

米饭适口性仪器评价模型的建立

王菁华¹, 谢振华¹, 张钊², 孙广梅², 马晓红¹, 李月兴¹, 孙义敏¹, 刘威¹

(1. 黑龙江省科学院火山与矿泉研究所, 黑龙江五大连池 164155)

(2. 东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要: 本研究依据国家标准 GB1354-2009 制米, 依据国家标准 GB/T15682-2008 中大量样本制作米饭样本, 依据 GB/T15682-2008 中评分方法一所述的评价方法对米饭进行总体评分, 目的是通过质构仪测定的参数预测感官评价分数。研究选择了不同地区的粳米样本 60 份, 籼米样品 60 份。以米饭适口性指标的客观质构特性为自变量, 以依据米饭国家标准获得主观的感官评定分数为因变量, 采用偏最小二乘法建立质构仪测定值和感官评价分数之间线性模型。不同的大米的总体感官评价分数及质构参数具有显著性差异。同一种大米的质构参数与感官评价分数之间线性相关。获得的模型回归方程为拟合度最低为 95.86%, 通过质构仪测得的参数能够准确的预测米饭的感官评价分数。

关键词: 质构; 感官评价; 模型建立

文章编号: 1673-9078(2018)11-268-274

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.11.039

Development of a Prediction Model for Evaluation of Palatability of Cooked Rice

WANG Jing-hua¹, XIE Zhen-hua¹, ZHANG Po², SUN Guang-mei², MA Xiao-hong¹, LI Yue-xing¹, SUN Yi-min¹, LIU Wei¹

(1. Institute of Volcano and Spring, Heilongjiang Academy of Sciences, Wudalianchi 164155, China)

(2. Food College, Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract: To predict the sensory evaluation scores based on the parameters determined by a texture analyzer, the raw rice samples were prepared according to the national standard GB1354-2009, and the cooked rice samples were prepared in large amounts and evaluated according to GB/T15682-2008. In this study, 60 lots of Japonica rice (round-grained) samples and 60 lots of Indian rice (long-grained) samples were collected from different regions. The palatability of cooked rice as an objective quality index was used as the independent variable, the subjective sensory evaluation score was obtained according to the national standard GB/T15682-2008 as the dependent variable, to establish a linear model between the textural parameters and the sensory evaluation score of the same rice by the partial least squares method. There were significant differences among the different rice samples in the overall sensory evaluation scores and textural parameters. But a linear correlation between the textural parameters and the sensory evaluation scores was found for the same rice. The equation for the obtained linear regression model has a minimum fitting degree of 95.86%. Therefore, the measurements of textural parameters using the texture analyzer allow an accurate prediction of the sensory evaluation scores of cooked rice samples.

Key words: textures; sensory analysis; model establishment

稻谷是我国约 2/3 人口的主要食粮。随着生活水平的提高, 人们对米饭提出了更高的感官要求。适口性是米饭感官评定中的重要一项, 其在对米饭的总体感官评分贡献最大^[1-4]。方便米饭食品开发^[5], 和针对

收稿日期: 2018-02-02

基金项目: 黑龙江省院所基本应用技术研究专项(ZNBZ2016HS01); 黑龙江省科学院科学研究基金(KY2014HS01); 黑龙江省科学院学科领域创新能力提升专项计划(XKLY2018HS02)

作者简介: 王菁华(1982-), 女, 副研究员, 研究方向: 火山矿泉资源开发与应用研究

提高稻米口感的品种选育的研究, 亟需要一种能够客观、快速测定米饭适口性的方法。国家标准 GB/T15682 通过感官评价人员的感觉器官与实践经验对米饭的适口性进行评价鉴定, 但受到评价人员肌肉张力、牙齿等因素影响, 主观性较强, 需专业人员, 时间长, 难以进行快捷有效的大米食味品质鉴定, 不能满足米饭食品研发及稻米品种选育的需求。因此, 通过专业人员对标仪器分析技术, 开发一种通过仪器客观测定大米食味品质对大米品种选育、米饭加工工艺开发非常重要。

