

浓香型白酒发酵过程中各因子动态变化研究

方 军 张宿义

(泸州老窖股份有限公司,四川 泸州 646000)

摘 要: 通过跟踪取样分析浓香型白酒发酵过程中糟醅的微生物、温度、水分、淀粉、糖分、酸度、酒精含量及主要香气成分的变化。初步揭示了浓香型白酒发酵过程中糟醅内的微生物与各理化因子在演变过程中的变化规律及其之间的相互关系,对浓香型白酒的发酵机理进行了初步探讨。

关键词: 微生物; 浓香型白酒; 发酵因子; 香气成分; 变化规律

中图分类号:TS262.31;Q93-3;TS261.4

文献标识码:A

文章编号:1001-9286(2012)01-0047-04

Research on Dynamic Change of Each Fermenting Factor during the Fermentation of Luzhou-flavor Liquor

FANG Jun and ZHANG Suyi

(Luzhou Laojiao Co.Ltd, Luzhou, Sichuan 646000, China)

Abstract: Through tracing sampling analysis of the change of microbes, temperature, moisture content, amylum content, sugar content, acidity, alcohol content and main flavoring compositions during the fermentation process of Luzhou-flavor liquor, the change rules of microbes and each physiochemical factor and their relationships were revealed, which was useful for the exploration of the fermenting mechanism of Luzhou-flavor liquor.

Key words: microbe; Luzhou-flavor liquor; fermenting factor; flavoring compositions; change rules

在浓香型白酒发酵过程中,涵盖了一个由庞大、复杂的微生物区系发动起的物质能量代谢过程。伴随着糟醅发酵的进行,窖池微生物区系不断地发生着有序的消长变化。酒醅中的各种物质形态不断地产生和消失,通过窖池内物质链的传递形式体现出能量代谢的变化,积累了丰富的代谢产物。这些代谢产物是浓香型白酒酒体风格形成的重要物质基础。本研究力图通过分析浓香型白酒发酵过程中各因子的动态变化,以便比较准确地把握浓香型白酒发酵代谢机理及物质代谢过程,探索发酵过程中物质变化趋势与微生物区系之间的相互关系。

1 材料与方法

1.1 窖池

选取 3 口窖池,每隔一定时间检测发酵过程中糟醅微生物区系、温度、水分、淀粉、糖分、酸度、酒精含量以及香气成分的变化情况。

1.2 主要仪器

SW-CJ-IFD 超净工作台;LRH-250 生化培养箱;GC6890 型气相色谱仪;窖池数显温度计;电热干燥箱;

0.1 mg 感量天平;100 mL 瓷蒸发皿;电磁炉;500 mL 全玻璃蒸馏器;DMA5000 密度仪;酸碱滴定仪器等。

1.3 微生物分离与培养

采用稀释平板涂布分离法计数。培养基分别为:酵母菌采用 YPD 培养基;细菌与芽孢杆菌采用营养琼脂糖培养基;霉菌采用查氏培养基。培养条件为酵母菌 28℃ 恒温培养 2~3 d,霉菌 30℃ 恒温培养 4~6 d,细菌与芽孢杆菌 35℃ 恒温培养 2~3 d。

1.4 理化指标分析方法

温度:采用数显温度计对窖内糟醅中间温度进行测定;水分:烘干法;酸度:酸碱滴定法;淀粉与还原糖:斐林试剂法。

乙醇浓度及香气成分的测定:取 100 g 糟醅,加水 200 mL,用 500 mL 全玻璃蒸馏器蒸馏出 100 mL 溶液,采用 DMA5000 密度仪测定酒精含量,GC6890 型气相色谱仪测定香气成分。

2 结果与分析

2.1 入窖条件

收稿日期:2011-09-04

作者简介:方军(1982-),男,发酵工程硕士研究生,湖北咸宁人,主要从事发酵工程研究。

通讯作者:张宿义(1971-),男,博士,硕士生导师,国家白酒评委,享受国务院特殊津贴专家,发表论文 30 余篇。

优先数字出版时间 2011-11-30;地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/52.1051.TS.20111130.1543.002.html>。

对酒醅入窖条件进行分析检测,结果见表1。

表1 糟醅的入窖条件

窖号	入窖条件					
	温度 (°C)	水分 (%)	酸度 (mmol/10 g)	淀粉 (%)	还原糖 (%)	酒精含量 (mL/100 g, 20 °C)
1	22	54.1	1.51	17.73	0.35	0
2	24.5	53.2	1.46	20.22	0.46	0
3	23.8	54.8	1.42	19.91	0.53	0

