

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.06.006

不同季节李渡特香型白酒发酵特性比较

Comparative study on fermentation characteristics of Lidu Texiang liquor brewed in different seasons

李 杰^{1,2} 汤向阳³ 余有贵^{1, 2, 4}

LI Jie^{1,2} TANG Xiang-yang³ YU You-gui^{1,2,4}

伍 强^{1,2} 朱栋才³ 何红梅⁴

WU Qiang^{1,2} ZHU Dong-cai³ HE Hong-mei⁴

(1. 邵阳学院, 湖南 邵阳 422000; 2. 生态酿酒技术与应用湖南省重点实验室, 湖南 邵阳 422000;

3. 江西李渡酒业有限公司, 江西 南昌 331725; 4. 国家酒类产品质量监督检验中心, 湖南 长沙 410004)

(1. College of Food and Chemical Engineering, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China;

2. Hunan Key Laboratory of Ecological Brewing Technology and Application, Shaoyang, Hunan 422000, China;

3. Jiangxi Li Du Liquor Company Limited, Nanchang, Jiangxi 331725, China;

4. National Center for Alcohol Product Quality Supervision and Inspection, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:对不同季节李渡特香型白酒的发酵温度、水分、酸度、淀粉、酒精含量以及新酒总酸总酯、微量成分、出酒率、感官指标进行了测定。结果表明:旺季、平季、淡季入窖温度有显著差异,旺季入窖温度为 16~19 °C,平季、淡季入窖温度为 20~25 °C,发酵快慢及顶温不同;旺季、平季、淡季的入窖酸度范围分别为 1.1~1.4, 1.2~1.5, 1.4~1.8 mmol/10 g,其出窖酒醅酸度、新酒总酸含量依次递增且差异显著;旺季、平季、淡季的入窖水分分别在 56%~58%, 57%~59%, 58%~60%,其入窖淀粉浓度和出窖酒醅酒精含量依次递减且差异显著,而不同季节新酒微量成分也存在差异。综上,旺季新酒产品质量好,应在平季、淡季尽量降低入窖温度,提高入窖水分,降低酒糟淀粉含量,以期控制酒糟酸度,提升新酒品质。

关键词:特香型白酒;季节变化;发酵;新酒;特性

Abstract: To study on the characteristics of condition of the fer-

menting grain entering the cellar and the original spirits of Lidu Texiang liquor in different seasons, the fermented temperature, moisture, acidity, starch and alcohol content of the fermenting grains were measured, and total acids and esters content, trace components, alcohol yield and sensory evaluation of original spirits were analyzed. The results showed that the fermented temperature presented significant differences in peak season, shoulder season and slack season. The cellar entry temperature is 16~19 °C in peak season, and the cellar entry temperature is 20~25 °C in the shoulder season and slack season. The fermentation speeds and overhead temperatures were different. The acidities of the fermenting grains in peak season, shoulder season and slack season were 1.1~1.4, 1.2~1.5 and 1.4~1.8 mmol/10 g, respectively. Besides, significant differences in acidity and total acids and esters content of wine were appeared in these seasons. Moisture entering the cellar during the peak season is 56%~58%, the shoulder season is 57%~59%, and the slack season is 58%~60%. Moreover, the starch in fermenting grains and the alcohol content in fermented grains in peak, shoulder and slack seasons revealed in descending order, and the obvious differences of the starch and alcohol content in grains and microconstituents in different seasons is found. It is noted that the quality of original spirits in peak season had advantage over shoulder season and slack season. Considering the fermentation characteristics of Texiang liquors in different seasons, in order to reduce the acidity of fermented grains and even improve the quality of new liquor, in shoulder season and slack season, the fermented temperature and

基金项目:湖南省教育厅科学研究重点项目(编号:18A383);邵阳市科技计划重点项目(编号:2018CG18);邵阳学院 2018 年研究生科研创新项目(编号:CX2018SY034);湖南省研究生科研创新项目(编号:CX2018B818);邵阳学院研究生科研创新项目(编号:CX2016SY020);湖南省教育厅科学研究优秀青年项目(编号:19B505);湖南省大学生创新创业训练计划项目(编号:2017[205]607, 2018[147]-894, 2019[100]-1886)

作者简介:李杰,男,邵阳学院在读硕士研究生。

通信作者:余有贵(1964—),男,邵阳学院教授,博士。

E-mail: yufly225@163.com

收稿日期:2019-12-26

the starch content in fermenting grains should be kept at a lower level and the moisture in fermenting grains at a higher level. This study will provide a theoretical basis for adjusting the brewing process of Texiang liquor in different seasons.

