DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250728004
引用格式: 季宏波. 粳稻谷新鲜度与质量品质指标相关性及不同品种和地域指标表现分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(3): 335–340.
JI HB. Analysis of the correlation between freshness and quality indicators of *Oryza sativa* subsp. *indica* Kato, as well as the performance of different varieties and regional indicators [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(3): 335–340. (in Chinese with English abstract).

粳稻谷新鲜度与质量品质指标相关性及不同品种和地域指标表现分析

季宏波*

(辽宁省粮食和物资储备事务服务中心, 沈阳 110032)

摘 要: 目的 探讨粳稻谷新鲜度与质量品质指标的相关性, 并分析不同品种及地域对指标表现的影响。**方法** 选取辽宁省新收获的 165 份粳稻谷样品, 测定新鲜度、食味值、垩白度、出糙率、整精米率等指标, 采用 SPSS 22 进行相关性分析和品种/地域间差异比较。**结果** 新鲜度仅与稻谷水分(r=−0.328)和大米水分(r=−0.373)呈显著负相关(P<0.01)。比较不同品种, 盐丰品种新鲜度最高为(90.0 分), 中科发 5 食味值最优(80.0 分), 稻花香垩白度最大(9.9%)。同一品种在不同地区的指标差异明显(如中科发 5 新鲜度在盘锦两地相差 8 分)。**结论** 研究结果表明粳稻谷新鲜度主要受水分含量影响, 与食味值并无相关性; 品种和地域因素对新鲜度带来的显著影响可能是生长和储藏条件叠加造成的, 需结合更多指标综合评价储藏适宜性。

关键词: 新鲜度; 相关性分析; 品质指标; 地域差异

Analysis of the correlation between freshness and quality indicators of *Oryza sativa* subsp. *indica* Kato, as well as the performance of different varieties and regional indicators

JI Hong-Bo*

(*Liaoning Provincial Grain and Material Reserve Affairs Service Center*, *Shenyang* 110032, *China*)

ABSTRACT: Objective To explore the correlation between the freshness and quality indicators of *Oryza sativa subsp. indica* Kato, and analyze the impact of different varieties and regions on these indicators. **Methods** A total of 165 freshly harvested *Oryza sativa subsp. indica* Kato samples from Liaoning Province were selected for analysis. The indicators measured included freshness, taste value, chalkiness, brown rice yield and head rice yield. Correlation analysis and comparisons among varieties/regions were conducted using SPSS 22. **Results** Freshness showed a significant negative correlation with both grain moisture content (r=–0.328) and milled rice moisture content (r=–0.373) (P<0.01). Compared different varieties, the salt-rich variety exhibited the highest freshness score (90.0 points), while Zhongkefa No.5 had the optimal taste value (80.0 points). Additionally, Dahuaxiang displayed the greatest chalkiness

收稿日期: 2025-07-28
第一作者/*通信作者: 季宏波(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为粮食储藏与加工。E-mail: 343928138g@qq.com

level (9.9%). The indicators of the same variety vary significantly in different regions (for instance, Zhongkefa No.5's freshness varied by 8 points between two locations in Panjin). **Conclusion** The research results show that the freshness of *Oryza sativa subsp. indica* Kato is primarily influenced by moisture content and there is no correlation with the taste value. The significant impact of variety and regional factors on freshness may be caused by the superposition of growth and storage conditions. Storage suitability needs to be comprehensively evaluated in combination with more indicators.

