

基于主成分分析与聚类分析的面条力学品质评价

邓雁方¹, 陈绍军², 钟焱¹, 林川², 陈安均¹, 张宇², 刘兴艳^{1*}

1(四川农业大学 食品学院, 四川 雅安, 625000) 2(内江市农业科学院, 四川 内江, 641000)

摘 要 为了探究不同类别挂面力学品质差异, 以面条硬度、黏性、弹性、咀嚼性、抗拉强度、盐、添加剂、风味成分为评判指标, 采用主成分分析和聚类分析来对面条力学品质进行评价。结果表明, 通过主成分分析可以得到 2 个主成分, 累计贡献率达 85.323%; 再由聚类分析将面条分为三类, 分别为零添加面条、劲道风味面条和玉带面。其中, 主成分得分越高的面条其力学品质也越高; 同一类面条力学品质相近且具有共同特点, 同时主成分得分与感官评分结果一致, 说明采用主成分分析与聚类分析来对面条进行评价分类是可行的。实验结果为利用面条力学性能的多个指标来对不同品种面条品质进行评价提供了一个方法参考。

关键词 面条; 力学特性; 主成分分析; 聚类分析

面条是我国的传统主食^[1-2], 面条品质评价主要有感官评价和仪器分析 2 种方法。感官评价应用广泛, 直接反映消费者对产品的接受程度, 具有权威性, 但是由于其结果受人为因素影响较大, 因此感官评价往往在信息交流、定量表达、科学再现性等方面略有不足; 仪器分析主要反映与力学特征有关的食物质地特性, 其结果具有客观性、灵敏性、量化性, 从而避免了人为因素对食品品质评价结果的主观影响^[3], 在国外食品品质评价已有较多研究^[4-7]。近年来, 对于面条的力学品质评价, 大多采用硬度、黏性、咀嚼性、弹性、抗拉强度^[8-10]等指标, 王猛等^[11]研究表明, 面条的宽度和厚度对力学特性有着明显的影响, 且对不同指标影响程度不同。LI 等^[12]研究发现盐、碱的添加会显著影响面条的力学特性; 同时营养风味成分的添加会影响面条的力学特性^[13-14]。赵延伟等^[15]、李梦琴等^[16]发现面条力学性能和感官品质之间存在一定的相关性; 周研等^[17-18]分别采用主成分分析、聚类分析来分析了面条的品质评判指标, 其中, 主成分分析能在最大限度保留原始数据信息的基础上对高维变量进行综合简化, 而对面条指标进行聚类分析则能体现不同样本指标数据的分布特征, 由此发现同一系列的面条品质相近, 不同品牌的面条品质差异较大。

综上所述, 可知面条力学特性指标甚多, 如硬度、

弹性、咀嚼性等, 同时又受多种因素影响, 如原料、配方、工艺等, 要对不同类别的面条进行品质评价是较为繁琐的。因此, 选择以硬度、黏性、弹性、咀嚼性、抗拉强度为力学特性为主要指标, 再以面条尺寸、盐、添加剂、风味成分等直观因素为辅助指标, 通过主成分分析精简量化面条力学指标, 再用聚类分析对主成分分析结果分类, 从而对不同类别的面条进行品质评价。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

挂面, 购自四川雅安雨城区吉选超市。

1.2 仪器与设备

电磁炉 C21-SK805, 杭州九阳生活电器有限公司; 质构仪 TA-XT. Plus, 英国 Stable Micro Systems 公司; 游标卡尺 IP54, 上海美耐特实业有限公司。

1.3 方法

1.3.1 面条最佳蒸煮时间测定

取 800 mL 水煮沸, 放入 20 根面条, 待面条煮沸 1 min 后, 每隔 10 s 取 1 根面条, 看其白芯是否消失, 白芯刚好消失的时间点为最佳蒸煮时间^[19]。

1.3.2 面条宽度、厚度测量

每种面条随机抽取 3 根, 用游标卡尺测其宽度、厚度, 取平均值作为最终宽度、厚度。

1.3.3 感官评定

参考陆娅等^[10]的评定方法(见表 1)。本实验由 10 名食品专业人员参与评定, 评价结果根据格拉布斯准则剔除异常值, 剩下数据平均值即为面条样品最终得分, 满分 100 分。

