

# 从江县米酒酿造原料香禾糯的理化品质分析

申可, 王晓丹, 邱树毅, 周鸿翔, 班世栋, 罗小叶

(贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州省发酵工程与生物制药重点实验室, 贵州贵阳 550025)

**摘要:** 本研究通过对贵州省从江县米酒酿造原料中苟今告 1 号、苟礼柱、苟今告 2 号、苟阳当 4 种香禾糯的感官品质及营养成分测定分析, 结果发现: 四种香禾糯营养物质种类丰富, 含量均符合国家标准限量, 其中苟阳当香禾糯的支链淀粉含量为  $84.17 \pm 1.18$  g/100 g, 蛋白质含量为  $8.26 \pm 0.01$  g/100 g。结合主成分分析及建立理化指标评价模型得知, 四种香禾糯理化品质存在一定差异, 理化指标中有 3 项对其品质有影响, 其中总淀粉含量、蛋白质含量、脂肪含量 3 种理化指标对苟阳当香禾糯的品质影响最大, 直链淀粉、灰分含量、水分含量 3 种理化指标对苟今告 1 号的品质影响最大。四种香禾糯米样品主成分的综合得分值 F 从大到小分别是苟阳当 ( $F=7.07$ )、苟礼柱 ( $F=6.98$ )、苟今告 2 号 ( $F=6.80$ )、苟今告 1 号 ( $F=6.63$ ), 苟阳当香禾糯的品质最佳, 这不仅为从江县米酒酿造原料香禾糯种植及产品品质管理提供了理论支持, 同时为当地开发利用特色资源及促进米酒行业发展提供了依据。

**关键词:** 从江县; 米酒; 香禾糯; 品质; 分析

文章编号: 1673-9078(2021)01-84-91

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.01.0700

## Analysis in the Physical and Chemical Qualities of Fragrant Glutinous Rice as Raw Materials for Rice Wine Brewing in Congjiang County

SHEN Ke, WANG Xiao-dan, QIU Shu-yi, ZHOU Hong-xiang, BAN Shi-dong, LUO Xiao-ye

(School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Key Laboratory of Fermentation Engineering and Bio-Pharmacy of Guizhou Province, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** In this study, the sensory qualities and nutritional components of four kinds of fragrant glutinous rice, Gou jin gao No. 1, Gou li zhu, Gou jin gao No. 2 and Gou yang dang as the raw materials of rice wine in Congjiang county, Guizhou province, were measured and analyzed. The results showed that the four kinds of fragrant glutinous rice are rich in nutrients and the content meets the national standard limit. The amylopectin content and protein content of fragrant glutinous rice which named Gou yang dang was  $84.17 \pm 1.18$  g/100 g and  $8.26 \pm 0.01$  g/100 g, respectively. Based on the principal component analysis and the establishment of the physical and chemical index evaluation model, it is known that there are certain differences in the physical and chemical quality of the four kinds of fragrant glutinous rices and their qualities are affected by three physical and chemical indicators. Among them, the quality of fragrant glutinous rice which named Gou yang dang was influenced by total starch content, protein content and fat content. The quality of fragrant glutinous rice which named Gou jin gao No. 1 was influenced by amylose content, ash content and moisture content. It is found that the comprehensive scores F of the principal components of the four fragrant glutinous rice samples are Gou yang dang ( $F=7.07$ ), Gou li zhu ( $F=6.98$ ), Gou jin gao No. 2 ( $F=6.80$ ) and Gou jin gao No. 1 ( $F=6.63$ ). Fragrant glutinous rice which named Gou yang dang has the best quality. It not only provides theoretical support for the cultivation of fragrant glutinous rice and product quality management, but also provides a basis for the development and utilization of characteristic resources in the area and the development of the rice wine industry.

**Key words:** Congjiang county; rice wine; fragrant glutinous rice; quality; analysis

引文格式:

申可, 王晓丹, 邱树毅, 等. 从江县米酒酿造原料香禾糯的理化品质分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(1): 84-91

SHEN Ke, WANG Xiao-dan, QIU Shu-yi, et al. Analysis in the physical and chemical qualities of fragrant glutinous rice as raw materials for rice wine brewing in Congjiang county [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(1): 84-91

收稿日期: 2020-07-24

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合成果[2019]4333); 贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2018]5251); 贵州省科技厅成果推广计划(黔科合成果[2020]2Y045); 贵州大学培育项目(黔科合平台人才[2017]5788-23)

作者简介: 申可(1996-), 女, 硕士, 研究方向: 食品科学; 通讯作者: 罗小叶(1991-), 女, 助理实验师, 研究方向: 食品生物工程

从江县位于贵州省黔东南苗族侗族自治州东南部,地处东经 108°05′~109°12′,北纬 25°16′~26°05′,以浓郁的原生态苗侗文化闻名于世,经联合国粮农组织列入了全球重要农业文化遗产保护地,是迄今为止为数不多保存完好的糯稻栽培圈<sup>[1]</sup>。当地侗族农民采用稻-鱼-鸭共生系统的传统农业生产方式种植选育香禾糯,绿色环保无公害,深受国内外专家学者的关注和研究<sup>[2]</sup>。截止 2018 年,从江县把香禾糯稻谷种植作为重要扶贫产业来抓,采取“公司+基地+合作社(协会)+农户”等模式,引导当地老百姓发展复合生态农业产业,促进农业增效农民增收。

