

可视化自动识别技术与传统人眼识别在大米外观品质检验中的比较分析

徐 飞¹, 王纾馨², 程 甲¹, 张毓梅¹, 焦彬彬^{1*}

(1. 上海海关, 上海 200135; 2. 上海杉达学院, 食品质量安全管理系, 上海 201209)

摘 要: **目的** 探究人眼检验法和仪器检验法在大米外观品质检测中是否存在结果差异。**方法** 使用人眼法和仪器法测定 35 批次大米样品的“整精米率”、“碎米率”、“垩白粒率”,结果采用 SPSS 统计分析方法进行比较分析。**结果** 在整精米率检验中, 针对粳米检测, 2 种方法得到结果有系统性差异, 建议采用人眼检验法; 针对籼米检测, 2 种方法得到结果没有系统性差异, 为提高检测效率, 建议优先采用仪器检验法; 在碎米率和垩白粒率检验中, 2 种方法得到结果均有系统性差异, 建议采用仪器检验法。**结论** 现阶段的可视化自动检测技术尚不能满足大米外观品质全项目的检测需求, 需要谨慎使用。

关键词: 大米外观检测; 整精米率; 碎米率; 垩白粒率

Comparative analysis of visual automatic recognition technology and traditional human eye recognition in rice appearance quality inspection

XU Fei¹, WANG Shu-Xin², CHENG Jia¹, ZHANG Yu-Mei¹, JIAO Bin-Bin^{1*}

(1. Shanghai Customs, Shanghai 200135, China;

2. Food Quality and Safety Management Department, Sanda University, Shanghai 201209, China)

ABSTRACT: Objective To explore whether there is a difference in the results between the human eye inspection method and the instrument inspection method in the appearance quality inspection of rice. **Methods** The “whole rice rate”, “broken rice rate” and “chalky grain rate” of 35 batches of rice samples were determined by the human eye method and the instrument method, and the results were compared and analyzed by SPSS statistical analysis method. **Results** In the inspection of the whole rice rate, for the inspection of japonica rice, the results obtained by the 2 methods were systematically different, and the human eye inspection method was recommended. For the detection of indica rice, there was no systematic difference in the results obtained by the 2 methods. In order to improve the detection efficiency, it was recommended to use the instrumental inspection method first. In the broken rice rate and Chalkiness rate test, the results obtained by the 2 methods were systematically different, and the instrumental inspection method was recommended. **Conclusion** At this stage, the visualized automatic inspection technology cannot meet the inspection requirements of the whole item of rice appearance quality, and it needs to be used with caution.

基金项目: 海关总署科研项目(2019HK023)

Fund: Supported by the China Customs Research and Development Program (2019HK023)

*通讯作者: 焦彬彬, 博士, 高级农艺师, 主要研究方向为粮食检验检疫。E-mail: billjohn820929@163.com

*Corresponding author: JIAO Bin-Bin, Ph.D, Senior Agronomist, Shanghai Customs, No.1208, Pudongxin District, Shanghai 200135, China. E-mail: billjohn820929@163.com

KEY WORDS: rice appearance inspection; whole polished rice rate; broken rice rate; Chalkiness rate