第一作者: 邓雁方和陈绍军为共同第一作者, 硕士研究生(刘兴艳副教授为通讯作者, E-mail: lxy05@126.com)。

基金项目: 内江市科技孵化和成果转化专项资金项目——蔬菜加工技术集成研究及产业化生产

收稿日期: 2018-08-30, 改回日期: 2018-10-11

表 1 感官评分表

Table 1 Sensory evaluation of noodles

项目	评分标准	满分
色泽	指面条的颜色和亮度,面条白、乳白、奶黄色,有光泽为 8.5 ~ 10 分,光泽一般为 6 ~ 8.4 分,色泽发暗、发灰,亮度差为 1 ~ 6 分	10
表观形态	指面条表面光滑和膨胀程度,表面结构细密、光滑为 8.5 ~ 10 分,外表有缺损为 6 ~ 8.4 分,表面粗糙、膨胀、变形严重为 1 ~ 6 分	10
适口性(硬度)	用牙咬断 1 根面条所需力的大小,力适中得分为 17 ~ 20 分,稍偏硬或偏软为 12 ~ 17 分,太硬或太软为 1 ~ 12 分	20
弹(韧)性	咀嚼面条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	25
黏性	指在咀嚼过程中,面条黏牙强度,咀嚼时爽口、不黏牙为 21 ~ 25 分,较爽口、稍黏牙为 15 ~ 21 分,不爽口、发黏为 1 ~ 15 分	25
光滑性	指在品尝面条时口感的光滑程度,光滑为 4.3 ~ 5 分,中等光滑为 3 ~ 4.3 分,光滑程度差为 1 ~ 3 分	5
味道	指品尝时的味道,具有麦清香味为 4.3 ~ 5 分,基本无异味为 3 ~ 4.3 分,有异味为 1 ~ 3 分	5
总分	85 ~ 100 分为优质面条,75 ~ 85 为普通面条,60 ~ 75 分为合格面条	100

1.3.4 质构测试

将面条按最佳蒸煮时间煮好后,立即挑出放到冰水中浸泡 10 s,随即挑出进行 TPA 实验和拉伸实验,平行做 10 次实验,选 6 组数据取平均值。TPA 实验参数设定:测试模式为 TPA 模式,选择 A/LKB-F 探头,测定前速度 2 mm/s,测定时速度 2 mm/s,测定后速度 2 mm/s,压缩比 75%,2 次压缩时间间隔 5 s,起点感应力为 5 g^[10]。拉伸实验参数设定:测试模式为拉伸模式,选择 A/SPR 探头,测定前速度 1 mm/s,测定时速度 3 mm/s,测定后速度 10 mm/s,测试距离为 100 mm,起点感应力为 5 g^[20]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 对感官评价和质构特性等数据进行整理和分析。运用 SPSS 24.0、Origin 8.0 进行聚类分析和主成分分析。实验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏差异分析,以 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 数据标准化

