

襄阳牛肉面质地感官与仪器分析的相关性研究

曹楚楚^{1,2}, 高海燕¹, 赵 镭², 史波林², 汪厚银², 何晓宁², 王思思², 钟 葵^{2*}

(1. 上海大学生命科学学院, 上海 200444; 2. 中国标准化研究院农业食品标准化研究所, 北京 102200)

摘 要: 目的 明确襄阳牛肉面质地的感官与质构特性以及关键评价指标, 并探讨感官与质构特性之间的关联性。**方法** 采用感官评分法对 12 种不同品牌襄阳牛肉面质地特性进行感官评定, 同时使用质构仪开展面条的拉伸实验、剪切实验以及质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)等质构特性测定, 进一步采用偏最小二乘法回归(partial least squares regression, PLSR)对感官和质构特性进行关联性分析。**结果** 襄阳牛肉面整体呈现爽滑劲道的感官特性, 有弹性、质地较硬且略黏的质构特性。感官指标的适口性、黏性以及韧性对面条质地感官评分影响显著, 不同品牌襄阳牛肉面质地的感官评分和质构指标之间均存在较强相关性, 剪切硬度、剪切韧性 with 感官评分值、适口性(软硬度)呈现显著相关性($P < 0.05$)。分析结果表明影响面条感官评分和适口性的关键质构指标是剪切硬度、剪切韧性以及最大拉伸强度。**结论** 襄阳牛肉面质地的感官评分和质构指标剪切硬度、剪切韧性以及最大拉伸强度之间存在显著关联性。本研究为构建襄阳牛肉面的感官性状评价体系奠定了基础。

关键词: 襄阳牛肉面; 质地感官评定; 质构特性; 相关性

Correlation between texture sensory and instrumental measurement of Xiangyang beef noodles

CAO Chu-Chu^{1,2}, GAO Hai-Yan¹, ZHAO Lei², SHI Bo-Lin², WANG Hou-Yin²,
HE Xiao-Ning², WANG Si-Si², ZHONG Kui^{2*}

(1. School of Life Sciences, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. Institute of Agri-food Standardization, China National Institute of Standardization, Beijing 102200, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the key indicators of sensory and texture characteristic of Xiangyang beef noodle texture and explore the correlation between sensory and texture characteristic. **Methods** The texture characteristic of 12 kinds of different brands of Xiangyang beef noodles were evaluated by scoring method, and the texture characteristics of noodles such as tensile experiment, shear experiment and texture profile analysis (TPA) experiment. Partial least squares regression (PLSR) was further used to analyze the correlation of sensory and texture properties. **Results** The Xiangyang beef noodles exhibited a refreshing and powerful sensory characteristics, with elastic, hard and slightly sticky texture characteristics. The palatability, stickiness and smoothness of sensory indexes had a significant impact on the sensory score, and there was a correlation between the sensory score and texture index of different brands of Xiangyang beef noodle texture. Shear hardness, shear toughness were significantly correlated with the total sensory evaluation score, palatability (softness and hardness) ($P < 0.05$). The analysis results

基金项目: 标准委国家标准制修订项目(562021C-8801)、中国标准化研究院院长基金重点项目(562023Y-10388)

Fund: Supported by the Standardization Administration National Standards Revision Project (562021C-8801), and the Key Programs of Foundation of President of China National Institute of Standardization (562023Y-10388)

*通信作者: 钟葵, 博士, 副研究员, 主要研究方向为感官分析。E-mail: zhongkui@cnis.ac.cn

*Corresponding author: ZHONG Kui, Ph.D, Associate Professor, China National Institute of Standardization, No.36, Yong'an Road, Changping District, Beijing 102200, China. E-mail: zhongkui@cnis.ac.cn

showed that the key texture indicators affecting the sensory score and palatability of noodles were shear hardness, shear toughness and maximum tensile strength. **Conclusion** There is a significant correlation between the sensory score of Xiangyang beef noodle texture and the texture indexes, shear hardness, shear toughness and maximum tensile strength. This study lays a foundation for constructing an sensory trait evaluation system for Xiangyang beef noodles.

KEY WORDS: Xiangyang beef noodles; texture sensory evaluation; texture properties; correlation

0 引 言

面条起源于中国, 已有四千多年的制作食用历史, 是我国北方地区的重要主食。面条制作简便, 食用方式多样, 特别是即食面类产品以其方便、口味丰富深受人们喜爱^[1]。国内市场传统即食面多以油炸为主, 近几年来随着消费升级, 即食面产品品类越来越丰富, 具有地方特色风味的即食面产品, 譬如重庆小面、兰州拉面、襄阳牛肉面等逐渐越来越受到消费者青睐^[2]。襄阳牛肉面产业是襄阳地区的七大特色农业产业之一^[3], 其特色是加工过程中采用碱水和面, 增强了面条的黏弹性, 从而使面条质地更劲道、更有韧性^[4]。

面条质量评价的重要品质指标是质地^[5], 其评价以仪器测量为主, 采用质构仪开展质构剖面分析以及剪切、拉伸测试, 解析面条的质构特性^[6]。其中, 质构剖面机械性能参数包括黏性、咀嚼性、回复性、硬度、脆性、黏连性、内聚性、弹性和胶着性 9 个特性^[7-10]。迄今为止, 面条质构特性的研究主要集中在黏性、韧性、硬度以及咀嚼性等方面, 而面条质地感官特性研究主要针对黏性、硬度以及韧性等指标^[11]。近年来有学者研究表明^[12]面条感官特性与质构指标关联性很强, 其感官品质与面条拉断力具有显著相关性; 杨永红^[13]研究表明, 面条表观状态、韧性与最大剪切力显著正相关。但在面条感官评价方面, 对评价人员的数量和专业水平的要求较高, 而目前对于碱面的感官评价研究较少, 且对于碱面质地的感官评价和质构特性尚不明确。因此, 本研究以市售不同品牌襄阳牛肉面产品为原料, 采用评分法对面条的质地进行感官评定, 并且利用质构仪来对襄阳牛肉面的质构特性展开分析, 同时采用偏最小二乘法回归(partial least squares regression, PLSR)来进一步对面条感官评定和质构参数之间的相关性展开研究, 旨在为现有襄阳牛肉面产品的质地特性评价及指标建立提供理论和数据参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

