

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.06.018

无损检测技术在稻米品质检测中的应用及展望

孟宁^{1,2}, 刘明², 刘艳香², 咎学梅^{2,3}, 孙莹¹, 张培茵¹, 谭斌²

(1. 哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院 黑龙江 哈尔滨 150076; 2. 国家粮食和物资储备局 科学研究院 北京 100037; 3. 集美大学 食品与生物工程学院 福建 厦门 361021)

摘要: 稻米作为世界上主要的粮食作物, 在生活水平不断提高的今天, 稻米的品质成为民众关心的重点。为了保证稻米品质, 有必要寻找或开发更为快速和无损的检测方法。稻米无损检测技术是建立稻米质量和稻米安全有效监控体系的关键技术。综述了我国近年来稻米品质无损检测技术的研究现状与应用。从近红外光谱技术、电子鼻技术及计算机视觉检测技术在稻米的碾米品质、外观品质、营养品质、蒸煮品质、食味品质 5 个方面的应用阐述了稻米品质无损检测技术的研究进展及存在问题, 并对稻米品质检测技术的发展作出了展望。

关键词: 稻米; 无损检测; 近红外光谱技术; 电子鼻技术; 计算机视觉技术

中图分类号: TS210.7 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)06-0098-04

Application and prospect of nondestructive testing technology in rice quality detection

MENG Ning^{1,2}, LIU Ming², LIU Yang-xiang², ZAN Xue-mei^{2,3}, SUN Ying¹, ZHANG Pei-yin¹, TAN Bin²

(1. Harbin University of Commerce, College of Tourism and Cooking, Harbin Heilongjiang 150076;

2. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037;

3. College of Food and Biological Engineering, Jimei University Xiamen Fujian 361021)

Abstract: As the main grain crop in the world, the quality of rice has become the focus of people's concern with the continuous improvement of living standard. In order to ensure the quality of rice, it is necessary to find or develop more rapid and non-destructive detection methods. Nondestructive testing of rice is the key technology to establish an effective monitoring system for rice quality and safety. The present situation and application of rice quality nondestructive testing technology in China in recent years are reviewed. The research progress and existing problems of nondestructive testing technology of rice quality are elaborated in the aspects of the applications of near infrared spectrum technology, electronic nose technology and computer vision detection technology in rice milling quality, appearance quality, nutritional quality, cooking quality and taste quality. The development of the rice quality detection technology is prospected.

Key words: rice; nondestructive testing; near infrared spectroscopy; electronic nose technology; computer vision technology

稻米作为我国重要的粮食作物之一, 全国

60%以上人口以其为主食, 年均消费量在 1.8 亿 t 左右^[1]。近年来随着我国居民生活水平的提高和市场发展的多样化, 稻米产业不再一味地追求产量, 而开始向着优质食用、加工专用、风味特用和耐贮备用等多样化目标发展^[2]。目前稻米品质

收稿日期: 2019-03-21

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2018YFD0400802)

作者简介: 孟宁, 1994 年出生, 女, 硕士研究生。

通讯作者: 张培茵, 1962 年出生, 女, 硕士, 副教授。

检测方法多集中在感官评价技术和理化指标评价技术,由于样品前处理的破坏性以及较长的实验周期使得稻米检测技术很难满足日益增长的稻米消费量。所以迫切希望能有一种新技术、新方法对稻米进行更好、更快的检测。近年来,无损检测技术以其无损化、快速性等优点在稻米品质检测领域发展迅速,无损检测指利用声、光、电、磁等特性,在不损害或不影响被检对象使用性能的前提下,快速判定被检对象品质的所有技术手段的总称^[3]。

本文就近些年发展起来的近红外光谱技术、电子鼻技术以及计算机视觉技术等无损检测技术在稻米的碾米品质、外观品质、营养品质、蒸煮品质、食味品质 5 个方面的应用情况加以阐述和展望,以利用前人的方法经验逐步完善我国在该领域的研究。

1 稻米的品质

稻米作为深受国民喜爱的粮食作物之一,其品质的好坏直接影响着国民的生活水平。稻米的品质受多种因素影响,因此其品质可以表述为综合性状。根据当前国内外评价稻米食用品质的标准分为 5 个方面,即碾米品质、外观品质、营养品质、蒸煮品质和食味品质^[4],具体的品质指标如表 1 所示。本文依据不同检测技术在稻米不同品质方面的应用概述分析,以期在稻米检测中更好地利用无损检测技术,为稻米品质的提高奠定坚实的基础。

