

辣椒粉添加量对鲜湿面品质特性的影响

钱 鑫¹, 刘 艳^{1,2*}, 张家铭¹, 赵 野¹, 连胜青¹, 谢 乐¹, 周文化¹

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 长沙 410004; 2. 湖南中医药高等专科学校, 株洲 412000)

摘 要: **目的** 探究辣椒粉添加量对鲜湿面品质特性的影响。**方法** 以辣椒粉和小麦粉为主要原料, 对不同辣椒粉添加量的混合面团的粉质特性及鲜湿面的糊化特性、色泽特性、蒸煮特性、质构特性、感官评价进行分别测定, 最后结合主成分分析方法进行综合评价。**结果** 随着辣椒粉添加量(1%~5%)的上升, 面团稳定时间逐渐降低, 公差指数先降低后增加, 带宽先增加后降低; 鲜湿面的糊化黏度降低, 糊化时间缩短; 鲜湿面的 L^* 逐渐下降, a^* 和 b^* 逐渐上升; 添加量 2% 的鲜湿面的断条率降低, 膨胀度提高, 硬度、回复性、内聚性、咀嚼性均提高, 超过该添加量后鲜湿面各指标均有下降趋势; 主成分分析中提取了 3 个主成分(累积贡献率为 94.778%), 最终得出添加 2% 辣椒鲜湿面综合得分最高, 为 3.27 分。**结论** 适量添加辣椒粉能改善鲜湿面的品质特性, 改良其风味和口感, 且辣椒粉添加量 2% 时品质最佳。

关键词: 辣椒粉; 鲜湿面; 品质特性; 主成分分析

Effects of chili powder addition on quality characteristics of fresh wet noodles

QIAN Xin¹, LIU Yan^{1,2*}, ZHANG Jia-Ming¹, ZHAO Ye¹, LIAN Sheng-Qing¹,
XIE Le¹, ZHOU Wen-Hua¹

(1. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2. Hunan College of Traditional Chinese Medicine, Zhuzhou 412000, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of chili powder addition on the quality characteristics of fresh wet noodles. **Methods** Chili powder and wheat powder were used as the main raw materials to determine the farinograph properties of mixed dough with different amounts of chili powder, as well as the pasting properties, color properties, cooking properties, texture properties and sensory evaluation of the fresh wet noodles, respectively. Finally, the comprehensive evaluation was conducted using the principal component analysis method. **Results** With the increase of chili powder addition (1%-5%), the stability time of dough decreased gradually, the tolerance index first decreased and then increased, and the bandwidth increased first and then decreased. The gelatinization viscosity of fresh wet noodles decreased and the gelatinization time was shortened. The L^* of fresh wet noodles decreased gradually, a^* and b^* gradually increased. The breaking rate of fresh wet noodles with an addition of 2% decreased, the expansion degree increased, and the hardness, resilience, cohesion and chewiness all increased. All the indicators of fresh wet noodles

基金项目: 湖南省高新技术产业科技创新引领计划项目(2021GK4022、2021GK4024)、湖南中医药高等专科学校青苗工程人才项目(202101)、药食同源功效研究与健康产品开发科技创新团队项目(202206)

Fund: Supported by the Hunan High-tech Industry Science and Technology Innovation Leading Plan (2021GK4022, 2021GK4024), the Hunan College of Traditional Chinese Medicine Young Talent Project (202101), and the Medicine and Food Homologous Efficacy Research and Health Product Development Science and Technology Innovation Team Project (202206)

*通信作者: 刘艳, 讲师, 主要研究方向为药食同源食品研究与开发。E-mail: 563429587@qq.com

*Corresponding author: LIU Yan, Lecturer, Hunan College of Traditional Chinese Medicine, No.689 Xuelin Road, Shifeng District, Zhuzhou 412000, China. E-mail: 563429587@qq.com

showed a downward trend. In the principal component analysis, 3 principal components were extracted (accumulative contribution rate was 94.778%), and finally the comprehensive score of fresh wet noodles with 2% pepper was the highest, which was 3.27 points. **Conclusion** Appropriate addition of chili powder can improve the quality characteristics, flavor and taste of fresh wet noodles, and 2% chili powder has the best quality.

KEY WORDS: chili powder; fresh wet noodles; quality; principal component analysis

0 引言

辣椒(*Capsicum annuum* L.)为木兰纲、茄科,属一年或有限多年生草本植物,在世界上广泛种植,是世界上最大的调味料作物^[1]。辣椒在我国约有300多年的栽培历史,作为重要的农业蔬菜作物,其可食部位成熟后为红色或橙黄色果实^[2-3]。日常生活中为便于储藏,通常将鲜辣椒干制加工成颗粒状或粉末状作为调味料食用^[4]。辣椒粉中含有较多的不溶性的膳食纤维,并富含多种有益于人体健康的营养物质,如辣椒素、氨基酸、维生素、可溶性多糖和抗氧化物质等多种成分,具有抗血栓、抗氧化、消炎镇痛等功效^[5-6]。杨海燕等^[7]的研究表明辣椒碱对细菌、酵母菌有很好的抑制作用,可以作为一种天然、安全的防腐剂。

面条是我国的传统主食,具有简单便捷、营养丰富等优点,深受消费者的青睐。近年来随着生活水平的不断提高,人们在追求营养的同时也更加追求口感上的愉悦性。目前关于辣椒在面制品中应用的研究大多集中在工艺和防腐保鲜上,如吴迪等^[8]研究发现添加辣椒粉的生鲜面可以在4℃储藏条件下保鲜期延长约50 h;HWANG等^[9]研究发现在保持面条品质特性的同时,添加2%的青阳红辣椒汁时,可提高感官特性和抗氧化功能。关于辣椒粉对鲜湿面品质特性的影响还鲜有研究。将具有功能性的食品原料细化制粉后,与小麦粉混合,制成主食化食品,是近年来提升面制品营养及风味品质的主要途径。所以将辣椒粉添加入小麦粉中制作鲜湿面,改善鲜湿面的风味和口感,提升鲜湿面产品的品质特性的研究具有一定的必要性,也丰富了鲜湿面的种类。

