

3种改良剂种类对小麦复配粉粉质特性及面片品质影响的比较分析

黄婷婷, 白羽嘉*, 付文欠, 冯作山*

(新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 为改善市售小麦粉(蛋白质 11%)制作汤饭面片的面团特性和品质, 在小麦粉中添加不同磷酸盐、食用胶类和淀粉, 测定复配粉的糊化特性、面团特性以及面片复水后的品质比较。结果表明, 磷酸盐能增加面粉峰值粘度、最低粘度、最终粘度、衰减值和回生值, 对峰值时间、糊化温度影响不显著 ($p>0.05$)。焦磷酸钠和三聚磷酸盐显著增加了面粉峰值粘度 ($p<0.05$); 聚丙烯酸钠显著降低了面粉回生值和衰减值 ($p<0.05$), 分别为 767 cP、593 cP; 马铃薯变性淀粉、木薯变性淀粉显著降低了面粉的回生值 ($p<0.05$)。磷酸盐、食用胶对面团粉质特性有显著提高, 淀粉降低了面团的粉质特性。六偏磷酸钠、三聚磷酸盐和焦磷酸钠弱化度最低, 都为 4 BU; 聚丙烯酸钠、黄原胶弱化度最小分别为 1 BU、4 BU。3种改良剂均能改善面片的剪切特性, 除碳酸氢钠其他试验组能有效改善面片复水性和感官。三聚磷酸盐、黄原胶和马铃薯变性淀粉在试验组中对面片的硬度和延展性更好, 复水性、品质和适口性更佳。综合评价: 添加三聚磷酸盐、黄原胶和马铃薯变性淀粉能够较好的改善面团的特性和面片的品质, 并能制作出适合加工新疆汤饭的方便面片。

关键字: 改良剂; 糊化特性; 粉质特性; 品质

文章篇号: 1673-9078(2021)11-270-280

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.11.0136

Comparative Analysis of the Effects of Three Kinds of Improver on the Characteristics of Wheat Blended Flour and Dough Quality

HUANG Tingting, BAI Yujia*, FU Wenqian, FENG Zuoshan*

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to improve the dough characteristics and quality of soup noodle made from commercially available wheat flour (11% protein), different phosphates, edible gums and starches were added to the wheat flour to determine the gelatinization properties of the blended flour, dough characteristics and the quality of the noodle after rehydration. The results showed that phosphate increased the peak viscosity, minimum viscosity, final viscosity, breakdown value and setback value of flour within significant effects on the peak time and gelatinization temperature ($p>0.05$). Pyrophosphate and tripolyphosphate significantly increased the peak viscosity of flour ($p>0.05$); Sodium polyacrylate significantly decreased the setback and breakdown values of flour (767 cP and 593 cP, respectively) ($p<0.05$); Potato modified starch and cassava modified starch significantly decreased the setback of flour ($p<0.05$). Phosphate and edible gums significantly improved the farinose quality of dough, while starch decreased the farinose quality of dough. Sodium hexametaphosphate, sodium tripolyphosphate and sodium pyrophosphate exhibited the smallest weakening effect (all 4 BU). The minimum weakening degrees of sodium polyacrylate and xanthan gum in edible glue were 1 BU and 4 BU, respectively. All three kinds of modifiers can improve the shear properties of noodle sheets. Except for sodium

引文格式:

黄婷婷,白羽嘉,付文欠,等.3种改良剂种类对小麦复配粉粉质特性及面片品质影响的比较分析[J].现代食品科技,2021,37(11):270-280,+221

HUANG Tingting, BAI Yujia, FU Wenqian, et al. Comparative analysis of the effects of three kinds of improver on the characteristics of wheat blended flour and dough quality [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(11): 270-280, +221

收稿日期: 2021-02-05

基金项目: 国家重点研发计划重点专项项目(2018YFD0400103-1)

作者简介: 黄婷婷(1995-),女,硕士研究生,研究方向:农产品加工及综合利用, E-mail: h1392100676@163.com

通讯作者: 白羽嘉(1984-),男,博士,副教授,研究方向:农产品加工及综合利用, E-mail: saintbyj@163.com; 冯作山(1963-),男,博士,教授,研究方向:农产品加工及综合利用, Email: fengzuoshan@163.com

bicarbonate, the other experimental groups could effectively improve the rehydration capability and sensory properties of noodle sheets. Tripolyphosphate, xanthan gum and potato modified starch showed better hardness, ductility, rehydration capability, quality and palatability in the experimental group. Comprehensive evaluation showed that the addition of tripolyphosphate, xanthan gum and potato modified starch can better improve the characteristics of dough and the quality of noodle sheets, and can produce the instant noodle sheets suitable for making Xinjiang soup noodle.

Key words: amplifier; gelatinization characteristics; silty-like characteristics; quality

汤饭是新疆地区一种特色美食,以菱形面片为主,配料使用羊肉,西红柿和各种蔬菜,口味酸辣,深受本地男女老少的喜爱。作为面食,面片对于整体的影响不言而喻。而添加改良剂是提高面粉及面制品品质的有效手段^[1],添加不同种类的改良剂会对面粉的品质产生不同的影响。选择适合的改良剂,以生产出市场所需的各种专用粉。

改良剂对面团特性及面制品品质都有较好的改善,主要包括增筋剂、还原剂、乳化剂、增稠剂和营养强化剂等。Rombouts 等^[2]和 Sangpring 等^[3]研究了盐类对面条感官品质、蒸煮品质、质构特性具有显著的改善作用。刘瑞莉^[4]研究发现,磷酸盐对面粉的糊化特性产生显著影响,峰值粘度、低谷粘度和最终粘度并与添加量呈正相关,刑正军^[5]研究发现,添加磷酸盐改良剂的面条口感筋道、清爽、组织结构细腻、表面光滑、透明性好、煮后不糊汤、食感大大改善。淀粉是面条生产中常用的品质改良剂,它的性质对面条品质的影响很大,可以起到增强口感、缩短煮面时间、改善面条品质等作用^[6],查春月^[7]研究发现,添加淀粉能更好的改善面团的拉伸特性,增强面团的气体保持能力,减短发酵时间等。卢丹妮^[8]研究发现添加 10% 的马铃薯淀粉的持水性较大,能够缩短面团的形成时间,并能增加馒头的咀嚼性和弹性。食品增稠剂具有改变面团的流变特性,增进面制品的韧性和光滑度,提高面制品加工性能等作用。寇兴凯等^[9]研究发现各种增稠剂使用后均对低蛋白高粱面条的品质有一定的影响,可以使低蛋白高粱面条的感官评分提高,面条蒸煮损失率和断条率下降。将黄原胶与谷朊粉通过一定比例形成的复合胶体加入面粉,发现改良面粉的拉伸曲线面积增大,形成面团的筋力更强,加工出来的面点质量更好^[10]。面粉的理化性质与面团的流变性对面制品质量有很大的影响,决定了面团的加工性能及面制品品质^[11-13],各研究表明添加改良剂大大增加了面制品的加工性能及品质。

目前对方便面制品中改良剂添加量研究较多,但是改良剂种类众多,而且每种改良剂品种繁多,为了筛选出适合方便面粉加工的改良剂,选用磷酸盐类,食用胶类和淀粉类对方便面制品中添加的主要改良

剂,对这 3 类改良剂品种进行筛选以达到适合生产出适合加工方便面粉的改良剂。本试验通过研究添加磷酸盐,食用胶和淀粉 3 种改良剂对面粉的糊化特性、面团流变性及面片的品质影响来探究这 3 种改良剂对面团加工性能及面片品质的影响。

