

稻米理化、食味品质指标与米饭质构品质相关性分析

姜平¹, 许柠¹, 马占倩¹, 吴娜娜¹, 谭斌^{1*}, 李云辉²

(¹国家粮食和物资储备局科学研究院 北京 100037

²黑龙江省五常市金禾米业有限公司 哈尔滨 150000)

摘要 为研究 11 种稻米品质指标(理化指标、食味品质指标和米饭质构品质指标)之间的差异,应用主成分分析方法对不同品种稻米的品质进行评价,并利用聚类分析法将其归类。结果表明:通过变异系数可以看出稻米品种对黏度、硬度品质指标的影响较大,而对水分含量、总淀粉含量的影响较小。通过主成分分析确定的 3 个主成分可以代替上述众多品质指标对不同稻米品种品质进行评判。主成分 1 主要综合了食味值和感官评价,主成分 2 主要综合了综合评分和外观,主成分 3 主要综合了直链淀粉含量和直支比。通过聚类分析将其品质划分为 3 大类:第 I 类有苏秀 867、稻花香、金禾圆粒、淮稻 5 号、绥粳 18,其品质最好;第 II 类有淮 119、南粳 5505、桃优香占、扬粳 3012、武运粳 32,其品质居中;第 III 类是五优 61。此结论可为优质稻米品种的筛选提供一定的参考依据。

关键词 稻米; 品质指标; 相关性分析; 主成分分析; 聚类分析

文章编号 1009-7848(2022)06-0323-10 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.06.034

水稻是许多发展中国家最重要的谷类粮食作物,据统计,亚洲国家的水稻产量几乎占全球总产量的 95%,大约有一半的世界人口以大米为主要的碳水化合物来源,因此水稻的品质尤为重要^[1]。目前我国稻米产量居世界第一,水稻单产处于世界领先水平^[2]。在我国粮油质量国家标准中,根据稻谷粒形和粒质的不同,分为 3 类:粳稻、籼稻和糯稻,江淮地区和东北地区是我国著名的粳水稻产区,湖南、广东是我国著名的籼水稻产区。大米品种杂多,市场上对大米品质的衡量标准不一,粮食种植结构混乱,导致人们对稻米多元化、多层次的需求没有得到极大的满足,供给结构性矛盾突出^[3]。随着人们生活水平的提高,对稻米品质的要求也越来越高,改善和提高稻米食味品质已成为优化我国农业结构的重要举措,这对加快推进水稻供给侧结构性改革具有重要意义^[4]。

目前国内外对稻米品质的评价主要有以下 4 个方面:加工品质、外观品质、食味品质和营养品质^[5],其中食味品质直接影响消费者的最终接受程度,是对色泽、气味、甜香味觉、米饭黏性及软硬适口程度的综合评价,其不仅影响口感,而且直接影

响消化和吸收,因此食味品质具有最重要的商品价值^[6-7]。食味品质除受遗传因素、栽培管理与生态条件等影响外,还与蒸煮方式密切相关,主要与品种特性有关^[8-10]。食味品质是一个综合性状,评价方法有直接的感官评价法、还有通过稻米理化指标和仪器来间接评价的方法,直到现在,国际上仍主要采用感官评价方法来评定稻米的食味品质,然而感官评价存在个人主观性强、不稳定性等缺点^[11]。采用指标评价法虽排除了人的主观因素影响,但其结果有较大的误差;仪器评价方法虽然简便可靠,目前也有以中国大米为样本开发的食味品质评价仪器,但是价格昂贵,推广使用较为困难^[12-14]。鉴于此,应从不同角度的指标来评价大米品质,建立一套全面、客观、简便、快捷评价大米综合品质的评价体系。

李苏红等^[15]通过对 20 种大米的理化特性与食味品质的相关性分析表明:对于化学特性,大米的水分含量、脂肪含量、蛋白质含量与食味品质呈显著相关性;对于蒸煮特性,大米的吸水率、膨胀率、米汤干物质与碘蓝值呈显著相关性;白婷等^[16]采集了 56 种青藏高原不同地区的青稞,利用主成分分析法对青稞样品的 11 个营养品质进行综合分析;荆瑞勇等^[17]对来源于黑龙江的 11 个水稻品种和来源于日本的 7 个水稻品种的糙米率等品质指标进行评价,并应用主成分分析得出龙粳 39 水

收稿日期: 2021-06-02

基金项目: “十四五”国家重点研发计划项目(2021YFD2100203)

