

籼稻的食味品质和综合品质评价模型的建立

朱 玫¹, 熊 宁¹, 刘 欢², 吴 量², 孟 欢³, 刘 利¹, 吴莉莉¹

(1.湖北省粮油食品质量监测站, 湖北 武汉 430061; 2.中国科学院武汉物理与数学研究所, 湖北 武汉 430071;

3.河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 对750份籼稻样品的外观、加工、理化、蒸煮和食味品质进行了测试, 并对各项数据进行了相关性分析, 利用多元线性回归的方法建立了对食味计评分进行修正的米饭食味评价模型 $Y = -0.18760X_1 - 1.3227X_2 + 0.12252X_3 + 7.5458X_4 - 0.0015584X_5 + 81.585$ (式中: Y 为感官评分; X_1 为直链淀粉含量; X_2 为蛋白质含量; X_3 为食味计评分; X_4 为回生值; X_5 为黏度平均值)。综合考虑食味品质、加工品质和外观品质, 利用主成分分析法建立了米饭用籼稻的综合指数模型 $Y = 0.16721X_1 + 0.027819X_2 + 0.07322X_3 - 0.00676X_4 - 20.2714$ (式中: Y 为综合指数; X_1 为出糙率; X_2 为整精米率; X_3 为感官评分; X_4 为垩白度), 并用层次分析粗粒化综合评价模型对该综合指数模型进行了验证。通过这两个模型可以更科学、合理地评价米饭用籼稻的食味品质和综合品质。

关键词: 米饭用籼稻; 食味评价模型; 综合指数模型

Establishment of Models to Evaluate the Eating Quality and Comprehensive Quality of Indica Rice

ZHU Mei¹, XIONG Ning¹, LIU Huan², WU Liang², MENG Huan³, LIU Li¹, WU Lili¹

(1. Hubei Grain Oil and Food Quality Inspection & Test Station, Wuhan 430061, China;

2. Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;

3. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The appearance, processing, physicochemical, cooking, and eating qualities of 750 samples of indica rice were determined and correlated with each other. In addition, a palatability evaluation model ($Y = -0.18760X_1 - 1.3227X_2 + 0.12252X_3 + 7.5458X_4 - 0.0015584X_5 + 81.585$ (Y is sensory score; X_1 is amylose content; X_2 is protein content; X_3 is score for rice taste meter; X_4 is setback; X_5 is rice viscosity average)) was established by a multiple linear regression method using a modified sensory evaluation model with a Satake taste analyzer. Taking into consideration edibility, processing and appearance qualities, a comprehensive evaluation model for cooked indica rice ($Y = 0.16721X_1 + 0.027819X_2 + 0.07322X_3 - 0.00676X_4 - 20.2714$ (Y is comprehensive index; X_1 is brown rice rate; X_2 is head rice rate; X_3 is sensory score; X_4 is chalkiness degree)) was constructed by principal component analysis, and verified by fuzzy analytic hierarchy model. More importantly, the developed models are useful for evaluating the sensory and comprehensive quality of cooked indica rice more scientifically and reasonably.

Key words: cooked indica rice; palatability evaluation model; comprehensive evaluation model

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621017

中图分类号: TS210.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 21-0097-07

引文格式:

朱玫, 熊宁, 刘欢, 等. 籼稻的食味品质和综合品质评价模型的建立[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 97-103. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621017. <http://www.spkx.net.cn>

ZHU Mei, XIONG Ning, LIU Huan, et al. Establishment of models to evaluate the eating quality and comprehensive quality of indica rice[J]. Food Science, 2016, 37(21): 97-103. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621017. <http://www.spkx.net.cn>

稻谷是世界上最主要的粮食作物, 其总产量占世界谷物产量的1/3左右。我国是世界上最大的稻谷生产国, 从2011年开始, 稻谷的年产量连续4年站稳在2亿t以上, 占世界稻谷总产量的27.5%, 居世界第一位。2014年, 我国生产大米1.304亿t, 呈逐年递增的趋势^[1]。现阶段, 我

国稻谷的生产和消费不单满足于解决温饱问题, 而且对稻谷的品质有了更高的要求, 因此建立科学客观的综合评价稻谷品质的方法显得尤为重要。由于我国稻谷品种很多, 而且稻谷种植地的土壤、水质和气候都会影响稻谷的品质, 所以稻谷品质的评价较为复杂。稻谷的品质

收稿日期: 2015-11-15

基金项目: 粮食公益性行业科研专项 (201313006-2)

作者简介: 朱玫 (1988—), 女, 助理工程师, 硕士, 研究方向为粮油检测。E-mail: zhumeimay@126.com

包括加工品质、外观品质和食味品质等^[2-4]，现在大部分研究都是将这几种品质分别进行评价，没有可以综合评价这几种品质的方法。其中，食味品质的评价^[5-7]最为困难。传统的感官评价方法对品尝人员有很高的要求，有较强的主观性；现在最常用的仪器评价方法就是利用米饭食味计进行评价，米饭食味计是通过建立近红外光谱与待测参数间的分析模型得到米饭硬度、黏度等参数，无法真正反映米饭内在的物理性状（弹性、黏性），所以存在一定的局限性。

本实验以我国两个籼稻主产省（湖北省、江西省）的籼稻为研究对象，对这些稻谷的外观品质、加工品质、理化品质、食味品质进行检测，组织专业品尝人员对米饭的食味品质打分，再通过分析感官评分与食味计评分的关系，建立了对食味计评分进行修正的米饭食味评分模型。同时，根据调研报告，大米加工厂和方便米饭生产企业一般选取原料时主要考虑的指标为出糙率、整精米率、垩白度和感官评分，这综合考虑了加工品质、外观品质、食味品质3个方面的因素。因此，选取出糙率、整精米率、垩白度和感官评分这4个指标进行建模，构建米饭用籼稻的综合指数，用于综合评价稻谷的品质，从而可以知道某地区、某品种对应的平均综合指数，对企业的收储和加工具有指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