1 引言

粮食的品质检测包括外观检测和内在品质检测, 其中, 外观检测包括外形、结构、色泽、气味、触感、疵点、表面缺陷等项目^[1]。物理品质检验是使用人体感觉器官或科学仪器从粮食的外部形态特征或不同的物理特征、特性来鉴别粮食的品质的检验方法^[2]。因其属于无损检测, 检测中不改变样品原有性状, 不影响检测样品后续的加工和销售, 因此在粮食品质检验中被广泛使用^[3]。通过感官来判断粮食的品质, 方法简单, 结果直观, 但需要一定的实践经验^[4], 且不同的检验人员和不同批次的粮食检验结果没有可比性, 得出结果不够准确, 且重复性和再现性较差, 对于检测结果很难达到量化和统一^[5]。因此近年来在现代的粮食品质感官检验中逐步引入仪器识别方法以辅助和逐步替代传统的人工品质检验方法^[6]。在国外大米外观品质识别技术应用较早, Shashidhar 等^[7]采用图像分割技术将大米分离成为独立的个体以解决大米黏连现象, 识别效果良好, 但该方法在米粒黏连数量增多时效果一般; Ngampak 等^[8]在 2015 年对稻米中碎米的破碎程度进行分类和分离, 识别准确度提升到 98.20%, 在一定程度上提升了碎米的检测准确率。在国内仪器检测技术相对发展滞后, 黄奕星等^[9]采用遗传算法结合的方法对大米的垩白部分和胚乳部分进行分离识别, 算法分离识别的结果与实际人工识别的结果之间误差不超过 5%, 该算法是机器识别技术在大米品质检测中的最主要的应用。然而根据我国国家标准的要求, 大米的外观品质检测涉及多个项目, 仅依据单一算法的机器识别技术是否能完全适应不同品系大米的多项目的检测需求仍需验证, 且目前关于此方面的研究相对较少。

鉴于此, 本研究以大米为研究对象, 使用人工检验和仪器检验法^[10]分别对大米的“整精米率”、“垩白率”、“碎米率”这 3 个重要的品质检验项目进行比较, 运用 SPSS 统计分析软件比较分析 2 种检测方法是否会产生检测结果的显著性差异, 为明确现阶段机器识别技术是否可以全面应用于大米外观品质的检测, 进而全面替代传统人眼视觉检验的可行性提供依据。

2 材料与方法

2.1 材料

选用 35 批次上海粮仓储藏的粳米和籼米为实验材料。

2.2 主要仪器和设备

SC-E 大米外观品质检测分析仪(杭州万深检测科技有限公司); xs04 分析天平(精准到 0.001 g)、PE360 电子秤(精

确到 0.01 g)(瑞士 Mettler Toledo 公司); JFYZ-III 钟鼎式分样器(上海嘉定粮油仪器有限公司)。

2.3 方法

2.3.1 大米整精米测定方法

使用人眼检验方法与仪器检验方法分别对 35 批次大米样品的“整精米率”进行检测。其中, 人眼检验根据 GB/T 1354-2018《大米》^[11]的规定进行, 方法如表 1 所示。仪器检验方法参照 NY/T 2334-2013《稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定图像法》^[12]的标准要求进行上机检验。

表 1 大米整精米人眼检测方法
Table 1 Whole polished rice determination method by artificial vision

特性分析	籼米	粳米
粒型	呈细长或长圆形	呈椭圆形或圆形
外形	长度在 7 mm 以上, 横断面呈扁圆形	米粒丰满肥厚, 横断面近于圆形, 长与宽之比小于 2
颜色	呈白色透明的较多, 也有半透明和不透明的	蜡白, 呈透明或半透明

2.3.2 大米碎米测定方法

人眼检验与仪器检验对碎米测定方法采用的标准一致, 均为 GB/T 5503-2009《粮油检验碎米检验法》^[13], 人眼检验方法根据碎米的定义, 先由上至下将 2.0、1.0 mm 筛和筛底套装好, 再用四分法分取除去杂质的样品 10 g 置于直径 2.0 mm 圆孔筛内, 盖上筛盖置于光滑平面, 以约 100 r/min 左右的速度用双手顺时针及逆时针方向各转动 1 min, 控制转动范围在选筛直径的基础上扩大约 8~10 cm, 将选筛静置片刻, 收集留在 1.0 mm 圆孔筛上的碎米和卡在筛孔中的米粒, 称重并精确至 0.01 g, 通过计算得出碎米率。仪器方法直接上机检验即可。

2.3.3 大米垩白粒测定方法

根据 GB/T 17891-2017《优质稻谷》^[14]的要求, 人眼检验方法根据垩白粒的定义, 在试样中挑拣出胚乳中有白色(包括腹白、心白和背白)不透明部分的米粒。根据 NY/T 2334-2013《稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定图像法》的要求, 仪器方法规定垩白的定义为米粒胚乳中的白色不透明部分, 包括心白、腹白和背白^[12]。