KEY WORDS: freshness; correlation analysis; quality indicators; regional differences

0 引 言

储藏稻谷品质的变化是一个发展和动态的过程，各品质指标之间是相互联系、相互制约的关系。由于各个指标在储藏过程中的变化敏感性不相同，因此对稻谷新鲜度的影响存在着不同程度的差异[1]。粮食的新鲜度可以用于评价粮食在储存期间发生的品质变化，以及生理生化指标的变化[2]。籼稻和粳稻在储藏过程中，其陈化机制存在一定的差异，籼稻膜脂主要以氧化和过氧化作用为主，而粳稻则以膜脂水解作用为主[3]。稻谷的新鲜品质直接影响其安全储藏和食用品质的优劣。且受多种因素影响如农户种粮、产后服务体系、极端天气、低温、充氮储粮技术和新陈掺混等，所以品质与生产年限并非完全一致。稻谷新鲜度值与脂肪酸值呈显著线性相关关系，新收获粳稻谷与陈粳稻谷的新鲜度值有明显区分[4]。有籼稻的研究表明新鲜度值越高，其脂肪酸值越低。稻谷的新鲜度值在 60 分以上，可以初步判定该稻谷宜于储存；稻谷的新鲜度值小于 50 分，初步判定不宜储存。国内外有实验证明粮食的过氧化物酶、过氧化氢酶活性[5−6]、脂肪氧化酶活性[7−8]、挥发性气体[9−10]、外观[11−12]、发芽率[13]等指标与粮食新鲜度有明显的相关性。因此研究新鲜度与常规质量品质指标的相关性关系具有一定的现实意义[14]。

新陈稻谷在感官上区分的主要有以下几个方面：(1)收割的稻谷稻壳自身存在一种特别的青草芳香味道，新鲜稻谷比同品种的陈稻颜色浅，表面色泽光亮，而陈旧的稻谷颜色比较暗淡，缺少光泽度[15]。另外，新稻谷表面茸毛比较完整，而陈旧的稻谷表面茸毛则不够完整[16]；(2)从筛下物判断，新稻谷筛下物中的粉状物通常是无机物，陈稻谷筛下物中的粉状物偶有虫害产生的有机物；(3)从糙米皮色判断[17]，新鲜稻谷糙米皮色为青色发亮，陈稻谷糙米皮色干褐，且脱皮较难。从气味、色泽等判断虽然简便、快速，但需要检验人员具备长期的实践经验，并且受主观因素影响。除感官检验法外，检测稻谷新鲜度值的方法[18]主要有化学检验法(酸度指示剂显色法、氧化还原法、挥发性物质检测法)[19]，品质指标分析法(脂肪酸值法、发芽率法)[20]，物理检验法(电导率法、光谱法)[21]等。本研究采用新鲜度快检仪的检测来探讨新鲜度与稻谷质量品质指标的相关性，并分析不同稻谷品种及地域因素在新鲜度、食味值和垩白等质量品质指标上的特征，旨在通过探究新鲜度与稻谷定等指标、食味指标和加工指标的相关性关系，分析能够表征新鲜度数值的指标，确定新鲜度的影响因素，指导不同地域品种的选择，为粮食企业合理收购、流通新鲜稻谷提供参考，保障消费者健康和消费权益。

1 材料与方法

1.1 材 料

粳稻谷样品为 2024 年辽宁省内各稻谷产区新收获主要品种，共 165 份实验样品。沈阳 20 份、大连 10 份、鞍山 20 份、抚顺 10 份、本溪 10 份、丹东 15 份、锦州 15 份、营口 15 份、辽阳 15 份、盘锦 20 份、铁岭 15 份。各项指标检验时间为 2024 年 11 月底。

1.2 仪器与设备

JXCD10 型稻谷新鲜度测定仪、ROCKER 2D digital 型振荡器、mini G 型离心机、JMCT 12 型大米外观品质检测仪(北京东孚久恒仪器技术有限公司)；JSWL 型大米食味计、MM1D 型大米谷物精白度仪(日本株式会社佐竹制作所)；VP32 型试验用精米机(日本山本 Yamamoto 公司)；JNM-III型碾米机、JLG-III型砻谷机(中储粮成都储藏研究院有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 稻谷新鲜度测定

按 LS/T 6118—2017《粮油检验 稻谷新鲜度测定与判别》中方法检测[22]，使用小型砻谷机和砂片碾米机碾磨大米成原三级大米加工精度即背沟留皮不成线，确保大米精度一致。因为随着碾磨时间的增加，稻谷的新鲜度值呈下降趋势。因此三级大米加工精度的碾磨时间是准确测定稻谷新鲜度的重要因素[23]。新鲜度测定仪开机预热 30 min，仪器校正，加入显色剂，经振荡、离心后上机检测，双实验后计算结果，方法重复性为±4 分，再现性为±5 分。