测得原始数据见表 2。由表 2 可以看出,所有样本皆加有盐,故该项指标对此后数据分析结果没有影响,主成分分析和聚类分析时可以剔除该指标。

表 2 面条样本相关指标值

Table 2 Index of noodle samples

名称	序号	厚度/cm	宽度/cm	硬度/g	黏性/(g·s)	弹性	咀嚼性	抗拉强度/g	盐	风味成分	添加剂
金龙鱼鸡蛋龙须麦芯挂面	1	0.98 ^{cd}	0.92 ^m	220.85 ^l	-1.03 ^a	1.02 ^a	151.5 ^m	16.28 ^{mn}	1	1	0
福临门劲道高筋龙须面	2	0.91 ^{de}	0.96 ^l	239.26 ^{no}	-1.47 ^a	0.99 ^{bcd}	158.95 ^m	16.4 ^{mn}	1	0	0
香满园鸡蛋龙须麦芯挂面	3	0.85 ^{efg}	0.97 ^l	221.62 ^o	-0.68 ^a	1b ^{cd}	150.91 ^m	14.25 ⁿ	1	1	0
雪健龙须面	4	0.90 ^{ef}	1.00 ^l	225.07 ^{no}	-0.83 ^a	1.01 ^{ab}	156.75 ^m	17.56 ^m	1	0	0
原质味银丝挂面	5	0.97 ^{cd}	1.04 ^l	247.81 ^{no}	-1.9 ^{ab}	0.99 ^{bcd}	164.57 ^m	21.11 ^l	1	0	0
福临门细圆挂面	6	1.07 ^b	1.14 ^{kl}	280.76 ^{mn}	-3.16 ^{bcd}	0.99 ^{bcd}	1831 ^m	17.48 ^m	1	0	0
福临门劲道高筋鸡蛋面	7	1.24 ^a	1.24 ^k	319.83 ^m	-3.39 ^{cde}	0.99 ^{bcd}	214.81 ^l	24.46 ^k	1	1	0
正中大凉山苦荞面	8	0.82 ^{gh}	1.51 ⁱ	434.55 ^l	-3.64 ^{cdef}	0.99 ^{cd}	298.19 ^k	28.03 ^j	1	1	1
陈克明玉米风味挂面	9	0.76 ^{hij}	1.82 ^h	540.26 ^{hi}	-3.62 ^{cdef}	0.99 ^{bcd}	363.08 ^{ghi}	29.11 ^{ij}	1	1	1
金龙鱼香菇多麦芯挂面	10	0.69 ^j	1.84 ^{gh}	607.51 ^{fg}	-4.26 ^{defgh}	0.99 ^{cd}	404.31 ^{fg}	31.45 ^{hi}	1	1	0
福临门爽滑挂面	11	1.02 ^{bc}	1.84 ^j	458.32 ^{kl}	-5.15 ^{fgh}	0.99 ^{bcd}	312.3 ^{jk}	32.93 ^h	1	0	0
金龙鱼爽滑鸡蛋挂面	12	0.69 ^j	1.90 ^{fgh}	556.94 ^{gh}	-5.18 ^{fgh}	0.99 ^{bcd}	363.26 ^{ghi}	29.9 ^{ij}	1	1	0
陈克明绿豆风味挂面	13	0.85 ^{efg}	1.90 ^{fgh}	573.47 ^{gh}	-4.78 ^{efgh}	0.99 ^{bcd}	390.82 ^{fgh}	29.5 ^{ij}	1	1	1
金龙鱼劲道挂面	14	0.74 ^{ij}	1.93 ^{fgh}	534.51 ^{hi}	-3.57 ^{cde}	1 ^{bc}	358.1 ^{hi}	28.06 ^j	1	0	0
福临门劲道高筋阳春面	15	0.79 ^{ghi}	1.93 ^{ij}	488.65 ^{jkl}	-2.22 ^{abc}	1 ^{bcd}	343.82 ^{ij}	34.17 ^{gh}	1	0	0
陈克明香菇风味挂面	16	0.83 ^{fg}	1.94 ^{fg}	641.29 ^f	-5.4 ^h	0.98 ^d	428.35 ^{ef}	36.42 ^g	1	1	1
原质味鸡蛋挂面	17	0.73 ^{ij}	1.95 ^{fg}	584.61 ^{fgh}	-3.81 ^{defg}	0.99 ^{bcd}	395.13 ^{fgh}	40.68 ^f	1	1	0
香满园鸡蛋	18	0.78 ^{ghi}	1.96 ^{fg}	748.64 ^e	-9.32 ⁱ	0.99 ^{cd}	451.45 ^e	27.06 ^{jk}	1	1	0
原质味家常挂面	19	0.75 ^{hij}	2.88 ^f	980.96 ^e	-12.91 ⁱ	0.96 ^e	618.17 ^c	55.87 ^e	1	0	0
雪健手擀风味挂面	20	0.80 ^{ghi}	2.89 ^e	901.97 ^d	-8.50 ⁱ	0.99 ^{cd}	601.77 ^c	50.39 ^d	1	0	1
福临门劲道高筋擀面	21	0.83 ^{fg}	3.00 ^d	781.93 ^e	-5.30 ^{gh}	0.98 ^{cd}	532.22 ^d	43.65 ^e	1	0	0
陈克明高筋玉带挂面	22	0.71 ^j	3.72 ^c	1216.93 ^b	-13.83 ^j	0.96 ^e	744.13 ^b	66.42 ^b	1	0	1
福临门玉带挂面	23	0.86 ^{efg}	3.91 ^b	1229.13 ^b	-16.91 ^k	0.95 ^e	773.82 ^b	66.81 ^b	1	0	0
雪健玉带挂面	24	0.85 ^{efg}	4.83 ^a	1513.83 ^a	-16.80 ^k	0.98 ^{cd}	1007.53 ^a	100.2 ^a	1	0	0

注:盐、添加剂、风味成分一栏,1 代表有,0 代表无;同一列中不同上标小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

在力学特性指标中,硬度指产品第一次压缩时的曲线最大峰值;黏性表示在探头与样品接触时用以克服两者表面间吸引力所必需的总功;弹性指经过压缩以后的变形样品去除变形力后,恢复到变形前的条件下的高度比;咀嚼性表示将固体样品咀嚼成吞咽时的稳定状态所需的能量;抗拉强度指拉伸曲线纵坐标的峰值^[21]。从龙须面到玉带面,面条宽度、硬度、咀嚼性、抗拉强度、黏性(绝对值)呈增加趋势,说明玉带

面力学特性优于龙须面;而弹性则大体呈降低趋势,说明在进行 TPA 测试时,同样的力下,玉带面可能由于接触面积更大,受到的破坏程度更大,其恢复到原来状态的高度更小。