3 结果与分析

3.1 大米整精米率结果与分析

在大米整精米率检测时使用人眼检验与仪器检验 2 种方

法多平行实验和分析结果见表 2、表 3。使用人眼检验和仪器检验 2 种方法进行测试,结果显示,82.86%的人眼检验结果大于仪器检验结果,17.14%的仪器检验结果大于人眼检验结果,结果差异在-10.12%~26.92%之间。正态检验见表 4。采用 SPSS22.0 进行分析^[15],由 Shapiro-Wilk 检验(见表 4)可知,粳米人眼检验法-粳米仪器检验法($P=0.855$)、籼米人眼检验法-籼米仪器检验法($P=0.379$)数据符合正态分布。如表 5~6 所示,采用成对样本配对 t 检验, T 值均为正值,则粳米与籼米的人眼检验方法结果均值大于仪器检验方法结果均值,且粳米两组比较出的 P 值小于 0.05,则说明粳米整精米率人眼检验法与仪器法间存在统计学上的显著性差异,籼米人眼检验法与仪器法间不存在统计学上的显著性差异。

如表 7 所示,采用成对样本配对 t 检验, T 值均为正值,则粳米与籼米的人眼检验方法结果均值大于仪器检验方法结果均值,且粳米两组比较出的 P 值小于 0.05,则说明粳米整精米率人眼检验法与仪器法间存在统计学上的显著性差异,籼米人眼检验法与仪器法间不存在统计学上的显著性差异。

2 种方法得到结果有系统性差异,针对统计分析结果推测的可能原因有:由于粳米其具有粒型较短的特点,针对大米国家标准中规定的长度达到国家标准三级大米完整米粒平均长度 3/4 及以上的要求仪器识别存在误差^[9];籼米粒型较长,仪器更能准确便捷地判别其长度,相较于粳米而言可识别度更高,致使粳米存在统计学上的差异而籼米不存在统计学上的差异。

在粳米整精米率检验中,从检验准确性考虑,建议采用人工方法;在籼米整精米率检测中,2 种方法得到结果没有系统性差异,从检验效率考虑,建议优先采用机器检验方法,若没有相应实验条件,人工检验也可采用。

表 2 粳米整精米率人眼检验法与仪器检验法比较分析
Table 2 Comparison and analysis of japonica rice percentage by human eye test and instrument test

粳米编号	人眼检验法/%	仪器检验法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
1	76.21	64.37	11.84
2	77.04	62.05	14.99
3	83.17	66.01	17.16
4	78.90	67.87	11.03
5	85.03	59.34	25.69
6	82.74	69.32	13.42
7	82.92	63.49	19.43
8	79.26	70.63	8.63
9	79.97	65.65	14.32
10	83.67	65.26	18.41
11	68.33	61.81	6.52
12	87.36	69.89	17.47

续表 2

粳米编号	人眼检验法/%	仪器检验法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
13	71.84	58.91	12.93
14	90.84	63.92	26.92
15	72.95	68.82	4.13
16	73.90	57.58	16.32
17	70.13	71.29	-1.16
18	68.84	58.42	10.42
19	64.29	60.70	3.59
20	77.30	70.55	6.75
21	79.13	57.32	21.81
22	81.84	71.75	10.09
23	34.78	42.96	-8.18
24	72.94	57.80	15.14
25	70.50	61.46	9.04

表 3 籼米人眼检验法与仪器检验法整精米率比较分析
Table 3 Comparison and analysis of milled rice with human eye test and instrument test of indica rice

籼米编号	人眼检验法/%	仪器检验法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
1	41.28	31.38	9.9
2	64.03	47.68	16.35
3	52.60	46.50	6.1
4	45.55	46.19	-0.64
5	33.86	40.44	-6.58
6	40.57	50.69	-10.12
7	53.74	45.59	8.15
8	40.44	48.99	-8.55
9	68.89	50.58	18.31
10	55.86	45.72	10.14

