

不同改良剂及醒发时间对马铃薯全粉面条品质特性的影响研究

王丽, 李淑荣, 句荣辉, 王辉, 刘小飞, 贾红亮, 潘妍, 汪长钢
(北京农业职业学院食品与生物工程系, 北京 102442)

摘要: 采用不同改良剂和合适的醒发时间对马铃薯全粉面条品质进行改良, 研究谷朊粉、海藻酸钠、食盐及不同醒发时间对面条感官品质、质构特性和蒸煮特性的影响。结果表明: 加入改良剂并选取合适的醒发时间可以显著改善面条的品质, 适量添加谷朊粉、氯化钠和海藻酸钠, 合适的醒发时间可以提高面条的感官品质、硬度、弹性, 并降低面条的蒸煮损失率。四种处理对面条感官品质影响顺序为醒发时间>海藻酸钠>谷朊粉>食盐, 对硬度的影响顺序为海藻酸钠>醒发时间>食盐>谷朊粉, 对蒸煮损失率的影响顺序为醒发时间>食盐>谷朊粉>海藻酸钠。当醒发时间为 15~60 min 时, 显著改善面条的感官品质、硬度、粘性及蒸煮损失率; 当谷朊粉添加量为 1%~3%时, 显著改善面条的感官品质、硬度、内聚力、弹性和蒸煮损失率。由此可见, 通过适度醒发和添加改良剂, 可以显著改善马铃薯全粉面条的品质特性。

关键词: 改良剂; 醒发时间; 马铃薯全粉面条; 感官品质; 质构特性; 蒸煮品质

文章编号: 1673-9078(2018)05-182-188

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.05.026

Effect of Different Modifier and Fermentation Time on the Quality Characteristics of Potato Powder Noodle

WANG Li, LI Shu-rong, JU Rong-hui, WANG Hui, LIU Xiao-fei, JIA Hong-liang, PAN Yan, WANG Chang-gang
(Department of Food and Biological Engineering Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442, China)

Abstract: Different modifiers and appropriate fermentation time were used to improve the quality of potato powder noodles. The effects of gluten, sodium alginate, table salt and fermentation time on the organoleptic quality, texture characteristics and cooking characteristics of noodles were investigated. Experiment results showed that modifiers and appropriate fermentation time could significantly improve the quality of noodles. Suitable adding amount of gluten, sodium chloride and sodium alginate as well as proper fermentation time could increase the sensory quality, hardness and elasticity of noodles, and decrease the cooking lose rate of noodles. The sensory quality was affected by the four methods in the order of fermentation time > sodium alginate > gluten > table salt, the hardness followed the order of sodium alginate > fermentation time > table salt > gluten, the cooking lose rate followed the order of fermentation time > table salt > gluten > sodium alginate. When the fermentation time was 15 to 60 min, the sensory quality, hardness, adhesiveness and cooking lose rate of the noodles were significantly improved. When the gluten powder was added in an amount of 1% to 3%, the sensory quality, hardness, cohesiveness, elasticity and cooking lose rate was improved. As a result, the sensory quality, texture properties, and cooking quality of potato powder noodle was improved by suitable fermentation time and modifier.

Key words: modifier; fermentation time; potato powder noodle; sensory quality; texture properties; cooking quality

面条是亚洲国家的主要食品, 面条由于其方便性而逐渐被更多的消费者所喜爱, 并逐渐扩展到西方国家^[1-3]。目前, 面条加工主要以小麦粉为原料^[4], 全球

收稿日期: 2017-09-06

基金项目: 北京市教委科技一般项目(KM201612448005); 北京农业职业学院博士基金项目(XY-BS-16-04)

作者简介: 王丽(1982-), 女, 博士, 研究方向: 农产品质量与食品安全
通讯作者: 李淑荣(1968-), 女, 教授, 硕士生导师, 主要从事粮油、果蔬产品加工与质量检测研究

面条制品占小麦产品的 12%^[5], 亚洲达到 50%^[6]。近年来随着社会的发展和人们生活水平的提高, 人们对面条种类和品质的要求也越来越高, 现有的方便面和干挂面已满足不了人们的需求。因此, 具有不同口感、营养需求的大米面条^[7]、玉米面条^[8]和扁豆面条^[9]等无谷蛋白的面条产品逐渐增多。马铃薯富含蛋白质、膳食纤维、维生素及矿物质等人体所需的营养素, 但是马铃薯中缺少面筋蛋白^[10], 使得马铃薯面条在加工过程中存在成型难、易断条和易浑汤等问题。为了加速