64份2014年湖北省早籼稻样品、545份2014年湖北省中晚籼稻样品、85份2014年江西省早籼稻样品、56份2014年江西省中晚籼稻样品，共390个品种。

1.2 仪器与设备

THU35C型砵谷机、TMO5C型碾米机、米饭食味计、硬度仪 佐竹机械（苏州）有限公司；TMO5C型碾米机、3100型锤式实验粉碎机、RVA-TecMaster快速黏度分析仪 瑞典Perten公司；AL204型电子精密天平 梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司；AC120型电热恒温鼓风干燥箱 法国Froilabo公司；TU-1800SPC型紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司；E-816型粗脂肪测定仪、凯K-360型氏定氮仪 瑞士Büchi有限公司。

1.3 方法

1.3.1 米饭食味计评分、硬度的测定^[7]

参照张欣等^[7]的方法进行测定，先称取精米30 g，淘米30 s，加入质量为精米1.33倍的蒸馏水，浸泡30 min，蒸煮米饭，米饭冷却90 min，称取8 g米饭制成米饼，最后放入食味计和硬度仪中进行测定食味计评分和硬度。

1.3.2 指标测定

出糙率的测定参照文献[8]、整精米率的测定参照文献[9]、水分含量的测定参照文献[10]、RVA糊化特性的测定参照文献[11]、直链淀粉含量的测定参照文献[12]、碘蓝值的测定参照文献[13]、米汤固形物含量的测定参照文献[14]、蛋白质含量的测定参照文献[15]、大米胶稠度的测定参照文献[16]、大米垩白粒率、垩白度以及长宽比的测定参照文献[17]、米饭的感官评分参照文献[18]、米饭感官评价人员的筛选参照文献[19]。

1.4 数据统计与分析

米饭的感官评分是以5~10名优选评价员的综合评分计平均值，其余指标都平行测定两次取算术平均值，所得数据采用Excel软件建立数据库，用SPSS 19.0统计软件对数据进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 建立米饭食味评分模型

2.1.1 筛选米饭感官评分的敏感指标

表1 米饭感官评分与米饭用籼稻指标的相关性
Table 1 Correlations between sensory evaluation score and other indexes of indica rice

米饭用籼稻的指标	与感官评分的相关性	米饭用籼稻的指标	与感官评分的相关性
出糙率	0.160**	衰减值	0.580**
整精米率	0.160**	最终黏度	-0.530**
不完善率	-0.096	回生值	-0.589**
直链淀粉含量	-0.655**	峰值时间	-0.340**
垩白粒率	-0.240**	糊化温度	-0.362**
垩白度	-0.164**	米汤固形物	0.059
胶稠度	0.431**	碘蓝值	-0.013
粒型长宽比	-0.062	食味计评分	0.647**
粒长	0.015	硬度	-0.520**
蛋白质含量	-0.541**	黏度	0.607**
水分含量	0.046	平衡度	0.517**
峰值黏度	0.293**	弹性	-0.041
最低黏度	-0.501**		

注：**，在0.01水平（双侧）上显著相关。下同。

将270份湖北省中晚籼稻和30份湖北省早籼稻的感官评分与各项指标做相关性分析，结果见表1。与籼稻的感官评分相关的敏感指标按照相关性大小依次为：直链淀粉含量、食味计评分、黏度、回生值、衰减值、蛋白质含量、最终黏度、硬度、平衡度、最低黏度（选择相关系数大于0.5的指标）。由于同一仪器测定的指标有内在相关性，所以在黏度、硬度、平衡度3个指标中只取相关性最高的黏度作为感官评分的敏感指标，在回生值、衰减值、最终黏度、最低黏度中只取相关性最高的回生值作为感官评分的敏感指标。最终选定直链淀粉含量（ X_1 ）、蛋白质含量（ X_2 ）、食味计评分（ X_3 ）、黏度（ X_4 ）和回生值（ X_5 ）为籼稻感官评分（ Y ）的敏感指标。

2.1.2 多元线性回归^[20-21]

由于感官评分的敏感指标中包括食味计评分, 所以采用SPSS软件建立感官评分的多元线性方程就可以对食味计评分进行修正。为了消除各指标量纲不同的影响, 对感官评分及其敏感指标进行标准化处理。将处理后的数据进行主成分分析, 分析结果见表2, 第1、2两个主成分的方差贡献率分别为73.6%、16.3%, 所以这两个主成分的累计贡献率达到89.9%, 因此剔除第3、4、5主成分, 相应的因子载荷矩阵如表3所示。因此, 可得:

$$Z_1 = \frac{0.951}{\sqrt{3.507}} Z_{x_1} + \frac{0.512}{\sqrt{3.507}} Z_{x_2} + \frac{-0.948}{\sqrt{3.507}} Z_{x_3} + \frac{-0.757}{\sqrt{3.507}} Z_{x_4} + \frac{0.932}{\sqrt{3.507}} Z_{x_5} \quad (1)$$

$$Z_2 = \frac{-0.281}{\sqrt{0.775}} Z_{x_1} + \frac{0.816}{\sqrt{0.775}} Z_{x_2} + \frac{-0.049}{\sqrt{0.775}} Z_{x_3} + \frac{0.127}{\sqrt{0.775}} Z_{x_4} + \frac{-0.108}{\sqrt{0.775}} Z_{x_5} \quad (2)$$

式中: Z 表示主成分; Z_x 表示 X 标准化后的变量。

表2 主成分方差分析

Table 2 Variance analysis of principal components

成分	特征值	方差的贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.507	73.643	73.643
2	0.775	16.269	89.912
3	0.261	5.483	95.395
4	0.150	3.149	98.544
5	0.069	1.456	100.000

表3 主成分矩阵

Table 3 Matrix of principal components

指标	主成分1	主成分2
Z_{score} (直链淀粉含量)	0.951	-0.281
Z_{score} (蛋白质含量)	0.512	0.816
Z_{score} (食味计评分)	-0.948	-0.049
Z_{score} (黏度)	-0.757	0.127
Z_{score} (回生值)	0.932	-0.108

以这两个主成分为自变量, 以标准化的感官评分为因变量, 进行线性回归, 结果见表4。由表4可得, $Z_Y = -0.430Z_1 - 0.210Z_2 + 0.033$, 将该方程去标准化得到多元线性回归模型, 也就是籼稻的米饭食味评分模型: $Y = -0.18760X_1 - 1.3227X_2 + 0.12252X_3 + 7.5458X_4 - 0.0015584X_5 + 81.585$ 。式中: X_1 为直链淀粉含量; X_2 为蛋白质含量; X_3 为食味计评分; X_4 为黏度; X_5 为回生值。

