

# 不同添加剂对马铃薯鲜湿面品质的影响

吴艳<sup>1</sup>, 朱永<sup>1</sup>, 张敏<sup>1,2,\*</sup>, 梁杉<sup>1,2</sup>, 李欣萍<sup>1</sup>

(1. 北京工商大学 北京食品营养与人类健康高精尖创新中心, 北京 100048; 2. 北京工商大学 北京市食品添加剂工程技术研究中心, 北京 100048)

**摘要:**为探讨不同添加剂对马铃薯鲜湿面品质的影响,研究谷朊粉、黄原胶和复合磷酸盐对面团流变学特性、鲜湿面质构特性及感官品质的影响。结果表明,随着谷朊粉、黄原胶和复合磷酸盐添加量增大,可使面团的筋力增强,改善鲜湿面的质构特性、感官品质,不同添加剂对马铃薯鲜湿面品质的影响大小为谷朊粉>黄原胶>复合磷酸盐。复配添加剂的最佳配方为谷朊粉8%、黄原胶0.6%和复合磷酸盐0.4%,制得的面条具有马铃薯香味,口感良好。

**关键词:**马铃薯鲜湿面;谷朊粉;黄原胶;复合磷酸盐;流变学特性

## Effects of Different Additives on the Quality of Potato Fresh Wet Noodles

WU Yan<sup>1</sup>, ZHU Yong<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>1,2,\*</sup>, LIANG Shan<sup>1,2</sup>, LI Xin-ping<sup>1</sup>

(1. Beijing Advanced Innovation Center for Food Nutrition and Human Health, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. Beijing Engineering and Technology Research Center of Food Additives, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The effect of the different additives on the quality properties of potato fresh wet noodles were evaluated in terms of the rheological property, texture property and sensory quality. Whole potato flour and high gluten wheat flour were used as raw materials. The results showed that wheat gluten, xanthan gum and complex phosphate improved the rheological properties of the dough and the quality of the noodles. The results showed that wheat gluten, xanthan gum and complex phosphate improved the rheological properties of the dough and the quality of the noodles. The optimum formula for improving the quality of potato fresh wet noodle was wheat gluten 8%, xanthan gum 0.6% and compound phosphate 0.4%.

**Key words:** potato fresh wet noodles; wheat gluten; xanthan gum; compound phosphate; rheological property

引文格式:

吴艳,朱永,张敏,等.不同添加剂对马铃薯鲜湿面品质的影响[J].食品研究与开发,2020,41(20):1-7

WU Yan, ZHU Yong, ZHANG Min, et al. Effects of Different Additives on the Quality of Potato Fresh Wet Noodles[J]. Food Research and Development, 2020, 41(20): 1-7

马铃薯是仅次于小麦、水稻、玉米的世界第四大主要粮食作物<sup>[1]</sup>。马铃薯营养均衡,低脂肪、低热量,富含优质蛋白质、必需氨基酸、维生素和矿物质。马铃薯全粉是新鲜马铃薯经脱水干燥而得的产品,它保留了马铃薯的天然营养和风味,是一种优质的食品原料<sup>[2]</sup>。

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0401200)

作者简介:吴艳(1989—),女(土家),博士研究生,研究方向:粮食、油脂与植物蛋白工程。

\*通信作者:张敏(1972—),女(汉),教授,博士,研究方向:粮油、油脂与植物蛋白工程。

基于马铃薯的优点,也为了丰富马铃薯的应用,已有许多研究在小麦粉中添加马铃薯全粉制得馒头、面条、米粉等传统大众型主食产品<sup>[3]</sup>。马铃薯鲜湿面条既具有马铃薯丰富营养、风味浓郁的特点,又丰富了国民饮食的多样性,使该产品拥有巨大的市场<sup>[4]</sup>。由于马铃薯中不含有面筋蛋白,当马铃薯全粉的添加量超过40%后,造成面团黏性过高、鲜湿面品质劣变,其在加工中存在成型难、易断条、易混汤等缺陷。

谷朊粉主要由麦谷蛋白和麦醇溶蛋白组成,两者遇水可形成一个强劲的面筋网络结构<sup>[5]</sup>。谷朊粉被广

泛应用在面条和馒头等主食产品中,通过添加不同占比的谷朊粉可改善面粉的粉质特性和拉伸特性、面团的流变学特性<sup>[6]</sup>,从而改善面条的硬度和口感<sup>[7]</sup>。目前面条质地改良剂还包括亲水胶体、无机盐类、淀粉类和乳化剂等。亲水胶体别名食用胶,主要是蛋白质和天然多糖及其衍生物,在自然界中广泛分布,其结构中具有多种亲水基团,如羟基、羧基、氨基等,可与水、蛋白质、淀粉、脂质等分子相互作用,形成分子量较大的络合物<sup>[8]</sup>。无机盐类添加剂主要有食盐、碱类以及复合磷酸盐等,将其加入面团中可使面筋蛋白与淀粉发生酯化反应,并架桥键合形成相对稳定的复合物,从而增加淀粉与面筋蛋白之间的结合力,提升面条的筋力、光滑性以及耐煮性<sup>[9]</sup>。研究表明,黄原胶可改善面条品质是因为黄原胶加大了面筋网络与淀粉颗粒的结合,提高了面条结构的致密程度<sup>[10]</sup>。黄原胶是由野生油菜黄单胞菌(以碳水化合物为主要原料)发酵产出的一种被广泛应用的微生物胞外酸性杂多糖<sup>[11]</sup>。陈海峰等<sup>[12]</sup>研究表明,黄原胶可改善面条品质的原因,应该是黄原胶加大了面筋网络与淀粉颗粒的结合,提高了面条结构的致密程度。许春华<sup>[10]</sup>研究表明,黄原胶可以降低面条的吸水率和烹调损失,提高面条的硬度、咀嚼性等质构品质。复合磷酸盐可增强面团面筋强度,明显提升面条品质,降低面条烹调损失率和提高弹性,并能显著改善面条的色、香、味及外观形态。复合磷酸盐的主要成分是偏磷酸钠、三聚磷酸钠、焦磷酸钠和磷酸二氢钠,当添加量为0.3%~0.5%时,可增强面团面筋强度,降低面条烹调损失率和提高弹性,并能显著改善面条的色、香、味及外观形态<sup>[9]</sup>。吴雪辉等<sup>[12]</sup>研究发现,添加不同组合配比的复合磷酸盐可明显提升面条品质,使面条的黏弹性和韧性增强,且耐煮不混汤。程晓梅等<sup>[13]</sup>发现,复合磷酸盐可以有效改变面条的外观品质,使面条更加光滑透亮。王猛等<sup>[14]</sup>研究发现,添加磷酸盐对小麦粉糊化特性指标和面条质构特性指标的影响存在一定的相关性。