Keywords: Texiang liquor; season changes; fermentation; original spirits; characteristics

白酒是中国传统的蒸馏酒,其历史悠久,工艺独特,是世界著名六大蒸馏酒之一。白酒是以淀粉质(或糖质)为酿酒原料,以大曲、小曲或麸曲及酒母等为糖化发酵剂,经蒸煮、糖化、发酵(固态、半固态或液态发酵)、蒸馏、贮存、勾调而成的蒸馏酒,因酿酒原料、地理位置与酿造工艺不同,所酿白酒呈现出不同的风味特点^[1];按香型可分为浓香型、清香型、酱香型、特香型等 12 种^[2]。江西李渡酒是特香型白酒代表之一,是一种兼有酱香型、浓香型和清香型的复合香型白酒^[3],其以整粒大米为酿酒原料,以麦麸加酒糟制得的偏高温大曲为糖化发酵剂,经红褚条石窖固态发酵、混蒸续糟“四甑”操作、固态甑桶蒸馏而得新酒,采用陶坛陈酿、勾兑调味而成,酒体具有色泽清亮,味甘醇厚,香雅馥郁,回味悠长的特色^[4]。

中国传统固态白酒的发酵具有自然属性,不同季节酿酒对酒品质有一定影响,尹小满等^[5]研究发现冬春季浓香型白酒的酒质优于夏秋季,但产量较夏秋季低。马连松^[6]发现在四季分明的鲁西地区,结合季节特点调整糟醅入窖条件可提高白酒产质量,同时减少酿酒生产损耗。目前,关于特香型白酒在不同酿酒季节的发酵与产酒质量的研究尚未见报道。试验拟以不同酿酒季节李渡特香型白酒为研究对象,对不同季节的窖池发酵和酒质特性进行比较,旨在探究不同季节特型白酒发酵过程的变化规律,为深入了解季节变化与发酵酒质的关系提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

富硒大米:江西省崇仁县盛盈精制米厂;

偏高温大曲:江西李渡酒业有限公司;

发酵窖池:红褚条石窖(长 2.7 m,宽 2.2 m,深 1.4 m),江西李渡酒业遗址酿酒车间;

氢氧化钠:分析纯,西陇化工股份有限公司;

无水乙醇:分析纯,天津玉福泰化学试剂有限公司;

邻苯二甲酸氢钾、次甲基蓝、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、四水合酒石酸钾钠:广州光华科技股份有限公司;

叔戊醇、乙酸正戊酯、二乙基正丁酸:色谱纯,迪马科技有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

气相色谱仪:7820A 型,配备毛细管柱分流进样系统,美国 Agilent 公司;

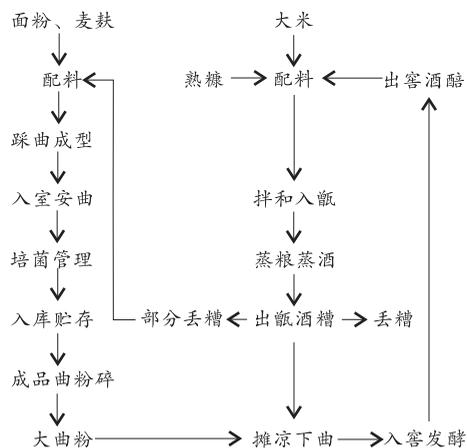
电子分析天平:JZT-3MX 型,南昌明星衡器制造有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-4 型,常州市鑫鑫试验仪器有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9030A 型,上海培因实验仪器有限公司。

1.2 方 法

1.2.1 工艺流程



1.2.2 样品采集 结合当地气候特点,选取旺季(1月)、淡季(7月)和平季(11月)3季按 1.2.1 进行试验,记录发酵过程的温度,酿酒糟醅理化指标及产酒情况,每季各选取 9 个发酵情况相近的试验窖池,共计 27 个样品。入窖酒糟于晾堂上采集,出窖酒醅于窖池中采集;酒样从每甑蒸馏取酒的综合样中取两个,分别用于理化及微量成分检测与感官品评。

