

# 20个不同品种小麦制备中高温大曲特性分析

何杨一凡<sup>1,2</sup>, 马攀<sup>1,2</sup>, 邹文慧<sup>1,2</sup>, 李朝苏<sup>1,3,4</sup>, 张正刚<sup>5</sup>, 刘泽厚<sup>1,3,4</sup>, 唐豪<sup>1,3,4</sup>, 王琴<sup>1</sup>, 杨宁<sup>1</sup>,  
李杨<sup>1</sup>, 李俊<sup>1,3,4</sup>, 杨武云<sup>1,3,4</sup>, 张连全<sup>2</sup>, 万洪深<sup>1,3,4,\*</sup>

(1.四川省农业科学院作物研究所(四川省种质资源中心), 四川 成都 610066; 2.四川农业大学 西南作物基因  
资源发掘与利用国家重点实验室, 四川 成都 611130; 3.粮油作物种质创新与遗传改良四川省重点实验室,  
四川 成都 610066; 4.农业农村部西南地区小麦生物学与遗传育种重点实验室, 四川 成都 610066;  
5.四川绵竹锦鹏食品有限责任公司, 四川 德阳 618212)

**摘要:** 收集来自3个弱筋小麦主产区、具有潜在制曲专用特性的20个小麦品种(扬麦30、扬麦36、扬麦45、垦麦58、楚麦47、荃麦725、荃麦838、皖科421、绵麦907、绵麦916、绵麦902、西科麦8、西科麦546、西科麦475、黔麦18、黔麦19、黔麦20、黔麦21、黔麦22、川麦98), 分析其品质特性及其制备中高温大曲特性, 并探究不同品种小麦品质指标及其制备中高温大曲感官品质的相关性。结果表明, 20个小麦品种中弱筋(硬度指数<50)小麦2种, 中强筋、强筋(硬度指数≥60)8种, 中筋(硬度指数50~60)10种; 20个小麦品种制备中高温大曲曲心温度变化符合中高温大曲培曲特点; 除绵麦916外, 其他19个品种小麦制备的中高温大曲曲心最高温度均在50℃以上; 西科麦8、绵麦902、扬麦36、扬麦30等14种小麦所制大曲感官评分达到合格(感官评分≥36)。小麦品质指标及其制备中高温大曲感官品质的相关性结果表明, 小麦品种的淀粉含量、粉质率及其曲心最高温度决定大曲香气、外观、断面以及总评分等感官指标。因此选择淀粉含量与粉质率较高的小麦更利于制备中高温大曲。

**关键词:** 弱筋小麦; 品质特征; 机械制曲; 感官评价; 相关性分析

## Characteristic Analysis for the Medium-High Temperature Daqu Prepared from the 20 Different Wheat Varieties

HE Yangyifan<sup>1,2</sup>, MA Pan<sup>1,2</sup>, ZOU Wenhui<sup>1,2</sup>, LI Chaosu<sup>1,3,4</sup>, ZHANG Zhenggang<sup>5</sup>, LIU Zehou<sup>1,3,4</sup>, TANG Hao<sup>1,3,4</sup>,  
WANG Qin<sup>1</sup>, YANG Ning<sup>1</sup>, LI Yang<sup>1</sup>, LI Jun<sup>1,3,4</sup>, YANG Wuyun<sup>1,3,4</sup>, ZHANG Lianquan<sup>2</sup>, WAN Hongshen<sup>1,3,4,\*</sup>

(1. Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China; 2. State Key Laboratory of Crop Gene Resources Exploration and Utilization in Southwest China, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 3. Crop Germplasm Innovation and Genetic Improvement Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610066, China; 4. Key Laboratory of Wheat Biology and Genetic Improvement on Southwestern China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 610066, China;  
5. Sichuan Mianzhu Jinpeng Food Co. Ltd., Deyang 618212, China)

**Abstract:** A total of 20 wheat varieties (Yangmai 30, Yangmai 36, Yangmai 45, Kenmai 58, Chumai 47, Quanmai 725, Quanmai 838, Wanke 421, Mianmai 907, Mianmai 916, Mianmai 902, Xikemai 8, Xikemai 546, Xikemai 475, Qianmai 18, Qianmai 19, Qianmai 20, Qianmai 21, Qianmai 22, Chuanmai 98) from the 3 major weak gluten wheat main producing areas, which have potential characteristics suitable for Daqu making were collected, their quality characteristics and the properties of the medium-high temperature Daqu were analyzed, and the correlation between the wheat quality indexes and sensory quality of the medium-high temperature Daqu was investigated. The results showed that there were 2 varieties of weak gluten (hardness index < 50), 8 varieties of medium strong or strong gluten (hardness index ≥ 60), and 10 varieties of medium gluten (hardness index 50–60) among the 20 wheat varieties. The core temperature changes during the preparation of medium-high temperature Daqu using 20 varieties wheat were consistent with the fermentation characteristics of medium-high temperature Daqu culture. Except for Mianmai 916, the maximum core temperature of medium-high temperature Daqu prepared from the other 19 varieties wheat was above 50℃. The sensory scores of the Daqu made from 14 varieties wheat such as Xikemai 8, Mianmai 902, Yangmai 36, and Yangmai 30 reached the qualified level (sensory score ≥ 36). The results

收稿日期: 2025-09-12

基金项目: 四川省重大科技专项(2022ZDZX0016); 四川省自然科学基金杰出青年科学基金项目(2023NSFSC1925)

第一作者简介: 何杨一凡(2000—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为小麦制曲与酿酒工程。E-mail: 1184528940@qq.com

\*通信作者简介: 万洪深(1982—), 男, 研究员, 博士, 主要研究方向为小麦品质育种与加工。E-mail: wanhongshen@126.com

of the correlation between wheat quality indicators and the sensory quality of the prepared medium-high temperature Daqu indicated that the starch content, flouriness rate, and the maximum core temperature of Daqu prepared from corresponding wheat varieties determined the sensory indicators such as aroma, appearance, cross-section, and total score of the Daqu. Therefore, choosing wheat with higher starch content and flouriness rate was more conducive to the preparation of medium-high temperature Daqu.

