渐变大。放大倍数为 1000 倍时，SEM 图像结果表明，玉米粉为 1:9 和 3:7 时，其横截面致密光滑。但随着玉米粉占比进一步增加，无麸质意面横截面粗糙感增强，气孔数量逐渐增多。图 5 为煮制

后无麸质意面横截面的 SEM 图像, 45 倍观察结果表明, 随着玉米粉占比增加, 煮制后无麸质意面横截面粗糙感增强。放大倍数为 1000 倍时的 SEM 图像结果显示, 玉米粉占比为 1:9 和 3:7 时, 其断面为均一的蜂窝状网络结构。随着玉米粉占比进一步提高, 蜂窝状网络结构逐渐受到破坏, 孔隙增大, 网络结构弱化。

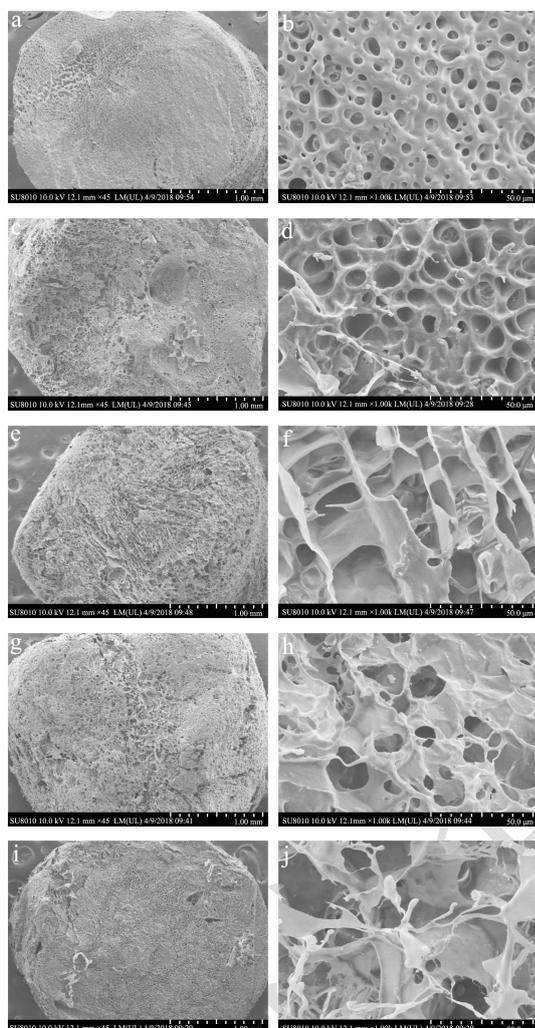


图5 玉米粉-粳米粉复配比例对煮制后无麸质意面微观结构的影响

Fig.5 The effect of corn flour to rice flour ratio on microstructure of gluten free pasta after cooking

注: a、c、e、g、i 分别表示玉米粉-粳米粉复配比例为 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 的无麸质意面煮制后的横截面 (45 倍); b、d、f、h、j 分别表示玉米粉-粳米粉复配比例为 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 的无麸质意面煮制后的横截面 (1000 倍)。

3 结论

综合考虑不同玉米粉-粳米粉复配比例对无麸质意面蒸煮损失、质构特性、拉伸特性、最佳蒸煮时间及微观结构的影响, 结果表明不同复配比例对无麸质意面食用品质影响显著, 当玉米粉-粳米粉复配比例为

3:7 时, 无麸质意面的食用品质较佳。

参考文献

- [1] Rallabhandi P. Gluten and celiac disease-an immunological perspective [J]. *Journal of Aoac International*, 2012, 95(2): 349-355
- [2] Yuan J, Gao J, Li X, et al. The tip of the "celiac iceberg" in china: A systematic review and meta-analysis [J]. *Plos One*, 2013, 8(12): e81151
- [3] Jiang L L, Zhang B L, Liu Y S. Is adult celiac disease really uncommon in Chinese? [J]. *Journal of Zhejiang University Science B*, 2009, 10(3): 168-171
- [4] Rubiotapia A, Hill I D, Kelly C P, et al. ACG clinical guidelines: Diagnosis and management of celiac disease [J]. *American Journal of Gastroenterology*, 2013, 108(5): 656-676
- [5] 张玉荣,王游游,刘敬婉. 稻谷的陈化对其米粉制品品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2018, 39(5): 7-13
ZHANG Yu-you, WANG You-you, LIU Jing-wan. Effect of accelerated aging on the quality of rice noodles [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2018, 39(5): 7-13
- [6] 岳崇慧. 糙米粉食特性及其在挤压速食粥中的应用研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016
YUE Chong-hui. The properties of brown rice floury food and its application in extruded instant gruel [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2016
- [7] 梅小弟. 常德米粉原料适应性及生产工艺研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016
MEI Xiao-di. Technology characteristic research on the adaptability of material of rice noodle in Changde region [D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2016
- [8] Cham S, Suwannaporn P. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality [J]. *Journal of Cereal Science*, 2010, 51(3): 284-291
- [9] 蔡永艳. 米粉干法生产工艺及品质改良的研究 [D]. 郑州: 河南工业大学, 2011
CAI Yong-yan. Study on drying technology and quality improving of rice noodles [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011
- [10] 刘晓峰. 玉米面条淀粉特性研究 [D]. 郑州: 河南工业大学, 2011
LIU Xiao-feng. Research on starch properties of corn noodle [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011