对表 2 中面条样本原始数据进行标准化处理,化为均值为 0,标准差为 1 的新变量,以消除量纲的影响,标准化后数据见表 3。

表 3 面条样本指标标准化值
Table 3 Standardized value of noodle sample index

序号	厚度	宽度	硬度	黏性	弹性	咀嚼性	抗拉强度	添加剂	风味成分
1	1.02	-1.09	-1.11	0.94	1.86	-1.13	-0.97	-0.61	1.02
2	0.48	-1.05	-1.05	0.85	0.18	-1.09	-0.96	-0.61	0.48
3	0.01	-1.04	-1.10	1.02	0.74	-1.13	-1.07	-0.61	0.01
4	0.40	-1.01	-1.09	0.98	1.07	-1.10	-0.90	-0.61	0.40
5	0.94	-0.97	-1.03	0.76	0.06	-1.07	-0.72	-0.61	0.94
6	1.72	-0.87	-0.93	0.50	-0.05	-0.98	-0.91	-0.61	1.72
7	3.04	-0.78	-0.82	0.45	0.01	-0.84	-0.55	-0.61	3.04
8	-0.22	-0.51	-0.49	0.40	-0.27	-0.45	-0.37	1.57	-0.22
9	-0.69	-0.20	-0.18	0.40	0.12	-0.16	-0.32	1.57	-0.69
10	-1.23	-0.18	0.02	0.27	-0.22	0.03	-0.20	-0.61	-1.23
11	1.33	-0.18	-0.42	0.09	-0.05	-0.39	-0.13	-0.61	1.33
12	-1.23	-0.12	-0.13	0.08	-0.10	-0.15	-0.28	-0.61	-1.23
13	0.01	-0.12	-0.08	0.16	0.06	-0.03	-0.30	1.57	0.01
14	-0.84	-0.09	-0.20	0.41	0.74	-0.18	-0.37	-0.61	-0.84
15	-0.45	-0.09	-0.33	0.70	0.29	-0.24	-0.06	-0.61	-0.45
16	-0.14	-0.08	0.11	0.03	-0.49	0.14	0.05	1.57	-0.14
17	-0.92	-0.07	-0.05	0.36	0.06	-0.01	0.27	-0.61	-0.92
18	-0.53	-0.06	0.43	-0.78	-0.16	0.25	-0.42	-0.61	-0.53
19	-0.76	0.85	1.10	-1.53	-1.78	1.01	1.03	-0.61	-0.76
20	-0.38	0.86	0.87	-0.61	-0.33	0.94	0.76	1.57	-0.38
21	-0.14	0.97	0.52	0.05	-0.38	0.62	0.42	-0.61	-0.14
22	-1.07	1.69	1.79	-1.72	-1.56	1.59	1.57	1.57	-1.07
23	0.09	1.88	1.82	-2.36	-2.12	1.73	1.59	-0.61	0.09
24	0.01	2.79	2.65	-2.34	-0.38	2.80	3.27	-0.61	0.01

2.2 主成分分析

主成分分析主要是利用降维思想,将多个互相关联的数值变量转化成少数几个互不相关的综合指标的统计方法。其中这些综合指标就是原来多个变量的主成分,每个主成分都是原始变量的线性组合,并且各个主成分之间互不相关^[22]。对标准化后数据进行主成分分析,得出公因子方差,面条厚度提取率小于 0.5,故在主成分分析时可以剔除该指标。之后通过 KMO 和巴特利检验,可知 KMO =0.802 >0.5,显著性为0.000,适合做主成分分析。得到方差贡献表,见表 4。

由表 4 可以看出,当提取 2 个主成分时,累积贡献率可达 85.323%,且特征值 5.558、1.238 皆大于 1,故提取因素可以反映总体特征。

表 4 方差贡献表
Table 4 Total variance explained

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比/%	累积/%	总计	方差百分比/%	累积/%
1	5.588	69.849	69.849	5.588	69.849	69.849
2	1.238	15.474	85.323	1.238	15.474	85.323
3	0.629	7.857	93.180			
4	0.435	5.432	98.612			
5	0.068	0.846	99.458			
6	0.035	0.438	99.896			
7	0.007	0.093	99.989			

成分得分系数见表 5。由表 5 可以得到面条主成分得分及综合评分,其中 Z1、Z2、Z 分别为成分 1 得分、成分 2 得分和总得分,A₁、A₂、A₃、A₄、A₅、A₆、A₇、

A_8 分别代表面条宽度、硬度、黏性、弹性、咀嚼性、抗拉强度、添加剂、风味成分标准化后数据。

表 5 成分得分系数表

成分	宽度	硬度	黏性	弹性	咀嚼性	抗拉强度	添加剂	风味成分
1	0.176	0.177	-0.173	-0.143	0.176	0.173	0.032	-0.070
2	-0.016	0.048	0.005	-0.067	0.048	-0.027	0.688	0.570

$$Z_1 = 0.176A_1 + 0.177A_2 - 0.173A_3 - 0.143A_4 + 0.176A_5 + 0.173A_6 + 0.032A_7 - 0.070A_8$$
$$Z_2 = -0.016A_1 + 0.048A_2 + 0.005A_3 - 0.067A_4 + 0.048A_5 -$$

$$0.027A_6 + 0.688A_7 + 0.570A_8 \tag{2}$$

$$Z = 0.698Z_1 + 0.155Z_2 \tag{3}$$

表 6 为成分 1 和成分 2 得分以及综合得分表。由表 6 中可以看出,第一主成分占比较大,其与最终得分排名相近。得分较低的面条多为龙须面,得分较高的为玉带面,而加有其他成分的风味面条得分则介于两者之间,与表 2 反映结果相似,即主成分得分越高,面条宽度、硬度、黏性、咀嚼性、抗拉强度越大,弹性越小,此结果与周研等研究结果相似^[18]。