收集 12 款市售主要的襄阳牛肉面产品, 分别为 XJWPZ(湖北襄贸餐饮有限责任公司)、DZJ(襄阳云路食品有限公司)、MCN(湖北美玉面业股份有限公司)、JFQ(襄

阳红华食品有限公司)、JCDD(湖北襄贸餐饮有限责任公司)、XM(襄阳静香食品有限公司)、LSJ(襄阳红华食品有限公司)、SQJT(湖北襄阳面留香餐饮管理有限公司)、DMR(湖北襄阳游诸葛食品有限公司)、XFL(襄阳红华食品有限公司)、NWX(襄阳诚鼎牛味鲜食品有限公司)、XGL(襄阳赛奥食品有限公司); 感官测试水为景田纯净水。

1.2 仪器与设备

九阳 JK-30H06 电火锅(杭州九阳生活电器有限公司); TA.XT.Plus 型质构仪(英国 SMS 公司)。

1.3 方 法

1.3.1 样品的制备

取 1 包面条, 以 1:10 (m:V) 的比例加入沸水中, 加盖煮 6 min 左右(面条白芯消失)后将襄阳牛肉面捞出, 过凉水 10 s, 再将样品盛入有盖容器中, 加盖后待测, 并且在 5 min 内进行感官评价与质构测定。

1.3.2 感官评价小组的建立与培训

感官评价人员的筛选遵循 GB/T 16291.1—2012《感官分析: 选拔、培训与管理评价员一般导则: 第 1 部分: 优选评价员》进行, 通过感官功能、感官灵敏度等测试, 对评价人员进行筛选和培训, 每次实验时要求评价人员处于嗅觉正常状态, 实验前不抽烟喝酒、实验当天不食用刺激以及有气味的食品饮料, 实验前 20 min 内不得进行有关检测/评价气味或有气味化合物的任何其他感官分析工作。确定 10 名评价员, 年龄为(28±5)岁, 组成襄阳牛肉面感官评价小组。

1.3.3 面条质地感官评价

将 1.3.1 制备好的样品装入品评碗中, 每个品评碗中装有 10 根面条, 感官评价人员结合表 1 的评分标准对样品进行评估, 根据评估结果对面条的表观状态、适口性、光滑性、韧性、黏性进行打分(结果保留 1 位小数), 最后进行分数汇总。评分标准主要参考 GB/T 35875—2018《粮油检验 小麦粉面条加工品质与评价》与 LS/T 3202—1993《面条用小麦粉》。

1.3.4 质构测定

将 1.3.1 制备好的面条摆放在托盘内湿润纱布上, 用另一湿润纱布覆盖, 再将样品放在室温下 2 min 后进行测定。

(1) 拉伸实验

参数设置: 测试速度 1 mm/s, 测试后速度 10 mm/s, 感应力: 5 g, 数据采集速率为 200 pps, 初始距离为 1 cm, 并校准零基点^[14]。

表 1 面条品尝项目及评分标准
Table 1 Noodle tasting items and scoring criteria

感官特性	满分	定义	评分标准
表观状态	10 分	指面条表面光滑和膨胀程度	表面结构细密、光滑为 8.5~10.0 分；中间为 6.0~8.4 分；表面粗糙、膨胀为 1.0~5.9 分
适口性(软硬)	20 分	指用牙咬断一根面条所需力的大小	所需力适中为 17.0~20.0 分；稍偏硬或软 12.0~16.9 分；太硬或太软为 1.0~11.9 分
光滑性	5 分	指品尝面条时口感的光滑程度	光滑爽口为 4.3~5.0 分；中间为 3.0~4.2 分；光滑程度差为 1.0~2.9 分
韧性	25 分	指在咀嚼过程中，咬劲和弹性的大小	富有咬劲和弹性为 21.0~25.0 分；咬劲和弹性一般为 15.0~20.9 分；弹性不足和咬劲差为 1.0~14.9 分
黏性	25 分	指在咀嚼过程中，面条黏牙程度	咀嚼时爽口、不黏牙为 21.0~25 分；较爽口、稍黏牙为 15.0~20.9 分；不爽口、发黏为 10.0~14.9 分

挑选整体较完整的面条 1 根，选取有效测试部位，轻轻缠绕在两平行棍上，采用 A/SPR 探针，按上述参数设置，启动 TA. XT. Plus 型质构仪，测定其拉伸强度，重复测量 10 次。

(2)剪切实验

参数设置：测试速度 0.17 mm/s，测试后速度 2 mm/s，感应力：5 g，初始距离：4.5 mm，间隔时间为 2 s，数据采集率保持在 200 pps^[15]。

取待测面条 4 根，保持间距相同并平放在 TA. XT. Plus 型质构仪测定平台上。采用 P/50 探头，按上述参数设置，启动质构仪。质构仪自动对面条进行测定，并且会形成实验曲线，重复测量 10 次。

(3) TPA 实验

参数设置：测试前速度 0.5 mm/s，测试速度 0.5 mm/s，测试后速度 0.5 mm/s，感应力：5 g，应变位移为 75%，数据

采集速率保持在 200 pps^[16]。

取待测面条 3 根，保持间距相同并平放在 TA. XT. Plus 型质构仪测定平台上。采用 A/LKB 探头，按上述参数设置，启动质构仪，重复测量 10 次。

1.3.5 数据处理

使用 Microsoft Office Excel 2021 对感官评价结果计算平均值和标准差。所有质构测定均重复 10 次，采用 Origin 2021 对质构特性结果绘制相关性色图，采用 XLSTAT 2019 对结果进行 PLSR 分析。