表4 线性回归系数

Table 4 Linear regression coefficients

模型	系数B	标准误差
常量	0.033	0.043
Z_1	-0.430	0.023
Z_2	-0.210	0.049

2.1.3 模型的验证

用275份湖北省中晚籼稻、34份湖北省早籼稻、85份江西省早籼稻、56份江西中晚籼稻数据对籼稻的

米饭食味评分模型进行验证, 验证结果见表5。验证样品总数为450份, 其中相对误差不超过10%的样品数为364份, 占样品总数的80.9%; 相对误差不超过15%的样品数为425份, 占样品总数的94.4%。由此可知, 该模型的预测值与实际值的差别不大。对实际值和预测值做相关性分析, 结果显示它们呈极显著正相关, 相关系数为0.644。这说明此模型可以很好地预测籼稻的食味品质。

表5 籼稻米饭食味评分模型验证结果

Table 5 Results of verification of the evaluation model for eating quality

样品编号	实际值	预测值	相对误差/%	样品编号	实际值	预测值	相对误差/%
926-01	77.5	74.3	4.1	金优463-04	65.3	75.7	16.0
926-02	76.5	72.9	4.7	金优463-05	66.6	72.7	9.2
II 优118-01	77.8	78.7	1.2	金优77-01	67.8	75.3	11.1
II 优202-01	78.6	75.6	3.8	金优856-01	67.3	69.5	3.2
II 优7954-01	77.0	73.7	4.2	金优928-01	72.8	73.8	1.3
II 优838-01	78.4	75.7	3.5	金优947-01	65.4	69.4	6.1
II 优航2号-01	79.2	77.6	2.0	金优947-02	64.6	69.1	6.9
C两优-01	81.8	78.0	4.6	科优6418-01	66.1	76.4	15.5
C两优-02	82.8	80.0	3.3	两优-01	81.6	78.4	4.0
C两优513-01	74.0	77.9	5.3	两优-02	79.2	78.1	1.5
C两优87-01	75.4	78.6	4.2	两优-03	80.6	77.3	4.1
D两优3232-01	79.4	80.7	1.6	两优-04	81.2	78.6	3.2
H两优7201-01	80.2	77.4	3.5	两优1528-01	69.8	77.8	11.4
Q两优18-01	79.0	75.4	4.5	两优203-01	76.8	77.0	0.3
R4015-01	71.8	73.5	2.4	两优28-01	68.2	74.3	9.0
R4015-02	69.3	72.8	5.1	两优287-01	68.0	71.0	4.4
R4015-03	68.3	72.2	5.8	两优287-02	58.8	73.3	24.7
R4015-04	69.0	73.5	6.5	两优287-03	69.2	72.7	5.0
R4015-05	66.0	73.1	10.7	两优287-04	69.4	71.7	3.4
T两优207-01	78.6	79.8	1.5	两优287-05	70.8	72.1	1.8
Y两优-01	76.6	80.7	5.4	两优287-06	64.4	72.5	12.6
Y两优-02	81.0	78.8	2.7	两优287-07	72.2	71.2	1.4
Y两优-03	83.2	79.7	4.3	两优287-08	74.8	72.3	3.3
Y两优-04	72.0	79.9	10.9	两优287-09	72.8	72.0	1.2
Y两优1928-01	70.5	77.5	9.9	两优287-10	69.0	76.7	11.1
Y两优1998-01	74.8	78.8	5.4	两优287-11	72.0	69.9	3.0
Y两优1号-01	76.8	79.3	3.2	两优289-01	79.6	81.1	1.8
Y两优1号-02	72.8	76.2	4.7	两优289-02	75.8	79.6	5.0
Y两优202-01	75.8	78.9	4.1	两优42-01	68.8	72.6	5.6
Y两优2号-01	75.6	78.2	3.4	两优42-02	69.2	68.2	1.5
Y两优2号-02	78.8	78.8	0.0	两优432-01	75.4	76.0	0.7
Y两优2号-03	78.6	79.4	1.0	两优463-01	63.6	72.4	13.8
Y两优2号-04	77.8	78.4	0.8	两优608-01	74.4	77.1	3.7
Y两优2号-05	83.4	79.5	4.7	两优616-01	79.8	81.3	1.8
Y两优2号-06	81.2	77.5	4.6	两优6326-01	77.0	74.5	3.2
Y两优2号-07	81.2	77.3	4.8	两优6326-02	75.4	75.3	0.1
Y两优2号-08	80.2	77.2	3.8	两优6326-03	77.4	78.5	1.4
Y两优2号-09	80.8	79.6	1.5	两优6326-04	79.8	76.4	4.2
Y两优2号-10	82.6	78.7	4.8	两优6326-05	81.6	81.1	0.6
Y两优2号-11	79.8	79.8	0.0	两优6326-06	82.0	78.9	3.8
Y两优2号-12	80.8	79.4	1.7	两优6981-01	76.2	79.6	4.4
Y两优2号-13	74.8	78.8	5.4	两优6号-01	71.8	70.1	2.4
Y两优302-01	70.3	77.7	10.6	两优932-01	81.6	80.7	1.1
Y两优5813-01	74.0	77.9	5.3	两优932-02	78.6	77.7	1.2
Y两优5813-02	65.3	78.1	19.7	两优华6-01	80.4	80.7	0.3