针对马铃薯鲜湿面产品缺少面筋蛋白,存在加工适用性较差等问题,本文研究了主要面条质地改良剂对马铃薯鲜湿面品质改良效果的影响,探究适合改良马铃薯鲜湿面品质的添加剂,对于提高马铃薯鲜湿面产品品质和推广具有一定的现实价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

高筋小麦粉:五得利面粉集团;马铃薯雪花粉(属大西洋品种):河南永乐化工有限公司;谷朊粉、黄原胶、复合磷酸盐:河南万邦实业有限公司;食盐、食用

碱:市售。

### 1.2 仪器与设备

RVA 450 快速黏度分析仪:瑞典波通仪器公司; Mixolab 混合试验仪:法国肖邦仪器公司;TMS-Pilot 物性分析仪:美国 FTC 公司;JHMZ 200 和面机、JMTD 168/140 试验面条机:北京东孚久恒仪器技术有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 马铃薯鲜湿面的制作

以马铃薯全粉和高筋小麦粉(质量比为4:6,混合粉总加入量100g)为原料,制作步骤参照文献[15]的方法。

#### 1.3.2 添加剂对马铃薯鲜湿面品质的影响

小麦粉60g和马铃薯全粉40g充分混合,制作鲜湿面产品。分别以谷朊粉添加量(0%、2%、4%、6%、8%、10%)、黄原胶添加量(0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%)、复合磷酸盐添加量(0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)等进行单因素试验。根据上述单因素结果,选取各因素的较优水平,进行三因素三水平正交试验,研究不同复配比例对面条品质的影响。正交因素水平见表1。

表1  $L_9(3^4)$ 正交因素水平表  
Table 1  $L_9(3^4)$  Orthogonal factor level table

| 水平 | 因素      |         |           |
|----|---------|---------|-----------|
|    | A 谷朊粉/% | B 黄原胶/% | C 复合磷酸盐/% |
| 1  | 6       | 0.6     | 0.3       |
| 2  | 8       | 0.8     | 0.4       |
| 3  | 10      | 1.0     | 0.5       |

#### 1.3.3 马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的测定

参照王凤等<sup>[16]</sup>使用的流变学特性标准测试法,测定指标有:吸水率、8 min 稠度值(Cs)、面筋弱化谷值(C2)、总弱化值、形成时间、稳定时间、峰值黏度(C3)、保持黏度(C4)、最终黏度(C5)、回生值。

#### 1.3.4 马铃薯鲜湿面质构特性的测定

参照王灵昭等<sup>[17]</sup>的方法,采用物性分析仪,进行质构特性(texture profile analysis, TPA)测定。测定指标有:硬度、黏性、内聚性、弹性、胶着性、咀嚼性。物性分析仪探头为圆盘挤压探头,测定前、中、后速度均为48 mm/min,探头回升高度为15.00 mm,形变量为70%,感应力为0.05 N,两次压缩间隔为1 s。每个样品至少平行测定6次,计算时去掉最大值和最小值后取平均值。

#### 1.3.5 马铃薯鲜湿面感官品质的评定

参照LS/T 3202-1993《面条用小麦粉:面条品尝评分标准与方法》<sup>[18]</sup>,选取6名事先经过专业训练,对品尝有经验的人员组成感官小组,进行感官评价。

1.3.6 数据处理

数据均采用 Excel 和 SPSS 17.0 软件进行处理,选择 Duncan 检验在  $P<0.05$  检验水平上对数据进行显著性分析。选择 Pearson 相关系数在  $P<0.01$  和  $P<0.05$  检验水平上对数据进行相关分析。若无特殊说明,所有数据均是 3 次测试的平均值。

2 结果与分析

2.1 添加谷朊粉对马铃薯鲜湿面品质的影响

2.1.1 添加谷朊粉对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的影响

添加谷朊粉对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性影响的测定结果如表 2 所示。

表 2 添加谷朊粉对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的影响

Table 2 Effect of adding gluten on the rheological properties of potato flour and wheat flour mixed dough