3.2 大米碎米率结果与分析

根据 GB/T 5503-2009《粮油检验碎米检验法》的要求对 35 批次大米碎米率进行检验,人眼检验和仪器检验 2 种方法进行多次平行试验和分析结果如表 7 所示。针对粳米和籼米的碎米率,使用人眼检验和仪器检验 2 种方法进行测试。表 7~8 所示,在 91.43%的人眼检验结果大于仪器检验结果,8.57%的仪器检验结果大于人眼检验结果,显示仪器检验结果大于人眼检验结果高出的比率较小,差异在-2.96%~11.13%之间。采用 SPSS22.0 进行分析,由 Shapiro-Wilk 检验(见表 9)可知,粳米人眼检验法-粳米仪器检验法($P=0.697$)、籼米人眼检验法-籼米仪器检验法($P=0.668$)数据符合正态分布。

表 4 整精米率正态检验
Table 4 Shapiro-Wilk test of whole polished rice rat

指标	统计	自由度	显著性
粳米人眼检验法-粳米仪器检验法	0.979	25	0.855
籼米人眼检验法-籼米仪器检验法	0.923	10	0.379

注: 显著性层级为 0.05。

表 5 大米整精米率成对样本检验(n=25)
Table 5 Paired sample inspection of rice whole rice rate(n=25)

	平均数/%	标准偏差/%	标准错误平均值/%	t	P
粳米整精米率人眼检验法-仪器法	12.268	7.908	1.582	7.757	< 0.001
籼米整精米率人眼检验法-仪器法	4.306	10.223	3.233	1.332	0.216

表 6 大米整精米率测定差异性分析
Table 6 Analysis of the difference in the determination of the whole rice rate

	虚无假设	检定	显著性	决策
1	粳米人眼检验法与仪器检验法之间差异的均值等于 0	相关样本配对 t 检验	< 0.001	拒绝无效假设
2	籼米人眼检验法与仪器检验法差异的均值等于 0	相关样本配对 t 检验	0.216	保留无效假设

表 7 粳米人眼检验法与仪器检验法碎米含量比较分析
Table 7 Comparative analysis of japonica rice human eye test method and instrument test method for broken rice content

粳米编号	人眼检验法/%	仪器检验法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
1	7.52	5.66	1.86
2	9.57	6.48	3.09
3	7.92	4.74	3.18
4	9.73	3.97	5.76
5	8.38	5.87	2.51
6	6.93	3.12	3.81
7	7.21	5.32	1.89
8	7.69	3.41	4.28
9	5.98	3.96	2.02
10	7.53	5.32	2.21
11	14.09	9.41	4.68
12	8.63	3.27	5.36
13	13.65	7.84	5.81
14	2.89	2.25	0.64
15	9.88	4.33	5.55
16	15.65	9.07	6.58
17	7.82	4.25	3.57
18	15.89	7.25	8.64
19	13.60	6.43	7.17
20	7.85	4.61	3.24
21	12.20	4.53	7.67
22	7.91	2.70	5.21
23	29.90	23.91	5.99
24	17.48	11.54	5.94
25	17.61	9.87	7.74

表 8 籼米人眼检验法与仪器检验法碎米含量比较分析
Table 8 Comparison and analysis of broken rice content in indica rice by human eye test and instrument test

籼米编号	人眼检验法/%	仪器检验法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
1	45.16	45.64	-0.48
2	31.72	27.67	4.05
3	32.70	35.66	-2.96
4	34.68	30.25	4.43
5	46.37	36.89	9.48
6	24.65	27.29	-2.64
7	41.42	36.51	4.91
8	33.71	25.69	8.02
9	23.91	22.06	1.85
10	41.51	30.38	11.13

表 9 碎米率正态检验
Table 9 Shapiro-Wilk test of broken rice rate

指标	统计	自由度	显著性
粳米人眼检验法-粳米仪器检验法	0.972	25	0.697
籼米人眼检验法-籼米仪器检验法	0.950	10	0.668

注: 显著性层级为 0.05。

如表 10~11 所示, 采用成对样本配对 t 检验, T 值均为正值, 则粳米与籼米的人眼检验方法结果均值大于仪器检

验方法结果均值,且粳米与籼米两组比较出的 P 值均小于 0.05,则说明粳米碎米率的人眼检验法与粳米碎米率的仪器检验法所得出的结果之间存在显著差异。籼米碎米率的人眼检验法与籼米碎米率的仪器检验法所得出的结果之间存在显著差异。