续表5

样品编号	实际值	预测值	相对误差/%	样品编号	实际值	预测值	相对误差/%
Y两优5867-01	69.3	77.3	11.6	两优培九-01	81.8	80.0	2.2
Y两优66-01	77.8	77.2	0.8	两优培九-02	79.6	76.6	3.7
Y两优689-01	60.9	77.7	27.7	两优培九-03	80.4	79.1	1.6
Y两优6号-01	74.8	76.5	2.2	两优培九-04	73.6	76.3	3.7
Y两优6号-02	73.2	71.4	2.4	陵两优211-01	66.0	75.5	14.4
Y两优6号-03	77.8	79.6	2.3	陵两优268-01	76.6	75.9	1.0
Y两优6号-04	80.8	81.6	1.0	陵两优268-02	78.2	77.1	1.5
Y两优8188-01	72.5	76.1	5.0	陵两优7108-01	73.2	76.3	4.3
Y两优900-01	82.0	80.1	2.3	陵两优7108-02	64.0	74.7	16.7
Y两优918-01	75.2	81.4	8.2	六两优98-01	69.0	68.2	1.2
Y两优918-02	76.8	78.0	1.5	隆两优534-01	82.0	82.6	0.8
Y两优998-01	76.2	79.7	4.6	隆两优华占-01	73.4	76.3	4.0
Y两优农占-01	78.2	81.0	3.6	隆两优华占-02	72.0	74.2	3.1
Y优-01	82.4	79.2	3.9	泸香615-01	79.8	79.9	0.1
Y优-02	83.0	78.5	5.4	陆两优35-01	62.0	72.7	17.2
矮子153-01	72.0	73.0	1.3	陆两优35-02	61.0	71.5	17.2
奥两优69-01	80.2	76.4	4.8	陆两优4026-01	66.6	74.2	11.3
笨两优239-01	76.8	76.5	0.4	陆两优996-01	70.5	79.7	13.0
笨两优639-01	76.8	79.1	3.0	陆两优996-02	66.3	70.0	5.6
楚优1588-01	73.0	72.6	0.5	陆两优996-03	68.0	70.9	4.3
德优8258-01	81.2	80.0	1.5	陆两优996-04	67.7	75.2	11.1
德优8523-01	79.0	80.4	1.7	陆两优996-05	63.7	73.5	15.4
鄂早18-01	68.6	80.7	17.6	珞优8号-01	77.0	76.3	0.9
鄂早18-02	61.4	76.4	24.4	珞优8号-02	76.2	75.2	1.3
鄂早18-03	72.0	78.6	9.2	珞优8号-03	76.2	77.6	1.8
鄂早18-04	63.5	72.6	14.3	美香粘-01	75.4	76.6	1.6
鄂中五号-01	81.6	81.1	0.6	梦稻-01	81.6	79.5	2.6
鄂中五号-02	82.0	79.3	3.2	闽丰优3301-01	70.5	77.0	9.2
鄂中五号-03	81.6	80.1	1.8	南集三号-01	70.0	73.5	5.0
鄂中五号-04	81.2	81.4	0.3	农丰优909-01	69.1	73.7	6.7
鄂中五号-05	80.2	79.8	0.5	农占-01	72.8	76.9	5.6
鄂中五号-06	80.0	81.0	1.3	培两优288-01	77.6	80.5	3.8
鄂中五号-07	79.8	79.7	0.1	沁香5号-01	81.8	81.0	0.9
鄂中五号-08	80.8	82.1	1.7	庆丰优7998-01	68.8	72.9	6.0
鄂中五号-09	81.8	80.3	1.8	全两优-01	79.8	81.1	1.6
丰两优-01	80.8	79.0	2.2	荣优225-01	68.5	70.6	3.1
丰两优-02	79.8	81.1	1.6	荣优9号-01	69.8	77.0	10.3
丰两优-03	80.0	78.6	1.7	荣优9号-02	65.8	70.2	6.7
丰两优-04	79.6	80.4	1.1	荣优华占-01	67.5	75.2	11.4
丰两优-05	77.4	79.8	3.0	荣优华占-02	70.5	74.6	5.8
丰两优-06	79.0	79.2	0.3	蓉稻415-01	78.8	78.0	1.0
丰两优-07	75.6	75.7	0.1	汕优63-01	75.0	76.6	2.2
丰两优-08	79.4	78.0	1.8	汕优63-02	72.8	75.2	3.3
丰两优-09	76.0	77.8	2.3	汕优63-03	77.0	74.5	3.3
丰两优1号-01	67.5	77.0	14.0	深两优5814-01	79.6	80.5	1.1
丰两优1号-02	75.6	79.0	4.5	深两优5814-02	80.4	77.4	3.7
丰两优1号-03	72.2	78.9	9.2	深两优5814-03	69.4	79.5	14.5
丰两优1号-04	75.0	79.7	6.3	盛泰优-01	74.3	75.0	0.9
丰两优1号-05	74.6	78.3	4.9	太优228-01	79.4	77.1	2.9
丰两优1号-06	70.8	80.0	13.1	泰优398-01	69.0	78.3	13.6
丰两优2号-01	73.4	76.8	4.6	特粘粘-01	75.2	74.5	1.0
丰两优4号-01	78.0	78.1	0.2	天二优615-01	72.6	77.5	6.7
丰两优4号-02	78.4	81.4	3.8	天二优616-01	73.6	79.4	7.9
丰两优4号-03	69.0	77.4	12.2	天优3301-01	77.0	74.0	3.9
丰两优9号-01	83.4	81.9	1.8	天优华占-01	66.3	74.8	12.9
丰两优晚三-01	68.0	73.6	8.2	天优华占-02	70.8	75.3	6.4
丰两优香1号-01	78.4	80.0	2.0	天优湘99-01	69.0	76.4	10.7