1 材料与方法

1.1 原料

市售小麦面粉(蛋白质 11%),新疆天山面粉(集团)有限公司产品;改良剂,包括磷酸盐(碳酸氢钠、磷酸二氢钠、三聚磷酸盐、焦磷酸钠、六偏磷酸钠)、食用胶类(黄原胶、瓜儿豆胶、羧甲基纤维素(Carboxymethyl Cellulose, CMC)、海藻酸钠、聚丙烯酸钠)和淀粉(玉米淀粉、木薯淀粉、马铃薯淀粉、玉米变性淀粉、木薯变形淀粉、马铃薯变性淀粉),盛达食品添加剂有限公司;其它试剂均为分析纯及以上。

1.2 主要仪器设备

JEA202 型电子天平,上海浦春计量仪器有限公司;RVA-TECMASTER 快速粘度仪,澳大利亚 Nvowport 公司;MA35A 型快速水份测定仪,赛多利斯科学仪器公司;B10114 粉质仪,德国 Brabender 公司;压面机,宝优尼公司;面片机,华商厨房电器有限责任公司;电热鼓风干燥箱,101-E 北京市永光明医疗仪器厂;TA-XT Plus 型物性测试仪,英国 Stable Micro System 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 复配粉的制备

为了能够充分分析面粉改良剂对市售小麦粉面团特性的影响,用不同改良剂对小麦粉进行配粉,将小麦粉与改良剂按不同种类进行充分混合,并静置 24 h,对比对照组(ck)分析不同改良剂对小麦粉粉质特性、糊化特性及品质的影响。改良剂添加量根据食品添加剂食用标准 GB 2760-2014,并参考邢亚楠等^[14]、陈洁等^[15]、马畅等^[16]等研究;其中改良剂种类包括磷酸盐 0.3% (碳酸氢钠、磷酸二氢钠、三聚磷酸盐、焦磷酸钠、六偏磷酸钠);食用胶类 0.3% (黄原胶、瓜儿豆胶、

CMC、海藻酸钠、聚丙烯酸钠)和淀粉 10 g/100 g (玉米淀粉、木薯淀粉、马铃薯淀粉、玉米变性淀粉、木薯变形淀粉、马铃薯变性淀粉)。

1.3.2 面片的制作

将改良剂分别混入面粉中(磷酸盐 0.3%、食用胶 0.3%、淀粉 10 g/100 g),加水量为 44 g/100 g (按面粉质量计算),和面 15 min,面团常温下密封熟化 30 min,用压面机反复压延 5 次,形成 1 mm 面带,再把面带切成 2 cm×2 cm 的小方片,蒸煮 10 min,捞出过凉水 10 s,均匀摆放在干燥盘里,80 °C 干燥 90 min 后取出。

1.3.3 糊化特性的测定

参照 GB/T 24853-2010《小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定快速黏度仪法》,用 RVA-TECMASTER 快速黏度仪测定混合粉的(糊化温度、峰值黏度、峰值时间、最低黏度、最终黏度、衰减值、回生值等)糊化指标。称取 3.5 g 混合粉,转移到样品筒中,量取 25.0 mL 蒸馏水(按 14.0%湿基校正)加入样品筒中,将搅拌器置于样品筒中上下快速搅动 10 次,使样品分散,置于 RVA 仪中。

1.3.4 粉质特性的测定

参照国标 GB/T 14614-2006 并进行适当修改:称取一定量的样品面粉置于和面钵中,并加入一定量的水,在搅拌器中进行搅拌,使面团的稠度达到 500±20 FU,面团依次经过形成、稳定和弱化三个主要阶段。通过粉质仪的软件绘制出粉质曲线,并计算出样品面粉的指标,对复配粉面团的品质进行评价。

1.3.5 质构的测定

称取 30 g 左右面片,放入 500 mL 沸水中,立即盖好,同时开始计时,分别泡至 4、5、6、7、8 min 复水时间,立即捞出并放入冷水中浸泡冷却 10 s,然后进行剪切硬度(Firmness)的测定:采用 A/LKB-F 探头,测试条件:测定前速度:1.0 mm/s;测定速度:0.17 mm/s;测定后速度:10.0 mm/s。

1.3.6 复水率的测定

将约 30 g 干燥后的面片,放入盛有 500 mL 沸腾(蒸馏水)的容器内,立即覆盖表面,每隔 10 s 取出表面,用滤纸吸干表面明水并测量其质量,根据实验前后样品的质量变化计算复水率。按下式计算:

$$\text{复水率}/\% = \frac{\text{煮后面片质量} - \text{煮前面片质量}}{\text{煮前面片质量}} \times 100\%$$

1.3.7 感官评价

参照方便面感官评价标准(GB/T 25005-2010),结合王立等^[7]建立的方便面感官评价标准体系进行感官评价。由 10 人组成评价小组,对未泡前面片的表观状态、色泽以及对复水后的面片硬度、弹性、黏性、光滑度、复水性和耐泡性 8 个方面对方便面片进行感官评定,感官评价表见表 1。

1.3.8 结果分析

试验结果以均值±标准偏差(x±s)表示,单因素方差分析 ANOVA (one-way analysis of variance) 和多重比较检验分析 Duncans 用 SPSS 统计软件分析处理,并采用 Origin 9.0 制图。

表 1 面片感官评价指标及评价标准

Table 1 Sensory evaluation and scoring criteria of instant noodle

项目	分数/分	定义	1	2	3	4
色泽	10	面片颜色鲜艳和亮度	呈均匀的乳白色或淡黄色,光亮(8~10分)	颜色略不均匀,光亮程度稍差(6~8分)	表面颜色不均匀,光亮程度较差(4~6分)	有焦、生现象,亮度较差(1~4分)
表观状态	10	面片表面光滑程度	表面结构细密光滑(8~10分)	略不光滑或略分层(6~8分)	稍有起泡或稍有分层(4~6分)	起泡分层严重(1~4分)
复水性	10	面片达到复水时间的复水情况	复水好(8~10分)	略不复水(6~8分)	复水性较差(4~6分)	不复水(1~4分)
光滑度	5	品尝面片时口感的光滑程度	光滑(4.3~5)	略不光滑(3.7~4.3分)	不光滑(3~3.6)	非常不光滑(1~3分)
适口性(软硬)	20	用牙咬断面片所需力的大小	适中无硬心(17~20分)	略软略硬(12~17分)	较软或较硬(9~12分)	太软或太硬(1~9分)
韧性	20	咀嚼面片时的咬劲和弹性大小	咬劲大、弹性好(17~20分)	有咬劲和弹性(12~17分)	稍有咬劲和稍有弹性(9~12分)	咬劲差弹性不足(1~9分)
粘性	20	咀嚼过程中,面片的粘牙程度	咀嚼爽口、不黏牙、无夹生(17~20分)	较爽口、略不粘牙或略夹生(12~17分)	不爽口、稍粘牙或稍夹生(9~12分)	非常不爽口、粘牙或夹生(1~9分)
耐泡性	5	面片浸泡 10 min 后的咬劲	耐泡性好(4.3~5分)	耐泡性稍差(3.7~4.3分)	耐泡性稍差(3~3.6分)	不耐泡(1~3.6分)