香禾糯又称香米,从江县香禾糯按芒的长短可分为长芒、短芒和无芒,穗大,粒谷色彩多,米粒饱满,呈卵圆形,色泽洁白,其米饭软而黏、油质多、不粘手、香而不腻。从江县独特的水土资源和气候环境充分保证了香禾糯的优越品质。香禾糯中含有淀粉、蛋白质、脂肪等营养成分,常被贵州苗族、侗族人民选作原料用来酿造米酒。原料糯米品质的好坏直接影响了米酒的质量,其富含的营养物质也就成为了衡量糯米品质的重要指标之一。优质糯米经过微生物的发酵酿制得米酒,可以有效改变米酒的营养成分结构,经发酵生成的低糖物质还易被人体吸收。此外,经其酿造而成的米酒可赋予消费者香甜醇美的口感,兼具营养保健的作用,在一定程度上能够有效地增强消化腺的分泌能力,进而增强食欲,提高免疫力<sup>[3]</sup>。

近十年来中国米酒发展迅速,市面上的米酒产品不断增多,人们对米酒的需求量也越来越高。但是产品及原料标准混乱、系统性差、市场化程度低等问题也是米酒行业所面临的巨大“瓶颈”。因此,针对从江县丰富的农业香禾糯资源和农业经济结构,以糯米种植为基础,以香禾糯米酒加工为平台,综合分析从江县香禾糯的营养成分,通过不断改良品种,实现标准化种植管理,可延伸糯米相关深加工的产业链,实现规模化和工业化加工生产系列产品的多极开发,促进当地农民经济增收。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

香禾糯:苟今告 1 号、苟礼柱、苟今告 2 号、苟阳当,贵州省从江县增益香禾种植专业合作社提供。

甲醇,乙醇,乙酸,氢氧化钠,十二烷基苯磺酸钠,碘化钾,硼酸,硫酸,甲基红,亚甲基蓝,溴甲酚绿,无水乙醚,石油醚,乙酸镁等均为分析纯。

### 1.2 仪器

FA1004 型电子分析天平,上海良平仪器仪表有限公司;DK-98-11 型电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;101-1AB 型电热干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;722S 型分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;SZ-97 型自动三重纯水蒸馏器,上海亚荣有限公司;NAI-ZFCDY-2Z 型索氏抽提器,上海那艾精密仪器有限公司;LK-2000A 型打粉机,上海烨昌食品机械有限公司;ANT-100 型凯氏自动定氮仪,上海洪纪仪器设备有限公司。DL-1 型电子万用电炉,天津天泰仪器有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 感官测定

长度检验:参考 GB/T 1354-2018《大米》<sup>[4]</sup>;色泽、气味:参考 GB/T 5492-2008《粮油检验粮食、油料的色泽、气味、口味鉴定》<sup>[5]</sup>;碎米检验:参考 GB/T 5503-2009《粮油检验 碎米检验法》<sup>[6]</sup>;杂质、不完善粒检验:参考 GB/T 5494-2019《粮油检验 粮食、油料的杂质、不完善粒检验》<sup>[7]</sup>;黄粒米检验:参考 GB/T 35881-2018《粮油检验 稻谷黄粒米含量测定 图像分析法》<sup>[8]</sup>;互混率检验:参考 GB/T 5493-2008《粮油检验 类型及互混检验》<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2 水分测定

参考 GB 5009.3-2016《食品中水分的测定》中的《直接干燥法》<sup>[10]</sup>。

#### 1.3.3 灰分含量测定

参考 GB 5009.4-2016《食品中灰分的测定》中的《食品中水溶性灰分和水不溶性灰分的测定》方法<sup>[11]</sup>。

#### 1.3.4 淀粉含量测定

直链淀粉含量测定参考 GB/T 15683-2008《大米直链淀粉含量的测定》<sup>[12]</sup>;总淀粉含量测定参考 GB 5009.9-2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》中的《酸水解法》<sup>[13]</sup>。

#### 1.3.5 蛋白质含量测定

参考 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》中的《凯氏定氮法》<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.6 脂肪含量测定

参考 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的《索氏抽提法》<sup>[15]</sup>。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件对数据进行统计制表, SPSS 21.0 用于数据单因素方差分析及理化指标主成分分析<sup>[16]</sup>, Origin 2018 用于图形的绘制。所有数据均进行三次重复试验。

## 2 结果与讨论

### 2.1 感官分析

苟今告 1 号、苟礼柱、苟今告 2 号、苟阳当四种糯米原料的长度测定结果如表 1 所示。四种香禾糯的平均长度均不高于 0.6 cm, 米粒均呈椭圆形, 短而宽, 属于粳糯米, 具有本品正常粮食的色泽及气味, 无霉烂、无病虫等变质现象。

表 1 不同品种香禾糯的长度比较

Table 1 Comparison of length quality of different varieties of

fragrant glutinous rice

| 品种      | 10 粒米长度/cm | 平均长度/cm    |
|---------|------------|------------|
| 苟今告 1 号 | 5.65±0.06  | 0.57±0.006 |
| 苟礼柱     | 5.95±0.08  | 0.60±0.008 |
| 苟今告 2 号 | 5.30±0.2   | 0.53±0.02  |
| 苟阳当     | 5.15±0.03  | 0.52±0.003 |