1.3.2 大米食味品质测定

混匀分样器法分取约 180 g 稻谷，用精米机碾磨成大米，与大米加工精度适碾实物标准样品对比留皮程度，保

持加工精度一致, 新鲜度仪选择稻谷检测曲线, 检测稻谷新鲜度值, 大米食味计测定大米食味值。开机后预热 40 min, 使用前用标准样品校准仪器, 双实验后计算结果。

1.3.3　稻谷质量指标检验

稻谷出糙率、整精米率、水分、杂质等质量指标均按 GB 1350—2009《食品安全国家标准 稻谷》规定的方法进行。大米水分采用经烘箱校正的快速检测法。大米外观品质检测仪检测垩白度、垩白粒率, 方法按照 GB/T 17891—2017《优质稻谷》检测, 双实验后计算结果。

1.4　数据处理

采用 SPSS 22 进行数据处理, 对结果进行相关性和统计分析。所有实验重复两次。

2　结果与分析

2.1　实验样品各指标区间范围情况

表 1 为对 165 份稻谷试样各项指标进行描述性统计分析得出的均值和标准偏差。新鲜度为(84.9±5.5)分, 变幅为 75.0~99.0 分, 新鲜稻谷(≥85 分)占样品数量的 53%, 次新鲜稻谷约占样品数量的 47%, 根据 LS/T 6118—2017 中稻谷新鲜程度判定表, 对于新收获的稻谷, 新鲜度检测结果整体偏低, 可能与收获后采取快速降水的晾晒方式和存放方式有关。食味值为(77.8±2.8)分, 80 分以上占 48%, 最高 83 分的样品品种为辽星、吉宏 6 和小粒香。出糙率在一等(≥81%)范围内为 138 份样品, 占 84%。整精米率平均值为 70.0%, 标准偏差为 4.1, 均值远高于国家标准一等水平, 整精米率在粳稻一等 61%以上的占 97%。垩白度均值为 5.4%, 在 GB/T 17891—2017 标准 2 等(4.0%)和 3 等(6.0%)中间, 变幅比较大为 0.5%~18.7%。稻谷水分均值为 14.2%, 整体小于大米水分均值。

表 1　各指标描述统计
Table 1　Descriptive statistics of various indicators

检测指标	平均值	标准偏差	最大值	最小值
新鲜度/分	84.9	5.5	99.0	75.0
食味值/分	77.8	2.8	83.0	69.0
垩白度/%	5.4	3.6	18.7	0.5
垩白粒率/%	3.2	3.1	22.4	0.0
出糙率/%	82.0	1.4	85.4	74.5
整精米率/%	70.0	4.1	82.3	51.2
杂质/%	0.4	0.3	2.0	0.1
稻谷水分/%	14.2	1.6	18.8	10.4
大米水分/%	15.2	0.9	17.8	13.0
直链淀粉含量(干基)/%	16.9	1.5	20.5	8.3
蛋白质含量(干基)/%	8.4	0.6	10.3	7.0

