

# 不同类型水稻酒用特性对比及评价指标预测

罗润竹<sup>1,2</sup>, 金佩洋<sup>2</sup>, 黄婷<sup>2</sup>, 陈泯英<sup>2</sup>, 张国林<sup>2</sup>, 李锐<sup>2</sup>, 戴海芳<sup>1,2\*</sup>, 武辉<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>宜宾学院固态发酵资源利用四川省重点实验室, 四川 宜宾

<sup>2</sup>宜宾学院农林与食品工程学部, 四川 宜宾

收稿日期: 2022年4月7日; 录用日期: 2022年5月19日; 发布日期: 2022年5月27日

## 摘要

为探讨不同类型稻米外观品质、加工品质与酿酒专用水稻淀粉特性的关系, 筛选快速鉴定指标, 建立专用品种评价体系, 本研究以17个籼型、10个粳型、11个籼粳型共38个水稻品种为试验材料, 对稻米直链淀粉、支链淀粉和总淀粉含量、加工品质、外观品质共12个指标进行检测分析, 并以直链淀粉含量  $\geq 24\%$  为阈值, 通过相关性分析、主成分分析等统计学方法进行综合评价。结果表明, 籼型稻米的直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉含量、垩白粒率、垩白度间存在显著正相关, 与整精米率间存在显著负相关; 通过主成分分析, 进一步筛选得到支链淀粉、总淀粉含量、垩白粒率、垩白度、整精米率、透明度共6个酒用籼型稻米鉴定指标, 并确定各指标阈值为: 直链淀粉含量  $\geq 24.00\%$ , 总淀粉含量  $\geq 81.46\%$ , 支链淀粉含量  $\geq 58.39\%$ , 整精米率  $\leq 81.83\%$ , 垩白粒率  $\geq 72.8\%$ , 垩白度  $\geq 18.91\%$ , 透明度  $\geq 47.98\%$ 。约束粳型和籼粳型稻米支链淀粉含量的指标与籼型稻米存在明显差异, 并依此尝试对上述各鉴定指标阈值进行预测。结果可为不同类型的酿酒专用水稻品种快速筛选和适宜原材料采购评估提供基础, 为专用型水稻品种选育提供理论依据。

## 关键词

酿酒专用水稻, 筛选, 直链淀粉, 主成分分析, 水稻类型

# Comparison of Brewing Characteristics of Different Types of Rice and Prediction of Evaluation Indexes

Runzhu Luo<sup>1,2</sup>, Peiyang Jin<sup>2</sup>, Ting Huang<sup>2</sup>, Minying Chen<sup>2</sup>, Guolin Zhang<sup>2</sup>, Rui Li<sup>2</sup>, Haifang Dai<sup>1,2\*</sup>, Hui Wu<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Solid-State Fermentation Resource Utilization Key Laboratory of Sichuan Province, Yibin University, Yibin Sichuan

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Forestry and Food Engineering, Yibin University, Yibin Sichuan

Received: Apr. 7<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 19<sup>th</sup>, 2022; published: May 27<sup>th</sup>, 2022

\*通讯作者。

文章引用: 罗润竹, 金佩洋, 黄婷, 陈泯英, 张国林, 李锐, 戴海芳, 武辉. 不同类型水稻酒用特性对比及评价指标预测[J]. 食品与营养科学, 2022, 11(2): 167-176. DOI: 10.12677/hjfn.2022.112020

## Abstract

In order to explore the relationship between the appearance quality and processing quality of different types of rice and the starch characteristics of special rice for brewing, screen rapid identification indexes and establish a special variety evaluation system, 17 *indica* rice varieties, 10 *japonica* rice varieties, and 11 *indica/japonica* types were used as experimental materials. A total of 12 indexes of amylose, amylopectin and total starch content, processing quality and appearance quality of rice were detected and analyzed. Taking amylose content  $\geq 24\%$  as the threshold, the correlation analysis and principal component analysis were used for comprehensive evaluation. The results showed that there was a significant positive correlation between amylose content and amylopectin, total starch content, chalky grain rate and chalkiness degree, and a significant negative correlation with head rice rate; through principal component analysis, six identification indexes of wine *indica* rice were further screened, including amylopectin, total starch content, chalky grain rate, chalkiness degree, head rice rate and transparency. The thresholds of each index were determined as follows: amylopectin content  $\geq 24.00\%$ , total starch content  $\geq 81.46\%$ , amylose content  $\geq 58.39\%$ , head rice rate  $\leq 81.83\%$ , chalky grain rate  $\geq 72.8\%$ , Chalkiness  $\geq 18.91\%$ , transparency  $\geq 47.98\%$ . The indexes restricting amylopectin content of *japonica* and *indica/japonica* rice were significantly different from that of *indica* rice, and the thresholds of the above identification indexes were also predicted. The results can provide a basis for rapid screening of different types of rice varieties for brewing and evaluation of suitable raw material procurement, and provide a theoretical basis for the breeding of special rice varieties.