马铃薯主粮化加工的进程,提高马铃薯主粮化产品的质量,研究不同处理对马铃薯面条品质特性的改善效果显得尤为重要。

面条品质特性改善方法包括改善原料制备工艺、改善面条加工工艺和添加品质改良剂等。其中品质改良剂具有效果显著、成本低等特点而广泛应用于面条品质改善中。Ji^[11]、Marco^[12]和 Korus 等^[13]研究了发酵工艺和热处理等改善大米面条的品质;Kim^[14]和 Lee 等^[15]研究了转谷氨酰胺酶和蛋白质-多酚相互作用来改善无谷蛋白大米的品质;赵煜^[16]、马栎^[17]、Wu^[18]、Rombouts^[19]和 Sangpring^[7]等分别研究了谷朊粉、黄原胶、食盐等对面条感官品质、蒸煮品质、质构特性具有显著的改善作用。为了改善马铃薯面条的食用品质,保证面条的安全质量,本文通过添加不同改良剂(谷朊粉、海藻酸钠和食盐)及不同醒发时间来评价马铃薯全粉面条感官品质、质构特性及蒸煮特性等品质特性的变化情况。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料与设备

1.1.1 材料

马铃薯,北京市华冠超市;小麦粉:金沙河面粉;谷朊粉、海藻酸钠、食盐均为食品级。

1.1.2 仪器设备

UV-2550 紫外分光光度计,岛津公司;CT3 质构仪,美国博勒飞;DK-S28 水浴锅,上海精宏实验设备有限公司;DHG-9053 烘箱,上海一恒科学仪器有限公司;PHS-3E pH 酸度计,上海仪电科学仪器股份有限公司;FW177 粉碎机,天津市泰斯仪器有限公司;FA2204B 电子天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;JJ2 组织捣碎机,金坛市城东新瑞仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 马铃薯面条的制备

马铃薯清洗→去皮→切片(3~5 mm)→熟化(55℃, 20 min)→干燥(40℃, 12 h)→磨粉→备用(马铃薯全粉)
称量(马铃薯全粉:小麦粉=2:1)→和面→醒发→压面→煮面

在马铃薯面条制备过程中,通过添加谷朊粉、海藻酸钠、食盐等改良剂及不同醒发时间来改善面条品质,具体方法如表 1 所示:

表 1 不同处理及梯度设计

Table 1 The design of different treatments and grads

梯度	处理 1 (添加谷朊粉) /%	处理 2 (添加海藻酸钠) /%	处理 3 (添加食盐) /%	处理 4 (醒发时间) /min
1	0	0	0	0
2	1	0.1	1	15
3	2	0.2	2	30
4	3	0.3	3	60
5	4	0.4	4	90
6	5	0.5	5	120

表 2 马铃薯全粉面条的评分标准

Table 2 The grading criteria of potato power noodles

项目	满分	评分标准
色泽	10	面条的颜色和亮度:光亮为 8.5~10 分;亮度一般为 6~8.4;色发暗,亮度差为 1~6 分
外观状态	10	面条表面光滑和膨胀程度:表面结构细密,光滑为 8.5~10 分;中间为 6.0~8.4 分;表面粗糙,膨胀,变形严重为 1~6 分
适口性	20	用牙咬断一根面条所需力的大小:力适中为 17~20 分;稍硬或软 12~17 分;太硬或太软 1~12 分
韧性	25	面条在咀嚼时,咬劲和弹性的大小:有咬劲,富有弹性为 21~25 分;一般为 15~21 分;咬劲差,弹性不足为 1~15 分
粘性	25	指在咀嚼过程中面条的粘牙程度:咀嚼时爽口不粘牙为 21~25 分;较爽口稍粘牙为 15~21 分;不爽口发粘为 10~15
光滑性	5	指在品尝时口感的光滑程度:光滑为 4.3~5 分;中间为 3~4.3 分;光滑程度差为 1~3 分
食味	5	指在品尝时的味道;具有清香味 4.3~5 分;基本无异味 3~4.3 分;有异味 1~3 分
总分	100	

