

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.01.007

吕美, 赵月, 曾文莺, 等. 马铃薯全粉在面条中的应用研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(1): 55-61.

LV M, ZHAO Y, ZENG W Y, et al. Research on application of potato powder in noodles[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(1): 55-61.

马铃薯全粉在面条中的应用研究

吕美¹, 赵月¹, 曾文莺², 王迪², 徐波¹, 么艳¹, 宋慧敏¹, 薛友林²✉

(1. 沈阳市现代农业研发服务中心 (沈阳市农业科学院), 辽宁 沈阳 110026;

2. 辽宁大学 轻型产业学院, 辽宁 沈阳 110036)

摘要: 将马铃薯全粉添加到小麦粉中, 并辅助添加谷朊粉, 制成马铃薯全粉面条。从质构特性、微观结构和面条的理化性质三个层面对三个不同马铃薯全粉添加比例的面条组别进行研究, 发现马铃薯全粉对面团的力学性质, 面筋网络的形成和构造以及面条的蒸煮参数和外观都会产生一定的影响。结果表明: 马铃薯全粉添加量为 20% (g/g), 谷朊粉添加为 0.03% (g/g) 时, 总体指标最好; 马铃薯全粉对面团的作用具有双向性, 马铃薯淀粉对面团的影响偏负向, 但是其中的多糖和蛋白质可能对面团和面筋网络有正向影响, 同时谷朊粉的添加对面团的稳定性和面条的质量有改善作用。

关键词: 马铃薯全粉; 面条; 质构; 微观结构; 谷朊粉; 马铃薯淀粉; 面筋网络

中图分类号: TS201.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2021)01-0055-07

网络首发时间: 2020-12-23 13:10:06

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201223.1158.004.html>

Research on Application of Potato Powder in Noodles

LV Mei¹, ZHAO Yue¹, ZENG Wen-ying², WANG Di², XU Bo¹, YAO Yan¹, SONG Hui-min¹, XUE You-lin²✉

(1. Shenyang Modern Agriculture Research and Development Service Center (Shenyang Academy of Agricultural Sciences), Shenyang, Liaoning 110026, China; 2. Liaoning University, College of Light Industry, Shenyang, Liaoning 110036, China)

Abstract: In this study, the potato whole flour was added to wheat flour with wheat gluten was auxiliary added to make potato noodle. Three groups of the potato powder noodles with different total flour content were studied from three levels: texture characteristics, microstructure and physicochemical properties of noodles. It was found that the potato powder had a certain effect on the mechanical properties of dough, the formation and structure of gluten network, and the cooking parameters and appearance of noodles. The results showed that the overall index was the best when the total amount of the potato powder was 20% (g/g) and the amount of gluten was 0.03% (g/g). It was also found that the effect of the potato powder on dough was bidirectional. The effect of the potato starch on the dough was negative, but the polysaccharides and protein in the potato powder may have a positive effect on the dough and gluten network. At the same time, the addition of wheat gluten can improve the stability of dough and the quality of noodles.

收稿日期: 2020-06-17

基金项目: 沈阳市科学事业费科技项目(成果转化与技术推广项目) (SYSY2016-26)

Supported by: Science and Technology Project of Shenyang (No. SYSY2016-26)

作者简介: 吕美, 女, 1981 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为粮食加工技术。E-mail: 857894596@qq.com.

通讯作者: 薛友林, 男, 1980 年出生, 博士, 教授, 研究方向为农产品加工及食物营养研究。E-mail: xueyoulin@lnu.edu.cn.

Key words: potato powder; noodles; texture; microstructure; gluten; potato starch; gluten network