作者简介: 姜平(1987—),女,硕士,助理研究员

通信作者: 谭斌 E-mail: tb@ags.ac.cn

稻品种的综合品质最好;Albert等^[18]通过主成分和聚类分析证实海藻样品具有不同的物理功能特性,说明它们在食品开发中的独特用途;Qi等^[19]用色谱结合主成分分析和聚类分析建立燕麦的标准指纹图谱,这为标准的燕麦产品的质量控制提供了参考依据;Jain等^[20]将主成分分析、聚类分析方法应用于高粱基因型分类和基因型子集的鉴定,简化了高粱产量和产量参数的定量差异分析方法;Daniel等^[21]将主成分分析(PCA)和层次聚类分析(HCA)同时用于生物活性化合物和功能性质的研究,找到生物活性化合物和功能特性之间的联系。以上研究表明,利用主成分分析和聚类分析可以将复杂问题通过降维方式变得简单直观,可减少评价指标,简化评价过程,适用于对多指标的综合分析^[22-24]。这种探索性的统计分析方法近年来被广泛应用在食品质量评价方面和农产品品质差异的研究方面,而在稻米品质方面的研究较少。

因此,本研究对来源于我国东北地区和江淮地区的9个粳稻品种;来源于湖南、湖北地区的2个籼稻品种的15个品质指标进行测定,选择10个品质指标进行主成分分析及聚类分析,对不同水稻品种品质进行评价、筛选,以期对水稻品质评价及优质品种的筛选提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

共收集11种稻谷,其中9种粳稻(稻花香、金禾圆粒、绥粳18、武运粳32、淮119、苏秀867、淮稻5号、扬粳3012、南粳5055)和2种籼稻(桃优香占和五优61),产地信息见表1。

1.2 仪器与设备

JSWL大米食味计,北京东孚久恒仪器有限公司;STA1B米饭食味计,日本佐竹公司;RHS1A硬度黏度仪,日本佐竹公司;PL2002-IC型电子天平,METTLER TOLEDO仪器有限公司;紫外-可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;LM400-3G型砵谷机,山东汶上凯华机械有限公司;CBS300BS精米机,日本佐竹公司;SL-100型粉碎机,浙江省永康市松青五金厂;SHZ-B水浴恒温振荡器,上海博迅医疗生物仪器股份有限公司;TGL-16M离心机,上海卢湘仪仪器有限公司;Lab

表1 收集稻谷产地信息

序号	品种	产地
1	稻花香	黑龙江哈尔滨
2	金禾圆粒	黑龙江哈尔滨
3	绥粳18	黑龙江哈尔滨
4	武运粳32	江苏盐城
5	淮119	山东枣庄
6	苏秀867	江苏连云港
7	淮稻5号	江苏淮阴
8	扬粳3012	江苏宿迁
9	南粳5055	山东东营
10	桃优香占	湖南邵阳
11	五优61	湖北荆州

Dancer旋涡混合器,德国IKA®集团;小熊DZG-D40A1电蒸锅,小熊电器股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品前处理方法 稻谷经砵谷机去壳出糙,精米机设置7档出精后获得精米。用粉碎机对精米进行粉碎,过100目筛筛除大颗粒,获得精米米粉用于品质测定。

1.3.2 理化成分的测定 用大米食味计按仪器说明书对食味值、水分含量、蛋白质含量和直链淀粉含量进行测定;总淀粉含量采用爱尔兰Megazyme淀粉总量检测试剂盒(K-TSTA)进行测定。每个样品测定3次重复,结果取平均值。

1.3.3 食味品质的测定 用米饭食味计对米饭的外观、口感和综合评分进行测定^[25]。使用不锈钢罐称取精米(30±0.1)g,盖上洗米盖用水冲洗约30s至水不浑浊,洗米后加水使大米和水比例为1:1.4,加水时采用称重法,再用专用滤纸将罐口封住,浸泡30min。使用电蒸锅进行蒸煮30min后,待米饭煮熟之后进行焖饭处理10min,取出不锈钢罐,拿下滤纸,轻轻搅拌罐中的米饭,使米饭蓬松而不结团。搅拌后将滤纸重新盖好,放入冷却箱冷却20min。称取8g米饭装入不锈钢试样圆环内,用压饭器压成饭饼后进行食味测定。每个样品测定3次重复,结果取平均值。

1.3.4 米饭质构的测定 将1.3.3节测定的样品直接用硬度黏度仪对米饭的质构进行测定,评定项目有硬度、黏度、平衡度和弹性。每个样品测定

3次重复,结果取平均值。

1.3.5 感官评价方法 按 GB/T 15682-2008 粮油检验稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法中要求进行^[26]。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2013 统计软件进行数据统计与整理,采用 SPSS 22.0 数据分析软件对数据进行方差分析、相关性分析、主成分因子分析及层次聚类分析,方差分析选取 Duncan 检验,在 $P<0.05$ 检验水平上对数据进行统计学分析,数值以均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同稻米品种的理化成分比较

从表 2 可以看出,本研究中稻米样品的总淀粉含量在 70.96%~81.42%之间,变异系数为 5.30%,在所有指标中是变异系数最小的,可知稻米品种对总淀粉含量的影响最小,其次是水分含量,其变异系数为 5.73%,而变异系数最大的指标是黏度,其变异系数为 35.27%,说明稻米品种对稻米米饭黏度的影响最大。按变异系数大小对本研究中 15 个品质指标进行排序,黏度>硬度>硬度/黏度>平衡度>直支比>直链淀粉含量>弹性>蛋白质含量>感官评价>外观>口感>食味值>综合评分>水分含量>总淀粉含量,由变异系数大小可知稻米品种各指标影响顺序为黏度>硬度>硬度/黏度>平衡度>直支比>直链淀粉含量>弹性>蛋白质含量>感官评价>外观>口感>食味值>综合评分>水分含量>总淀粉含量。