本研究主要对不同辣椒粉添加量对小麦面团粉质特性及鲜湿面糊化特性、色泽特性、蒸煮特性、质构特性、感官评价进行测定,并结合主成分分析方法进行综合评价,确定辣椒粉的最适添加量,以期对调味鲜湿面开发及主食化加工相关研究提供理论依据,拓宽多口味鲜湿面加工领域。

1 材料与方法

1.1 试验材料

辣椒粉:湖南省嘉品嘉味生物科技有限公司;小麦粉:河南志情面业有限责任公司。

1.2 试验仪器

FB223 型分析天平(精度 0.001 g,上海舜宇恒平科学

仪器有限公司); DH-36 型电热恒温培养箱(北京中兴伟业仪器有限公司); DHH-180A 型小型电动压面机(永康市海鸥电器有限公司); Micro-dough LAB 2800 型全自动微型粉质仪、JK-1 型快速黏度分析仪(瑞典 Perten 公司); TAXTPlus 型质构仪(英国 Stable Mirco System 公司); UltraScan Pro 型色差仪(美国 HunterLab 公司); JH-HS 型卤素快速水分测定仪(泰州宜信得仪器仪表有限公司); DZ-260T 型台式真空包装机(深圳晟枫包装机械有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 混合粉的制备

分别取 0%、1%、2%、3%、4%、5% 的辣椒粉与小麦粉混合均匀,从而制备不同辣椒粉添加量的混合粉,装入真空包装袋中,使用台式真空包装机进行密封包装,以备后续试验使用。

1.3.2 鲜湿面的制作

称取混合粉 100 g,并称取 30 g 水(含 2 g 食用盐)缓缓加入混合粉中,均匀搅拌,呈少量絮状面粉的面团,用保鲜膜包裹,置于 35℃ 电热恒温箱中醒发 40 min,取出用小型电动压面机反复碾压至 3 mm 左右的鲜湿面,切条厚度为 1 mm,将做好的鲜湿面装入真空包装袋中进行密封包装,以备后续试验使用。

1.3.3 粉质特性分析

测试方法参照 GB/T 14614—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》进行,测得混合面团的形成时间、稳定时间、公差指数和带宽(公差指数指顶峰曲线高度与出峰 5 min 曲线高度之间的差值,差值越小,说明该面粉筋力越强)。

1.3.4 糊化特性分析

参照 GB/T 14490—2008《粮油检验 谷物及淀粉糊化特性测定 粘度仪法》测定糊化特性。

1.3.5 色泽特性测定

将鲜湿面装入真空包装袋中压平,使用色差仪测定添加不同辣椒粉含量鲜湿面的 L^* 、 a^* 和 b^* ,并计算 w 值, $w=100-[(100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2}]^{1/2}$ 。其中 L^* 表示亮度; a^* 表示红绿度; b^* 表示黄蓝度; w 表示白度值。在同一样品的不同点重复测量多次,取平均值。

1.3.6 蒸煮特性测定

参考谭玉珩等^[10]方法对鲜湿面膨胀度、断条率、蒸煮损失率进行测定。

1.3.7 质构特性测定

参考李立华^[11]方法并略加修改,取 3 根长度为 2 cm 的鲜湿面并排放在测试台上的固定位置,探头与测试面之间保持 30 mm 的距离。探头规格: P/36R; 参数设定: 测试前、后速度均为 2.0 mm/s, 测试中速度为 0.8 mm/s, 压缩程度 65%, 起点感应力 5 g, 两次压缩之间的时间间隔为 5 s。

1.3.8 感官评价

鲜湿面感官评分标准参照 GB/T 35875—2018《粮油检验 小麦粉面条加工品质评价》及 SUN 等^[12]的方法并加以修改,采用九点标度法对鲜湿面样品进行评分(表 1),评价指标分别为色泽、韧性、黏度、表面状态、适口性、食味、总体可接受度,评分标准按照喜欢程度从 1~9 分进行打分,感官评价小组成员共 10 人,结果取各评价指标总分的平均值。

表 1 感官评定分值表
Table 1 Sensory evaluation score table

评价指标	评分方法
	非常不喜欢(1)
色泽(指面条的颜色和亮度)	很不喜欢(2)
韧性(指用牙咬断面条时需要用到力的大小)	一般不喜欢(3)
黏度(指咀嚼面条的黏牙程度)	有点不喜欢(4)
表面状态(指面条表面的光滑度)	无感(5)
适口性(指在品尝面条时在口中的感受)	有点喜欢(6)
食味(指在品尝面条时在口中的味道)	一般喜欢(7)
	很喜欢(8)
	非常喜欢(9)

1.4 数据处理

所有数据均用平均值±标准偏差表示,所有试验组至少重复 3 次。采用 SPSS 25 和 Origin 2018 软件进行数据处理和图表绘制,选择 Duncan 检验在 $P<0.05$ 检验水平上对数据进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 辣椒粉对面团粉质特性的影响

粉质特性反映揉和面团过程中混合搅拌刀所受到的

综合阻力随搅拌时间的变化规律,是分析面团形成的特性变化及后续加工为鲜湿面品质的依据^[13]。由表 2 可以看出,辣椒粉的添加缩短了面团的形成时间,说明辣椒粉可以缩短面团中面筋蛋白、淀粉等吸水后到达最大稠度的时间,促进面筋的形成^[14],但辣椒粉的添加量与面团的形成时间之间无显著性差异($P>0.05$)。除此之外,面团的稳定时间呈现明显降低的趋势,这表明添加辣椒粉在一定程度上可以降低面团的耐搅拌程度,从而影响了面团结构的稳定性。推测其原因可能是由于辣椒粉中的膳食纤维与面筋蛋白和淀粉颗粒竞争水的吸收,增加了其吸水速度,降低了稠度达到动态平衡的时间。这与杨艺^[15]研究不溶性膳食纤维对小麦粉粉质特性影响的结果一致,稳定时间降低,弱化面团面筋筋力。