1.2.3 指标测定

(1) 水分含量:采用直接干燥法^[7]。

(2) 糟醅的酸度:采用酸碱滴定法^[8]。

(3) 糟醅的淀粉含量:采用斐林试剂法^[9]。

(4) 糟醅的酒精含量:采用蒸馏法^[10]。

(5) 新酒总酸总酯含量:采用中和滴定法^[11]。

(6) 新酒微量成分:参照文献^[12]。色谱柱为 J&W CP-WAX 毛细管柱(50 m×0.25 mm×0.2 μm)。进样口温度 230 °C,检测器温度 250 °C,柱温 40 °C 平衡 5 min,以 3 °C/min 升温至 100 °C,再以 8 °C/min 升温至 150 °C,继而以 15 °C/min 升温至 199 °C 后保持 25 min。

(7) 感官评定:10 名评酒员暗评酒样,百分制打分,新酒感官评定表见表 1。

1.2.4 数据处理 采用 Origin 8.0 软件进行图表绘制。使用 SPSS 22.0 软件对数据进行方差分析(One-way),结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 发酵温度的变化

由图 1 可知,不同季节窖池中的温度均表现为前期升温较快、中期相对稳定、后期缓降后基本稳定。旺季入窖温度为 16~19℃,发酵前期窖池升温较缓,入窖第 10~13 天达顶温 32~34℃;平季、淡季发酵前期升温较快,曲线较接近,第 6~9 天达顶温 35~36℃,且淡季顶

温略高于平季。此外,平季与淡季的入窖温度差异不显著($P>0.05$),其他季节的差异显著($P<0.05$)。微生物在白酒酿造过程中发挥着重要作用,酵母菌、霉菌最适温度为 28℃,某些耐酸性强的细菌最适温度为 32~36℃^[13]。旺季入窖温度低,微生物代谢活动较缓慢,升温较慢,发酵过程的顶温低于其他季节。低温入窖有利于酿酒酵母的生长繁殖和发酵产酒,抑制有害菌的生命活动,酒醅生

表 1 新酒感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standard of original spirits

项目	感官评定标准	分值
色泽	清亮透明	6~10
	浑浊,有悬浮物等	0~5
香气	香气纯正,较舒适	20~25
	香气欠纯正,香气欠舒适	10~19
	香气不正,异杂味,臭味等	0~9
口感	味较醇,入口绵甜,后味较长,诸味协调,尾净	40~50
	味较醇,入口较甜、较协调,后味略苦涩,略酸,尾较净	30~39
	味较醇,入口稍甜,欠协调,后味苦涩较大,较酸,尾欠净	20~29
	入口稍冲,糙辣,欠协调,较酸,后味苦涩,尾欠净	0~19
风格	特香型白酒风格	10~15
	偏离特性型白酒风格	0~9

酸幅度小,更利于香味物质的形成^[14-15]。淡季温度高,入窖温度较高,窖池发酵升温快且顶温较高,淡季应尽可能降低入窖温度,防止发酵过快导致酸度过大,不利于酒体口感及下排生产。

2.2 发酵前后淀粉含量的变化

由图 2 可知,不同季节的出入窖淀粉含量差异显著($P<0.05$)。旺季入窖淀粉含量为 15%~18%,而平季、淡季入窖淀粉含量为 14%~16%,略低于旺季,说明旺季淀粉利用率高于平季、淡季。一定范围内,酒精产量随糟

醅淀粉浓度的增加而增长,直至淀粉浓度达临界值时结束^[6]。发酵过程中,窖池内微生物代谢产物不断累积,尤其是发酵后期,酒精含量和糟醅酸度升高,淀粉酶和糖化酶活性受抑制,微生物大量死亡,导致淀粉未能被充分利用^[5]。旺季因环境温度低而有利于酒糟的低温入窖,入窖淀粉含量高于平季和淡季;而平季、淡季气温相对较高,入窖温度高,糟醅发酵加快,酸度增加,不利于淀粉转