2.2 不同稻米品种品质指标的相关性分析

为了明确各品质相关性状间的关系,对各品质指标进行了相关性分析。由表 3 可以看出,大米食味计测定的食味值与米饭硬度、黏度和感官评价得分呈极显著正相关,而与蛋白质含量呈显著负相关;水分含量与直链淀粉含量、总淀粉含量呈极显著负相关,与直支比、黏度和弹性呈显著负相关;米饭硬度与黏度、感官评价呈显著正相关;米饭黏度与弹性呈显著负相关,与感官评价呈显著正相关。由于不同稻米品种的各品质指标有着不同的差异情况,而且一些指标间还存在着一定的相关性,因此单纯通过某一个或几个指标来评判

稻米品种品质的优劣是不客观的,因此可以通过主成分分析来对不同稻米品种的品质进行综合性评价。

2.3 不同稻米品种各品质指标的主成分因子分析(PCA)

首先对各品质指标进行主成分提取,具体步骤为:先对原来的 15 个指标进行标准化,以消除变量在数量级或量纲上的影响,根据标准化后的数据矩阵求出协方差或相关阵,再求出协方差矩阵的特征根和特征向量,最后确定主成分^[27]。最终用于不同稻米品种 PCA 的品质指标为 10 个,分别为食味值(X_1)、蛋白质含量(X_2)、直链淀粉含量(X_3)、直支比(X_4)、硬度(X_5)、黏度(X_6)、外观(X_7)、口感(X_8)、综合评分(X_9)和感官评价(X_{10})。结合表 4 和图 1 可知,前 3 个主成分的特征值均大于 1,且累计贡献率达到 93.801%,综合了稻米品质指标的大部分信息,说明这 3 个主成分可以作为主因子代替上述众多品质指标对不同稻米品种品质进行评判。3 个主成分分别定义为 F_1 、 F_2 和 F_3 ,由表 4 可知其各主成分对应特征向量为:

$$F_1 = 0.241X_1 - 0.185X_2 - 0.008X_3 - 0.019X_4 + 0.271X_5 + 0.224X_6 - 0.011X_7 + 0.019X_8 - 0.089X_9 + 0.234X_{10}$$

$$F_2 = 0.037X_1 - 0.021X_2 - 0.017X_3 - 0.037X_4 - 0.181X_5 + 0.001X_6 + 0.311X_7 + 0.300X_8 + 0.327X_9 + 0.011X_{10}$$

$$F_3 = -0.031X_1 - 0.291X_2 + 0.401X_3 + 0.391X_4 + 0.056X_5 - 0.103X_6 - 0.004X_7 - 0.038X_8 - 0.019X_9 + 0.023X_{10}$$

由表 4、表 5 和图 2 可以看出,第 1 主成分特征值为 4.162,贡献率为 41.616%,主要综合了食味值和感官评价,第 2 主成分特征值为 3.013,贡献率为 30.134%,综合评分和外观载荷值较大,第 3 主成分特征值为 2.205,贡献率为 22.051%,主要是直链淀粉含量和直支比。

对不同稻米品种品质进行综合评价,根据 3 个主成分的特征向量和标准化数据,以特征值的贡献率大小为分配系数^[28],应用不同稻米品质指标的评价函数计算出各产地的综合评价分值 F ,总分越高表明该稻米品种的综合品质越好,结果如表 5 所示。不同稻米品质指标的评价函数见下式:

表2 不同稻米品种的理化、食味品质指标与米饭质地品质指标

品种名	水分/%	蛋白质/%	直链淀粉/%	总淀粉/%	直支比	食味值/分	外观/分	口感/分	综合评分/分	感官评价/分	硬度	黏度	平衡度	弹性	硬度/黏度
稻花香	12.10 ± 0.10 ^b	8.00 ± 0.20 ^e	16.2 ± 0.36 ^c	81.42 ± 0.68 ^a	0.248	82.3 ± 0.6 ^{ab}	8.3 ± 0.1 ^b	8.3 ± 0.1 ^b	85.4 ± 0.1 ^a	77.9 ± 2.5 ^a	4.72 ± 0.25 ^b	0.52 ± 0.11 ^{bc}	0.11 ± 0.03 ^{cd}	0.83 ± 0.03 ^{ab}	9.08
金禾圆粒	12.97 ± 0.06 ^e	8.00 ± 0.00 ^e	16.5 ± 0.46 ^c	79.30 ± 0.41 ^{bc}	0.263	80.3 ± 1.5 ^{bcd}	7.6 ± 0.1 ^d	7.6 ± 0.1 ^e	78.6 ± 0.0 ^e	79.0 ± 5.6 ^a	4.93 ± 0.28 ^b	0.54 ± 0.09 ^{bc}	0.11 ± 0.01 ^{cd}	0.81 ± 0.01 ^{ab}	9.13
绥粳18	12.93 ± 0.06 ^e	7.90 ± 0.17 ^e	16.33 ± 0.32 ^c	78.98 ± 0.60 ^{bc}	0.261	82.0 ± 1.0 ^{abc}	7.6 ± 0.1 ^d	7.6 ± 0.1 ^e	77.3 ± 0.2 ^f	76.5 ± 3.8 ^{ab}	4.97 ± 0.35 ^b	0.54 ± 0.12 ^{bc}	0.11 ± 0.02 ^{cd}	0.79 ± 0.01 ^{ab}	9.20
武运粳32	13.70 ± 0.00 ^e	9.27 ± 0.06 ^c	14.2 ± 0.46 ^d	70.96 ± 0.85 ^f	0.250	77.3 ± 1.5 ^c	6.6 ± 0.2 ^e	6.7 ± 0.0 ^f	71.1 ± 0.1 ^f	68.4 ± 6.1 ^b	5.57 ± 0.17 ^a	0.44 ± 0.06 ^c	0.08 ± 0.01 ^e	0.79 ± 0.01 ^{ab}	12.66
淮119	14.00 ± 0.00 ^b	9.63 ± 0.06 ^b	14.2 ± 0.17 ^d	71.70 ± 0.53 ^d	0.247	77.3 ± 0.6 ^c	7.5 ± 0.0 ^d	7.5 ± 0.2 ^d	76.2 ± 0.2 ^h	80.2 ± 3.4 ^a	3.94 ± 0.28 ^c	0.64 ± 0.1 ^{ab}	0.16 ± 0.03 ^a	0.74 ± 0.03 ^{bc}	6.16
苏秀867	13.67 ± 0.06 ^c	7.87 ± 0.21 ^e	16.07 ± 0.06 ^c	72.68 ± 0.32 ^c	0.284	83.0 ± 1.7 ^a	8.5 ± 0.1 ^a	8.5 ± 0.1 ^a	85.4 ± 0.1 ^a	77.2 ± 5.0 ^{ab}	4.00 ± 0.29 ^c	0.74 ± 0.05 ^a	0.18 ± 0.01 ^a	0.75 ± 0.01 ^{abc}	5.41
淮稻5号	12.63 ± 0.06 ^f	8.00 ± 0.10 ^e	16.70 ± 0.26 ^c	80.45 ± 1.81 ^{ab}	0.262	81.7 ± 0.6 ^{bc}	8.0 ± 0.1 ^c	8.1 ± 0.1 ^c	81.5 ± 0.2 ^c	74.2 ± 6.0 ^{ab}	4.94 ± 0.33 ^b	0.61 ± 0.09 ^{ab}	0.12 ± 0.02 ^{bc}	0.74 ± 0.01 ^{bc}	8.10
扬粳3012	13.50 ± 0.00 ^d	9.23 ± 0.12 ^c	13.87 ± 0.31 ^d	78.06 ± 0.92 ^d	0.216	78.7 ± 1.2 ^{bc}	7.5 ± 0.0 ^d	7.5 ± 0.1 ^d	76.8 ± 0.5 ^e	70.9 ± 5.6 ^{ab}	4.07 ± 0.23 ^c	0.62 ± 0.07 ^{ab}	0.15 ± 0.02 ^{ab}	0.58 ± 0.33 ^c	6.56
南粳5055	14.13 ± 0.06 ^a	10.13 ± 0.21 ^a	8.80 ± 0.70 ^e	70.98 ± 1.35 ^f	0.142	80.0 ± 2.0 ^{cd}	8.0 ± 0.1 ^c	8.1 ± 0.2 ^{bc}	84.0 ± 0.0 ^b	71.3 ± 4.9 ^{ab}	3.10 ± 0.12 ^d	0.55 ± 0.03 ^{bc}	0.18 ± 0.01 ^a	0.74 ± 0.03 ^{bc}	5.64
桃优香占	12.30 ± 0.00 ^e	8.87 ± 0.06 ^d	18.47 ± 0.06 ^a	79.47 ± 0.50 ^{bc}	0.303	74.0 ± 1.0 ^f	8.0 ± 0.0 ^f	7.8 ± 0.2 ^d	85.5 ± 0.2 ^a	68.2 ± 3.8 ^b	1.67 ± 0.1 ^e	0.18 ± 0.03 ^d	0.11 ± 0.01 ^{cd}	0.94 ± 0.01 ^a	9.28
五优61	12.10 ± 0.00 ^b	9.70 ± 0.10 ^b	17.47 ± 0.15 ^b	77.17 ± 0.94 ^d	0.293	67.0 ± 1.0 ^e	7.5 ± 0.2 ^d	7.4 ± 0.1 ^e	79.9 ± 0.1 ^d	58.7 ± 5.7 ^c	1.54 ± 0.1 ^e	0.18 ± 0.03 ^d	0.12 ± 0.02 ^{bc}	0.93 ± 0.02 ^{ab}	8.56
平均值	13.09	8.78	15.35	76.47	0.252	78.5	7.7	7.7	80.2	72.9	3.95	0.51	0.13	0.79	8.16
中位数	12.97	8.87	16.20	78.06	0.261	80.0	7.6	7.6	79.9	74.2	4.07	0.54	0.12	0.79	8.56
变异系数/%	5.73	9.71	16.91	5.30	17.36	6.0	6.60	6.50	5.80	8.70	33.91	35.27	25.04	12.54	26.01