2.2 水分变化

糟醅在窖池发酵过程中各部位发酵状态不完全是一样的,为了能正确反映糟醅发酵过程中水分变化情况,每隔一定时间对发酵糟醅进行取样分析,整个分析过程均在同一位置取样,结果见图1。

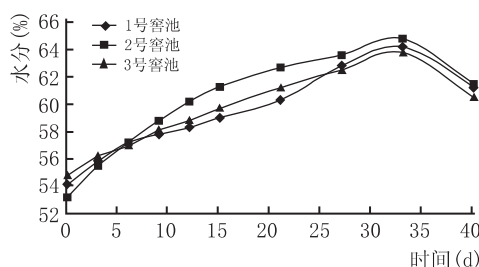


图1 发酵过程酒醅水分变化

由图1可以看出,整个发酵过程中,3口窖池糟醅水分一直随着发酵时间的延长而增大,其中2号窖池增长速度要大于其他两个窖池,这跟酒精含量的增长速度基本上是一致的,因为酒精发酵过程会产生一些水分;同时,其他微生物的生长繁殖、代谢过程虽然需要消耗一定量的水,但代谢所产生的酒精、酸、醇以及一些易挥发性香味物质成分的增加也同样会使糟醅的水分增加,所以水分的变化跟酒精代谢、酸、醇等易挥发性物质的含量存在着直接关系。在发酵40 d出窖时由于滴窖、舀黄水,糟醅中水分含量下降,达到出窖要求。

2.3 温度变化

整个发酵过程中电子温度探头固定在窖池中心位置不动,用数显温度计测定温度,对发酵期内的每天温度变化进行跟踪测定,结果见图2。

由图2可以看出,整个发酵过程中3个窖池温度变化曲线基本符合“前缓、中挺、后缓落”的规律。封窖后,尽

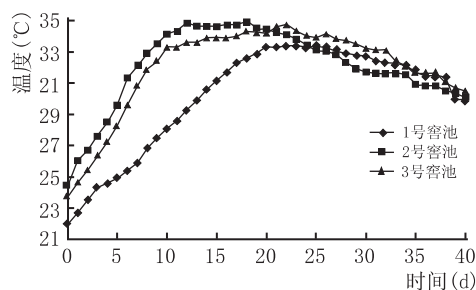


图2 发酵过程中温度变化

管隔绝了空气,但是霉菌等一类好气性微生物可以利用糟醅颗粒间的缝隙所蕴藏的稀薄空气进行有氧呼吸而生长并产生一定的热量,促使窖内温度升高。当窖内氧气完全耗尽时,窖内糟醅中酵母菌在无氧条件下进行酒精发酵,窖内温度进一步上升至最高,且能稳定一段时间。在前缓期,温度每天上升1°C左右,在15 d左右基本达到顶温,中挺期维持在10 d左右;中期,糖化所产生的糖量与酵母菌维持生命所需糖量基本平衡,酵母菌也开始出现衰老死亡,窖池内产生的热量减少,热量的产生与散失基本平衡,从而形成了挺温过程;后期,酵母已失去活力,以及糟醅中醇类与有机酸之间发生酯化反应,热量生成量低于散发,导致温度缓慢下降。

2.4 酵母菌数量与酒精含量变化

对发酵过程中糟醅内的酵母菌数量与酒精含量变化进行分析,结果见表2。

从表2中可看出,在发酵的前3天,由于霉菌对淀粉的糖化作用,还原糖含量达到最大值,为酵母的生长提供了大量营养;在3~6 d酵母菌数量呈现一个急剧增加的过程,此时有少量的酒精生成;6 d后糟醅酒精浓度迅速增加,说明在6 d以后,酵母菌就基本上完成了从菌体增殖向酒精发酵方向的角色转换。此后,酵母菌进入酒精发酵,其数量在9 d后有一个下降过程,之后趋向稳定直至第21天。而酒精含量一直增加,在21 d后达到最高值,酵母菌数量在此时也有一定幅度的减少,酒精含量亦有所下降。原因可能是在发酵前期,窖池糟醅边糖化边发酵,酵母菌数量维持稳定水平,糟醅中酒精含量逐渐升高;随着发酵进入产酸期,环境变得恶劣,酵母菌不易生长且自身也开始衰老,此时发酵变得越来越微弱,部分酒