**Keywords:** weak gluten wheat; quality characteristic; mechanical-making Daqu; sensory evaluation; correlation analysis

DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2026.04.017

中图分类号: TS261.7

文献标志码: A

文章编号: 0254-5071 (2026) 04-0125-07

引文格式:

何杨一凡, 马攀, 邹文慧, 等. 20个不同品种小麦制备中高温大曲特性分析[J]. 中国酿造, 2026, 45(4): 125-131.

DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2026.04.017. <https://www.chinabrewing.net.cn>

HE Yangyifan, MA Pan, ZOU Wenhui, et al. Characteristic analysis for the medium-high temperature Daqu prepared from the 20 different wheat varieties[J]. China Brewing, 2026, 45(4): 125-131. (in Chinese with English abstract) DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2026.04.017. <https://www.chinabrewing.net.cn>

小麦是我国居民大宗面食的主要原粮, 其生产关乎国家的粮食安全, 2024年我国年产小麦14 009.9万 t, 占粮食总产量的19.83%<sup>[1]</sup>。白酒是我国传统文化的重要组成部分, 其酿造离不开小麦。小麦作为固态酿酒制曲的主要原料, 富含面筋、淀粉、多种氨基酸和维生素等, 可作为微生物繁殖、产酶的天然物料<sup>[2]</sup>。据国家统计局数据显示, 2022年我国白酒产量为 $6.71 \times 10^9$  L (统一折算为乙醇体积分65%), 按照一般白酒酿造用粮比, 酿造1 L白酒需3 kg粮食<sup>[3]</sup>, 全年约需 $2.013 \times 10^7$  t酿酒专用粮, 以浓香白酒五粮液中小麦占酿酒用粮36%的比例计算, 约需酿酒专用小麦 $7.247 \times 10^6$  t, 占2022年小麦总产量的5.26%<sup>[4]</sup>。

大曲为白酒发酵提供了重要的原料、微生物和酶, 在白酒酿造过程中, 大曲中丰富的水解酶和微生物菌群使糖化和发酵同时进行, 其中淀粉被水解为葡萄糖后转化为乙醇, 同时产生其他风味物质<sup>[5-6]</sup>。大曲从很大程度上决定了酒的品质, 其品质的生化指标包括液化力、糖化力、发酵力、产醇能力等<sup>[7]</sup>, 酒曲中的微生物在发酵过程中会产生大量的酶, 其与微生物以及酒曲原料共同结合形成了具有糖化、发酵、酒化和生香的粗酶制剂<sup>[9]</sup>, 同时发酵过程中积累的氨基酸、芳香类物质对白酒的香味起着重大作用<sup>[10-12]</sup>。因此, 制酒行业中才有了“曲乃酒之骨、酒曲定酒型”的说法<sup>[8]</sup>。

小麦是固态酿酒制曲的主要原料, 用于制曲的小麦, 其籽粒的硬度、淀粉含量和软度等均有一定要求, 一般说来软质小麦优于硬质小麦, 蛋白质含量不宜过高, 一般在12%左右, 丰富的淀粉含量更利于优质大曲的形成<sup>[13-14]</sup>, 相对说来, 弱筋小麦更适宜优质大曲的制作。长江中下游麦区、西南麦区、黄淮麦区南片是我国弱筋小麦优势产区<sup>[15]</sup>, 选育出的弱筋小麦有扬麦30、扬麦36、皖麦48、豫麦50、郑麦103、绵麦907、绵麦902等, 品质已经接近或达到优质弱筋小麦国家标准。

大曲及其制作工艺是中国白酒与其他5类蒸馏酒(威士忌、伏特加、金酒、白兰地、朗姆酒)的重要酿造差别<sup>[16-19]</sup>, 以生产浓香型白酒需要的中高温大曲为例, 传统的制曲工艺流程主要为原料选择、润麦、粉碎、拌料、成型、安曲、发酵管理、检验、入库贮存等步骤<sup>[20]</sup>。曲坯成型是制曲的关键, 目前采用2种形式: 一是人工踩曲, 另一种是机械压曲<sup>[21]</sup>。20世纪70年代前后, 人工踩曲的制作方式逐步被机械制曲的生产方式所取代<sup>[22]</sup>, 目前, 多数大中型酒厂采用机械制曲, 主要分为搅拌和成型2个工序<sup>[23]</sup>, 用于大曲成型的压曲机主要有液压式、气动式、机械冲压式压曲机3种类型, 其中机械冲压式压曲机的应用最为广泛<sup>[23-24]</sup>。

本研究从我国3大弱筋小麦主产区收集了20个具有制曲潜力的小麦品种, 利用课题组自主设计研发的科研级机械冲压式制曲机(MMC-C1-00000)在前期筛选出的统一制曲参数下<sup>[25]</sup>进行机械制曲, 进一步明确弱筋小麦主产区代表性品种的机械制曲特性, 并探究在弱筋小麦主产区的生产条件下小麦品质指标与大曲感官品质之间的相关性, 以期对弱筋小麦主产区选择适合的机械制曲小麦品种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

扬麦30、扬麦36、扬麦45 江苏里下河地区农业科学研究所; 垦麦58、楚麦47 湖北省农业科学院粮食作物研究所; 荃麦725、荃麦838、皖科421 安徽省农业科学院作物研究所; 绵麦907、绵麦916、绵麦902 绵阳市农业科学研究院; 西科麦8、西科麦546、西科麦475 西南科技大学; 黔麦18、黔麦19、黔麦20、黔麦21、黔麦22 贵州省农业科学院旱粮研究所; 川麦98 四川省农业科学院作物研究所。

## 1.2 仪器与设备

N-500型近红外光谱分析仪 瑞士BUCHI有限公司；HJA12-20型对辊机 曲阜市恒佳农业机械有限公司；JYDX100×40型小麦籽粒硬度指数测定仪 杭州大吉光电仪器有限公司；MMC-C1-00000型科研级压曲机（压制模具大小为长30 cm×宽20 cm） 佑嘉欣液压科技（东台）有限公司；TL-S型无线温度传感器 四川省科学器材公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 样品处理