分析检测结果,造成结果差异的原因主要是使用人眼检验方法进行碎米率测定需要过筛,并伴有转动等一系列操作,增加大米破碎率,导致大米碎米率提高,造成统计学上的差异且人眼检验结果高于仪器检验结果。在粳米、籼米碎米率检验中,2 种方法得到结果均有系统性差异,从准确性及效率的角度出发,建议采用仪器检验方法。此外,使用仪器检验方法也不会造成样品的损伤,较大程度的反映了样品的真实状态,得到更为可靠的结果。

3.3 大米垩白粒率结果与分析

根据 GB/T 17891-2017《优质稻谷》的要求对 35 批次大米垩白率进行感官检验法,仪器检验根据 NY/T 2334-2013《稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定图像法》的要求对 35 批次大米的垩白率进行检验,人眼检验和仪器检验 2 种方法进行多次平行试验和分析结果如表 12 所示。针对粳米和籼米的垩白粒率,使用人眼检验和仪器检验 2 种方法进行测试,如表 12~13。在所有的结果当中显示,80.00%的仪器检验结果大于人眼检验结果,差异在-21.88%~12.08%之间。

采用 SPSS22.0 进行分析,由 Shapiro-Wilk 检验(见表 14)可知,粳米人眼检验法-粳米仪器检验法($P=0.854$)、籼米人眼检验法-籼米仪器检验法($P=0.312$)数据符合正态分布。如表 15~16 所示,采用成对样本配对 t 检验, T 值均为负值,则粳米与籼米的人眼检验方法结果均值小于仪器检验方法结果均值,且粳米与籼米两组比较出的 P 值均小于 0.05,则说明粳米碎米率的人眼检验法与粳米碎米率的仪器检验法所得出的结果之间存在显著差异。籼米碎米率的人眼检验法与籼米碎米率的仪器检验法所得出的结果之间存在显著差异。

针对以上结果推测的可能原因有:在机器检验的过程中发现,由于粳米与籼米的胚芽部分在脱胚之后的米粒侧面会残留一个白色的凹坑,从机器视觉识别的效果上来说,易与垩白粒进行混淆,无法判定是正常大米还是垩白粒,从而导致了仪器检验结果与人眼检验结果统计学上的差异。另外仪器法现主要使用与生产加工企业等需要快速检验的机构,检测时仅使用设备内参数而不根据人眼检测结果逐一修正。这也是仪器检测结果高于人眼检测结果的重要原因。

在垩白粒率检验中,2 种方法得到结果有系统性差异,从准确性、可靠性及效率的角度来说,建议优先使用仪器检验方法。另外,使用仪器检验时,可提前将垩白部分更贴近扫描平台,以提高仪器的敏感度,从而提高仪器检验准确性。

表 10 大米碎米率成对样本检验($n=25$)
Table 10 Paired sample test of broken rice rate($n=25$)

	平均数/%	标准偏差/%	标准错误平均值/%	t	P
粳米碎米率人眼检测法-仪器法	4.576	2.138	0.428	10.701	< 0.001
籼米碎米率(人眼检测法-仪器法	3.779	4.885	1.545	2.446	0.037

表 11 大米碎米率测定差异性分析
Table 11 Difference analysis of broken rice rate

	虚无假设	检定	显著性	决策
1	粳米人眼检验法与仪器检验法之间差异的均值等于 0	相关样本配对 t 检验	< 0.001	拒绝无效假设
2	籼米人眼检验法与仪器检验法差异的均值等于 0	相关样本配对 t 检验	0.037	保留无效假设

表 12 粳米垩白粒率人眼检验法与仪器检验法比较分析
Table 12 Comparative analysis between human eye test and instrument test for Chalkiness rate of japonica rice

粳米编号	人眼检测/%	仪器法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
1	14.72	17.89	-3.17
2	12.31	19.76	-7.45
3	7.64	20.47	-12.83
4	10.38	19.61	-9.23
5	6.60	15.02	-8.42