2.2　粳稻谷新鲜度与质量品质指标之间的相关性分析

2.2.1　新鲜度与水分含量的相关性关系

如表 2 所示, 新鲜度只与稻谷水分和大米水分在 0.01 水平呈弱相关, 相关系数分别为–0.328 和–0.373。结果表明水分越高, 新鲜度越低, 可能与水分高的稻谷氧化水解代谢活跃有关。与现有研究稻谷水分越高, 其品质越易降低[24]相同。有研究[25]对不同水分的盐丰 47 储藏 270 d, 研究表明随着储藏时间的延长, 稻谷新鲜度呈现极显著下降趋势(P<0.01), 原因是自身的代谢活动及生理生化活动不断发生, 使得稻谷发生缓慢陈化。在同一储藏条件下, 稻谷新鲜度随水分含量的增加而降低, 储藏温度越高, 新鲜度下降幅度越大, 这是因为随着水分含量的增加和温度的升高, 稻谷颗粒内各种酶活性增强, 进而代谢加强, 促进稻谷的陈化。与本研究结果相似, 并分析了产生的原因。较低水分的籼粳杂交稻谷比粳型稻谷更耐储藏。从稻谷品种看, 籼粳杂交稻谷比粳稻谷更耐储藏[26]。可以推测较低水分的稻谷新鲜度下降更缓。

2.2.2　新鲜度与食味值的相关性关系

从表 2 看新鲜度和食味值并没有相关性。有研究储藏 5 年期间, 辽星品种的大米蒸煮米饭品尝评分, 结果表明不同储藏时间差距显著, 新米蒸煮食用感官品尝评分高, 陈米品尝评分低[27]。而食味值是品尝评分值的快速检测方法, 品尝评分随储藏时间延长而下降, 食味值又与稻谷品种尤其是直链淀粉含量等因素有关, 可见新鲜度在没有储藏因素衡量下并不能表征稻谷品尝评分值, 表明新鲜稻谷并不是新鲜度值越高品尝评分越高。在粳稻谷储藏 5 年的研究中表明脂肪酸值对新鲜度敏感度最大, 丙二醛含量次之[28]。因为储藏过程中脂肪酸值的降低与稻谷品尝评分具有相关性, 所以推测新鲜度与食味值只会随储藏年度的增加呈现出一定的负相关性。

2.2.3　新鲜度与垩白的相关性关系

新鲜度与垩白结果并无相关性, 可能与新鲜度检测方法有关, 新鲜度是称取(2.0±0.1) g 大米样品, 挑选的整精米一般不含有垩白粒, 所以新鲜度只能判定整体样品, 从检测方法上与垩白度大小并无联系, 基于此可进一步挑选垩白样品做进一步研究。

2.3　粳稻谷不同品种指标表现

由表 3 可知, 样品主要品种有盐丰、辽星、盘育和稻花香等, 主要采集地市如表 3, 其中新鲜度最高的品种为盐丰, 为 90.0 分, 锦稻仅为 80.0 分。食味值除中科发 5 为 80.0 分外, 其余都低于 80 分, 锦稻最低, 仅为 75.0 分。稻谷品种因素对品尝评分值的影响非常大[29]。但锦稻出糙率为 83.2%, 在所选品种中最高, 且整精米率也较高, 为 71.5%。垩白度最高的为稻花香, 为 9.9%, 其次为盘育、锦稻和盐丰, 分别为 7.1%、6.4%和 6.0%。整精米率中稻花香和中科发 5 都较低(60.8%~66.6%), 因为这两个品种都为长粒, 在相同碾米

机碾磨时间下更易碎。相比稻花香，虽然中科发 5 号米粒更长，但垩白较少，这可能是整精米率高于稻花香的原因。

2.4 同一稻谷品种在不同地区指标结果

如表 4 所示，为便于对比选择了中科发 5 号和小粒香这两个品种，因为既有相同地域也有不同地域种植。在新鲜度上，中科发 5 号在盘锦两个村镇相差 8 分，分别为 86.0 分和 94.0 分。小粒香在抚顺和本溪食味值差异达 9 分(83 分和 74 分)，已经超出了实验的重复性范围，说明确实存在差异性。在食味值、垩白度、出糙率和整精米率上，小粒香在本溪的样品整体质量明显低于在抚顺的两个样品。由此可见，同一品种在不同地区指标表现不同，甚至相差很大。