1.2.2 面条感官评价方法

10 名感官评价员对不同制备条件下马铃薯全粉面条进行感官评价,以小麦粉面条为参照对比,针对面条的色泽、表现状态、适口性、韧性、粘性、光滑性和食味值进行评价,面条的评价标准^[20]如表 2 所示。

1.2.3 面条蒸煮品质的测定

1.2.3.1 面条蒸煮损失率的测定

取 10 g 生面条放入盛有 250 mL 沸水的小锅中蒸煮,保持水处于 98~100 °C 微沸状态下煮制,从 1 min 开始,每隔 30 s 取出一根面条,用透明玻璃片压开观察面条中间白芯的有无,白芯刚消失时即可,捞出面条,用蒸馏水冲淋面条 10 s,将面条凉 4 min 后对其进行烘干至恒重,然后称重,同时对 10 g 生面条也烘干至恒重,重复试验 2 次(参考《挂面类标准》^[21]对鲜切面及干面的蒸煮损失进行测定,方法略有改动)。

$$\text{蒸煮损失率} / \% = \frac{\text{生面条干重} - \text{熟面条干重}}{\text{生面条干重}} \times 100$$

1.2.3.2 膨胀率的测定

取 10 g 生面条放入盛有 250 mL 沸水中煮至最佳时间,捞出面条,控水 10 min 后,称其质量。

$$\text{膨胀率} / \% = \frac{\text{湿面条质量} - \text{控水后面条质量}}{\text{湿面条质量}} \times 100$$

1.2.4 面条质构特性的测定

取 20 根面条,置于 500 mL 沸水中蒸煮 5 min,用漏勺捞出放入冷水中浸泡 1 min,将面条捞出置于双层湿纱布之间静置 5 min 后待测定。

选用 Code HDP/PFS 探头,测试参数设定为:测试模式: Measure Force in Compression; 测前速度: 2.0 mm/s; 测中速度: 0.8 mm/s; 测后速度: 0.8 mm/s; 压缩程度: 70%; 负载类型: Auto-5 g; 两次压缩之间的时间间隔: 1 s。

以硬度、内聚力、弹性和粘性作为 TPA 实验分析参数,每个试样作 6 次平行实验,去掉最大、最小值后,求平均值。

1.3 数据处理

试验数据重复三次,采用 Origin 8.0 绘制趋势图,图中显著性为 $p < 0.05$ 水平。

2 结果与分析

2.1 不同处理对面条感官品质的影响

按照表 2 中面条的感官评价标准,对不同处理后面条的色泽、表现状态、适口性、韧性、粘性、光滑性和食味等指标进行了综合评定,结果如图 1 所示:

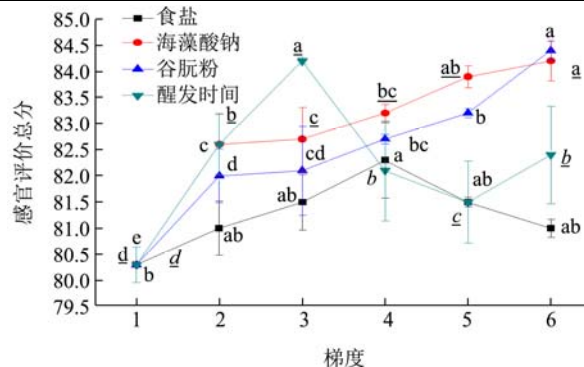


图 1 不同处理对面条感官特性影响

Fig.1 Effects of different treatments on the sensory quality of noodles

图 1 显示,4 种处理方法对面条感官品质特性都有不同程度的改善,对面条感官特性影响顺序依次为醒发时间>海藻酸钠>谷朊粉>食盐。其中,随着醒发时间和食盐的增加面条感官品质呈现先增加后降低的趋势,当醒发时间为 30 min 时,面条的感官总分达到了最大值为 84.2 分;当食盐添加量为 3% 时面条感官总分值达到了最大值为 82.3 分;随着海藻酸钠和谷朊粉添加量的增加,面条的感官品质特性逐渐增加。

2.2 不同处理对面条质构特性的影响

质构特性是蒸煮面条能否被消费者接受的主要评价指标^[22]。质构剖面分析法模拟人类牙齿咀嚼食物,对面条进行二次压缩的机械过程,该过程能够测定探头对试样的压力以及其他相关质地参数。本次试验中分析马铃薯面条的硬度、内聚力、弹性以及粘性四个指标,从质构特性方面分析面条的口感。