续表5

样品编号	实际值	预测值	相对误差/%	样品编号	实际值	预测值	相对误差/%
丰两优香1号-02	78.6	80.2	2.0	外引七号-01	68.8	81.6	18.7
丰两优香1号-03	80.6	80.8	0.2	皖稻121-01	75.8	79.7	5.1
丰两优香1号-04	73.6	78.0	5.9	皖稻147-01	79.8	78.7	1.4
丰两优香1号-05	63.4	79.3	25.0	皖稻187-01	71.8	74.4	3.6
丰两优香1号-06	75.0	79.6	6.2	皖稻191-01	73.6	79.5	8.1
丰两优香1号-07	74.8	79.5	6.3	皖稻195-01	79.4	81.7	2.9
丰两优香1号-08	75.4	81.6	8.2	皖稻79-01	79.0	79.8	1.0
丰两优香1号-09	80.4	79.8	0.8	皖两优16-01	78.4	78.6	0.3
丰两优香1号-10	77.8	78.3	0.7	皖两优16-02	76.4	78.3	2.5
丰两优香1号-11	71.8	77.2	7.5	皖两优16-03	70.8	77.0	8.8
丰两优香1号-12	76.8	78.4	2.1	威优1号-01	72.4	81.9	13.1
丰两优香1号-13	79.8	77.5	2.8	五丰优998-01	68.8	80.6	17.3
丰两优香1号-14	83.2	79.0	5.0	五优103-01	70.5	73.3	3.9
丰两优香1号-15	82.4	79.1	4.0	五优157-01	67.8	74.1	9.4
丰两优香1号-16	78.6	76.7	2.4	五优157-02	63.8	72.9	14.3
丰两优香1号-17	77.8	77.3	0.6	五优268-01	68.0	74.6	9.7
丰两优香1号-18	72.8	76.0	4.5	五优308-01	62.6	72.0	15.0
丰两优香1号-19	74.8	76.5	2.2	五优308-02	72.3	75.7	4.7
丰优416-01	76.5	74.8	2.2	五优308-03	70.3	74.8	6.4
丰优4号-01	77.0	77.9	1.2	五优463-01	76.0	82.4	8.4
丰优9号-01	71.4	70.9	0.7	五优航1573-01	66.8	75.5	13.1
丰优9号-02	71.4	72.0	0.8	五优华占-01	72.6	80.9	11.4
丰优9号-03	73.0	71.3	2.3	五优华占-02	78.5	81.7	4.1
丰优9号-04	72.0	72.8	1.0	五优华占-03	70.5	77.3	9.7
丰源优系列-01	75.4	73.6	2.4	晒香4号-01	73.0	80.1	9.7
丰源优系列-02	75.3	73.2	2.7	先农20号-01	71.3	73.6	3.3
丰源优系列-03	74.0	73.7	0.4	先农26号-01	70.8	73.9	4.5
丰源优系列-04	73.2	70.9	3.2	先农29号-01	70.0	76.8	9.7
福优310-01	74.0	76.6	3.5	籼优64-01	74.0	76.7	3.7
福优310-02	73.8	74.5	1.0	籼优64-02	76.8	78.0	1.6
淦鑫203-01	66.6	70.4	5.7	香优666-01	73.8	75.1	1.8
淦鑫203-02	66.0	72.7	10.1	湘丰优8118-01	78.8	78.2	0.8
赣早籼1号-01	68.5	74.5	8.8	湘丰优103-01	78.8	76.2	3.3
冈优188-01	76.4	75.0	1.9	湘广杂交-01	70.4	77.6	10.2
冈优188-02	77.8	76.3	1.9	湘广杂交-02	77.8	78.5	0.9
冈优188-03	74.0	70.3	5.0	湘两优396-01	81.2	84.7	4.3
冈优351-01	74.6	74.6	0.0	湘早24-01	65.0	65.1	0.1
冈优351-02	80.4	81.8	1.7	湘早28-01	60.3	68.8	14.0
冈优689-01	73.6	72.0	2.1	湘早45-01	70.8	73.8	4.2
冈优825-01	77.2	73.1	5.3	湘早45-02	67.3	75.6	12.3
冈优825-02	80.6	74.5	7.6	湘早45-03	71.8	72.6	1.1
冈优828-01	80.2	74.1	7.6	湘早45-04	71.2	78.2	9.9
广两优-01	80.6	81.0	0.5	湘早45-05	69.0	77.1	11.8
广两优-02	78.6	81.5	3.7	湘早49-01	63.6	78.9	24.0
广两优-03	81.6	80.9	0.9	协优红-01	80.0	79.8	0.2
广两优-04	82.6	79.9	3.2	新丰优22-01	69.0	74.0	7.2
广两优-05	80.6	77.9	3.4	新两优-01	77.0	80.9	5.1
广两优-06	80.8	78.8	2.5	新两优223-01	80.6	81.4	1.0
广两优-07	81.0	79.0	2.5	新两优223-02	67.4	79.6	18.1
广两优1128-01	74.4	79.6	7.1	新两优223-03	78.2	79.0	1.0
广两优272-01	78.8	78.2	0.8	新两优223-04	78.8	78.1	0.9
广两优476-01	76.8	77.8	1.2	新两优343-01	78.0	78.4	0.5
广两优6号-01	79.0	78.4	0.7	新两优6号-01	74.0	75.5	2.1
广两优96-01	81.4	81.4	0.0	新两优6号-02	73.8	75.3	2.0
广两优香66-01	80.6	79.7	1.1	亚优0293-01	74.4	76.8	3.3
广两优香66-02	74.0	78.5	6.1	盐两优2208-01	79.6	80.4	1.0
广两优香66-03	77.2	77.7	0.7	盐两优2208-02	77.6	77.3	0.4