表 6 成分得分表

Table 6 Component score table							
序号	面条名称	第一主成分	排名	第二主成分	排名	总得分	排名
1	金龙鱼鸡蛋龙须麦芯挂面	-1.27	24	-0.02	11	-0.89	24
2	福临门劲道高筋龙须面	-0.95	21	-0.21	13	-0.70	21
3	香满园鸡蛋龙须麦芯挂面	-1.06	23	-0.52	17	-0.82	23
4	雪健龙须面	-1.09	22	-0.32	15	-0.81	22
5	原质味银丝挂面	-0.89	20	0.05	10	-0.61	20
6	福临门细圆挂面	-0.87	18	0.51	8	-0.53	19
7	福临门劲道高筋鸡蛋面	-0.84	19	1.26	1	-0.39	18
8	正中大凉山苦荞面	-0.28	17	0.95	4	-0.05	11
9	陈克明玉米风味挂面	-0.14	16	0.68	6	0.01	10
10	金龙鱼香菇多麦芯挂面	-0.01	15	-1.09	23	-0.17	13
11	福临门爽滑挂面	-0.32	9	0.31	9	-0.17	4
12	金龙鱼爽滑鸡蛋挂面	-0.05	14	-1.12	24	-0.21	15
13	陈克明绿豆风味挂面	-0.08	10	1.09	2	0.11	8
14	金龙鱼劲道挂面	-0.28	12	-0.95	21	-0.35	17
15	福临门劲道高筋阳春面	-0.28	11	-0.72	20	-0.30	16
16	陈克明香菇风味挂面	0.16	13	1.05	3	0.28	6
17	原质味鸡蛋挂面	0.00	7	-0.96	22	-0.15	12
18	香满园鸡蛋挂面	0.21	8	-0.67	18	0.04	9
19	原质味家常挂面	1.25	4	-0.68	19	0.77	4
20	雪健手擀风味挂面	0.83	5	0.94	5	0.73	5
21	福临门劲道高筋擀面	0.48	6	-0.45	16	0.27	7
22	陈克明高筋玉带挂面	1.81	3	0.66	7	1.37	2
23	福临门玉带挂面	1.92	2	-0.14	12	1.32	3
24	雪健玉带挂面	2.46	1	-0.27	14	1.67	1

根据不同样品成分 1(PC1)、成分 2(PC2) 的得分所得散点图(图 1)可知,24 种面条分散在图中不同区域,龙须面成分 1、成分 2 得分均较低,而玉带面成分 1、成分 2 得分均较高,风味面条的得分则位于两者之间。此结果与表 1 结果相一致。

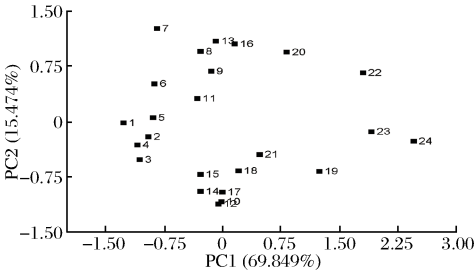


图 1 不同样品的主成分散点图

Fig. 1 Scatter plot of different samples based on principal component analysis

2.3 聚类分析

将主成分分析得到的综合评分值采用 K-中心聚类进行聚类分析。K-中心聚类用于对样品进行快速聚类,它可以指定初始类中心的位置,这样就可以把已有的聚类分析结果作为初始位置引入分析,可以有效利用前期工作的结果。K-中心聚类的原理为:当有 n 个数值型变量参与快速聚类时,它们组成一个 n 维空间,每个样品是空间中的一个点,最后要求的分类数则为 K ;首先选择 K 个点作为初始聚类凝聚点,然后根据聚类中心最小欧氏距离原则将其余样品代表的点向类中心凝集,这样得到一个初始分类方案,并计算出各个初始分类的中心位置(均值),使用计算出的中心位置重新进行聚类直到凝聚点位置改变很小^[22]。