表2 磷酸盐对小麦粉糊化特性的影响

Table 2 Influence of phosphate on gelatinization properties of wheat flour

磷酸盐类	峰值黏度/cP	最低黏度/cP	衰减值/cP	最终黏度/cP	回生值/cP	峰值时间/min	糊化温度/°C
ck	3096.50±48.00 ^d	2130.50±56.50 ^{ab}	966.00±39.00 ^d	3788.50±70.50 ^d	1658.00±14.00 ^b	6.27±0.00 ^a	85.40±0.45 ^a
碳酸氢钠	3341.50±13.50 ^c	1936.00±27.00 ^c	1420.50±25.50 ^a	3878.00±42.00 ^c	1942.00±31.00 ^a	6.14±0.65 ^a	85.40±0.45 ^a
磷酸二氢钠	3360.50±14.50 ^{bc}	2087.50±17.50 ^b	1273.00±3.00 ^b	4221.50±14.50 ^b	2134.00±3.00 ^a	6.13±0.00 ^a	86.75±0.45 ^a
三聚磷酸盐	3446.00±26.00 ^{ab}	2121.50±6.50 ^{ab}	1274.50±30.50 ^b	4344.00±33.00 ^a	2122.50±23.50 ^a	6.17±0.04 ^a	85.45±0.40 ^a
焦磷酸钠	3470.50±24.50 ^a	2184.00±55.00 ^{ab}	1241.50±24.50 ^{bc}	4347.00±27.00 ^a	2163.00±52.00 ^a	6.24±0.04 ^a	86.63±0.02 ^a
六偏磷酸钠	3391.00±5.00 ^{abc}	2230.5±21.5 ^a	1160.5±26.5 ^c	4390±15 ^a	2159.5±36.5 ^a	6.20±0.07 ^a	85.38±0.42 ^a

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$); 表中 ck 表示对照组, 下同。

表3 食用胶对小麦粉糊化特性的影响

Table 3 Effect of edible glue on gelatinization properties of wheat flour

胶类	峰值黏度/cP	最低黏度/cP	衰减值/cP	最终黏度/cP	回生值/cP	峰值时间/min	糊化温度/°C
ck	3096.50±48.00 ^c	2130.50±56.50 ^b	966.00±39.00 ^b	3788.50±70.50 ^{bc}	1658.00±14.00 ^c	6.27±0.00 ^{ab}	85.40±0.45 ^b
黄原胶	3215.00±32.00 ^e	2204.50±25.50 ^{ab}	1010.50±47.50 ^b	3951.00±3.00 ^{ab}	1746.50±27.50 ^b	6.23±0.10 ^{ab}	65.33±0.38 ^c
瓜尔豆胶	3312.00±1.00 ^b	2302.00±37.00 ^a	1010.00±38.00 ^b	3904.50±5.50 ^a	1602.50±42.50 ^{cd}	6.40±0.07 ^a	86.65±0.05 ^a
海藻酸钠	3105.00±50.00 ^e	2219.50±10.50 ^{ab}	885.50±39.50 ^b	3786.00±36.00 ^c	1566.50±25.50 ^d	6.47±0.07 ^a	86.68±0.02 ^a
CMC	3548.50±19.50 ^a	1848.50±16.50 ^c	1700.00±47.00 ^a	3702.00±10.00 ^{abc}	1853.50±6.50 ^a	3.64±0.44 ^c	86.67±0.42 ^b
聚丙烯酸钠	1792.00±45.50 ^d	1199.00±19.00 ^d	593.00±22.50 ^c	1966.00±11.50 ^d	767.00±6.50 ^e	4.57±0.30 ^c	62.90±0.05 ^d

2 结果与讨论

2.1 改良剂对小麦粉糊化特性的影响

2.1.1 磷酸盐对小麦粉糊化特性的影响

由表2可知, 磷酸盐添加对小麦粉峰值粘度、最终粘度显著增加。各试验组中, 添加焦磷酸盐的峰值粘度值最大(3096.5 cP), 与三聚磷酸盐差异不显著 ($p > 0.05$), 其他试验组峰值粘度较小并无显著差异 ($p > 0.05$)。六偏磷酸钠、三聚磷酸盐和焦磷酸钠最终粘度较大, 分别为4390 cP、4344 cP、4347 cP, 且各试验组无差异显著 ($p > 0.05$)。碳酸氢钠显著降低最低粘度 ($p < 0.05$), 其他试验组与对照组均无显著差异 ($p > 0.05$)。不同磷酸盐对淀粉颗粒外貌、淀粉直径分及淀粉颗粒内部排序有一定影响, 而淀粉的颗粒粒径分布对淀粉糊化和凝胶性产生较大差异^[4], 从而导致不同种类磷酸盐对淀粉糊化程度不同。

衰减值主要反映淀粉糊的热稳定性, 衰减值越大, 则淀粉糊稳定性越差^[18]。表2可知, 磷酸盐的添加对小麦粉的衰减值显著升高, 碳酸氢钠衰减值最大(1420.5 cP), 与对照组和其他试验组呈差异性显著 ($p < 0.05$), 六偏磷酸钠对小麦粉衰减值(1160.5 cP)影响最小, 说明六偏磷酸钠相较于其他磷酸盐对小麦粉淀粉糊稳定性影响较小。回生值表示最高黏度与最低黏度的差值, 它反映淀粉分子重结晶程度, 回生值越小, 抗老化能力越强^[19]。磷酸盐显著增加了小麦粉

回升值 ($p < 0.05$), 降低了淀粉抗老化性能, 对峰值时间和峰值温度影响差异不显著 ($p > 0.05$)。

以上结果表明: 磷酸盐增加了小麦粉的峰值粘度, 最低粘度, 最终粘度, 说明磷酸盐能促进淀粉的吸水膨胀, 使淀粉充分糊化, 从而使峰值粘度升高^[20]。同时也增加了面粉的衰减值和回生值, 表明添加磷酸盐对淀粉凝胶能力变差, 抗老化能力降低, 这一结果与刘瑞莉研究结果相似^[4]。六偏磷酸钠、三聚磷酸盐、焦磷酸钠对小麦粉糊化程度相似。由于糊化特性反映的是淀粉在水中因加热和冷却而发生溶胀和淀粉颗粒破裂的过程, 从而使粘度发生变化。添加不同磷酸盐后, 对面粉糊化特性产生了显著性的影响, 由此可以推断, 磷酸盐对面片品质影响与其对淀粉糊化性质的影响有密切关系^[4]。

2.1.2 食用胶对小麦粉糊化特性的影响

由表3可知, 除聚丙烯酸钠其他试验组均增加了小麦粉的峰值粘度, 最低粘度和最终粘度, 是因为食用胶的添加使小麦粉中蛋白质相互作用提高了糊化黏度^[21-23]。聚丙烯酸钠显著降低了小麦粉衰减值和回生值, 与对照组和其他试验组呈差异性显著 ($p < 0.05$), 说明聚丙烯酸钠对小麦粉淀粉糊稳定性和抗老化能力较好; 其他试验组对小麦粉的衰减值和回生值影响不显著 ($p > 0.05$)。黄原胶、瓜尔豆胶和海藻酸钠对小麦粉的峰值时间影响不显著 ($p > 0.05$), 聚丙烯酸钠和CMC缩短了小麦粉的峰值时间并呈差异性显著 ($p < 0.05$)。聚丙烯酸钠和黄原胶显著降低了小麦粉

的糊化温度 ($p < 0.05$), 说明聚丙烯酸钠和黄原胶的添加降低了混合粉熟化所需的能量^[24]。聚丙烯酸钠对小麦粉糊化温度最低 (62.9 °C), 这一结果与 Pan 等^[25]在冻熟面条中添加食用胶体的糊化特性研究结果一致。

2.1.3 淀粉对小麦粉糊化特性的影响

小麦面粉中约 70% 由直链淀粉和支链淀粉组成, 直链淀粉占 22%~26%, 支链淀粉占 74%~78%。虽然直链淀粉占比较小, 但对小麦粉糊化特性的影响很大^[26]。不同外源淀粉直链淀粉分子质量、聚合度等差别很大, 从而导致对小麦粉糊化程度不同^[27]。

由表 4 可知, 淀粉对小麦粉的峰值粘度, 最低粘度和最终粘度显著增加, 说明外源淀粉能促进小麦粉中淀粉吸水糊化, 使粘度升高。衰减值表示物质淀粉的凝胶性的稳定性, 衰减值越小, 加热过程中稳定性越好, 淀粉的添加均能降低衰减值, 说明淀粉能提高