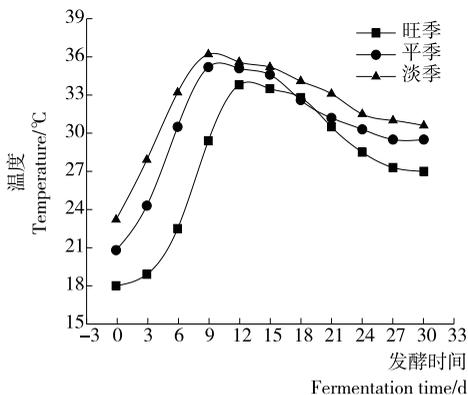
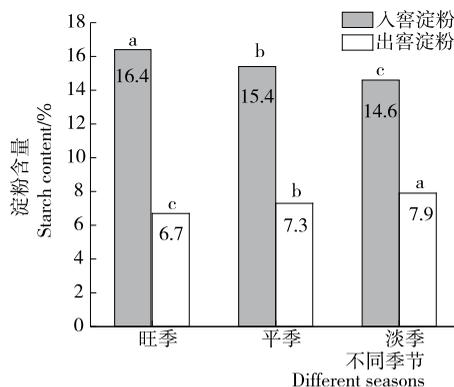


图 1 不同季节发酵过程的温度变化

Figure 1 Temperature changes during fermentation in different seasons



字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图 2 不同季节发酵前后淀粉含量的变化

Figure 2 Starch content changes before and after fermentation in different seasons

化为酒精和有益的白酒香味物质。为保证窖池发酵正常进行,生产上应在平季、淡季适当降低酒糟的入窖淀粉含量,以防止升温过快而产酸多,影响下排的正常入窖操作。

2.3 发酵前后水分含量的变化

由图 3 可知,旺季、平季、淡季入窖水分含量分别为 56%~58%,57%~59%,58%~60%,其中旺季水分含量最低;不同季节出入窖水分含量相差 6%,且平季、淡季和旺季间的差异显著($P<0.05$)。旺季温度相对较低,糟醅酸度较小,入窖水分含量应相对较小;而平季、淡季温度相对较高,特别是淡季天气干燥,水分散失快,如果入窖水分含量少,会因窖内水分跟不上而导致粮醅倒烧,因此入窖水分含量高于旺季,但水分含量过大会对转排造成困难^[17]。适当加大入窖水分含量可延缓发酵升温速度,随着其他入窖条件的变化,平季和淡季应适当提高入窖水分含量。此外,加入新水可冲稀酒醅中阻碍发酵物质的浓度,降低酸度,使粮醅在新一轮的发酵中重新产生活力。因此,实际生产中需根据季节变换调整糟醅入窖水分,特别是平季和淡季,环境温度高,发酵速度加快,适当增加水分含量非常必要。

2.4 发酵前后酸度的变化

由图 4 可知,旺季、平季、淡季入窖酸度分别为 1.1~1.4,1.2~1.5,1.4~1.8 mmol/10 g,而出窖酸度分别为 2.1~2.5,2.4~2.8,2.7~3.4 mmol/10 g,不同季节的出入窖酸度具有显著性差异($P<0.05$),旺季酒醅酸度低于平季和淡季。发酵过程中,糟醅酸度均增加明显,这是因为边糖化边发酵过程的多种微生物共同作用生成了有机酸类物质。淡季环境温度高,入窖温度相对高,糟醅发酵速度快,有利于酸类物质的累积,酸度也会更高。酸度过大,大曲粉中淀粉酶活力受抑制甚至失活,淀粉糖化不完全,酒糟中残留大量糊精,出现酒糟发黏、结团等现象,给

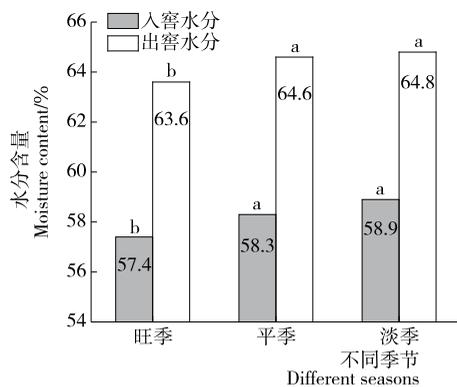


图 3 不同季节发酵前后水分含量的变化

Figure 3 Moisture content changes before and after fermentation in different seasons