苟今告 1 号、苟礼柱、苟今告 2 号、苟阳当 4 种糯米原料的碎米检验、杂质检验、不完善粒检验、黄粒米检验及互混率检验结果如图 1 所示。

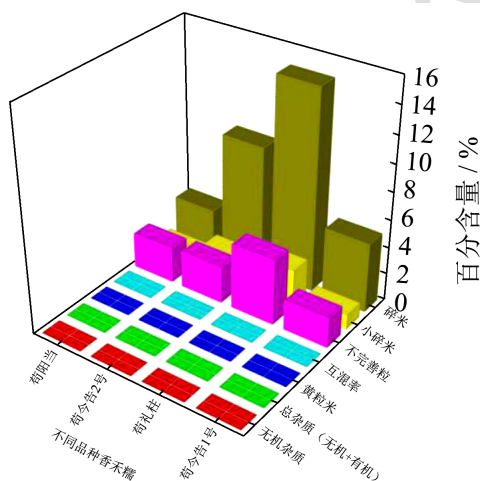


图 1 不同品种香禾糯的完整性比较

Fig.1 Comparison of the integrity of different varieties of

fragrant glutinous rice

由图 1 可知, 四种香禾糯的杂质含量、黄粒米含量、互混率均为零, 表明米粒外观品质较好, 具有较高的纯度, 不含同种米粒之外的其他物质。四种香禾糯的碎米占比分别为 5.10%±1.10%、14.70%±0.76%、9.30%±0.93%、3.20%±0.20%, 其中小碎米含量占比分别为 1.10%±0.40%、2.80%±0.49%、2%±0.15%、

1%±0.36%, 均低于 15%, 符合 GB/T 1354-2018 中二级粳糯米的碎米指标限量, 且苟今告 1 号、苟今告 2 号、苟阳当三种香禾糯的碎米含量低于 10%, 符合 GB/T 1354-2018 中一级粳糯米的碎米指标限量。苟阳当香禾糯的碎米率最低, 米粒较完整, 而苟礼柱香禾糯的碎米率最高, 米粒长度小于同批次完整米粒平均长度的四分之三。

四种香禾糯的不完善粒含量分别为 2.20%±0.80%、4.80%±0.49%、2.70%±0.81%、2.60%±0.74%, 均低于 6%, 符合 GB/T 1354-2018 中二级粳糯米的的不完善粒指标限量。苟今告 1 号、苟今告 2 号及苟阳当三种香禾糯的不完善率比较相近, 苟今告 1 号糯米的不完善率最低, 米粒最为饱满, 含有较少的病斑粒、生霉粒等米粒。

### 2.2 水分及灰分分析

苟今告 1 号、苟礼柱、苟今告 2 号、苟阳当四种糯米原料的水分及灰分测定结果见图 2。

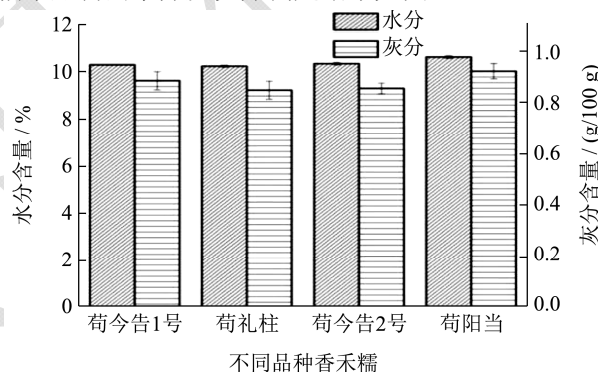


图 2 不同品种香禾糯的水分及灰分比较

Fig.2 Comparison of water and ash content of different varieties of fragrant glutinous rice

由图 2 可知, 四种香禾糯的水分含量分别为 10.29%±0.02%、10.20%±0.04%、10.36%±0.05%、10.63%±0.06%, 均在 10%~11% 范围内, 低于 GB/T 1354-2018 中二级粳糯米 15.5% 的水分限量。水分含量对于酿酒品质及糯米贮存都非常重要。一方面, 水分含量的变化会影响糯米淀粉的颗粒结构的改变, 在适度范围内, 随着水分含量的增加, 淀粉会充分吸水膨胀, 利于酿酒过程中淀粉糊化的进行<sup>[17]</sup>。另一方面, 水分含量过高容易导致糯米霉变, 使其不耐储存, 降低其营养价值, 影响适口性, 更为严重的是会造成糯米产品的霉菌毒素超标, 严重危害人类食品安全。

灰分是食品经高温灼烧后的残渣<sup>[18]</sup>, 其成分主要是钾、钠、钙、铁、硅、磷等元素的氧化物或无机盐, 具有调节机体生理功能的作用。本研究中四种香禾糯的灰分含量分别为 0.88±0.04 g/100 g、0.85±0.04 g/100

g、 $0.83\pm 0.02$  g/100 g、 $0.95\pm 0.04$  g/100 g，均在 0.8~1 g/100 g 范围内，以此作为原料酿造米酒，可为米酒提供无机营养物质。据研究报道，米酒中含有 20 多种人体所需的常量和微量元素，这些元素在某种程度上利于微生物的生长，如磷、硫、钙、钾等是构成酒体微生物菌体细胞和辅酶的必需成分<sup>[19]</sup>。