2 结果与分析

2.1 质地感官评价

由表 2 可知，不同品牌襄阳牛肉面感官质地总分均在 61.0~70.1 之间，SQJT、DMR 这两个品牌的襄阳牛肉面感

表 2 面条感官评价结果
Table 2 Results of sensory evaluation of noodles

品牌	表观状态	适口性	韧性	黏性	光滑性	总分
XJWPZ	8.9±0.2 ^{ab}	13.8±0.9 ^{de}	18.0±1.2 ^c	18.5±0.1 ^{bcd}	4.4±0.1 ^a	63.6±4.2 ^{bc}
XGL	8.7±0.8 ^{abc}	13.8±1.4 ^{cde}	15.9±0.8 ^c	20.3±1.0 ^{ab}	4.3±0.3 ^a	63.2±0.5 ^{bc}
LSJ	8.3±0.6 ^{bcd}	15.3±1.2 ^{bcd}	19.8±1.4 ^{ab}	19.7±1.5 ^{abcd}	4.3±0.3 ^a	67.4±2.8 ^{ab}
JFQ	8.4±0.5 ^{abc}	12.8±1.0 ^e	19.8±0.9 ^a	18.4±1.6 ^{abcd}	4.2±0.2 ^a	63.6±0.2 ^{bc}
XM	8.4±0.4 ^{abc}	14.3±1.5 ^{cde}	19.7±0.9 ^{ab}	18.6±1.4 ^{bcd}	4.3±0.3 ^a	65.3±2.0 ^{abc}
XFL	7.7±1.0 ^{de}	13.6±0.5 ^e	18.6±1.4 ^b	17.0±1.1 ^d	4.1±0.3 ^a	61.0±1.6 ^c
NWX	8.3±1.0 ^{cde}	13.0±0.8 ^{de}	20.0±1.3 ^a	17.6±1.3 ^{cd}	4.2±0.4 ^a	63.1±0.6 ^{bc}
MCN	8.8±0.2 ^{abc}	14.7±1.3 ^{abc}	19.7±1.9 ^{ab}	19.9±2.0 ^{abc}	4.3±0.1 ^a	67.4±0.1 ^{ab}
DZJ	7.7±0.5 ^e	14.8±1.6 ^{abc}	19.5±1.2 ^{ab}	19.8±1.5 ^{abc}	4.4±0.2 ^a	66.2±0.2 ^{abc}
JCDD	8.3±0.8 ^{bcd}	15.1±1.0 ^{abc}	19.8±1.6 ^{ab}	19.2±1.3 ^{abcd}	4.3±0.1 ^a	66.7±0.5 ^{ab}
DMR	8.5±0.8 ^{abcd}	16.3±1.9 ^{ab}	19.8±1.0 ^{ab}	20.6±1.0 ^{ab}	4.4±0.1 ^a	69.6±1.8 ^a
SQJT	9.0±0.2 ^a	15.9±1.7 ^a	20.2±0.6 ^a	20.6±0.8 ^a	4.4±0.1 ^a	70.1±0.19 ^a

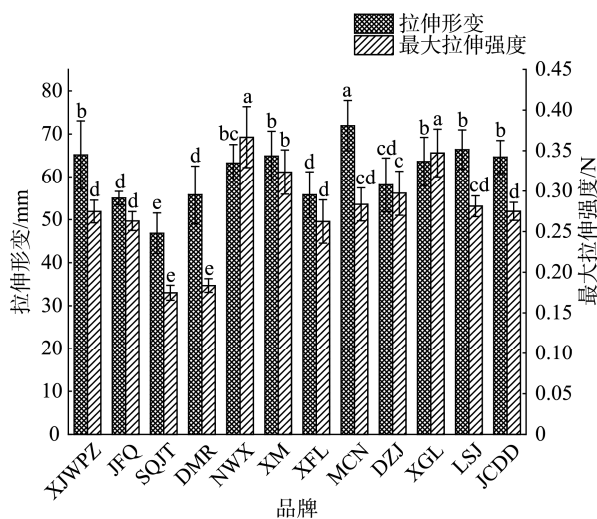
注：同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

官总评分较高。XFL 感官评定总分较低,相比其他产品,感官质地接收性较差。大部分品牌襄阳牛肉面外观状态和光滑性评分较高,表面致密光滑,口感爽滑。同时,整体具有较好的适口性、韧性及黏性,评分值均处于中等及中上水平,呈现硬度稍偏硬、口感较为劲道、有弹性且爽口不黏牙的特性。不同品牌襄阳牛肉面在外观状态、适口性、韧性以及黏性上存在显著性差异($P<0.05$),SQJT 和 XJWPZ 的外观状态显著高于半数襄阳牛肉面产品($P<0.05$),XFL 和 DZJ 这两个样品体现出一些膨胀现象。适口性是反映咀嚼过程中面条的软硬程度,感官评分值在 12.8~16.3 之间,相比普通面条,碱面口感偏硬^[17-19]。韧性代表了面条的咬劲和弹性,大部分样品表现出一致韧性强度,仅 XJWPZ 和 XGL 样品的弹性和咬劲显著低于其他产品($P<0.05$)。黏性感官评分在 17.0~20.6 之间,可以看出 DMR 和 SQJT (20.6) 更为爽口不黏牙, XFL (17.0) 较为黏牙,样品之间黏性差异显著($P<0.05$)。结果表明市售不同品牌襄阳牛肉面表现了较为一致的感官特性,但有少数品牌在外观状态、适口性、韧性与黏性上存在一定差异。