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 属茄科一年生草本植物, 是世界上仅次于水稻、小麦和玉米的第四大粮食作物, 在我国已有 400 多年的栽培历史^[1-3]。据联合国粮食及农业组织 (FAO) 统计, 2017 年度世界马铃薯总产量 3.88 亿吨, 我国马铃薯总产量 0.99 亿吨, 居世界第一^[4-5]。马铃薯块茎含有蛋白质, 维生素, 碳水化合物及微量元素等^[6-8]。与小麦、玉米、水稻相比, 马铃薯抗逆性强、可种植面积广、可储存时间长等特点, 能够减少粮食对于中国经济发展的限制。目前, 市场上马铃薯制品有马铃薯面条、马铃薯米粉、马铃薯混搭米饭、糊状马铃薯粥以及马铃薯混搭系列燕麦粉等等。其中, 马铃薯面条有马铃薯生鲜面条、马铃薯半干面条、马铃薯干面条^[9-10]。对于复合面制品的研究, 大部分研究者研究了各种亲水胶体和乳化剂等添加剂对面团理化性质的影响^[11], 研究了复合面制品的生产工艺和保鲜方法^[12-13], 除此之外还有研究者从蛋白质二级结构的角度探究不同的面团发酵方式对馒头的影响^[14], 以上这些研究大多侧重于面制品品质改良, 而本研究试图从机理

的角度分析马铃薯全粉面条的形成, 这对于马铃薯面制品的加工和市场推广都具有重要的意义。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

马铃薯全粉, 克新 3 号品种: 沈阳农科院提供; 麦芯面粉, 蛋白含量 18%: 新乡良润全谷物食品有限公司; 谷朊粉, 蛋白含量 $\geq 75\%$: 河南万邦实业有限公司; 乙酸, 均为分析纯: 国药集团化学试剂有限公司。

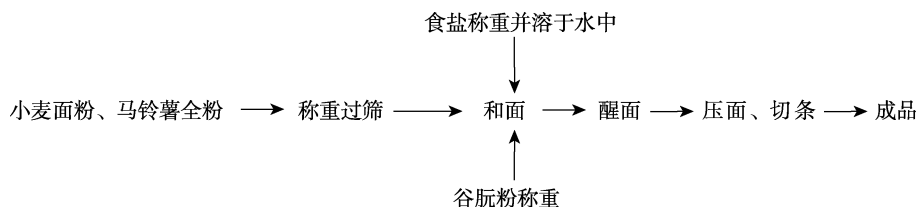
1.2 仪器与设备

欧橡 OAK 多功能压面机: 浙江欧橡有限公司; GZX-9076MBE 电热鼓风干燥箱: 上海博迅实业有限公司医疗设备厂; CT3 质构仪: 美国 BROOKFELD 公司; JSM-5610LV 型扫描电镜: 日本电子株式会社 (JEOL); 3nh NR10QC 精密色差仪: 上海高致精密仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 面条的制作

马铃薯全粉面条的工艺流程如下:



具体步骤^[15-17]: 按照实验配比分别称取马铃薯全粉和小麦粉 (共 100 g), 在加入谷朊粉 (0.03 g) 混匀, 之后将 1 g 食盐溶于 42 g 去离子水中, 将配好的盐水分三次加入混合粉中, 边加边搅拌, 然后揉面。将揉好的面密封静置 30 min 使其充分吸水, 随后整理面团。将整理好的面团放到压面机上压成厚度为 1.5 mm, 宽 8 mm, 长 200 mm 的面条。实验共分四组, 其中 A1, A2, A3 三个组是以马铃薯全粉含量为变量, B1 是不加谷朊粉的空白对照, 详情见表 1。

1.3.2 质构特性

参照靳志强等^[18-19]方法并稍作修改, 采用 CT3 质构仪对面团进行测试, 量程为 1 kg, TPA

表 1 实验组分的配比

	水	盐	马铃薯全粉	高筋小麦粉	谷朊粉
A1	42	1	0	100	0.03
A2	42	1	10	90	0.03
A3	42	1	20	80	0.03
B1	42	1	20	80	0

注: 以 100 g 小麦粉和马铃薯全粉组成的混合粉为分母, 取质量百分数

模式, 形变目标 50%, 触发点负载 5 g, 预测试和测试速度均为 2.00 mm/s, 循环 2.0 次, 数据频率 20.00 points/sec, 探头 TA5, 无夹具。每组样品测试 8 个平行。生面条测试参数不变。测熟面条时, 将熟面条在去离子水中冷却 15 s 之后, 再进行测

试, 每次取两根面条紧密并放在测试台上, 保证每次测试两根面条都能被圆柱形的探头探测。

1.3.3 微观结构

1.3.3.1 扫描电镜 用扫描电镜测试, 要求面团、面筋和熟面条样品均经过真空冷冻干燥 (40 Pa, -40 °C, 48 h), 然后研磨成细小的粉末。测试之前先在测试圆台上贴数个导电胶片, 然后使样品粉末均匀分布在胶片上, 每个胶片涂布样品粉末, 使用镀金仪对样品进行 5 min 镀金处理, 调节电压 5 Kv, 放大 1 000 倍, 在扫描电镜载物台上进行测试。