- [11] 孙桂华,崔天鸣,付雪娇,等.特色杂粮营养成分及保健功能[J].杂粮作物,2005,25(6):399-402
SUN Gui-hua, CUI Tian-ming, FU Xue-jiao, et al. The nutrition composition and health care function of Characteristic grain [J]. Rain Fed Crops, 2005, 25(6): 399-402
- [12] 张中东,惠国强,张红梅,等.玉米的营养及药用价值研究进展[J].玉米科学,2006,14(3):173-176
ZHANG Zhong-dong, HUI Guo-qiang, ZHANG Hong-mei, et al. Development of nutrition and value of medicine on maize [J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(3): 173-176
- [13] 于红.沈阳地区发展玉米深加工产业潜在优势分析[J].沈阳农业大学学报,2008,10(2):153-156
YU Hong. An analysis on the potential advantages for Shenyang to develop maize deep processing industry [J]. Journal of Shenyang Agriculture University(Social Sciences Edition), 2008, 10(2):153-156
- [14] 姜南,修琳,刘景圣.改性玉米粉面条品质特性研究[J].食品科学技术学报,2014,32(1):22-26
JIANG Nan, XIU Lin, LIU Jing-sheng. Study on quality characteristic of modified corn flour noodle [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 32(1): 22-26
- [15] 洪涛,王鹏昊,郗红梅.我国玉米主食产业发展现状及趋势研究[J].中国粮食经济,2018,12:66-69
HONG Tao, WANG Peng-hao, XI Hong-mei. Study on the development status and trend of chinese corn staple food industry [J]. China Food Economic Journal, 2018, 12: 66-69
- [16] 张旭东.挤压处理和盐对高直链玉米品质特性的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2016
ZHANG Xu-dong. Effect of extrusion and salt on the quality characteristics of high amylose maize [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2016
- [17] Bastos G M, M S Soares Júnior, Caliar M, et al. Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp [J]. LWT - Food Science and Technology, 2016, 65: 128-136
- [18] 江帆.RVA 仪分析不同添加物对大米粉糊化特性的影响[J].食品研究与开发,2013,8:74-77
JIANG Fan. Study on pasting properties of rice flour with different additives by rapid visco-analyser [J]. Food Research and Development, 2013, 8: 74-77
- [19] Sahi S S, Alava J M. Functionality of emulsifiers in sponge cake production [J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 2003, 83(14): 1419-1429
- [20] Hallberg L M, Chinachoti P. A fresh perspective on staling: The significance of starch recrystallization on the firming of bread [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(3): 1092-1096
- [21] Chillo S, Laverse J, Falcone P M, et al. Effect of carboxymethyl cellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 83(4): 492-500
- [22] 王永辉,唐小俊,张名位,等.三种天然植物淀粉辅料对米粉品质特性的影响[J].现代食品科技,2014,30(1):50-54
WANG Yong-hui, TANG Xiao-jun, ZHANG Ming-wei, et al. Effects of three natural starches excipients on quality characteristics of rice vermicelli [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(1): 50-54
- [23] Hormdok R, Noomhorm A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(10): 1723-1731
- [24] 李红斌,李万芬,詹小卉,等.米浆中直链淀粉含量与方便米粉品质关系的研究[J].食品科技,2005,4: 29-31
LI Hong-bin, LI Wang-fen, ZHANG Xiao-hui, et al. The relation of amylose content in rice slurry and quality of instant rice noodle [J]. Food Science and Technology, 2005, 4: 29-31
- [25] 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 on noodle cooking quality [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2010, 31(2): 24-27
- [26] 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
- [27] Qazi I M, Rakshit S K, Tran T. Effect of physico-chemical properties of tropical starches and hydrocolloids on rice gels texture and noodles water retention ability [J]. Starch/Stärke, 2011, 63(9): 558-569
- [28] 孟亚萍.挤压米粉丝加工及品质改良技术研究[D].无锡:江南大学,2015
MENG Ya-ping. Study on the processing technologies and quality improvement of extruded rice noodles [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015