2.2.1 硬度

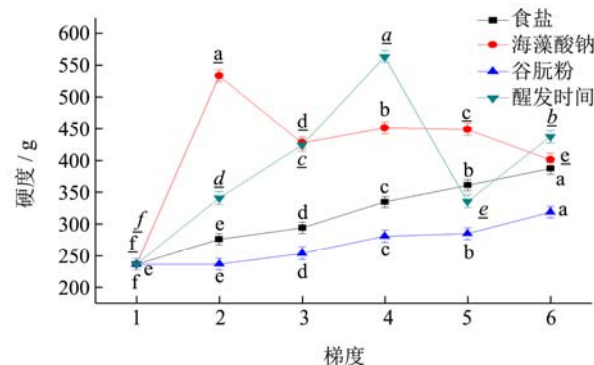


图 2 不同处理对面条硬度影响

Fig.2 Effects of different treatments on the hardness of noodles

图 2 所示,不同处理对面条的硬度均有不同程度的改善作用,对硬度影响顺序依次为海藻酸钠>醒发时间>食盐>谷朊粉。其中,随着海藻酸钠和醒发时间的增加,面条硬度先增加后降低并逐渐达到稳定趋势,当海藻酸钠添加量为 0.1% 时,面条的硬度达到最大

值,为 533.56 g,是未添加海藻酸钠时的两倍;当醒发时间为 60 min 时,面条的硬度达到最大值,此后随着醒发时间的增加,面条的硬度不断波动,但没有达到 60 min 的硬度值。随着食盐和谷朊粉添加量的增加,面条硬度逐渐增加,但增加趋势不显著,综合以上 4 种处理,海藻酸钠对面条硬度的影响最为显著。该研究与 Rombouts^[19]研究的随着食盐浓度的增加,面条硬度逐渐增加的结果相一致。

2.2.2 内聚力

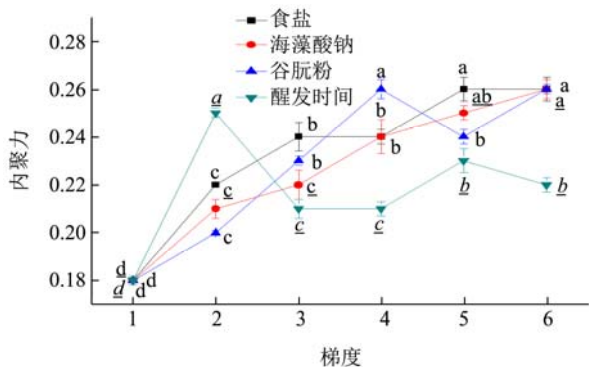


图 3 不同处理对面条内聚力的影响

Fig.3 Effects of different treatments on the cohesiveness of noodles

图 3 显示,随着谷朊粉、海藻酸钠、食盐三种改良剂添加量的增加,面条的内聚力逐渐增加。随着醒发时间的增加,面条的内聚力呈现先增加后降低并趋于平稳的趋势,说明改良剂的添加对于马铃薯面条的劲道起着积极作用。

2.2.3 弹性

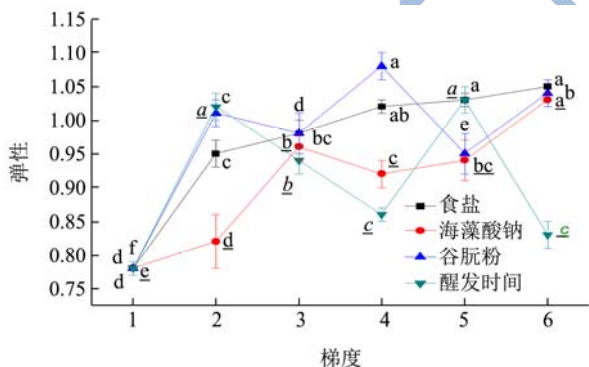


图 4 不同处理对面条弹性的影响

Fig.4 Effects of different treatments on the elasticity of noodles

图 4 结果显示,不同处理对面条弹性有明显的改善作用。其中随着食盐、海藻酸钠的添加,面条的弹性基本呈上升趋势;谷朊粉和醒发时间对面条弹性的影响呈现波动趋势,其中谷朊粉添加量为 3%时,面条的弹性最大,为 1.08;当醒发时间为 15 min 和 90 min 时,面条的弹性处于最大值。Sangpring^[7]研究了食盐添加量分别为 0%、3%和 5%时,大米面条的延展性