K-中心聚类结果如表 7 所示。

表 7 聚类分析结果表
Table 7 Results of cluster analysis

名称	序号	聚类	距离	添加剂	风味成分	主成分得分
金龙鱼鸡蛋龙须麦芯挂面	1	1	0.421	0	1	-0.89
福临门劲道高筋龙须面	2	1	0.231	0	0	-0.70
香满园鸡蛋龙须麦芯挂面	3	1	0.351	0	1	-0.82
雪健龙须面	4	1	0.341	0	0	-0.81
原质味银丝挂面	5	1	0.141	0	0	-0.61
福临门细圆挂面	6	1	0.061	0	0	-0.53
福临门劲道高筋鸡蛋面	7	1	0.079	0	1	-0.39
金龙鱼香菇多麦芯挂面	10	1	0.299	0	1	-0.17
福临门爽滑挂面	11	1	0.299	0	0	-0.17
金龙鱼爽滑鸡蛋挂面	12	1	0.259	0	1	-0.21
金龙鱼劲道挂面	14	1	0.119	0	0	-0.35
福临门劲道高筋阳春面	15	1	0.169	0	0	-0.30
原质味鸡蛋挂面	17	1	0.319	0	1	-0.15
正中大凉山苦荞面	8	2	0.320	1	1	-0.05
陈克明玉米风味挂面	9	2	0.260	1	1	0.01
陈克明绿豆风味挂面	13	2	0.160	1	1	0.11
陈克明香菇风味挂面	16	2	0.010	1	1	0.28
香满园鸡蛋挂面	18	2	0.230	0	1	0.04
原质味家常挂面	19	2	0.500	0	0	0.77
雪健手擀风味挂面	20	2	0.460	1	0	0.73
福临门劲道高筋擀面	21	2	0.000	0	0	0.27
陈克明高筋玉带挂面	22	3	0.083	1	0	1.37
福临门玉带挂面	23	3	0.133	0	0	1.32
雪健玉带挂面	24	3	0.217	0	0	1.67

其中,一、二、三类面条聚类中心分别为 $Z_1 = -0.47$, $Z_2 = 0.27$, $Z_3 = 1.45$ 。

将聚类分析结果与面条添加剂、风味及主成分得分进行对比可知,主成分得分相近的面条被分为了同一类。第一类面条为零添加面条,主成分得分偏低,在这类面条中一般面条力学性能优于龙须面。第二类面条为风味面条和高筋擀面,主成分得分居于中间,力学性能一般,其中风味面条为添加有香菇、鸡蛋、玉米、苦荞等风味营养成分的面条,其味道较好,但一定程度上会降低面条的力学性能,因其面条较宽且部分加有一定添加剂,所以其力学性能仍高于第一类面条。而高筋擀面,因制作类似手工,且面筋蛋白含量较高,所以其力学性能较好^[23]。第三类面条为玉带面,这类面条宽度较宽,在 3 cm 以上,其主成分得分最高,是这 3 类面条中力学性能最好的面条。综上所述,玉带面力学性能最佳,其次为劲道风味面条,零添加面条则较差;不同品牌面条被分在了不同类别,说明即便面条品牌不同,但只要其系列相近,其力学性能是具有共性的。

2.4 感官评价

对面条进行感官评价,其得分见表 8,由表 8 可

表 8 面条感官评价得分
Table 8 Sensory evaluation results of noodles

序号	色泽	表观形态	适口性	弹性	黏性	光滑性	味道	总分
1	7.80	8.33	17.64	19.41	20.25	4.40	4.22	82.05
2	8.83	8.00	17.00	19.56	22.13	4.36	4.12	83.99
3	7.83	8.56	16.11	21.39	20.69	4.50	4.07	83.16
4	8.65	8.72	16.30	20.38	20.63	4.59	4.08	83.34
5	8.72	8.75	16.75	20.38	20.69	4.60	4.13	84.02
6	8.83	8.33	17.33	20.41	20.99	4.34	4.06	84.29
7	8.57	8.75	17.25	20.69	20.44	4.71	4.23	84.64
8	8.00	7.80	14.80	19.75	20.75	4.50	4.00	79.60
9	8.00	8.00	17.00	20.00	20.00	4.07	4.00	81.07
10	8.90	8.33	18.84	21.25	22.09	4.77	4.33	88.51
11	8.60	8.65	16.80	20.88	21.88	4.61	4.27	85.68
12	8.65	8.65	16.65	21.25	21.88	4.60	3.95	85.63
13	7.93	8.33	18.50	20.84	19.00	4.03	4.02	82.65
14	8.67	8.56	17.00	21.46	20.35	4.39	4.33	84.75
15	8.80	8.60	17.10	20.63	20.75	4.57	4.32	84.76
16	8.00	8.16	16.30	21.63	20.75	4.35	4.03	83.22
17	8.07	8.14	15.20	20.19	19.46	4.07	2.90	78.03
18	6.80	8.15	16.80	21.06	21.38	4.36	3.97	82.51
19	8.83	8.33	17.00	20.83	20.83	4.33	4.11	84.28
20	8.13	8.27	17.60	20.93	20.73	4.44	3.93	84.03
21	8.40	8.20	17.40	20.63	19.75	4.24	4.40	83.02
22	8.33	8.33	16.33	20.83	21.25	4.46	3.93	83.46
23	8.00	7.89	17.22	20.56	20.83	4.49	4.07	83.06
24	8.67	8.89	17.44	21.94	21.67	4.48	4.37	87.61

