

广西东兰墨米品质研究

林 卉, 蓝熊静, 胡 蓉, 杨永隆

广西壮族自治区粮油质量检验中心, 广西 南宁

收稿日期: 2026年5月21日; 录用日期: 2026年7月1日; 发布日期: 2026年7月13日

摘 要

东兰墨米因其独特营养价值与稀缺性, 市场溢价显著, 已成为东兰县乡村振兴的核心产业。本文依据NY/T 832-2022《黑米》标准对东兰墨米开展全项指标的检验, 再适当增加蛋白质和脂肪等营养品质项目的测定, 对东兰墨米的整个黑米率、直链淀粉含量、不完善粒含量、矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量、蛋白质、脂肪、水分等7项品质指标进行相关性研究, 结果表明这7个指标存在不同程度的相关性, 东兰墨米的整黑米率偏低、矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量中等、不完善粒极少、直链淀粉含量游离于现行分类阈值之外, 这些品质特征与现行标准存在系统性错位, 提出亟需构建兼顾通用性与地域特性的分级评价体系, 才能凸显东兰墨米独特价值与地域标识性。

关键词

东兰墨米, 黑米, 营养品质, 检测标准

Quality Study of Donglan Black Rice in Guangxi

Hui Lin, Xiongjing Lan, Rong Hu, Yonglong Yang

Guangxi Zhuang Autonomous Region Grain and Oil Quality Inspection Center, Nanning Guangxi

Received: May 21, 2026; accepted: July 1, 2026; published: July 13, 2026

Abstract

Donglan black rice, renowned for its unique nutritional value and scarcity, commands a significant market premium and has become a cornerstone industry in Donglan County's rural revitalization efforts. This study evaluates Donglan black rice across all key indicators in accordance with the NY/T 832-2022 "Black Rice" standard, supplemented with measurements of nutritional quality parameters such as protein and fat content. A correlation analysis was conducted on seven quality indicators: whole black rice rate, amylose content, imperfect grain content, steatogenin-3-O-glucoside content,

protein, fat, and moisture. The results reveal varying degrees of correlation among these indicators. Notably, Donglan black rice exhibits a low whole black rice rate, moderate steatogenin-3-O-glucoside content, minimal imperfect grains, and amylose content exceeding current classification thresholds—a systemic discrepancy from existing standards. This underscores the urgent need for a grading evaluation system that balances universal applicability with regional characteristics to fully highlight the distinctive value and regional identity of Donglan black rice.

Keywords

Donglan Black Rice, Black Rice, Nutritional Quality, Testing Standards

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

东兰墨米，壮话叫“候墨”，《本草纲目》赞其“滋阴补肾，健脾暖肝，明目活血”，故有“药米”之称，属医食同源之珍品，古代宫廷把墨米列为首选贡米。已于2016年3月被原农业部授予国家地理标志。

东兰墨米谷粒紫色或褐色，米粒黑色，具有耐阴、耐寒、耐瘠等特点，但结实率中等偏低，约65%左右，单种一般亩产350 kg左右，与杂交稻间种一般亩产150 kg左右[1]。东兰墨米株高140~160 cm，全生育期125~140 d，种植地主要分布在东兰县武篆镇、兰木乡、东兰镇等各乡村，截至2020年，全县水稻种植面积5375 m²，带动全县2.42万户农户种植[2]。东兰墨米年产总量稳定在7500 t左右，每667 m²产量250 kg，平均每年产值达6000万元[3]。

东兰墨米属于有色稻谷中的黑米品种，其黑色外观是由色素在种皮中积累导致的，Oki等[4]研究结果表明黑米色素中的主要物质是花青素，其中矢车菊素-3-O-葡萄糖苷是其主要组成物质，占黑米花青素含量的95%以上[5]。此外，黑米中还含有黄酮类[6]、酚类[7]、萜类[8]等生理活性物质。众多生理活性物质主要沉积在黑米的麸皮层(果皮、糊粉层和胚芽)中[9]，使黑米具有抗氧化[10]、降低血脂[11]降低胆固醇[12]等药用功能。

东兰墨米因其独特营养价值与稀缺性，市场溢价显著，已成为东兰县乡村振兴的核心产业。但是针对其高附加值特性，还没有专门针对东兰墨米的国家标准，现行有效的黑米类标准只有NY/T 832—2022《黑米》[13]行业标准，本文主要依据该标准对东兰墨米开展全项指标的检验，再适当增加部分营养品质项目的测定，对检验结果进行分析比对，讨论各指标质检的相关性，提出东兰墨米标准化建设的可行性路径与地方标准制修订建议，旨在强化地理标志产品保护效力，提升其在高端功能食品市场的核心竞争力。

2. 材料与方法

2.1. 材料

采集广西2024年度收获东兰墨米22份，其中早稻品种7个，晚稻品种15个，产地覆盖东兰县武篆乡那烈村、巴学村、中和村、林乐村、上圩村5个行政村。

2.2. 仪器与设备

超高效液相色谱仪(Agilent 1260): 美国安捷伦;

万分之一电子天平(AB204-S/A): 瑞士梅特勒-托利多;
百分之一电子天平(SQP Quintix2102-1CN): 德国赛多利斯;
台式高速离心机(Primo R): 美国赛默飞世尔;
紫外可见分光光度计(TU-1810): 北京普析通用仪器公司;
精密烘箱(OMS100): 美国赛默飞世尔科技有限公司;
脂肪分析仪(SOX 606): 济南海能;
实验茱谷机(THU35C): 佐竹机械(苏州)有限公司;
试磨机(TM05): 佐竹机械(苏州)有限公司;
锤式旋风磨(BLH-560K): 浙江伯利恒;
全自动凯氏定氮仪(Kjeltec 8400): 丹麦福斯分析仪器公司。