米饭的适口性评价,是米饭力学特性的综合反映。质构仪是一类用于测定食品力学特性的仪器,能够给出食品的弹性、黏聚性、硬度、黏着性等力学剖面数据。因此,通过对质构仪测得的指标和根据感官评价的国标方法进行相关和回归分析,建立基于仪器客观测定米饭适口性的方法是可行的。一些研究者对此进行了深入研究,并生成了具体的模型用以评价米饭的适口性^[6]。但是这些研究,要么没有严格采用国标方法进行感官评价,导致仪器取得的分数不能和国标取得的感官评价分数对比^[6]。要么采用多变量回归建立模型,忽略了质构仪获得的各参数对感官评价分数的权重^[7]。不利于这些方法的推广。本研究根据国标 GB/T16291.1-2012 选拔、培训感官评价员,以国标 GB/T15682-2008 为标准进行米饭制备和感官评价,使用质构仪测定米饭的感官特性,采用偏最小二乘法建立适口性感官评价得分与质构仪测得参数之间的预测模型,通过质构仪测得的参数预测米饭适口性。为开发方便米饭食品、基于米饭感官进行稻米品种选育,建立一种符合国标的基于客观质构参数预测米饭适口性的数学模型,使不同研究获得的数据能够进行横向比较。

1 材料与方法

1.1 原料

稻谷样本 120 个。粳米 60 份,产地黑龙江、吉林和辽宁各 20 份。籼米 60 个,产地为湖南、江苏及江西各 20 个。将稻谷制备成 GB1354-2009 中规定的标准三级精度的大米,置于 4℃冰柜保存。蒸煮米饭用水为哇哈哈纯净水。

1.2 方法

1.2.1 米饭制备及感官评价

按照 GB/T15682-2008 中大量样本制作米饭样本。依照 GB/T15682-2008 提供的方法挑选评价员,然后根据 GB/T10220 培训并选定感官评价员。将上述制备好的米饭,按照标准感官评价流程置于感官评价室(东北农业大学食品学院内),依据 GB/T15682-2008 中评分方法一所述的评价方法对米饭进行感官评定。

1.2.2 米饭质构测定

采用饭饼法测定米饭的质构参数,讲蒸煮焖制后的米饭冷却至室温,装入 6×6×3 的铝盒内,测定前用 200 g 的压砣压至米饭表面平整,然后移去压砣,将装有饭饼的铝盒置于质构仪(TA XT Plus,英国 Stable Micro System 公司)载物台上进行测定。质构仪测试

探头为 P/36R 型圆柱型压缩探头。测定参数为:测前速度 5.00 mm/s;测试速度 1.00 mm/s,测后速度 2.00 mm/s;触发力值 5.0 g,压缩比例为 50.0%;两次压缩间隔时间:5.00 s。每次测定后用擦镜纸将探头和载物台擦拭干净,准备下一个米样的测定。每个样品做 5 个平行样,去掉最大值和最小值,取其平均值。

1.2.3 数据统计分析

使用 Microsoft Excel 2007 收集、整理和清洗数据。将 120 份粳米和籼米米饭的感官评价分数和质构参数数据,随机选择其中的 70%作为训练集,30%作为测试集。感官评价各项作为因变量,将质构参数各项作为自变量进行偏最小二乘回归。利用 R 语言(version 3.4.1)进行偏最小二乘建模。最终建立的偏最小二乘回归模型为 $Y=a_1X_1+a_2X_2+\dots+a_nX_n+b$ 。其中 a 为权重系数, b 为截距。