表 2 粳稻谷各指标的相关性

Table 2 Correlation of various indicators of *Oryza sativa subsp. indica* Kato

指标	新鲜度/分	食味值/分	垩白度/%	垩白粒率/%	出糙率/%	整精米率/%	杂质/%	稻谷水分/%	大米水分/%	直链淀粉(干基)/%	蛋白质(干基)/%
新鲜度	1.000										
食味值	0.010	1.000									
垩白度	0.068	–0.120	1.000								
垩白粒率	0.055	–0.080	0.823**	1.000							
出糙率	0.021	–0.039	–0.171*	–0.195*	1.000						
整精米率	–0.062	0.001	–0.533**	–0.416**	0.459**	1.000					
杂质	–0.021	–0.080	00.102	00.133	–0.157*	–0.281**	1.000				
稻谷水分	–0.328**	0.006	–0.092	–0.147	0.022	0.097	0.016	1.000			
大米水分	–0.373**	0.078	–0.001	–0.050	0.002	0.030	0.041	0.939**	1.000		
直链淀粉(干基)	–0.033	0.347**	–0.411**	–0.396**	0.237**	0.291**	–0.251**	0.212**	0.162*	1.000	1.000
蛋白质(干基)	0.142	–0.602**	0.382**	0.217**	–0.025	–0.231*	0.006	–0.015	–0.022	–0.640**	1.000

注: **为相关性在 0.01 水平上显著(双尾), *为相关性在 0.05 水平上显著(双尾)。

表 3 主要品种采集地和检测结果

Table 3 Main variety collection sites and test results

品种	样品个数	主要采集地市	新鲜度/分	食味值/分	垩白度/%	出糙率/%	整精米率/%	原粮水分/%
盐丰	30	鞍山、锦州、营口	90.0±4.2	77.0±1.3	6.0±1.8	82.5±0.9	71.3±2.1	13.8±1.1
辽星	25	沈阳、辽阳、铁岭	83.0±3.7	78.0±1.6	3.5±1.5	81.7±0.8	71.7±1.1	14.9±0.6
盘育	12	鞍山、营口	86.0±3.9	78.0±2.6	7.1±0.8	81.5±1.3	70.1±0.8	13.7±0.8
稻花香	10	本溪	82.0±2.7	78.0±2.0	9.9±0.5	80.2±1.0	60.8±0.6	13.9±0.5
锦稻	6	盘锦	80.0±2.0	75.0±1.5	6.4±0.9	83.2±0.7	71.5±0.6	16.0±0.5
中科发 5	5	盘锦、丹东、营口、铁岭	86.0±2.5	80.0±1.5	4.3±0.7	81.9±0.6	66.6±0.4	14.2±0.5

表 4 两个品种稻谷在不同地区指标表现

Table 4 Performance indicators of 2 varieties of rice in different regions

品种	所属地市	采集地点(县、乡、村)	新鲜度/分	食味值/分	垩白度/%	垩白粒率/%	出糙率/%	整精米率/%	杂质/%	稻谷水分/%
中科发 5 号	丹东市	东港市孤山镇刘屯村	78.0	80.0	3.6	2.9	82.4	70.9	0.8	13.4
	大石桥	水源镇赏军村	78.0	81.0	5.4	1.0	82.1	61.3	0.5	15.1
	盘锦市	大洼区田庄台镇白家村	86.0	80.0	2.0	1.3	82.4	68.8	0.1	14.6
	盘锦市	盘山县陈家镇	94.0	79.0	5.8	3.9	81.1	65.1	0.4	15.9
	铁岭市	西丰县凉泉镇泉北村	96.0	81.0	4.6	2.5	81.6	67.0	0.2	12.1
小粒香	抚顺市	新宾满族自治县红升乡白棋村	93.0	81.0	4.7	3.3	83.4	73.8	0.4	11.8
	抚顺市	新宾满族自治县永陵镇红旗村	86.0	83.0	3.5	3.6	83.1	74.0	0.4	13.0
	本溪市	本溪县高管镇偏岭村	77.0	74.0	0.5	0.0	81.8	70.9	0.3	15.0