注:小写字母代表同一列数据的显著性差异(P<0.05)。

表3 稻米理化指标、食味品质指标和米饭质构品质指标间的相关性分析

指标	食味值	蛋白质	水分	直链淀粉	总淀粉	直支比	硬度	黏度	平衡度	弹性	硬度/黏度	外观	口感	综合评分
蛋白质含量	-0.616*													
水分含量	0.325	0.394												
直链淀粉含量	-0.243	-0.585	-0.775**											
总淀粉含量	0.058	-0.592	-0.839**	0.655*										
直支比	-0.32	-0.478	-0.613*	0.956**	0.405									
硬度	0.744**	-0.509	0.285	-0.13	0.006	-0.172								
黏度	0.821**	-0.328	0.613*	-0.4	-0.244	-0.39	0.666*							
平衡度	0.208	0.28	0.58	-0.538	-0.464	-0.459	-0.263	0.527						
弹性	-0.54	-0.04	-0.653*	0.556	0.234	0.581	-0.502	-0.801**	-0.477					
硬度/黏度	-0.204	-0.165	-0.402	0.385	0.23	0.364	0.291	-0.508	-0.963**	0.457				
外观	0.386	-0.417	-0.236	0.122	0.31	0.04	-0.243	0.246	0.511	0.061	-0.609*			
口感	0.496	-0.426	-0.141	0.011	0.248	-0.072	-0.118	0.37	0.546	-0.047	-0.628*	0.985**		
综合评分	0.157	-0.252	-0.358	0.134	0.306	0.056	-0.457	-0.062	0.385	0.298	-0.457	0.937**	0.895**	
感官评价	0.828**	-0.543	0.313	-0.09	0.045	-0.134	0.634*	0.770**	0.227	-0.398	-0.27	0.329	0.395	0.072

注: **在0.01水平(双侧)极显著相关; *在0.05水平(双侧)显著相关。

表4 主成分的特征值、贡献率和累计贡献率

Table 4 Eigenvalue, contribution rate and cumulative contribution rate of principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.162	41.616	41.616
2	3.013	30.134	71.750
3	2.205	22.051	93.801

表5 主成分的特征向量和载荷矩阵

Table 5 Eigenvectors and load matrices of principal components

指标	主成分1		主成分2		主成分3	
	特征向量	载荷	特征向量	载荷	特征向量	载荷
食味值	0.241	0.930	0.037	-0.290	-0.031	0.072
蛋白质含量	-0.185	-0.668	-0.021	-0.288	-0.291	-0.642
直链淀粉含量	-0.008	-0.106	-0.017	0.645	0.401	0.748
直支比	-0.019	-0.189	-0.037	0.598	0.391	0.742
硬度	0.271	0.538	-0.181	-0.650	0.056	0.472
黏度	0.224	0.796	0.001	-0.465	-0.103	-0.035
外观	-0.011	0.661	0.311	0.672	-0.004	-0.328
口感	0.019	0.744	0.300	0.553	-0.038	-0.358
综合评分	-0.089	0.424	0.327	0.784	-0.019	-0.425
感官评价	0.234	0.843	0.011	-0.247	0.023	0.193

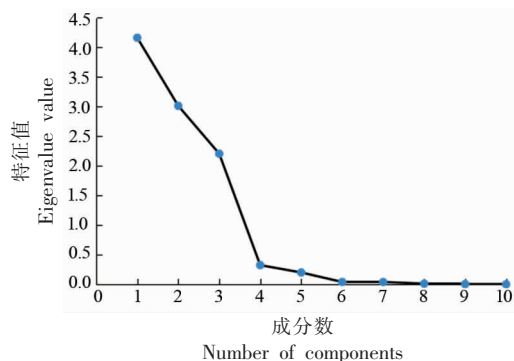


图1 碎石图

Fig.1 Scree plot

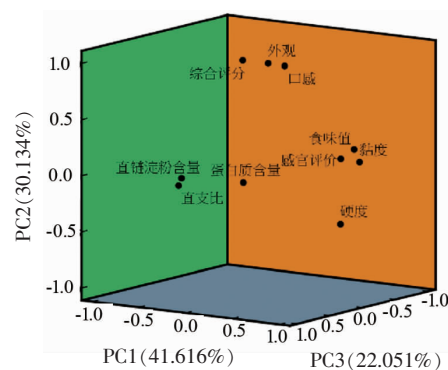


图2 主成分分析图

Fig.2 PCA plot

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} F_2 + \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} F_3$$

$$F = 0.439F_1 + 0.328F_2 + 0.233F_3$$

由表6可见,通过对综合得分进行排序得出

不同稻米品种品质优劣顺序为苏秀867、稻花香、金禾圆粒、淮稻5号、绥粳18、淮119、南粳5505、桃优香占、扬粳3012、武运粳32、五优61。

表6 不同稻米品质指标的主成分得分、综合得分及排序

Table 6 Principal component scores, comprehensive scores and ranking of quality indexes of different rice varieties