1.3.3.2 原子力显微镜 参照 Guo 等的方法^[20], 将经过真空冷冻干燥的面筋蛋白碾磨成粉, 让粉末在浓度为 5% (g/mL) 的乙酸溶液中均匀分散开, 然后将含有面筋粉末的乙酸均匀涂布在 1 cm×1 cm 的方形单晶硅片上面, 24 h 后待乙酸挥发即可进行测试。

1.3.4 理化性质

1.3.4.1 色差 用 3 nh 精密手持色差仪对生面皮色差进行测试。将面团用机器辊压成 1.5 mm 厚, 150 mm 宽的面皮, 然后放在表面黑色的水平操作台上测试, 使用 3 nh 精密手持色差仪, 先对仪器进行黑白校正, 然后将仪器感光口朝下放在面皮上面直接接触面皮, 按下测试键即可得到 ah、bh、lh 三组参数, 每个样品测试五个平行。

1.3.4.2 膨胀指数 根据 Tudorica 等的方法^[21], 将

一定量的生面条在 105 °C 条件下于电热鼓风干燥箱中脱水 30 min, 称得质量为 M_1 , 在沸水中烹煮, 直到面条中间白芯消失即为煮熟, 接着在 95 °C 条件下脱水 15 min, 称得质量为 M_2 , 膨胀指数如下所示:

$$\text{膨胀指数} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%$$

1.3.4.3 蒸煮损失 根据 Tudorica 等的方法^[21], 制面的混合粉质量为 M_1 , 将熟面条在 105 °C 条件下在电热鼓风干燥箱烘干 2 h, 干面条质量为 M_2 , 蒸煮损失如下所示:

$$\text{蒸煮损失} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

1.4 数据处理

采用 SPSS20.0 作差异显著性分析, Origin Lab Pro v 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 质构特性

质构是评价面条品质的常规方法, 能够体现出不同配比面条的力学差异, 还能一定程度模拟咀嚼, 得到比较综合的数据, 为进一步的深入研究打下基础。本研究对 A1, A2, A3, B1 四个组别的面团 (见表 2)、生面条 (见表 3)、熟面条 (见表 4) 进行质构测试, 每组样品设置八个平行组。利用 SPSS20.0 软件对质构数据进行差异显著性分析。

表 2 面团的质构数据

Table 2 Texture data of doughs

	平均负载	咀嚼指数	内聚性	弹力	粘性
A1	13.00±2.11 ^c	210.70±5.39 ^d	0.58±0.01 ^d	0.12±0.00 ^d	0.40±0.04 ^a
A2	27.20±2.72 ^b	404.86±9.29 ^c	0.63±0.01 ^c	0.14±0.00 ^c	0.24±0.08 ^{ab}
A3	33.20±3.27 ^d	558.44±8.70 ^b	0.60±0.01 ^b	0.15±0.00 ^b	0.08±0.03 ^b
B1	33.80±3.21 ^a	680.30±2.89 ^a	0.70±0.01 ^a	0.17±0.00 ^a	0.20±0.13 ^{ab}

注: 同一列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 生面条的质构数据

Table 3 Texture data of raw noodles

	平均负载	咀嚼指数	内聚性	弹力	粘性
A1	36.67±1.93 ^a	691.00±2.51 ^c	0.33±0.01 ^d	0.08±0.01 ^b	0.30±0.03 ^b
A2	28.47±1.21 ^b	788.00±3.68 ^b	0.40±0.01 ^c	0.13±0.02 ^{bc}	0.68±0.04 ^a
A3	16.23±1.24 ^c	961.00±1.95 ^a	0.53±0.01 ^b	0.17±0.03 ^{ab}	0.23±0.00 ^b
B1	19.98±1.14 ^d	559.00±2.79 ^c	0.45±0.02 ^a	0.20±0.05 ^a	0.51±0.02 ^a

注: 同一列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 4 熟面条的质构数据
 Table 4 Texture data of cooked noodles