公差指数能反映面粉筋力大小,其差值越小,面粉筋力越强;带宽反映面团或者面筋其中的弹性,一般来说带宽越宽,弹性越好。我国小麦的带宽平均一般为 80 FU。由下表 2 中也可看出,添加辣椒粉会使混合粉的公差指数增大,导致混合粉的筋力变差,但是随着添加量(1%~5%)的逐渐增加,混合粉的公差指数先减小后增大,添加量为 3%时,公差指数较小,也表明其筋力较好。随着辣椒粉添加量的增加,带宽先增大后减小,辣椒粉添加量为 2%~3%时带宽达到最大,为 105.00 FU,也说明添加辣椒粉为 2%~3%时对混合面团的弹性较好。这可能是因为辣椒粉的膳食纤维中富含多种多糖化合物,其结构类似于三维网络结构,具有一定的粘合性,从而一定程度上弥补弱化了了的凝胶结构,降低辣椒粉对面团的破坏程度,增加面筋的粘弹性。但辣椒粉添加量过多时破坏了面团面筋网络的结构,使面团形成时间延长,不利于面团的形成,弹性反而降低^[16]。

2.2 辣椒粉对鲜湿面糊化特性的影响

糊化特性反映混合粉中淀粉的吸水能力与结合水的能力^[17]。由表 3 可以看出,对照组鲜湿面的初始峰值黏度为 2098.00 cp,随着辣椒粉的添加量的逐渐增加,鲜湿面的峰值黏度逐渐降低。这可能是由于混合面粉加热过程中膳食纤维竞争性的吸水,降低了其淀粉吸水膨胀程度,峰值黏度降低^[18]。添加辣椒粉后,混合粉的峰值黏度、最低

表 2 辣椒粉对小麦面团粉质特性的影响
Table 2 Effects of chili powder on flour characteristics of wheat dough

辣椒粉添加量/%	形成时间/min	稳定时间/min	公差指数/FU	带宽/FU
0	1.90±0.10 ^a	1.60±0.01 ^a	224.90±15.00 ^c	95.00±0.01 ^c
1	1.70±0.01 ^a	1.40±0.10 ^b	302.40±7.50 ^a	102.50±2.50 ^{ab}
2	1.70±0.10 ^a	1.35±0.05 ^{bc}	277.40±7.50 ^{ab}	105.00±0.01 ^a
3	1.75±0.05 ^a	1.25±0.05 ^{bc}	262.40±7.50 ^b	105.00±0.01 ^a
4	1.80±0.01 ^a	1.20±0.01 ^c	282.40±2.50 ^{ab}	97.50±2.50 ^{ab}
5	1.80±0.01 ^a	1.20±0.01 ^c	292.40±7.50 ^{ab}	95.00±5.00 ^c

注: 同列小写字母不同表示在 $P<0.05$ 水平下有显著性差异,下同。

黏度、最终黏度均低于对照组, 总体呈显著下降的趋势 ($P<0.05$)。这也与汪金萍等^[18]研究富含膳食纤维的抹茶粉对面团的影响结果相似。由表 3 可知, 衰减值整体呈先上升后下降趋势, 辣椒粉添加量为 2% 时, 衰减值为 715.00 cp, 添加量为 5% 时, 衰减值最小为 706.00 cp, 但两者之间无显著性差异 ($P>0.05$)。表明辣椒粉添加量对鲜湿面共混体系的热糊稳定性无显著影响^[19]。回生值反映淀粉的老化程度, 回生值越低, 产品抗老化性越强^[20]。当辣椒粉添加量为 2% 时, 混合粉的回生值开始有差异, 从最初的 1074.50 cp 降低至 1039.50 cP, 这说明辣椒粉添加可以抑制淀粉老化, 有利于延长鲜湿面的保质期。陈洁等^[21]研究表明适当的回生对于淀粉凝胶强度及韧性具有积极的作用。辣椒粉过量添加一定程度上不利于淀粉的快速凝胶化, 影响鲜湿面的品质。添加辣椒粉使混合粉的糊化时间也呈现显著性降低的变化趋势 ($P<0.05$), 说明了添加辣椒粉可以使鲜湿面的糊化时间缩短, 在加工过程中更易熟制, 节约生产成本, 提高效率。

2.3 辣椒粉对鲜湿面色泽的影响

鲜湿面颜色是人们选择的重要影响因素之一, 色香

味俱全的鲜湿面会赢得消费者更多的喜爱。由表 4 可知, 辣椒粉的添加量会影响鲜湿面色泽, 并对辣椒鲜湿面的 L^* 、 a^* 、 b^* 和 w 均产生了显著性的影响。研究表明, 辣椒粉中含有丰富的类胡萝卜素是日常生活中应用广泛的食物着色剂之一^[22]。与小麦粉相比 ($L^*=88.69$, $a^*=1.25$, $b^*=15.61$), 辣椒粉为橙红色粉末, 具有完全不同的颜色参数 ($L^*=51.17$, $a^*=30.53$, $b^*=22.21$)。辣椒粉中的主要呈色物质包括辣椒红素和辣椒玉红素, 其化学性质较为稳定^[23]。辣椒粉中的类胡萝卜素分子结构中含有大量不饱和共轭双键体系, 共轭双键是一个吸收光谱的发色团, 能呈现由黄到红的颜色^[24], 故辣椒粉含量越高, 相应混合粉中小麦粉含量减少, 导致辣椒鲜湿面的色泽逐渐发生变化。根据表 4 中数据可以看出, 随着辣椒粉的添加, 鲜湿面的亮度 L^* 值逐渐下降, 红绿值 a^* 和黄蓝值 b^* 逐渐上升。这说明随着辣椒粉添加量的增加, 鲜湿面的鲜湿面整体颜色加深, 由淡黄色向橙红色逐渐过渡, 表现出较暗的明亮度和白度。根据下述 2.6 中感官评价的试验结果可知, 辣椒粉的添加量为 2%~3% 时, 辣椒鲜湿面的色泽品质最佳, 鲜湿面颜色偏红橙色, 易被消费者所喜爱。

表 3 辣椒粉对鲜湿面糊化特性的影响
Table 3 Effects of chili powder on the batter characteristics of fresh wet noodles