3　结论与讨论

新鲜度与水分含量存在显著相关性, 粳稻谷新鲜度仅与稻谷水分(r=–0.328)和大米水分(r=–0.373)在 0.01 水平呈显著负相关(P<0.01), 表明水分含量是影响新鲜度的关键因素。这与稻谷高水分状态下氧化水解代谢增强的机制一致, 验证了水分控制对保持储藏品质的重要性; 品种间的品质指标差异, 盐丰品种表现出最优的新鲜度(90.0 分), 中科发 5 号食味值最高(80.0 分), 而稻花香的垩白度明显高于其他品种(9.9%)。不同品种在加工适应性上存在明显差异, 如长粒型品种(稻花香、中科发 5)的整精米率普遍较低(60.8%~66.6%), 提示品种选择需结合加工需求。

地域因素对指标的影响, 同一品种在不同地区的表现差异明显, 例如中科发 5 号在盘锦两地的新鲜度相差 8 分(86.0 分和 94.0 分), 因为稻谷陈化的本质是脂质氧化反应, 新鲜度是通过醛酮类物质反应与光学测定原理测定, 即使同一品种, 除受检测中加工精度影响外, 还受稻谷生长条件、储藏和不同等级等综合因素影响。小粒香在抚顺市与本溪市的食味值差异达 9 分(83 分和 74 分)。这表明气候、土壤等地域因素对稻谷品质的影响不容忽视。有研究表明[30], 不同品种不同产地稻谷对品质指标的影响顺序为: 垩白度>精米率>出糙率>水分。本研究中虽然保证了样品的均匀性, 但同一品种稻谷并未人为设置垩白度和出糙率等指标的梯度检验, 下一步可以增加样品的垩白粒, 以分析垩白度和出糙率指标高低对品种稻谷的影响。

新鲜度评价体系的局限性, 新鲜度与食味值无直接相关性(r=0.010), 说明现行新鲜度检测方法(LS/T 6118—2017)难以反映食用品质, 需结合脂肪酸值等储藏敏感指标建立更全面的评价体系。建议后续开展长期储藏实验, 动态监测新鲜度与品质指标的变化规律, 并针对不同地域优化品种布局与储藏条件, 为稻谷品质管控提供更精准的科学依据。

参考文献

[1] 周显青, 张玉荣, 周展明, 等. 稻谷新陈度研究(五)—稻谷新陈度指标的筛选与数学模型的建立[J]. 粮食与饲料工业, 2006(7): 1–3.
ZHOU XQ, ZHANG YR, ZHOU ZM, *et al*. Study on rice freshness (part 5)-screening of freshness indicators and establishment of mathematical models [J]. Cereal & Feed Industry, 2006(7): 1–3.

[2] 石恒, 董德良, 兰盛斌, 等. 稻谷新鲜度仪器检测技术的研究进展[J]. 粮食储藏, 2023, 52(6): 41–45.
SHI H, DONG DL, LAN SB, *et al*. Research progress in instrumental detection technologies for rice freshness [J]. Grain Storage, 2023, 52(6): 41–45.

[3] 周显青, 张玉荣, 王锋. 稻谷新鲜度敏感指标筛选及陈化机理的探讨[J]. 粮食与饲料工业, 2007(9): 4–6.
ZHOU XQ, ZHANG YR, WANG F. Screening of sensitive indicators for rice freshness and discussion on aging mechanism [J]. Cereal & Feed Industry, 2007(9): 4–6.

[4] 于素平, 石翠霞, 杨冬平, 等. 稻谷新鲜度快速检测技术研究进展[J]. 粮食科技与经济, 2015, 40(6): 26–28.
YU SP, SHI CX, YANG DP, *et al*. Research progress in rapid detection technologies for rice freshness [J]. Food Science and Technology and Economy, 2015, 40(6): 26–28.

[5] CHEN TF, CHEN CL. Analysing the freshness of intact rice grains by colour determination of peroxidase activity [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 83: 12.

[6] 朱星晔, 韩育梅. 过氧化氢酶的检测方法及其在大米贮藏中的应用[J]. 农产品加工(学刊), 2010(8): 103–105.
ZHU XY, HAN YM. Detection methods of catalase and its application in rice storage [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2010(8): 103–105.