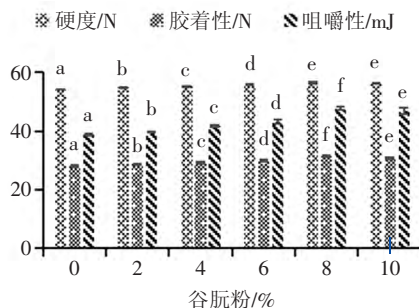
| 谷朊粉/% | 指标                      |                        |                         |                        |                        |                         |                        |                         |                         |                         |
|-------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|       | 吸水率/%                   | Cs/Nm                  | C2/Nm                   | C3/Nm                  | C4/Nm                  | C5/Nm                   | 总弱化值/Nm                | 回生值/Nm                  | 形成时间/min                | 稳定时间/min                |
| 0     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.41±0.00 <sup>a</sup> | 0.08±0.00 <sup>a</sup>  | 0.35±0.00 <sup>a</sup> | 0.30±0.01 <sup>a</sup> | 0.47±0.00 <sup>ab</sup> | 1.01±0.02 <sup>a</sup> | 0.18±0.01 <sup>ab</sup> | 1.49±0.01 <sup>a</sup>  | 1.86±0.01 <sup>a</sup>  |
| 2     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.46±0.01 <sup>b</sup> | 0.09±0.01 <sup>ab</sup> | 0.36±0.01 <sup>a</sup> | 0.30±0.01 <sup>a</sup> | 0.48±0.00 <sup>bc</sup> | 1.04±0.03 <sup>a</sup> | 0.18±0.00 <sup>ab</sup> | 1.64±0.14 <sup>ab</sup> | 1.98±0.01 <sup>b</sup>  |
| 4     | 102.4±0.40 <sup>b</sup> | 0.51±0.01 <sup>c</sup> | 0.08±0.00 <sup>a</sup>  | 0.35±0.00 <sup>a</sup> | 0.30±0.01 <sup>a</sup> | 0.47±0.01 <sup>ab</sup> | 1.06±0.01 <sup>a</sup> | 0.17±0.00 <sup>a</sup>  | 1.78±0.01 <sup>ab</sup> | 2.16±0.03 <sup>c</sup>  |
| 6     | 104.4±0.40 <sup>c</sup> | 0.56±0.01 <sup>d</sup> | 0.10±0.01 <sup>bc</sup> | 0.36±0.01 <sup>a</sup> | 0.30±0.01 <sup>a</sup> | 0.49±0.01 <sup>c</sup>  | 1.04±0.03 <sup>a</sup> | 0.19±0.00 <sup>b</sup>  | 1.84±0.14 <sup>ab</sup> | 2.46±0.03 <sup>d</sup>  |
| 8     | 107.2±0.35 <sup>d</sup> | 0.59±0.01 <sup>e</sup> | 0.09±0.00 <sup>ab</sup> | 0.35±0.00 <sup>a</sup> | 0.28±0.00 <sup>a</sup> | 0.46±0.01 <sup>a</sup>  | 1.03±0.01 <sup>a</sup> | 0.17±0.00 <sup>a</sup>  | 2.15±0.07 <sup>c</sup>  | 2.48±0.05 <sup>ab</sup> |
| 10    | 110.6±0.40 <sup>e</sup> | 0.63±0.01 <sup>f</sup> | 0.11±0.01 <sup>c</sup>  | 0.36±0.01 <sup>a</sup> | 0.28±0.00 <sup>a</sup> | 0.46±0.01 <sup>a</sup>  | 1.04±0.01 <sup>a</sup> | 0.18±0.01 <sup>ab</sup> | 2.17±0.00 <sup>c</sup>  | 2.55±0.02 <sup>e</sup>  |

注:相同列不同上标字母表示显著性差异 ( $P<0.05$ )。

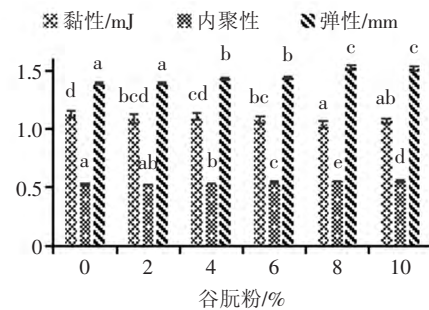
随着谷朊粉添加量的增多,混合粉面团的吸水率、Cs、形成时间和稳定时间呈增大趋势,其中形成时间和稳定时间在添加量至 8% 后差异不显著;C3、C4、C5 和总弱化值无显著差异;C2 差异显著。添加了谷朊粉的混合粉需要吸收更多的水分来维持面团中面筋蛋白网络的稳定结构<sup>[7]</sup>,所以吸水率会增大。谷朊粉与小麦粉中的面筋蛋白相互作用联结成为一个体系,从而会增强面团的耐柔性和提升面团的耐搅拌力<sup>[9]</sup>,所以 Cs、形成时间和稳定时间会增大。综合流变学特性各项指标可知,添加谷朊粉对混合粉面团的糊化特性无显著影响,但可使面团的筋力增强,最适添加量为 10%。

2.1.2 添加谷朊粉对马铃薯鲜湿面质构品质和感官品质的影响

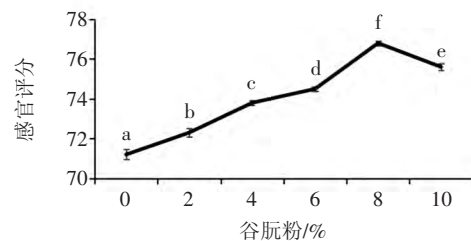
添加谷朊粉对马铃薯鲜湿面质构品质影响的测定结果如图 1(a)、图 1(b) 所示。添加谷朊粉对马铃薯鲜湿面感官品质影响的测定结果如图 1(c) 所示。



(a) 硬度、胶着性、咀嚼性的变化



(b) 黏性、内聚性、弹性的变化



(c) 感官品质的变化

不同小写字母表示显著性差异 ( $P<0.05$ )。

图 1 添加谷朊粉对马铃薯鲜湿面质构和感官品质的影响

Fig.1 Effect of adding gluten on texture quality and sensory quality of potato fresh wet noodles