续表5

样品编号	实际值	预测值	相对误差/%	样品编号	实际值	预测值	相对误差/%
国稻8号-01	76.3	75.1	1.5	盐两优2208-03	77.0	79.0	2.6
禾盛10号-01	72.8	80.9	11.2	扬两优-01	81.4	81.9	0.6
禾盛10号-02	60.2	75.7	25.7	扬两优-02	78.8	79.7	1.1
红脚早-01	71.0	67.0	5.7	扬两优6号-01	77.6	80.5	3.7
红良优166-01	79.8	80.6	1.0	扬两优6号-02	78.2	76.1	2.7
红良优5号-01	68.5	75.5	10.2	扬两优6号-03	74.0	75.5	2.0
红香优68-01	80.4	79.2	1.5	洋西早-01	78.2	81.0	3.5
华安9号-01	76.6	75.8	1.1	洋西早-02	77.4	80.6	4.2
华优18-01	80.0	79.1	1.1	一丰8号-01	76.0	78.1	2.8
黄华占-01	74.8	79.8	6.7	优1336-01	70.0	71.9	2.7
黄华占-02	75.4	78.6	4.2	优1402-01	67.3	74.7	11.1
黄华占-03	81.4	81.4	0.0	优1651-01	70.0	74.1	5.9
黄华占-04	76.8	79.8	3.9	余江矮-01	68.0	74.3	9.3
黄华占-05	79.2	79.9	0.9	渝优-01	81.2	80.3	1.1
黄华占-06	81.6	77.0	5.6	玉河1号-01	79.6	80.6	1.3
黄华占-07	79.8	79.6	0.3	岳优9113-01	74.4	74.2	0.2
黄华占-08	74.2	78.7	6.1	岳优9113-02	64.4	72.9	13.2
黄华占-09	77.8	79.4	2.1	粤晶苗2号-01	69.9	76.9	10.0
黄华占-10	77.2	77.7	0.6	粤优738-01	76.0	75.2	1.1
黄华占-11	76.4	78.4	2.6	粤优838-01	75.2	75.8	0.8
黄华占-12	73.6	70.9	3.6	粤优938-01	67.8	76.3	12.7
黄华占-13	76.0	75.8	0.2	早25-01	68.5	72.9	6.4
黄华占-14	79.0	78.3	0.9	早陆两优996-01	65.8	70.9	7.7
黄华占-15	75.4	77.2	2.4	早籼稻211-01	70.5	78.8	11.8
黄华占-16	78.0	79.3	1.7	早优38-01	78.0	77.5	0.6
黄华占-17	75.4	80.1	6.2	早优38-02	63.4	71.5	12.8
黄华占-18	78.0	80.8	3.6	早优402-01	75.6	78.3	3.5
黄华占-19	77.0	77.4	0.5	早优402-02	71.4	72.5	1.6
黄华占-20	69.0	78.3	13.5	早优402-03	63.4	67.1	5.9
徽两优996-01	79.0	80.9	2.4	早优9号-01	68.1	76.1	11.7
徽两优996-02	74.4	79.8	7.3	早杂27-01	63.5	72.1	13.6
佳早1号-01	69.5	78.7	13.2	浙福837-01	66.3	66.5	0.3
佳早1号-02	70.1	77.8	10.9	浙福-01	62.0	72.1	16.3
佳早1号-03	65.9	74.7	13.4	浙福-02	63.0	68.8	9.1
佳早1号-04	67.8	76.7	13.2	浙福-03	63.9	70.2	9.9
嘉育253-01	61.8	70.3	13.7	珍珠早-01	69.0	72.8	5.6
嘉育253-02	62.8	71.2	13.4	中2优280-01	72.8	76.0	4.5
嘉育948-01	62.5	71.0	13.7	中9优288-01	74.5	71.7	3.8
嘉育948-02	67.2	72.2	7.5	中9优288-02	74.0	71.7	3.1
嘉育948-03	69.7	75.3	8.0	中佳3号-01	70.8	79.0	11.7
嘉育948-04	74.4	76.5	2.8	中佳早66-01	55.0	68.0	23.7
嘉育948-05	67.3	76.0	12.9	中嘉早17-01	61.8	72.0	16.5
嘉育948-06	67.5	78.5	16.3	中莲优950-01	76.8	80.7	5.0
嘉育948-07	71.0	77.9	9.7	中优85-01	76.8	71.9	6.4
建优381-01	66.3	73.8	11.5	中优85-02	74.4	75.9	2.0
鉴真2号-01	79.0	80.3	1.6	中早25-01	62.6	72.1	15.2
鉴真2号-02	76.6	78.5	2.4	中早33-01	57.4	74.6	30.1
鉴真2号-03	77.4	77.9	0.6	中早35-01	68.0	73.1	7.5
鉴真2号-04	79.8	77.8	2.5	中早35-02	61.2	73.0	19.3
鉴真2号-05	76.6	78.7	2.7	中早35-03	66.1	74.1	12.1
江优126-01	71.3	80.1	12.5	中早355-01	69.5	69.3	0.2
金峰4号-01	80.6	81.5	1.1	中早39-01	68.8	69.6	1.2
金两优1928-01	82.6	79.2	4.2	株两优211-01	69.7	73.2	5.0
金两优5号-01	68.5	77.7	13.4	株两优22-01	71.3	78.9	10.6
金优-01	81.0	78.3	3.3	株两优2号-01	76.0	70.3	7.4
金优-02	80.6	76.7	4.8	株两优2号-02	64.1	71.4	11.3
金优207-01	72.2	71.4	1.1	株两优2号-03	71.5	69.3	3.0

续表5

样品编号	实际值	预测值	相对误差/%	样品编号	实际值	预测值	相对误差/%
金优207-02	67.4	71.6	6.2	株两优35-01	62.1	71.2	14.6
金优288-01	79.2	73.1	7.7	株两优4024-01	73.5	72.4	1.5
金优288-02	72.8	70.9	2.6	株两优4024-02	62.0	70.0	12.9
金优432-01	73.5	70.9	3.6	株两优4290-01	61.6	76.6	24.4
金优432-02	72.8	71.0	2.5	株两优606-01	68.9	74.8	8.7
金优458-01	67.8	73.2	7.9	株两优609-01	68.0	70.4	3.6
金优463-01	68.2	68.6	0.6	淮两优1202-01	70.0	78.1	11.5
金优463-02	67.3	73.3	8.9	淮两优608-01	75.5	77.1	2.1
金优463-03	74.0	78.1	5.6	紫优占-01	81.0	78.5	3.1

2.2 构建米饭用稻谷的综合指数模型

2.2.1 主成分分析

根据调研报告,大米加工厂和方便米饭生产企业一般以出糙率、整精米率、垩白度和感官评分为考核指标来选购原料。因此,综合考虑加工品质、外观品质、食味品质3个方面,选取出糙率(X_1)、整精米率(X_2)、垩白度(X_3)和感官评分(X_4)这4个指标进行建模,构建米饭用籼稻的综合指数(Y)。利用270份湖北省中晚籼稻和30份湖北省早籼稻的数据,用SPSS软件先将各指标标准化,然后进行主成分分析,结果见表6。主成分1、2、3的方差贡献率分别为34.8%、30.1%、20.2%,所以这3个主成分的累计贡献率达到85.1%,因此剔除第4主成分,相应的因子载荷矩阵如表7所示。因此,可得:

$$Z_1 = \frac{-0.059}{\sqrt{1.317}} Z_{x_1} + \frac{0.462}{\sqrt{1.317}} Z_{x_2} + \frac{0.576}{\sqrt{1.317}} Z_{x_3} + \frac{-0.877}{\sqrt{1.317}} Z_{x_4} \quad (3)$$

$$Z_2 = \frac{0.671}{\sqrt{1.139}} Z_{x_1} + \frac{0.712}{\sqrt{1.139}} Z_{x_2} + \frac{0.122}{\sqrt{1.139}} Z_{x_3} + \frac{0.410}{\sqrt{1.139}} Z_{x_4} \quad (4)$$

$$Z_3 = \frac{0.440}{\sqrt{0.776}} Z_{x_1} + \frac{-0.532}{\sqrt{0.776}} Z_{x_2} + \frac{0.537}{\sqrt{0.776}} Z_{x_3} + \frac{0.043}{\sqrt{0.776}} Z_{x_4} \quad (5)$$