[7] 张晋丽, 张乾翔, 靳丰璐, 等. 不同谷子品种储藏期间褪色特性分析[J]. 山西农业科学, 2022, 50(60): 903–908.
ZHANG JL, ZHANG QX, JIN FL, *et al*. Analysis of discoloration characteristics of different millet varieties during storage [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(60): 903–908.

[8] ZHONG Y, TU Z, LIU C, *et al*. Effect of microwave irradiation on composition, structure and properties of rice (*Oryza sativa* L.) with different milling degrees [J]. Journal of Cereal Science, 2013, 58(2): 228–233.

[9] 林颢, 王卓, 陈全胜, 等. 基于色敏传感器结合光谱技术的大米储藏期鉴别[J]. 农业机械学报, 2019, 50(6): 359–364.
LIN H, WANG Z, CHEN QS, *et al*. Identification of rice storage period based on color-sensitive sensor combined with spectral technology [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(6): 359–364.

[10] 邵小康, 林颢, 王卓, 等. 便捷式智能化大米新鲜度检测系统设计与应用[J]. 食品与机械, 2023, 39(11): 45–52, 104.
SHAO XK, LIN H, WANG Z, *et al*. Design and application of portable intelligent rice freshness detection system [J]. Food & Machinery, 2023, 39(11): 45–52, 104.

[11] HE YF, FAN BJ, SUN L, *et al*. Rapid appearance quality of rice based on machine vision and convolutional neural network research on automatic detection system [J]. Frontiers in Plant Science, 2023, 14: 1190591.

[12] 商林. 基于图像边缘检测的水稻粒型分析研究[J]. 农机化研究, 2019, 41(12): 180–183.
SHANG L. Research on rice grain shape analysis based on image edge detection [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(12): 180–183.

[13] 邵小龙, 张蓝月, 殷灿, 等. 基于低场核磁的稻谷储藏指标快速测定初探[J]. 粮食储藏, 2013, 42(6): 29–32.
SHAO XL, ZHANG LY, YIN C, *et al*. Preliminary study on rapid determination of rice storage indicators based on low-field nuclear magnetic resonance [J]. Grain Storage, 2013, 42(6): 29–32.

[14] 黄冬, 黄晓赞, 滕显发. 新鲜度脂肪酸值与稻谷储存品质的相关性[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(2): 79–82.
HUANG D, HUANG XZ, TENG XF. Correlation between freshness fatty acid value and rice storage quality [J]. Food Science and Technology and

Economy, 2018, 43(2): 79–82.

[15] 陈锡武. 稻谷新陈度检测方法研究进展[J]. 食品安全导刊, 2019(3): 103.
CHEN XW. Research progress on detection methods of rice freshness [J]. China Food Safety Magazine, 2019(3): 103.

[16] 张洁, 刘鹏, 罗云飞. 稻谷新陈检测方法探析[J]. 粮油仓储科技通讯, 2024, 40(1): 57–58.
ZHANG J, LIU P, LUO YF. Analysis of rice freshness detection methods [J]. Science and Technology Communication of Grain and Oil Storage, 2024, 40(1): 57–58.

[17] 刘杨, 张舸, 吕宏伟. 浅谈稻谷质量及新陈的感官鉴定[J]. 农民致富之友, 2021, 26: 227
LIU Y, ZHANG G, LYU HW. Brief discussion on sensory identification of rice quality and freshness [J]. Friends of Farmers Getting Rich, 2021, 26: 227.

[18] 陆元超, 王丽丽, 余宁翔, 等. 稻谷新陈度检测技术研究进展[J]. 中国粮油学报, 2024, 39(5): 207–215.
LU YC, WANG LL, YU NX, *et al*. Research progress in rice freshness detection technologies [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2024, 39(5): 207–215.

[19] 潘晓丽. 籼稻新鲜度快速测定的探讨[J]. 粮油仓储科技通讯, 2012, 28(5): 55–56.
PAN XL. Discussion on the rapid determination of freshness of indica rice [J]. Science and Technology Communication of Grain and Oil Storage, 2024, 28(5): 55–56.