表2 发酵过程中糟醅内酵母菌数量与酒精含量的变化情况

项目		发酵时间(d)								
		0	3	6	9	12	15	21	33	40
1号窖池	酵母菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	25	350	1350	1180	5.25	5.8	2.25	0.1	0.075
	酒精含量(mL/100g, 20℃)	0	0.232	0.918	1.881	2.653	3.551	4.024	3.857	3.689
2号窖池	酵母菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	35	400	1420	1130	4	6.625	2	0.2	0.094
	酒精含量(mL/100g, 20℃)	0	0.351	1.235	2.135	3.126	4.035	4.630	4.295	3.846
3号窖池	酵母菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	40	380	1500	1250	5.5	6	2.4	0.35	0.105
	酒精含量(mL/100g, 20℃)	0	0.399	1.423	2.640	3.543	3.912	4.161	4.077	3.703

表 3 发酵过程中糟醅内细菌、芽孢杆菌数量与酸度的变化情况

项目		发酵时间(d)								
		0	3	6	9	12	15	21	33	40
1 号窖池	细菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	185	3200	230	450	14	3.375	6.25	4.25	1.75
	芽孢杆菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	50	100	35	1	4.1	0.4	0.475	2.25	0.175
	酸度(mmol/10 g 糟醅)	1.51	1.62	1.73	1.90	2.11	2.26	2.45	2.98	3.15
2 号窖池	细菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	200	2000	150	175	10.5	1.625	6.25	3.55	0.825
	芽孢杆菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	45	110	30	0.5	3.4	0.425	0.75	1.275	0.085
	酸度(mmol/10 g 糟醅)	1.46	1.58	1.78	1.95	2.21	2.54	2.74	2.95	3.20
3 号窖池	细菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	150	1800	145	164	9.25	2.625	3.35	2.25	1.25
	芽孢杆菌($\times 10^5$ 个/g 糟醅)	60	125	32.5	1.5	3.7	0.325	0.575	0.8	0.045
	酸度(mmol/10 g 糟醅)	1.42	1.51	1.58	1.65	1.72	1.84	2.06	3.02	3.45

表 4 发酵过程中糟醅内霉菌数量与淀粉、还原糖含量的变化情况

项目		发酵时间(d)								
		0	3	6	9	12	15	21	33	40
1 号窖池	霉菌($\times 10^2$ 个/g 糟醅)	0.52	6	4.2	4.5	1.5	0.75	0.6	0.3	—
	淀粉(%)	17.73	15.29	14.96	14.63	14.35	13.88	13.15	12.16	11.76
	还原糖(%)	0.35	2.96	1.46	0.74	0.70	0.81	0.76	0.56	0.62
2 号窖池	霉菌($\times 10^2$ 个/g 糟醅)	0.34	4.8	3.8	3.5	1.2	0.47	0.4	—	—
	淀粉(%)	20.22	17.86	16.98	15.55	14.76	13.79	13.58	13.12	12.87
	还原糖(%)	0.46	2.85	1.35	0.68	0.60	0.64	0.8	0.65	0.73
3 号窖池	霉菌($\times 10^2$ 个/g 糟醅)	0.57	5.2	3.7	4.2	1.1	0.5	0.4	—	—
	淀粉(%)	19.91	17.95	16.86	16.46	15.87	15.34	14.33	13.68	13.35
	还原糖(%)	0.53	2.63	1.25	0.81	0.78	0.56	0.60	0.51	0.56

精转化成酸和酯;并且可能存在单糖类物质供应不足,使得生成的酒精与有机酸一样被作为碳源物质而被微生物消耗掉,造成糟醅中酒精含量降低。

2.5 细菌、芽孢杆菌数量与酸度的变化

糟醅发酵过程,总是有一定量的有机酸类物质生成,它们的形成主要是细菌代谢作用的结果。由表 3 可看出,入窖发酵 3 d 左右,细菌与芽孢杆菌数量有一个急剧增加过程,但糟醅酸度变化不大。这是由于在发酵初期,糟醅中氧气和营养成分都比较充足,细菌与芽孢杆菌处于快速生长繁殖期,未进入产酸时期,只是细菌与芽孢杆菌的代谢活动引起酸度小幅增加;3 d 后,随着糟醅中氧气被消耗完,还原糖等营养物质被大量消耗,细菌与芽孢杆菌数量减少,在此过程中产生一定量的酸,使酒醅酸度缓慢上升;随着发酵的进行,21 d 后酒精发酵基本完成,随后进入产酸阶段而产生大量有机酸,其中主要有乙酸、丁酸、己酸和乳酸等,此时酸度迅速增加,使一些不耐酸微生物死亡,细菌与芽孢杆菌数量又有所减少;最后阶段可能是由于后期糖类物质供应不足,使生成的部分有机酸被微生物作为碳源消耗掉,导致酸度增加幅度变小。