辣椒粉添加量/%	峰值黏度/cp	最低黏度/cp	衰减值/cp	最终黏度/cp	回生值/cp	糊化时间/min
0	2098.00±6.00 ^a	1379.50±4.50 ^a	718.50±1.50 ^a	2454.00±3.00 ^a	1074.50±1.50 ^a	6.30±0.03 ^a
1	1884.50±14.50 ^b	1164.50±14.50 ^b	720.00±29.00 ^a	2252.50±11.50 ^b	1088.00±26.00 ^a	6.20±0.07 ^{ab}
2	1673.00±16.00 ^c	958.00±5.00 ^c	715.00±11.00 ^a	1997.50±41.50 ^c	1039.50±36.50 ^{ab}	6.10±0.03 ^{bc}
3	1634.00±39.00 ^c	895.50±34.50 ^d	738.50±4.50 ^a	1984.50±37.50 ^c	1089.00±3.00 ^{ab}	5.97±0.04 ^{cd}
4	1556.50±10.50 ^d	825.00±8.00 ^c	731.50±2.50 ^a	1855.50±3.50 ^d	1030.50±4.50 ^{ab}	5.90±0.03 ^d
5	1448.00±8.00 ^c	742.00±15.00 ^f	706.00±7.00 ^a	1744.50±4.50 ^e	1002.50±19.50 ^b	5.90±0.03 ^d

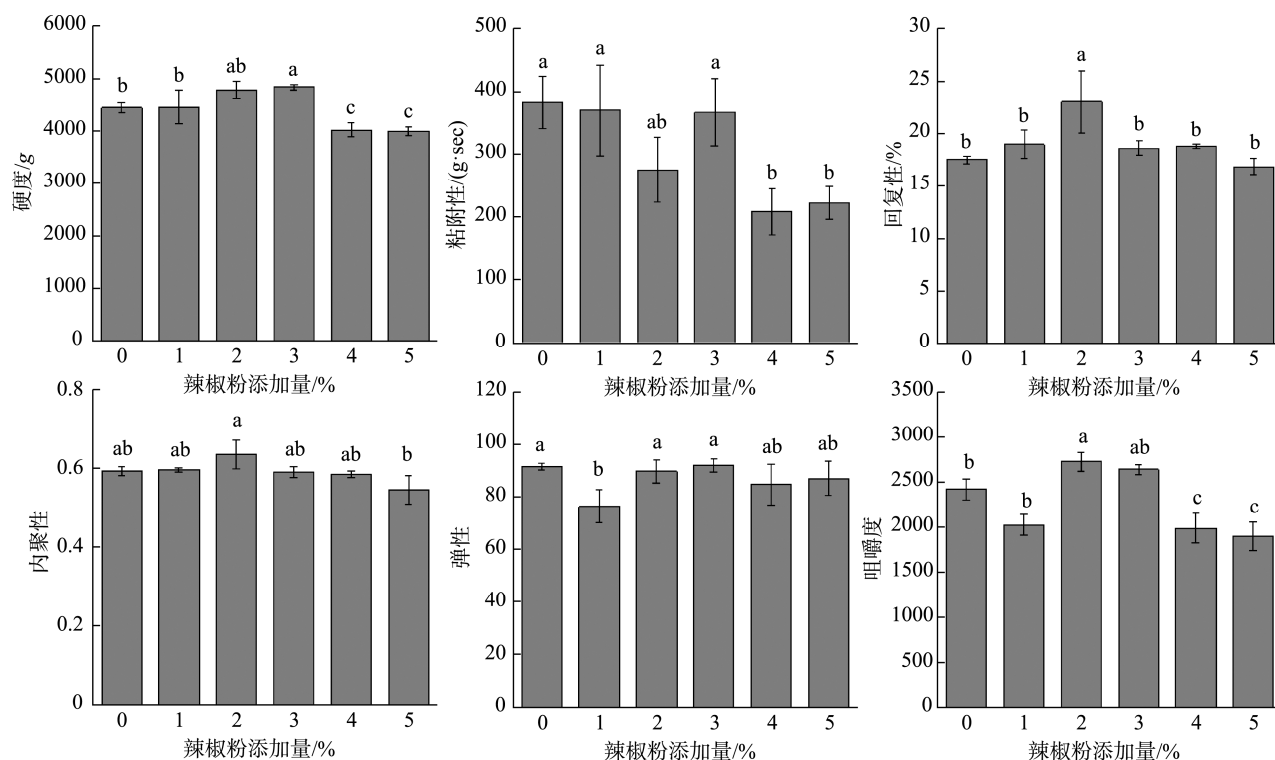
表 4 辣椒粉对鲜湿面色泽的影响
Table 4 Effects of chili powder on the color of fresh wet noodles

辣椒粉添加量/%	L^*	a^*	b^*	w
0	88.69±0.24 ^a	1.25±0.06 ^f	15.61±0.18 ^d	80.69±0.24 ^a
1	70.06±0.06 ^b	23.06±0.21 ^c	35.11±0.64 ^c	48.41±0.52 ^b
2	68.59±0.09 ^c	26.56±0.08 ^d	38.53±0.20 ^b	43.63±0.16 ^c
3	64.11±0.22 ^d	30.83±0.07 ^c	40.17±0.20 ^a	37.93±0.07 ^d
4	61.41±0.14 ^e	32.14±0.09 ^b	40.27±0.04 ^a	35.63±0.07 ^e
5	60.50±0.04 ^f	33.17±0.25 ^a	40.55±0.24 ^a	34.38±0.21 ^f

2.4 辣椒粉对鲜湿面质构特性的影响

质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)可以客观地分析鲜湿面硬度、弹性、黏性和咀嚼性等感官评价参数, 也是衡量鲜湿面品质重要的指标。由图 1 可知, 添加辣椒粉可以使鲜湿面的粘附性降低, 说明了辣椒粉一定程度上可以改善鲜湿面煮后粘连的问题, 抑制鲜湿面在烹煮过程中淀

粉颗粒的浸出, 从而降低煮制鲜湿面的表面黏性。除此之外, 随着辣椒粉添加量的增加, 辣椒鲜湿面的硬度、咀嚼性和回复性均呈现先上升后下降的趋势, 大部分呈现显著性的差异 ($P<0.05$)。辣椒粉可以使鲜湿面的硬度增强, 在辣椒粉添加量为 2% 时, 回复性和内聚性表现效果较好, 但随着添加量的继续升高, 反而开始有所降低。研究表明, 硬度大小与所形成的面筋强弱程度有关^[25]。这说明辣椒粉的适量加入有利于面筋蛋白中的巯基(-SH)形成二硫键(-S-S-), 使面团硬度增加^[26], 形成的致密的面筋网络结构对淀粉进行包裹, 减少蒸煮过程中直链淀粉的溶解, 抑制淀粉颗粒的浸出, 从而降低煮制鲜湿面的表面黏性^[27-28]; 当辣椒粉添加量超过 2% 后, 辣椒粉与面筋结合达到饱和, 辣椒粉中膳食纤维的相对增加反而会使面筋蛋白被剪切稀释, 致使面筋网络结构变得松散, 对鲜湿面的质构特性产生一定负影响, 导致鲜湿面弹性、内聚性和回复性等 TPA 指标的降低。这与张迎敏等^[29]对红薯叶鲜湿面质构特性研究结果一致。