## Keywords

Rice Special for Brewing, Screening, Amylose, Principal Component Analysis, Rice Type

Copyright © 2022 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. 引言

在传统多粮浓香型白酒酿造原料中, 稻米占有较高比重[1], 酿酒产业需求量巨大[2]。酿酒大米的质量差异对酒的品质有着直接的影响[3]。在白酒酿造中, 直链淀粉和支链淀粉的含量、分子量、空间结构及其相互关系是影响稻米食味品质优劣的重要因素[4]。“十三五”期间, 川南地区宜宾市、泸州市及贵州省仁怀市 3 个地区形成“三个千亿元产业集群”, 粮食需求量达到上千万吨, 原料保障将成为金三角地区白酒企业生存和发展的重要基础。五粮液集团的“十三五”战略规划中明确提出打造千亿集团的目标, 要再建 10 万 t 原酒生产基地, 相应的粮食采购规模将扩大一倍[5]。

目前, 稻米品质评价及指标筛选更多集中于稻米外观品质[6] [7]、蒸煮食味品质[8] [9]、加工品质、安全品质、营养品质[10]等方面, 其次为栽培及生态等影响因素[11] [12] [13] [14], 在稻米专用品质方面, 更多集中于饲用、食品加工方面[15]。然而, 优质食用口粮与酿酒所需的专用酒粮在稻米品质要求上存在着不小的差异, 解决如何提高酿酒专用水稻的品质和产量的问题, 直接关系到白酒行业的发展。对于酿酒专用水稻而言, 又该从哪些方面进行筛选? 如何改良?

稻米品质包括碾米品质、外观品质、蒸煮及食用品质、储藏品质等五个方面。决定稻米品质优劣主要是品种、生态环境、栽培管理以及收获干燥、贮藏加工等因素[16]。稻米外观品质、加工品质是最直观、

易得的鉴定指标。国家标准(GB/T 17891-1999) [17]中, 将整精米率与垩白度、直链淀粉含量、食味品质并列为 4 项定级指标[18]。2020 年四川省宜宾市颁布的地方标准 DB5115/T 28-2020 [19]明确提出, 酿酒专用稻谷的直链淀粉含量  $\geq 24\%$ , 总淀粉含量  $\geq 80\%$ , 垩白度  $\geq 8\%$ 。但能否用更简单易测的指标来快速、准确的筛选酿酒专用水稻品种, 尚未见报道。同时, 现有多粮型白酒酿造原料主要以籼稻为主, 粳型和籼粳型是否适用于酿酒, 它们的品质指标需符合什么阈值还未见研究。因此, 本文以不同类型水稻品种为试验材料, 探索稻米外观品质、加工品质、直链淀粉、支链淀粉和淀粉总量之间的规律, 筛选简单、有效的筛选指标, 建立评价体系, 提出籼稻评价指标阈值, 并据此预测粳型和籼粳型评价指标阈值, 以为酿酒专用水稻品种评价筛选体系构建、酿酒专用粮基地品种选择和酿酒原材料采购评估提供依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

本试验共选用我国各个稻区近 10 年来的主推水稻品种共 38 个, 其中籼稻 17 个, 粳稻 10 个, 籼粳杂交稻 11 个, 均由四川省农科院作物所提供, 品种信息见表 1。各品种随机选取稻种 1 kg, 装网袋阴干 3 个月后, 风选去除空秕粒, 去除外壳和种皮, 用于检测相关参数。

Table 1. List of tested varieties

表 1. 参试品种列表

类型	编号	品种名称	母本 × 父本	类型	编号	品种名称	母本 × 父本
籼型	V1	川优 6203	川 106A × 成恢 3203	粳型	V20	沈稻 18	G785 × 沈农 9624
籼型	V2	领优华占	领 A × 华占	粳型	V21	沈稻 47	辽粳 454 × 沈农 8801
籼型	V3	正优 538	正 902A × 天恢 538	粳型	V22	沈农 9903	沈农 89-366/辽粳 454 × 沈农 9741
籼型	V4	川作优 619	川作 6A × 成恢 19	粳型	V23	皖稻 68	武育粳 2 号 × 太湖糯
籼型	V5	德优 4727	德香 074A × 成恢 727	粳型	V24	盐粳 31	未知
籼型	V6	内 6 优 107	内香 6A × 泸恢 107	粳型	V25	盐粳 144	秋田小町/盐粳 48 × 桥科 951
籼型	V7	兆优 5431	兆 A × R5431	粳型	V26	盐粳 1814	未知
籼型	V8	中嘉早 17	中选 181 × 嘉育 253	粳型	V27	盐粳 1813	未知
籼型	V9	德香 4103	德香 074A × 泸恢 H103	籼粳型	V28	甬优 6711	甬粳 67A × F5711
籼型	V10	神 9 优 28	神 9A × Q 恢 28	籼粳型	V29	甬优 7753	甬粳 77A × F6853
籼型	V11	雅 7 优 2117	雅 7A × 雅恢 2117	籼粳型	V30	甬优 4901	甬粳 A49 × F8001
籼型	V12	泸两优晶灵	泸 56S × 晶灵 R	籼粳型	V31	甬优 4911	甬粳 49A/F5711
籼型	V13	荃优 1606	荃 9311A × YR1606	籼粳型	V32	甬优 4949	甬粳 49A × F9249
籼型	V14	川康优 6308	川 606A × 恢 1883	籼粳型	V33	甬优 4953	甬粳 49A × F6853
籼型	V15	美香占 2 号	Lemont/丰澳占//丰澳占	籼粳型	V34	甬优 538	甬粳 3 号 A × F7538
籼型	V16	川种优 607	川种 3A × 中种 R1607	籼粳型	V35	甬优 1540	甬粳 15A × F7540
籼型	V17	泰优 390	泰丰 A × 广恢 390	籼粳型	V36	甬优 5550	甬粳 55A × F9250
粳型	V18	德粳 4 号	苏粳 17 × 沈农 9816	籼粳型	V37	甬优 2640	甬粳 26A × F7540
粳型	V19	沈稻 2 号	辽 947 × 珍优 2 号	籼粳型	V38	春优 84	春江 16A × C84