2.3. 试验方法

1. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量的检验按 NY/T 3164-2017 [14]的规定执行。
2. 整黑米率的检验按 NY/T 832-2022 附录 A 规定的方法执行。
3. 不完善粒、杂质含量的检验按 GB/T 5494-2019 [15]的规定执行。
4. 直链淀粉含量的检验按 NY/T 2639-2014 [16]的规定执行,并以精米为样品执行。
5. 异品种率的检验按 NY/T 832-2022 附录 B 规定的方法执行。
6. 水分含量的检验按 GB 5009.3-2016 [17]规定的方法执行。
7. 色泽、气味检验按 GB/T 5492-2008 [18]规定的方法执行。
8. 蛋白质含量的检验按 GB 5009.5-2025 [19]规定的第一法执行。
9. 脂肪含量的检验按 GB 5009.6-2025 [20]规定的第二法执行。

2.4. 试样制备情况

1. 整黑米率、不完善粒、杂质含量、异品种率、色泽、气味、水分含量试样的制备: 稻谷直接使用实验茱谷机脱壳后测定。
2. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量、蛋白质含量、脂肪含量试样的制备: 稻谷用实验茱谷机脱壳后,用旋风磨粉碎至不小于 40 目
3. 直链淀粉含量试样的制备: 稻谷用实验茱谷机脱壳后,使用试磨机碾磨成精碾的加工精度,用旋风磨粉碎至不小于 80 目。

3. 结果与讨论

为了更好地评价东兰墨米的营养品质,对 22 份样品除了参照 NY/T 832-2022《黑米》全项质量指标进行检验外,增加蛋白质和脂肪两个指标的测定,具体检验数值见表 1。

Table 1. Summary of test results
表 1. 检验结果汇总表

样品编号	整黑米率, %	不完善粒含量, %	水分含量, %	矢车菊素-3-O-葡萄糖苷, mg/kg	直链淀粉含量, %	蛋白质, %	杂质含量, %	异品种粒, %	色泽气味	脂肪, %
HM-0001	94.8	0.0	12.2	381.3	1.0	7.3	0.00	0	正常	2.93
HM-0002	65.0	0.0	12.5	1516.1	11.8	8.6	0.00	0	正常	2.58

续表

HM-0003	80.9	0.0	12.8	1280.4	11.7	7.7	0.00	0	正常	2.86
HM-0004	68.5	0.0	12.1	436.5	11.1	7.8	0.00	0	正常	2.73
HM-0005	98.5	0.0	11.5	546.6	1.5	7.7	0.00	0	正常	3.48
HM-0006	87.9	0.0	13.4	1403.1	5.3	9.3	0.00	0	正常	2.73
HM-0007	43.0	0.0	12.4	1527.1	11.5	9.1	0.00	0	正常	2.81
HM-0014	65.3	1.0	12.3	370.9	11.9	8.1	0.00	0	正常	2.1
HM-0015	90.2	1.2	11.4	565.3	0.5	6.9	0.00	0	正常	3.4
HM-0016	91.3	1.0	12.2	756.3	0.5	7.2	0.00	0	正常	2.5
HM-0017	91.9	1.2	11.4	330.3	0.8	8.0	0.00	0	正常	3.3
HM-0018	98.1	1.6	13.8	514.3	0.5	7.3	0.00	0	正常	1.2
HM-0019	92.6	1.3	12.3	375.6	0.7	7.4	0.00	0	正常	2.7
HM-0020	89.5	2.3	11.9	374.7	0.6	8.6	0.00	0	正常	3.5
HM-0021	92.3	2.0	10.9	335.8	0.5	7.3	0.00	0	正常	3.5
HM-0022	90.1	1.7	12.2	294.3	0.5	7.5	0.00	0	正常	2.7
HM-0023	95.3	0.9	10.8	624.6	0.4	9.4	0.00	0	正常	3.3
HM-0024	92.9	1.9	10.8	548.7	1.0	7.5	0.00	0	正常	3.6
HM-0025	93.8	2.9	12.9	417.3	0.5	8.4	0.00	0	正常	3.0
HM-0026	98.3	2.0	11.3	428.5	0.8	8.1	0.00	0	正常	3.6
HM-0027	96.6	1.0	11.6	329.8	0.7	8.2	0.00	0	正常	3.4
HM-0028	90.3	1.4	12.4	454.9	0.8	6.9	0.00	0	正常	2.7

3.1. 各营养品质指标之间的相关性研究

剔除上述未检出的两个指标杂质和异品种率，分析蛋白质、脂肪、整黑米率、不完善粒含量、直链淀粉含量、水分含量及矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量之间的内在关联，其相关性分析结果如图 1 所示。