小麦籽粒样品于2023年6月上旬送至四川绵竹锦鹏食品有限责任公司仓库进行统一储存，6个月后进行统一制曲。

### 1.3.2 大曲制作工艺操作要点

制曲流程包括粉碎、加水拌料、压曲成型、安曲、发酵管理、贮存等步骤<sup>[26]</sup>，其操作要点：粉碎时调整辊距达到将籽粒表皮压成梅花瓣状薄片、麦心压成细粉的要求<sup>[8,27]</sup>；同一品种曲砖采用相同的加水量<sup>[25]</sup>，最终达到料水均匀、无疙瘩、无水眼、无灰包、无生面、手握成团不粘手<sup>[8,27]</sup>；采用科研级压曲机<sup>[28]</sup>，参数统一设置为压制压力8 kN、压制时间15 s、加料量4.5 kg<sup>[25]</sup>，在刚压制完的曲砖上插入无线温度传感器至曲心；曲房地面上铺约5 cm厚的稻壳，进行统一的发酵管理，包括翻曲、合房堆积<sup>[29-30]</sup>，每隔2 h采集一次曲砖的曲心温度，总时长3个月。

### 1.3.3 品质指标测定

小麦籽粒品质指标的测定：取储存6个月后的小麦籽粒，测定蛋白质含量、淀粉含量、水分含量、湿面筋、沉降值、籽粒硬度指数<sup>[15]</sup>；小麦籽粒粉质率：参照GB/T 5493—2008《粮油检验类型及互混检验》测定<sup>[31]</sup>。

### 1.3.4 感官评价

表1 感官指标评分标准

Table 1 Sensory score criteria of sensory indexes

| 项目    | 等级 | 指标要求                           | 评分    |
|-------|----|--------------------------------|-------|
| 香味    | 1  | 香味浓厚纯正或有酱香味，无异味                | 15~20 |
|       | 2  | 曲香淡薄，有异味                       | 10~14 |
|       | 3  | 有异香，有臭气味                       | 1~9   |
| 断面    | 1  | 整齐、泡气，呈灰白色或有黄、红菌斑，菌丝生长丰满，有轻微水圈 | 18~24 |
|       | 2  | 整齐、较泡气，呈灰白或有少量黄、红菌斑，有轻微水圈      | 11~17 |
|       | 3  | 不整齐、死板，有黑心或轻微青霉菌感染             | 1~10  |
| 皮张(L) | 1  | $L \leq 0.5$ cm                | 5~6   |
|       | 2  | $0.5$ cm $< L \leq 1.0$ cm     | 3~4   |
|       | 3  | $L > 1.0$ cm                   | 1~2   |
| 外观    | 1  | 棕黄色或灰白色，穿衣好，表面光滑               | 7~10  |
|       | 2  | 多数为灰白色，有棕黄色，穿衣略差，表面欠光滑         | 4~6   |
|       | 3  | 灰白或小麦粉本色，穿衣差，表面粗糙或有杂菌菌斑        | 1~3   |

感官评价小组共5人，由四川绵竹锦鹏食品有限责任公司内部多年从事制曲、评价的工作人员组成，参考文献[25]的方法从香味、断面、皮张、外观4个方面对大曲进行评分，取5人的平均分，满分60分。大曲感官评价标准见表1。

## 1.4 数据处理

利用微软Excel 2019进行基本图表的绘制；利用R语言中的dist函数（Euclidean算法）计算距离矩阵，hclust函数（Ward.D2法）进行层次聚类分析；利用psych程序包进行相关性分析，包括计算相关系数及显著性水平；利用FactoMineR程序包中的PCA函数、factoextra程序包中的fviz\_pca\_var函数进行主成分分析（principal component analysis, PCA）及其可视化。

## 2 结果与分析

### 2.1 小麦籽粒品质特性分析

所用20个品种小麦来自我国弱筋小麦优势产区<sup>[15]</sup>，其中来自长江中下游麦区的有扬麦30、扬麦36、扬麦45、垦麦58、楚麦47，来自西南麦区的小麦品种有川麦98、绵麦907、绵麦916、绵麦902、西科麦8、西科麦546、西科麦475、黔麦18、黔麦19、黔麦20、黔麦21、黔麦22，来自黄淮麦区南片的小麦品种有荃麦725、荃麦838、皖科421。20个品种小麦籽粒品质性状见表2。

表2 20个品种小麦籽粒的品质性状

Table 2 Grain quality traits of 20 wheat varieties

| 品种         | 蛋白质量<br>分数/% | 水分质量<br>分数/% | 淀粉质量<br>分数/% | 湿面筋<br>质量分数/% | 沉降值/<br>mL | 容重/<br>(g/L) | 硬度<br>指数 | 粉质率  |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------------|--------------|----------|------|
| 楚麦47       | 12.90        | 11.90        | 67.90        | 32.60         | 34.20      | 822.76       | 61.15    | 0.64 |
| 垦麦58       | 14.50        | 12.10        | 66.00        | 34.00         | 43.20      | 824.37       | 69.05    | 0.05 |
| 绵麦902      | 12.90        | 11.90        | 67.90        | 31.00         | 34.90      | 800.28       | 48.20    | 0.85 |
| 绵麦907      | 12.70        | 11.80        | 65.30        | 30.30         | 46.00      | 806.32       | 67.40    | 0.25 |
| 绵麦916      | 12.00        | 11.80        | 69.60        | 29.10         | 29.80      | 798.16       | 49.35    | 0.81 |
| 黔麦18       | 13.60        | 13.00        | 64.80        | 33.50         | 47.00      | 799.15       | 58.90    | 0.16 |
| 黔麦19       | 14.10        | 13.90        | 66.00        | 34.30         | 44.40      | 812.75       | 58.60    | 0.31 |
| 黔麦20       | 12.70        | 14.00        | 67.90        | 31.20         | 30.10      | 732.82       | 58.80    | 0.40 |
| 黔麦21       | 13.30        | 14.20        | 67.40        | 32.50         | 37.10      | 754.55       | 69.35    | 0.21 |
| 黔麦22       | 15.30        | 13.20        | 63.20        | 35.70         | 55.00      | 807.47       | 61.15    | 0.08 |
| 荃麦725      | 13.50        | 12.40        | 66.00        | 34.60         | 48.80      | 711.00       | 56.20    | 0.11 |
| 荃麦838      | 13.70        | 13.00        | 67.50        | 30.80         | 55.00      | 843.03       | 54.70    | 0.33 |
| 皖科421      | 14.30        | 12.40        | 66.60        | 32.40         | 59.80      | 802.98       | 55.45    | 0.07 |
| 西科麦<br>475 | 13.90        | 13.90        | 65.20        | 33.40         | 55.40      | 768.77       | 62.05    | 0.03 |
| 西科麦<br>546 | 13.70        | 11.90        | 66.40        | 32.90         | 54.50      | 765.98       | 72.85    | 0.08 |
| 西科麦8       | 11.30        | 12.00        | 67.10        | 26.40         | 38.50      | 754.64       | 54.75    | 0.40 |
| 扬麦30       | 12.90        | 12.10        | 67.50        | 32.00         | 38.40      | 768.09       | 56.30    | 0.44 |
| 扬麦36       | 14.10        | 12.50        | 67.30        | 32.30         | 46.10      | 790.99       | 56.25    | 0.46 |
| 扬麦45       | 14.70        | 12.30        | 67.50        | 36.60         | 50.00      | 811.44       | 52.65    | 0.40 |
| 川麦98       | 11.20        | 12.00        | 68.10        | 25.20         | 29.20      | 730.00       | 65.30    | 0.84 |
| 平均值        | 13.37        | 12.62        | 66.76        | 32.04         | 43.87      | 785.28       | 59.42    | 0.35 |