[20] 张玉荣, 张婷婷, 王游游, 等. 加速陈化对稻谷储藏品质和糊化特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2021, 42(3): 85–92.
ZHANG YR, ZHANG TT, WANG YY, *et al*. Effect of accelerated aging on storage qualities and gelatinization characteristics of rice [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2021, 42(3): 85–92.

[21] JIANG H, LIU T, CHEN Q. Dynamic monitoring of fatty acid value in rice storage based on a portable near-infrared spectroscopy system [J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2020, 240: 118620.

[22] 李昕奇, 梁玥, 徐晨, 等. 粮食新鲜度检测技术研究进展[J]. 粮油仓储科技通讯, 2024, 40(6): 36–40, 44.
LI XQ, LIANG Y, XU C, *et al*. Research progress in grain freshness detection technologies [J]. Science and Technology Communication of Grain and Oil Storage, 2024, 40(6): 36–40, 44.

[23] 徐波, 高虹. 稻谷新鲜度测定影响因素分析及优化[J]. 粮食储藏, 2021, 50(4): 46–48.
XU B, GAO H. Analysis and optimization of influencing factors in rice freshness determination [J]. Grain Storage, 2021, 50(4): 46–48.

[24] 蒋伟鑫, 陈银基, 陈霞, 等. 高水分稻谷品质劣变与防控技术研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2014(6): 11–14.
JIANG WX, CHEN YJ, CHEN X, *et al*. Research progress in quality deterioration and prevention technologies of high-moisture rice [J]. Cereal & Feed Industry, 2014(6): 11–14.

[25] 李倩倩, 姜俊伊, 毕文雅, 等. 不同水分“盐丰47”稻谷低温和准低温储粮品质变化规律研究[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(5): 9–16.
LI QQ, JIANG JY, BI WY, *et al*. Quality changes of ‘Yanfeng 47’ rice under low and quasi-low temperature storage with different moisture content [J]. Storage and Process, 2022, 22(5): 9–16.

[26] 应美蓉, 房芳, 杜文凯, 等. 常温储藏对 6 种优质稻谷品质的影响[J]. 粮食科技与经济, 2021, 46(1): 100–103.
YING MR, FANG F, DU WK, *et al*. Effects of ambient temperature storage on quality of 6 kinds of premium rice varieties [J]. Food Science and Technology and Economy, 2021, 46(1): 100–103.

[27] 吕荣文, 秦晓亮, 任晗慈, 等. 不同生产年份大米水浸及蒸煮条件下新陈品质探讨[J]. 粮油仓储科技通讯, 2022, 38(6): 48–51.
LV RW, QIN XL, REN HC, *et al*. Investigation of rice freshness under water-soaking and cooking conditions from different production years [J]. Science and Technology Communication of Grain and Oil Storage, 2022, 38(6): 48–51.

[28] 张玉荣, 周显青, 王锋. 粳稻新鲜度敏感指标的筛选及其验证[J]. 中国粮油学报, 2008(4): 9–13.
ZUANG YR, ZUOU XQ, WANG F. Screening and validation of sensitive indicators for *Oryza sativa subsp. indica* Kato freshness [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008(4): 9–13.

[29] 石翠霞, 张越, 高岩, 等. 不同储藏条件下稻谷新鲜度指标变化规律研究[J]. 粮食储藏, 2018, 47(2): 39–42.
SHI CX, ZHANG Y, GAO Y, *et al*. Variation patterns of rice freshness indicators under different storage conditions [J]. Grain Storage, 2018, 47(2): 39–42.

[30] 陈怡岑, 赵旭, 林琳, 等. 辽宁稻米资源主要品质分析及综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(6): 177–182.
CHEN YC, ZHAO X, LIN L, *et al*. Main quality analysis and comprehensive evaluation of rice resources in Liaoning [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(6): 177–182.

(责任编辑: 冯东慧 蔡世佳)