### 2.3 淀粉分析

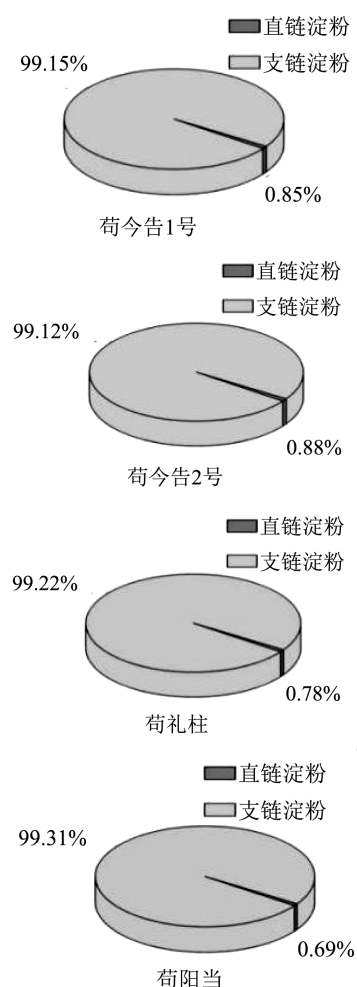


图3 不同品种香禾糯的淀粉含量比较

Fig.3 Comparison of starch content of different varieties of fragrant glutinous rice

苟今告1号、苟礼柱、苟今告2号、苟阳当四种糯米原料的淀粉含量如图3所示。苟今告1号、苟礼柱、苟今告2号、苟阳当四种原料糯米的支链淀粉含量分别为  $83.93\pm 0.07$  g/100 g、 $82.47\pm 2.55$  g/100 g、 $87.71\pm 2.35$  g/100 g 和  $84.17\pm 1.18$  g/100 g，含量均占总淀粉的99%以上，其中苟阳当香禾糯的支链淀粉占比最高，达到  $99.31\%\pm 0.16\%$ ，这与杨停等<sup>[20]</sup>关于粳糯1号（产地安徽省）和粳糯2号（产地黑龙江省）的淀粉含量研究结果相近。

淀粉是糯米中重要的营养成分之一，包括直链淀

粉和支链淀粉两种。直链淀粉呈无分支螺旋结构，含有几百个葡萄糖单元，每6个葡萄糖残基为一个螺旋周期。支链淀粉呈现高度分支化的束状结构，每条分支链长平均含有1824个葡萄糖，平均聚合度高于6000，相对分子量范围为  $10^7\sim 10^8$  u<sup>[21]</sup>。淀粉的含量及空间结构是评价糯米品质的一个重要指标，对米酒的品质产生重要的影响。一方面，直链淀粉结构紧密，糊化温度较高且容易老化，而老化淀粉不易被淀粉酶水解，因而导致其糖化效果低，出酒率低<sup>[22]</sup>。支链淀粉分子排列疏松而不规则，吸水速度快，溶胀性能强，易蒸煮糊化，可以促进糯米的糖化发酵过程。而淀粉糖化酶对支链淀粉的水解作用往往较难完全，使米酒中残留较多的糊精和低聚糖，能够较好地赋予米酒醇甜柔和、甜而不腻的口感<sup>[23]</sup>。蒋世云<sup>[24]</sup>对不同淀粉质大米发酵酿制米酒进行了研究，研究结果表明：支链淀粉与直链淀粉的比值越大，米酒的感官品质越好，其含量比在一定范围内可以用作糯米酒原料，比例太低会导致米酒产品出现苦涩味。另一方面，在米酒的酿造条件下，支链淀粉与直链淀粉的比值对于米酒酒精度的影响大于总酸度的影响，表现为随着原料中淀粉支链直链比率增大，米酒的酒精度逐步降低后趋向稳定。

综上，糯米的支链淀粉与直链淀粉的比值越大，即支链淀粉的含量越高，米酒的醇厚感越浓，米酒的感官品质越好。苟今告1号、苟礼柱、苟今告2号、苟阳当四种香禾糯的支链淀粉含量均呈现较高水平，并且其含量及比例非常接近，无明显差异，均适用于酿造米酒。

### 2.4 蛋白质、脂肪分析

苟今告1号、苟礼柱、苟今告2号、苟阳当四种原料糯米的蛋白质及脂肪测定结果如图4所示。由图4可以得知，四种香禾糯样品间的蛋白质含量差异较小，分别为  $7.49\pm 0.06$  g/100 g、 $8.22\pm 0.06$  g/100 g、 $7.5\pm 0.04$  g/100 g、 $8.26\pm 0.01$  g/100 g，占比均在7%~8%范围内，这与张洁茹<sup>[25]</sup>在文献中报道的“糯米中蛋白质的含量大约在7%~8%”的结论一致。

蛋白质是由许多氨基酸以肽键联结在一起，并形成一定空间结构的大分子，是所有生命物质的基础，正所谓“没有蛋白质就没有生命”。蛋白质在人体中起到重要的作用，包括构成人体组织成分、构成各种重要的体内生理活性物质、给人体提供能量、调节体液和维持体内酸碱平衡及增强人体的免疫力等。米酒原料中的蛋白质经微生物酶的降解，主要以多肽和氨基酸的形式存在，可直接被肠、胃消化系统吸收而为人