2.2 质构特性指标测定

2.2.1 拉伸实验结果

图 1 是不同品牌襄阳牛肉面拉伸实验测定结果。由图 1 中可以看出不同品牌襄阳牛肉面拉伸变形几乎都在 55~70 mm 之间,说明其具有良好的拉断力,同时绝大多数在拉伸强度特性上的差别较小,呈现出良好的共性。不同品牌面条的拉伸变形和最大拉伸强度方面也存在显著性差异($P<0.05$)。由图 1 中可以看出 MCN 的拉伸变形最大,说明其不易被拉断,MCN 与 SQJT、XFL 存在着显著性差异



注: 同一特性不同小写字母表示具有显著性差异($P<0.05$), 图 2、3 同。

图 1 不同品牌襄阳牛肉面的拉伸特性结果对比

Fig.1 Comparison of tensile characteristics results of different brands of Xiangyang beef noodles

($P<0.05$)。由图 1 可看出 NWX、XGL 以及 XM 的最大拉伸强度处于较高的水平,而 SQJT、DMR 的最大拉伸强度较小, SQJT、DMR 与其他品牌襄阳牛肉面均存在显著性差异($P<0.05$)。因此拉伸实验测定结果可以看出绝大多数品牌的襄阳牛肉面的在拉伸变形上共性较强, SQJT、DMR 与其他品牌相比最大拉伸强度较差。

2.2.2 剪切实验结果

图 2 是不同品牌面条剪切实验的测定结果。由图 2 中可以看出不同品牌襄阳牛肉面在剪切韧性方面上除 SQJT、DMR 这两个品牌较差,其余均表现出良好的剪切韧性。图 2 可以看出不同品牌襄阳牛肉面在剪切硬度方面表现出良好的共性,但 DMR 与 SQJT 剪切硬度较低,其他产品剪切硬度均处于 2.5~3.3 N 之间。

不同品牌襄阳牛肉面的剪切韧性和剪切硬度方面均存在显著性差异($P<0.05$)。由图 2 中可以看出 JFQ、LSJ 及 NWX 的剪切韧性较大, SQJT、DMR 剪切韧性较小,可能与面条的粗细有关,根据瞿欣等^[20]研究表明不同粗细产品的韧性和硬度具有一定的差异。由图 2 可看出不同品牌襄阳牛肉面质构方面的剪切硬度存在显著性差异($P<0.05$),MCN 剪切硬度最大且与其他品牌之间均存在着显著性差异($P<0.05$),而 SQJT、DMR 的剪切硬度较小, SQJT 与 DMR 存在着显著性差异($P<0.05$)。结果表明不同品牌的襄阳牛肉面由于粗细不同对于剪切实验结果影响较大,同时在剪切韧性和硬度方面存在差异,并且较多品牌的襄阳牛肉面体现出良好的共性。

2.2.3 TPA 实验结果

图 3 是不同品牌面条 TPA 的测定结果。从整体可以看出不同品牌在 TPA 测定的不同特性中表现出较好的共

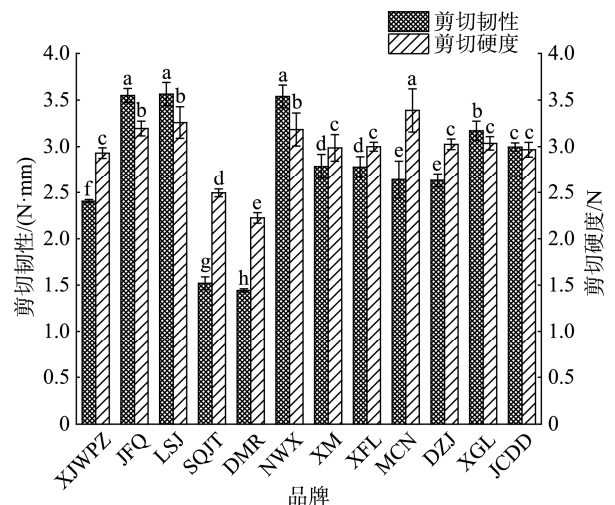


图 2 不同品牌襄阳牛肉面的剪切实验结果对比

Fig.2 Comparison of shear test results of different brands of Xiangyang beef noodles