以看出与面条力学性能指标相关的适口性、弹性、黏性在不同类别面条中相差不大,且面条感官评价总分皆在 75 分以上,为普通面条或者优质面条,说明市售面条都普遍为消费者所接受,口感较好。

将面条感官评分与面条聚类类别和主成分得分进行对比,见表 9。由表 9 可以看出,不同类别面条虽然力学指标相差较大,但其感官评分相比而言却相差很小。在同一类面条中,主成分得分越高,其面条感官评分相较更高,而在不同类别面条中,此规律则不成立。

这可能是因为感官评价受人为因素影响较大,如同心理学中首因效应一样,不同的人对面条宽、细、颜色、气味等有不同的喜好,而这些恰好又是第一印象,

由第一印象会影响对力学指标的评判;同时人们与仪器对于力学感知机制仍有所不同,比如遇到较硬的东西,仪器会使用更大的力来咀嚼 1 次,而人们则是会选择多次咀嚼。

因此,采用力学性能来评价不同类型面条时,应首先考虑聚类分析类别,再在同一类别中进行评价比较。具体可以先计算待评价样品的聚类中心,再考虑新样本离聚类中心之间的距离,将其归为其中某一类。在同一类面条中,大部分面条主成分得分越高,面条感官评分越高。而周研^[24]的研究则是所有面条样本主成分得分越高,面条感官评分越高,这可能是因为感官评分受人为因素影响较大,且质构测试参数不同^[25],同时由面条样本不同而导致的。

表 9 面条分类信息对比表

Table 9 Comparison table of noodle classification information

面条名称	聚类类别	主成分得分	感官评分	面条名称	聚类类别	主成分得分	感官评分
金龙鱼鸡蛋龙须麦芯挂面	1	-0.89	82.05	原质味鸡蛋挂面	1	-0.15	78.03
福临门劲道高筋龙须面	1	-0.70	83.99	正中大凉山苦荞面	2	-0.05	79.60
香满园鸡蛋龙须麦芯挂面	1	-0.82	83.16	陈克明玉米风味挂面	2	0.01	81.07
雪健龙须面	1	-0.81	83.34	陈克明绿豆风味挂面	2	-0.15	82.65
原质味银丝挂面	1	-0.61	84.02	陈克明香菇风味挂面	2	0.11	83.22
福临门细圆挂面	1	-0.53	84.29	香满园鸡蛋挂面	2	0.04	82.51
福临门劲道高筋鸡蛋面	1	-0.39	84.64	原质味家常挂面	2	0.77	84.28
金龙鱼香菇多麦芯挂面	1	-0.17	88.51	雪健手擀风味挂面	2	0.73	84.03
福临门爽滑挂面	1	-0.17	85.68	福临门劲道高筋擀面	2	0.27	83.02
金龙鱼爽滑鸡蛋挂面	1	-0.21	85.63	陈克明高筋玉带挂面	3	1.37	83.46
金龙鱼劲道挂面	1	-0.35	84.75	福临门玉带挂面	3	1.32	83.06
福临门劲道高筋阳春面	1	-0.30	84.76	雪健玉带挂面	3	1.67	87.61

3 结论

通过对市售面条的 10 个指标进行主成分分析,可以从中提取出 2 个主成分,再根据主成分得分进行 K-均值聚类,可将 24 种面条分为 3 类,最后以感官评价来验证分类结果,发现同一类面条中,主成分得分与感官评价得分趋势相近,再一次说明了面条力学性能对面条品质的重要性,同时也表明采用主成分分析提取面条品质评判指标是可行的,研究结果为快速评价面条品质特性提供了方法参考。

参 考 文 献

[1] 魏益民. 中华面条之起源[J]. 麦类作物学报,2015,35(7):881-887.

[2] 蒋志红,吴莹. 面条类食品的现状和发展[J]. 粮食与油脂,2003(b08):16-19.

[3] 吕军仓,席小艳. 质构分析仪在面制品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业,2006(3):58.

[4] YUN S H,REMA G,QUAIL K. Instrumental assessments of Japanese white salted noodle quality[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture,1997,74(1):81-88.

[5] EPSTEIN J, MORRIS C F, HUBER K C. Instrumental texture of white salted noodles prepared from recombinant inbred lines of wheat differing in the three granule bound starch synthase (waxy) genes[J]. Journal of Cereal Science,2002,35(1):51-63.