2.6 霉菌数量与淀粉、还原糖含量变化

发酵过程中,糟醅中淀粉与还原糖含量的变化直观地反映了发酵过程的快慢。对发酵过程中霉菌数量与淀粉、还原糖的含量变化进行分析,结果见表 4。

由表 4 可知,从入窖到发酵前 3 d,霉菌的数量有一定幅度的上升,糟醅中的淀粉含量减少较快,还原糖的含量升高至最大值,后下降,最后基本稳定。分析其原因主要是由于发酵初期窖池中氧气与营养都比较丰富,使得霉菌代谢旺盛并产生了大量的淀粉酶和糖化酶,快速地将淀粉质原料降解为低分子的葡萄糖,使还原糖含量迅速升高;接下来酵母大量生长并进入稳定期,之后进入酒精发酵阶段,糟醅中的淀粉稳定下降,还原糖的量也开始下降;随着乙醇含量升高以及酸度的增大,酵母、霉菌的代谢受到抑制,霉菌数量一直减少,到出窖时已检测不出来,淀粉与还原糖含量则相对降低并趋于稳定。

2.7 香气成分含量变化

酯类是白酒香味成分中数量最多、对白酒的风味影响最大的一类物质。处于发酵过程的糟醅中主要香气成分的变化情况见表 5。

由表 5 可以看出,乙酸、丁酸、己酸等有机酸在 21 d 前呈明显的上升趋势,乙酸乙酯、己酸乙酯、乳酸乙酯含量逐渐升高,丁酸乙酯含量相对稳定,检测不出来。并且同一窖池样品中,糟醅中酸类物质呈现规律为:乙酸 > 己酸 > 丁酸。乙醇最易转化为乙酸,所以一般在糟醅内有机酸中乙酸含量最高;四大酯类物质的相对含量规律:乳酸乙酯 > 己酸乙酯 > 乙酸乙酯 > 丁酸乙酯。随着发酵时间的延长,21 d 后部分有机酸逐渐转化为酯类物质,导致

表5 发酵过程中糟醅的主要香气成分变化

窖号	时间 (d)	成分(mg/100g 糟醅)					
		乙酸	己酸	丁酸	乙酸 乙酯	己酸 乙酯	乳酸 乙酯
1	6	2.21	16.70	7.21	0.57	0.41	8.08
	12	22.59	21.23	10.29	1.15	1.11	18.40
	21	24.30	19.66	12.88	2.18	2.27	37.52
	33	23.65	17.76	10.59	3.44	3.58	76.79
	40	16.06	15.99	11.73	4.06	5.05	91.96
2	6	1.95	14.62	5.52	0.43	0.38	15.20
	12	15.68	18.20	6.38	0.89	1.18	15.48
	21	21.69	18.99	9.91	1.57	2.74	41.22
	33	18.34	10.05	8.44	2.06	3.30	54.15
	40	17.56	11.99	7.67	2.76	3.84	91.84
3	6	1.31	14.10	6.97	0.55	1.56	18.53
	12	21.08	14.96	7.62	1.33	1.69	36.47
	21	20.50	15.67	10.90	1.95	2.10	57.10
	33	18.28	11.65	5.82	3.16	3.22	67.84
	40	10.66	12.34	6.67	3.64	3.80	79.87

有机酸含量下降。此时四大酯含量急剧上升,乳酸乙酯含量最多,上升最快,原因可能是糟醅中四大酯的相对含量与窖池中的微生物菌种合成代谢能力有一定关系。具体机理有待进一步研究。

3 结论

3.1 糟醅发酵过程中水分的变化与酒精代谢速度基本上保持一致,水分的变化可以间接反应酒精代谢的状态。

3.2 发酵过程中温度的升降变化是窖池中微生物繁殖代谢释放能量与窖池散热的直观表现。温度的上升速度,反映了窖池中微生物繁殖代谢的程度。

3.3 发酵过程中酒精含量的变化与酵母菌的数量变化

是密切相关的。酵母菌在营养充足及有氧条件下,进行菌体繁殖,产生少量酒精;在无氧条件下时,酵母菌数量基本维持不变,进行酒精发酵,糟醅中酒精含量呈增加趋势;最后,酵母发生死亡而使自身数量减少,酒精代谢减弱且部分酒精转化成酸和酯,导致酒精含量减少。