3.1.1. 整黑米率与直链淀粉含量的相关性分析

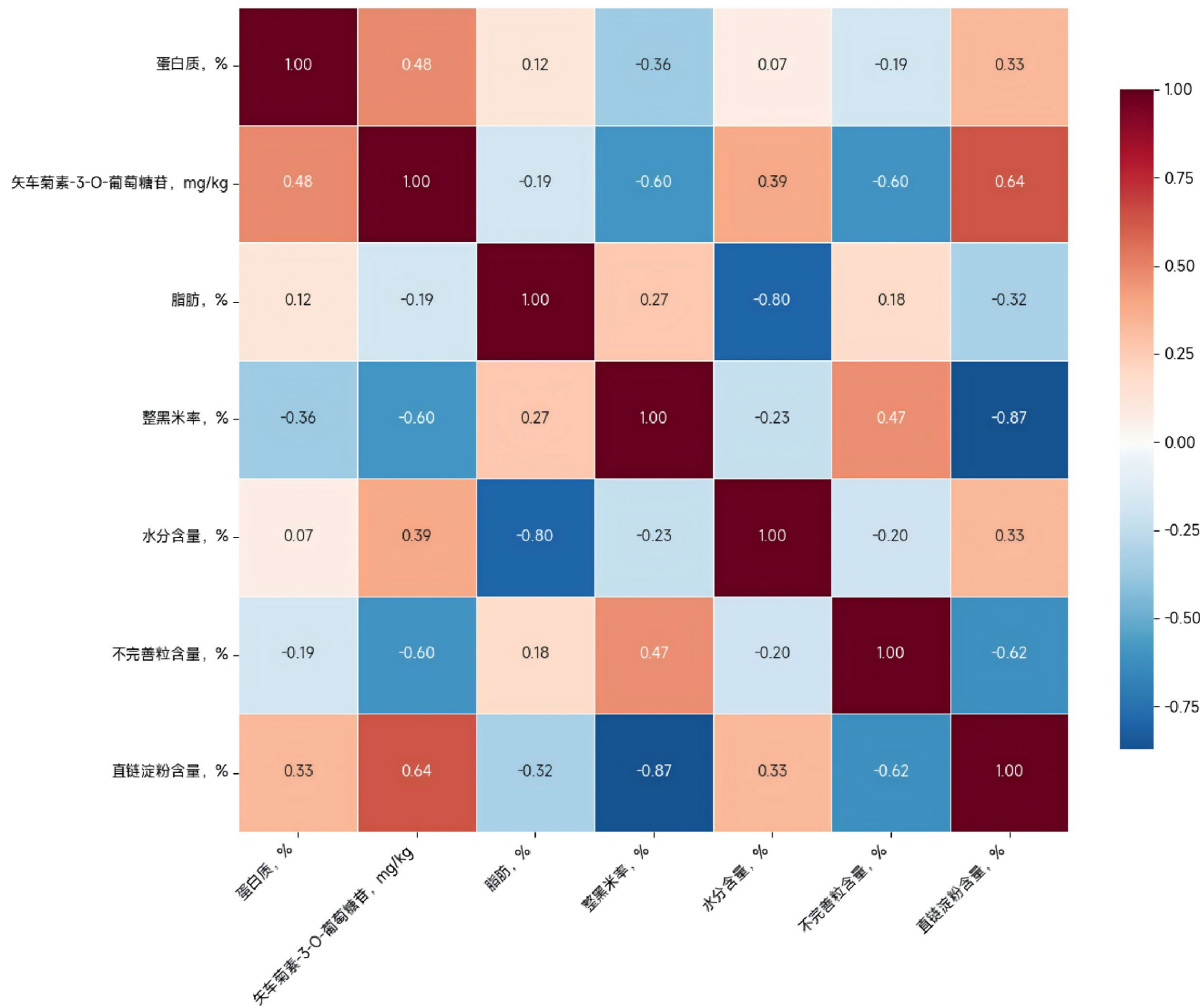
整黑米率与直链淀粉含量呈最强负相关($r=-0.873$)， P 值 <0.001 ，由图 2 可以看出，数据点非常紧密地贴合在回归直线附近，呈现出陡峭的左上至右下的下降趋势。这种关系主要由品种遗传特性决定，高整黑米率区域(90%~100%)中，直链淀粉含量集中在 0.36%~1.51%，属于糯型黑米；而低整黑米率区域(40%~90%)；直链淀粉含量分散在 5.25%~11.93%，属于高直链淀粉型。

以上结果表明整黑米率与直链淀粉含量存在内在联系，针对糯米型品种而言，支链淀粉分支越多、分子越小，淀粉颗粒之间的结合力越强，米粒结构越紧密，抗破碎能力越强，加工时不易破碎，因此整黑米率高。

3.1.2. 水分含量与脂肪含量相关性分析

水分含量与脂肪含量呈现极强的负相关($r=-0.802$)， P 值 <0.001 ，由图 3 可以看出，数据点紧密分布在回归直线两侧，呈现出清晰的左上至右下的下降趋势。这种极强的负相关关系反映了东兰墨米籽粒的物质积累与代谢规律，在干物质积累时，脂肪作为重要的储能物质，通常在种子成熟干燥过程中积累。

水分含量的降低往往伴随着种子成熟度的提高和干物质的积累。



注：红色表示正相关，蓝色表示负相关；颜色越深，相关性越强；颜色越浅，相关性越弱；每个单元格显示 Pearson 相关系数值。

Figure 1. Heat map showing the correlations among the seven quality indicators of Donglan black rice
图 1. 东兰墨米 7 个品质指标相关性热力图