## 2.2. 测定参数与方法

### 2.2.1. 稻米外观品质检测

各品种随机抽取 4 份样品,通过稻米品质分析系统(TPMZ-A),获取整精米率(%)、粒长(cm)、粒宽(cm)、长宽比、垩白粒率(%)、平均垩白大小、垩白度(%)、透明度(%)等参数。共 4 次重复。

### 2.2.2. 稻米脂肪含量检测

各品种选取稻米 5 g 左右,通过高通量球磨仪(上海净信)研磨成粉,在 40℃烘箱中烘干至恒重后,使用 SZF-06C 脂肪测定仪进行石油醚脱脂,并计算脱脂前后稻米粉干重之差,计算脂肪含量(%)。

### 2.2.3. 稻米淀粉含量检测

淀粉含量的测定使用双波长法,并参照蒋卉[20]的测量方法。各品种随机称取去脂米粉 0.1000 g 左右,检测稻米样品中直链淀粉、支链淀粉含量(%),两者之和即为总淀粉含量(%)。

## 2.3. 数据统计与分析

数据统计分析采用 Microsoft Excel 2016 进行数据整理及制表,并采用 Origin2021 软件进行主成分分析和线性拟合,对指标阈值进行预测。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同类型水稻品种淀粉含量及测试指标表现

不同水稻品种直链、支链、总淀粉含量、脂肪含量及稻米外观、加工品质指标表现见表 2。直链淀粉含量由高到低排序为:籼稻 > 粳稻 > 籼粳杂交稻,其中, V3、V5、V6、V7、V8、V9、V12 共 7 个品种的直链淀粉含量 > 24%,其余两类水稻参试品种均未达到此标准。支链淀粉和总淀粉含量排序为籼粳杂交稻 > 籼稻 > 粳稻。粒型对比发现,粳稻和籼粳杂交稻的粒长、长宽比均小于籼稻,更偏向于椭圆形,籼稻粒长大、粒宽小,呈现长粒形态。垩白表现对比发现,籼稻垩白粒率、垩白度均大幅高于其它类型水稻。总体上,各指标在不同品种间差异较大,变化趋势繁复,难以直观筛选酿酒专用水稻的评价指标。

**Table 2.** Starch content and index performance of different types of rice varieties

**表 2.** 不同类型水稻品种淀粉含量及测试指标表现

编号	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
V1	16.0	59.2	75.2	2.7	82.6	6.4	1.7	3.8	86.5	0.4	4.2	49.8
V2	14.4	70.0	84.4	1.2	85.7	5.8	2.2	2.7	99.5	4.3	50.4	49.4
V3	24.7	63.4	88.1	2.0	93.4	5.8	1.8	3.2	93.3	0.8	8.5	49.8
V4	18.5	42.0	60.5	1.1	92.8	6.6	1.8	3.6	55.6	0.4	2.6	49.3
V5	26.0	65.3	91.3	1.8	52.6	5.0	2.4	2.1	90.9	3.6	42.6	47.0
V6	24.4	65.8	90.3	1.6	70.7	5.1	2.3	2.2	100.0	4.0	47.1	51.0
V7	25.0	65.4	90.4	1.8	86.1	6.2	2.1	3.0	98.1	1.1	12.4	52.4
V8	24.5	63.8	88.2	2.1	88.4	5.6	2.8	2.0	63.2	1.7	12.8	46.5
V9	27.5	53.4	81.0	1.9	71.9	4.8	2.6	1.9	99.6	2.2	25.6	48.4
V10	15.0	66.1	81.0	2.6	92.9	6.0	2.1	2.9	29.1	0.2	0.5	52.3