	平均负载	咀嚼指数	内聚性	弹力	粘性
A1	110.60±2.50 ^c	233.28±7.93 ^c	0.77±0.03 ^a	0.42±0.01 ^b	0.20±0.02 ^a
A2	177.60±3.05 ^b	376.86±8.72 ^b	0.86±0.02 ^a	0.53±0.01 ^a	0.05±0.01 ^b
A3	217.21±4.50 ^a	321.47±9.04 ^{bc}	0.74±0.01 ^a	0.45±0.02 ^b	0.08±0.02 ^b
B1	222.24±4.15 ^a	487.58±9.98 ^a	0.79±0.03 ^a	0.44±0.02 ^b	0.06±0.01 ^b

注：同一列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

数据初步显示，加入马铃薯全粉和谷朊粉之后，各组面团在负载、弹力、内聚性和咀嚼参数方面差异较大，因为加了马铃薯全粉之后，马铃薯的淀粉改变了原来面团支链淀粉和直链淀粉的比例，谷朊粉的加入增加了面筋含量，影响了面团质构特性。从混合粉到面团是一个淀粉吸水膨胀，面筋蛋白相互交联，包裹淀粉形成固体，并体现出一系列如弹性、粘性、拉伸性等等物理性质的过程；从面团到生面条是通过辊压法实现的，这样能排出一部分面团在形成过程中储存的气体，进一步使面筋蛋白和淀粉连接。已知平均负载跟样品的硬度呈正相关，由表 2、表 4 可知，随着马铃薯全粉含量的增大，面团/面条平均负载变大；由于生面条比面团薄，表面积体积比增大，平均表面积上分摊的面筋蛋白含量减少，束缚能力减弱，限制了淀粉和谷蛋白的结合，淀粉对质构影响较大，故表 3 中随着马铃薯全粉的添加样品平均负载反而逐渐变小。根据 Schofield 等的研究^[22]，淀粉与面筋蛋白的结合物在水温超过 70 °C 左右时会发生 SH/SS 的交换反应，提高熟面条的弹性，这和我们研究结果相符。总的来说，马铃薯全粉对面条制作过程中的面团影响较大，其次是生面条，最后是熟面条；而谷朊粉的加入在生面团和生面条当中增加谷蛋白的量，可以提高弹性降低硬度，在熟面条当中增加咀嚼参数。

2.2 微观结构

2.2.1 扫描电镜

根据质构数据差异显著性分析的结果，选用三个差异最大的组 A1, A3 和 B1 (所有样品均经过冻干之后测定) 来测试扫描电镜，进一步探究马铃薯全粉、谷朊粉对面条微观结构的影响。在冻干面团当中，可以观察到 A1 (I) 分布着体积较小的小麦淀粉颗粒，而 A3 (II) 和 B1 (III) 里

面所包含的扁状大颗粒是来自马铃薯的淀粉。比较 A3 (II) 和 B1 (III)，未加谷朊粉的一组 B1 (III) 内部结构相对粗糙一些，谷蛋白的含量较低导致淀粉不能与其充分结合，使部分淀粉暴露出来呈现出光滑的结构特征。面筋当中，对比 A1 (I) 和 A3 (II)，加入马铃薯全粉之后，面筋网络连续性减弱，孔隙大小不均匀，这可能是由于马铃薯全粉缺乏面筋蛋白导致的。由于面筋基质是由面筋蛋白和被面筋蛋白包裹着支撑面筋基质空间结构的淀粉构成^[23]，所以马铃薯淀粉和小麦淀粉对这样的现象也有影响。熟面条的结果中，未加马铃薯全粉的 A1 (I) 内部具有连续的网状结构，且淀粉颗粒很好的结合进网络结构里面，A3 (II) 的网状结构有断裂的迹象，我们认为这是面筋蛋白含量不足，马铃薯淀粉颗粒又比较大，蛋白不能完全包裹淀粉所导致的。B1 (III) 未加谷朊粉，内部网状结构断裂更加严重。在熟面条中起主要作用的是谷蛋白，A3 (II) 和 B1 (III) 添加马铃薯全粉导致小麦面粉含量降低，相应的谷蛋白含量减少，因而出现结构不连续和断裂现象。基于这样的现象我们得出结论，马铃薯全粉对熟面条的微观结构有消极影响，而谷朊粉由于增加了面筋蛋白含量，并且能够参与面筋网络的形成，维护网络连续性和稳定性，所以能够减轻这种消极影响。