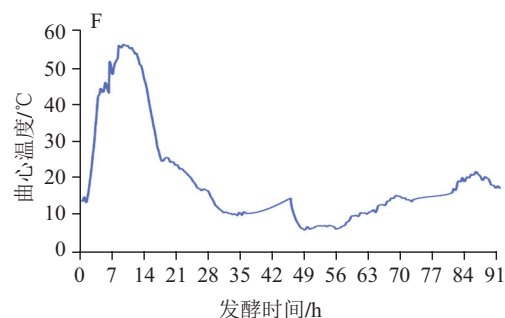
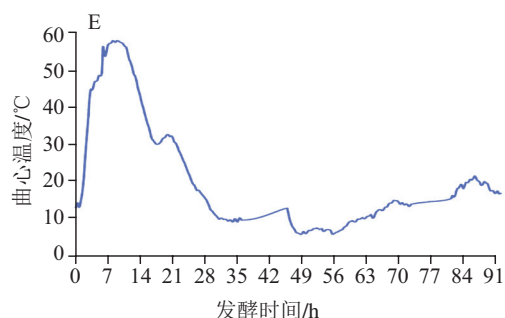
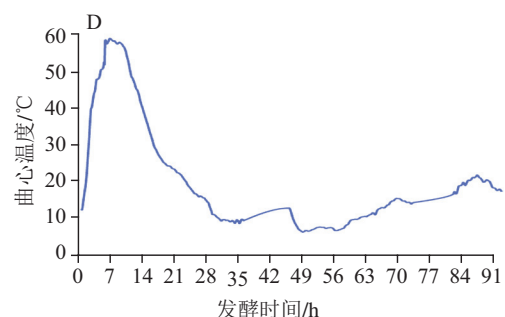
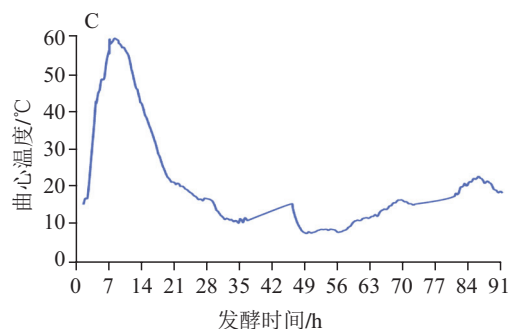
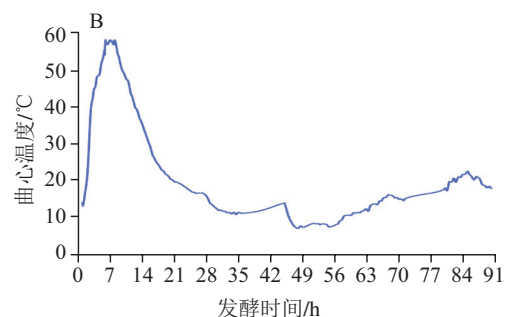
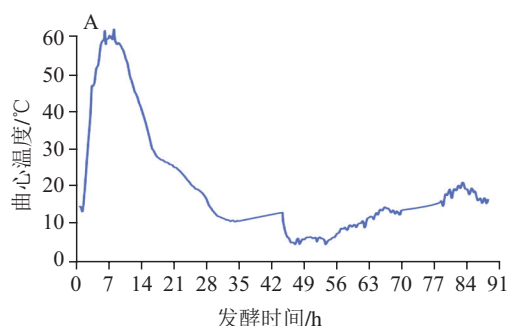
由表2可知，20个品种小麦籽粒蛋白质、淀粉、水分、湿面筋质量分数存在明显的差异，20个品种小麦籽粒蛋白质量分数为11.20%~15.30%、平均值为13.37%，其中黔麦22最高、川麦98最低，质量分数<12.5%（弱筋）的有3个品种，质量分数>14%（强筋）的有6个品种。水分质量分数为11.80%~14.20%、

平均值为12.62%，其中黔麦21最高，绵麦907、绵麦916最低。淀粉质量分数为63.20%~69.60%，平均值为66.76%，其中绵麦916最高、黔麦22最低，质量分数>67.5%的有5个品种，质量分数<65.5%的有4个品种。湿面筋质量分数为25.20%~36.60%，平均值为32.04%，其中扬麦45最高、川麦98最低，质量分数<32%的有7个品种，质量分数>34%的有4个品种。沉降值在29.20~59.80 mL之间，平均值为43.87 mL，其中皖科421最高、川麦98最低，沉降值<38.50 mL的有7个。容重为711.00~843.03 g/L，平均值为785.28 g/L，其中荃麦725最低、荃麦838最高，其中容重>770 g/L的有12个小麦品种。硬度指数为48.20~72.85，平均值为59.42，其中西科麦54最高、绵麦902最低，其中硬度指数<56.30的有8个小麦品种。根据国家小麦品种品质分类（GB/T 17320—2013）<sup>[32]</sup>，硬度指数<50（弱筋）的有2个品种，硬度指数≥60（中强筋、强筋）的品种有8个，大部分为50~60（中筋）。粉质率为0.03~0.85，平均值为0.35，其中绵麦902最高、西科麦475最低，其中粉质率>0.70的有3个品种，粉质率<0.44的有14个品种。