注: 不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平下有显著差异, 下同。

图 1 辣椒粉对鲜湿面质构特性的影响

Fig.1 Effects of chili powder on texture characteristics of fresh wet noodles

2.5 辣椒粉对鲜湿面蒸煮特性的影响

煮制损失的主要是鲜湿面在煮制过程中面汤中所有的固形物, 煮制损失率越低则表明鲜湿面的质量越优^[30]。由图 2 可知, 随着辣椒粉添加量的增加, 辣椒鲜湿面的膨胀度呈现先增大后减小的趋势, 煮制损失率和煮制断条率均呈现先减小后增大的趋势。辣椒粉添加量为 3% 时蒸煮损失率最小, 添加量为 2% 时断条率最小, 再随着增加量的增加蒸煮损失率、断条率反而有所增高。适量添加辣椒粉使断条率下降, 可能是由于辣椒粉中膳食纤维的多糖化合物能和鲜湿

面中的面筋蛋白发生交联作用, 在一定程度上改变了面筋的三维网状结构, 膳食纤维吸水膨胀增大了鲜湿面的体积, 增加了淀粉颗粒被面筋蛋白包裹的面积, 同时在一定程度上减少了淀粉的析出, 从而降低煮制损失率^[31]; 而添加过量的辣椒粉会稀释混合粉中面筋蛋白的含量, 膳食纤维吸水膨胀过大, 会弱化面筋蛋白的结构, 淀粉颗粒包裹的不稳定, 在煮制过程中面筋结构很容易被破坏, 也抑制了鲜湿面的膨胀程度^[32]。由此可见, 辣椒粉的添加量在 2%~3% 的条件下, 鲜湿面的断条率和蒸煮损失率分别为 2.71%~3.54% 和 2.84%~3.30%, 符合行业标准 LS/T 3212—2021《挂面》中断条率 $\leq 5.00\%$ 和蒸煮损失率 $\leq 10.00\%$ 的要求。

2.6 辣椒粉对鲜湿面感官评分的影响

采用 9 分标度法分别从色泽、韧性、黏度、表面形态、适口性、食味和总体可接受度等方面来判定辣椒鲜湿面的感官品质。从图 3 可以看出, 辣椒鲜湿面的总体可接受度呈先增加后降低的趋势。由图 3 中可以看出, 辣椒粉添加量为 2% 的鲜湿面总体可接受度分值最高为 7.82 分。这主要是因为辣椒粉添加量为 2% 的鲜湿面的色泽、表面状态、适口性、食味等感官指标均深受评分员的喜爱, 评分较高。当辣椒粉用量为 0%~2% 时, 鲜湿面的感官评分逐渐升高, 这是由于适当的辣椒粉会使鲜湿面色泽呈现橙红色, 给人视觉感觉较好, 在食味方便, 由于辣椒粉具有淡淡的辛辣味, 很好地改善了鲜湿面的风味, 且具有较好的表面状态

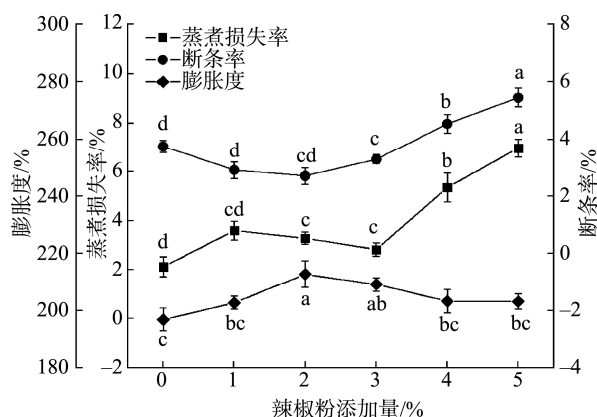


图 2 辣椒粉对鲜湿面蒸煮特性的影响

Fig.2 Effects of chili powder on cooking characteristics of fresh wet noodles

和适口性。当辣椒粉超过 2%后, 辣椒粉感官评分总体开始呈现下降趋势, 鲜湿面的韧性、表观状态、食味也开始呈现下降的趋势, 这也与面筋蛋白网络结构的强度下降, 结构被破坏有关。添加过量的辣椒粉在破坏了鲜湿面的结构, 表观状态和韧性表现效果较差, 且鲜湿面的色泽较深, 影响商品外观。总体来说, 辣椒粉添加量为 2%时, 鲜湿面的感官品质较好。

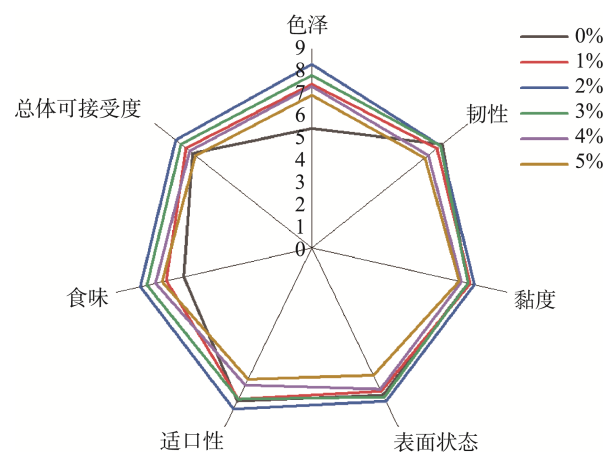


图 3 不同辣椒粉添加量的鲜湿面感官评价图
Fig.3 Sensory evaluation of fresh wet noodles with different amounts of chili powder

2.7 辣椒鲜湿面的主成分分析结果

主成分分析(principal component analysis, PCA)是一种简化数据集的技术, 经常用于减少数据集的维数, 同时保持数据集对方差贡献最大的特征^[33]。考虑到主要影响鲜湿面品质特性的因素为蒸煮特性、质构特性和感官评价, 所