淀粉糊的稳定性。除木薯淀粉其他试验组均能降低小麦粉回升值, 说明淀粉对抗老化能力有所提高, 添加木薯变性淀粉和马铃薯变性淀粉的回升值最低, 呈差异不显著 ($p > 0.05$), 与其他试验组呈差异性显著 ($p < 0.05$), 说明木薯变性淀粉和马铃薯变性淀粉对改善小麦粉淀粉抗老化能力最好。淀粉显著降低了峰值温度, 对小麦粉峰值时间影响不大。不同淀粉颗粒大小对糊化温度影响不同, 糊化温度越低, 淀粉峰值粘度越大, 马铃薯变性淀粉峰值温度最低 (69.525 °C), 峰值粘度最大 (3429.5 cP)。结果表明: 淀粉能促进淀粉糊化, 增加淀粉糊的稳定性, 降低回生值; 马铃薯变性淀粉和木薯变性淀粉的回生值最小, 能显著提升淀粉抗老化能力, 减缓面制品老化速率, 延长其货架期, 对小麦粉的糊化能力改善效果最好, 该结果与卢丹妮^[8]在不同淀粉对面团的性质研究结果相似。

表 4 淀粉对小麦粉糊化特性的影响

Table 4 Effect of starch on gelatinization properties of wheat flour

淀粉类	峰值黏度/cP	最低黏度/cP	衰减值/cP	最终黏度/cP	回生值/cP	峰值时间/min	糊化温度/°C
ck	3096.50±48.00 ^{cd}	2130.50±56.50 ^c	966.00±39.00 ^a	3788.50±70.50 ^b	1658.00±14.00 ^a	6.27±0.00 ^a	85.40±0.45 ^a
玉米淀粉	3070.50±22.50 ^d	2150.50±1.50 ^c	920.00±21.00 ^a	3767.00±66.00 ^b	1616.50±14.50 ^a	6.30±0.03 ^a	78.88±0.47 ^b
木薯淀粉	3164.50±44.50 ^{bc}	2210.00±22.00 ^{bc}	954.50±22.50 ^a	3900.00±40.00 ^{ab}	1690.00±18.00 ^a	6.24±0.03 ^a	78.88±0.42 ^b
马铃薯淀粉	3292.00±33.00 ^b	2361.00±41.00 ^{ab}	931.00±8.00 ^a	4003.50±32.50 ^a	1642.50±8.50 ^a	6.40±0.07 ^a	72.35±0.40 ^d
玉米变性淀粉	3107.00±20.00 ^{cd}	2164.00±26.00 ^c	943.00±6.00 ^a	3797.00±10.00 ^b	1633.00±16.00 ^a	6.27±0.06 ^a	85.03±0.02 ^a
木薯变性淀粉	3008.50±58.50 ^d	2117.00±90.00 ^c	891.50±31.50 ^a	3566.00±20.00 ^c	1449.00±70.00 ^b	6.34±0.06 ^a	74.50±0.00 ^c
马铃薯变性淀粉	3429.50±24.50 ^a	2489.50±32.50 ^a	940.00±42.00 ^a	3975.00±5.00 ^a	1485.50±37.50 ^b	6.43±0.10 ^a	69.53±0.02 ^c

表 5 磷酸盐对面团粉质特性的影响

Table 5 Influence of phosphates on silty properties

种类	吸水率/%	面团形成时间/min	面团稳定时间/min	弱化程度/BU	粉质指数
ck	60.8	6.3	10.1	20	121
碳酸氢钠	62.6	12.0	16.0	10	196
磷酸二氢钠	61.7	8.3	12.5	6	144
三聚磷酸盐	60.2	8.9	14.6	4	158
焦磷酸钠	60.6	8.3	15.6	4	171
六偏磷酸钠	62.3	12.2	14.9	4	167

2.2 改良剂对面团粉质特性的影响

2.2.1 磷酸盐对面团粉质的影响

粉质特性是面团柔韧性和粘弹性的重要指标, 粉质特性不仅体现了面团在加工过程中的操作性, 也对面制品品质具有重要意义^[28]。吸水率表示面团的吸水能力和淀粉颗粒的完整度^[18]。由表 5 可知, 除碳酸氢钠和磷酸二氢钠, 其他试验组降低了面团的吸水率, 各试验组均增加了面团的形成时间、面团的稳定时间和粉质指数, 并降低弱化度。磷酸盐对面团流变性变

化是因为磷酸盐占据了面团中结合水的位置, 导致蛋白质疏水作用改变, 并对面筋蛋白表面离子氨基酸产生静电屏蔽, 减弱面筋蛋白之间的静电斥力, 使蛋白质内部疏水与亲水作用加强, 产生聚合, 导致面团吸水下降, 面团形成时间、稳定时间增加, 弱化度降低^[14]。

面团稳定时间表示面团的柔韧性和面筋弹性, 面团稳定时间越长, 柔韧性越好, 面团的筋度越大^[29], 与对照组相比, 碳酸氢钠的面团稳定时间最大 (16 min), 其次是焦磷酸钠、六偏磷酸钠和三聚磷酸盐, 磷酸二氢钠提升最小 (12.5 min), 但也有研究表明面

团稳定时间过长就会导致面筋网络不能完全形成,导致面团不能充分醒发^[30],故添加三聚磷酸盐、六偏磷酸钠、焦磷酸钠对面团稳定性较好。面团的弱化程度表示面团耐破坏程度,弱化度越大,筋力越弱^[31],面团越容易流变,加工越不易成型,三聚磷酸盐,焦磷酸钠和六偏磷酸钠试验组弱化值最低,为4 BU,说明这三种磷酸盐的添加能显著增强面团对机械搅拌的承受能力,加工品质好。以上结果表明:碳酸氢钠对面团吸水率、面团形成时间、面团稳定时间和粉质指数的提升最大,但对面团弱化度降低最小;六偏磷酸钠、三聚磷酸盐、焦磷酸钠对面团的筋力和对加工性相当,磷酸二氢钠对面团粉质特性改善一般。

2.2.2 食用胶对面团粉质的影响

表6可知,食用胶能增加面粉吸水率,由于食用胶中亲水基因通过氢键结合大量水分子,能提高面团吸水能力^[24],使面团在加工中具有更好的操作性。除CMC和海藻酸钠其他试验组均能增加面团的形成时间、稳定时间和粉质指数,黄原胶对面团形成时间、稳定时间和粉质指数提升最大,分别为11 min、18.4 min、216 min,因为食用胶中部分阴离子基因与面筋蛋白中氨基通过静电作用,形成的面筋蛋白,改善面筋蛋白网络结构^[32],从而提高面团耐揉性和机械搅拌力,使面团的形成时间、稳定时间及粉质指数得到提高。除海藻酸钠其他试验组降低了面团的弱化度,添加聚丙烯酸钠的面团弱化度最低(1 BU),其次是黄原胶(4 BU),说明聚丙烯酸钠和黄原胶的面团筋力

高与其他试验组,加工性能也越好。各试验组,海藻酸钠降低面团粉质特性,是因为面筋蛋白被过度稀释,破坏面团连续性,无法形成较好黏弹性三维网络整体,只能形成多个稀松分散的网络区域,导致面团耐机械搅拌能力降低^[33]。通过对比不同胶体在面团中的粉质特征,黄原胶对面团改良较好,其次是聚丙烯酸钠、瓜尔豆胶,CMC和海藻酸钠对面团粉质改良一般。