总的说来，在所测的品质指标中，大部分品种小麦介于弱筋和中筋之间，达到弱筋小麦标准的品种少，市场上还是以中筋品种为主<sup>[15]</sup>，大部分制曲企业获得的小麦原粮多以中筋品种为主，因此对于弱筋小麦制曲的研究比较少<sup>[25]</sup>。

## 2.2 不同品种小麦制备中高温大曲的曲心最高温度

制曲温度对白酒风格影响很大<sup>[33]</sup>。利用这20个品种小麦制备浓香型中高温大曲（每个品种6~8次重复），并分析大曲发酵过程中曲心温度的变化，从3个主产区各选取2个代表性品种，其中长江中下游麦区为扬麦30、垦麦58，西南麦区为绵麦902、黔麦19，黄淮麦区南片为皖科421、荃麦838。由图1可知，在中高温大曲发酵过程中，大曲的曲心温度在入曲房后快速上升，在7 d后到达峰值，保持2~3 d后曲温随即下降，而后趋于稳定，总体趋势与前人研究中高温大曲曲心温度变化趋势一致<sup>[34-35]</sup>，均符合中高温大曲培曲特点。



A.扬麦30; B.垦麦58; C.绵麦902; D.皖科421; E.黔麦19; F.荃麦838。

图1 不同品种小麦制备中高温大曲发酵过程中曲心温度变化

Fig. 1 Core temperature changes during fermentation of medium-high temperature Daqu prepared from different wheat varieties

浓香型大曲在发酵过程中达到的最高温度是影响大曲水分、微生物群落结构等指标的重要因素,决定了大曲的风格与品质,优质中高温大曲曲心温度一般可达到50~60℃<sup>[35-37]</sup>。由图2可知,除绵麦916外,其他19个品种小麦制备的中高温大曲曲心最高温度均在50℃以上,基本符合中高温大曲曲心温度标准,其中曲心最高温度 $\geq 55$ ℃的有11种,分别为扬麦30、绵麦902、川麦98、西科麦8、楚麦47等中/弱筋小麦品种;曲心温度 $< 55$ ℃的有9种,分别为黔麦21、黔麦18、西科麦475、荃麦725等中/强筋小麦品种。有研究显示,浓香型大曲制曲(曲心)温度60℃比56℃时制得的酒曲香气更加浓郁<sup>[36]</sup>,本研究发现中/弱筋小麦更易形成更高的曲心温度,更利于形成品质优异的大曲。

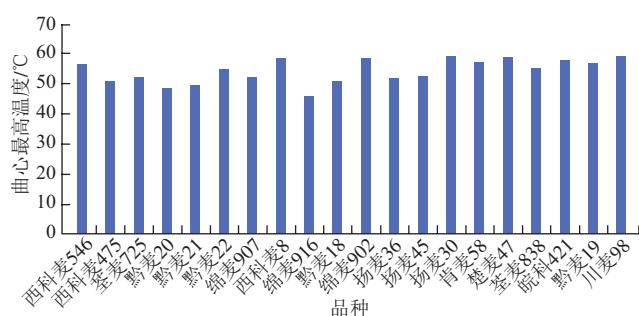


图2 20个不同品种小麦制备中高温大曲的曲心最高温度

Fig. 2 Maximum core temperature of medium-high temperature Daqu prepared from 20 different wheat varieties

### 2.3 不同品种小麦制备中高温大曲的感官评价

由图3可知,14个品种小麦制备的中高温大曲感官评分为合格( $\geq 36$ ),其中西科麦8号所制大曲感官评分最高为43.17,黔麦18最低为26.20,感官评分 $> 40$ 的包括西科麦8、绵麦902、扬麦36、扬麦30等中/弱筋品种,感官评分 $< 36$ 的包括黔麦20、黔麦18等中强筋品种。一般说来,弱筋粉质小麦所制成的大曲在感官评价上往往能呈现出较高的分数<sup>[25]</sup>。

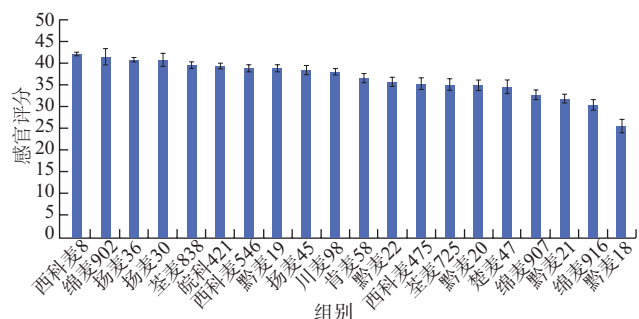


图3 20个不同品种小麦制备中高温大曲感官评分

Fig. 3 Sensory score of medium-high temperature Daqu prepared from 20 different wheat varieties