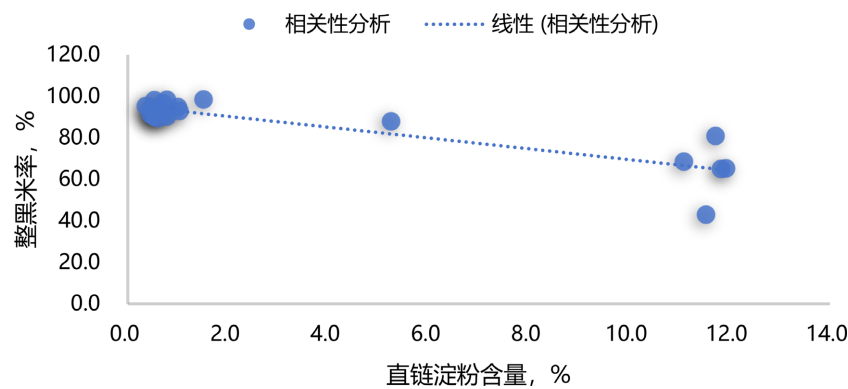


Figure 2. Correlation analysis between total black rice content and amylose content
图 2. 整黑米率与直链淀粉含量相关性分析图

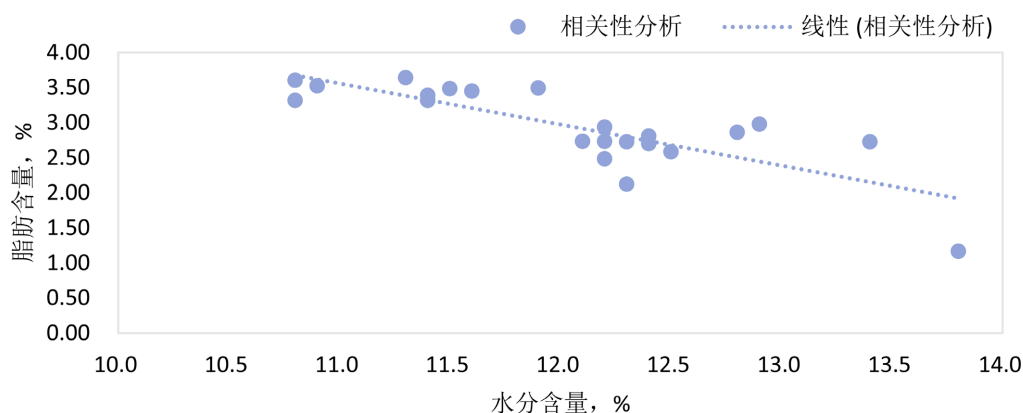


Figure 3. Correlation analysis between fat content and water content

图 3. 脂肪含量与水分含量相关性分析图

3.1.3. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量与直链淀粉含量的相关性分析

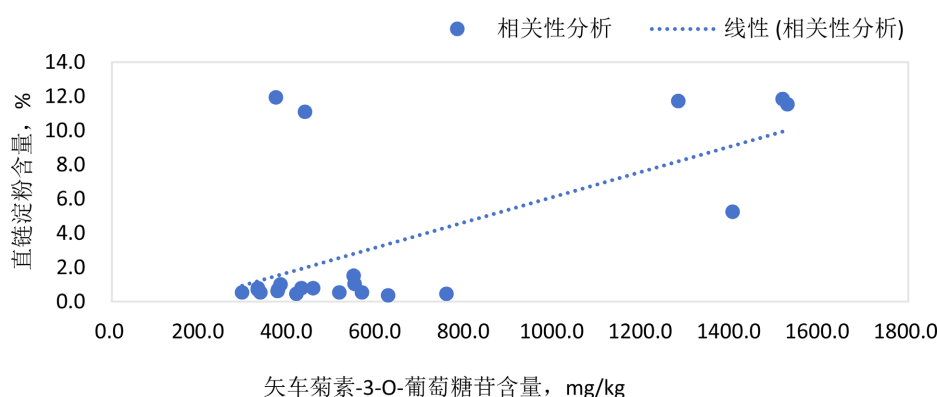


Figure 4. Correlation analysis between cerucrine-3-O-glucoside and amylose content

图 4. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷与直链淀粉含量相关性分析图

矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量与直链淀粉含量呈现中等强度的正相关($r=0.639$), P 值 = 0.0014 (<0.01), 由图 4 可以看出, 虽然部分数据点围绕回归直线有一定的离散度, 但整体趋势清晰。说明在黑米资源中, 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量作为一种重要的花青素类抗氧化物质, 其合成与淀粉积累可能存在协同调控机制。

3.1.4. 不完善粒含量与直链淀粉含量相关性分析

不完善粒含量与直链淀粉含量相呈现中等强度的负相关($r=-0.618$), P 值 = 0.0022 (<0.01), 由图 5 可以看出, 直链淀粉含量较高的黑米样品, 其不完善粒含量倾向于较低。这说明在黑米品质评价中, 外观上的不完善粒指标与内部的淀粉结构特性存在一定的关联。黑米的不完善粒通常指未熟粒、虫蚀粒、生霉粒或病斑粒等外观缺陷, 其形成往往与灌浆不充分或病虫害侵染有关; 而直链淀粉含量的高低多与品种有关, 直链淀粉含量高的品种通常具有更优的光合效率和养分转运能力, 籽粒灌浆更充分, 胚乳细胞发育更完整, 从而减少了因发育不良导致的不完善粒。