随着食盐添加量的增加而增加,而抗张强度随着食盐添加量的增加而降低。Wu^[18]研究发现,小麦面条最初的弹性系数和粘性系数随着食盐添加量的增加而增加,面条的弹性随着食盐添加量的增加而增大。

2.2.4 粘性

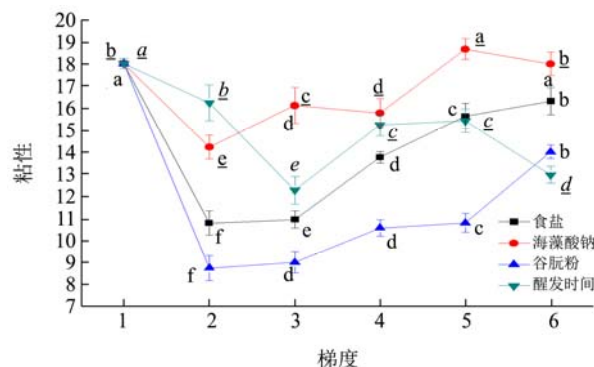


图 5 不同处理对面条粘性的影响

Fig.5 Effects of different treatments on the adhesiveness of noodles

图 5 结果显示,经过不同处理后,面条的粘性有逐渐下降再上升的趋势,说明经过适度的处理后,面条的口感变好。其中,食盐、谷朊粉、海藻酸钠添加量分别为 1%、1%和 0.1%时面条的粘性最好,醒发时间为 30 min 时,面条的粘性最好。

2.3 不同处理对面条蒸煮品质的影响

2.3.1 蒸煮损失率的影响

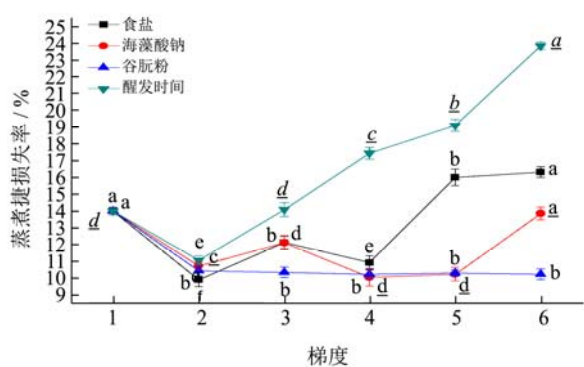


图 6 不同处理对面条蒸煮损失率的影响

Fig.6 Effects of different treatments on the cooking lose rate of noodles

面条蒸煮损失率与面条蒸煮过程中固形物析出程度有关,是衡量面条蒸煮品质的很好指标^[23]。面条蒸煮过程中会有部分干物质溶于面汤中而质量减少,其溶解数量的多少常用来衡量面条的耐煮性。本身的质量会产生一定减少,面粉以及马铃薯粉会在水中有一定的溶出,为了保证面条的品质,对 4 种处理方法的蒸煮损失率进行了比较分析,结果如图 6 所示。

图 6 结果显示,不同处理对面条蒸煮损失率有显

著的改变作用。当添加谷朊粉后,面条的蒸煮损失率显著降低,由未添加谷朊粉时的14%降低至10.43%,并在之后的添加过程中趋于稳定。随着食盐和海藻酸钠添加量的增加面条蒸煮损失率先降低后增加。随着醒发时间的延长,在醒发时间为15 min时,面条的蒸煮损失率处于最低水平,为11.065%,当醒发时间逐渐延长,面条的蒸煮损失率逐渐增大。本研究与孙涟漪^[24]研究的随着谷朊粉添加量的增加,面条的蒸煮损失率降低相一致;与 Rombouts^[19]和 Sangpring^[7]研究的随着食盐浓度的增加,面条的蒸煮损失增大的趋势相一致。蒸煮损失率增加的原因主要是谷蛋白和食盐对蛋白质网络结构和淀粉凝胶特性的影响,同时食盐的添加降低了面条中淀粉的包裹结构而导致的。郭祥想^[24]研究表明,随着醒发时间的延长,面条的干物质损失率先减小后增大。淀粉面条的蒸煮损失率较大说明淀粉具有较大的溶解性和较低的蒸煮耐性,将导致面条具有较粘的质构特性。