体所利用<sup>[26]</sup>。通过米酒摄入向人体中补充蛋白质,可满足人体所需的氨基酸,尤其是必需氨基酸(赖氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸、色氨酸、异亮氨酸和蛋氨酸)<sup>[25]</sup>,其种类及含量均居于各类饮料酒之首<sup>[27,28]</sup>。因此,上述四种香禾糯米均含有丰富的蛋白质,可作为优质原料酿造米酒,经过微生物的糖化发酵作用,分解为糖类、氨基酸等小分子浸出物,使人体充分吸收。

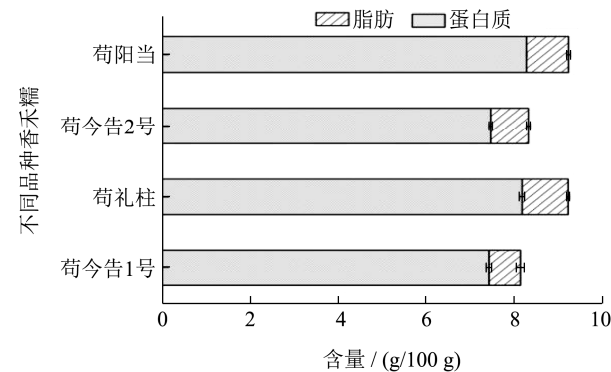


图4 不同品种香禾糯的蛋白质及脂肪含量比较

Fig.4 Comparison of protein and fat content of different varieties of fragrant glutinous rice

四种香禾糯米中的脂肪含量普遍较低,分别为 $0.62\pm 0.09$  g/100 g、 $1.01\pm 0.04$  g/100 g、 $0.86\pm 0.05$  g/100 g、 $0.97\pm 0.05$  g/100 g,这与杨停等<sup>[20]</sup>对于粳糯1号和粳糯2号脂肪含量检测结果相近。脂肪含量会直接影响酿造米酒的品质,在米酒酿造过程中,脂肪中的饱和脂肪酸有利于酵母脂香的生成,但过剩的脂肪酸会产生异味,破坏米酒的品质。本研究选取的四种香禾糯均是脂肪含量低的优质粳糯,作为一种低脂肪食品,将其应用于米酒酿造可在一定程度上提高米酒的风味和口感<sup>[25]</sup>。

2.5 不同品种香禾糯米理化品质主成分分析

主成分分析法是将原来指标重新组成一组新的、彼此不相关的几个综合指标,利用较少的综合指标反映原来指标的一种统计方法<sup>[29]</sup>。本研究以测得的6种对糯米品质有较大影响的理化指标进行主成分分析<sup>[30-32]</sup>,以综合评价不同品种香禾糯米的理化品质差异,建立香禾糯理化品质主成分评价模型,为米酒原料糯米的选择提供技术参考。

2.5.1 理化品质主成分评价模型的构建

经SPSS 21.0软件分析,得到表2所示的主成分特征值及贡献率,选取其中特征值大于2的2个成分(第1主成分、第2主成分)为主成分,由表2可知,其累计方差贡献率达83.81%,能够较好地代表原始数据所反映的信息,符合主成分分析要求<sup>[33]</sup>。

表2 主成分的特征值以及贡献率

Table 2 Eigenvalues and contribution rates of principal components

| 主成分 | 特征值                    | 方差贡献率/%                | 累计方差贡献率/% |
|-----|------------------------|------------------------|-----------|
| 1   | 3.59                   | 59.85                  | 59.85     |
| 2   | 1.44                   | 23.95                  | 83.81     |
| 3   | 0.97                   | 16.20                  | 100       |
| 4   | $1.00\times 10^{-13}$  | $1.04\times 10^{-13}$  | 100       |
| 5   | $-1.00\times 10^{-13}$ | $-1.02\times 10^{-13}$ | 100       |
| 6   | $-1.00\times 10^{-13}$ | $-1.04\times 10^{-13}$ | 100       |

表3 主成分的特征向量与载荷矩阵

Table 3 Principal component eigenvectors and loading matrix

| 特征风味成分          | 第一主成分 |       | 第二主成分 |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 特征向量  | 载荷    | 特征向量  | 载荷    |
| 直链淀粉含量( $X_1$ ) | -0.15 | -0.99 | 0.04  | 0.05  |
| 总淀粉含量( $X_2$ )  | 0.11  | 0.63  | -0.14 | -0.57 |
| 蛋白质含量( $X_3$ )  | 0.82  | 0.94  | -0.20 | -0.29 |
| 脂肪含量( $X_4$ )   | 0.38  | 0.64  | -0.17 | -0.29 |
| 灰分含量( $X_5$ )   | -0.17 | -0.79 | 0.37  | 0.52  |
| 水分含量( $X_6$ )   | -0.13 | -0.56 | 0.54  | 0.82  |

主成分特征向量与荷载矩阵见表3,结合表2、3可知,第一主成分的方差贡献率为59.85%,主要反映总淀粉含量、蛋白质含量、脂肪含量的变异信息。第二主成分的方差贡献率为23.95%,主要反映直链淀粉含量、灰分含量、水分含量的变异信息。此外,荷载还能反映各变量与主成分间的相关系数<sup>[34]</sup>,由表2可以看出,第一主成分与总淀粉含量、蛋白质含量、脂肪含量呈正相关,与直链淀粉、灰分含量、水分含量呈负相关。第二主成分与直链淀粉、灰分含量、水分含量呈正相关,与总淀粉含量、蛋白质含量、脂肪含量呈负相关。