以选取硬度、粘附性、回复性、内聚性、弹性、咀嚼度、膨胀度、断条率、蒸煮损失率、色泽、韧性、黏度、表面状态、适口性、食味和总体可接受度 16 个指标数据作为 PCA 的基础数据, 根据 KMO 和巴特利检验进行因子拟合检验, 结果大于 0.5 分析适合做 PCA。由表 5 可以得出, 成分 1、成分 2 和成分 3 的贡献率分别为 62.617、23.085 和 9.077, 特征值皆大于 1, 综合了辣椒鲜湿鲜湿面品质特性的主要信息, 且累积贡献率达 94.778%, 包含了样品中绝大多数信息, 故提取因素可以反映鲜湿面总体品质特征。

因子载荷量能反映各指标对主成分贡献率的大小^[34]。由表 6 可知, 第 1 主成分载荷主要包括硬度(X_1)、回复性(X_3)、内聚性(X_4)、咀嚼度(X_6)、断条率(X_8)、蒸煮损失率(X_9)、韧性(X_{11})、黏度(X_{12})、表面状态(X_{13})、适口性(X_{14})和总体可接受度(X_{16})的信息, 它们具有很高的载荷, 其中适口性在 PC1 上的载荷最大, 为“适口因子”; 第 2 主成分主要包括粘附性(X_2)、膨胀度(X_7)、色泽(X_{10})和食味(X_{15})的信息, 其中食味上的载荷最大, 为“食味因子”; 第 3 主成分主要是弹性(X_5)的信息, 其载荷最大, 为“弹性因子”, 图 4 为 PCA 对鲜湿面品质荷载散点图, 也印证了表 6 的结果。

根据表 6 中主成分的特征向量可以构建主成分与鲜湿面各品质指标之间的线性关系式, 各线性关系式如下:

$$Y_1=0.298X_1-0.166X_2+0.247X_3+0.289X_4+0.082X_5+0.280X_6+0.190X_7-0.295X_8-0.254X_9+0.141X_{10}+0.275X_{11}+0.299X_{12}+0.298X_{13}+0.302X_{14}+0.138X_{15}+0.287X_{16} \quad (1);$$
$$Y_2=-0.041X_1+0.383X_2+0.255X_3+0.027X_4-0.051X_5-0.027X_6+0.397X_7+0.065X_8+0.299X_9+0.439X_{10}-0.254X_{11}-0.059X_{12}-0.078X_{13}-0.124X_{14}+0.453X_{15}+0.209X_{16} \quad (2);$$
$$Y_3=0.117X_1+0.103X_2-0.126X_3-0.144X_4+0.793X_5+0.379X_6+0.124X_7+0.268X_8-0.025X_9-0.139X_{10}+0.051X_{11}-0.186X_{12}+0.030X_{13}-0.071X_{14}+0.128X_{15}-0.039X_{16} \quad (3)。$$

表 5 总特征值和方差贡献表						
Table 5 Total eigenvalue and variance contribution table						
成分	起始特征值			提取荷载平方和		
	特征值	方差百分比/%	累计/%	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	10.019	62.617	62.617	10.019	62.617	62.617
2	3.694	23.085	85.701	3.694	23.085	85.701
3	1.452	9.077	94.778	1.452	9.077	94.778
4	0.653	4.084	98.862			
5	0.182	1.138	100.000			

表 6 成分矩阵							
Table 6 Composition matrix							
指标	因子荷载矩阵			标准化指标编号	标准化正交特征向量矩阵		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3		主成分 1	主成分 2	主成分 3
硬度	0.943	-0.079	0.141	X_1	0.298	-0.041	0.117
粘附性	-0.524	0.737	0.124	X_2	-0.166	0.383	0.103
回复性	0.782	0.490	-0.152	X_3	0.247	0.255	-0.126
内聚性	0.915	0.051	-0.173	X_4	0.289	0.027	-0.144

表 6(续)

指标	因子荷载矩阵			标准化指标编号	标准化正交特征向量矩阵		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3		主成分 1	主成分 2	主成分 3
弹性	0.260	-0.098	0.955	X_5	0.082	-0.051	0.793
咀嚼度	0.887	-0.052	0.457	X_6	0.280	-0.027	0.379
膨胀度	0.602	0.763	0.149	X_7	0.190	0.397	0.124
断条率	-0.935	0.124	0.323	X_8	-0.295	0.065	0.268
蒸煮损失率	-0.804	0.575	-0.030	X_9	-0.254	0.299	-0.025
色泽	0.447	0.844	-0.167	X_{10}	0.141	0.439	-0.139
韧性	0.870	-0.488	0.062	X_{11}	0.275	-0.254	0.051
黏度	0.946	-0.113	-0.224	X_{12}	0.299	-0.059	-0.186
表面状态	0.942	-0.150	0.036	X_{13}	0.298	-0.078	0.030
适口性	0.955	-0.239	-0.085	X_{14}	0.302	-0.124	-0.071
食味	0.437	0.870	0.154	X_{15}	0.138	0.453	0.128
总体可接受度	0.910	0.401	-0.047	X_{16}	0.287	0.209	-0.039

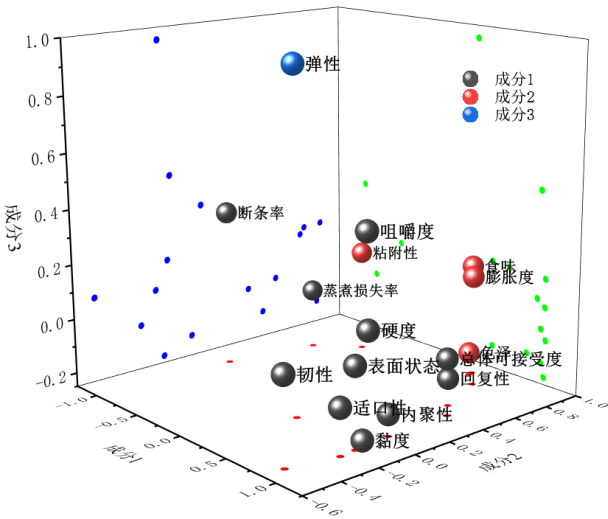


图 4 PCA 对鲜湿面品质荷载散点图

Fig.4 Scatter diagram of PCA on quality load of fresh and wet noodles

以 3 个主成分 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 与其方差贡献率构建出鲜湿面品质的综合评价模型 $Y_{\text{综}}$ ，即： $Y_{\text{综}}=0.66067Y_1+0.24357Y_2+0.09577Y_3$ (4)。利用该数学模型得不同辣椒粉添加量的鲜湿面主成分得分见表 7。辣椒添加量为 2% 的鲜湿面综合得分为 3.27 分，排名第一。