2.2.2 原子力显微镜

Humphris 等报道了 AFM 对于表观网络的观察^[24]，Liao 等利用 AFM 观测了小麦面筋的表观粗糙度^[25]，我们参照文献采用 AFM 的图像观察面筋形态。由文献可知，小麦面筋网络是一个亮区，暗色斑点为网络孔隙。对比 A1 (I: 未加马铃薯全粉) 和 A3 (II: 加 20% 马铃薯全粉) 可知，随着马铃薯全粉的加入，图像亮度减弱，面筋网

络受到损坏; B1 (III) 颜色变浅跟面筋蛋白无关, 很可能是马铃薯蛋白或者多糖导致的。另外, A1 (I) 的孔隙均匀而致密, A3 (II) 可能由于谷蛋白残基和马铃薯蛋白通过二硫键形成了小分子聚合物, 抑制了谷蛋白间二硫键的连接, 阻止面筋网络的形成, 马铃薯淀粉的介入使直链淀粉和支

链淀粉比例改变, 导致面筋网络连续性减弱, 孔隙大小不均匀, 这个结果和扫描电镜的结果可以相互佐证。通过分析原子力显微镜图像我们发现, A1 (I) 组要优于 A3 (II) 组和 B1 (III) 组, 由此可知马铃薯全粉对面筋蛋白的微观结构整体影响趋势偏向负向。