3.1.5. 不完善粒含量与矢车菊素-3-O-葡萄糖苷相关性分析

不完善粒含量与矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量呈现中等强度的负相关($r=-0.6026$), P 值 = 0.0030 (<0.01), 由图 6 可以看出, 在高不完善粒含量区间($>1.5\%$)中, 随着不完善粒含量增加, 数据点明显向下

方聚集, 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量普遍较低(多在 600 mg/kg 以下)。这表明高不完善粒的样品往往伴随着较低的营养品质。因为不完善粒通常意味着籽粒灌浆不充分或生长受阻, 而矢车菊素-3-O-葡萄糖苷作为次生代谢产物, 主要积累在种皮中。如果籽粒发育不良, 可能导致种皮色素合成受阻, 从而含量降低。

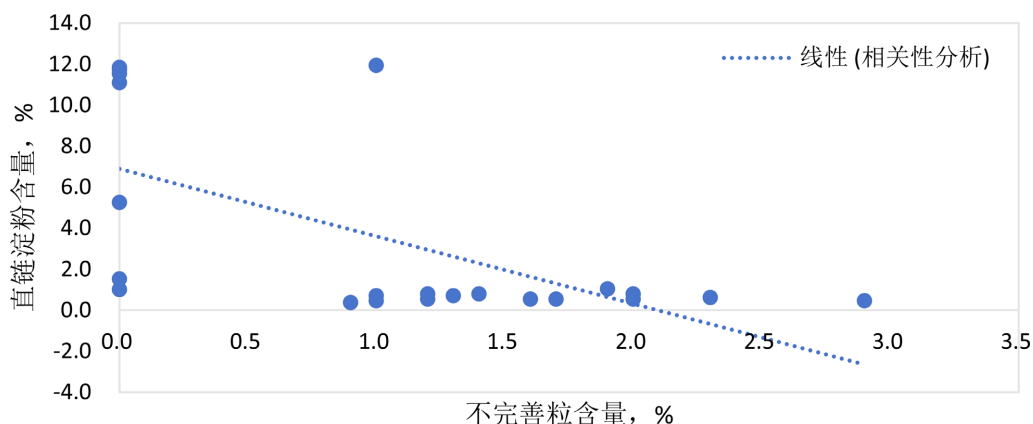


Figure 5. Correlation analysis between amylose content and imperfect grain content

图 5. 直链淀粉含量与不完善粒含量相关性分析图

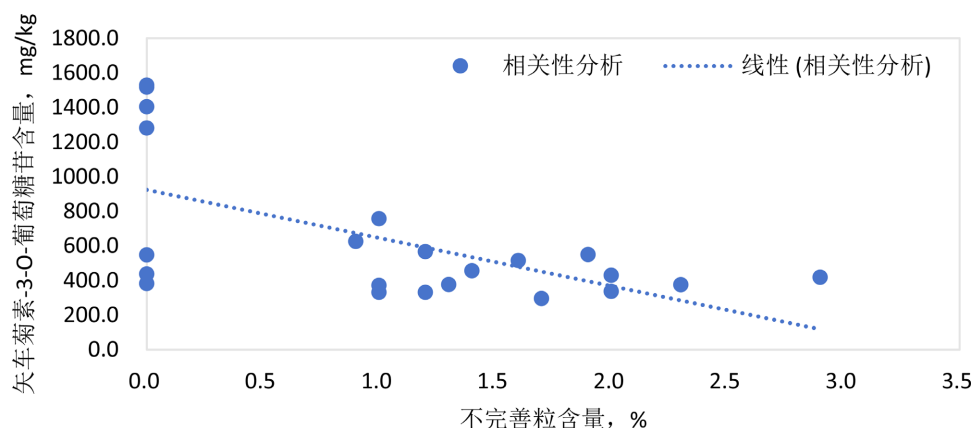


Figure 6. Correlation analysis between the content of cerucrine-3-O-glucoside and the content of imperfect grains

图 6. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量与不完善粒含量相关性分析图

3.1.6. 整黑米率与矢车菊素-3-O-葡萄糖苷的相关性分析

整黑米率与矢车菊素-3-O-葡萄糖苷呈现中等强度的负相关($r = -0.595$), P 值 = 0.0035 (<0.01), 由图 7 可以看出, 整黑米率高的样品, 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量倾向于较低。这可能是因为高花青素主要集中在种皮或糊粉层, 高积累往往伴随着种皮结构的改变或米粒脆性的增加, 从而改变种皮的机械特性, 加工时容易破碎。

3.1.7. 不完善粒含量与整黑米率的相关性分析

不完善粒含量与整黑米率呈现中等强度的正相关($r = 0.4718$), P 值 = 0.0266 (<0.05), 由图 8 可以看出, 在低不完善粒区间(0%), 样品的整黑米率分布非常离散; 而在高不完善粒区间(>1%)时, 随着不完善粒含量的增加, 数据点明显向右上方移动, 整黑米率普遍较高。然而, 散点图右侧显示的部分高不完善粒样品, 其整黑米率反而很高。这可能说明东兰墨米的样本特殊性, 虽然外观上有瑕疵(不完善粒高), 但其胚乳结构依然紧密, 因此在加工过程中不易破碎, 保持了较高的整米率。