## Continued

V11	18.4	53.0	71.4	2.6	86.2	6.2	1.7	3.7	78.6	0.5	4.4	49.9
V12	24.6	68.8	93.3	2.1	88.6	6.4	1.8	3.5	98.3	1.7	19.6	50.2
V13	17.2	55.5	72.7	2.2	96.0	6.4	2.3	2.8	97.5	0.8	8.8	50.6
V14	15.9	42.9	58.8	2.3	85.8	6.2	2.0	3.2	93.8	1.0	10.6	48.2
V15	17.1	42.5	59.5	8.1	93.1	6.3	1.9	3.3	0.9	1.0	0.3	15.0
V16	15.7	50.2	65.9	1.8	73.8	6.5	1.8	3.7	93.3	1.2	13.5	49.6
V17	17.2	49.5	66.7	1.7	76.5	5.6	1.8	3.1	69.9	0.4	3.0	51.9
<b>籼稻</b>	<b>20.1</b>	<b>57.5</b>	<b>77.6</b>	<b>2.3</b>	<b>83.4</b>	<b>5.9</b>	<b>2.1</b>	<b>3.0</b>	<b>79.3</b>	<b>1.5</b>	<b>15.7</b>	<b>47.7</b>
V18	19.8	43.7	63.5	1.2	92.9	4.8	2.8	1.7	4.8	1.2	0.6	47.2
V19	21.6	34.3	55.9	2.0	91.5	5.3	2.8	1.9	16.2	2.0	3.8	44.7
V20	18.8	47.1	65.8	1.8	95.9	5.1	2.7	1.9	25.7	1.7	5.1	44.7
V21	19.4	52.1	71.5	1.4	96.3	5.3	2.7	1.9	14.0	1.4	2.5	46.8
V22	18.4	51.6	70.0	1.8	96.9	4.8	2.8	1.7	10.3	1.7	1.7	45.2
V23	18.2	48.0	66.2	1.8	65.6	3.4	2.5	1.3	100.0	6.1	72.2	44.8
V24	17.8	48.8	66.6	1.9	94.1	4.8	2.8	1.8	6.6	0.5	0.4	48.2
V25	16.9	48.9	65.9	2.6	94.6	4.8	2.7	1.7	10.9	2.4	2.9	43.8
V26	17.9	49.2	67.1	2.0	93.3	5.3	2.7	2.0	26.6	2.0	6.4	44.7
V27	17.5	42.8	60.3	2.1	95.3	5.2	2.8	1.9	13.1	1.8	2.8	45.9
<b>粳稻</b>	<b>18.6</b>	<b>46.7</b>	<b>65.3</b>	<b>1.8</b>	<b>91.6</b>	<b>4.9</b>	<b>2.7</b>	<b>1.8</b>	<b>22.8</b>	<b>2.1</b>	<b>9.8</b>	<b>45.6</b>
V28	14.3	69.9	84.2	2.3	76.4	5.0	2.6	2.0	24.4	1.9	5.2	43.6
V29	15.1	67.0	82.1	1.9	95.9	5.2	2.4	2.2	11.1	3.5	5.1	39.5
V30	15.4	65.6	81.0	1.8	94.5	5.1	2.4	2.1	20.8	2.9	7.4	40.3
V31	11.7	68.8	80.6	2.1	96.4	4.9	2.3	2.1	12.1	1.5	2.2	45.0
V32	13.3	63.3	76.6	2.2	85.7	4.8	2.3	2.0	67.9	1.9	15.1	45.3
V33	14.8	62.4	77.2	2.4	95.8	5.1	2.4	2.2	14.3	3.0	5.2	40.3
V34	19.2	53.5	72.8	2.1	96.1	4.5	2.6	1.7	56.0	2.6	17.5	43.1
V35	16.7	61.8	78.5	1.3	82.8	5.0	2.3	2.1	26.3	2.4	7.3	45.7
V36	13.6	72.2	85.7	2.0	59.5	4.2	2.6	1.7	46.6	1.7	9.1	45.7
V37	15.5	66.0	81.5	1.8	55.6	4.1	2.4	1.7	95.7	3.5	41.8	44.4
V38	17.4	57.7	75.1	1.9	96.1	4.7	2.7	1.8	82.2	2.2	20.9	43.8
<b>籼粳杂交稻</b>	<b>15.2</b>	<b>64.4</b>	<b>79.6</b>	<b>2.0</b>	<b>85.0</b>	<b>4.8</b>	<b>2.5</b>	<b>2.0</b>	<b>41.6</b>	<b>2.4</b>	<b>12.4</b>	<b>43.3</b>

注: P1: 直链淀粉含量(%); P2: 支链淀粉含量(%); P3: 总淀粉含量(%); P4: 脂肪含量(%); P5: 整精米率(%); P6: 粒长(cm); P7: 粒宽(cm); P8: 长宽比; P9: 垩白粒率(%); P10: 平均垩白大小; P11: 垩白度(%); P12: 透明度(%). 下同。

### 3.2. 不同类型水稻品种参试指标相关性分析

由图 1 可知, 籼稻品种直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉含量、垩白粒率、垩白度间存在显著正相关, 与整精米率间存在显著负相关, 意味着上述指标与直链淀粉含量的高低具有显著、直接的关系, 有可能成为酿酒专用水稻品种的快速筛选评价指标。与之相比, 粳稻直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉、脂肪含量呈显著负相关性, 籼粳杂交稻直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉、脂肪含量、长宽比呈显著负相关性, 与粒宽、垩白粒率、垩白大小、垩白度存在显著正相关性。