2 结果与讨论

2.1 米饭感官评价及其质构测试数据分析

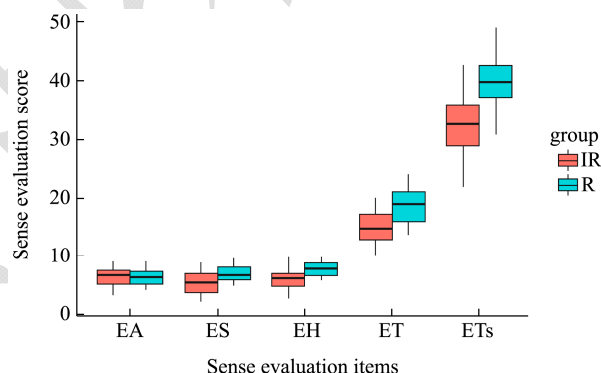


图1 粳米和籼米的感官评价结果

Fig.1 Senses evaluation of rice and indica rice

图 1 为粳米和籼米的米饭适口性的感官评价结果。图中 EA 为感官评价黏性项; ES 为感官评价的弹性项; EH 为感官评价的软硬度项, ET 为感官评价的滋味项, ETs 为感官评价的总分项。图例中, IR 为籼米, R 为粳米。从箱线图可知,籼米之间的差异较粳米大。比较两种米饭的适口性感官评价结果,粳米米饭的感官适口性分数平均值较籼米米饭高,也即粳米米饭的感官适口性更好,但除了总体评分差异显著($p<0.05$)外,其他各项差异不显著。各项感官评价中,粳米米饭和籼米米饭的滋味项变异系数最小,分别为 12.5%和 9.89%,其次是适口性总分、软硬度和弹性,变异系数最大的是黏性,分别为 18.56%和 31.65%,说明供试样品各品种间,黏性的差异最大。从图中可以看出,粳米的食味品质均高于籼米,这与我们现实情况类似。

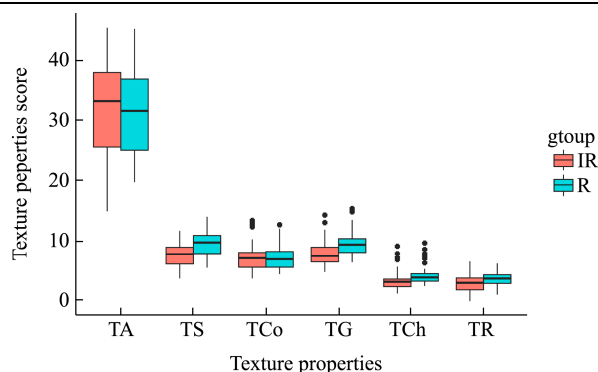


图2 粳米和籼米的质构测定结果

Fig.2 Texture properties of rice and indica rice

图2为仪器测定的质构参数的测定结果。图中TA为质构参数的黏着性项；TS为质构参数的弹性项；TCo为质构参数的黏聚性；TG为质构参数的胶着性；TCh为质构参数的咀嚼度项，TR为质构参数的韧性项。

从质构的盒须图看，籼米的品种间差异较粳米大。粳米米饭除黏着性比籼米略低，其他各项都比籼米高。从质构指标的变异系数可知，粳米米饭的变异系数最小的是韧性，为6.35%，其次依次为黏聚性、弹性、黏着性，最大的也是咀嚼度，为25.98%；籼米米饭黏聚性变异系数最小，数值为8.94%，其次为韧性、弹性、咀嚼度和黏着性，咀嚼度的变异系数最大，为33.65%。也进一步说明，无论是粳米还是籼米，各样品之间的黏聚性、弹性、韧性和黏着性之间都有显著的遗传差异，尤其在咀嚼度方面，差异最为明显 ($p < 0.01$)。

比较适口性感官评价分数和仪器测定的质构参数，无论是粳米还是籼米，质构测定指标的黏着性、弹性的变异系数均较相应的感官评价指标弹性和黏性的变异系数小，说明虽然感官评价员经过训练，但在品评过程中难免以自己的喜好为主，主观性较强。

2.2 质构参数与感官评价分数之间的相关性

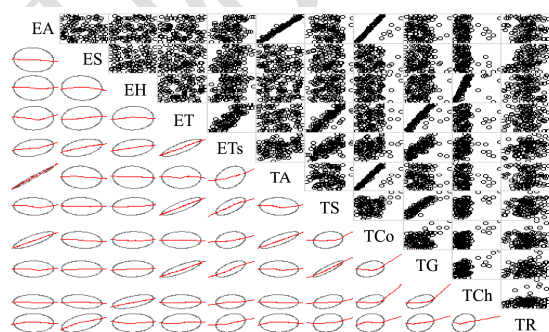


图3 粳米米饭质构和感官评价各项之间的相关性图

Fig.3 Correlation between properties from texture and sense evaluation of rice

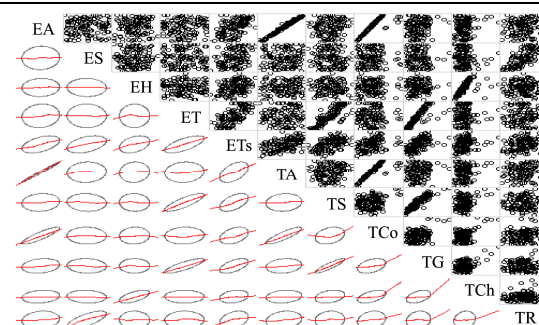


图4 籼米米饭质构和感官评价各项之间的相关性图

Fig.4 Correlation between properties from texture and sense evaluation of indica rice