[6] ROSS A S. Instrumental measurement of physical properties of cooked asian wheat flour noodles[J]. Cereal Chemistry, 2006,83(1):42-51.

[7] SY-YUSHIAU, YUNG-HOCHANG. Instrumental textural and rheological properties of raw, dried, and cooked noodles with transglutaminase[J]. International Journal of Food Properties,2013,16(7):1429-1441.

[8] BAI Yipeng, GUO Xiaonao, ZHU Kexue, et al. Shelf-life extension of semi-dried buckwheat noodles by the combination of aqueous ozone treatment and modified atmosphere packaging[J]. Food Chemistry,2017,237:553-560.

- [9] 金静,李颖,王远路,等. 粗粮挂面感官质构及营养成分的对比分析[J]. 粮油食品科技,2016,24(2):43-46.
- [10] 陆娅,陈慧,彭文怡. 挂面感官品质质构检测方法初探[J]. 粮食与油脂,2016,29(10):67-69.
- [11] 王猛,王辛,陈洁,等. 鲜湿面条的宽度和厚度变化对其质构品质的影响[J]. 粮食与饲料工业,2009(9):16-19.
- [12] LI Man, SUN Qingjie, HAN Chuanwu, et al. Comparative study of the quality characteristics of fresh noodles with regular salt and alkali and the underlying mechanisms[J]. Food Chemistry, 2018, 246:335-442.
- [13] 张月巧,陈龙,卢可可,等. 添加不同粉碎处理香菇粉对面团流变学特性的影响[J]. 食品科学,2015,36(3):12-17.
- [14] SILVA E, SAGIS L M C, LINDEN E V D, et al. Effect of matrix and particle type on rheological, textural and structural properties of broccoli pasta and noodles[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 119(1):94-103.
- [15] 赵延伟,吕振磊,王坤,等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. 食品与机械,2011,27(4):25-28.
- [16] 李梦琴. 面条品质评价指标及评价方法的研究[J]. 麦类作物学报,2007,27(4):56-56.
- [17] 周妍,孔晓玲,张然,等. 基于聚类分析的面条品质评价方法研究[J]. 粮油食品科技,2008,16(2):5-8.
- [18] 周妍,孔晓玲,陈焱焱,等. 基于主成分分析的面条品质评价[J]. 中国粮油学报,2008,23(6):46-50.
- [19] 张波,魏益民,李韦谨. 影响面条感官质量的因素分析[J]. 中国农业科学,2012,45(12):2447-2454.
- [20] 刘骏,乔旭光,王文亮,等. 添加剂对金针菇挂面加工工艺的影响研究[J]. 中国食物与营养,2016,22(7):58-62.
- [21] 赵晋晋. 怀山全粉理化特性及怀山-小麦复合粉面条配方优化研究[D]. 福州:福建农林大学,2014.
- [22] 武松,潘发明. SPSS 统计分析大全[M]. 北京:清华大学出版社,2014:315-344.
- [23] 魏益民. 谷物品质与食品品质:小麦籽粒品质与食品品质[M]. 西安:陕西人民出版社,2002:160-162.
- [24] 周妍. 基于数据挖掘的面条品质评价方法研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2008.
- [25] 吴伟都,董海英,朱慧,等. 质构分析(TPA)及测试条件对新鲜湿面品质的影响[J]. 食品科技,2008,33(8):196-199.

Evaluation of mechanical qualities of noodles based on principal component analysis and cluster analysis

DENG Yanfang¹, CHEN Shaojun², ZHONG Yan¹,
LIN Chuan², CHEN Anjun¹, ZHANG Yu², LIU Xingyan^{1*}

1(College of Food Science of Sichuan Agricultural University, Ya'an 625000, China)

2(Neijiang Academy of Agricultural Sciences, Neijiang 641000, China)

ABSTRACT The differences in mechanical qualities of different types of noodles were evaluated by principal component analysis and cluster analysis. Hardness, adhesiveness, elasticity, chewiness, elastic limit/tensile strength, flavor components, and whether the noodles were added with salt and additives were used as indicators. The results showed that two principal components could be obtained by principal component analysis, and their cumulative contribution rates were up to 85.32%. By cluster analysis, noodles were divided into three categories: control group, noodles with high gluten, and Yu Dai noodles. The higher the principal component scores, the higher the mechanical qualities of noodles. The mechanical qualities of the same type of noodles were similar and had common features. Meanwhile, the principal component scores were consistent with sensory scores, indicating that it was feasible to use principal component analysis and cluster analysis to evaluate and classify noodles. This study provides a reference for evaluating the quality of different kinds of noodles by using several indexes of mechanical properties.

Key words noodles; mechanical properties; principal component analysis; cluster analysis