品种	F_1	F_2	F_3	F	排序
稻花香	30.315	35.594	1.744	25.389	2
金禾圆粒	30.751	32.837	2.126	24.766	3
绥粳18	30.705	32.444	2.003	24.588	5
武运粳32	28.139	29.473	0.905	22.231	10

(续表 6)

品种	F_1	F_2	F_3	F	排序
淮 119	30.000	32.078	0.828	23.885	6
苏秀 867	30.183	35.867	1.635	25.396	1
淮稻 5 号	29.707	34.051	1.971	24.670	4
扬粳 3012	28.201	32.213	0.543	23.073	9
南粳 5055	27.559	35.202	-2.024	23.173	7
桃优香占	24.942	35.461	2.340	23.126	8
五优 61	21.341	33.014	1.808	20.618	11

2.4 不同水稻品种品质指标的聚类分析

聚类分析方法可同时综合考察大量的样本性状,可以解决数据离散而不易直观地进行相近程度比较的问题,分类结果更客观、更科学^[29],因此本研究采用层次聚类分析法对样本进行不同类群的评价^[30]。采用组间联接法对表 6 中的综合得分进行层次聚类分析,建立聚类树状图,如图 3 所示。通过聚类分析将 11 个稻米品种的品质划分为 3 大类。其中,第 I 类有苏秀 867、稻花香、金禾圆粒、淮稻 5 号、绥粳 18,其品质最好;第 II 类有淮 119、南粳 5505、桃优香占、扬粳 3012、武运粳 32,其品质居中;第 III 类是五优 61,其品质最差。

3 结论

本研究对 11 个稻米品种的 15 个品质指标进行测定,得出稻米品种对品质指标的影响顺序为黏度>硬度>硬度/黏度>平衡度>直支比>直链淀粉含量>弹性>蛋白质含量>感官评价>外观>口感>食味值>综合评分>水分含量>总淀粉含量。通过主成分分析确定了 3 个主成分,累计贡献率达到 93.801%,可以代替上述众多品质指标对不同稻米品种品质进行评判。主成分 1 主要综合了食味值和感官评价,主成分 2 主要综合了综合评分和外观,主成分 3 主要综合了直链淀粉含量和直支比。通过综合评价得出 11 个稻米品种品质优劣顺序为苏秀 867、稻花香、金禾圆粒、淮稻 5 号、绥粳 18、淮 119、南粳 5505、桃优香占、扬粳 3012、武运粳 32、五优 61。通过聚类分析将 11 个稻米品种的品质划分为 3 大类。其中,第 I 类有苏秀 867、稻花香、金禾圆粒、淮稻 5 号、绥粳 18,其品质最好;第 II 类有淮 119、南粳 5505、桃优香占、扬粳 3012、武运粳 32,其品质居中;第 III 类是五优 61。

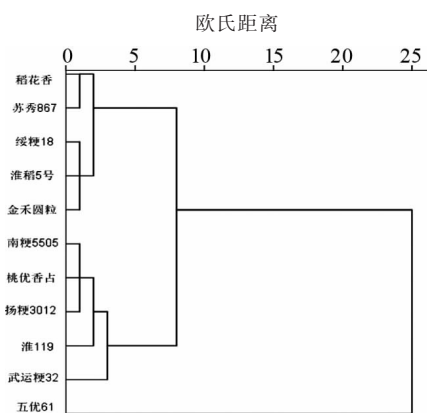


图 3 不同稻米品种品质的聚类分析图

Fig.3 Cluster analysis dendrogram of the quality of different rice varieties

稻米品质是在品种遗传特性和环境因素的共同作用下,通过籽粒灌浆充实过程中复杂的生理代谢变化而形成的,水稻从栽培到消费食用要经过生产、收获、干燥、贮藏、加工等多个环节,每个环节都会对稻米品质产生影响。本文选取了在品种原产地种植的稻米为研究对象,只是避免了品种自身生长习性的差异,后续研究中还应继续关注栽培环境(光照、海拔、土壤类型等)和农艺技术措施(施肥、灌溉、收获期及仓储技术等)等因素对稻米品质的影响,从育种、种植、储藏、加工、蒸煮这 5 个维度系统性建立精米的全程品质管理体系。

参 考 文 献

- [1] PENGKUMSRI N, CHAIYASUT C, SAENJUM C, et al. Physicochemical and antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of northern Thailand[J]. Food Science and Technology (Campinas), 2015, 35(2): 331-338.