续表 12

粳米编号	人眼检测/%	仪器法/%	(人眼检验法-仪器检验法)/%
6	8.81	20.26	-11.45
7	8.24	15.70	-7.46
8	12.29	18.50	-6.21
9	12.58	16.75	-4.17
10	7.61	18.07	-10.46
11	17.18	24.95	-7.77

续表 12

粳米编号	人眼检测/%	仪器法/%	(人眼检验法-仪器 检验法)/%
12	3.53	5.95	-2.42
13	14.04	15.24	-1.2
14	5.71	10.47	-4.76
15	16.83	13.05	3.78
16	10.46	12.94	-2.48
17	21.60	14.40	7.2
18	13.53	22.46	-8.93
19	21.78	20.96	0.82
20	14.68	12.39	2.29
21	8.35	11.66	-3.31
22	10.25	12.47	-2.22
23	34.57	32.78	1.79
24	9.02	14.04	-5.02
25	11.66	17.88	-6.22

表 13 籼米垩白粒率垩白粒率人眼检验法与仪器检验法比较分析
Table 13 Comparative analysis between human eye test and
instrument test for Chalkiness rate of indica

籼米编号	人眼检验法/%	仪器检验法/%	(人眼检验法-仪 器检验法)/%
1	12.66	21.95	-9.29
2	22.59	23.46	-0.87
3	14.11	16.24	-2.13
4	18.42	21.81	-3.39
5	17.94	21.59	-3.65
6	32.75	20.67	12.08
7	4.15	13.58	-9.43
8	23.92	24.20	-0.28
9	5.77	25.53	-19.76
10	21.91	23.79	-1.88

表 14 大米垩白粒率正态检验
Table 14 Shapiro-Wilk test of rice chalkiness rate

指标	统计	自由度	显著性
粳米人眼检验法-粳米 仪器检验法	0.979	25	0.854
籼米人眼检验法-籼米 仪器检验法	0.914	10	0.312

注: 显著性层级为 0.05。

表 15 大米垩白粒率成对样本检验(n=25)

Table 15 Rice chalkiness rate paired sample test(n=25)

平均值/%	标准差/%	标准误差 平均值/%	t	P	
粳米人眼检验 法-仪器法	-4.372	4.966	0.993	-4.402	< 0.001
籼米人眼检验 法-仪器法	-7.860	10.737	3.395	-2.315	0.046

表 16 大米垩白粒率测定差异性分析
Table 16 Difference analysis of rice chalkiness rate

	虚无假设	显著性	决策
1	粳米垩白粒率人眼检验与仪器 法之间差异的均值等于 0	< 0.001	拒绝无效假设
2	籼米垩白粒率人眼检验法与仪 器检验法差异的均值等于 0	0.046	拒绝无效假设

4 结论与讨论

在整精米率检验中, 2 种方法对粳米的检测结果有显著差异, 建议采用人眼检测方法; 2 种方法对籼米检测结果没有系统性差异, 建议优先采用仪器检验方法提高检测效率, 采用仪器检验方法时, 需注意将大米均匀分布在平台上, 尽可能减少黏连现象产生, 以提高仪器检验的准确性。在碎米率检验中, 2 种检测方法对粳米与籼米的检测结果均有显著性差异, 从准确性及效率的角度出发, 建议采用仪器检验方法。在垩白粒率检验中, 2 种方法对粳米与籼米的检测结果均有显著性差异, 从准确性、可靠性的角度, 建议采用仪器检验方法。

综合以上 3 项检测项目结果分析, 相较于传统的人眼检验, 仪器检验法在检测步骤、检测时间上都有着显著优势, 在操作上人眼检验方法与机器检验方法有着明显的区别, 人眼检验法前期准备步骤多, 检测耗时长, 检测结果的后续验证和计算相对复杂, 有经验的检验员完成一批大米的检验一般需要 30 min 以上; 相比机器视觉检验法完成一批大米仅需要 1 min 左右的时间。但目前的设备无法完全对应国家标准规定的检测样品数量, 检测结果的准确性存在误差。除了检测样品数量的限制, 仪器检验法还存在一些弊端, 当仪器法针对同品系、同批次样品时可以显著提高检测速度, 但当样品品系复杂时, 机器识别误差增多, 人工核验的需求增多, 仪器法在检测速度上的优势相对弱化。综合上述分析, 现阶段机器识别技术尚不能完全适应大米外观品质的检测要求, 在大米感官品质检测领域, 机器识别技术尚不能全面替代传统人眼视觉检验方法。