3.4 发酵过程中酸类物质的形成主要是细菌代谢作用的结果,酸度变化快慢与细菌、芽孢杆菌代谢强弱有较密切的联系。

3.5 微生物一般不能直接利用糟醅中的淀粉等大分子物质,需要通过淀粉酶、糖化酶等把淀粉质原料降解为葡萄糖等低分子物质,而淀粉酶、糖化酶是霉菌代谢产生的,霉菌数量及其代谢能力的强弱就决定了淀粉的转化以及葡萄糖的产生量。

3.6 乙酸乙酯、己酸乙酯、丁酸乙酯、乳酸乙酯四大酯的含量高低和相互关系决定了浓香型白酒的质量及风格。在发酵过程中,糟醅中几种主要酸类物质变化规律表现为先增加后减少,含量关系表现为:乙酸>己酸>丁酸。四大酯类物质一直处于增加的趋势,其含量关系表现为:乳酸乙酯>己酸乙酯>乙酸乙酯>丁酸乙酯。

参考文献:

- [1] 李大和.白酒酿造工教程[M].北京:中国轻工业出版社,2006.
- [2] 乔宏伟,张文学,张丽莺,等.浓香型白酒发酵过程中酒醅微生物区系分析[J].酿酒,2005,1(32):18-21.
- [3] 刘忠华,张文学,张其圣,等.模拟窖池发酵过程中各环境因子的变化规律[J].酿酒科技,2006(12):17-20.
- [4] 舒代兰,张丽莺,张文学,等.浓香型白酒糟醅发酵过程中香气成分的变化趋势[J].食品科学,2007,6(28):89-92.

欧洲葡萄酒技术设备展上的新鲜事

本刊讯 2011年11月,笔者有幸观摩第24届意大利米兰SIMEI国际葡萄酒烈酒设备技术展。该展会是全球知名的葡萄酒技术展会,吸引了全球葡萄酒行业上千家参展企业,与国内葡萄酒专业展会相比,SIMEI展会另有一番印象:

1、展会规模大,展期长,专业水平高

整个展会分布于四个专业展厅,展期持续5天,参展及观展的专业人数超过5万人,展会期间还召开有专业的学术报告会,来自世界各地政府、企业、高校的葡萄酒相关人士汇集于此交流行业发展信息。

2、参展企业门类众多,贯穿整个葡萄酒产业链

据组委会会刊统计,此次展会参展企业超过700家,涉及葡萄种植、采收、酿造、灌装、包材、文化宣传等领域,除了常规的发酵罐、灌装线、辅料等展品外,还有木桩、捆绑丝(绳)、书籍、家酿用品、蛋形发酵罐等在国内展会上难得一见的新鲜事物。

3、中国企业在欧洲市场掘金

展会上新奇的发现了安琪酵母等5~6家中国企业参展,主要提供酿造辅料、包材、设备配件等产品。据湖北宜昌安琪酵母公司参展

负责人刘总介绍,安琪此次参展主要是应欧洲合作伙伴邀请,向全球酿酒用户展示了酵母、甘露糖蛋白、发酵助剂、酵母细胞壁等酿造辅料,同时安琪的参展深受法国、意大利、澳洲等传统辅料供应商的关注,多次来安琪展位了解情况,寻求技术合作的可能性,安琪此次参展非常成功,意大利经销商已现场商谈了来年上百吨的销售合同。

4、展会组织有序、服务周到

SIMEI展会是全球知名的酿酒技术博览会,5天的展期中每天的客流量都比较均匀,这有别于国内“赶集”式的展会模式,同时展会的卫生、安保、就餐、组委会的服务都值得国内相关组织借鉴学习。

5、展会显示了欧洲强大的葡萄酒产业及文化

意大利是全球闻名的葡萄酒生产国,葡萄酒产业在国民生活中和国家经济中占有重要地位,展会上除了覆盖整个葡萄酒产业链的展品外,每天时不时都会看到组织有序的学生在老师的带领下进行的设备、酿酒技术现场教学课,他们都是从意大利各地坐车赶来的,参展商都会热情的向这些未来的酿酒师或者“用户”介绍各自的产品优点和功能,另外还有专门展位赠送或售卖与葡萄酒有关的书刊杂志,此景让人深刻感受到欧洲强大的葡萄酒产业及文化。(虎子)