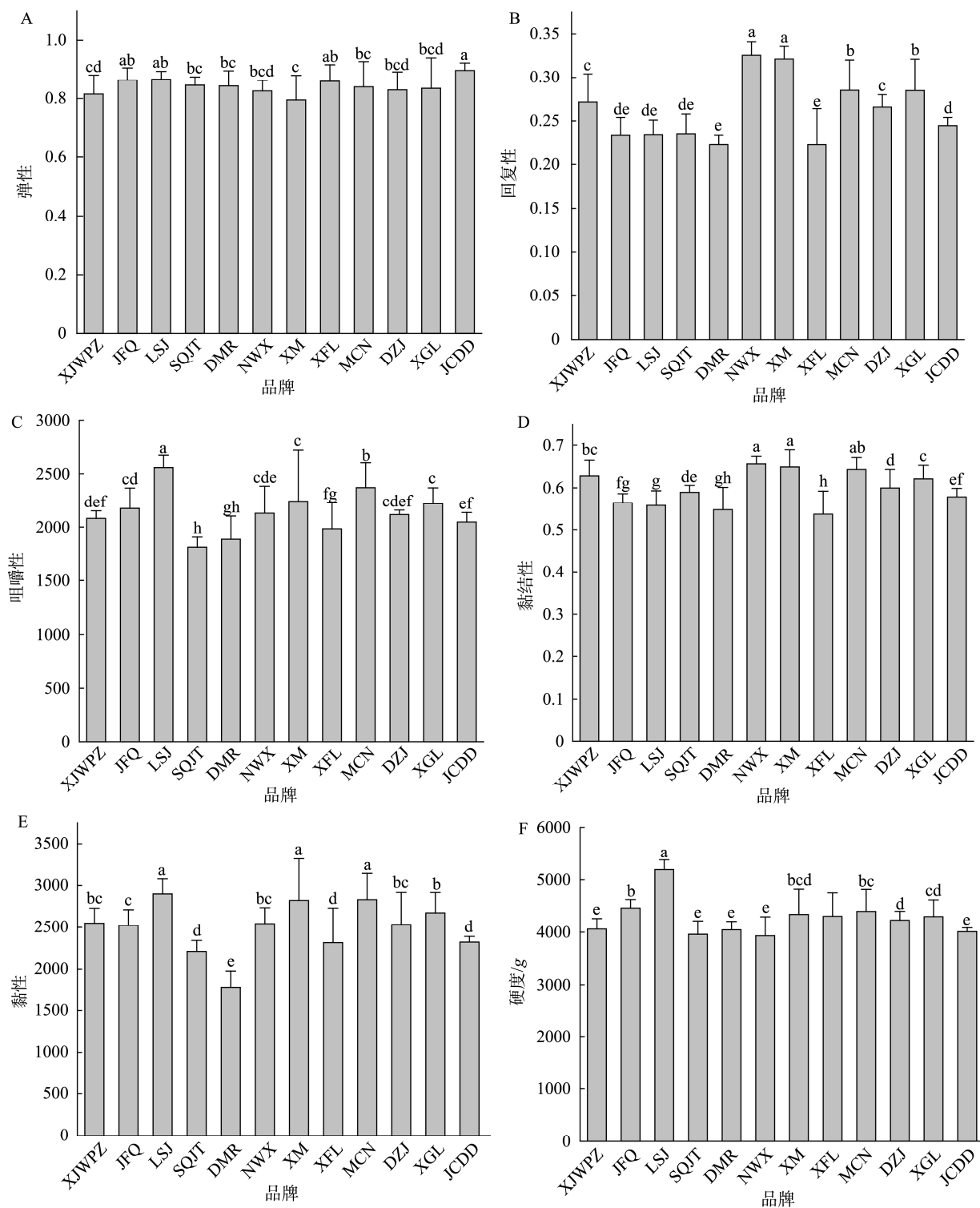


图 3 不同品牌襄阳牛肉面的 TPA 测试结果对比

Fig.3 Comparison of TPA results of different brands of Xiangyang beef noodles

性,特别在弹性上,结果均在 0.8~0.9 之间,但是也有些品牌 TPA 特性中存在着一定的差异。由图 3A 中可以看出不同品牌襄阳牛肉面的弹性差异较小,其中弹性最大的为 JCDD,弹性最小的为 XM。由图 3B 可看出不同品牌襄阳

牛肉面的回复性差异显著($P<0.05$), NWX、XM 的回复性较高,与其他品牌均存在显著性差异($P<0.05$)。图 3C 中可以看出不同品牌襄阳牛肉面的咀嚼性主要集中在 2000~2500 之间,结果表明 LSJ 的咀嚼性较大, SQJT、DMR 的咀嚼性

较小, LSJ、MCN 与其他品牌均存在着显著性差异 ($P<0.05$)。图 3D 可以体现出 NWX、XM 黏结性高于其他品牌, XFL 的黏结性最低。图 3E 表明不同品牌襄阳牛肉面黏性具有显著性差异 ($P<0.05$), SQJT、DMR 这两个品牌的黏性显著低于其他品牌, LSJ 的黏性最大。图 3F 可以看出不同品牌的襄阳牛肉面在硬度上具有差异显著性 ($P<0.05$), 其中 LSJ 的硬度最大, 为 5000 g 以上且与其他品牌均存在显著性差异 ($P<0.05$), 其他品牌的硬度测定结果均在 4000~4500 g 之间。有研究表明^[21], 碱面与普通的挂面相比较, 具有很好的硬度、良好的弹性和光滑的表面。结果表明不同品牌的襄阳牛肉面在弹性、回复性、咀嚼性、黏结性、黏性以及硬度整体上表现出良好的共性, 也存在显著性差异 ($P<0.05$)。