2.2.3 淀粉对面团粉质的影响

由表7可知,添加淀粉对面粉的吸水率、面团形成时间和稳定时间均下降。由于吸水率与淀粉和蛋白质结合水能力有关,蛋白质中含有较多亲水基团,比淀粉持水性更好^[34,35],而添加淀粉使得混合粉面筋蛋白被稀释,吸水率下降,从而导致面粉吸水率降低;此外淀粉颗粒大小不一,和水的接触面积不同,持水性情况也不同^[36],对混合粉的吸水率也有一定的影响,所以导致最终混合粉吸水率降低情况不同。由于淀粉中蛋白质含量较少,面团不能形成网络结构,分子间作用力减小,导致吸水率降低、弱化度增大,揉制成面团的时间就缩短了,混合粉的形成时间也显著缩短,稳定时间基本降低^[37,38]。淀粉的加入使面团增加其弱化程度,降低面团的筋力,弱化度表示面团抗破坏的能力,弱化度越大,面筋越弱,面团的操作性能越差。与对照组ck相比,不同淀粉混合面团抗破坏能力减弱,粉质指数降低,面团品质普遍下降,此结果与卢丹妮^[8]、陈金凤^[39]等和马畅^[38]等的研究结果一致。

表6 食用胶对面团粉质特性的影响

Table 6 Influence of edible glue on the characteristics of dough powder

种类	吸水率/%	面团形成时间/min	面团稳定时间/min	弱化程度/BU	粉质指数
ck	60.8	6.3	10.1	20	121
黄原胶	62.3	11.0	18.4	4	216
瓜尔豆胶	59.7	8.2	12.9	8	161
海藻酸钠	62.2	6.7	9.1	22	113
CMC	63.7	6.7	8.5	16	121
聚丙烯酸钠	64.1	10.7	12.7	1	191

表7 淀粉对面团粉质特性的影响

Table 7 The effect of starch on the properties of surface silty

种类	吸水率/%	面团形成时间/min	面团稳定时间/min	弱化程度/BU	粉质指数
ck	60.8	6.3	10.1	20	121
玉米淀粉	59.4	5.7	7.3	41	86
木薯淀粉	59.2	6.2	8.2	35	90
马铃薯淀粉	58.2	6.2	8.5	32	99
玉米变性淀粉	59.6	5.3	7.8	38	91
木薯变性淀粉	59.2	5.7	7.9	37	88
马铃薯变性淀粉	58.9	6.0	8.0	34	95

2.3 面片质构的分析

2.3.1 磷酸盐对面片质构的影响

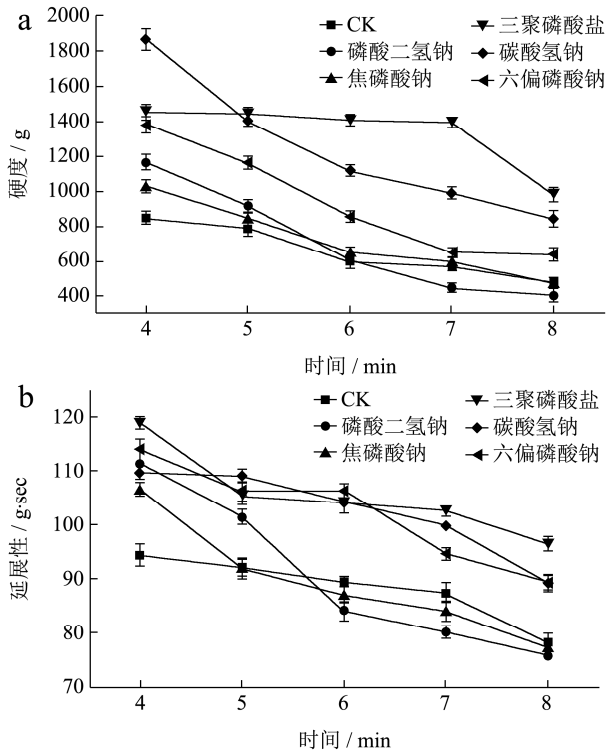


图1 磷酸盐对面片剪切特性的影响

Fig.1 Influence of shear characteristics on instant noodles of phosphate

注: (a) 磷酸盐对面片硬度的影响; (b) 磷酸盐对面片延展性的影响。

质构是评判面制品能否被消费者接受的重要指标^[40], 能定量地观察到混合粉或添加剂对面片物化特性的影响^[41]。由图 1a 可知, 随着复水时间的延长, 面片硬度逐渐降低。各试验组面片复水后的硬度始终高于对照组, 可能是磷酸盐的添加强化了面筋结构, 增加了面团强度和面片的弹性, 另外碱能加速淀粉形成凝胶, 使复水后的面片更坚实^[42,1]。这一试验结果与 Rombouts 等^[2]在盐和碱对鲜麦粉面筋聚合及品质的研究中结果相一致。加入三聚磷酸盐和碳酸氢钠的硬度始终高于对照组、磷酸二氢钠、焦磷酸钠和六偏磷酸钠试验组, 图 1a 中, 三聚磷酸盐试验组复水在 4~7 min 的面片硬度下降平缓, 8 min 开始面片硬度下降较快, 面片硬度为 980.51 g, 表明复水过程中加入三聚磷酸盐的面片耐泡性更好。

延展性是面食品质量分析的重要指标之一。由图 1b 可知, 磷酸盐的添加能够增大面片的延展性, 可能是由于盐对蛋白质的网络结构由很好的促进作用^[43]。复水 4 min 时, 三聚磷酸盐试验组面片延展性最大为 118.82 g·sec, 对照组最小为 94.38 g·sec。随着复水时

间的增加, 各试验组面片延展性也随之下降。各试验组中, 三聚磷酸盐、碳酸氢钠和六偏磷酸钠的延展性最好, 磷酸二氢钠和焦磷酸钠的可塑性较差。

2.3.2 食用胶对面片质构的影响

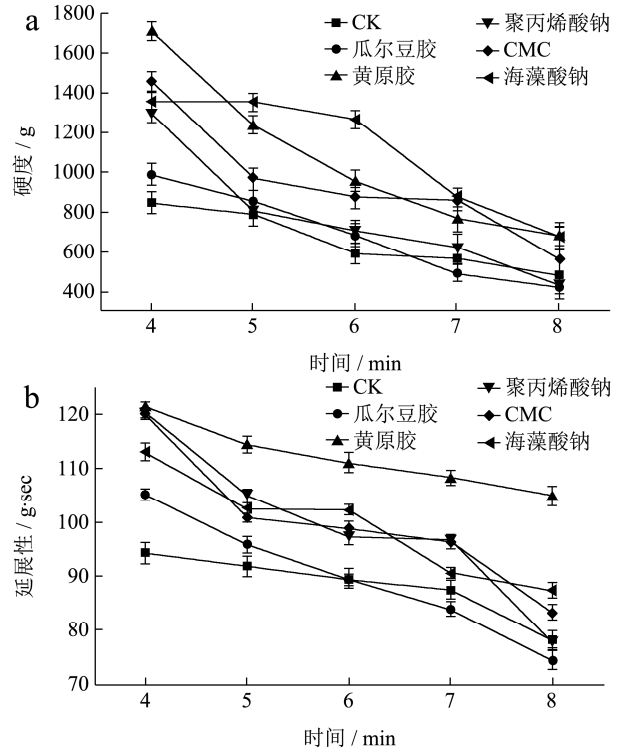


图2 食用胶对面片剪切特性的影响

Fig.2 Influence of shear characteristics on instant noodles of edible glue

注: (a) 食用胶对面片硬度的影响; (b) 食用胶对面片延展性的影响。

食用胶体具有改善面筋强度、弹性和口感平滑的作用, 通过主链之间的氢键等非共价键作用形成连续的三维凝胶网络结构和面筋网络结构, 从而改善面团的加工品质和流变学特性^[44,45], 使面片筋力、弹性和韧性增强^[46], 提高面片的抗拉性, 使面片不易断条、不易糊汤等^[47]。由图 2a 可知, 与对照组相比, 添加食用胶的面片复水后的硬度均呈上升趋势。复水 4 min 后, 添加黄原胶的面片硬度最大为 1709.18 g, 随着复水时间的增加黄原胶组面片硬度逐渐降低, 在 4 min 30 s 开始硬度逐渐低于海藻酸钠组, 复水 6 min 后硬度逐渐低于 CMC 组, 海藻酸钠组随着复水时间的增加面片硬度稳定性较好。复水 5 min 时, 聚丙烯酸钠 (811.41 g) 和黄原胶 (849.28 g) 组的面片硬度与对照组 (789.81 g) 差异不显著。

