

制曲热能

周恒刚

(北京市右安门大街28号15门132号,北京 100054)

摘要: 自然界存在不同形式的能量,以不同形式做功。微生物在生长过程中,其细胞产生的一系列变化需要能量,其能量主要来自微生物的呼吸作用,主要表现为热能。在制曲及发酵前期,如没有外界提供的热能,细胞的酶难以激活,微生物难以生育。微生物繁殖旺盛期,呼吸强度大,生成能量多,需及时通风降温,防止烧曲,同时,及时排除微生物呼吸所积累的CO₂,有利于微生物生长。(一平)

关键词: 微生物; 制曲; 热能; 呼吸作用

中图分类号: TQ925.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9286(2004)05-0035-03

Heat Energy in Starter-making

ZHOU Heng-gang

(Beijing Youanmen Avenue No.28 Unit 15, No.132, Beijing 100054, China)

Abstract: There are various forms of energy in existence in nature applying by different means. During microbial growth, the serial changes of microbial cells are in need of energy provision, the energy mostly presented as heat energy mainly coming from microbes' respiration. In starter-making and prior period of fermentation, without heat energy provided by outside environment, enzymes in cells hardly activate and microbes rarely breed. During the peak time in microbial propagation, the increasing respiration develops more heat energy, so timely ventilation and temperature drop should be done to prevent starter burning. Besides, excessive CO₂ accumulated through microbe's respiration could be removed for better microbial growth. (Tran. by YUE Yang)

Key words: microbes; starter-making; heat energy; respiration

在自然界中,存在着各种不同形式的能量,各种能量可以互相转化。并且自然界中能量是守恒的——守恒定律。能量是作功的源头,内燃机靠热能作功、电动机靠电能作功。而生物界是靠酶的催化作用所产生的酶作功的。

微生物在生长过程中,细胞内具有一系列的物理化学变化,这些变化需要一定能量。即要在一定温度条件下才能正常进行。因此,温度对微生物的生长与发育极为重要。

能量是微生物呼吸作用、氧化碳化合物等生成的,其能量的散发则以温度来表示的。温度是能量的间接反映,制曲与发酵过程中都以温度表示,便于管理。

热能主要来自微生物的呼吸作用,是在细胞内酶催化下,对营养物质的氧化过程。在此间获得细胞生长与繁殖需要的能量和必需物质。

葡萄糖完全氧化成水及CO₂时放出能量。



酒精发酵时,放出的能量少。因为尚有一部分能量束缚于酒精之中。



1 关于热能的几个基本问题

1.1 自养微生物与异养微生物

自养微生物通过呼吸作用,氧化无机质,从中获得能量。异养微生物则以氧化各种有机物质从中获得能量。白酒制曲与发酵与其他发酵相同,基本上都属于异养微生物的氧化作用。但也有利用

光能进行光合作用取得能量的如光合细菌。但在酿酒上并不存在。

1.2 需能反应与释能反应

微生物进行生命活动所需要的能量,是通过菌体内酶的催化,分解与氧化各种物质所取得的。微生物在呼吸氧化菌体外的各种物质,属于释能反应。而在微生物体内各种物质的合成,则属于需能反应。例如白酒发酵过程中分解淀粉及葡萄糖属于释能反应,而在由低分子合成高分子的己酸生成则是需能反应。

释能反应与需能反应两者微生物巧妙的将其结合在一起,二者是偶联进行的。即把释能反应放出的能量立即转用于需能反应。故此微生物对于能量的利用率是相当高的,一般在60%~65%(机械能利用一般只有20%~25%)。释能反应的热量并不可能全部被需能所利用,所以其剩余的能量则以热的方式向周围环境中散发掉。

1.3 必须有足够的能量

不论氧化无机质还是有机质,微生物的生长繁殖都需要有足够的能量供应,但反应物的自由能必须大于产物自由能,反应方能进行。如果生成的能量在微生物所需能量之下,这些能量根本不能利用,菌就不能正常生长繁殖。最后这些能量全部作废,并以热的方式全部散掉。

微生物自身释能反应的能量,立即转入需能反应,能被利用。从外界赋予的热,很难为需能所利用,只能起到防止热损失,即起到保温作用。但在制曲及发酵前期如果没有外界赋予热能,细胞内酶难以活动,发物理化学变化,微生物就难以繁殖生长。

1.4 制曲操作是以温度为依据的

收稿日期:2004-05-31

作者简介:周恒刚(1918-2004),已故中国著名白酒专家,享年86岁,对中国白酒业做出了突出的贡献。1957年取得选育黑曲霉等成果;1964年总结研究茅台工艺,发现“窖底香”,由此开始对白酒香气微量成分进行剖析;后来又总结出采用“液体除杂,固体增香,固液勾兑”提高普通白酒质量与出酒率的新工艺,大大地促进了中国白酒业的进步,2004年获中国酿酒工业协会“白酒行业卓越贡献奖”,发表论文400余篇,出版论著多部。