2.3.2 膨润率

膨润率反映面条在经过水煮之后吸水,体积变大的情况,膨润率越大,面条煮过后的体积就越大,结果如图7所示。

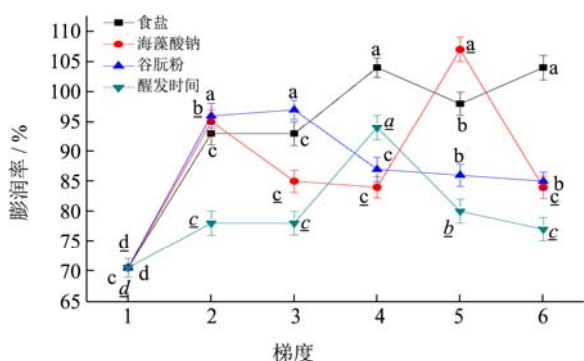


图7 不同处理对面条膨润率影响

Fig.7 Effects of different treatments on the imbibition rate of noodles

图7结果显示,不同处理对面条膨润率均具有显著改善作用,大多数是随着处理梯度的改变而呈现先增加后降低的趋势。当醒发时间为60 min时,膨润率处于最大值。从图7中可以看出添加了谷朊粉的面条膨润率普遍偏高,体积膨胀的最多,添加了海藻酸钠、食盐的面条,膨润率大部分低于添加了谷朊粉的面条。四种处理方法中,膨润率始终较低的是延长醒发时间。通过与无添加面条的对比试验,未添加改良剂的面条膨润率在70.5%左右,由此可证四种处理方法的增大确实能增加面条的膨润率。

3 讨论

面条品质主要通过颜色、外观、质地、味道和蒸煮损失率作为基本典型评价指标;通过硬度、粘结性、抗拉程度和感官品质作为主要区分因素^[25]。面条品质的主要影响因素为面条加工专用粉原料、加工工艺和面粉品质改良剂^[26]。

谷朊粉具有独特的氨基酸组成,吸水后可以形成具有黏弹性网络结构的特性,并且谷朊粉使面团中含-SH的氨基酸增多,导致二硫键增多,从而加固了面筋蛋白的网络结构,适量添加,可以改善面条的成型性,增加筋力,减少面条的溶出率,提高面条的膨胀率;但添加量过多,煮制过程中蛋白质变性,疏水基暴露,使得面条的吸水率降低,反而增加面条的硬度、黏度,降低面条的适口性^[25]。

食盐的添加可以改善面条的风味、颜色和质构特性^[1]。适量的添加可以增加面条更饱满的口感,掩盖异味以及提高平衡风味,改善面条的柔软性^[7]。在本研究条件下,面条的感官评分值随着食盐添加量的增加而先增加至最高点后降低。食盐的添加也可以强化面筋,适量的盐在溶液中离解为阴、阳离子后,其离子可以结合氨基酸的极性残基,从而起到稳定蛋白质结构、增强筋力和延展性的作用^[19]。本研究中随着食盐添加量的增加,面条的硬度、弹性、内聚力逐渐增加。面条的膨润率先增加后降低并逐渐趋于平稳。本研究结果与Wu等^[18]研究的面条随着加盐量的增加,硬度、弹性和内聚力都显著提高相一致;与Ye等^[27]研究的随着食盐添加量的增加,面条的感官评分和膨润率先增加后降低,当盐添加量为3%时,面条感官品质最好,添加量继续增加面条的风味被破坏,具有相同的变化趋势。可能是由于过量的食盐使得马铃薯淀粉中磷酸基团和NaCl的静电斥力引起的。也可能是由于NaCl的添加,使得面条的结构疏松,淀粉损失率增加,使得面条的蒸煮损失增加,残留在样品中的固形物降低。另外,随着NaCl添加量的增加,面条的弹性随着增加,可能是由于NaCl对蛋白质的网络结构有较好的促进作用^[28]。