表 1 稻米品质指标

| 稻米品质 | 具体指标 |
|------|----------------------------|
| 碾米品质 | 出糙率、精米率、整精米率等 |
| 外观品质 | 颗粒大小、粒形、光泽、透明度、垩白度等 |
| 营养品质 | 水分、淀粉、脂肪、蛋白质、维生素、各种氨基酸及矿物质 |
| 蒸煮品质 | 直链淀粉含量、糊化温度和胶稠度 |
| 食味品质 | 米饭的色泽、香味、粘性、硬度、弹性等 |

2 无损检测技术在稻米品质检测中的应用

2.1 近红外光谱在稻米品质检测中的应用

近红外光是指位于可见光和中红外光之间的电磁波,波长一般在 780~2526 nm 范围内^[5]。根

据待测样品具有的不同含氢基团对应不同特征吸收波长值,实现无损检测的目标^[6]。

周军琴^[7]通过近红外光谱技术分析 173 个大米样品,通过阈值法定量预测加工精度,研究发现利用粗脂肪和植酸含量预测大米加工精度的准确性最高,达到 84.21%。

李路等^[8]采用近红外光谱技术对大米蛋白质、脂肪、总糖、含水量进行检测,研究发现偏最小二乘法 and BP 神经网络法所建立的模型决定系数均在 0.9 以上,预测准确率高。Xie 等^[9]以糙米和糙米粉为原料,采用近红外光谱技术对大米中的蛋白质和淀粉含量进行预测,可以实现对大米中蛋白质和淀粉的无损检测。Bagchi 等^[10]通过采用 173 个糙米样本数据对建立的谷物蛋白质(GPC)和直链淀粉含量(AC)预测模型进行不断校准,得到的模型准确精度很高。Sampaio 等^[11]人应用偏最小二乘法、区间最小二乘法、协同区间最小二乘法和移动窗口最小二乘法建立水稻直链淀粉含量的最优回归模型,采用预测均方根误差(RMSEP)和相关系数(R)对模型性能进行评价,结果表明近红外技术高精度测定直链淀粉的方法可行。Siriphollakul 等^[12]人利用近红外技术将稻米的质构特性和直链淀粉含量建立回归模型,研究表明,近红外光谱对糙米直链淀粉和食用品质的预测准确度较高。Lee 等^[13]人采用全预测模型和优化预测模型(JRM)对 102 份大米样品的 11 种感官纹理特征进行分析,研究发现 JRM 对感官纹理属性的预测略优于 PLSR,使得内聚性、粘附性、硬度的相关性均在 0.69 以上,预测效果较好。

近红外光谱技术虽然可以实现稻米快速无损的检测,但其作为一种间接分析技术,在检测稻米品质方面需要大量的样本进行模型的建立和验证,人力物力消耗量大。另外,我国地广物博,稻米产区多,品质差异大,使得同一个指标模型并不能完全满足全部稻米产品,模型通用性较差。因此,对不同大米品质定标模型进行维护和更新,通过收集代表性样品、增加样品数量和扩大样品采集品种及年限来实现模型的有效性和实用性。模型建立需采用多元回归方法相结合的方式,实

现稻米的低成本、无损、在线、高精度、重现性好的检测方法。

2.2 电子鼻技术在稻米品质检测中的应用

电子鼻的工作原理是模拟人和动物的嗅觉器官对气味进行感知、分析和判断,主要由气敏传感器阵列、信号处理系统和模式识别系统三大部分组成^[14]。电子鼻对样品的数据进行分析、鉴别,得到的“气味指纹图”可以用于建立数据库,进而达到对样品挥发性气味的整体掌握^[15]。

Jana 等^[16]人利用电子鼻对大米进行香气品质分析,实现稻米品种的识别和对香气进行量化。张玉荣等^[17]通过分析粳型和籼型米饭样品的电子鼻气味信息,构建了粳型和籼型米饭的气味品质预测评价模型,为米饭气味品质的客观评价开拓了一条新途径。郭玉宝等^[18]人利用 RVA 辅助电子鼻技术研究大米陈化过程中品质随陈化时间的变化规律,结果表明电子鼻对大米在 0~6 个月内发生的气味变化可以清楚地区分,这对于监测和控制大米及其制品的品质具有重要意义。王惠^[19]利用电子鼻对糙米样品进行挥发性成分的检测和鉴别,研究发现,电子鼻既可以区分粳稻和籼稻,还可以区分相同品种不同产地的样品,这对稻米掺假、品质分析具有积极作用。