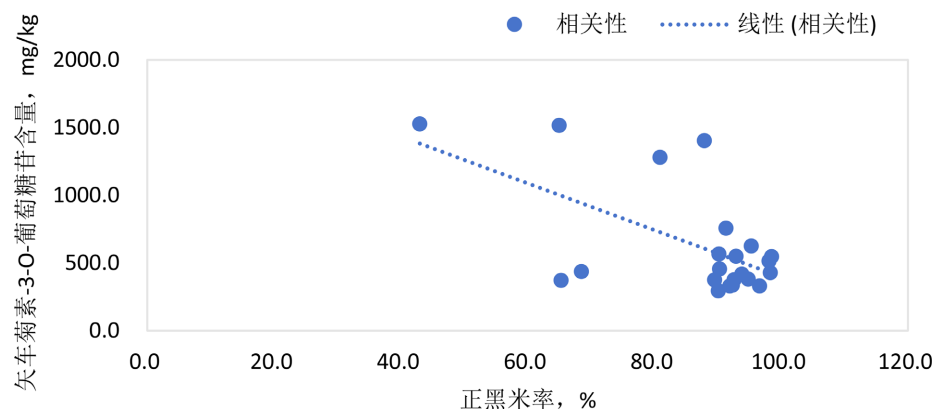


Figure 7. Correlation analysis between the content of cerucrine-3-O-glucoside and the proportion of whole black rice
图 7. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量与整黑米率相关性分析图

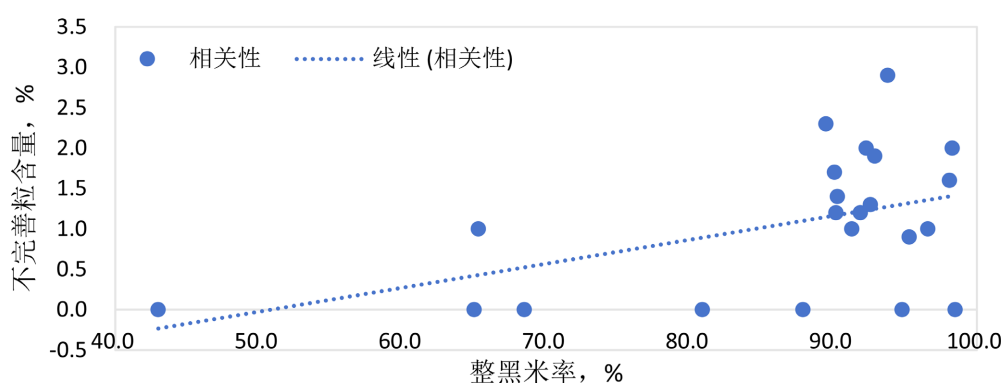


Figure 8. Correlation analysis between imperfect grain content and whole black rice rate
图 8. 不完善粒含量与整黑米率相关性分析图