### 2.4 不同品种小麦及其制备中高温大曲品质的聚类分析

由图4可知,在欧氏距离(横轴)8~9之间时,20个小麦品种制备的中高温大曲品质分成3个聚类群:第I类群为扬麦36、扬麦45、黔麦19、皖科421、荃麦838、绵麦907、黔麦18、西科麦546、荃麦58、黔麦22、西科麦475、荃麦725;第II类群为川麦98、西科麦8、楚麦47、扬麦30、绵麦902;第III类群为绵麦916、黔麦20、黔麦21。其中,第II类群中扬麦30、绵麦902、西科麦8的感官评分均大于40,并且均为弱筋小麦<sup>[15,37]</sup>,而楚麦47与川麦98的感官评分相对较低,可能是由于其硬度相对较高而不利于制曲<sup>[25]</sup>。扬麦36(感官评分41.83)、扬麦45(感官评分39.50)、黔麦19(感官评分39.83)、皖科421(感官评分40.33)、荃麦838(感官评分40.67)属于第I类群中的第1亚类群(欧氏距离为3.2~8.0),以中筋麦居多;绵麦907(感官评分33.50)、黔麦18(感官评分26.20)、西科麦546(感官评分39.83)、荃麦58(感官评分37.50)、黔麦22(感官评分36.60)、西科麦475(感官评分36.17)、荃麦725(感官评分36.00)属于第I类群中的第2亚类群(欧氏距离为6.0~8.0),以中强筋麦居多。第III类群样本数量较少,3个品种小麦制备中高温大曲的感官评分均较低,其中弱筋小麦绵麦916的感官评分偏低为31.20,这与弱筋小麦绵麦902(感官评分42.50)差异较大,造成这一差异的品质、工艺因素还需要进一步的研究。

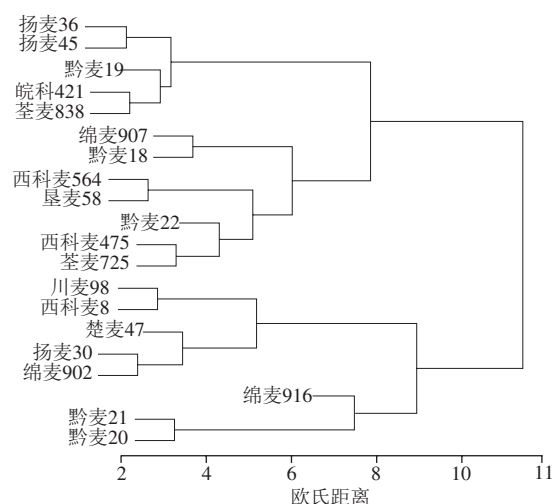


图4 20个不同品种小麦籽粒品质与大曲感官评分的聚类分析  
Fig. 4 Cluster analysis of grain quality of 20 different wheat varieties and Daqu sensory score

通过比较主要类群I-1、I-2以及II之间的籽粒及其大曲感官品质(表3)可知,弱筋品种小麦具有比中强筋品种更好的制曲特性,这一结果与马攀<sup>[25]</sup>研究结果一致。

表3 聚类分析中主要(亚)类群间小麦籽粒品质性状及其制备中高温大曲品质的比较

Table 3 Comparison of wheat grain quality traits and the quality of medium-high temperature Daqu prepared therefrom among main (sub)groups in cluster analysis

| 类群  | 蛋白质<br>分数/%        | 水分<br>分数/%         | 淀粉<br>质量分数/%       | 湿面筋<br>质量分数/%      | 沉降<br>值/mL         | 容重<br>(g/L) | 硬度<br>指数           | 粉质率               | 曲心最高<br>温度/℃       | 外观<br>评分 | 香气<br>评分           | 断面<br>评分           | 感官<br>总评分          |
|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I-1 | 14.18 <sup>a</sup> | 12.82 <sup>a</sup> | 66.98 <sup>b</sup> | 33.28 <sup>a</sup> | 51.06 <sup>c</sup> | 812.24      | 55.53 <sup>a</sup> | 0.31 <sup>a</sup> | 56.61 <sup>a</sup> | 7.03     | 14.33 <sup>a</sup> | 19.30 <sup>a</sup> | 40.43 <sup>a</sup> |
| I-2 | 13.89 <sup>a</sup> | 12.61 <sup>a</sup> | 65.27 <sup>a</sup> | 33.49 <sup>a</sup> | 49.99 <sup>a</sup> | 783.30      | 63.94 <sup>b</sup> | 0.11 <sup>a</sup> | 55.30 <sup>a</sup> | 6.43     | 12.04 <sup>a</sup> | 16.62 <sup>a</sup> | 35.11 <sup>a</sup> |
| II  | 12.24 <sup>b</sup> | 11.98 <sup>b</sup> | 67.70 <sup>b</sup> | 29.44 <sup>b</sup> | 35.04 <sup>b</sup> | 775.15      | 57.14 <sup>b</sup> | 0.63 <sup>b</sup> | 60.64 <sup>b</sup> | 6.93     | 14.73 <sup>b</sup> | 19.30 <sup>b</sup> | 40.96 <sup>b</sup> |

注: 同列小写字母不同表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 2.5 不同品种小麦品质指标与大曲感官评价关联性分析

对20个品种小麦的品质指标及其制备的中高温大曲感官评分进行PCA, 由图5可知, PC1、PC2对总变异的方差贡献率分别为36.1%、24.8%。小麦粉质率、淀粉含量、大曲断面评分之间的夹角较小, 且贡献度均较大, 表明他们之间具有较强的正关联。表4中相关性分析结果也显示大曲断面评分与小麦粉质率、淀粉含量呈显著正相关; 大曲外观评分、香气评分、感官总评分和曲心最高温度之间夹角较小, 且贡献度较大, 表明曲心最高温度与大曲感官评分正关联, 表4中曲心最高温度与外观、香气、感官总评分之间的相关系数分别为0.605、0.755、0.685, 均达到极显著水平; 湿面筋、蛋白质含量以及沉降值之间的夹角较小, 但与感官评分指标之间的夹角近90°, 表明湿面筋、蛋白质含量、沉降值与感官评分之间的相关性较小, 在表4的相关性分析中也不存在显著性。此外, 表4中硬度与断面评分显著负相关, 但在PCA载荷图中硬度的贡献度较小, 不足淀粉含量、粉质率等变量贡献度的50%。较之北方冬麦区, 弱筋小麦主产区的小麦籽粒平均硬度相对较低<sup>[15]</sup>, 更利于大曲的制作<sup>[25]</sup>, 在弱筋小麦主产区的市场交易上较易获得硬度较低的原粮, 硬度不是主要的制约因素, 但在北方冬麦区收购制曲原粮时, 需要同时考虑籽粒硬度较小的小麦。