根据图 2b, 黄原胶在面片复水过程中延展性表现最好, 瓜尔豆胶的延展性表现最差, 复水 4 min 时为 121.28 g·sec, 瓜尔豆胶组为 105.224 g·sec。随着复水时间的延长, 黄原胶组延展性下降较慢, 复水 8 min

时为 104.929 g·sec, 瓜尔豆胶组为 74.761 g·sec。瓜尔豆胶在 5 min 后与对照组趋于一致, 聚丙烯酸钠、CMC 和海藻酸钠试验组在复水 5~8 min 的延展性影响差异较小。

2.3.3 淀粉对面片质构的影响

添加适量的淀粉可以延长货架期, 改善面条质地, 增加面条亮度和增加加工稳定性^[48]。由图 3a 可知, 添加马铃薯变性淀粉组的面片随着复水时间的增加, 硬度始终高于其他组。玉米淀粉、马铃薯淀粉、木薯变性淀粉组与对照组之间影响不大。由图 3b 可知, 淀粉的添加增加了面片复水 4 min 时的延展性, 随着复水时间的增加延展性下降, 在复水 5 min 后玉米淀粉和马铃薯淀粉组的延展性低于对照组。通过对面皮复水后硬度和延展性的对比, 添加马铃薯变性淀粉的面片延展性和硬度在复水过程中下降缓慢, 面片复水后品质保持较好, 添加玉米变性淀粉面片在复水 4 min 后面片硬度低于对照组, 复水 5 min 后面片延展性低于对照组。

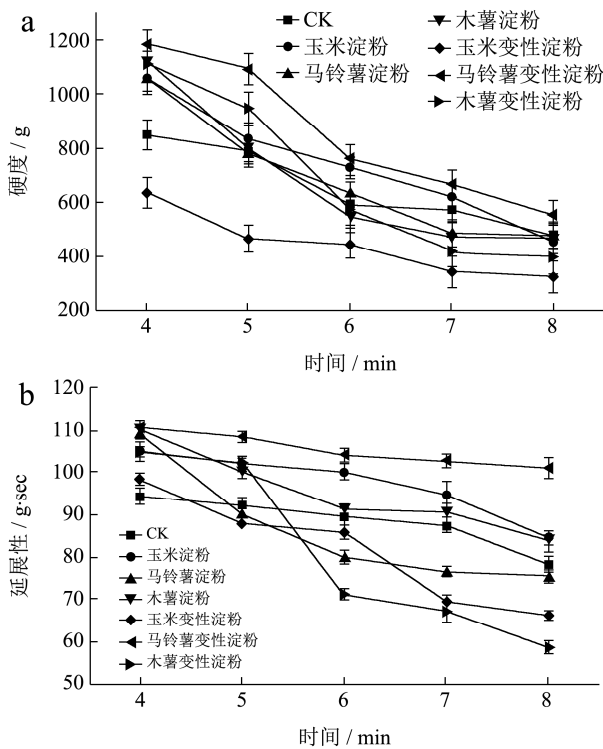


图 3 淀粉对面片剪切特性的影响

Fig.3 Influence of the shearing characteristics on instant noodles of starch

注: (a) 淀粉对面片硬度的影响; (b) 淀粉对面片延展性的影响。

2.4 改良剂对面片复水性的影响

通过添加改良剂发现, 除碳酸氢钠其他试验组均能显著提高面片的复水率及感官评分 ($p < 0.05$)。图

4a 可知, 磷酸盐能增加面片的复水性, 是由于磷酸盐能增加细胞壁内外渗透压, 使水分能够更好地进入颗粒内部, 增加了淀粉吸水能力^[49], 其中添加三聚磷酸盐和六偏磷酸钠复水率最高, 分别为 116.35%、118.37%, 并与其他试验组呈差异显著 ($p < 0.05$), 添加三聚磷酸盐面片感官评分最高为 80.5 分, 由于添加碳酸氢钠的面片起泡严重, 极大的影响力面片的品质, 故感官评分最低为 52.7 分。图 4b 可知, 添加黄原胶对面片复水率影响最高为 116.71%, CMC 和黄原胶对面片感官评分最高并无差异显著 ($p < 0.05$)。图 4c 可知, 马铃薯变性淀粉对面片复水率影响最大, 并对面片感官评价最佳。

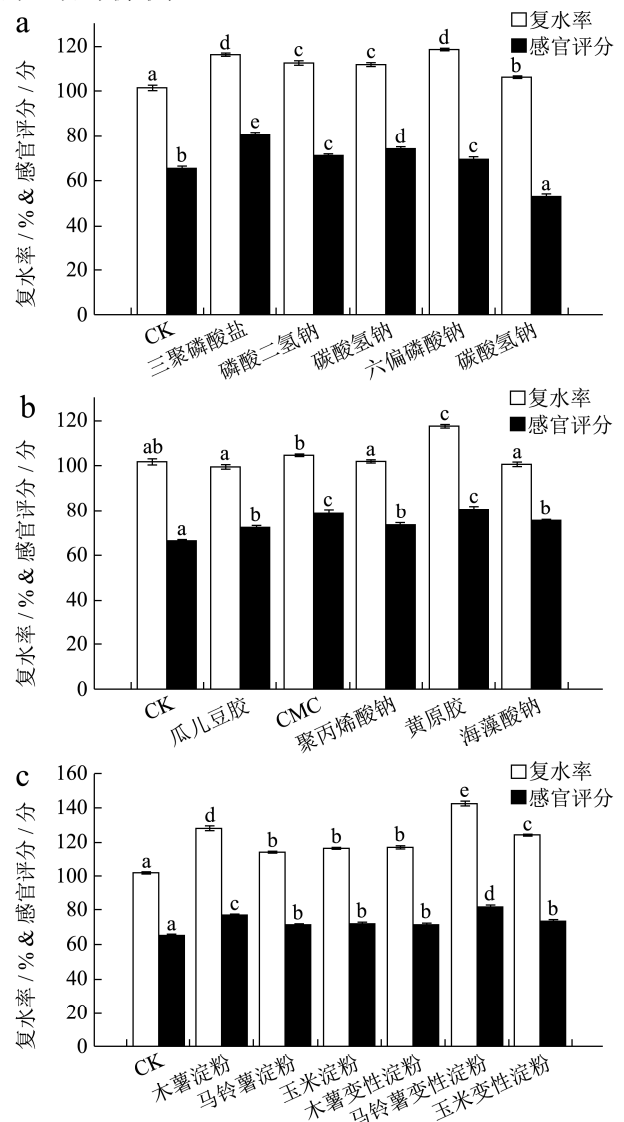


图 4 改良剂对面片复水率的影响及感官评价

Fig.4 Influence of the rehydration rate on the instant noodles of the modifier and sensory evaluation