式中: Z 表示主成分; Z_x 表示 X 标准化后的变量。

表6 主成分方差分析

Table 6 Variance analysis of principal components			
成分	特征值	方差的贡献率/%	累计贡献率/%
1	1.317	34.757	34.757
2	1.139	30.066	64.823
3	0.766	20.230	85.053
4	0.566	14.947	100.000

用主成分分别乘以它们的贡献率,得到 $Y=0.34757Z_1+0.30066Z_2+0.20230Z_3$ 。最后,将各变量去标准化,得到米饭用籼稻的综合指数模型: $Y=0.16721X_1+0.027819X_2+0.07322X_3-0.00676X_4-20.2714$ 。式中: X_1 为出糙率; X_2 为整精米率; X_3 为感官评分; X_4 为垩白度。

表7 主成分矩阵

Table 7 Matrix of principal components			
指标	主成分1	主成分2	主成分3
Z_{score} (出糙率)	-0.059	0.671	0.440
Z_{score} (整精米率)	0.462	0.712	-0.532
Z_{score} (感官评分)	0.576	0.122	0.537
Z_{score} (垩白度)	-0.877	0.410	0.043

2.2.2 模型的验证

用275份湖北省中晚籼稻、34份湖北早籼稻、85份江西早籼稻、56份江西中晚籼稻数据代入米饭用籼稻的综合指数式(2),得到各样品对应的综合指数,再将综合指数和各个参数进行相关性分析,经验证综合指数与出糙率(0.635**)、整精米率(0.610**)、感官评分(0.731**)都呈显著正相关,与垩白度(-0.256**)呈显著负相关,这与实际情况相符。这说明这个综合指数模型是合理的。

2.2.3 模型的合理性探讨

用层次分析法建立稻谷粗粒化综合评价模型,检验层次分析模型与主成分模型的一致性有助于检验模型的有效性,如果两个模型结果一致,说明两个模型都是可靠的,因为两个模型一起犯错误的概率很小。也可用粗粒化的方式对主成分模型的合理性进行验证。

2.2.3.1 建模指标

综合考虑加工品质、外观品质、食味品质3个方面,选取出糙率、整精米率、垩白度和感官评分这4个指标进行建模。

2.2.3.2 粗粒化指标等级划分模型

为了合理的评价模型,统一量纲,减少随机误差,根据270组湖北省中晚籼稻和30组湖北省早籼稻数据,利用分位数,聚类方法分别将籼稻建模使用的4个指标,划分成5个等级,并分别打分10、8、6、4、2,等级划分基于本次数据得出,见表8。

表8 籼稻4个指标等级划分
Table 8 Hierarchies of four indexes of indica rice

分数	10	8	6	4	2
出糙率/%	[79.40, +∞)	[78.70, 79.40)	[78.13, 78.70)	[77.15, 78.70)	(-∞, 77.15)
整精米率/%	[65.20, +∞)	[61.50, 65.20)	[58.10, 61.50)	[54.20, 58.10)	(-∞, 54.20)
感官评分	[81.40, +∞)	[80.0, 81.40)	[77.80, 80.00)	[75.60, 77.80)	(-∞, 75.60)
垩白度/%	(-∞, 6.20)	[6.20, 10.50)	[10.50, 17.80)	[17.80, 37.90)	[37.90, +∞)

2.2.3.3 基于粗粒化分数的层次分析综合评价模型

由已知各个指标的粗粒化打分,稻谷样品的评分需要结合这些指标分数计算,在各个指标没有相关性的情况下,综合评价模型通常利用加权和进行,综合评分值为:

$$Z = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3 + w_4X_4$$

式中: X_i 为对应指标的粗粒化分数; $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$, 需要确定权重 w_i , (若百分制,需乘以10)。

根据专业理论知识,指标重要性食味品质排第1,加工品质排第2,外观排第3,建模指标中,感官评分属于内在品质,出糙率、整精米率属于加工特性,垩白度属于外观品质。

根据这一重要性排序,利用层次分析法打分矩阵得到权重 w_i ,得出 $Z = 0.18586X_1 + 0.11673X_2 + 0.64128X_3 +$

$0.05611X_4$ 。式中: X_1 为出糙率; X_2 为整精米率; X_3 为感官评分; X_4 为垩白度。

2.2.3.4 与主成分评分模型的一致性检验

检验两个模型的结果是否一致,需要检验两个模型的结果是否具有相关性,排除量纲及结果分布的影响,考虑利用Spearman秩相关性检验(即两个模型结果排序的相关性),检验基于270组湖北省中晚籼稻和30组湖北省早籼稻数据。结果显示这两个模型的结果的相关系数为0.8361,显著性 P 值为 1.04×10^{-79} ,这说明结果呈极显著正相关,是一致的。

2.2.3.5 主成分评分模型的合理性检验

层次分析模型的权重反映了各个指标的重要程度,其建模的评分能够真实反应稻谷的米饭品质。主成分评分模型的系数权重值主要反映相应主成分的变化强度,其评价分数不能直接地反映出真实的米饭品质,需要检验其合理性。与层次分析模型结果一致性,能够一定程度反映出其合理性。检验其合理性,可以从各个指标的粗粒化等级出发,再将计算的主成分评分值粗粒化为5份等级,如果样本的每个指标的等级都高的,主成分模型评分等级就应该高。

根据270组湖北省中晚籼稻和30组湖北省早籼稻数据,利用主成分指数计算式2得到指数5个等级的划分,见表9。

表9 主成分评分等级划分
Table 9 Hierarchies of principal component model

分数	10	8	6	4	2
Y	[0.450, +∞)	[0.180, 0.450)	[-0.156, 0.18)	[-0.458, -0.156)	(-∞, -0.458)

然后利用湖北省剩下的籼稻数据及江西省籼稻数据检验 Y ,判断是否所有指标都高的,主成分评分都高。利用湖北省剩下的309组籼稻数据和江西省141组籼稻数据检验 Y ,结果见表10。