- [2] 胡月, 郭晓红, 李猛, 等. 中日水稻品种株型与品质比较分析[J]. 中国稻米, 2018, 24(5): 39-44.
HU Y, GUO X H, LI M, et al. Comparative analysis of agronomic traits and quality of rice varieties in China and Japan[J]. China Rice, 2018, 24(5): 39-44.
- [3] 吴国勇. 以粮食供给侧结构性改革助推乡村振兴[J]. 中国粮食经济, 2019(3): 61-63.
WU G Y. The boost of rural revitalization by the supply-side structural reform of grain[J]. China Grain Economy, 2019(3): 61-63.
- [4] 孙旭超, 岳红亮, 田铮, 等. 不同地域粳稻的稻米食味品质特性分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(14): 215-221.
SUN X C, YUE H L, TIAN Z, et al. Analysis of rice taste quality characteristics of japonica rice from different areas [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(14): 215-221.
- [5] 高扬, 张莉萍, 贺梅, 等. 黑龙江省水稻品质分析及食味评分方程的建立[J]. 北方水稻, 2012, 42(5): 5-9.
GAO Y, ZHANG L P, HE M, et al. Analysis of quality of rice in Heilongjiang province and equation of taste value[J]. North Rice, 2012, 42(5): 5-9.
- [6] 苏光辉, 张洪伟, 张丽娜, 等. 米饭食味检测仪器评价优质稻米食味品质[J]. 北方水稻, 2019, 49(4): 34-35.
SU G H, ZHANG H W, ZHANG L N, et al. Evaluation of the taste quality of high-quality rice by rice taste test instrument[J]. North Rice, 2019, 49(4): 34-35.
- [7] 朱艳菊. 基于RVA谱的稻米食味品质评价及分子标记关联研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2018.
ZHU Y J. Evaluation and molecular markers association study of rice taste quality traits based on RVA profile [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2018.
- [8] CUSTODIO M C, CUEVAS R P, YNION J, et al. Rice quality: How is it defined by consumers, industry, food scientists, and geneticists?[J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 92: 122-137.
- [9] HE M, QIU C, LIAO Z, et al. Impact of cooking conditions on the properties of rice: Combined temperature and cooking time[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 117: 87-94.
- [10] CHEN M, BERGMEN C J, MCCIUNG A M, et al. Resistant starch: Variation among high amylose rice varieties and its relationship with apparent amylose content, pasting properties and cooking methods[J]. Food Chemistry, 2017, 234: 180-189.
- [11] 张玉荣, 周显青, 杨兰兰. 大米食味品质评价方法的研究现状与展望[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(8): 155-160.
ZHANG Y R, ZHOU X Q, YANG L L. Present situation and expectation on methods for taste evaluation of rice[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(8): 155-160.
- [12] 黄华松, 孙宗修, 胡培松, 等. 食用稻米品质形成研究的现状和展望[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(3): 172-176.
HUANG H S, SUN Z X, HU P S, et al. Present situations and prospects for the research on rice grain quality forming [J]. Chinese Journal of Rice Science, 1998, 12(3): 172-176.
- [13] 三上隆司. 根据视光以及近赤外光的米饭官能值评价[J]. 日本食品科学工学, 2000, 7(10): 23-28.
TAKASHI KAMI. The faculties value evaluation of rice according to optical and near red outside light [J]. Food Science and Engineering of Japan, 2000, 7(10): 23-28.
- [14] 周显青, 杨兰兰, 张玉荣, 等. 模糊综合评判法在稻米食味品质感官评价中的应用[J]. 粮油加工, 2008(2): 88-91.
ZHOU X Q, YANG L L, ZHANG Y R, et al. Application of fuzzy comprehensive evaluation method in sensory evaluation of rice eating quality[J]. Cereals and Oils Processing, 2008(2): 88-91.
- [15] 李苏红, 宋媛媛, 董墨思, 等. 大米理化特性与食味品质的相关性分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(23): 26-31.
LI S H, SONG Y Y, DONG M S, et al. Analysis of correlations between physicochemical properties and eating quality of rice [J]. Food Research and Development, 2017, 38(23): 26-31.
- [16] 白婷, 靳玉龙, 朱明霞, 等. 56份青藏高原不同区域青稞籽粒营养品质综合评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(23): 318-322, 328.
BAI T, JIN Y L, ZHU M X, et al. Comprehensive evaluation of quality of 56 highland barleys (*Hordeum vulgare* Linn.) in different regions of Tibet plateau[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(23): 318-322, 328.