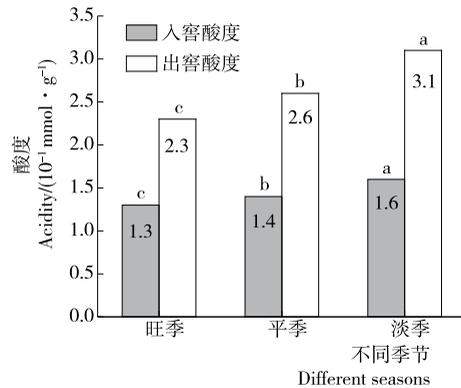


图 4 不同季节发酵前后酸度的变化

Figure 4 Acidity changes before and after fermentation in different seasons

下排生产造成困难,同时也会降低出酒率。酸度过低,发酵快,升酸迅猛,不利于香味成分的生成,导致酒味和香味较淡^[18]。因此,入窖酸度应控制在合适范围。

2.5 出窖酒醅的酒精含量与出酒率

由图 5 可知,出窖酒醅酒精含量及出酒率大小依次为旺季>平季>淡季,不同季节的酒精含量和出酒率差异显著($P<0.05$)。特香型白酒酿酒原料为大米,大米淀粉含量较高,蛋白质及脂肪含量较少^[16],有利于低温缓慢发酵,产酒较纯净。旺季气候条件适宜,利于酿酒生产,同时旺季会适当提高淀粉含量,出酒率相对较高。酿酒旺季、平季及淡季酒醅酒精含量逐渐下降,符合其出酒率的变化。

2.6 新酒的总酸、总酯含量

由图 6 可知,旺季、平季、淡季的新酒总酸含量逐渐上升,且差异显著($P<0.05$);平季的总酯含量显著低于旺季和淡季($P<0.05$)。旺季、平季、淡季新酒酸度递增,

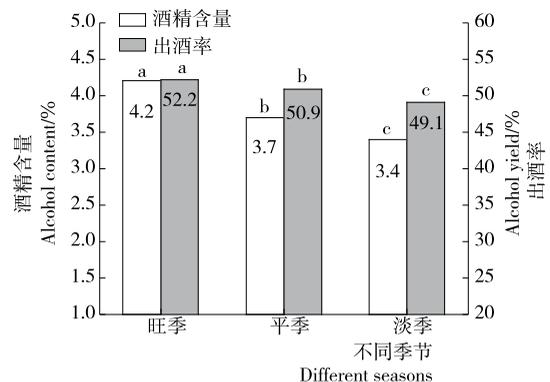


图 5 不同季节酒醅酒精含量及出酒率

Figure 5 Fermented grains alcohol content and yield in different seasons

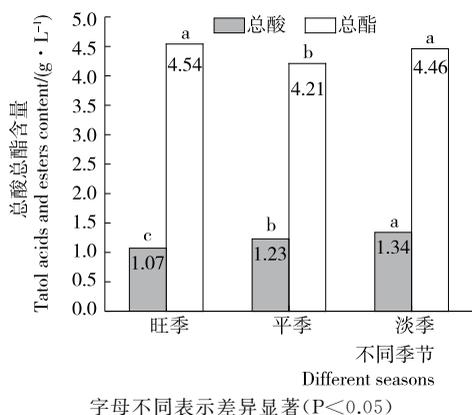


图 6 不同季节的新酒总酸总酯含量

Figure 6 Total acid and esters in original spirits in different seasons

与气候有关,气温高则入窖温度高,糟醅发酵迅速,利于产酸细菌等微生物生命活动,糟醅中酸类物质较多,出池酒醅酸度也相对较高,酒样中酸类物质也高。总酯含量在酿酒旺季、淡季较高,而在平季相对较低。酸是酯类的前驱物质,低温入窖有利于酵母菌的生长和发酵产酒,可抑制有害菌的繁殖生长,糟醅生酸幅度小,同时有利于酯类物质的生成^[14]。

2.7 新酒中主要微量成分及含量

由表 2 可知,不同季节的发酵产新酒中多数微量成分含量具有差异。己酸乙酯、乙酸乙酯、乳酸乙酯和丁酸乙酯是中国白酒的主要香气成分,其含量占总酯的 90%~95%;一定程度上可以各类酯的含量和比例区分白酒的