注: (a) 磷酸盐对面片复水率及感官评分的影响; (b) 食用胶对面片复水率及感官评分的影响; (c) 淀粉对面片复水率及感官评分的影响。

3 结论

3.1 本试验通过对比三类不同磷酸盐、食用胶和淀粉对面团特性和面片品质影响, 研究表明: 磷酸盐增加了小麦粉的峰值粘度, 最低粘度, 最终粘度, 六偏磷酸钠、三聚磷酸盐、焦磷酸钠对小麦粉糊化程度相似; 聚丙烯酸钠降低了小麦粉的糊化程度, 提高了淀粉凝胶稳定性和抗老化能力, 其他胶类对小麦粉回生值和衰减影响不显著 ($p>0.05$); 淀粉能促进淀粉糊化, 增加淀粉糊的稳定性, 降低回生值; 马铃薯变性淀粉和木薯变性淀粉的回生值最小, 能显著提升淀粉抗老化能力, 对小麦粉的糊化能力改善效果最好。

3.2 磷酸盐、食用胶的添加对面团粉质特性有显著提高, 淀粉降低了面团的粉质特性。碳酸氢钠对面团吸水率、面团形成时间、面团稳定时间和粉质指数的提升最大, 但对面团弱化度降低最小; 六偏磷酸钠、三聚磷酸盐、焦磷酸钠对面团的筋力和对加工性相当, 磷酸二氢钠对面团粉质特性改善一般; 黄原胶对面团改良较好, 其次是聚丙烯酸钠、瓜尔豆胶, CMC 和海藻酸钠对面团粉质改良一般。

3.3 对比复水后面片品质, 三种改良剂均能改善面片的剪切力, 除碳酸氢钠其他试验组能有效改善面片复水性和感官。三聚磷酸盐、黄原胶和马铃薯变性淀粉在试验组对面片的硬度和延展性更好, 对面片复水率影响最大, 面片感官评价最佳, 品质和适口性更佳。通过对比面团特性和面片品质综合分析得出: 添加三聚磷酸盐、黄原胶和马铃薯变性淀粉能够较好的改善面团的特性和面片的品质, 并能制作出适合加工方便汤饭的面片。

参考文献

- [1] 周会喜.改良剂对面粉品质及面制食品加工影响研究[D].合肥:合肥工业大学,2010
ZHOU Huixi. Study on influence of improver on flour quality and flour food processing [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2010
- [2] Rombouts I, Jansens K J A, Lagrain B, et al. The impact of salt and alkali on gluten polymerization and quality of fresh wheat noodles [J]. Journal of Cereal Science, 2014, 60(3): 507-513
- [3] Yada Sangpring, Mika Fukuoka, Savitree Ratanasumawong. The effect of sodium chloride on microstructure, water migration, and texture of rice noodle [J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 64(2): 1107-1113
- [4] 刘瑞莉.磷酸盐对面条品质的影响[D].郑州:河南工业大学,

- 2019
LIU Ruili. Effect of phosphate on quality of noodles [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2019
- [5] 邢正军.复合改良剂对面条品质影响的研究[D].合肥:安徽农业大学,2010
XING Zhengjun. Study on the effect of compound improver on noodle quality [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2010
- [6] 张海华,朱跃进,张士康,等.茶多酚对高筋粉面团流变特性的影响[J].食品科学,2016,13:42-46
ZHANG Haihua, ZHU Yuejin, ZHANG Shikang, et al. Effect of tea polyphenols on the rheological properties of high gluten flour dough [J]. Food Science, 2016, 13: 42-46
- [7] 查春月.氧化淀粉对小麦面团特性及面包品质的影响研究[D].南宁:广西大学,2012
ZHA Chunyue, Effect of oxidized starch on wheat dough properties and bread quality [D]. Nanning: Guangxi University, 2012
- [8] 卢丹妮.不同淀粉对面团特性及馒头品质的影响研究[D].无锡:江南大学,2018
LU Danni. Study on the effect of different starch on the characteristics of dough and the quality of steamed bread [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018
- [9] 寇兴凯,杜方岭,徐同成,等.不同增稠剂对低蛋白高粱面条品质的影响[J].食品科技,2015,40(10):154
KOU Xingkai, DU Fangling, XU Tongcheng, et al. Effects of different thickeners on quality of low protein sorghum noodles [J]. Food Science and Technology, 2015, 40(10): 154
- [10] 翟玮玮.增稠剂对面粉品质改良机理的研究[J].食品工业科技,2009,30(1):136-138
ZHAI Weiwei. Study on the improvement mechanism of flour quality by thickening agent [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(1): 136-138
- [11] 王显伦,任顺成,潘思轶,等.木聚糖酶对面团流变性和热力学特性的影响[J].食品科学,2015,36(7):26-29
WANG Xianlun, REN Shuncheng, PAN Siyi, et al. Effects of xylanase on rheological and thermodynamic properties of dough [J]. Food Science, 2015, 36(7): 26-29
- [12] Johansson E, Svensson G, Tsegaye S. Genotype and environment effects on bread-making quality of Swedish-grown wheat cultivars containing high-molecular-weight glutenin subunits 2+12 or 5+10 [J]. Acta Agriculturae Scandinavica, 1999, 49(4): 225-233
- [13] 杨铭铎,张玲,韩春然,等.乳清粉对冷冻面团的流变学特性及发酵能力的影响[J].现代农业科技, 2009,23:349-350

- YANG Mingduo, ZHANG Ling, HAN Chunran, et al. Effect of whey powder on rheological properties and fermentation capacity of frozen dough [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2009, 23: 349-350
- [14] 邢亚楠,张影全,刘锐,等.无机盐对小麦粉面团流变学特性的影响[J].*中国食品学报*,2016,16(9):77-86
- XING Yanan, ZHANG Yingquan, LIU Rui, et al. Effect of inorganic salts on the rheological properties of wheat flour dough [J]. *Chinese Journal of Food Science and Technology*, 2016, 16(9): 77-86
- [15] 陈洁,钱晶晶,王春.胶体在冷冻面条中的应用研究[J].*中国食品添加剂*,2011,2:178-180
- CHEN Jie, QIAN Jingjing, WANG Chun. Study on the application of colloid in frozen noodles [J]. *China Food Additives*, 2011, 2: 178-180
- [16] 马畅,王小凤,梁春艳,等.不同淀粉对小麦面团流变学特性及馒头品质的影响[J].*农业科技与装备*,2021,1:45-48
- MA Chang, WANG Xiaofeng, LIANG Chunyan, et al. Effects of different starch on rheological properties of wheat dough and quality of steamed bread [J]. *Agricultural Science and Technology and Equipment*, 2021, 1: 45-48
- [17] 王立,曹新蕾,钱海峰,等.方便面研究现状及发展趋势[J].*食品与发酵工业*,2016,42(1):252-259
- WANG Li, CAO Xinlei, QIAN Haifeng, et al. Research status and development trend of instant noodles [J]. *Food and Fermentation Industry*, 2016, 42(1): 252-259
- [18] 杨文建,俞杰,孙勇,等.添加金针菇粉、茶树菇粉对面团流变学特性的影响[J].*食品科学*,2014,35(23):43-47
- YANG Wenjian, YU Jie, SUN Yong, et al. Effects of *Flammulina velutipes* powder and tea tree *velutipes* powder on rheological properties of dough [J]. *Food Science*, 2014, 35(23): 43-47
- [19] 陈舒唱.高筋粉添加量对复配粉的糊化特性及面团流变学特性的影响[J].*现代面粉工业*,2019,4:55-56
- CHEN Shuchang. Effect of the amount of high gluten powder on the gelatinization properties of the mixed powder and the rheological properties of the dough [J]. *Modern Flour Industry*, 2019, 4: 55-56
- [20] Ragaee S, Abdel-Aal E S M. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products [J]. *Food Chemistry*, 2006, 95(1): 9-18
- [21] Christianson D D, Hodge J E, Osborne D, et al. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum [J]. *Cereal Chemistry*, 1981, 58(6): 513-517
- [22] Shi X, Bemiller J N. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2002, 50(1): 7-18
- [23] León Alberto E, Ribotta P D, Ausar S F, et al. Interactions of different carrageenan isoforms and flour components in breadmaking [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2000, 48(7): 2634
- [24] 张勇,刘传富,孙欣,等.海藻酸钠对面团特性及面包品质的影响[J].*粮油食品科技*,2018,26(1):49-52
- ZHANG Yong, LIU Chuanfu, SUN Xin, et al. Effects of sodium alginate on dough characteristics and bread quality [J]. *Cereals, Oils and Food Science and Technology*, 2018, 26(1): 49-52
- [25] Zhi-li Pan, Zhi-lu Ai, Tao Wang, et al. Effect of hydrocolloids on the energy consumption and quality of frozen noodles [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(5): 2414-2421
- [26] 雷宏,王晓曦,曲艺,等.小麦粉中的淀粉对其糊化特性的影响[J].*粮食与饲料工业*,2010,10:8-11
- LEI Hong, WANG Xiaoxi, QU Yi, et al. Effects of starch in wheat flour on its gelatinization characteristics [J]. *Grain and Feed Industry*, 2010, 10: 8-11
- [27] 张燕萍.变性淀粉制造与运用[M].北京:化学工业出版社,2007
- ZHANG Yanping. Preparation and Application of Modified Starch [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007
- [28] 马娟,吴艳,郭锐,等.乳清粉对高筋粉热力学和糊化特性及面团流变学特性的影响[J].*现代食品科技*,2016,32(10):96-101
- MA Juan, WU Yan, GUO Rui, et al. Effect of whey powder on thermodynamic and gelatinization properties of high-gluten powder and rheological properties of dough [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(10): 96-101
- [29] 张园园,卢宇,阿荣,等.藜麦粉对小麦面团流变学特性的影响[J].*食品科技*,2016,41(6):159-163
- ZHANG Yuanyuan, LU Yu, A Rong, et al. Effect of quinoa flour on rheological properties of wheat dough [J]. *Food Technology*, 2016, 41(6): 159-163
- [30] 郑志,周会喜,钟昔阳,等.复合改良剂对面团流变学特性影响[J].*食品科学*,2010,31(11):55-59
- ZHENG Zhi, ZHOU Huixi, ZHONG Xiyang, et al. Effect of compound improver on rheological properties of dough [J]. *Food Science*, 2010, 31(11): 55-59
- [31] 荆鹏,郑学玲,刘翀,等.面条制作中面絮特性与面团流变学特性的关系研究[J].*现代食品科技*,2014,30(9):73-78,191