各种不同微生物在呼吸氧化各种物质产生的能量往往不同,并与呼吸供氧有关。在同一菌种中,在不同时期的呼吸强度也不一样。一般当菌处于年轻的时候,处于对数期(晾霉阶段),其呼吸强度较大,生成能量多,消耗碳源也多。此时需要及时通风降温,防止烧曲。同时也伴随着通风供氧,有助于菌的呼吸作用。更重要的是通风供氧,及时排除由于菌呼吸所积累的CO₂,以利菌的生长。

2 制曲温度与曲坯上微生物

将上霉2d的曲坯,置于30℃,40℃,50℃不同的温度保温箱内培养25d(仿大曲工艺),大曲坯上微生物检测结果如表1。

菌类	30℃	40℃	50℃
细菌	285.36	334.58	0.74
酵母菌	6204.5	588.86	102.19
霉菌	434.24	24.09	0.224
放线菌	21.40	3.96	1.303

在不同温度下培养25d大曲坯上的微生物活菌数存在极大的差异。随着培养温度上升而菌数呈数倍下降。看来30℃是菌生长的最适温度。以活菌数而论,30℃>40℃>50℃。酵母菌、霉菌、放线菌随温度上升而下降,霉菌尤为显著,低温曲糖化力高不是无原因的。唯有细菌以40℃为最高,50℃亦大幅度下降,制曲后期提高品温借以使细菌大量死亡,同时也防止在贮存期中复发酵(反火),减少生酸菌的危害。

各种香型白酒大曲的制曲温度不同,最终曲坯上的菌数亦显著不同(见表2)。

香型	样品数	霉菌	细菌	酵母菌	放线菌
酱香型	7	34.33	1721.18	35.91	6.51
清香型	7	289.25	341.89	310.56	8.14
浓香型	9	111.09	495.07	158.81	-

3 制曲温度与酶的生成

微生物繁殖需要有适宜温度,在适宜温度中生长最快。但是微生物的生长繁殖适宜温度并不一定是产酶与发酵的适宜温度。例如,青霉菌生长最适温度为20℃,但是青霉素的代谢最佳温度却为25℃。青霉素发酵后期,将品温控制在20℃又比25℃增产青霉素50%。又如黑曲霉柠檬酸发酵时,菌体生长适宜温度为35℃,但柠檬酸发酵时,品温25℃得率高;米曲霉生长温度以36~37℃最适宜,但淀粉酶的生成适宜温度却为40~41℃。制曲品温同样对曲子酶的生成有着极大的影响。

3.1 生、熟小麦粉培养根霉品温对酶生成的影响

众所周知,品温支配着曲坯上酶的生成,然而不同品温在不同生、熟曲料之间,根霉菌对酶的生成都存在很大差异(见表3,表4)。

温度(℃)	液化力	糖化力	酸性蛋白酶(u/g)	氨态氮
40	0.7	1180	49.7	0.331
45	11.5	990	40.5	0.281
50	16.7	670	32.8	0.117
55	23.6	210	22.1	0.09

温度(℃)	水分(%)	糖化力	液化力	酸性蛋白酶(u/g)
30	31	4080	19.6	27.8
35	28	2444	20.7	30.2
40	27	1860	36.6	44.5
45	25	960	28.9	48.9

表3,表4表明,在熟料小麦上以不同温度培养根霉,品温由

40℃开始,随着品温的升高,糖化力、氨态氮都在下降。惟有液化力及酸性蛋白酶相反,随品温升高而增长,由0.7一直上升到23.6。另外试验用熟料麸皮以不同温度培养根霉,试验结果亦与此相同。

在生料小麦粉上以不同温度培养根霉时,糖化力随品温升高而下降。液化力则与熟料相同,随品温升高而增长。酸性蛋白酶在熟料上是随品温上升而下降。但在生料上则相反,随品温上升而升高。此试验结果与生料制高温大曲酸性蛋白酶高的大生产实际结果是一致的。

3.2 生、熟料小麦粉上不同温度培养各种菌类酶活性测定(见表5,表6)

温度(℃)	糖化力	液化力	酸性蛋白酶	氨态氮
40	0	0	48.6	0.01
45	0	0	55.7	0.01
50	0	0	69.1	0.01
55	0	0	80.1	0.01

菌别	40℃	45℃	50℃	55℃
根霉	30.1	38.6	44.4	58.7
嗜热芽孢杆菌	50.6	54.5	60.8	69.9
放线菌	8.1	10.6	17.1	20.5