表10 Y 合理性检验
Table 10 Rationality test of Y

Y 统计量	Y 取值均值	Y 取值方差	Y 取值最低值	Y 打分数
所有指标打分 ≥ 8 的样本	0.7174	0	0.7174	≥ 10
所有指标打分 ≥ 6 的样本	0.5468	0.2239	0.3750	≥ 8
所有指标打分 ≥ 4 的样本	0.4086	0.2624	-0.0658	≥ 6

从粗粒化分数模型的比较,可以看出所有指标都高的,主成分评分等级也高;对于主成分模型,所有指标打分均大于8的样本,其主成分模型评分 Y 的等级打分也都大于8,甚至更高。同样的对于所有指标打分均大于6的样本以及对于所有指标打分均大于4的样本均如此。各项统计量的值也符合该情况。该检验方式抛开了模型权重,能够检验模型的合理性。主成分评价模型符合常理判断,认为该评分模型合理。

3 结 论

建立了对食味计评分进行修正的籼稻谷饭食味评价模型 $Y = -0.187\ 60X_1 - 1.322\ 7X_2 + 0.122\ 52X_3 + 7.545\ 8X_4 - 0.001\ 558\ 4X_5 + 81.585$ (式中: X_1 为直链淀粉含量; X_2 为蛋白质含量; X_3 为食味计评分; X_4 为回生值; X_5 为黏度平均值)。以往的研究通常是建立食味评分与各理化指标的方程^[21-23], 很少有人将食味计评分作为方程中自变量的一项进行建模。运用此模型, 既可以修正食味计得到的食味评分, 又可避免人员品尝评分的主观性误差。

构建了包含加工、外观和口感3方面品质的米饭用籼稻的综合指数模型为 $Y = 0.167\ 21X_1 + 0.027\ 819X_2 + 0.073\ 22X_3 - 0.006\ 76X_4 - 20.271\ 4$ (式中: X_1 为出糙率; X_2 为整精米率; X_3 为感官评分; X_4 为垩白度)。并用层次分析法建立的粗粒型综合评价模型进行了合理性和一致性验证。大部分研究将加工品质、外观品质和食味品质作为单项进行评价^[24-26], 目前将这3个品质建立综合评价模型鲜见报道。此模型的建立是从企业选购稻谷原料考虑的品质出发, 立足于指导企业分类收储和加工。这个模型得到的综合指数, 将作为商品稻谷数据库的一项, 供用户查询, 湖北省和江西省各地域和品种的平均综合指数可显示该地域的籼稻的综合品质, 以指导企业选购原料, 这项工作已由课题组其他成员完成。

参考文献:

- [1] 郑红明. 2015年中国稻谷(大米)产业报告[N]. 粮油市场报, 2015-10-17(T17).
- [2] 李乃祥, 丁得亮. 现代农业技术概论[M]. 天津: 南开大学出版社, 2005: 30-32.
- [3] 姚人勇, 沈玥, 刘英, 等. 稻米的品质评价及展望[J]. 粮食与饲料工业, 2009(1): 4-5; 7. DOI:10.3969/j.issn.1003-6202.2009.01.002.
- [4] 谢健, 邓霄, 杨喜华. 中国大米加工和消费对稻谷品质的要求[C]//第一届中国粮油标准质量年会暨中国粮油学会粮油质检研究分会第一次代表大会. 北京: 中国标准出版社, 2009: 412-422.
- [5] 丁得亮, 张欣, 张艳. 市场粳米食味品质及外观品质性状间的相关关系[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(9): 4454-4456. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2010.09.013.
- [6] 李俊辉, 朱智伟, 谢黎虹. 我国稻谷食味品质的研究现状与发展趋势[J]. 中国稻谷, 2008(2): 8-12.
- [7] 张欣, 施利利, 丁得亮, 等. 米饭理化指标与食味品质的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 45-47.
- [8] 国家粮食局. 粮油检验 稻谷出糙率检验: GB/T 5495—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 国家粮食局. 稻谷整精米率检验法: GB/T 21719—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [10] 国家粮食局. 粮食、油料检验水分测定法: GB/T 5497—1985[S]. 北京: 中国标准出版社, 1985.
- [11] 国家粮食局. 大米及米粉糊化特性特性测定 快速黏度仪法: GB/T 24852—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [12] 国家粮食局. 大米 直链淀粉含量的测定: GB/T 15683—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [13] 刘铭三. 谷物及油料品质分析法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1987: 42-47.
- [14] 阮少兰, 毛广卿. 大米蒸煮品质的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2004(10): 25-26.
- [15] 卫生部. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 国家粮食局. 粮油检验 大米胶稠度的测定: GB/T 22294—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [17] 国家粮食储备局, 农业部. 优质稻谷: GB/T 17891—1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [18] 国家粮食局. 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.
- [19] 国家质量监督检验检疫总局. 感官分析 选拔、培训和管理评价员一般导则 第1部分: 优选评价员: GB/T 16291.1—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [20] 郭呈全, 陈希镇. 主成分回归的SPSS实现[J]. 统计与决策, 2011(5): 157-159.
- [21] 周晓晴, 付桂明, 刘成梅, 等. 大米食味品质预测评价模型的建立及应用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 94-96.
- [22] 张呈良, 程建军, 解思雨, 等. 黑龙江省粳米食用品质评价模型的建立[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(8): 1-6. DOI:10.3969/j.issn.1003-0174.2015.08.001.
- [23] 张玉荣, 王学锋, 周显青, 等. 米饭食味综合评价方法研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 1(1): 20-25.
- [24] 赖穗春, 河野元信, 王志东, 等. 米饭食味计评价华南籼稻食味品质[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 435-438. DOI:10.3969/j.issn.1001-7216.2011.04.014.
- [25] NARPINDER S, LOVEDEEP K, NAVDEEP S S, et al. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars[J]. Food Chemistry, 2005, 89(2): 253-259. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.02.032.
- [26] LAMBERTS L, BIE E D, VANDEPUTTE G E, et al. Effect of milling on colour and nutritional properties of rice[J]. Food Chemistry, 2007, 100(4): 1496-1503. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.11.042.