- JING Peng, ZHENG Xue-ling, LIU Chong, et al. Research on the relationship between the characteristics of dough and rheological properties of dough in noodle making [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(9): 73-78, 191
- [32] 刘彦,黄卫宁,贾春利,等.阿拉伯胶和羧甲基纤维素钠对荞麦面团发酵流变学及烘焙特性的影响[J].*食品科学*,2013,34(17):5-9
- LIU Yan, HUANG Weining, JIA Chunli, et al. Effect of acacia gum and sodium carboxymethyl cellulose on fermentation rheology and baking characteristics of buckwheat dough [J]. *Food Science*, 2013,34(17): 5-9
- [33] 刘传富,郭玉秋,代养勇,等.木薯醋酸酯淀粉对面团及挂面力学特性的影响[J].*现代食品科技*,2016,32(6):233-238
- LIU Chuanfu, GUO Yuqiu, DAI Yangyong, et al. Effects of cassava acetate starch on mechanical properties of dough and noodles [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(6): 233-238
- [34] 陈芳芳,于文滔,刘少伟,等.紫薯粉对面团粉质特性和质构特性的影响[J].*食品工业*,2014,35(5):170-174
- CHEN Fangfang, YU Wentao, LIU Shaowei, et al. Effect of purple sweet potato powder on flour properties and texture properties [J]. *Food Industry*, 2014, 35(5): 170-174
- [35] 杜文娟,吕静,申瑞玲,等.小米粉对面团流变学特性的影响[J].*粮食与油脂*,2016,29(4):33-36
- DU Wenjuan, LYU Jing, SHEN Ruiling, et al. Effect of millet flour on rheological properties of dough [J]. *Grain and Oils*, 2016, 29(4): 33-36
- [36] 洪文龙,曹淼,耿婉.不同淀粉对面团流变学特性的影响[J].*农产品加工(上)*,2016,8:1-4
- HONG Wenlong, CAO Miao, GENG Wan. Effect of different starch on rheological properties of dough [J]. *Agricultural Product Processing (I)*, 2016, 8: 1-4
- [37] Md Zaidul Islam Sarker, Hiroaki Yamauchi, Sun-Ju Kim, et al. A Farinograph Study on Dough Characteristics of Mixtures of Wheat Flour and Potato Starches from Different Cultivars [J]. *Food Science & Technology International Tokyo*, 2008, 14(2): 211-216
- [38] 马畅,王小凤,梁春艳,等.不同淀粉对小麦面团流变学特性及馒头品质的影响[J].*农业科技与装备*,2021,1:45-48
- MA Chang, WANG Xiaofeng, LIANG Chunyan, et al. Effects of different starch on rheological properties of wheat dough and quality of steamed bread [J]. *Agricultural Science and Technology and Equipment*, 2021, 1: 45-48
- [39] 陈金凤,汪月,马云翔,等.马铃薯淀粉对面团流变学特性及酥性饼干品质的影响[J].*食品与发酵工业*,2020,46(5):121-127
- CHEN Jinfeng, WANG Yue, MA Yunxiang, et al. Effects of potato starch on rheological properties of dough and crisp biscuit quality [J]. *Food and Fermentation Industry*, 2020, 46(5): 121-127
- [40] Klinmalai P, Hagiwara T, Sakiyama T, et al. Chitosan effects on physical properties, texture, and microstructure of flat rice noodles [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2017, 76: 117-123
- [41] 张根生,孙静,岳晓霞,等.马铃薯淀粉的物化性质研究[J].*食品与机械*,2010,26(5):22-25
- ZHANG Gensheng, SUN Jing, YUE Xiaoxia, et al. Study on the physical and chemical properties of potato starch [J]. *Food and Machinery*, 2010, 26(5): 22-25
- [42] 王冠岳,陈洁,王春,等.氯化钠对面条品质影响的研究[J].*中国粮油学报*,2008,6:184-187
- WANG Guanyue, CHEN Jie, WANG Chun, et al. Study on the effect of sodium chloride on noodle quality [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2008, 6: 184-187
- [43] Chen H, Wang Y, Leng Y, et al. Effect of NaCl and sugar on physicochemical properties of flaxseed polysaccharide-potato starch complexes [J]. *Science Asia*, 2014, 40: 60-68
- [44] 张康逸,康志敏,杨妍,等.冷藏发酵工艺对面团及油条品质的影响[J].*现代食品科技*,2018,34(3):149-158
- ZHANG Kangyi, KANG Zhimin, YANG Yan, et al. Effect of refrigerated fermentation process on quality of dough and deep-fried dough sticks [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2018, 34(3): 149-158
- [45] 陈海峰,杨其林,姚科,等.黄原胶对面条品质的影响探讨[J].*粮食与饲料工业*,2008,2:30-32,34
- CHEN Haifeng, YANG Qilin, YAO Ke, et al. Effects of xanthan gum on the quality of noodles [J]. *Grain and Feed Industry*, 2008, 2: 30-32, 34
- [46] Ji H, Zhang H, Li H, et al. Chemical elemental compositions and nutrition quality of yacon, sweet potato and potato [J]. *Journal of Modern Agriculture*, 2013, 2(2): 161-167
- [47] Lynch E J, Bello F D, Sheehan E M, et al. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics [J]. *Food Research International*, 2009, 42(7): 885-891

(下转第 221 页)