海藻酸钠是面条加工过程中常见的增稠剂,可以增加面团的黏结能力,提高面条的抗拉性,使面条不易断条、不易糊汤等^[29]。增稠剂能使面筋与淀粉颗粒、淀粉颗粒与淀粉颗粒以及散碎的面筋很好地粘合起来,形成有序的三维空间网状结构,使面条筋力、弹性和韧性增强^[30]。本研究中随着海藻酸钠的添加,面条的感官评分逐渐升高,面条的硬度先增加后降低并趋于稳定,内聚力逐渐增加,弹性逐渐增大,粘性先降低后增加,蒸煮损失率先降低后增加,本研究与Cai^[31]和Lazaridou^[32]等研究的壳聚糖对红薯面条的硬

度、黄原胶对面条的硬度、咀嚼性,海藻酸钠对无谷蛋白面条的质构改善结果相一致。

适当的醒发时间有利于淀粉和蛋白质的充分吸收水分,从而形成较均匀的网络结构,制作出的面条品质较好。但是,过度的延长醒发时间,面团内部结构不再变化甚至变得松软,面团内部水分向表面迁移,使得损失率增加^[33]。本研究中发现,随着醒发时间的增加,面条的感官评分先增加后降低,在 30 min 时达到最大值,硬度在 60 min 时达到最大值,内聚力在 15 min 时达到最大值,粘性在 30 min 时处于最低值。蒸煮损失率在 15 min 时与对照相比显著降低,但随着醒发时间的增加,蒸煮损失率增加。该研究与王灵昭^[34]等研究的面团醒发过程中,氢键作用、蛋白质分子水化作用,蛋白质二硫键与巯基的相互转化、蛋白质的相对分子量、蛋白质分子之间的相互作用具有相同的变化趋势。

综合以上分析,本试验在面条加工原料一致基础上,品质改良剂和面条加工过程中的醒发时间对面条品质具有显著影响,具体如何改变面条的品质机理有待进一步研究。

4 结论

谷朊粉、海藻酸钠、食盐和醒发时间均可显著改善面条的品质。其中对面条感官品质影响顺序为醒发时间>海藻酸钠>谷朊粉>食盐,硬度和粘性的影响顺序为海藻酸钠>醒发时间>食盐>谷朊粉,内聚力和蒸煮损失率的影响顺序为醒发时间>食盐>谷朊粉>海藻酸钠。醒发时间和改良剂添加量对面条品质的影响顺序有差异,但适度的醒发时间和改良剂添加量可以提高面条的品质。当醒发时间为 15~60 min 时,可以显著改善面条的感官品质、硬度、粘性及蒸煮损失率;当谷朊粉添加量为 1%~3%时,可以显著改善面条的感官品质、硬度、内聚力、弹性和蒸煮损失率。由此可见,在适度的醒发时间和添加改良剂条件下,可以显著改善马铃薯全粉面条的感官品质、质构特性及蒸煮特性。

参考文献

- [1] Fu BX. Asian noodles: history, classification, raw materials, and processing [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902
- [2] Chaudhary N, Dangi P, Khatkar BS. Evaluation of molecular weight distribution of unreduced wheat gluten proteins associated with noodle quality [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(6): 2695-2704
- [3] 孔欣欣,张艳,赵德辉,等.北方冬麦区新育成优质小麦品种面条品质相关性状分析[J].作物学报,2016,42(8):1143-1159
KONG Xin-xin, ZHANG Yan, ZHAO De-hui, et al. Noodle quality evaluation of new wheat cultivars from Northern China winter wheat regions [J]. Acta Agronomica Sinica, 2016, 42(8): 1143-1159
- [4] Barak S, Mudgil D, Khatkar B S. Effect of compositional variation of gluten proteins and rheological characteristics of wheat flour on the textural quality of white salted noodles [J]. International Journal of Food Properties, 2013, 17(4): 731-740
- [5] Choy A L, May B K, Small D M. The effects of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 26(1): 2-8
- [6] Cai J. Preservation of fresh noodles by irradiation [J]. Radiation Physics Chemistry, 1998, 52(1-6): 35-38
- [7] Sangpring Y, Fukuoka M, Ratanasumawong S. 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
- [8] Das A K, Bhattacharya S, Singh V. Bioactives-retained non-glutinous noodles from nixtamalized Dent and Flint maize [J]. Food Chemistry, 2017, 217(15): 125-132
- [9] Rathod R P, Annapure U S. Physicochemical properties, protein and starch digestibility of lentil based noodle prepared by using extrusion processing [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 80: 121-130
- [10] Li P H, Huang C C, Yang M Y, et al. Textural and sensory properties of salted noodles containing purple yam flour [J]. Food Research International, 2012, 47(2): 223-228
- [11] Ji Y, Zhu K, Qian H, et al. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour [J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 53-58
- [12] Marco C, Rosell C M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads [J]. European Food Research and Technology, 2008, 227(4): 1205-1213
- [13] Korus J, Witczak M, Ziobro R, et al. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(3): 988-995
- [14] Kim Y, Kee J I, Lee, et al. Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase [J]. Food Chemistry, 2014, 145(4): 409-416
- [15] Lee DS, Kim Y, Song Y, et al. Development of a gluten-free rice noodle by utilizing protein-polyphenol interaction