由图 1 可知随着谷朊粉添加量的增多,马铃薯鲜湿面的硬度和弹性呈增大趋势,在添加量 8% 和 10% 时差异不显著;黏性呈减小趋势;内聚性、胶着性和咀嚼性的变化则是先增大后减小,在添加量 8% 时均达到最大值,分别是 0.55、31.24 N、47.73 mJ。相比于空白组,在添加量 8% 时,硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀

嚼性分别增大了 4.00%、5.77%、10.07%、11.73% 和 22.83%;黏性减小了 7.96%。

感官评价综合得分直观体现了鲜湿面的整体可接受性,与空白组相比,谷朊粉的添加可改善马铃薯鲜湿面的可接受程度。随着谷朊粉添加量的增多,感官评分先增大后减小,在添加量 8%时达到最大值为

76.8 分。

## 2.2 添加黄原胶对马铃薯鲜湿面品质的影响

### 2.2.1 添加黄原胶对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的影响

添加黄原胶对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性影响的测定结果如表 3 所示。

表 3 添加黄原胶对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的影响

Table 3 Effect of adding xanthan gum on the rheological properties of potato flour and wheat flour mixed dough

| 黄原胶/% | 指标                      |                        |                        |                        |                         |                         |                        |                        |                         |                        |
|-------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|       | 吸水率/%                   | Cs/Nm                  | C2/Nm                  | C3/Nm                  | C4/Nm                   | C5/Nm                   | 总弱化值/<br>Nm            | 回生值/Nm                 | 形成时间/<br>min            | 稳定时间/<br>min           |
| 0     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.41±0.00 <sup>a</sup> | 0.08±0.00 <sup>a</sup> | 0.35±0.00 <sup>a</sup> | 0.30±0.01 <sup>ab</sup> | 0.47±0.00 <sup>ab</sup> | 1.01±0.02 <sup>a</sup> | 0.18±0.01 <sup>b</sup> | 1.49±0.01 <sup>a</sup>  | 1.86±0.01 <sup>a</sup> |
| 0.2   | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.44±0.00 <sup>b</sup> | 0.11±0.00 <sup>b</sup> | 0.35±0.00 <sup>a</sup> | 0.29±0.01 <sup>a</sup>  | 0.46±0.01 <sup>a</sup>  | 0.99±0.02 <sup>a</sup> | 0.18±0.01 <sup>b</sup> | 1.69±0.04 <sup>ab</sup> | 2.03±0.03 <sup>b</sup> |
| 0.4   | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.47±0.01 <sup>c</sup> | 0.12±0.00 <sup>c</sup> | 0.38±0.01 <sup>b</sup> | 0.30±0.00 <sup>ab</sup> | 0.47±0.01 <sup>ab</sup> | 1.01±0.02 <sup>a</sup> | 0.17±0.01 <sup>b</sup> | 1.89±0.12 <sup>b</sup>  | 2.14±0.01 <sup>c</sup> |
| 0.6   | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.51±0.01 <sup>d</sup> | 0.12±0.00 <sup>c</sup> | 0.43±0.01 <sup>c</sup> | 0.31±0.00 <sup>c</sup>  | 0.48±0.00 <sup>c</sup>  | 1.01±0.01 <sup>a</sup> | 0.17±0.01 <sup>b</sup> | 2.17±0.00 <sup>c</sup>  | 2.35±0.02 <sup>d</sup> |
| 0.8   | 101.7±0.00 <sup>b</sup> | 0.55±0.01 <sup>e</sup> | 0.14±0.01 <sup>d</sup> | 0.47±0.01 <sup>d</sup> | 0.32±0.00 <sup>d</sup>  | 0.46±0.00 <sup>c</sup>  | 0.99±0.01 <sup>a</sup> | 0.14±0.00 <sup>a</sup> | 2.47±0.02 <sup>d</sup>  | 2.49±0.01 <sup>e</sup> |
| 1.0   | 102.0±0.00 <sup>c</sup> | 0.61±0.00 <sup>f</sup> | 0.14±0.00 <sup>d</sup> | 0.55±0.01 <sup>e</sup> | 0.35±0.01 <sup>e</sup>  | 0.49±0.00 <sup>d</sup>  | 0.98±0.01 <sup>a</sup> | 0.15±0.01 <sup>a</sup> | 2.98±0.11 <sup>e</sup>  | 2.78±0.00 <sup>f</sup> |

注:不同小写字母表示显著性差异( $P<0.05$ )。

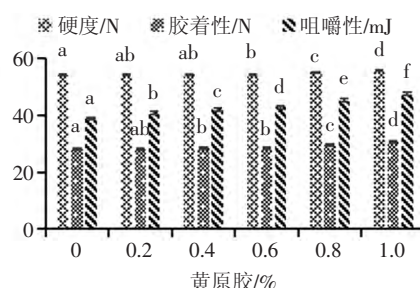
随着黄原胶添加量的增多,混合粉面团的吸水率、Cs、C2、C3、C4、形成时间和稳定时间呈增大趋势;C5 变化规律不明显,在添加量 1.0%时达到最大值为 0.49 Nm;总弱化值无显著差异;回生值呈减小趋势。