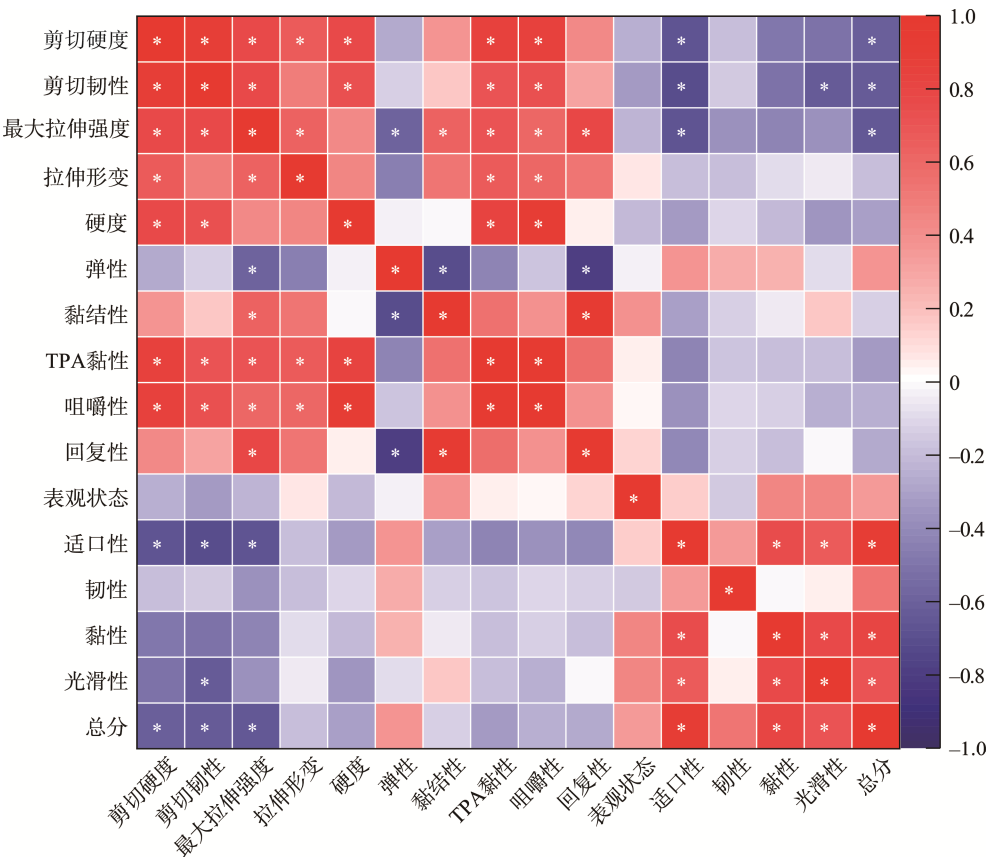
2.3 感官质地与理化质构关联性分析

由图 4 可知, 不同品牌襄阳牛肉面的感官评价指标中, 除表观状态和韧性外, 其余 4 个指标之间均具有显著正相关性 ($P<0.05$)。

不同品牌襄阳牛肉面的质构参数中, 质构仪检测指

标之间呈现出来较好的相关性^[22]。由图 4 可以看出弹性与硬度无相关性^[23], 与其他质构参数表现负相关性, 与最大拉伸强度、黏结性和回复性呈现显著负相关性 ($P<0.05$), 这与前人研究中弹性与黏结性呈现负相关的结果保持一致^[24-25]。所有质构指标中除了黏结性和回复性、硬度外, 其余 7 个指标呈现显著正相关 ($P<0.05$)。此外, 拉伸实验参数、剪切实验参数、TPA 硬度均与 TPA 实验中的咀嚼性和黏性呈现显著正相关性, 这与朱红等^[26]研究结果中硬度与咀嚼性具有强相关性保持一致, 剪切特性和拉伸特性之间呈显著正相关性。

进一步由图 4 可见, 襄阳牛肉面的感官指标与质构参数之间, 除弹性外, 主要呈现出负相关性。感官适口性及黏性与质构的剪切和拉伸参数存在显著负相关性 ($P<0.05$)。多项研究^[27-29]表明剪切硬度与感官指标具有显著的相关性, 与本研究结果一致。感官评定总分与剪切韧性、剪切硬度、最大拉伸强度具有显著相关性 ($P<0.05$), 剪切韧性与光滑性具有显著相关性 ($P<0.05$), 最大拉伸强度与适口性具有显著相关性 ($P<0.05$), 与前人研究结果保持一致^[30]。TPA 实



注: 红色表示正相关性, 蓝色表示负相关性。图中颜色越深表示相关性系数 r 值的绝对值越高, 其相关性的可信度越高, *表示呈显著相关性 ($P<0.05$)。

图 4 不同品牌襄阳牛肉面质构参数与感官评定参数相关性色图

Fig.4 Color map of correlation between texture characteristic and sensory evaluation of different brands of Xiangyang beef noodles

验的弹性、黏结性、黏性、咀嚼性以及回复性与感官评定指标之间均无相关性,与前人的实验结果^[31]中 TPA 回复性、弹性与感官评定指标无相关性相同,说明 TPA 实验的这两个指标对感官质地预测作用有限。实验结果表明,相对于 TPA 指标来说,剪切实验的剪切硬度、剪切韧性和拉伸实验的最大拉伸强度指标比较准确地反映了襄阳牛肉面的感官性状及口感。

建立 12 款不同品牌襄阳牛肉面的 PLSR 模型,进一步分析感官评定结果与仪器质构指标之间的关联性。图 5 建立的 PLSR 模型所提取的两个主成分,总解释变量为 71.78%,表明模型可以代表样品的绝大部分信息。由图 5 可见,将 12 款不同品牌襄阳牛肉面聚为两类, SQJT、DMR 为一类,其余 10 个品牌聚为一类。表明对于市售不同品牌的襄阳牛肉面,其面条质地表现出高度一致的感官和理化特性。大部分质构指标分布在 X 轴的左边,表现出与感官适口性和感官总分负相关,而弹性分布在 X 轴右侧,表现出与适口性和总分正相关。SQJT 和 DMR 的感官适口性和总分最高,与剪切硬度、剪切韧性、拉伸强度呈现负相关性,实验结果中剪切硬度、剪切韧性以及最大拉伸强度之间具有强相关性,拉伸形变、黏结性、咀嚼性、TPA 黏性具有强相关性,TPA 实验中的回复性和硬度相关性极强。剪切实验的剪切硬度、剪切韧性以及拉伸实验的拉伸强度在主成分 1 与主成分 2 的负方向,且与两个主成分都具有强相关性。而感官评定的适口性和总分均在主成分 1、主成分 2 的正方向,因此剪切硬度、剪切韧性以及最大拉伸强度与感官评定适口性、总分呈现负相关性。

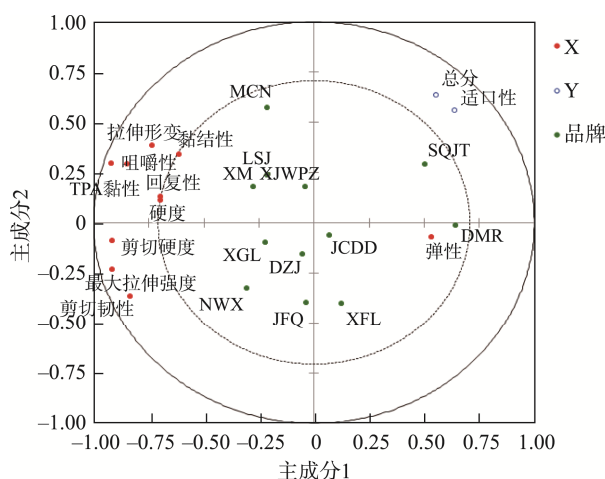


图 5 不同品牌襄阳牛肉面的质构参数与质地感官评定得分散点图

Fig.5 Scatter plot of texture parameters and sensory evaluation scores of Xiangyang beef noodles from different brands