- between soy protein isolate and extract of *Acanthopanax sessiliflorus* [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016, 96(3): 1037-1043
- [16] 赵煜,彭涛,张小燕,等.马铃薯主食化面条新产品的研究[J].食品工业科技,2016,7:232-237
ZHAO Yu, PENG Tao, ZHANG Xiao-yan, et al. Research of the new product of staple potato noodles [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 7: 232-237
- [17] 马栎,宋斌,李逸鹤,等.马铃薯面条加工工艺研究[J].现代面粉工业,2016,30(3):10-13
MA Shuo, SONG Bin, LI Yi-he, et al. Research on the processing of potato noodle [J]. *Modern Flour Milling Industry*, 2016, 30(3): 10-13
- [18] Wu JP, Beta T, Corke H. Effects of salt and alkaline reagents on dynamic rheological properties of raw oriental wheat noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 2006, 83(2): 211-217
- [19] Rombouts I, Jansens KJA, 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
- [20] 郭祥想,常悦,李雪琴,等.加工工艺对马铃薯全粉面条品质影响的研究[J].食品工业科技,2016,37(5):191-200
GUO Xiang-xiang, CHANG Yue, LI Xue-qin, et al. Effect of the processing technology on the quality of potato powder noodles [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(5): 191-200
- [21] SB/T 10068~10072-92,挂面类标准[S]
- [22] 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
- [23] Song Y, Yoo SH. Quality improvement of a rice-substituted fried noodle by utilizing the protein-polyphenol interaction between a pea protein isolate and green tea (*Camellia sinensis*) extract [J]. *Food Chemistry*, 2017, 235: 181-187
- [24] 孙涟漪.谷朊粉基面粉改良剂的制备研究[D].无锡:江南大学,2014
SUN Lian-yi. Study on the preparation of gluten-based flour improver [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014
- [25] Zhou Y, Cao H, Hou M, et al. Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour [J]. *Food Research International*, 2013, 51(2): 879-885
- [26] Hou GG, Saini R, Ng PKW. Relationship between physicochemical properties of wheat flour, wheat protein composition, and textural properties of cooked Chinese white salted noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 2013, 90(5): 419-429
- [27] Ye YL, Zhang Y, He ZH, et al. Effects of flour extraction rate, added water, and salt on color and texture of Chinese white noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 2009, 86(4): 477-485
- [28] 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
- [29] 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
- [30] Wang Y, Shi GJ, Yuan B, et al. Chemical elemental compositions and nutrition quality of yacon, sweet potato and potato [J]. *Journal of Modern Agriculture*, 2013, 2(2): 21-27
- [31] Cai JW, Chiang JH, Tan MYP, et al. Physicochemical properties of hydrothermally treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles [J]. *Journal of Food Engineering*, 2016, 186: 1-9
- [32] Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, et al. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations [J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79(3): 1033-1047
- [33] 杨宏黎,陆启玉,韩旭,等.熟化工艺对面条品质影响的研究[J].食品科技,2008,2:118-120
YANG Hong-li, LU Qi-yu, HAN Xu, et al. Study on the rest for noodle texture [J]. *Food Science and Technology*, 2008, 2: 118-120
- [34] 王灵昭,陆启玉.面筋蛋白组分在制面过程中的变化与面条质地差异的关系[J].河南工业大学学报(自然科学版),2005, 26(1):11-14
WANG Ling-zhao, LU Qi-yu. The changes of gluten ingredients during making noodle and their relationships with noodle texture difference [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2005, 26(1): 11-14