要利用仪器测定参数来表征感官评价参数，需要确定各质构参数、各感官评价分项之间的相关性。同时，也可为建立回归模型的参考。图3和图4分别显示了粳米米饭和籼米米饭质构和感官评价各项之间的相关性。EA为感官评价黏性项；ES为感官评价的弹性项；EH为感官评价的软硬度项，ET为感官评价的滋味项，ETs为感官评价的总分项。TA为质构参数的黏着性项；TS为质构参数的弹性项；TCo为质构参数的黏聚性；TG为质构参数的胶着性；TCh为质构参数的咀嚼度项，TR为质构参数的韧性项。图中的上半部分三角，为各参数项的散点图，下部分三角为拟合曲线和置信椭圆。从图中可以看出，无论是粳米还是籼米，相关性为显著 ($p < 0.05$) 或极显著 ($p < 0.01$) 的项目均较为类似。其中相关性最为显著的为EA和TA。由于滋味项评分总分为25分，占总分比例比较大，所以ETs和ET之间显著相关。这是数据层面导致的原因，不会影响后续模型建立。在质构参数各项中，TA和TCo，TS和TG显著相关，这是由于质构仪针对黏着性和黏聚性、弹性和胶着性的计算方法类似导致的。在后续建立模型的时候，必须注意这一点，同时也说明，普通的多元线性回归忽略了各项目间内在相关性，导致最终线性模型相关性较差。从散点图可知，相比感官测定，质构测定结果存在较多异常值，这些异常值在图1和图2中也有所体现。如果去除这些异常值，适口性感官评价和质构参数之间的相关性会更强。在后续的研究中，我们比较了去除异常值前后模型优劣。

同样，通过图中散点图部分，可以明显看到感官评价各项与质构参数各项之间的具备相关性，通过图中下三角部分的置信椭圆部分，能够确定这些相关的显著性。这些相关和前述感官评价及质构参数内部各项的相关性不同，是建立模型的数学基础。如EA和TA之间的极显著性相关，表明可以通过仪器的黏着性直接表示感官评价的黏性。

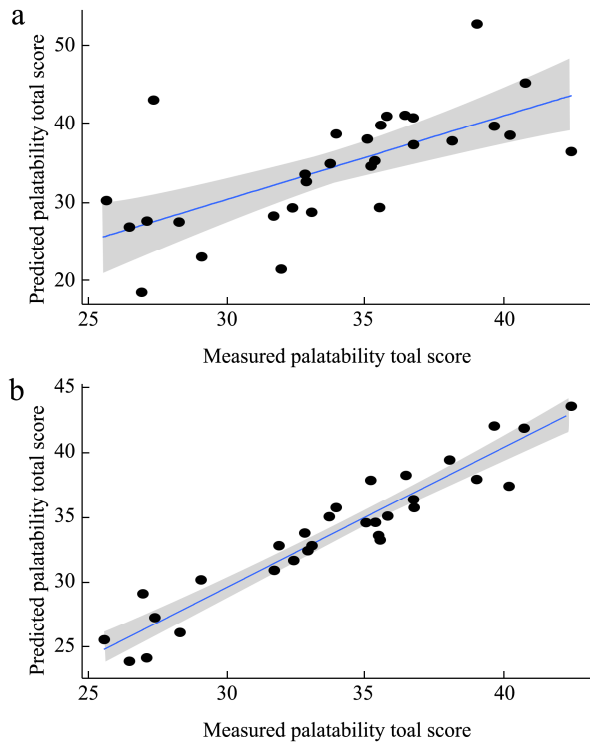


图5 粳米米饭去除异常值前后回归模型比较

Fig.5 Regression model comparison after removing outliers

注: a: 米饭适口性总分未去除异常值图, b: 米饭适口性总分去除异常值图。

从图5和图6中可以看出,质构仪测定的结果包含一些异常值,这可能是由于试剂质构测定时,样品的压实密度不同导致的。本研究也比较了三点法质构测定^[8]的结果,发现三点法测定的结果异常值及结果的离散度更大,因此本研究才用饭饼法进行质构测试。从散点图部分可以看出,异常值所聚集的区域和其他数值所处区域明显不同,如果去掉这些异常值,能够明显改善项目间的相关性。