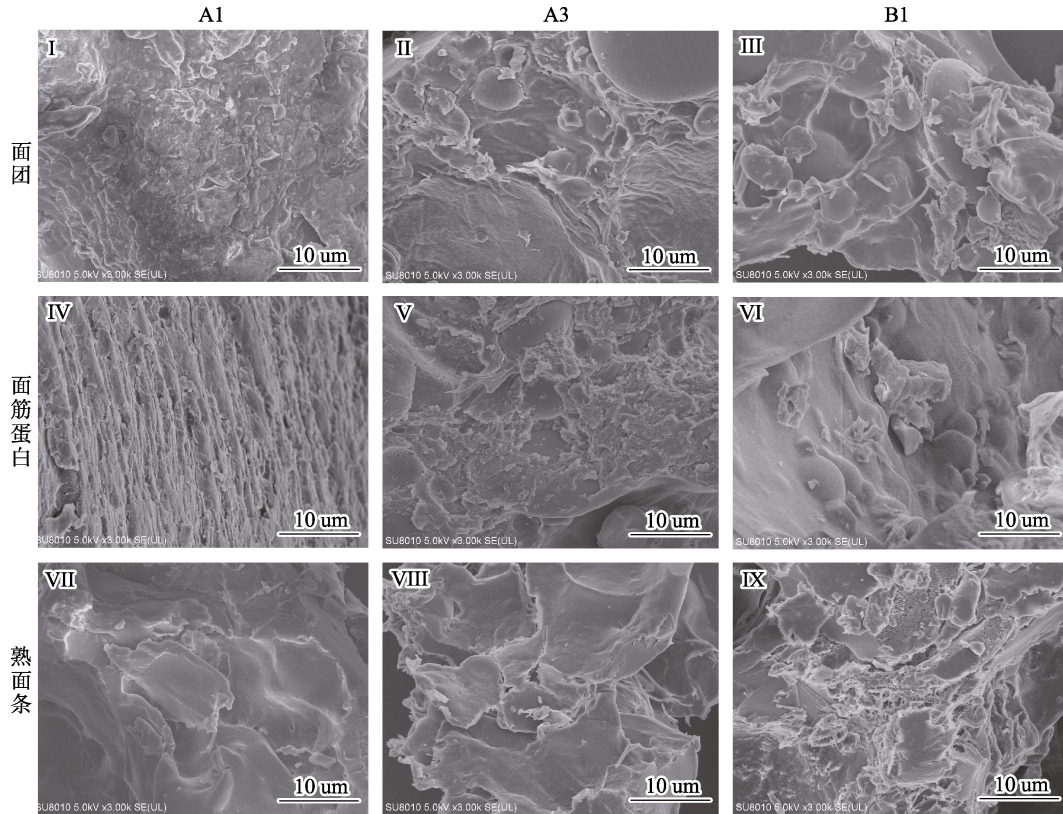


图 1 三个配比的面团、面筋蛋白和熟面条的扫描电镜

Fig.1 SEM of A1, A3, B1 groups of dough, gluten and cooked noodles

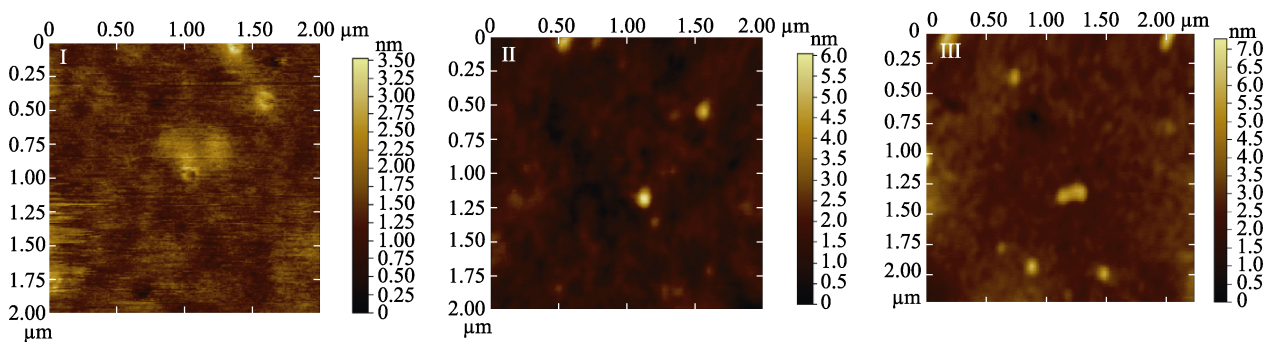


图 2 A1 (I), A3 (II), B1 (III) 组面筋蛋白的原子力显微镜图像

Fig.2 AFM images of A1(I), A3(II), B1(III) groups of gluten

2.3 理化性质

色差当中, lh 表示黑白或者亮暗程度, 偏白为+, 偏黑为-; ah 表示红绿, 偏红为+, 偏绿为-; bh 表示黄蓝, +为偏黄, -为偏蓝。四个组别色差的差异不大, 谷朊粉和马铃薯全粉本身颜色会对

结果产生影响。在 bh 里面, B1 由于没有添加谷朊粉, 偏黄程度和 A1 没有添加马铃薯全粉的一组更为接近, 而 A2 和 A3 两组添加了马铃薯全粉的偏黄程度相对接近, 灰分含量会影响面团颜色的深浅。WangPei 等将面制品颜色和它表面区域

与细胞气室的破坏联系起来^[14]，另外，细胞壁的增厚会导致颜色变暗^[14]，即 lh 的值偏小。

高质量的面条评价标准包括较大的膨胀指数和较少的蒸煮损失。添加了谷朊粉的三组膨胀指数差异不大，A2 组膨胀指数相对偏大，这可能是谷朊粉的添加和马铃薯大淀粉颗粒的吸水共同导致的。未添加谷朊粉的 B1 组数值明显较低。本研究说明，在一定范围内面筋含量的提高有利于增大膨胀指数。蒸煮损失随着马铃薯全粉含量的增加而增大，这可能是因为马铃薯全粉本身携带淀粉含量很高，在蒸煮过程当中容易流失在水里。也可能是总蛋白质含量减少，对于淀粉束缚力减弱，导致蒸煮损失增大。A3 组相对于 B1 组蒸煮损失偏小，可能是因为 A3 组添加谷朊粉，谷蛋白对淀粉的束缚作用使淀粉与谷蛋白形成结合物在高温中较稳定存在，能削弱高温对淀粉的不良影响，减少淀粉流失。在蒸煮过程，高温的条件使面筋-淀粉复合物结合更加牢固，导致淀粉不易流失，且该复合物能够保留大量水分，马铃薯全粉的添加有利于这种反应的发生，所以蒸煮损失变小，膨胀指数变大，而低温下这种反应进行缓慢，所以这种优势并没有在扫描电镜图像里面体现出来。