黄原胶具有较强的亲水性和持水性,其结构中的羟基有很强的水分吸附能力<sup>[20]</sup>,所以添加了黄原胶的混合粉面团的吸水率会增大。黄原胶不仅能使分子之间交联形成网络,还能与面筋蛋白相互作用,形成一个复杂体系,从而改善面筋的网络结构,提高面团的稳定性<sup>[21]</sup>,所以添加了黄原胶的混合粉面团的 Cs、C2、形成时间和稳定时间会增大。黄原胶与淀粉、蛋白质的相互作用导致混合粉的糊化黏度升高<sup>[22]</sup>,所以添加了黄原胶的混合粉面团的 C3 和 C4 会增大。黄原胶可与混合粉中的淀粉形成复合物起到阻止淀粉回生的作用<sup>[23]</sup>,所以添加了黄原胶的混合粉面团的回生值会减小。综合流变学特性各项指标可知,添加黄原胶可显著影响混合粉面团的糊化特性,并可使面团的筋力增强,最适添加量为 1%。

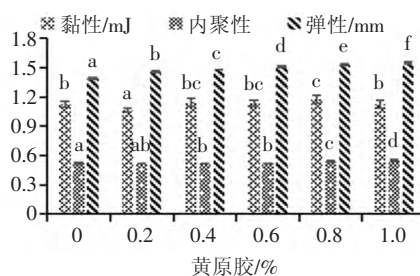
### 2.2.2 添加黄原胶对马铃薯鲜湿面质构品质和感官品质的影响

添加黄原胶对马铃薯鲜湿面质构品质影响的测定结果如图 2(a)、图 2(b) 所示。添加黄原胶对马铃薯鲜湿面感官品质影响的测定结果如图 2(c) 所示。

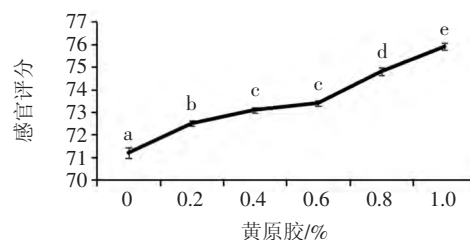
随着黄原胶添加量的增多,马铃薯鲜湿面的硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性呈增大趋势,在添加量 1.0%时均达到最大值,分别是 55.96 N、0.55、1.55 mm、



(a) 硬度、胶着性、咀嚼性的变化



(b) 黏性、内聚性、弹性的变化



(c) 感官品质的变化

不同小写字母表示显著性差异( $P<0.05$ )。

图 2 添加黄原胶对马铃薯鲜湿面质构和感官品质的影响  
Fig.2 Effect of adding xanthan gum on texture quality and sensory quality of potato fresh wet noodles

30.77 N 和 47.63 mJ;在添加量 0.2 %时,黏性达到最小值为 1.07 mJ。相比于空白组,在添加量 1 %时,硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性分别增大了 3.08 %、5.77 %、11.51 %、10.05 %、22.57 %;黏性无显著差异。不同黄原胶添加量的马铃薯鲜湿面感官评价总分指标具有显著性差异,则说明黄原胶的添加可提高马铃薯鲜湿面的整体可接受程度。随着黄原胶添加量的增

多,感官评分逐渐增大,在添加量 1 %时达到最大值为 75.9 分。

2.3 添加复合磷酸盐对马铃薯鲜湿面品质的影响

2.3.1 添加复合磷酸盐对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的影响

添加复合磷酸盐对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性影响的测定结果如表 4 所示。

表 4 添加复合磷酸盐对马铃薯全粉-小麦粉混合粉面团流变学特性的影响

Table 4 Effect of adding complex phosphate on the rheological properties of potato flour and wheat flour mixed dough

| 复合磷酸盐/% | 指标                      |                        |                        |                        |                        |                         |                         |                         |                         |                         |
|---------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | 吸水率/%                   | Cs/Nm                  | C2/Nm                  | C3/Nm                  | C4/Nm                  | C5/Nm                   | 总弱化值/Nm                 | 回生值/Nm                  | 形成时间/min                | 稳定时间/min                |
| 0       | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.41±0.00 <sup>a</sup> | 0.08±0.00 <sup>a</sup> | 0.35±0.00 <sup>a</sup> | 0.30±0.01 <sup>a</sup> | 0.47±0.00 <sup>a</sup>  | 1.01±0.02 <sup>b</sup>  | 0.18±0.01 <sup>a</sup>  | 1.49±0.01 <sup>ab</sup> | 1.86±0.01 <sup>a</sup>  |
| 0.1     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.44±0.00 <sup>b</sup> | 0.08±0.00 <sup>a</sup> | 0.34±0.00 <sup>a</sup> | 0.28±0.00 <sup>a</sup> | 0.48±0.00 <sup>a</sup>  | 0.98±0.00 <sup>ab</sup> | 0.20±0.00 <sup>b</sup>  | 1.73±0.11 <sup>b</sup>  | 1.97±0.07 <sup>ab</sup> |
| 0.2     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.47±0.02 <sup>c</sup> | 0.09±0.01 <sup>a</sup> | 0.36±0.02 <sup>a</sup> | 0.29±0.01 <sup>a</sup> | 0.50±0.02 <sup>ab</sup> | 1.02±0.02 <sup>b</sup>  | 0.22±0.01 <sup>bc</sup> | 1.46±0.01 <sup>ab</sup> | 2.11±0.06 <sup>bc</sup> |
| 0.3     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.47±0.00 <sup>c</sup> | 0.10±0.00 <sup>b</sup> | 0.39±0.00 <sup>b</sup> | 0.30±0.01 <sup>a</sup> | 0.53±0.01 <sup>b</sup>  | 0.98±0.01 <sup>ab</sup> | 0.23±0.01 <sup>c</sup>  | 1.57±0.05 <sup>ab</sup> | 2.19±0.06 <sup>cd</sup> |
| 0.4     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.51±0.00 <sup>d</sup> | 0.12±0.01 <sup>c</sup> | 0.45±0.01 <sup>c</sup> | 0.34±0.01 <sup>b</sup> | 0.60±0.00 <sup>c</sup>  | 0.95±0.00 <sup>a</sup>  | 0.26±0.01 <sup>d</sup>  | 1.64±0.14 <sup>ab</sup> | 2.34±0.04 <sup>d</sup>  |
| 0.5     | 101.0±0.00 <sup>a</sup> | 0.54±0.01 <sup>e</sup> | 0.13±0.01 <sup>c</sup> | 0.48±0.01 <sup>d</sup> | 0.37±0.01 <sup>c</sup> | 0.66±0.02 <sup>c</sup>  | 0.98±0.02 <sup>ab</sup> | 0.30±0.01 <sup>e</sup>  | 1.44±0.02 <sup>a</sup>  | 2.30±0.02 <sup>d</sup>  |