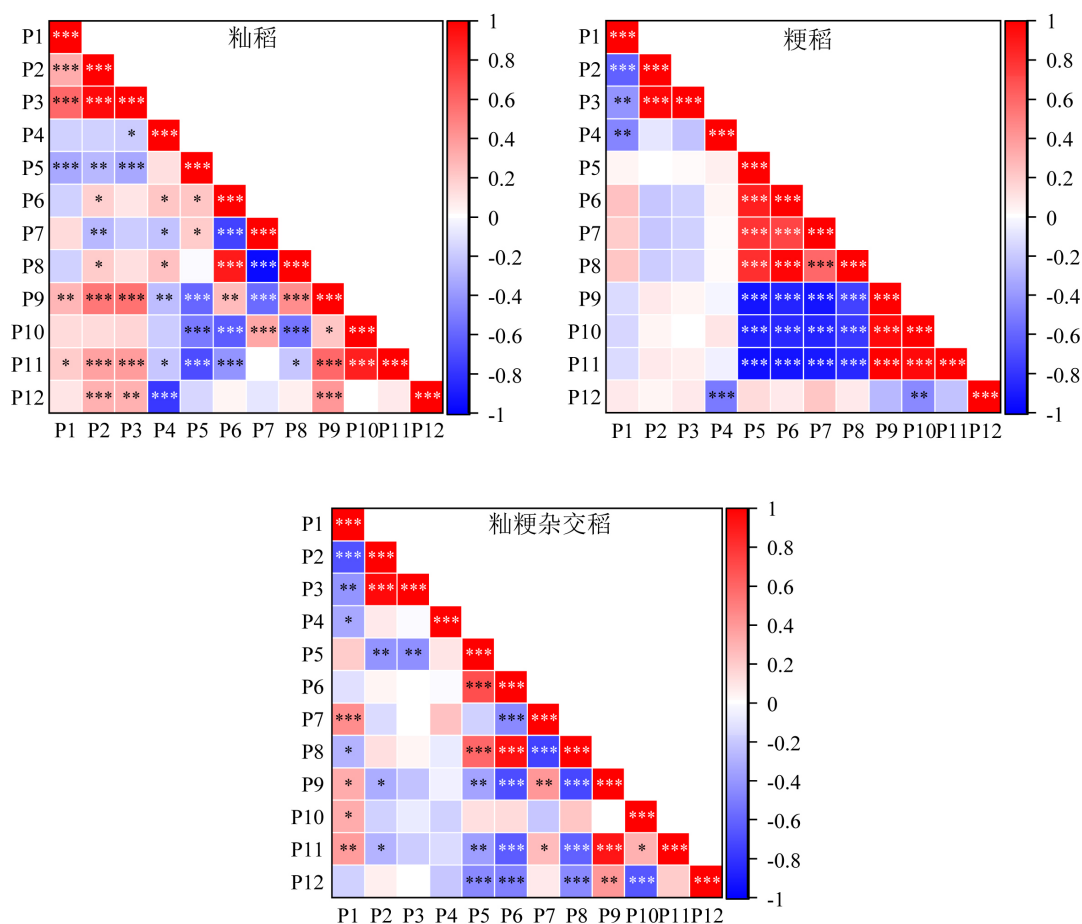


Figure 1. Correlation coefficient matrix of test indexes of different types of rice varieties

图 1. 不同类型水稻品种参试指标相关系数矩阵

### 3.3. 籼型酿酒专用水稻评价指标筛选

在酿酒原料水稻中以籼稻为主要来源的现状下, 根据籼稻品质特性, 对粳稻、籼粳杂交稻相关指标进行预测和约束, 提高其酿酒适用性是有必要的。

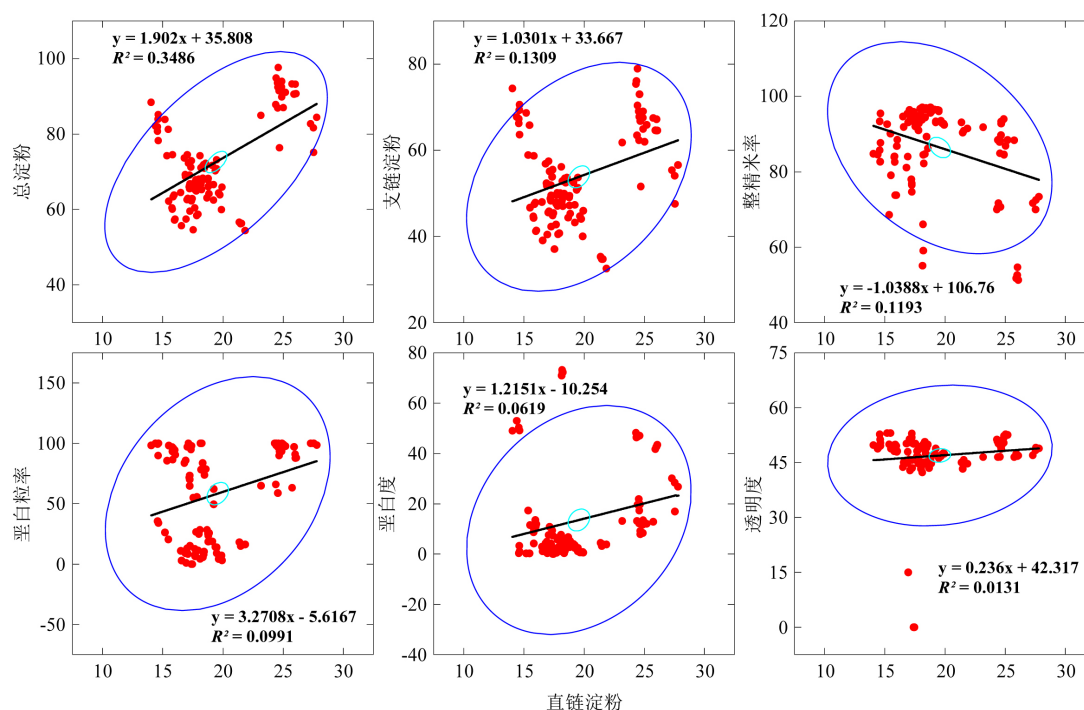
在上述基础上开展主成分分析, 将籼稻的 12 个指标进一步约束为 2 个主成分。根据分析籼稻各指标主成分特征向量由表 3 可知, 直链淀粉、总淀粉、支链淀粉、垩白粒率、垩白度、整精米率、透明度在主成分 1 中最为突出。因此, 在已确定酿酒专用水稻直链淀粉不低于 24%的情况下, 上述 6 个指标可以作为酿酒专用水稻品种的快速筛选评价指标。