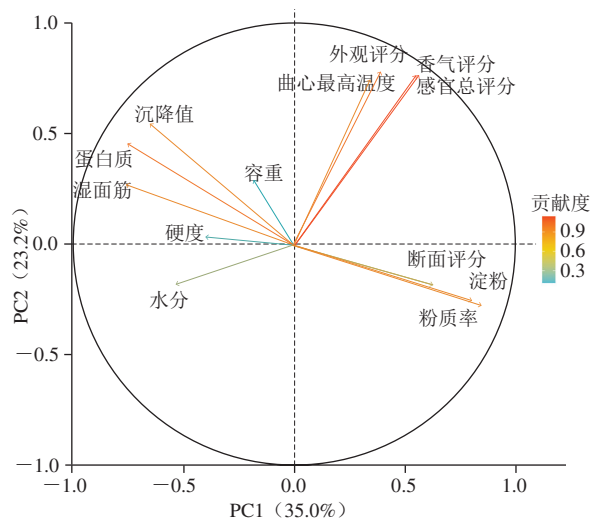


图5 20个不同品种小麦籽粒品质及其制备中高温大曲感官评分的PCA载荷图

Fig. 5 Principal component analysis loading plot of grain quality of 20 different wheat varieties and medium-high temperature Daqu sensory score

上述结果表明, 在弱筋小麦主产区, 小麦的粉质率、淀粉含量以及大曲曲心最高温度是影响大曲断面以及感官评分的主要因素。在多数情况下, 弱筋小麦更利于中高温大曲品质的提高<sup>[15,25,38]</sup>, 在弱筋小麦主产区也更易获得有利于制备中高温大曲的小麦原粮, 根据本研究的结果, 在弱筋小麦主产区可以选择粉质率和淀粉含量高的弱筋小麦作为制备中高温大曲的优异原粮。但现实酒曲生产的情况是弱筋小麦使用不足, 多数情况下使用中筋小麦, 这是因为弱筋小麦在市场上的占比较低, 比如2024年我国小麦总产14 010万 t<sup>[39]</sup>, 其中弱筋红小麦的产量仅约400万 t<sup>[40]</sup>, 占比不足3%, 不易获得大宗交易。因此, 进一步加大弱筋小麦的生产更有利于酒行业的发展。

表4 20个不同品种小麦籽粒品质及其制备中高温大曲感官评分之间的相关性

Table 4 Correlation between grain quality of 20 different wheat varieties and sensory score of prepared medium-high temperature Daqu

| 指标     | 蛋白<br>质量分数 | 水分<br>质量分数 | 淀粉<br>质量分数 | 湿面筋<br>质量分数 | 沉降值      | 容重     | 硬度指数    | 粉质率    | 曲心最高<br>温度 | 外观评分    | 香气评分    | 断面评分  |
|--------|------------|------------|------------|-------------|----------|--------|---------|--------|------------|---------|---------|-------|
| 水分     | 0.335      |            |            |             |          |        |         |        |            |         |         |       |
| 淀粉     | -0.585**   | -0.294     |            |             |          |        |         |        |            |         |         |       |
| 湿面筋    | 0.902**    | 0.335      | -0.512*    |             |          |        |         |        |            |         |         |       |
| 沉降值    | 0.738**    | 0.149      | -0.655**   | 0.563**     |          |        |         |        |            |         |         |       |
| 容重     | 0.463*     | -0.133     | -0.121     | 0.308       | 0.311    |        |         |        |            |         |         |       |
| 硬度     | 0.098      | 0.145      | -0.381     | 0.062       | 0.119    | -0.152 |         |        |            |         |         |       |
| 粉质率    | -0.647**   | -0.400     | 0.763**    | -0.586**    | -0.768** | -0.020 | -0.472* |        |            |         |         |       |
| 曲心最高温度 | -0.062     | -0.401     | -0.055     | -0.177      | 0.061    | 0.150  | 0.091   | 0.105  |            |         |         |       |
| 外观评分   | 0.070      | -0.238     | 0.263      | -0.015      | 0.174    | 0.072  | -0.107  | 0.086  | 0.605**    |         |         |       |
| 香气评分   | -0.070     | -0.309     | 0.234      | -0.240      | 0.009    | 0.016  | -0.153  | 0.262  | 0.755**    | 0.768** |         |       |
| 断面评分   | -0.343     | -0.335     | 0.611**    | -0.413      | -0.288   | 0.038  | -0.514* | 0.536* | -0.171     | 0.094   | 0.201   |       |
| 感官总分   | -0.056     | 0.258      | 0.242      | -0.232      | 0.067    | -0.044 | -0.195  | 0.224  | 0.685**    | 0.818** | 0.970** | 0.240 |

注: \*.显著 ( $P < 0.05$ ); \*\*.极显著 ( $P < 0.01$ )。

### 3 结 论

该研究收集了来自3个弱筋小麦主产区、具有潜在制曲专用特性的20个小麦品种（扬麦30、扬麦36、扬麦45、垦麦58、楚麦47、荃麦725、荃麦838、皖科421、绵麦907、绵麦916、绵麦902、西科麦8、西科麦546、西科麦475、黔麦18、黔麦19、黔麦20、黔麦21、黔麦22、川麦98），分析其品质特性及其制备中高温大曲特性，并探究了不同品种小麦品质指标及其制备中高温大曲感官品质的相关性。结果表明，20个小麦品种中弱筋（硬度指数<50）小麦2种，中强筋、强筋（硬度指数≥60）8种，中筋（硬度指数50~60）10种；20个小麦品种制备中高温大曲曲心温度变化符合中高温大曲培曲特点；除绵麦916外，其他19个品种小麦制备的中高温大曲曲心最高温度均在50℃以上；西科麦8、绵麦902、扬麦36、扬麦30等14种小麦所制大曲感官评分达到合格（感官评分≥36）。小麦品质指标及其制备中高温大曲感官品质的相关性结果表明，小麦品种的淀粉含量、粉质率及其曲心最高温度决定大曲香气、外观、断面以及总评分等感官指标。因此选择淀粉含量与粉质率较高的小麦更利于制备中高温大曲。