VIP 值可用来表征该变量对不同产品的贡献值的大小, VIP 值大于 1 表明该指标对于样品的分类结果权重影响率大于 50%, 即对分类结果具有统计学意义, 也可作为不同品牌襄阳牛肉面聚类的重要依据。由图 6 可知, 质构特性的剪切韧性、剪切硬度以及最大拉伸强度的 VIP 值均大于 1, 对聚类结果影响较大, 这 3 个指标对该模型的解释贡献最大。

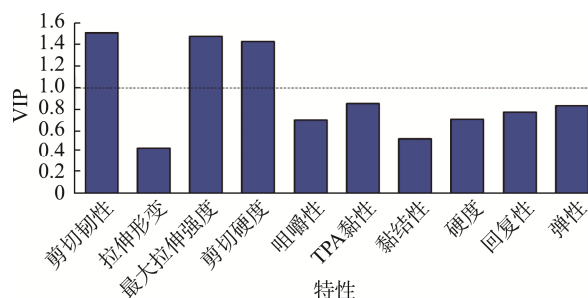


图 6 不同品牌襄阳牛肉面的 PLSR VIP 值图

Fig.6 PLS-R VIP map of different brands of Xiangyang beef noodles

3 结 论

本研究对 12 款不同品牌襄阳牛肉面质地特性开展了感官评价和质构特性的测定, 进一步采用 PLSR 模型对质地的感官和理化特性关联性展开了研究。襄阳牛肉面整体呈现出口感劲道爽滑、有弹性、质地较硬的感官特性, 质构上主要表现出硬度高、有弹性且略黏的特性。不同品牌襄阳牛肉面质地的感官评分和质构指标之间存在着相关性, 剪切硬度、剪切韧性与感官评分、适口性(软硬度)显著相关($P<0.05$), 剪切韧性与感官光滑性显著相关($P<0.05$), 最大拉伸强度与感官适口性具有显著相关性($P<0.05$)。PLSR 分析结果表明影响面条感官评分和适口性的关键质构指标是剪切硬度、剪切韧性以及最大拉伸强度。本研究结果为后期襄阳牛肉面质地评价关键指标筛选和评价体系建立以及产业应用提供了基础数据和思路借鉴。

参考文献

- [1] 李康, 胡宏海, 樊月, 等. 不同品种小麦粉对马铃薯面条食用品质的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 83-89.
- LI K, HU HH, FAN Y, et al. Effects of different varieties of wheat flour on the edible quality of potato noodles [J]. Mod Food Sci Technol, 2018, 34(3): 83-89.
- [2] 王娜, 潘治利, 康彦春, 等. 冷冻节能工艺对速冻熟制面条品质影响的研究[J]. 江西农业学报, 2020, 32(5): 88-92, 98.