**Table 3.** Principal component eigenvectors of *indica* rice for brewing  
**表 3.** 粳型酿酒专用水稻各指标主成分特征向量

指标	主成分 1	主成分 2	指标	主成分 1	主成分 2	指标	主成分 1	主成分 2
直链淀粉	0.271	-0.039	垩白粒率	0.370	0.270	粒长	-0.124	0.486
总淀粉	0.383	0.150	垩白度	0.410	-0.119	粒宽	-0.037	-0.489
支链淀粉	0.355	0.190	透明度	0.222	0.086	长宽比	-0.050	0.521
整精米率	-0.360	-0.001	平均垩白大小	0.319	-0.296	脂肪含量	-0.223	0.100

### 3.4. 粳型酿酒专用水稻快速评价指标阈值确定

在上述研究基础上, 进一步明确直链淀粉含量分别与总淀粉、支链淀粉、垩白粒率、垩白度、整精米率、透明度的线性关系, 以此推测满足酿酒水稻需求的粳型水稻的指标阈值。结果如图 2 所示。已知直链淀粉含量  $\geq 24\%$ , 带入各方程后, 可得到各指标阈值见表 4。



**Figure 2.** Threshold fitting of identification indicators for the applicability of *Indica* rice for brewing  
**图 2.** 粳型酒用水稻酿酒适用性鉴定指标阈值拟合

**Table 4.** Threshold of Evaluation Index for Special Rice for Winemaking  
**表 4.** 酿酒专用水稻评价指标阈值

水稻类型	直链淀粉含量 (%)	总淀粉含量 (%)	支链淀粉含量 (%)	整精米率 (%)	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)	透明度 (%)
粳稻	$\geq 24.00$	$\geq 81.46$	$\geq 58.39$	$\leq 81.83$	$\geq 72.88$	$\geq 18.91$	$\geq 47.98$
粳稻	$\geq 24.00$	$\leq 57.26$	$\leq 33.26$	$\geq 93.59$	$\leq 7.87$	-	$\geq 46.25$
粳粳杂交稻	$\geq 24.00$	$\leq 70.98$	$\leq 46.98$	$\geq 96.95$	$\geq 81.96$	$\geq 29.72$	$\leq 41.54$

### 3.5. 粳型和籼粳型酒用水稻评价指标阈值预测

在上述研究基础上，以直链淀粉含量  $\geq 24\%$  为衡量标准，通过直链淀粉含量分别与总淀粉、支链淀粉、垩白粒率、垩白度、整精米率、透明度的线性关系，以此预测满足酿酒水稻需求的粳型、籼粳型水稻的指标阈值。结果如图 3 和图 4 所示。已知直链淀粉含量  $\geq 24\%$ ，带入各方程后，可得到粳型、籼粳型水稻的各指标阈值预测值见表 4。