### 参考文献:

- [1] 国家统计局. 关于2024年粮食产量数据的公告[N]. 中国信息报, 2024-12-13(001).
- [2] 赵晓芳, 尹大宽, 袁豪, 等. 四川小麦新品种(系)的制曲品质性状评价[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(3): 390-396.
- [3] 陈锦民. 基于产业链视角的白酒酿造用粮价格形成机制研究[D]. 成都: 四川大学, 2021.
- [4] 邹凤亮, 何员江, 朱自忠, 等. 酿酒专用小麦研究进展[J]. 麦类作物学报, 2023, 43(10): 1351-1360.
- [5] ZHENG X W, TABRIZI M R, NOUT M J R, et al. Daqu: a traditional Chinese liquor fermentation starter[J]. J I Brewing, 2012, 117(1): 82-90.
- [6] 汪凌旭, 易卓林, 赵海, 等. 浓香型大曲菌系、酶系的研究进展[J]. 四川轻化工大学学报(自然科学版), 2021, 34(5): 17-25.
- [7] 马鹏. 高酯化力、糖化力和液化力霉菌的筛选及强化大曲的研究[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.
- [8] 余乾伟. 传统白酒酿造技术[M]. 2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2021: 131.
- [9] 王柏文, 吴群, 徐岩, 等. 中国白酒酒曲微生物组研究进展及趋势[J]. 微生物学通报, 2021, 48(5): 1737-1746.
- [10] 唐玉明, 沈才洪, 任道群, 等. 酒曲理化品质指标相关性探讨[J]. 酿酒科技, 2006(7): 37-41.
- [11] FAN G S, FU Z L, TENG C, et al. Comprehensive analysis of different grades of roasted-sesame-like flavored Daqu[J]. Int J Food Prop, 2019, 22: 1205-1222.
- [12] 杨佳, 董智超, 沈小娟, 等. 糯小麦大曲对泸型酒酿造的影响[J]. 酿酒科技, 2015(5): 60-64.
- [13] 王超, 张宿义, 董异, 等. 丢糟、淀粉生产浓香型大曲工艺的初步研究[J]. 酿酒科技, 2016(7): 27-31; 36.
- [14] 易卓林, 靳艳玲, 张婧, 等. 制曲专用小麦研究进展[J]. 农业与技术, 2025, 45(7): 1-5.
- [15] 程顺和, 高德荣, 张晓. 中国弱筋小麦(精)[M]. 江苏: 江苏凤凰科学技术出版社, 2024: 19.
- [16] JIA W, FAN Z B, DU A, et al. Recent advances in Baijiu analysis by chromatography based technology: a review[J]. Food Chem, 2020, 324: 26899.
- [17] BARRIOS-GONZÁLEZ J. Solid-state fermentation: physiology of solid medium, its molecular basis and applications[J]. Process Biochem, 2012, 47(2): 175-185.
- [18] BRAR K K, AGAWAL D, CHADHA B S, et al. Evaluating novel fungal secretomes for efficient saccharification and fermentation of composite sugars derived from hydrolysate and molasses into ethanol[J]. Bioresource Technol, 2019, 273: 114-121.
- [19] 余有贵, 黄小贝, 伍强, 等. 固态法白酒与白兰地之间风味差异的主要原因分析[J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2022, 19(1): 73-81.
- [20] 钟莉, 郑佳, 彭志云, 等. 五粮液“包包曲”的生产特点和展望[J]. 酿酒科技, 2017(6): 37-43.
- [21] 孟遥志, 石艳, 廖映华, 等. 多工位回转复合型压曲机结构设计[J]. 包装与食品机械, 2023, 41(4): 84-89.
- [22] 韦唯. 机械制曲仿生压曲机构关键技术研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2018.
- [23] 付捷, 刘木华, 罗钢, 等. 机械制曲成套设备研制[J]. 酿酒, 2007, 34(3): 42-43.
- [24] 付捷, 王瑛, 罗钢. 一种新型酒厂制曲压块机[J]. 包装与食品机械, 2006, 24(4): 46-47.
- [25] 马攀. 不同小麦品种机械制曲工艺及其特性[D]. 雅安: 四川农业大学, 2024.
- [26] 付捷, 王瑛. 我国酒厂制曲压块机的现状与发展方向[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(5): 29-30.
- [27] 付捷, 刘木华, 罗钢, 等. 机械制曲成套设备研制[J]. 酿酒, 2007, 34(3): 42-43.
- [28] 万洪深, 杨武云, 李俊, 等. 一种底部活动式酒曲压块设备及其保持控制系统: CN2024101222737[P]. 2024-01-27.
- [29] 王贤, 丁琳. 中高温大曲制曲过程关键控制点探析[J]. 酿酒科技, 2015(3): 87-89.
- [30] 邓子新. 中国酒曲制作技艺研究与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2020.
- [31] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 粮油检验 类型及互混检验: GB/T 5493—2008[S]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [32] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 小麦品种品质分类: GB/T 17320—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [33] 周恒刚. 不同发酵温度对高级醇生成的影响[J]. 酿酒科技, 1996(4): 74.
- [34] 张艳, 孟勤燕, 杨美媛, 等. 凤型大曲培曲阶段不同部位理化指标动态变化及微生物群落演替规律分析[J]. 酿酒科技, 2022(3): 35-46.
- [35] 杨勇, 李燕荣, 姜雷, 等. 中高温大曲曲块部位间生化指标的差异及变化规律[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(19): 73-78.
- [36] 黄敏岚, 方冬冬. 浓香型大曲制曲温度对曲质的影响[J]. 食品安全导刊, 2023(2): 87-90.
- [37] 张晓, 李曼, 刘大同, 等. 扬麦系列品种品质性状分析及育种启示[J]. 中国农业科学, 2020, 53(7): 1309-1321.
- [38] 孟秀蓉, 熊飞, 孔好, 等. 强、中、弱筋小麦籽粒中淀粉、蛋白质积累和淀粉体发育的比较[J]. 作物学报, 2009, 35(5): 962-966.
- [39] 国家统计局. 中华人民共和国2024年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2025-02-28). [https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202502/t20250228\\_1958817.html](https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202502/t20250228_1958817.html)
- [40] 北京博研智尚信息咨询有限公司. 2025年中国弱筋红小麦市场占有率及行业竞争格局分析报告[R]. 北京: 北京博研智尚信息咨询有限公司, 2025.