- WANG N, PAN ZL, KANG YC, *et al.* Study on effect of freezing energy-saving technology on quality of quick-frozen cooked noodle [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2020, 32(5): 88–92, 98.
- [3] 陈文超. 地域特色产品走出去发展的政府干预路径——基于襄阳牛肉面走出去发展战略的经验分析[J]. *武汉科技大学学报(社会科学版)*, 2020, 22(5): 507–513.
- CHEN WC. Government approaches to promoting products with regional characteristics: An analysis of Xiangyang beef noodle going-out strategies [J]. *J Wuhan Sci Technol Univ*, 2020, 22(5): 507–513.
- [4] HAN CW, MA M, LI M, *et al.* Further interpretation of the underlying causes of the strengthening effect of alkali on gluten and noodle quality: Studies on gluten, gliadin, and glutenin [J]. *Food Hyd*, 2020, 103: 105661.
- [5] DANKWA KO, LIU YJ, PU ZE. Evaluating the nutritional and sensory quality of bread, cookies and noodles made from wheat supplemented with root tuber flour [J]. *Brit Food J*, 2017, 119 (4): 895–908.
- [6] ZHANG TJ, GUAN EQ, YANG YL, *et al.* Comparison and mechanism analysis of the changes in viscoelasticity and texture of fresh noodles induce by wheat flour lipids [J]. *Food Chem*, 2022, 397: 133567.
- [7] SZCZESNIAK AS. Texture is a sensory property [J]. *Food Qual Prefer*, 2002, 13(4): 215–225.
- [8] OKPALACO R, JUCHNIEWICZ S, LEICHT K, *et al.* Quality attributes of different marinated oven-grilled pork neck meat [J]. *Int J Food Prop*, 2023, 26(1): 453–470.
- [9] 赵清霞, 郑环宇, 丁阳月, 等. 湿豆渣面包仪器质构与感官质构相关性分析[J]. *食品科技*, 2016, 37(6): 94–99.
- ZHAO QX, ZHENG HY, DING YY, *et al.* Analysis of the correlation between the sensory evaluation and texture instruments of fresh okara-wheat bread [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(6): 94–99.
- [10] 张杨, 梁怡蕾, 潘琦雯, 等. 猕猴桃感官评定与质地剖面分析的相关性[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(16): 243–247, 252.
- ZHANG Y, LIANG YL, PAN QW, *et al.* Correlation between the sensory evaluation and texture profile analysis of kiwifruit [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(16): 243–247, 252.
- [11] 罗斌, 赵有斌, 尹学清, 等. 质构仪在果蔬品质评定中应用的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(5): 209–213.
- LUO B, ZHAO YB, YIN XQ, *et al.* Application progress of texture analyzer in the research of fruit and vegetable quality evaluation [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(5): 209–213.
- [12] 刘通通, 张雯婧, 彭嘉颖, 等. 黄淮麦区优质强筋、中筋小麦粉品质特性与面条性质的相关性分析[J]. *中国粮油学报*, 2022, 37(2): 39–45.
- LIU TT, ZHANG WJ, PENG JY, *et al.* Correlation analysis between quality characteristics of high-quality strong-gluten and medium-gluten wheat flour and noodle properties in Huanghuai wheat area [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2022, 37(2): 39–45.
- [13] 杨永红. 红小豆超微粉对面粉理化性质及鲜湿面条品质的影响[J]. *食品与机械*, 2022, 38(8): 188–194.
- YANG YH. Effects of superfine adzuki bean flour on physicochemical properties of flour and development of fresh and wet noodles [J]. *Food Mach*, 2022, 38(8): 188–194.
- [14] FAN HP, AI ZL, CHEN YH, *et al.* Effect of alkaline salts on the quality characteristics of yellow alkaline noodles [J]. *J Cere Sci*, 2018, 84: 159–67.
- [15] LI M, ZHU KX, SUN QJ, *et al.* Quality characteristics, structural changes, and storage stability of semi-dried noodles induced by moderate dehydration: Understanding the quality changes in semi-dried noodles [J]. *Food Chem*, 2016, 19(4): 797–804.
- [16] FOO WT, YEW HS, LIONG MT, *et al.* Influence of formulations on textural, mechanical and structural breakdown properties of cooked yellow alkaline noodles [J]. *Int Food Res J*, 2011, 18(4): 129.
- [17] 任佳影, 陈洁, 汪磊. 食用碱对蛋白质聚集行为及面条品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2020, 41(3): 27–33.
- REN JY, CHEN J, WANG L. Effects of dietary alkali on protein aggregation behavior and noodle quality [J]. *J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed)*, 2020, 41(3): 27–33.
- [18] 李傲荣. 碱性电解水对重庆小面面团理化特性及面条品质影响[D]. 重庆: 西南大学, 2022.
- LI AOR. Effects of alkaline electrolyzed water on physicochemical properties of Chongqing noodles dough and its noodle quality [D]. Chongqing: Southwest University, 2022.
- [19] LI M, SUN QJ, HAN CW, *et al.* Comparative study of the quality characteristics of fresh noodles with regular salt and alkali and the underlying mechanisms [J]. *Food Chem*, 2018, 246: 335–342.
- [20] 瞿欣, 孙汝澈, 朱中卫, 等. 定型聚合物对不同人种头发力学性能的影响[J]. *日用化学科学*, 2012, 35(11): 21–25.
- QU X, SUN RW, ZHU ZW, *et al.* Differences in performance of styling polymers on ethnic hair types [J]. *Det Cos*, 2012, 35(11): 21–25.
- [21] ZHANG LL, GUAN EQ, YANG YL, *et al.* The globulin aggregation characteristics induced by salt and alkali and its effects on dough processing quality [J]. *J Cere Sci*, 2022, 104: 103437.
- [22] 葛小通, 王红丽, 尹明雨, 等. 冷冻即食海参质构特性指标的相关性研究[J]. *中国食品学报*, 2023, 23(1): 9.
- GE XT, WANG HL, YIN MY, *et al.* Study on correlation of texture properties of frozen instant sea cucumber [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2023, 23(1): 9.
- [23] 孙钟雷, 孟余燕, 李宇. 重庆小面质构特性分析研究[J]. *食品科技*,

- 2019, 44(9): 166–171.
- SUN ZL, MENG YY, LI Y. Analysis of the texture characteristics of Chongqing spicy noodles [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(9): 166–171.
- [24] 张光耀, 彭慧慧, 张静, 等. 豌豆组织化蛋白品质因子分析及工艺优化[J]. 现代食品科技, 2021, 37(12): 153–161.
- ZHANG GY, PENG HH, ZHANG J, *et al.* Quality factor analysis and process optimization of textured pea protein [J]. Mod Food Sci Technol, 2021, 37(12): 153–161.
- [25] 陆启玉. 小麦面粉中主要组分对面条特性影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- LU QY. Effects of main components in wheat flour on noodle characteristics [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.
- [26] 朱红, 孙健, 钮福祥, 等. 基于主成分分析和质构分析的甘薯泥品质综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(1): 134–140.
- ZHU H, SUN J, NIU FX, *et al.* Comprehensive evaluation of sweet potato mud quality based on principal component analysis and texture analysis [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(1): 134–140.
- [27] 任范伟, 朱兰兰, 周德庆. 秋刀鱼肉质感官评价与质构的相关性分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(11): 1932–1938.
- REN FW, ZHU LL, ZHOU DQ. Correlation between meat quality sensory evaluation and texture of cololabissaira [J]. J South Agric, 2016, 47(11): 1932–1938.
- [28] RAHMAN MS, ALWAILI HN, GUIZANI N, *et al.* Instrumental-sensory evaluation of texture for fish sausage and its storage stability [J]. Fish Sci, 2007, 73(5): 1166–1176.
- [29] LAURIE SM, FABER M, CALITZ FJ, *et al.* The use of sensory attributes, sugar content, instrumental data and consumer acceptability in selection of sweet potato varieties [J]. J Sci Food Agric, 2013, 93(7): 1610–1619.
- [30] 王晓慧, 李玲伊, 非泽悟, 等. 发酵玉米面条品质评价指标研究[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(12): 26–31.
- WANG XH, LI LY, JIU ZW, *et al.* Study on the quality index of fermented corn noodles [J]. Food Nutr China, 2012, 18(12): 26–31.
- [31] 殷俊, 李汴生. 潮州牛肉丸质构的感官评定与仪器分析[J]. 食品科技, 2012, 37(5): 112–116.
- YIN J, LI BS. Sensory and instrumental measurement of Chaozhou beef meatballs [J]. Food Sci Technol, 2012, 37(5): 112–116.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



曹楚楚, 硕士研究生, 主要研究方向为食品感官与风味分析。

E-mail: 1539045043@qq.com



钟葵, 博士, 副研究员, 主要研究方向为感官分析。

E-mail: zhongkui@cnis.ac.cn