表 7 主成分得分及综合得分

Table 7 Principal component score and comprehensive score

辣椒粉添加量/% (适口因子)	Y_1	Y_2 (食味因子)	Y_3 (弹性因子)	$Y_{\text{综合}}$	综合排名
0	0.11	-3.49	0.65	-0.71	4
1	0.42	-0.69	-2.27	-0.11	3
2	4.25	1.82	0.14	3.27	1
3	2.19	0.16	1.12	1.59	2
4	-2.32	1.21	-0.22	-1.26	5
5	-4.65	0.99	0.58	-2.78	6

3 结 论

通过考察不同辣椒粉添加量对鲜湿面品质的影响，发现随着辣椒粉添加量(1%~5%)的逐渐增加，稳定时间逐渐减小，公差指数先降低后增加，带宽先增加后降低；峰值黏度，最低黏度，最终黏度均逐渐降低，糊化时间缩短；鲜湿面的 L^* 逐渐下降， a^* 和 b^* 逐渐上升；当辣椒粉添加量为 2% 时，鲜湿面的硬度、咀嚼性、回复性均较好，蒸煮损失率、断条率也明显降低，色泽、适口性、总体可接受度评分最高，对鲜湿面的品质表现较好，但辣椒粉过量添加会增加鲜湿面的煮制断条率和煮制损失率，导致鲜湿面的色泽暗淡，辣椒辛辣气味过于浓郁。通过对影响鲜湿面品质特性的 16 个指标进行 PCA 最终得出辣椒粉添加量为 2% 时综合评分最高，为 3.27 分。综上，辣椒粉在添加量 2% 时，鲜湿面的品质特性最好，感官评价最高。在今后的研究中可对更多的调味粉种类对鲜湿面品质进行探究，促进调味粉在鲜湿面产业的扩展，为调味鲜湿面的创新提供新思路和新途径。

参考文献

[1] 肖何, 刘洋, 王馨瑶, 等. 不同产地辣椒生育期品质分析[J/OL]. 食品工业科技: 1-13. [2022-12-20]. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022080125

XIAO H, LIU Y, WANG XY, et al. Analysis on the quality of pepper in different growing areas [J/OL]. Food Ind Sci Technol: 1-13. [2022-12-20]. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022080125

[2] 高翔. 辣椒的保健功能及其产品的开发研究[J]. 食品研究与开发, 2004, (3): 115-116.

GAO X. Research on the health care function of pepper and its product development [J]. Food Res Dev, 2004, (3): 115-116.