3.1.8. 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量与蛋白质含量相关性分析

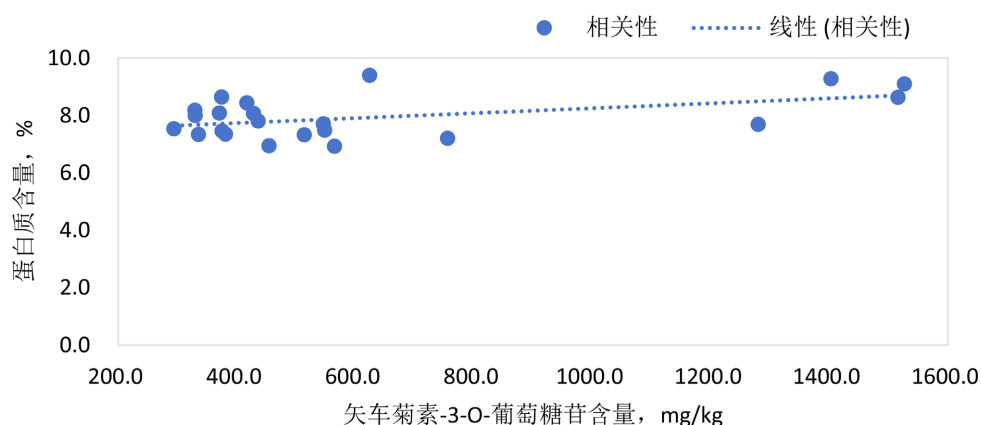


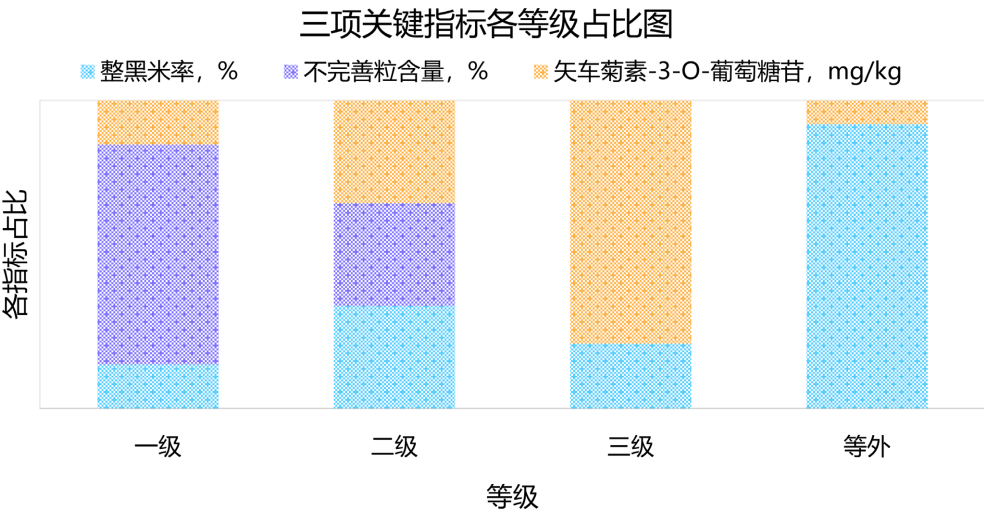
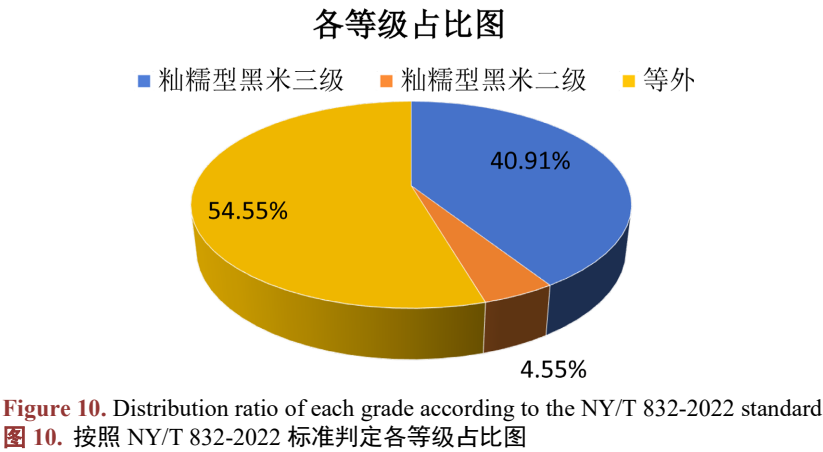
Figure 9. Correlation analysis between protein content and kaempferidin-3-O-glucoside
图 9. 蛋白质含量与矢车菊素-3-O-葡萄糖苷相关性分析图

矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量与蛋白质含量呈现中等强度的正相关($r = 0.482$), P 值 = 0.0230 (<0.05), 由图 9 可以看出, 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量较低区间(<600 mg/kg)中, 样品的蛋白质含量分布较广, 大多集中在 7.0%~8.0%之间, 整体水平中等; 而高矢车菊素-3-O-葡萄糖苷区间(>1000 mg/kg), 样品的蛋白

质含量明显向右上方偏移, 普遍高于 8.0%, 甚至达到 9.0%以上。这表明高色素含量的黑米往往伴随着较高的蛋白质水平。高花青素类型黑米水稻品种的皮层厚度比低花青素类型[21], 这一正相关关系揭示了黑米营养品质之间可能存在协同效应。

3.2. 东兰黑米的标准判定分析

应用 NY/T 832-2022 《黑米》对 22 份东兰黑米进行等级判定, 各等级占比情况结果如图 10 所示。



由图 10 可以看出, 若按照 NY/T 832-2022 标准进行东兰墨米的检验结果进行判定, 只有 1 份样品达到籼糯型黑米二级的标准, 9 份样品达到籼糯型黑米三级的标准, 甚至 54.55%的样品连等内品的质量要求都达不到。说明按照该标准进行检验判定, 并不能凸显东兰墨米独特价值与地域标识性, 甚至对消费者而言, 还会对其产品质量产生质疑。

进而分析影响黑米定等的三个重要指标整黑米率、不完善粒含量和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量, 结果如图 11 所示。结果显示整黑米率的等外品率最高, 整黑米率偏低主要源于加工环节的机械损伤与分选精度不足, 这可能是由于样本是在实验室加工完成, 跟黑米实际加工工艺存在一定的差异, 没有经过筛选碎米的环节。

对于矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量而言, 68.8%的样品在黑米三级的含量水平, 说明对于东兰墨米的矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量不高, 只有中低的浓度水平, 这与东兰墨米品种特性、种植海拔等原因密切相关。对于不完善粒含量而言, 90.9%的样品处于黑米一级水平, 说明东兰墨米种植期间田间管理好、品种质量优。

还需要特别关注的一个指标是直链淀粉含量, 编号为 HM-0006 的直链淀粉含量为 5.3%, 既不符合糯型黑米的判定要求, 也不符合粳型黑米的判定要求, 这提示我们东兰墨米在品种纯度与类型界定上存在差异: 其表型趋近糯性, 但其直链淀粉含量已游离于现行分类阈值之外, 折射出地方特色种质资源与工业化分级体系之间的深层矛盾: 东兰墨米作为地理标志产品, 其独特性不仅在于地理风土的馈赠, 更在于千百年来农人与土地之间形成的共生智慧——这种智慧无法被直链淀粉的百分比所框定, 亦难以被工业分级的刻度所丈量。

4. 总结

从上述实验数据可以看出, 东兰墨米具有独特的品质特性, 这些品质特性之间也有着内在关联性: 如高矢车菊素含量矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量往往伴随较高的直链淀粉水平, 整黑米率与直链淀粉含量呈显著负相关, 这暗示东兰墨米在育种与加工协同优化中存在潜在平衡点; 而直链淀粉含量与不完善粒率则呈现弱负相关, 表明品种稳定性与田间管理质量共同支撑着东兰墨米的品质基底。