根据表2、3的信息,以 $F_1$ 和 $F_2$ 两个主成分来代表原来的6种理化指标所表达的原始信息,建立香禾糯米理化品质的评价模型,得出香禾糯米理化品质的线性关系式分别为:

$$F_1=-0.15X_1+0.11X_2+0.82X_3+0.38X_4-0.17X_5-0.13X_6$$

$$F_2=0.04X_1-0.14X_2-0.20X_3-0.17X_4+0.37X_5+0.54X_6$$

$F_1$ 和 $F_2$ 分别表示第一主成分和第二主成分的得分值,得分值越高,表示该主成分对香禾糯米的理化品质贡献越大。

由于前两个主成分反映了原始数据信息的83.81%,所以可以利用这2个新的综合指标来替代原始的多个指标进行分析。以不同特征值的方差贡献率 $\beta_i$ ( $i=1, 2, \dots, k$ )为加权系数,利用综合评价函数 $F=\beta_1F_1+\beta_2F_2+\dots+\beta_kF_k$ <sup>[35-37]</sup>,建立香禾糯米综合理化

品质的评价模型： $F=0.5985F_1+0.2395F_2$ 。

### 2.5.2 基于主成分评价模型的香禾糯米理化品质的比较

根据  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F$  的线性关系式，得到 4 种香禾糯米理化品质评价综合得分值，如表 4 所示，该得分值可反映不同品种香禾糯米样品理化品质的差异。

由表 4 可知，苟阳当样品的第一主成分得分较其他阶段最高，反映出总淀粉含量、蛋白质含量、脂肪含量对该品种样品的理化品质贡献较大；苟今告 1 号样品的第二主成分得分最高，充分反映出直链淀粉、灰分含量、水分含量对该品种样品的理化品质贡献较大。4 种香禾糯米样品主成分的综合得分值  $F$  从大到小依次排序，分别为苟阳当样（ $F=7.07$ ）、苟礼柱样（ $F=6.98$ ）、苟今告 2 号样（ $F=6.80$ ）、苟今告 1 号样（ $F=6.63$ ），表明在该主成分评价模型下，四种香禾糯米理化品质存在一定差异，且苟阳当样品的理化品质最佳。

表 4 不同品种香禾糯米主成分综合得分

Table 4 Comprehensive scores of principal components of different varieties of fragrant glutinous rice

| 不同品种<br>香禾糯米样品 | 理化品质评价模型得分 |       |      | 排序 |
|----------------|------------|-------|------|----|
|                | $F_1$      | $F_2$ | $F$  |    |
| 苟今告 1 号        | 14.10      | -7.54 | 6.63 | 4  |
| 苟礼柱            | 14.70      | -7.60 | 6.98 | 2  |
| 苟今告 2 号        | 14.60      | -8.10 | 6.80 | 3  |
| 苟阳当            | 14.84      | -7.57 | 7.07 | 1  |

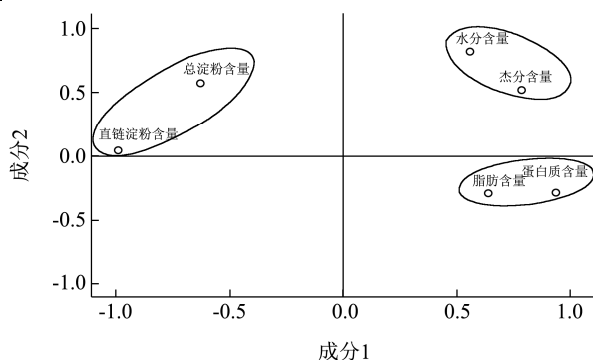


图 5 不同品种香禾糯米理化指标第一、第二主成分得分投影图

Fig.5 Scores plots of the first and second principal components of physical and chemical indicators for the different kinds of fragrant glutinous rice

以测定的 6 种理化指标在第一、第二主成分中的得分，绘制二维投影图<sup>[38,39]</sup>如图 5 所示，来进一步明确第一、第二主成分中各成分所起的影响作用的异同。

由图 5 可知，第一主成分中 3 种理化指标在得分投影图中分为 2 簇，一簇为蛋白质含量、脂肪含量，一簇为总淀粉含量与第二主成分中的直链淀粉含量共

同形成，表明第一主成分中的理化指标对整体理化品质的影响作用分为 2 种。第二主成分中 3 类理化指标在得分投影图中有 2 簇，一簇为水分含量、灰分含量，一簇为直链淀粉含量与第一主成分中的总淀粉含量共同形成，表明第二主成分的理化指标对整体理化品质的影响作用有 2 种。综上，6 种理化指标对不同品种香禾糯米样品理化品质的影响有 3 种，总淀粉含量、直链淀粉含量为一种，水分含量、灰分含量为一种，蛋白质含量、脂肪含量为一种，这 3 种作用共同形成了不同品种香禾糯米样品理化品质的差异。