参考文献

[1] 苗驰, 王吉豪, 陈奎. 基于机器视觉的粮食外观品质检测系统研究[J]. 无线互联科技, 2017, (18): 44-47.
Miao C, Wang JH, Chen K. Study on grain appearance quality inspection system based on machine vision [J]. Wireless Int Technol, 2017, (18): 44-47.

[2] 王一丁, 李零阳. 谷物外观品质检测方法的研究[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(2): 35-38.
Wang YD, Li JY. Research on the detection method of cereal grains appearance quality [J]. Computer Measur Control, 2017, 25(2): 35-38.

[3] Zareiforoush H, Minaei S, Alizadeh MR, et al. Potential applications of computer vision in quality inspection of rice: A review [J]. Food Eng Rev,

- 2015, 7(3): 321–345.
- [4] CNAS-CL 01-A016-2018 检验和校准实验室能力认可准则在感官检验领域的应用说明[S].
- CNAS-CL 01-A016-2018 Guidance on the application of laboratory accreditation criteria in the field of sensory analysis [S].
- [5] 徐飞, 傅怡宁, 张毓梅, 等. 进境小麦净度检测国内外标准方法比较分析[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2019, 37(2): 90–94.
- Xu F, Fu YN, Zhang YM, *et al.* Comparison of standards for wheat purity detection from China and other three countries [J]. J Shanghai Jiaotong Univ (Agric Sci), 2019, 37(2): 90–94.
- [6] Van-Dalen G. Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis [J]. Food Res Int, 2004, 37(1): 51–58.
- [7] Shashidhar NSDS, Jayas TG, Crowe, *et al.* Processing of digital images of touching kemels byellipsefitting [J]. Canadian Agric Eng, 1997, 39(2): 139–142.
- [8] Ngampak D, Piamsa-Nga P. Image analysis of broken rice grains of KhaoDawk mali rice [Z]. 2015.
- [9] 黄星奕, 吴守一, 方如明, 等. 遗传神经网络在稻米垩白度检测中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 137–139.
- Huang XY, Wu SY, Fang RM, *et al.* Inspection of chalk degree of rice using genetic neural network [J]. Transact Chin Soc Agric Eng, 2003, 19(3): 137–139.
- [10] 马丽霞. 基于机器视觉的大米外观品质判别研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2016.
- Ma LX. The Research for rice appearance quality judgment based on machine vision [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2016.
- [11] GB/T 1354-2018 大米[S].
- GB/T 1354-2018 Rice [S].
- [12] NY/T 2334-2013 稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定图像法[S].
- NY/T 2334-2013 Image method for determining the percentage of whole rice, grain type, chalky grain rate, chalkiness and transparency of rice [S].
- [13] GB/T 5503-2009 粮油检验碎米检验法[S].
- GB/T 5503-2009 Inspection of gain and oils-Determination of broken kernels [S].
- [14] GB/T 17891-2017 优质稻谷[S].
- GB/T 17891-2017 High quality paddy [S].
- [15] 任春生, 徐亚飞, 杨仙萍, 等. 入境粮食中 8 种主要感官指标的统计分析研究[J]. 化学工程师, 2014, 28(2): 59–63.
- Ren CS, Xu YF, Yang XP, *et al.* Statistical analysis study of 8 kinds of sensory indexes in the entry grain [J]. Chem Eng, 2014, 28(2): 59–63.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



徐 飞, 硕士, 农艺师, 主要研究方向
粮油品质检验。
E-mail: xufei0913@126.com



焦彬彬, 博士, 高级农艺师, 主要研究
方向为粮食检验检疫。
E-mail: billjohn820929@163.com