综合来看,国内外运用电子鼻对谷物的研究大多局限于实验室检测,检测品质多局限在稻米霉变、米饭香气等方面,应用范围过于狭窄。针对电子鼻在稻米类行业的应用,可以加大电子鼻气味分析与稻米的碾米品质、营养品质之间相关性的联系,以实现电子鼻快速无损检测稻米的综合品质,有助于稻米的工业化检测。我国地广物博,不同地区不同品种的稻米其相应的气味存在较大的差异,将互联网+与电子鼻检测相结合,可以实现我国稻米品质信息的共享,有利于稻米气味指纹数据库的建立,将会极大地方便众多学者对稻米的研究。

2.3 计算机视觉技术在稻米品质检测中的应用

计算机视觉又称机器视觉,是指利用计算机来模拟人宏观视觉功能的科学和技术。一个典型的机器视觉应用系统包括光源、光学系统、图像捕捉系统、图像数字化模块、数字图像处理模块、

智能判断决策模块和机械控制执行模块^[20]。计算机视觉技术应用广泛,针对稻米生产、加工等各环节中存在的人工检测步骤繁复、主观性强等问题,将计算机视觉技术应用于稻米的品质检测具有很大的发展前景。

2.3.1 计算机视觉技术在稻米的碾米品质方面的应用

万鹏等^[21]利用颜色特征值结合 BP 神经网络对大米进行精度判别,BP 神经网络判别精度达到 92.17%。陈进等^[22]提出将机器视觉技术应用于联合收割机在稻米含杂率和破碎率在线监测的问题,研究表明茎秆杂质识别、细小枝梗杂质识别和破碎籽粒识别的综合评价指标值均在 84%以上,因此能够快速有效识别出水稻图像中的杂质以及破碎籽粒,为水稻含杂率、破碎率的在线监测提供技术支撑。

2.3.2 计算机视觉技术在稻米的外观品质方面的应用

王粤等^[23]通过 HSI 亮度图像 I 分量的特性检测大米垩白米,对检测出的大米,用改进后的最大类间方差法实现了对垩白率、垩白度的分析。马超等^[24]基于图像处理技术建立了大米品质检测系统,结果表明,直方图均衡化有效增强了大米图像,图中的细节特征得以显现,系统能够对大米外观品质进行有效检测。Ali 等^[25]人基于神经网络的方法建立一个模糊分类知识库,对大米样品进行准确的分类。研究表明准确度可达 90%以上。

2.3.3 计算机视觉技术在稻米的蒸煮品质方面的应用

机器视觉检测技术不仅能用于检测稻米的外观品质,也可以检测稻米的直链淀粉含量。周小丰^[26]借鉴直链淀粉与碘的蓝色复合物分析溶液的颜色变化,实现稻米直链淀粉含量的预测。常国华等^[27]人研究表明直链淀粉含量值与色度值的相关性最高,能够满足检测精度的要求,并可以有效地避免显色时间的不一致性对检测结果的干扰,极大地提高了检测效率。

快速发展的计算机视觉技术使得稻米品质的检测逐渐向着快速、客观及无损的方向发展,目

前计算机视觉技术在稻米蒸煮品质检测方面的应用仍属于起步阶段,局限在外观和碾米品质方面,快速动态地获取稻米蒸煮过程中图像信息及设置彩色图像信息将是未来产业链化检测稻米品质的发展目标。

3 总结与展望

近红外光谱、电子鼻和计算机无损检测技术凭借快速、无损、低成本在稻米品质检测领域得到了广泛的应用,随着生活水平的提高,消费者对稻米品质的要求会越来越高,稻米品质检测技术的研发与创新难题将不断出现。目前稻米的碾米品质和外观品质已基本实现工业化无损检测,但稻米的营养品质、蒸煮品质和食味品质仍存在一定问题。稻米品质的无损检测的发展方向应是:(1)建立起不同地域、不同品种具有代表性的稻米品质检测数据库,实现稻米品质的快速通用分析;(2)多种无损检测技术结合,实现快速、高效、全面的稻米品质检测;(3)加强对检测设备的研发与创新,开发出稳定、灵敏、小型轻便的无损检测设备应用于工业生产线中;(4)开发高效、精确的数据处理方法,解决检测过程中数据量过大、处理时间长而无法实现在线监测的问题。

随着科技的进步,无损检测技术将快速发展,稻米检测系统朝着无损化、信息化、自动化的方向发展是未来检测方法发展的必然趋势。

参考文献:

- [1] 2017年中国稻米行业产销量及价格走势分析[EB/OL]. <http://www.chinaidr.com/news/2018-04/119230.html>, 2018-04-12.
- [2] 刘笑然,曹乐乐,张波. 2017年中国稻米市场分析与展望[J]. 中国粮食经济, 2017(5): 34-38.
- [3] 曾雪晴,李洪军,王兆明,等. 无损检测技术在掺假肉及肉制品中的应用进展[J]. 食品与发酵工业, 2019(1): 252-258.
- [4] 董国军. 分子标记辅助改良稻米品质[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [5] POREP J U, KAMMERER D R, CARLE R. On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production [J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 46(2): 211-230.
- [6] ZHANG B, DAI D, HUANG J, et al. Influence of physical and biological variability and solution methods in fruit and vegetable quality nondestructive inspection by using imaging and near-infrared spectroscopy techniques: A review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 58(12): 2099-2118.
- [7] 周军琴. 基于近红外光谱技术快速检测稻米营养品质和加工精度的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [8] 李路,黄汉英,赵思明,等. 大米蛋白质、脂肪、总糖、水分近红外检测模型研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 7(32): 121-126.
- [9] XIE L H, TANG S Q, CHEN N, et al. Optimisation of near-infrared reflectance model in measuring protein and amylose content of rice flour[J]. Food Chemistry, 2014, 9(142): 92-100.
- [10] BAGCHI T B, SHARMA S G, CHATTOPADHYAY K. Development of NIRS models to predict protein and amylose content of brown rice and proximate compositions of rice bran[J]. Food Chemistry, 2016, 191(1): 20-27.
- [11] SAMPAIO P, SOARES A, CASTANHO A, et al. Optimization of rice amylose determination by NIR-spectroscopy using PLS chemometrics algorithms[J]. Food Chemistry, 2018, 9(242): 196-204.
- [12] SIRIPHOLLAKUL P, NAKANO K, KANLAYANARAT S, et al. Eating quality evaluation of KhaoDawk Mali 105 rice using near-infrared spectroscopy[J]. Food Science & Technology, 2017, 8(79): 70-77.
- [13] LEE Y, KWAK H, LENJO M, et al. Estimating sensory texture of cooked rice using full and optimized predictive regression models[J]. Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA), 2015, 5(27): 931-935.
- [14] 陈晓明,李景明,李艳霞,等. 电子鼻在食品工业中的应用研究进展[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(4): 8-9.
- [15] 朱荣光,马本学,付威. 国内畜产品新鲜度的无损检测研究进展[J]. 农机化研究, 2013(1): 14.
- [16] JANA A, BHATTACHARYYA N, BANDYOPADHYAY R, et al. Fragrance measurement of scented rice using electronic nose[J]. International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems, 2015, 8(3): 1730-1747.
- [17] 张玉荣,邢晓丽,何雅蕾,等. 基于电子鼻技术对米饭食用品质中气味的的评价[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(9): 127-132.
- [18] 郭玉宝,韦莹莹,屠康. 基于粘度及气味评价稻米陈化劣变的程度[J]. 食品工业科技, 2013, 20(34): 115-121.
- [19] 王惠. 基于香气及物性指标综合评价稻米烹煮方式对食味品质影响的研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2017.
- [20] 童钊,廖桂平,李锦卫,等. 机器视觉技术在农产品检测中的应用研究[J]. 农业网络信息, 2008(11): 18-21.
- [21] 万鹏,谭鹤群,杨万能,等. 基于颜色特征和BP神经网络的大米加工精度判别方法研究[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(9): 103-107.
- [22] 陈进,顾琰,练毅,等. 基于机器视觉的水稻杂质及破碎籽粒在线识别方法[J]. 农业工程学报, 2018, 34(13): 187-194.
- [23] 王粤,李同强,王杰. 基于机器视觉的大米垩白米的检测方法[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(5): 147-151.
- [24] 马超,周晚,张志文. 图像处理在大米品质检测中的应用研究[J]. 机械与电子, 2018, 4(36): 58-62.
- [25] ALI T, JHANDHIR Z, CHOI G, et al. Detecting fraudulent labeling of rice samples using computer vision and fuzzy knowledge. Multimedia Tools & Applications. 2017, 76(23): 24675-24704.
- [26] 周小丰. 基于色度学的稻米直链淀粉检测方法试验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [27] 常国华,侯彩云,尚艳芬,等. 基于计算机色度学原理的直链淀粉检测系统开发[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(6): 564-566. ㊟