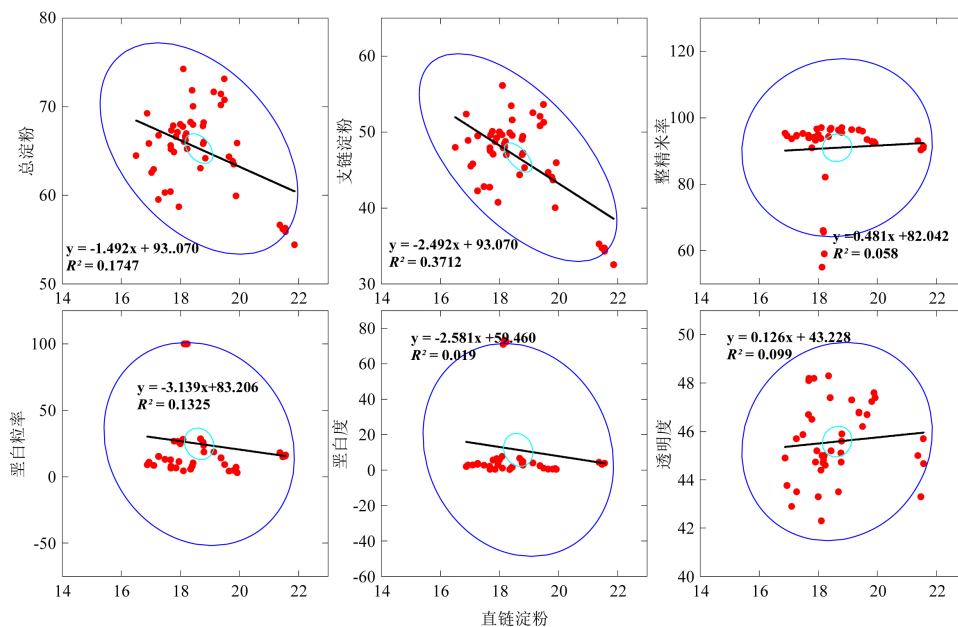


Figure 3. Threshold prediction of applicability identification index for japonica rice for brewing  
图 3. 粳型酒用水稻酿酒适用性鉴定指标阈值预测

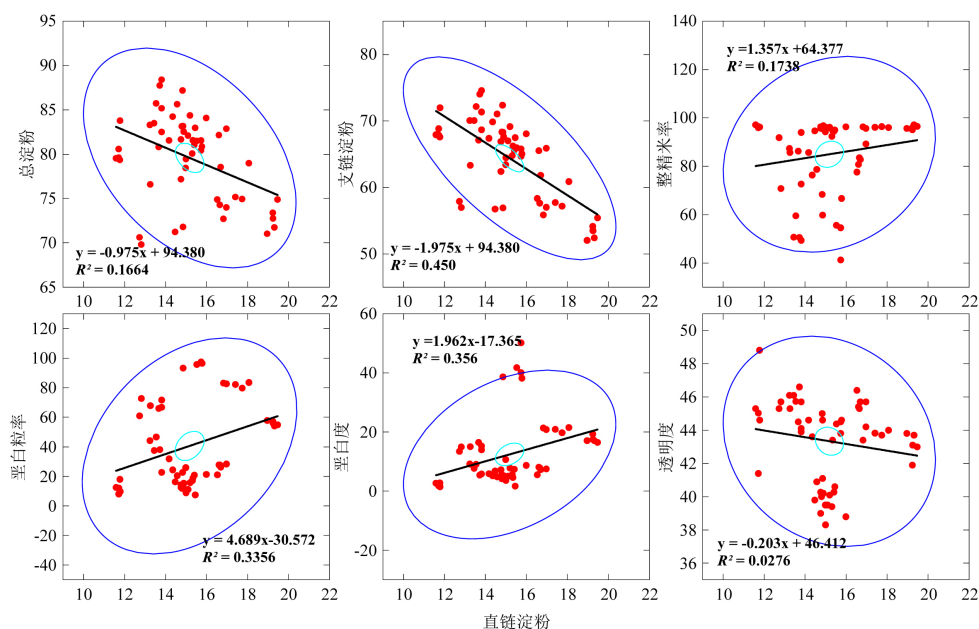


Figure 4. Threshold prediction of applicability identification index for Indica-Japonica hybrid rice for brewing  
图 4. 籼粳杂交型酒用水稻酿酒适用性鉴定指标阈值预测



## 4. 讨论与结论

一般食用稻米追求较高的直链淀粉, 口感好, 食味品质好; 而酿酒用途的稻米追求较高的支链淀粉含量, 再以特定工艺进行白酒酿造, 提高稻米出酒率、优级率、白酒呈香呈味物质含量及品质, 使酿酒专用粮的出酒率和优级率分别较普通粮食提高 1.5%和 6% [21], 对提高原酒酒质效果明显。稻米原料中籽粒淀粉含量和直、支链淀粉的比例可直接影响稻米糊化特性、酿酒加工环节中酶类对其的水解速率及微生物对水解产物的利用率和原酒的质量, 出酒率和优级率较常规水稻均显著提高。但长期以来, 酿酒专用水稻的品种筛选、原材料选购缺乏直观的依据, 更多依赖于企业从业者经验。酿酒原材料的专用品质不稳定, 也带来了多粮型白酒如五粮液不同批次产品间的品质不稳定。四川省(宜宾市)地方标准 DB5115/T 28-2020, 明确提出, 酿酒专用粮稻谷的直链淀粉含量  $\geq 24\%$ , 总淀粉含量  $\geq 80\%$ , 垩白度  $\geq 8\%$ , 但仍存在指标筛选范围狭窄, 阈值界定不精准, 产业验证力度不足等问题。同时, 标准中约束的稻米原料主要针对籼型, 而对粳型和籼粳型并未涉及。

本研究中根据统计学方法进行综合分析, 发现籼型水稻的直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉含量、垩白粒率、垩白度间存在显著正相关, 与整精米率间存在显著负相关; 通过主成分分析, 进一步筛选得到支链淀粉、总淀粉含量、垩白粒率、垩白度、整精米率、透明度共 6 个鉴定指标, 并确定各指标阈值为: 直链淀粉含量  $\geq 24.00\%$ , 总淀粉含量  $\geq 81.46\%$ , 支链淀粉含量  $\geq 58.39\%$ , 整精米率  $\leq 81.83\%$ , 垩白粒率  $\geq 72.8\%$ , 垩白度  $\geq 18.91\%$ , 透明度  $\geq 47.98\%$ 。研究结果与宜宾地方标准相符, 且更为全面。