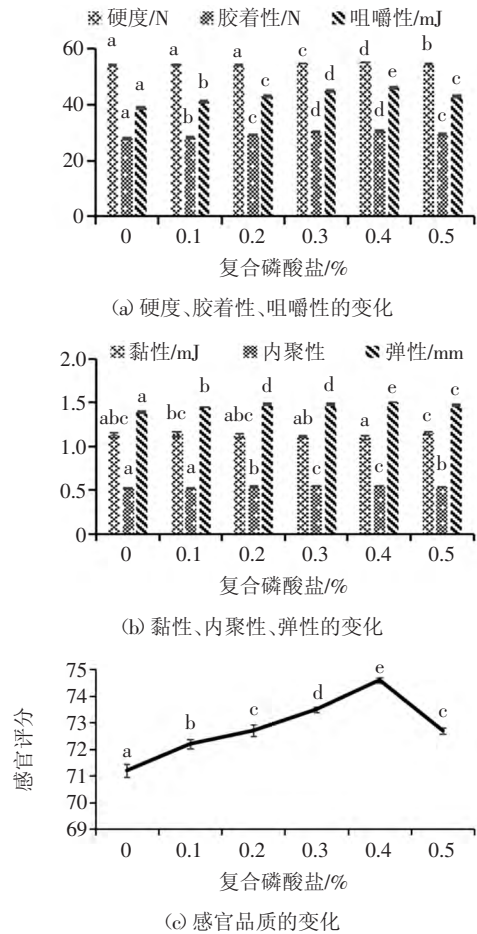
注:不同小写字母表示显著性差异(P<0.05)。

随着复合磷酸盐添加量的增多,混合粉面团的吸水率无显著差异;Cs、C2 和稳定时间呈增大趋势,其中,C2 和稳定时间在添加量 0.4 %和 0.5 %时差异不显著;C3、C4、C5 和回生值呈增大趋势,这与 Park 等<sup>[24]</sup>研究结果相符。复合磷酸盐能够在面筋蛋白和淀粉之间进行酯化反应及架桥结合,形成更稳定的复合结构,从而增强了面筋筋力,所以添加了复合磷酸盐的混合粉面团的 Cs、C2 和稳定时间会增大;在混合粉面团糊化过程中,随着水分与混合粉充分结合,面团就会凝胶变稠和黏度升高,同时由于复合磷酸盐的添加强化了凝胶混合粉中淀粉、蛋白等物质的作用效果,使得凝胶的内部结构加强,糊化黏度就会随之升高<sup>[25]</sup>,所以添加了复合磷酸盐的混合粉面团的 C3、C4、C5 和回生值会增大。综合流变学特性各项指标可知,添加复合磷酸盐可显著影响混合粉面团的糊化特性,并可使面团的筋力增强,最适添加量为 0.5 %。

2.3.2 添加复合磷酸盐对马铃薯鲜湿面质构品质和感官品质的影响

添加复合磷酸盐对马铃薯鲜湿面质构品质影响的测定结果如图 3(a)、图 3(b) 所示。添加复合磷酸盐对马铃薯鲜湿面感官品质影响的测定结果如图 3(c) 所示。

随着复合磷酸盐添加量的增多,马铃薯鲜湿面的硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性呈先增大后减小趋势,其中,硬度、弹性和咀嚼性在添加量 0.4 %达到最



不同小写字母表示显著性差异(P<0.05)。

图 3 添加复合磷酸盐对马铃薯鲜湿面质构和感官品质的影响

Fig.3 Effect of adding complex phosphate on texture quality and sensory quality of potato fresh wet noodles

大值,分别是 55.23 N、1.50 mm、45.93 mJ,内聚性和胶着性在添加量 0.3 %和 0.4 %时差异不显著;黏性变化规律不明显。相比于空白组,在添加量 0.4 %时,硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性分别增大了 1.73 %、5.77 %、7.91 %、9.26 %、18.19 %;黏性无显著差异。

随着复合磷酸盐添加量的增多,马铃薯鲜湿面感官评分先增大后减小,这与程晓梅等<sup>[1]</sup>的研究结论相一致;当添加量为 0.4 %时,感官评价达到最大值 74.7分。

综上,对比添加不同添加剂对马铃薯全粉-小麦

粉混合粉面团流变学特性和面条品质的影响可知,谷朊粉添加量为 8 %、黄原胶添加量为 1 %和复合磷酸盐添加量为 0.4 %时,对马铃薯鲜湿面的品质改良效果显著。

#### 2.4 马铃薯鲜湿面配方优化试验

##### 2.4.1 马铃薯鲜湿面配方优化正交试验结果

为了减少单一指标所带来的误差及不全面性,本试验选取了流变学特性指标和质构指标共 15 个指标作为马铃薯鲜湿面品质评定的标准。马铃薯鲜湿面配方优化正交试验结果如表 5 所示。