东兰墨米的整黑米率偏低、矢车菊素含量中等、不完善粒极少、直链淀粉含量游离于现行分类阈值之外, 这些品质特征与现行标准存在系统性错位: 其直链淀粉含量介于糯型与粳型之间, 整黑米率受加工工艺制约显著, 而矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量则呈现地域性中低水平分布; 不完善粒控制优异却难掩分级标准与实际品质的脱节。因此, 亟需构建适配东兰墨米种质特性的分级新体系, 该体系应以“地理标志—种质特性—加工适配”三维逻辑为内核, 兼顾其糯性表型与中低直链淀粉的客观现实, 并增加加工品质项目的容限。

5. 展望

未来, 东兰墨米的分级标准修订应立足于品种本真性与产业适配性双重维度, 以多组学数据解析其花青素合成通路与淀粉结构形成的分子机制, 从而在科学维度上解码东兰墨米“糯而不黏、香而不腻、色而不艳”的品质密码, 最终让标准成为风土智慧与现代科学共振的刻度, 而非削足适履的枷锁。唯有如此, 东兰墨米方能在标准化浪潮中守住其作为活态农业遗产的灵魂。

参考文献

- [1] 陆建康. 东兰县墨米产业发展存在问题及对策[J]. 大科技, 2019(40): 207-208.
- [2] 东兰县统计局. 东兰县农户耕地利用率情况简析[EB/OL]. 2021-02-05. <http://www.donglan.gov.cn/sjfb/sjfx/t7873110.shtml>, 2023-07-19.
- [3] 刘廷智. 东兰近千农户种植墨米脱贫[EB/OL]. 2019-08-28. <https://v.gxnews.com.cn/a/18624095>, 2023-07-19.
- [4] Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I., *et al.* (2002) Polymeric Procyanidins as Radical-Scavenging Components in Red-Hulled Rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 7524-7529. <https://doi.org/10.1021/jf025841z>
- [5] 王艳龙, 陈进, 韩豪, 等. 黑米花青苷药理学作用研究进展[J]. 大麦与谷类科学, 2016, 33(3): 5-8.
- [6] Ziegler, V., Ferreira, C.D., Hoffmann, J.F., Chaves, F.C., Vanier, N.L., de Oliveira, M., *et al.* (2018) Cooking Quality Properties and Free and Bound Phenolics Content of Brown, Black, and Red Rice Grains Stored at Different Temperatures for Six Months. *Food Chemistry*, **242**, 427-434. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.077>
- [7] Ding, C., Liu, Q., Li, P., Pei, Y., Tao, T., Wang, Y., *et al.* (2019) Distribution and Quantitative Analysis of Phenolic Compounds in Fractions of Japonica and Indica Rice. *Food Chemistry*, **274**, 384-391.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.011>
- [8] Kim, T.J., Kim, S.Y., Park, Y.J., Lim, S., Ha, S., Park, S.U., *et al.* (2021) Metabolite Profiling Reveals Distinct Modulation of Complex Metabolic Networks in Non-Pigmented, Black, and Red Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars. *Metabolites*, **11**, Article 367. <https://doi.org/10.3390/metabo11060367>
- [9] Dipti, S.S., Bergman, C., Indrasari, S.D., Herath, T., Hall, R., Lee, H., *et al.* (2012) The Potential of Rice to Offer Solutions for Malnutrition and Chronic Diseases. *Rice*, **5**, Article No. 16. <https://doi.org/10.1186/1939-8433-5-16>
- [10] Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. and Bao, J. (2009) Total Phenolics, Flavonoids, Antioxidant Capacity in Rice Grain and Their Relations to Grain Color, Size and Weight. *Journal of Cereal Science*, **49**, 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.010>
- [11] Wang, H., Liu, D., Ji, Y., Liu, Y., Xu, L. and Guo, Y. (2020) Dietary Supplementation of Black Rice Anthocyanin Extract Regulates Cholesterol Metabolism and Improves Gut Microbiota Dysbiosis in C57BL/6J Mice Fed a High-Fat and Cholesterol Diet. *Molecular Nutrition & Food Research*, **64**, Article 1900876. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900876>
- [12] Kopeć, A., Zawistowski, J. and Kitts, D.D. (2020) Benefits of Anthocyanin-Rich Black Rice Fraction and Wood Sterols to Control Plasma and Tissue Lipid Concentrations in Wistar Kyoto Rats Fed an Atherogenic Diet. *Molecules*, **25**, Article 5363. <https://doi.org/10.3390/molecules25225363>
- [13] 农业农村部种植业管理司. 黑米: NY/T 832-2022 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
- [14] 农业部种植业管理司. 黑米花色苷的测定 高效液相色谱法: NY/T 3164-2017 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- [15] 全国粮油标准化技术委员会(SAC/TC 270). 粮油检验 粮食、油料的杂质、不完善粒检验: GB/T 5494-2019 [S]. 北京: 质检出版社, 2019.
- [16] 中华人民共和国农业部. 稻米直链淀粉的测定分光光度法: NY/T 2639-2014 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3-2016 [S]. 北京: 质检出版社, 2016. <https://down.foodmate.net/standard/sort/3/49325.html>
- [18] 全国粮油标准化技术委员会. 粮油检验 粮食、油料的色泽、气味、口味鉴定: GB/T 5492-2008 [S]. 北京: 质检出版社, 1985.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5-2025 [S]. 北京: 质检出版社, 2025. <https://down.foodmate.net/standard/sort/3/162777.html>
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6-2025 [S]. 北京: 质检出版社, 2025.
- [21] 张明月. 不同花青素和直链淀粉含量黑米水稻品种产量与品质的差异[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2024. <https://down.foodmate.net/standard/sort/3/166979.html>