2.3 米饭适口性评价模型的建立

建立模型显著性检验 p 值均达到显著性水平。所建立的回归方程如下。黏性: $EA=3.68TA+0.89TC_0+0.22$; 弹性: $ES=2.38TA+2.22TR-0.33$; 软硬度: $EH=3.68+0.005TC+0.002TG$; 滋味: $ET=15.69+2.33TS+0.65TG-0.98TCh$; 适口性总分: $ETo=40.69+12.65TC_0+1.68TA+2.26TS$ 。

从各回归方程可知,黏性的感官评分主要取决于黏聚性和黏着性的影响,这与图5和图6中所以体现的二者与黏性极显著相关一致。经过标准化系数计算后,黏聚性和黏着性的标准化系数分别为0.46和-0.26,说明相比黏聚性,黏着性对感官评价的黏性影响更大。对感官弹性评分影响比较大的是黏着性和韧性;对感官评价软硬度分值影响较大的市咀嚼度和胶

着性;对感官评价滋味分值影响比较大的是弹性,咀嚼度和黏着性;对总分影响比较大的是黏聚性,黏着性,弹性。在进行回归分析时,对异常值进行了去除。图5表明去除异常值对最终的线性方程有明显影响。

2.4 米饭适口性评价模型的评价

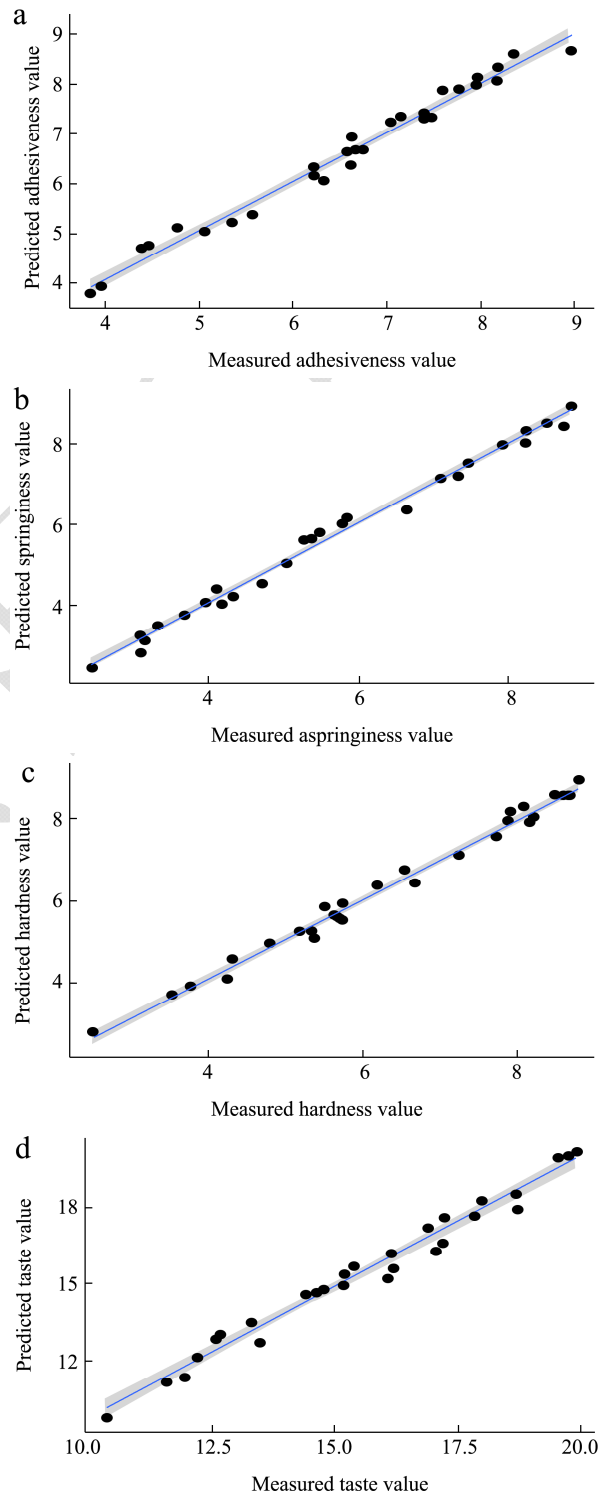


图6 米饭适口性预测值与其评分之间的关系

Fig.6 Correlation between predicted and measured value from rice palatability

注: a: 黏性的预测值和和评分值, b: 弹性的预测值和和评分值, c: 软硬度的预测值和和评分值, d: 滋味的预测值和和评分值。

使用训练集对得到的回归模型进行验证, 结果如图 6 所示。从图中可以看出, 以适口性感官评价各项为因变量, 以质构仪测定的质构各参数项为自变量建立的预测模型计算所得适口性感官评价各项的分数, 与实际评价结果较为一致。各适口性预测值与感官评价评分相关性最好的是弹性, 拟合度为 98.87%。通过偏最小二乘法进行模型建立, 各参数间的拟合度明显高于单纯使用多元线性回归的方法^[7]。

3 结论

3.1 本研究和前人的研究一起, 对推动形成标准化的米饭感官测定方法具有重要意义^[9]。质构仪为进口仪器, 国外米饭产品消费量较小, 没有专门针对米饭的测定方法。我国约 9.2 亿人以米饭为主食, 研究利用仪器测定米饭的食味品质, 进行标准化的样品制备、测定参数研究, 为更新国家标准奠定理论基础, 为开发专用米饭感官测定仪器奠定实践基础。