表 5 面团色差

Table 5 Color difference of dough

	面团 lh	面团 ah	面团 bh
A1	77.15±0.21 ^a	0.52±0.09 ^a	12.64±0.17 ^b
A2	78.12±0.14 ^a	0.08±0.00 ^b	13.62±0.14 ^a
A3	79.33±0.06 ^b	0.05±0.00 ^b	13.98±0.01 ^a
B1	77.02±0.14 ^a	0.54±0.05 ^a	12.78±0.13 ^b

表 6 蒸煮参数

Table 6 Cooking index %

	膨胀指数	蒸煮损失
A1	153.31±3.44 ^a	6.33±0.78 ^b
A2	176.50±4.75 ^a	13.62±2.34 ^a
A3	165.69±5.67 ^a	16.75±2.15 ^a
B1	124.89±3.28 ^b	18.44±2.47 ^a


3 结论

研究马铃薯全粉对于面团、面条和面筋蛋白网络骨架结构的影响，结合质构特性、微观结构图像和理化指标分析，得出马铃薯全粉添加量为

20% (g/g)，谷朊粉 0.03% (g/g) 的最佳配比。研究发现马铃薯全粉由于缺乏形成面筋网络骨架的谷类蛋白，对于面团性质的影响偏负向。蒸煮参数和原子力显微镜图像表明马铃薯蛋白和多糖可能参与了面团的形成，并参与了面筋蛋白的交联反应，这种反应对于面团的影响具有积极作用，本研究对马铃薯全粉与小麦面粉结合制作主粮进行探讨，对马铃薯主粮化的推广具有重要意义。

参考文献:

- [1] 侯飞娜, 木泰华, 孙红男, 等. 马铃薯全粉品质特性的主成分分析与综合评价[J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2130-2140. DOI: 10.11869/j.issn.100-8551.2015.11.2130.
HOU F N, MU T H, SUN H N, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation on quality characteristics of potato flour[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2015, 29(11): 2130-2140.
- [2] AKYOL H, RICIPUTI Y, CAPANOGLU E, et al. Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(6): 1-19. DOI: 10.3390/ijms17060835.
- [3] 王乐, 黄峻榕, 张宁, 等. 马铃薯面条制作工艺及品质研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(1): 78-82. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2017.01.018.
WANG L, HUANG J R, ZHANG N, et al. Study on processing technology and quality of potato noodles[J]. Food Research and Development, 2017, 38(1): 78-82.
- [4] FAO (food and Agriculture Organization). Food and agricultural commodity production[DB/OL]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- [5] 赵月, 吕美, 杨华. 辽宁省主栽品种马铃薯块茎和马铃薯全粉的品质分析[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(1): 70-75. DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.01.013.
ZHAO Y, LV M, YANG H. Quality analysis of potato tuber and potato granules of main cultivars in Liaoning province[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(1): 70-75.
- [6] 杨健, 康建平, 张星灿, 等. 马铃薯全粉对面条品质影响的主成分分析研究[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(1): 17-23. DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.01.004.
YANG J, KANG J P, ZHANG X C, et al. Study on principal component analysis of influence of potato flour on noodle quality[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2019, 27(1): 17-23.
- [7] 甘柳媚. 马铃薯高产栽培技术要点及发展前景[J]. 中国果菜, 2019, 39(8): 87-89. DOI: 10.19590/j.cnki.1008-1038.2019.08.023.
GAN L M. High yield cultivation techniques and development prospects of potato[J]. China Fruit & Vegetable, 2019, 39(8): 87-89.