香型^[19]。酿酒旺季、平季、淡季特香型白酒 4 大酯类物质含量大小依次为乳酸乙酯>乙酸乙酯>己酸乙酯>丁酸乙酯,且符合特香型白酒风味物质数据库^[20]。其中,旺季、平季、淡季的乙酸乙酯含量逐渐增加,由 1 856.13 mg/L 上升至 2 265.04 mg/L;不同季节的乳酸乙酯与乙酸乙酯含量差异显著 ($P < 0.05$),己酸乙酯与丁酸乙酯含量差异不显著 ($P > 0.05$);平季、淡季的特香型白酒特征成分丙酸乙酯含量差异显著 ($P < 0.05$)。特香型白酒中正丙醇含量较高^[21],新酒中正丙醇含量随旺季、平季、淡季递增且差异显著 ($P < 0.05$)。不同季节的酸类物质中乙酸、丁酸含量变化明显。酒中香味物质的形成离不开种类繁多的微生物菌群及功能各异的酶系^[22],环境温度及入窖温度的升高有利于乳酸菌等的生长代谢,糟醅酸度升高,新酒中总酸及酸类物质含量增加。微生物的生化反应是酯类物质形成的主要途径,适宜的温度等条件有利于酯类物质的积累。

2.8 新酒的感官评价

由表 3 可知,不同季节的新酒感官评分差异显著 ($P < 0.05$)。旺季生产基酒清亮透明,香气纯正,味醇,入口甜,较柔和,酒体协调,后味长。淡季酒样综合评分相对较低,略酸,后味稍苦涩,主要是因为淡季天气热,窖池升温较迅速,杂菌等不利酿酒微生物生命活动的细菌生长旺盛,产生的代谢产物比例不协调和有利于苦涩味物质的积累,使酒样具有苦涩味,且较酸。因此,淡季应尽可能做到低温入池,减少糟醅生酸幅度,蒸酒结束后延长大气排酸时间,生产环节注意预防环境中生酸菌的大量繁殖,当天生产完毕做好现场卫生,保持场地清洁干燥。

表 2 不同季节新酒中主要微量成分含量[†]

Table 2 Main trace component content in original spirits in different seasons mg/L

微量成分	旺季(1月)	平季(11月)	淡季(7月)
乳酸乙酯	3 128.23±146.13 ^a	2 722.91±131.61 ^c	2 876.33±174.76 ^b
乙酸乙酯	1 856.13±127.13 ^c	2 037.75±119.83 ^b	2 265.04±147.63 ^a
己酸乙酯	78.32±18.43 ^a	94.61±37.91 ^a	101.58±12.71 ^a
丁酸乙酯	49.37±8.08 ^a	40.52±17.34 ^a	50.56±22.95 ^a
丙酸乙酯	12.97±2.71 ^{ab}	11.09±2.03 ^b	15.40±3.42 ^a
乙酸	609.96±81.14 ^c	822.52±50.97 ^b	960.07±85.10 ^a
丙酸	18.16±5.53 ^b	17.92±2.05 ^b	21.94±1.85 ^a
己酸	45.72±12.15 ^a	44.35±12.79 ^a	45.36±12.31 ^a
丁酸	23.27±6.93 ^c	49.31±11.53 ^b	70.11±12.20 ^a
甲醇	152.82±30.50 ^b	183.53±28.02 ^a	197.80±15.19 ^a
正丙醇	608.78±149.55 ^b	689.00±102.77 ^{ab}	748.33±153.52 ^a
仲丁醇	15.97±3.77 ^b	21.41±5.24 ^a	24.92±4.98 ^a
异丁醇	88.57±11.26 ^a	63.78±13.47 ^b	38.88±9.62 ^c
正丁醇	86.92±29.98 ^b	131.27±31.34 ^a	136.63±34.88 ^a
异戊醇	86.64±9.80 ^a	89.00±14.50 ^a	88.02±12.01 ^a
乙醛	45.79±8.70 ^a	43.32±8.81 ^a	48.68±7.82 ^a
乙缩醛	27.93±10.94 ^a	29.60±6.08 ^a	29.41±8.64 ^a

[†] 字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 不同季节新酒的感官评价[†]

Table 3 Sensory evaluation and score of original spirits indifferent seasons

季节	感官评价	评分
旺季(1月)	清亮透明,香气纯正,味醇,入口甜,较柔和,酒体协调,味较长	85.67±1.36 ^a
平季(11月)	清亮透明,香气较纯正,味较醇,入口较甜,酒体协调,尾较净	84.22±1.43 ^b
淡季(7月)	清亮透明,香气较舒适,味较醇,有回甜,略酸,后味稍苦略涩	82.46±1.13 ^c