3.2 消费者对大米食味品质要求的提高, 促使在稻米育种、大米生产及方便米饭食品研发中, 都亟需利用客观的仪器分析技术代替主观的感官评价小组评价米饭感官特性的方法^[10,11]。通过质构仪进行米饭的感官评价^[4,12], 能够提高结果准确性和通用性, 能够满足食品研发和农业育种的需求^[13]。对米饭的食味品质评价, 除利用红外技术^[1,14]或常规检测技术^[15]探寻理化特性与食味品质的关系, 主要是利用测定米饭的力学特性^[16,17]客观描述米饭的适口性特征, 形成了一些利用质构仪进行米饭感官评定方法的研究^[8,16,18,19]。本研究综合这些研究成果, 建立了米饭适口性感官评价和质构仪测定的质构参数之间的回归模型。为了提高研究的适用性, 研究感官评价部分, 完全按照国标的方法执行。在建立回归模型时, 考虑了各质构参数的权重, 建立的回归模型, 比前人等的研究结果略好。各自变量与因变量的关系与张玉荣^[7], 周显青等类似, 对模型的拟合度, 标准化系数, 变异系数等参数做出了进一步的改进。

3.3 质构仪评估米饭的食味品质虽然较为客观, 但也存在异常值较多的问题。我们的研究发现, 质构仪测定的质构参数结果有较多的异常值(图 1~4), 这些异常值的来源于样品的制备过程。我们采用饭饼法进行样品制备, 相比使用三粒法进行质构测定的样品制备方法^[20], 使用更多的米饭制备成饭饼来进行测定。但是即使每次填装米饭的质量一致, 但是不可避免的导

致米饭内部空间的密度不同, 导致饭饼在空间力学特性上表现不均匀, 从而导致在质构参数上, 出现较多的异常值。在刘建伟^[8], 郝丽萍^[21], 郝伟^[22]及 Ouyang^[23]的研究中也出现了同样的问题。一些研究对这些方法进行了比较优选^[22], 但是上述研究由于采用了不同的质构测试仪器和感官评价方法, 研究中获得的结果难以进行有意义的比较, 需要更多的关于米饭质构参数与感官体系关系^[24]的研究, 扩大我们对二者相关性的理解。在我们的研究中, 比较了去除异常值前后模型的变化, 可以看出, 去除异常值后模型的线性、拟合度均有明显提升(图 5), 在其他的研究中, 虽然探讨了时间、环境温度对测定的影响, 但是并没有明确异常值的来源和去除办法^[18], 我们对这方面的研究做了一点改进, 但是仍然不够。需要更多的研究, 来规范样品的制备过程。

3.4 米饭食用的方便化对通过仪器测定米饭的食味品质提出了新的需求。近年来, 随着生活节奏加快, 方便米饭、罐头米饭产品的需求越来越多。在实际生产中, 为提高方便米饭的风味和口感, 方便米饭会加入各种配料, 因此进一步研究混合米饭的质构特征是一个有利于我国方便米饭产业发展的方向^[26]。