### 3 结论

3.1 本研究通过对从江县 4 种不同品种米酒酿造原料香禾糯米理化指标进行检测发现，苟今告 1 号、苟礼柱、苟今告 2 号、苟阳当 4 种香禾糯米均属于粳糯米，营养物质种类丰富，含量符合国家标准限量，均是支链淀粉含量高、脂肪含量低的优质粳糯，可选用于酿造优质米酒。结合主成分分析发现，四种香禾糯米理化品质差异较小，苟阳当样品的整体理化品质最佳。

3.2 本实验通过选取具有从江县地方特色的糯米原料为研究对象，明晰 4 种典型香禾糯米品种的品质异同，确定各不同品种香禾糯的营养成分，对于指导企业工业化生产米酒具有重要意义，后续有望投入模拟发酵生产，进一步监测米酒成分变化，探究不同糯米原料对米酒品质的影响。

### 参考文献

- [1] 杨黎,周定生,郑桂云,等.黔东南原生态农耕文化-禾[J].贵州农业科学,2008,36(4):23-26  
YANG Li, ZHOU Ding-sheng, ZHENG Gui-yun, et al. The original ecological farming culture in Qiandongnan prefecture, Guizhou [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2008, 36(4): 23-26
- [2] 张丹,闵庆文,孙业红,等.侗族稻田养鱼的历史、现状、机遇与对策-以贵州省从江县为例[J].中国生态农业学报,2008,16(4):987-990  
ZHANG Dan, MIN Qing-wen, Sun Ye-hong, et al. History, current state, opportunities and counter measures of Dong nationality rice-fish agrosystem - a case study of Congjiang county, Guizhou province [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(4): 987-990
- [3] 袁陈蓉,张淼,方菁菁,等.我国米酒加工与开发现状[J].食品工业,2020,41(3):40-44  
YUAN Chen-rong, ZHANG Miao, FANG Jing-jing, et al. Present situation of rice wine research and development in

- China [J]. Food Industry, 2020, 41(3): 40-44
- [4] GB/T 1354-2018,大米[S]  
GB/T 1354-2018, Milled Rice [S]
- [5] GB/T 5492-2008,粮油检验粮食、油料的色泽、气味、口味鉴定[S]  
GB/T 5492-2008, Inspection of Grain and Oils - Identification of Colour, Odour and Taste of Grain and Oilseeds [S]
- [6] GB/T 5503-2009,粮油检验-碎米检验法[S]  
GB/T 5503-2009, Inspection of Grain and Oils - Determination of Broken Kernels [S]
- [7] GB/T 5494-2019,粮油检验 粮食、油料的杂质、不完善粒检验[S]  
GB/T 5494-2019, Inspection of Grain and Oils - Determination of Foreign Matter and Unsound Kernels of Grain and Oilseeds [S]
- [8] GB/T 35881-2018,粮油检验 稻谷黄粒米含量测定 图像分析法[S]  
GB/T 35881-2018, Inspection of Grain and Oils - Determination of Yellow - Colored Kernel of Paddy - Image Analysis Method [S]
- [9] GB/T 5493-2008,粮油检验 类型及互混检验[S]  
GB/T 5493-2008, Inspection of Grain and Oils - Determination of Type Purity and Their Mixture [S]
- [10] GB 5009.3-2016,食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]  
GB 5009.3-2016, National Food Safety Standard - Determination of Moisture in Food [S]
- [11] GB 5009.4-2016,食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S]  
GB 5009.4-2016, National Food Safety Standard - Determination of Ash in Food [S]
- [12] GB/T 15683-2008,大米 直链淀粉含量的测定[S]  
GB/T 15683-2008, Rice - Determination of Amylose Content [S]
- [13] GB 5009.9-2016,食品安全国家标准 食品中淀粉的测定[S]  
GB 5009.9-2016, National Food Safety Standard - Determination of Starch In Food [S]
- [14] GB 5009.5-2016,食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]  
GB 5009.5-2016, National Food Safety Standard - Determination of Protein in Food [S]
- [15] GB 5009.6-2016,食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S]  
GB 5009.6-2016, National Food Safety Standard - Determination of Fat in Food [S]
- [16] 丁筑红,王知松,郑文宇,等.不同包装条件干辣椒风味化合物的主成分分析[J].中国食品学报,2014,14(1):285-292
- DING Zhu-hong, WANG Zhi-song, ZHENG Wen-yu, et al. Principal component analysis of flavor compounds of dried chili in different packaging conditions [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(1): 285-292
- [17] 孙沛然,姜斌,沈群.水分含量对籼米和糯米淀粉颗粒结构的影响[J].中国食品学报,2015,15(3):40-49  
SUN Pei-ran, JIANG Bin, SHEN Qun. Effect of water content on the granular structure of indica rice and glutinous rice starch [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2015, 15(3): 40-49
- [18] 王振起.浅析食品中灰分含量测定的关键点[J].民营科技, 2017,7:32  
WANG Zhen-qi. Analysis on the key points of ash content determination in food [J]. Private Technology, 2017, 7: 32
- [19] 利勤.香米米酒加工工艺研究及品质分析[D].成都:西华大学,2013  
LI Qin. Study on brewing technology of aroma rice wine and quality analysis [D]. Chengdu: Xihua University, 2013
- [20] 杨婷,贾冬英,马浩然,等.糯米化学成分对米酒发酵及其品质影响的研究[J].食品科技,2015,40(5):119-123  
YANG Ting, JIA Dong-ying, MA Hao-ran, et al. Influence of chemical composition of glutinous rice on fermentation and quality of rice wine [J]. Food Science and Technology, 2015, 40(5): 119-123
- [21] 朱文昌.影响糯米制粉和糊化品质的因素及机理研究[D].武汉:武汉轻工大学,2018  
ZHU Wen-chang. Study on the factors and mechanism affecting the grinding methods and pasting properties of waxy rice [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2018
- [22] Lu S, Cik T T, Lii C Y, et al. Effect of amylose content on structure, texture and  $\alpha$ -amylase reactivity of cooked rice [J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 54(1): 224-228
- [23] 杨春芳,伍慧方.糯米酒生产工艺及质量控制的研究进展[J].轻工科技,2014,30(3):8-9  
YANG Chun-fang, WU Hui-fang. Research progress on production technology and quality control of glutinous rice wine [J]. Light Industry Science and Technology, 2014, 30(3): 8-9
- [24] 蒋世云.不同淀粉质对米甜酒品质影响的研究[J].中国酿造, 2003,3:23-25  
JIANG Shi-yun. Study on the effect of different starch on the quality of rice sweet wine [J]. China Brewing, 2003, 3: 23-25
- [25] 张洁茹.糯米粉营养特性的研究[D].武汉:武汉工业学院, 2012