此外, 粳稻直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉、脂肪含量呈显著负相关性, 籼粳杂交稻直链淀粉含量与支链淀粉、总淀粉、脂肪含量、长宽比呈显著负相关性, 与粒宽、垩白粒率、垩白大小、垩白度存在显著正相关性。由此可见, 粳型和籼粳型稻米品质中约束直链淀粉含量的指标与籼型稻米并不相同。本研究尝试以地方标准 DB5115/T 28-2020 中的关键指标直链淀粉含量  $\geq 24.00\%$  为基准, 对总淀粉、支链淀粉含量、整精米率、垩白粒率、垩白度、透明度的阈值进行预测, 结果见表 4。

本研究结果不仅可作为地方标准的补充, 也通过鉴定指标筛选, 初步构建了酿酒专用水稻品种快速评价体系。结果可为酿酒专用水稻品种选育、筛选提供理论依据, 改进目前酿酒专用粮基地建设中只盲目扩增种植面积、增产不提质的不足。同时, 筛选指标简单易测, 可实现现场速测, 打破了酿酒企业水稻原料收购依赖经验、没有收购参考依据的局限, 进一步提高稻米商用价值。研究结果在市场应用方面具有创新性。

## 基金项目

本工作由固态发酵资源利用四川省重点实验室 2020 年度开放基金(2020GTJ009)支持。

## 参考文献

- [1] 栗岩. 白酒企业建设酒用高粱基地势在必行[J]. 酿酒, 2016(4): 101-103.
- [2] 陈义轩, 杨霄, 罗学芳, 等. 宜宾打造优质白酒原料基地的研究与思考[J]. 四川农业科技, 2013(7): 6-7.
- [3] 李璉杰. 优质大米与普通大米对特香型白酒质量和产量的影响[J]. 现代食品, 2018(15): 150-151.
- [4] Juliano, B.O. (1979) The Chemical Basis of Rice Grain Quality. In: *Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, IRRI, Los Banos, 69-90.
- [5] 叶华夏, 赵东, 罗晓东, 等. 五粮液建设酿酒专用粮基地的探讨[J]. 酿酒科技, 2018(8): 135-137.
- [6] 周广哈, 谭周鎡. 水稻结实期温度对米粒外观品质和淀粉形成的影响[J]. 湖南农业科学, 1986(6): 5-9.
- [7] 贾志宽, 高如嵩, 张嵩午, 等. 中国稻米垩白形成的地域分异规律之初步研究[J]. 中国水稻科学, 1992, 6(4): 159-164.
- [8] 戚华雄, 陈志军, 张建华, 等. 稻米直链淀粉含量的分子检测技术[J]. 湖北农业科学, 2001, 5(5): 3.

- 
- [9] 朱庆森, 杜永, 王志琴, 等. 杂交稻米的直链淀粉含量与米饭口感粘度硬度关系的研究[J]. 作物学报, 2001, 27(3): 377-382.
- [10] 黄发松, 孙宗修, 胡培松, 等. 食用稻米品质形成研究的现状与展望[J]. 中国水稻科学, 1998(3): 172-176.
- [11] 金正勋, 郭雪冬, 朱方旭, 等. 灌浆成熟期氮素营养对粳稻品质性状及籽粒蔗糖代谢相关酶活性影响[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(9): 1-6.
- [12] 金正勋, 朱方旭, 郭雪冬, 等. 不同施氮方法对粳稻灌浆成熟期蔗糖代谢相关酶活性及品质性状影响[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(6): 1-7.
- [13] 马均, 明东风, 马文波, 等. 不同施氮时期对淀粉积累及淀粉合成相关酶类活性变化的研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 290-296.
- [14] 赵可. 长江中下游地区籼、粳超级稻稻米品质差异及其对氮肥的响应特征[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2015.
- [15] 李德顺, 刘芳, 张英杰. 稻米品质评价及其影响因素[J]. 山东农业科学, 2010(6): 57-59.
- [16] 卞晓丽, 刘文龙. 影响水稻品质的因素分析[J]. 现代化农业, 2014(11): 29-30.
- [17] 国家质量技术监督局发布. 中华人民共和国国家标准 GB/T T17891-1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [18] 胡孔峰, 杨泽敏, 雷振山. 中国稻米品质研究的现状与展望[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 130-135.
- [19] 宜宾市市场监督管理局关于发布《酿酒专用粮 宜宾糯红高粱》等 10 项四川省宜宾市地方标准的公告[EB/OL]. [http://scjgj.yibin.gov.cn/sy/xxgk/gsgg/202007/t20200720\\_1304428.html](http://scjgj.yibin.gov.cn/sy/xxgk/gsgg/202007/t20200720_1304428.html), 2020-07-13.
- [20] 蒋卉, 胡中泽. 双波长法测定籼米中直链淀粉和支链淀粉含量[J]. 粮食与饲料工业, 2013, 12(2): 22-25.
- [21] 田晓红, 谭斌, 谭洪卓, 等. 我国主产区高粱的理化性质分析[J]. 粮食与饲料工业, 2009(4): 10-13.