表 5 马铃薯鲜湿面配方优化正交试验结果

Table 5 Orthogonal test results on the formulation optimization of potato fresh wet noodles

| 试验组 | Cs/Nm | C2/Nm | C3/Nm | C4/Nm | C5/Nm | 总弱化值/Nm | 回生值/Nm | 形成时间/min | 稳定时间/min | 硬度/N  | 黏性/mJ | 内聚性  | 弹性/mm | 胶着性/N | 咀嚼性/mJ |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|----------|----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| 1   | 0.85  | 0.18  | 0.56  | 0.37  | 0.62  | 0.90    | 0.25   | 3.99     | 4.29     | 56.08 | 0.94  | 0.55 | 1.55  | 31.00 | 47.94  |
| 2   | 0.92  | 0.19  | 0.56  | 0.36  | 0.60  | 0.90    | 0.24   | 4.11     | 4.9      | 55.88 | 0.82  | 0.56 | 1.56  | 31.45 | 49.16  |
| 3   | 0.81  | 0.18  | 0.58  | 0.38  | 0.61  | 0.94    | 0.23   | 3.30     | 4.04     | 56.02 | 0.89  | 0.55 | 1.56  | 30.80 | 48.15  |
| 4   | 0.85  | 0.18  | 0.53  | 0.35  | 0.63  | 0.88    | 0.28   | 4.05     | 4.53     | 58.51 | 1.00  | 0.57 | 1.59  | 33.44 | 53.25  |
| 5   | 0.74  | 0.16  | 0.48  | 0.33  | 0.55  | 0.95    | 0.22   | 2.78     | 3.57     | 57.39 | 1.14  | 0.56 | 1.49  | 31.89 | 47.52  |
| 6   | 0.79  | 0.17  | 0.51  | 0.35  | 0.59  | 0.92    | 0.25   | 2.91     | 4.08     | 56.20 | 0.87  | 0.56 | 1.59  | 31.37 | 49.77  |
| 7   | 0.87  | 0.18  | 0.53  | 0.35  | 0.55  | 0.89    | 0.20   | 4.76     | 4.41     | 56.18 | 0.85  | 0.55 | 1.56  | 30.66 | 47.89  |
| 8   | 0.88  | 0.20  | 0.67  | 0.43  | 0.66  | 0.92    | 0.24   | 3.54     | 4.37     | 53.88 | 0.85  | 0.54 | 1.46  | 28.79 | 42.03  |
| 9   | 0.87  | 0.18  | 0.49  | 0.33  | 0.55  | 0.91    | 0.22   | 4.74     | 4.59     | 52.2  | 0.79  | 0.55 | 1.50  | 28.86 | 43.20  |

#### 2.4.2 马铃薯鲜湿面配方优化正交试验的极差分析和方差分析

马铃薯鲜湿面配方优化正交优化试验的极差分析结果如表 6 所示。

表 6 极差分析

Table 6 Range analysis

| 评价指标 | k 值和极差         | A 谷朊粉          | B 黄原胶          | C 复合磷酸盐        | D 空白  |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| F    | k <sub>1</sub> | 0.490          | 0.623          | 0.407          | 0.431 |
|      | k <sub>2</sub> | 0.807          | 0.399          | 0.518          | 0.517 |
|      | k <sub>3</sub> | 0.142          | 0.416          | 0.514          | 0.491 |
|      | R              | 0.665          | 0.224          | 0.111          | 0.086 |
| 主次顺序 |                |                | A>B>C          |                |       |
| 优水平  |                | A <sub>2</sub> | B <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> |       |

以规范化综合评分 F 值为评价指标,通过 R 值大小比较可知,添加剂对鲜湿面 F 值影响的主次因素为:谷朊粉(A)>黄原胶(B)>复合磷酸盐(C);通过 k 值大小比较可知,最优组合为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>,即马铃薯鲜湿面最优配方为:谷朊粉添加量 8 %,黄原胶添加量 0.6 %,复合磷酸盐添加量 0.4 %。

马铃薯鲜湿面配方优化正交试验的方差分析结

果如表 7 所示。

表 7 方差分析

Table 7 Variance analysis

| 因素  | 离差平方和 | 自由度 | 均方值   | F 值    | 显著性 |
|-----|-------|-----|-------|--------|-----|
| A   | 0.664 | 2   | 0.332 | 56.981 | *   |
| B   | 0.093 | 2   | 0.047 | 8.021  |     |
| C   | 0.024 | 2   | 0.012 | 2.054  |     |
| 误差  | 0.012 | 2   | 0.006 |        |     |
| 总变异 | 0.793 | 8   |       |        |     |

注:\* 为差异显著,P<0.05。

分析结果显示,谷朊粉对鲜湿面产品的规范化综合评分 F 值具有显著的影响。由此可见,在我们选定的添加剂添加量范围内,谷朊粉是影响马铃薯鲜湿面品质的关键因素。这与极差分析结果相一致。

由正交试验得到添加剂复配的最优配方为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>,即正交 4 号试验组,其所制备的马铃薯鲜湿面的规范化综合评分最大为 1.000,具有较好的食用品质。

### 3 结论

通过试验研究了谷朊粉、黄原胶和复合磷酸盐对混合粉面团的流变学特性和马铃薯鲜湿面品质的影

响。单因素试验结果表明,谷朊粉提高了混合粉面团的Cs、形成时间和稳定时间,黄原胶增大了混合粉面团的Cs、C2、C3、C4、形成时间和稳定时间,复合磷酸盐增强了混合粉面团的C3、C4、C5和回生值。在谷朊粉、黄原胶和复合磷酸盐最适添加量时均改善了马铃薯鲜湿面的质构特性,其中弹性分别增大了10.07%、11.51%和7.91%,胶着性分别增大了11.73%、10.05%和9.26%,咀嚼性分别增大了22.83%、22.57%和18.19%;同时提高了马铃薯的整体可接受程度。由正交试验结果可知各因素对混合粉面团的流变学特性和马铃薯鲜湿面品质影响的主要顺序为谷朊粉>黄原胶>复合磷酸盐,并确定了最佳配方:谷朊粉8%、黄原胶0.6%和复合磷酸盐0.4%。