表5,表6表明,嗜热芽孢杆菌培养在熟小麦粉上,随品温的提高酸性蛋白酶亦随之上升。嗜热芽孢杆菌无淀粉酶,在出酒率上不起作用。却在制曲过程中,对有机物大分子的降解、褐色物质的产生、酱香味的形成上都起到重要作用。据贵州省生物所测定,植入嗜热芽孢杆菌制曲时,试验曲游离氨基酸603.28mg/50g培养基,对照曲游离氨基酸99.09mg/50g培养基。氨基酸量增长6倍多,认为这可能是形成酱香及焦香的基础物质。

表6中嗜热芽孢杆菌、根霉菌、放线菌分别培养在生料小麦粉上,三者都随培养温度的升高而酸性蛋白酶同步增长。这与高温大曲的酸性蛋白酶高的结果是一致的。此外,供试放线菌试验结果,根本无糖化能力。

4 不同温度制大曲的酶活性

将曲房中已上霉结束(2d)的曲坯从曲室中取出,放置于30℃,40℃,50℃3个不同温度保温箱内,每天开门一次(10~15min),排出CO₂,通风供氧。经25d后取出测定,结果如表7。

项目	30℃	40℃	50℃
水分(%)	19.14	16.60	14.10
酸度	0.5	0.78	14.10
糖化力	804	288	78
液化力	9.60	5.65	不褪色
酸性蛋白酶(u)	51.22	-	68.32
发酵力(w/w)	6.5	5.3	5.5
升酸幅度	0.22	0.124	0.27
酯化酶	0.41	0.41	0.41
酯分解率	39.4	39.4	39.4
氨态氮	0.233	0.207	0.193

表7试验结果表明,依然是酸度、淀粉酶、氨态氮都随品温增高而下降,惟有酸性蛋白酶则仍然随品温上升而增长。这与上述各项试验及大生产的结果完全相同。

各名酒厂为了保持自家产品的独特风格,所以在制曲配料及品温控制上各不相同。故此成品大曲的酶活性亦因之而异(见表8)。

表8 不同香型各名酒厂大曲测定结果(同时测定)

项目	清香型	浓香型	酱香型	兼香型	兼香型
	低温	中高温	高温	中温	高温
水分(%)	11.6	12.59	12.30	14	12
酸度	0.83	0.97	1.68	0.83	1.68
糖化力	1254	960	164.16	870	330
液化力	8.28	6.12	1.96	5.35	2.26
酸性蛋白酶(u/g)	28.58	51.57	85.36	61.50	82.28
发酵力(w/w)	4.75	4.22	319	2.06	0.95
升酸幅度	0.28	0.343	1.63	0.363	0.04
氨态氮	0.20	0.408	0.34	—	—

5 清酒米曲的热能消耗

当前我国对于制曲过程中的热能变化尚未见到测算,现暂借日本清酒米曲的测算供参考^[1]。

清酒用米曲霉培养在熟米粒上制成散曲(嫩曲),制曲时间30h左右。关于清酒米曲的发热速度测算结果,1kg曲米在1h内约生成7kcal热量值。在整个制曲期间,1kg曲米约生成100kcal热量,等于大米固形物(主要是淀粉)的2%~3%。在这些热量中,约有80%为蒸发曲子中水分所消费。即以蒸发潜热将水化为蒸汽散发于空气之中。另有20%热量使室内空气温度上升,其中另有一部分作为热量储存于曲的自身,还有一部分由设备传导散发于外部,所散失的热量大部分在曲室内成为凝结水,凝结在曲室墙壁上。为了曲室保温和防止凝结水浸曲,曲室四壁需要保温。

曲米最大发热速度以7kcal/h计算,需要消费新鲜空气(氧容积比21%)约为7L/h,排出的CO₂约相当1.5L/h,按7kcal/h发热中有80%曲水分蒸发,概算其水分蒸发为10g/kg。

曲发热速度7kcal/h,每房投曲料400kg,需2800kcal/h,于是曲室内需要补给热量差为3020kcal/h,以电力换算为3.5kW。

5 切莫片面追求高温大曲

高温大曲目前在白酒厂中比较风行。高温大曲的特点是随着制曲品温升高,导致最终成品曲的淀粉酶低,酸度、酸性蛋白酶高,而酵母菌严重不足,如是,势必使出酒率降低。白酒生产出酒率与产品质量是平行关系,只有出酒率高,产品质量才有保证。因为白酒中许多香味成分是醇溶性的,如果酒醅中的酒精分含量低,在蒸馏时必然有许多醇溶性的香味物质蒸不出来而残留于糟中,结果势必影响酒的质量。

酱香型白酒厂采取高温大曲是有道理的。例如茅台酒厂高温大曲的品温高达60℃以上,曲坯上霉菌及酵母菌难以存活。所以在成品曲中根本检不出霉菌及酵母菌,主要为耐热细菌。故此茅台高温大曲亦称谓细菌大曲。