- [17] 荆瑞勇, 卫佳琪, 王丽艳, 等. 基于主成分分析的不同水稻品种品质综合评价[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 179-184.
JING R Y, WEI J Q, WANG L Y, et al. Comprehensive quality evaluation of different rice varieties based on principal component analysis[J]. Food Science, 2020, 41(24): 179-184.
- [18] ALBERT L C, MOCHAMMAD A A. Application of chemometric techniques: An innovative approach to discriminate two seaweed cultivars by physico-functional properties [J]. Food Chemistry, 2019, 289: 269-277
- [19] QI X G, ZHU L, WANG C Q, et al. Development of standard fingerprints of naked oats using chromatography combined with principal component analysis and cluster analysis[J]. Journal of Cereal Science, 2017, 74: 224-230.
- [20] JAIN S K, PATEL P R. Principal components and cluster analysis in sorghum (sorghum bicolor (L.) moench)[J]. Forage Research, 2016, 42(2): 90-95.
- [21] DANIEL G, JÂNIO S S, GRAZIELA B E, et al. Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective[J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 72: 83-90.
- [22] 于秋竹, 孔宇, 陈东升, 等. 基于主成分及聚类分析的黑龙江省水稻产量与品质的综合评价[J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(2): 219-224.
YU Q Z, KONG Y, CHEN D S, et al. Comprehensive evaluation of yield and quality of rice based on principal component and cluster analysis in Heilongjiang province[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2015, 46(2): 219-224.
- [23] GAO B Y, LU Y J, SHENG Y, et al. Differentiating organic and conventional sage by chromatographic and mass spectrometry flow injection fingerprints combined with principal component analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(12): 957-2963.
- [24] 杨军林, 任亚梅, 张武岗, 等. 基于主成分分析法的熟化马铃薯品质评价[J]. 食品科学, 2018, 39(19): 70-77.
YANG J L, REN Y M, ZHANG W G, et al. Quality evaluation of cooked potatoes based on principal component analysis[J]. Food Science, 2018, 39(19): 70-77.
- [25] 袁玉洁, 张丝琪, 卢慧, 等. 基于食味计评价杂交籼稻食味品质[J]. 食品科学, 2021, 42(11): 63-70.
YUAN Y J, ZHANG S Q, LU H, et al. Taste quality of indica hybrid rice varieties by using rice taste analyzer[J]. Food Science, 2021, 42(11): 63-70.
- [26] 国家质量监督检验检疫总局. 粮油检验 稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法: GB/T 15682-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-9.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Grain and Oil Inspection Sensory Evaluation Method of Rice and Rice Cooking Quality: GB/T 15682-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1-9.
- [27] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 215-220.
ZHANG W T, DONG W. SPSS statistical analysis advanced tutorial [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004: 215-220.
- [28] 焦扬, 折发文, 张娟娟, 等. 基于主成分与聚类分析的甘肃地区产地木耳品质综合评价[J]. 食品科学, 2019, 40(8): 130-135.
JIAO Y, ZHE F W, ZHANG J J, et al. Comprehensive quality evaluation of Nostoc commune Vauch. from Gansu province by principal component analysis and cluster[J]. Food Science, 2019, 40(8): 130-135.
- [29] 刘丙花, 孙锐, 王开芳, 等. 不同蓝莓品种果实品质比较与综合评价[J]. 食品科学, 2019, 40(1): 70-76.
LIU B H, SUN R, WANG K F, et al. Comparison and comprehensive evaluation of fruit quality of different blueberry (Vaccinium spp.) varieties[J]. Food Science, 2019, 40(1): 70-76.
- [30] 朱周俊, 袁德义, 邹锋, 等. 不同锥栗农家种种仁中9种矿物质元素含量的因子分析与聚类分析[J]. 食品科学, 2019, 40(2): 165-170.
ZHU Z J, YUAN D Y, ZOU F, et al. Factor analysis and cluster analysis of contents of 9 mineral elements in seed kernels of Castanea henryi from different varieties[J]. Food Science, 2019, 40(2): 165-170.

Correlation Analysis of Physical and Chemical Indexes, Edible Quality Indexes and Texture Quality of Rice

Jiang Ping¹, Xu Ning¹, Ma Zhanqian¹, Wu Nana¹, Tan Bin^{1*}, Li Yunhui²
(¹Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037
²Heilong Wuchang Jinhe Rice Industry Co., Ltd., Harbin 150000)

Abstract The differences of quality indexes (physical and chemical indexes, food and taste indexes and rice texture indexes) among 11 rice varieties were studied in this paper. The quality of different rice varieties was evaluated by principal component analysis and classified by cluster analysis. The results showed that the influence of rice varieties on viscosity and hardness quality indexes was greater, but the influence on water content and total starch content was small. The three principal components determined by principal component analysis can replace the above quality indexes to evaluate the quality of different rice varieties. Principal component 1 mainly integrated the food and taste value and sensory evaluation, principal component 2 mainly integrated the comprehensive score and appearance, and principal component 3 mainly integrated the amylose content and the ratio of amylose content to amylopectin content. Cluster analysis showed that Category I includes Suxiu 867, Daohuaxiang, Jinheyuanli, Huaidao 5 and Suijing 18, they had the best quality, Category II includes Huai 119, Nanjing 5505, Taoyouxiangzhan, Yangjing 3012 and Wuyunjing 32, with the quality in the middle. Category III is Wuyou 61. This conclusion can provide some reference basis for the selection of high quality rice varieties.

Keywords rice; quality index; correlation analysis; principal component analysis; cluster analysis