### 参考文献:

- [1] Ezekiel R, Singh N, Sharma S, et al. Beneficial phytochemicals in potato—a review[J]. Food Research International, 2013, 50(2): 487–496
- [2] 刘宇航,朱永,张敏,等.不同品种马铃薯加工鲜湿面条的适宜性比较研究[J/OL].食品科学技术学报:1–9[2020–08–26].http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1151.TS.20200326.1546.002.html
- [3] Keijbets M J H. Potato processing for the consumer: developments and future challenges[J]. Potato Research, 2008, 51(3/4): 271–281
- [4] 陆婷婷,李保国.马铃薯全粉及其面条制品加工研究进展[J].食品与发酵科技, 2017, 53(3): 102–105
- [5] 蔡宇洁.玉米鲜湿面加工工艺及品质改良研究[D].郑州:河南工业大学, 2014
- [6] 马越,苑函,陈红梅.苦荞粉面团流变学特性的研究[J].食品科学, 2007(12): 85–87
- [7] 崔晚晚,李利民,郑学玲.谷朊粉对面筋和面团流变学及面条质构特性的影响[J].食品科技, 2018, 43(6): 165–171
- [8] García-Ochoa F, Santos V E, Casas J A, et al. Xanthan gum: production, recovery, and properties[J]. Biotechnology Advances, 2000, 18(7): 549–579
- [9] 周占富.面条品质改良剂的种类和作用探析[J].江苏调味副食品, 2016(1): 3–6
- [10] 许春华.亲水胶体对面条品质影响的研究[J].粮食与食品工业, 2013, 20(6): 45–49,52
- [11] 陈海峰,杨其林,姚科,等.黄原胶对面条品质的影响[J].粮食加工, 2008(1): 70–74
- [12] 吴雪辉,李琳.复合磷酸盐对面条改良作用的研究[J].粮食与饲料工业, 1998(12): 45–46
- [13] 程晓梅,程兰萍.面条品质改良剂的应用研究[J].河南工业大学学报(自然科学版), 2008, 29(6): 75–78
- [14] 王猛,许春华,苏从毅,等.磷酸盐对小麦粉糊化与面条质构的影响[J].粮食与饲料工业, 2013(9): 6–10
- [15] 朱永,梁杉,张敏,等.添加不同品种和类型的马铃薯全粉对鲜湿面条品质的影响[J].食品科学技术学报, 2019, 37(2): 94–101
- [16] 王凤,黄卫宁,刘若诗,等.采用 Mixolab 和 Rheometer 研究含外源蛋白燕麦面团的热机械学和动态流变学特性[J].食品科学, 2009, 30(13): 147–152
- [17] 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].郑州工程学院学报, 2003, 24(3): 29–33
- [18] 中华人民共和国商业部.面条用小麦粉:LS/T 3202–1993[S].北京:中国标准出版社, 1993
- [19] 李芳,朱永义.谷朊粉对苦荞小麦混合粉流变学特性影响研究[J].粮食与油脂, 2005(5): 23–25
- [20] Guarda A, Rosell C M, Benedito C, et al. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents[J]. Food Hydrocolloids, 2004, 18(2): 241–247
- [21] 王金虎,陈晓明,徐学明,等.四种常见亲水胶体对面团特性的影响研究[J].中国粮油学报, 2009, 24(11): 22–25,90
- [22] Shi X. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting[J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 50(1): 7–18
- [23] 瞿力,徐梁,刘志金.黄原胶延缓面包陈化的研究[J].现代面粉工业, 2010, 24(1): 47–50
- [24] Park S J, Baik B K. Quantitative and qualitative role of added gluten on white salted noodles[J]. Cereal Chemistry Journal, 2009, 86(6): 646–652
- [25] 刘紫鹏.冷冻熟面品质改良研究[D].郑州:河南工业大学, 2018

收稿日期:2020–07–17

中文核心期刊  
《食品科技》杂志社

◆《中国知网》全文收录  
◆《中国学术期刊(光盘版)》全文收录  
◆《中国化学文摘(CA)》收录期刊  
◆《美国食品科学技术文摘(FSTA)》收录期刊  
◆《美国食品科学技术文摘(FSTJ)》特约供稿  
◆荣获中国北方优秀期刊奖  
◆荣获第二届北方优秀期刊奖  
◆荣获2008年度北京市新闻出版(版权)创意成果奖  
◆荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖

进一步拓宽办刊思路,着力展示食品领域的技术创新、管理创新和产品创新活动,做好创新主体之间的交流与沟通,促进科技成果转化转化的服务平台。拓展服务方式,与广大读者形成更广泛的互动,恭请关心《食品科技》的业界同仁一如既往地支持。

1975年创刊  
邮发代号: 2-681  
ISSN 1005-9980  
CN 11-3511/TS

全年12期 25元/期  
邮发代号: 2-681

欢迎订阅 发布广告

联系电话:  
**67913893**  
**83557685**

Http://www.e-foodtech.cn  
E-mail:shipinkj@vip.163.com  
blog.sina.com.cn/shipinkj  
邮编:100053 微信号:shipinkj  
地址:北京市西城区广安门内大街316号京粮古船大厦

请关注