- [3] 赵欠,唐毅,郑红,等.干辣椒节炒制工艺优化研究[J].中国调味品,2020,45(8):122-127.
- ZHAO Q, TANG Y, ZHENG H, *et al.* Optimization of the parching technology of dried chili festival [J]. China Cond, 2020, 45(8): 122-127.
- [4] SARDIAS N, GIL-SERNA J, SANTOS L, *et al.* Detection of potentially mycotoxigenic *Aspergillus* species in *Capsicum* powder by a highly sensitive PCR-based detection method [J]. Food Control, 2011, 22(8): 1363-1366.
- [5] 葛帅,王蓉蓉,王颖瑞,等.湖南常见辣椒品种游离氨基酸主成分分析及综合评价[J].食品科学技术学报,2021,39(2):91-102.
- GE S, WANG RR, WANG YR, *et al.* Principal component analysis and comprehensive evaluation of free amino acids of common pepper varieties in Hunan [J]. J Food Sci Technol, 2021, 39(2): 91-102.
- [6] 高翔.辣椒的保健功能及其产品的开发研究[J].食品研究与开发,2004,(3):115-116.
- GAO X. Research on the health care function of pepper and its product development [J]. Food Res Dev, 2004, (3): 115-116.
- [7] 杨海燕,郭丽,傅力,等.辣椒碱的抗菌研究[J].新疆农业大学学报,2002,(4):63-66.
- YANG HY, GUO L, FU L, *et al.* Antibacterial study of capsaicin [J]. J Xinjiang Agric Univ, 2002, (4): 63-66.
- [8] 吴迪,李华,陆启玉.辣椒生鲜面的制作及保鲜期研究[J].粮食与油脂,2017,30(2):41-44.
- WU D, LI H, LU QY. Study on the production and fresh-keeping period of hot pepper noodles [J]. Cere Oils, 2017, 30(2): 41-44.
- [9] HWANG IG, KIM HY, HWANG Y, *et al.* Quality characteristics of wet noodles combined with Cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice [J]. J Korean Soc Food Sci Nut, 2011, 40(6): 860-866.
- [10] 谭玉珩,李良怡,马妍,等.南瓜粉添加量对鲜湿面品质特性影响[J].食品与机械,2021,37(9):186-193.
- TAN YH, LI LY, MA Y, *et al.* Effect of pumpkin powder on the quality characteristics of fresh and wet noodles [J]. Food Mach, 2021, 37(9): 186-193.
- [11] 李立华.乳化剂对机制鲜湿面货架期内品质影响研究[D].长沙:中南林业科技大学,2017.
- LI LH. Effect of emulsifier on shelf-life quality of machine-made fresh and wet noodles [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2017.
- [12] SUN KN, LIAO AM, ZHANG F, *et al.* Microstructural, textural, sensory properties and quality of wheat-yam composite flour noodles [J]. Foods, 2019. DOI: 10.3390/foods8100519
- [13] 钱鑫,李良怡,周文化,等.银杏粉对小麦面团流变学特性和水分分布及迁移规律的影响[J].食品科学,2022,43(12):74-80.
- QIAN X, LI LY, ZHOU WH, *et al.* Effects of ginkgo flour on rheological properties, water distribution and migration of wheat dough [J]. Food Sci, 2022, 43(12): 74-80.
- [14] 李良怡,吴安琪,谭玉珩,等.南瓜粉对小麦粉品质特性及面团品质的影响[J].食品与机械,2021,37(5):183-186,208.
- LI LY, WU ANQ, TAN YH, *et al.* Effect of pumpkin powder on farinaceous characteristics and dough quality of wheat flour [J]. Food Mach, 2021, 37(5): 183-186, 208.
- [15] 杨艺.不溶性膳食纤维的添加对面包品质影响机制的研究[D].无锡:江南大学,2019.
- YANG Y. Study on the influence mechanism of insoluble dietary fiber on bread quality [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2019.
- [16] XIAO F, ZHANG X, NIU M, *et al.* Gluten development and water distribution in bread dough influenced by bran components and glucose oxidase [J]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 137: 110427.
- [17] 况玉玉,杨莎,张念念,等.紫菜粉对面条品质特性及微观结构的影响[J].食品工业科技,2022,43(22):111-121.
- KUANG YY, YANG S, ZHANG NN, *et al.* Effect of *Porphyra* powder on noodle quality and microstructure [J]. Food Ind Sci Technol, 2022, 43(22): 111-121.
- [18] 汪金萍,曹蒙,王雪菲,等.抹茶粉对面团流变学特性及面条品质的影响[J].现代食品科技,2022,38(8):229-235,115.
- WANG JP, CAO M, WANG XF, *et al.* Effect of matcha powder on dough rheological properties and noodle quality [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(8): 229-235, 115.
- [19] 熊柳,韩忠杰,孙庆杰.薏米粉及其淀粉的理化性质和淀粉消化性对比[J].中国粮油学报,2012,27(7):32-37.
- XIONG L, HAN ZJ, SUN QJ. Comparison of physicochemical properties and starch digestibility of coix seed flour and its starch [J]. J Chin Cereal Oils Ass, 2012, 27(7): 32-37.
- [20] 肖东.鲜湿面储藏期内老化机理及抗老化研究[D].长沙:中南林业科技大学,2016.
- XIAO D. Study on the aging mechanism and anti-aging of fresh and wet noodles during storage [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2016.
- [21] 陈洁,李璞,汪磊,等.马铃薯生全粉-小麦粉混粉的特性及其对鲜湿面品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2020,41(4):16-23.
- CHEN J, LI P, WANG L, *et al.* Characteristics of raw potato flour-wheat flour mixture and its effect on the quality of fresh and wet noodles [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed), 2020, 41(4): 16-23.
- [22] 黄延春,李云霞.红辣椒中类胡萝卜素的的研究进展[J].天然产物研究与开发,2013,25(4):562-565,571.
- HUANG YC, LI YX. Research progress of carotenoids in red pepper [J]. Nat Prod Res Dev, 2013, 25(4): 562-565, 571.
- [23] 田艳.辣椒红色素提取、分离及辐照稳定性研究[D].长沙:湖南农业大学,2013.
- TIAN Y. Study on extraction, separation and irradiation stability of capsanthin [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2013.
- [24] 陈艳,周小玲,李娜,等.干鲜湿面色泽影响因素的相关性分析[J].食品与发酵工业,2020,46(4):85-91.
- CHEN Y, ZHOU XL, LI N, *et al.* Correlation analysis of factors affecting

- the color of dry, fresh and wet noodles [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(4): 85–91.
- [25] 王晶晶. 小麦面筋蛋白对鲜湿面品质影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2014.
- WANG JJ. Study on the effect of wheat gluten on the quality of fresh and wet noodles [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2014.
- [26] CHEN Y, LIANG Y, JIA F, *et al.* Effect of extrusion temperature on the protein aggregation of wheat gluten with the addition of peanut oil during extrusion [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 166(3): 1377–1386.
- [27] AN D, LI Q, LI E, *et al.* Structural basis of wheat starch determines the adhesiveness of cooked noodles by affecting the fine structure of leached starch [J]. Food Chem, 2020, 341(P1): 128222.
- [28] 常战战, 王纪鹏, 刘云祯, 等. 制面方式对煮制鲜湿面粘连的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2021, 40(6): 76–85.
- CHANG ZZ, WANG JP, LIU YY, *et al.* Effect of noodle making methods on adhesion of cooked fresh and wet noodles [J]. J Food Sci Biotechnol, 2021, 40(6): 76–85.
- [29] 张迎敏, 任广跃, 段续, 等. 添加红薯叶对复合面条性能的影响[J]. 中国食品学报, 2022, 22(8): 190–199.
- ZHANG YM, REN GY, DUAN X, *et al.* Effect of adding sweet potato leaves on the properties of composite noodles [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2022, 22(8): 190–199.
- [30] LI M, LUO LJ, ZHU KX, *et al.* Effect of vacuum mixing on the quality characteristics of fresh noodles [J]. J Food Eng, 2012, 110(4): 525–531.
- [31] 严璟瑶, 王晓曦, 黄继红, 等. 麦麸膳食纤维在面条加工中的研究进展[J]. 粮食加工, 2021, 46(2): 14–19.
- YAN JY, WANG XX, HUANG JH, *et al.* Research progress of dietary fiber from wheat bran in noodle processing [J]. Cere Oils Process, 2021, 46(2): 14–19.
- [32] 李超然. 小麦麸不溶性膳食纤维对面条品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- LI CR. Effect of insoluble dietary fiber from wheat bran on noodle quality [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014.
- [33] 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.
- WU J, WANG YL, LI K, *et al.* Characteristic texture of dried noodles under different proofing conditions based on principal component analysis [J]. Food Sci, 2016, 37(21): 119–123.
- [34] 何新益, 汪姣, 任小青, 等. 花色馒头的制备及质构特性主成分分析[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(7): 108–112.
- HE XY, WANG J, REN XQ, *et al.* Preparation of colored steamed bread and principal component analysis of texture characteristics [J]. J Chin Cereal Oils Ass, 2011, 26(7): 108–112.

(责任编辑: 黄周梅 韩晓红)

作者简介



钱 鑫, 硕士研究生, 主要研究方向为粮食、油脂与蛋白质工程。
E-mail: 1159064778@qq.com



刘 艳, 讲师, 主要研究方向为药食同源食品研究与开发。
E-mail: 563429587@qq.com