[†] 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

3 结论

对比分析了不同酿酒季节李渡特香型白酒的发酵特点和产新酒特性。结果表明,不同季节的糟醅入窖温度差异明显,入窖温度越高,发酵越快,顶温越高,旺季入窖温度为16~19℃,顶温为32~34℃;平季、淡季入窖温度为20~25℃,顶温为34~37℃,旺季入窖温度低于平季和淡季。根据旺季、平季、淡季气温特点,气温越高,糟醅酸度增大,发酵产酒总酸含量增加。因此,通过在平季、淡季增加入窖水分含量、降低糟醅淀粉含量,可以控制糟醅生酸幅度,延缓发酵速度。旺季新酒的感官品质优于平季和淡季,淡季新酒偏酸,后味苦涩。通过调整入窖工艺操作解决淡季新酒偏酸,后味苦涩的问题,需在生产过程中进一步跟踪验证。

参考文献

- [1] ZHENG Xiao-wei, HAN Bei-Zhong. Baijiu (白酒), Chinese liquor: History, classification and manufacture[J]. Journal of Ethnic Foods, 2016, 3(1): 19-25.
- [2] 赵爽, 杨春霞, 窦岫, 等. 白酒生产中酿酒微生物研究进展[J]. 中国酿造, 2012, 31(4): 5-10.
- [3] 曹静, 余有贵, 曹智华, 等. 中国复合香型白酒研究进展[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 200-204, 209.
- [4] 章肇敏, 吴生文. 特香型白酒酿造工艺分析[J]. 中国酿造, 2012, 31(5): 164-167.
- [5] 尹小满, 张宿义, 敖宗华, 等. 不同季节对浓香型白酒发酵的影响[J]. 酿酒科技, 2014(1): 51-54, 58.
- [6] 马连松. 不同季节入窖条件对浓香型白酒产量和质量的影响[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2015: 51.
- [7] 袁再顺, 胡萍, 陈乾, 等. 破堆移位解决酱香酒冬季堆积发酵异常研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(4): 14-19.
- [8] 宰红玉, 汤有宏, 万春环, 等. 入池酒醅酸度测定结果的不确定度评定[J]. 酿酒, 2018, 45(5): 73-75.
- [9] 陈彬, 韩兴林, 张福艳, 等. 降低丢糟淀粉含量方法的探究[J]. 食品科技, 2019, 44(9): 108-112.
- [10] 李璇, 戚居胜, 韩四海, 等. 浓香型白酒杜康酒醅发酵过程中理化指标变化规律[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(11): 52-57.
- [11] 胡诗琪, 栾东磊, 樊玉霞, 等. 白酒微波催陈及其工艺优化[J]. 食品与机械, 2019, 35(3): 189-194.
- [12] 张志刚, 吴生文, 赖明霞, 等. 特香型酒在蒸馏过程中微量成分分布规律初探[J]. 中国酿造, 2010(9): 143-145, 151.
- [13] LI Xiao-ran, MA En-bo, YAN Liang-zhen, et al. Bacterial and fungal diversity in the traditional Chinese liquor fermentation process[J]. International Journal of Food Microbiology, 2011, 146(1): 31-37.
- [14] 沈怡方. 白酒生产技术全书[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017: 288-299.
- [15] WU Qun, CHEN Liang-qiang, XU Yan. Yeast community associated with the solid state fermentation of traditional Chinese Maotai-flavor liquor[J]. International Journal of Food Microbiology, 2013, 166(2): 323-330.
- [16] 赖登辉, 江波. 入窖七因素的变化规律及相互关系的研究(五): 入窖淀粉[J]. 酿酒科技, 2011(5): 61-64.
- [17] 赖登辉, 陈万能, 梁诚, 等. 入窖七因素的变化规律及相互关系的研究(三): 入窖水分[J]. 酿酒科技, 2011(2): 32-35, 42.
- [18] 邓静, 吴华昌. 影响白酒生产入窖酸度工艺条件的研究[J]. 酿酒科技, 2007(2): 41-42, 45.
- [19] 李科发, 熊秋萍, 付毅华, 等. 优质大米与普通大米对特香型白酒质量和产量的影响[J]. 酿酒科技, 2016(6): 84-87.
- [20] 严伟, 吴生文, 刘建文, 等. 特香型年份酒香味物质初探[J]. 酿酒科技, 2013(8): 54-57.
- [21] 余乾伟. 传统白酒酿造技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017: 275.
- [22] ZHANG Qi, HUO Nai-rui, WANG Yuan-hui, et al. Aroma-enhancing role of Pichia manshurica isolated from Daqu in the brewing of Shanxi aged vinegar[J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(9): 2 169-2 179.