- [8] 吕巨智, 染和, 姜建初. 马铃薯的营养成分及保健价值[J]. 中国食物与营养, 2009, 3: 51-52. DOI: CNKI:SUN:ZGWY.0.2009-03-021.
LV J Z, RAN H, JIANG J C. Nutritional composition and health value of potato [J]. Food and Nutrition in China, 2009, 3: 51-52.
- [9] ZHANG H, XU F, WU Y, et al. Progress of potato staple food research and industry development in China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16 (2): 2924-2932. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61736-2.
- [10] 郑开迪, 梁杉, 张敏, 等. 添加马铃薯全粉对面条挥发性风味化合物的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(6): 239-245. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20190412-162.
ZHENG K D, LIANG S, ZHANG M, et al. Effects of potato flour on volatile flavor compounds in noodles[J]. Food Science, 2020, 41(6): 239-245.
- [11] E. Silva, M. Birkenhake, E. Scholten, et al. Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high broccoli powder content by hydrocolloids[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 30(1): 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.002>.
- [12] BAI Y P, GUO X N, ZHU K X, et al. Shelf-life extension of semi-dried buckwheat noodles by the combination of aqueous ozone treatment and modified atmosphere packaging[J]. Food Chemistry, 237(2017): 553-560. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.156>.
- [13] 宋莲军, 赵秋艳, 乔明武, 等. 高含量荞麦面条的品质改良研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(2): 32-33. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6202.2008.02.011.
SONG L J, ZHAO Q Y, QIAO M W, et al. A study on quality improvement of noodles with high content of buckwheat[J]. Cereal & Feed Industry, 2008(2): 32-33.
- [14] WANG P, YANG R Q, Gu Z X, et al. Comparative study on the freeze stability of yeast and chemical leavened steamed bread dough[J]. Food Chemistry, 221(2017): 482-488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.108>.
- [15] 魏园园, 万菲菲, 王娜, 等. 马铃薯全粉面条加工工艺的研究[J]. 农产品加工, 2016, 12(12): 24-27. DOI: 10.16693/j.enki.1671-9646(X).2016.12.007.
WEI Y Y, WANG F F, WANG N, et al. Study on processing technology of potato noodles[J]. Farm products processing, 2016, 12(12): 24-27.
- [16] 李叶贝, 任广跃, 屈展平, 等. 不同粒度马铃薯全粉对复合面条品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 55-60. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201719010.
LI Y B, REN G Y, QU Z P, et al. Effects of different grain sizes of potato flour on the quality of wheat based composite flour noodles[J]. Food Science, 2017, 38(19): 55-60.
- [17] 王春香. 马铃薯面条的研制[J]. 农产品加工, 2004(6): 30-31. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9646-C.2004.06.024.
WANG C X. Development of potato noodles[J]. Farm Products Processing, 2004(6): 30-31.
- [18] 靳志强, 白变霞, 赵晋峰, 等. 半干法磨制对小米粉及面条品质特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(15): 132-138. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201815020.
JIN Z Q, BAI B X, ZHAO J F, et al. Effect of semidry milling on the quality attributes of millet flour and millet noodles[J]. Food Science, 2018, 39(15): 132-138.
- [19] 伍婧, 王远亮, 李珂, 等. 基于主成分分析的不同醒发条件下挂面的特征质构[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 119-123. DOI: .10.7506/spkx1002-6630-201621021.
WU J, WANG Y L, LI K, et al. Evaluation of noodles made under different proofing conditions based on principal component analysis[J]. Food Science, 2016, 37(21): 119-123.
- [20] GUOX F, SUN X H, ZHANG Y Y, et al. Interactions between soy protein hydrolyzates and wheat proteins in noodle making dough. Food Chemistry, 245(2018): 500-507. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.126>.
- [21] TUDORICA C M, KURI V, BRENNAN C S. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2002, 50(2): 202-211. DOI: 10.1021/jf0106953.
- [22] SCHOFIELD J D, BOTTOMLEY R C, TIMMS M F, et al. The effect of heat in wheat gluten and the involvement of sulphhydryl-disulphide interchange reactions. Journal of Cereal Science, 1983, 1(4): 241-253. DOI: 10.1016/S0733-5210(83)80012-5.
- [23] ZHANG Y J, ZHANG H, Wang L, et al. Extraction of oat (*Avena sativa* L.) antifreeze proteins and evaluation of their effects on frozen dough and steamed bread. Food and Bioprocess Technology, 2015, 8: 2066-2075. DOI: 10.1007/s11947-015-1560-6.
- [24] HUMPHRISAD L, MCMASTER T J, MILES M J, et al. Atomic force microscopy (AFM) study of interactions of HMW subunits of wheat glutenin. Cereal Chemistry, 2000, 77(2), 107-110. DOI: 10.1094/CCHEM.2000.77.2.107.
- [25] LIAO L, LIU T X, ZHAO M M, et al. Aggregation behavior of wheat gluten during carboxylic acid deamidation upon hydrothermal treatment. Journal of Cereal Science, 2011, 54(1): 129-136. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.01.017. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。