茅台酒厂生产工艺中最大特点是有堆积工序。酒醅在堆积过程中,网罗了大量霉菌及酵母菌,从而弥补了高温大曲之不足,因而堆积工序亦称谓二次制曲。经测定,酒醅堆积后,活菌总数较大曲增加15倍之多。其中酵母菌增加7种,细菌增加9种。酒醅堆积开始时,酵母菌占总菌数的34.28%,堆积96h,酵母菌数上升到72.6%,在堆积中酵母菌增加最多,这对发酵极为有利。

在没有堆积工序的厂家片面追求高温大曲的作法是值得商讨的。孤立的只用高温大曲容易使酒糊苦味重,酒色发黄。如果采用

表10 全小麦粉熟料上不同温度培养河内白曲测定结果

温度(℃)	水分(%)	酸度	糖化力(0C,45℃)	酸性蛋白酶(pH3.Pu)	阿魏酸(mg/100g)	酪氨酸(mg/100g)
30	48	0.9	2105	1279	94.6	306.2
30~35	48	0.7	2585	1062	143.5	246.5
35~47	47	0.8	2409	460	188.7	289.4

高温大曲以使酒味丰满或增加后味,建议采取高温大曲与普通大曲按一定比例混合使用,或高温大曲与中温大曲分别发酵,产品进行勾兑以取长补短。这种既照顾了出酒率,又提高了产品质量的方法是可以考虑的。

7 对高温大曲的看法

在高温大曲风行中,不问菌的生理特性,不作实验,任凭主观判断,就把高温大曲嫁接到麸曲身上,这个作法是值得商讨的。

麸曲用曲霉在熟料上纯种培养;大曲是以根霉为主在生料上多微培养。由于菌种的特性不同,生料与熟料不同,因而对制曲温度控制亦不相同。以致使成品曲上,酶的组成两者存在着差异。

做麸曲就必须是熟料(杀菌),才能进行纯种培养,试看曲霉、根霉在熟料上不同温度培养的结果如何?见表9。

表9 麸曲温度对河内白曲酶生成的影响(3次平均)

温度(℃)	水分(%)	酸度	糖化力	液化力	酸性蛋白酶(u/g)	升酸幅度
30	51	1.36	1230	43.64	46.63	4.1
35	47	1.30	1740	27.91	56.38	3.9
40	43	0.9	1200	15.97	54.0	3.5
45	37.5	0.8	120	2.04	48.8	2.7

河内白曲接种于熟料小麦粉上,在30℃培养24h后,再分别置于30℃,35℃,40℃,45℃保温箱内培养40h,出曲后测定结果如表10。

表9中河内白曲糖化力35℃最高,45℃较35℃糖化力下降14倍。液化力由30℃的43.64,在温度上升到45℃时下降至2.04。酸性蛋白酶波动性不大。酸度则随品温上升而下降。

表10表明,制曲温度前低后高的操作方法,30~40℃糖化力波动不大,随品温升高稍有上升。酸性蛋白酶则随品温升高而大幅度下降。

表11 根霉麸皮熟料培养不同温度酶生成测定(3次平均)

温度(℃)	水分(%)	酸度	糖化力	液化力	酸性蛋白酶(u/g)	氨态氮(%)
30	46	0.7	1680	5.1	68.1	0.352
35	42	0.9	1260	6.8	61.2	0.280
40	38	1.1	780	10.4	53.26	0.210
45	35	1.3	240	13.2	38.5	0.178

表11表明,根霉麸曲随制曲品温上升,糖化力、酸性蛋白酶都在急剧下降。与曲霉相反,酸度及液化力反而上升。

表12 不同培养温度对黄曲霉产蛋白酶的影响

培养温度(℃)	蛋白酶		
	pH3	pH6	pH7
25	65	84	69
30	53	74	58
34	24	24	25
37	20	20	18

表12表明,曲霉是品温低的情况下,蛋白酶高。品温高时,曲霉对酸性蛋白酶及中性蛋白酶的代谢都大为降低。

不论大曲与麸曲,制曲品温高时淀粉酶都大幅度下降,于是势必造成出酒率低。然而大曲却随品温升高酸性蛋白酶亦随之增长。各厂追求高温大曲,其目的在于提高酸性蛋白酶,增加酒醅氨基酸含量,借以增加酱香和后味。不同的是麸曲与大曲相反,在低温下曲的酸性蛋白酶高。提高麸曲品温既降低了淀粉酶也降低了酸性蛋白酶,结果既降低了出酒率又未能提高质量,“南辕北辙”,是值得考虑的。

参考文献:

[1] 清酒酿造技术(第六版)[M].日本酿造协会,1993.