3.5 通过对 60 种粳米, 60 种籼米制成的米饭质构品质和适口性感官评价进行分析可知: 无论粳米还是籼米, 均可以以适口性感官评价各项为因变量, 以质构仪测定的质构参数项为自变量, 通过偏最小二乘法建立的预测模型。方程的回归系数达到了显著水平, 回归模型预测效果较好, 方程的拟合度较高, 因此, 在一定情况下, 可以通过质构仪代替感官评定对米饭的适口性进行评价。

参考文献

- [1] 孟庆虹, 李霞辉, 三上隆司等. 可见光-近红外光谱预测粳稻食味的适应性研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(5): 90-94
MENG Qing-hong, LI Xia-hui, SANSHANG Long-si, et al. Predicting eating quality of short grain rice by using visible and near infrared spectroscopy [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(5): 90-94
- [2] MIAO Wen-hua, WANG Lu-feng, XU Xiao-yun, et al. Evaluation of cooked rice texture using a novel sampling technique [J]. Measurement, 2016, 89(Supplement C): 21-27
- [3] 王鹏跃, 路兴花, 庞林江. 影响米饭质构特性和感官的关键理化因素分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(2): 119-124
WANG Peng-yue, LU Xing-hua, PANG Lin-jiang. Key

- physicochemical factors of rice affecting textural properties and sensory of cooked rice [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(2): 119-124
- [4] BAO Jin-song. Rice: Eating Quality [M]. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), Oxford: Academic Press, 2016
- [5] 钱平,王智渝. 罐头米饭的感官品质评价体系研究[J]. 食品科学, 2001, 22(8): 58-61
QIAN Ping, WANG Zhi-yu. Research of sensory quality evaluation system of canned rice [J]. Food Science, 2001, 22(8): 58-61
- [6] 周显青,张玉荣,郎凯红,等. 基于物性仪评价大米食用品质的方法研究[J]. 粮食加工, 2013, 38(6): 28-33
ZHOU Xian-qing, ZHANG Yu-rong, LANG Kai-hong, et al. Research on the method to evaluate rice eating quality based on a texture analyzer [J]. Grain Processing, 2013, 38(6): 28-33
- [7] 张玉荣,刘敬婉,周显青,等. 米饭适口性仪器评价与其感官评价的关联性研究[J]. 粮食加工, 2015, 3: 26-30
ZHANG Yu-rong, LIU Jing-wan, ZHOU Xian-qing, et al. Instrumental evaluation of cooked rice palatability and its relationship with sensory evaluation [J]. Grain Processing, 2015, 3: 26-30
- [8] 毛根武,董德良,杨瑞征,等. 米饭质构特性测定方法的研究(I)-米饭样品制作与质构测试方法探讨[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(3): 1-5
Mao Gen-wu, Dong De-liang, Yang Rui-zheng, et al. A study on determination of texture characteristics of the cooked rice (I)-production and determination of the cooked rice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(3): 1-5
- [9] 涂晓丽,李骥,潘思轶,等. 大米垩白度与米饭蒸煮品质的相关性研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(12): 210-215
TU Xiao-li, LI Ji, PAN Si-yi, et al. Correlation study on rice chalkiness degree and steamed rice cooking quality [J]. Modern Food Science & Technology. 2017, 33(12): 210-215
- [10] 张慧明,郑先哲,宋翔宇. 不同收获期稻谷及时干燥与延时干燥后品质对比研究[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(8): 30-33
ZHANG Hui-ming, ZHENG Xian-zhe, SONG Xiang-yu. Study of rice quality compared immediately drying with deferred drying in different harvest time [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 43(8): 30-33
- [11] 范林林,段小明,张蓓. 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间的品质变化[J]. 现代食品科技, 2015, 31(1): 179-181
FAN Lin-lin, DUAN Xiao-ming, ZHANG Pei. Quality change in cooked rice from different pressures treated rice during cold storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(1): 179-181
- [12] 韩俊杰,王玉军,纪伟东,等. 大米食味品质特性数据化研究进展[J]. 黑龙江粮食, 2015, 12: 53-55
HAN Jun-jie, WANG Yu-jun, JI Wei-dong, et al. Research development of eating quality properties data of rice [J]. Heilongjiang Liang Shi, 2015, 12: 53-55
- [13] 宋翔宇,张慧明,郑先哲. 不同收获期稻谷及时干燥与延时干燥后品质对比研究[J]. 东北农业大学学报, 2012, 30(8): 18-23
SONG Xiang-yu, ZHANG Hui-ming, ZHENG Xian-zhe. Study of rice quality compared immediately drying with deferred drying in different harvest time [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 30(8): 18-23
- [14] SIRIPHOLLAKUL Pornarree, NAKANO Kazuhiro, KANLAYANARAT Sirichai, et al. Eating quality evaluation of Khao Dawk Mali 105 rice using near-infrared spectroscopy [J]. LWT - Food Science and Technology, 2017, 79(Supplement C): 70-77
- [15] 陈中,王玉珠,林伟锋. 大米理化指标与米饭品质相关性的研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1312-1316
CHEN Zhong, WANG Yu-zhu, LIN Wei-feng. Study on the correlation between characteristics of rice and the quality of cooked rice [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(11): 1312-1316
- [16] 周显青,张玉荣. 大米食味品质评价技术进展[J]. 粮食与饲料工业, 2011, 5(5): 37-41
ZHOU Xian-qing, ZHANG Yu-rong. Advances in rice taste evaluation technique [J]. Cereal and Feed Industry, 2011, 5(5): 37-41
- [17] LI Hong-yan, Prakash Sangeeta, Nicholson Timothy-m., et al. Instrumental measurement of cooked rice texture by dynamic rheological testing and its relation to the fine structure of rice starch [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 146(Supplement C): 253-263
- [18] 张国栋,刘建伟,杨瑞征. 米饭质构特性测定方法的研究(II)-米饭样品放置时间、环境温度对硬度值的影响[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(4): 1-5
ZHANG Guo-dong, LIU Jian-wei, YANG Rui-zheng. Study on determination of texture characteristics of the cooked rice (II)-impact of storage time and environmental temperature on the cooked rice hardness [J].

- Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(4): 1-5
- [19] 刘建伟,毛根武,董德良.米饭质构特性测定方法的研究(III)-米饭质构测试的最佳条件探讨[J].中国粮油学报, 2013,28(9):6-10
LIU Jian-wei, MAO Gen-wu, DONG De-liang. Study on determination of texture characteristics of the cooked rice (III)-optimum conditions for determination of texture characteristics of the cooked rice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(9): 6-10
- [20] 卢淑雯,孟庆虹,孟春玲.三粒法米饭质构测定参数优化[J].食品科技,2017,42(5):157-160
LU Shu-xia, MENG Qing-hong, MENG Chun-ling. Optimization of rice texture properties determination by three grains method [J]. Food Science and Technology, 2017, 42(5): 157-160
- [21] 郝利平,王晓彬,郭兴凤.测定条件对蒸煮大米质构特性测定结果的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2013, 34(5):40-43
HAO Li-ping, WANG Xiao-bin, GUO Xing-feng. Influences of testing conditions on texture property measurement results of cooked rice [J].Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2013, 34(5): 40-43
- [22] 郝伟,周显青,王学锋.米饭质构测定方法的比较与参数优选[J].粮油食品科技,2013,21(6):6-10
HAO Wei, ZHOU Xian-qing, WANG Xue-feng. Comparison of determinations of cooked rice texture and selection of the parameters [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2013, 21(6): 6-10
- [23] OUYANG Qin, ZHAO Jie-wen, CHEN Quan-sheng. Instrumental intelligent test of food sensory quality as mimic of human panel test combining multiple cross-perception sensors and data fusion [J]. Analytica Chimica Acta, 2014, 841(Supplement C): 68-76
- [24] 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):26-30
LI Su-hong, SONG Yuan-yuan, DONG Mo-si, et al. Analysis of correlations between physicochemical properties and eating quality of rice [J]. Food Research and Development, 2017, 38(23): 26-30
- [25] BUREŠOVÁIva, TOKÁRMarián, MAREČEKJán, et al. The comparison of the effect of added *Amaranth*, *Buckwheat*, *Chickpea*, *Corn*, *Millet* and *Quinoa* flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread [J]. Journal of Cereal Science, 2017, 75(Supplement C): 158-164
- [26] 何臻,张柏林,黄家春.大米食味品质分析的研究进展[J].南方农业,2017,11(11):126-129
HE Zhen, ZHANG Bo-lin, HUANG Jia-chun. Research development of eating quality analysis of rice [J]. Southwest Horticulture, 2017, 75(Supplement C): 158-164