- ZHANG Jie-ru. Study on nutrition characteristic of waxy rice flour [D]. Wuhan: Wuhan Institute of Technology, 2012
- [26] 陈成,殷子建,徐速.浅析黄酒的历史及营养价值[J].酿酒, 2002,29(1):66-69
- CHEN Cheng, YIN Zi-jian, XU Su. Analysis on the history and nutritional value of yellow millet wine [J]. Liquor Making, 2002, 29(1): 66-69
- [27] 汪建国.黄酒的营养价值、保健功能及产品创新[J].江苏调味副食品,2004,21(3):10-13
- WANG Jian-guo. The nutrition, health-care function and innovation of yellow millet wine [J]. Jiangsu Condiment and Subsidiary Food, 2004, 21(3): 10-13
- [28] Xie G F, Dai J, Zhao G A, et al. Scientifically understanding of the health - protect function of rice wine [J]. China Brewing, 2004, 13: 30-31
- [29] 张敏,刘辉.基于主成分分析法的小米食用品质评价模型的建立[J].东北农业大学报,2011,42(8):7-12
- ZHANG Min, LIU Hui. Assessment model of taste quality of millet based on principal component analysis method [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2011, 42(8): 7-12
- [30] Whitlark D, Dumtman N G H. Principal components analysis [J]. Journal of Marketing Research, 1990, 27(2): 242-243
- [31] Hu X S, Wu J H, Cheng H, et al. Geographical origin identification of propolis using GC-MS and electronic nose combined with principal component analysis [J]. Food Research International, 2013, 51(2): 813-822
- [32] 丁晔,刘敦华,雷建刚,等.不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J].食品与机械,2013,29(3):16-20
- DING Ye, LIU Dun-hua, LEI Jian-gang, et al. Comparison of different treatment lamb volatile flavor compounds and principal component analysis [J]. Food and Machinery, 2013, 29(3): 16-20
- [33] 陈恺,李琼,周彤,等.不同干制方式对新疆哈密大枣香气成分的影响[J].食品科学,2017,38(14):158-163
- CHEN Kai, LI Qiong, ZHOU Tong, et al. Effects of drying conditions on aroma compounds of Hami jujube from Xinjiang [J]. Food Science, 2017, 38(14): 158-163
- [34] Collins Y F, Mcsweeney P L H, Wilkinson M G. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge [J]. International Dairy Journal, 2003, 13(11): 841-866
- [35] 郭丽,蔡良绥,林智.基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建[J].热带作物学报,2010,31(9):1606-1610
- GUO Li, CAI Liang-sui, LIN Zhi. Construction of white tea aroma quality evaluation model based on principal component analysis [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2010, 31(9): 1606-1610
- [36] 王振东,王彦清,周瑞铮,等.基于主成分分析法的羊肉特征性风味强度评价模型的构建[J].食品科学,2017,38(22): 162-168
- WANG Zhen-dong, WANG Yan-qing, ZHOU Rui-zheng, et al. Construction of evaluation model of lamb's characteristic flavor intensity based on principal component analysis [J]. Food Science, 2017, 38(22): 162-168
- [37] 高琦,张建超,陈佳男,等.基于主成分分析法综合评价 4 种干燥方式对山药脆片香气品质的影响[J].食品科学,2018, 39(20):186-192
- GAO Qi, ZHANG Jian-chao, CHEN Jia-nan, et al. Comprehensive evaluation of the effects of four drying methods on the aroma quality of yam chips based on principal component analysis [J]. Food Science, 2018, 39(20): 186-192
- [38] Ana R, Peris J E, Ana R, et al. Principal component analysis (PCA) of volatile terpene compounds dataset emitted by genetically modified sweet orange fruits and juices in which a D-limonene synthase was either up-or down-regulated vs. empty vector controls [J]. Data in Brief, 2016, 9(C): 355-361
- [39] Yang W, Yu J, Pei F, et al. Effect of hot air drying on volatile compounds of *Flammulina velutipes*, detected by HS-SPME-GC-MS and electronic nose [J]. Food Chemistry, 2016, 196(1): 860-866