

面包酵母细胞出芽率与产品质量关系研究

袁景洪 周奕 严乐

(华东理工大学自动化研究所 上海 200237)

速用压榨酵母 (Compressed yeast, CY) 和活性干酵母 (Active dry yeast, ADY) 是用于面点制作的主要两类酵母产品。发酵力则是其共同质量指标。目前, 国产压榨酵母的发酵力波动很大, 活性干酵母不仅发酵力低, 而且保质期短。面包酵母的发酵力定义为由一定数量的酵母样品, 面粉和水制成的面团在恒温下产生 CO_2 的能力。本文采用 Burrows^[1] 法测量面包酵母发酵力, 面团由 0.15 克干酵母, 20 克面粉和 15ml 脱离子水混合而成, 并以该面团在 30℃、180min 内产生的 CO_2 总量作为发酵力的表征。文献 [2] 表明, 面包酵母的发酵力与终细胞群体中的带芽细胞分率 (Fraction of budding cells, FBC) 有密切的关系。传统的概念是, 为提高酵母产品质量, FBC 越低愈好。经研究发现, 压榨酵母的耐贮存力及活性干酵母的发酵力与 FBC 成反比, 但对速用压榨酵母而言, 其发酵力与 FBC 的正相关关系甚为明显, 这与传统概念有着根本的差异。

1 压榨酵母的发酵力与 FBC

压榨酵母可区分为速用型和耐贮存型两类。速用压榨酵母系指在较短时间内耗用的酵母产品。除菌株本身的特性和发酵条件外, 影响这类酵母产品发酵力的主要因素有两个方面, 一是产品的贮存温度, 二是细胞本身的质量。如在 5℃ 和 23℃ 下, 酵母细胞分别在 28d 和 18d 内基本保持活力恒定, 但 35℃ 下, 7~9d 后样品将完全失去其发酵活力^[3]。而从产品质量控制的角度, 应设法提高酵母产品的先天质量。面包酵母的先天质量包括蛋白质和海藻糖含量及成熟度等。其中以成熟度对发酵力的影响为最甚。成熟度与 FBC 成反比。换言之, 成熟度控制与 FBC 控制是等价的。那么对速用型压榨酵母的生产, 究竟应将 FBC 控制在什么水平? 表 1 给出了 4 批实验室规模流加发酵后期样品发酵力变化情况。这 4 次实验分别对应于文献 [4] 中的实验 1, 3, 4 和文献 [5] 中的实验 3。

表 1 流加发酵后期样品的发酵力

Exp. No.	1		2		3			4		
Strain	H1022		H620		H620			H620		
T_i/h	12		12		12			10		
ST/h	12	10	12	10	12	10	10	9	8	7
FBC/%	18.0	20.0	10.0	13.0	18.0	33.0	0.3	4.0	21.6	30.0
DS/d	3		10		5					
FA (CO_2) /ml	110	110	118	120	101	107	126	130	132	138

*: 样品贮存温度为 3~5℃。 T_i 为流加发酵周期; ST 为取样时刻; DS 为样品贮存天数; FA 为发酵力

图 1 给出了上述 FBC 值各异的样品发酵力对照, 从中可以发现, $\Delta\text{FA}/\Delta\text{FBC} \geq 0$, 与传统概念完全相反。这一偶然的发现已被进一步的工业规模发酵实验结果所证实。所谓工业发酵实验, 实际上是在某酵母厂随机选取的几个工业罐批。表 2 是 5 次工业发酵实验中有关样品的分析结果。

受国家教委优秀年轻教师基金及留学生基金资助。
本文于 1994 年 8 月 12 日收到。

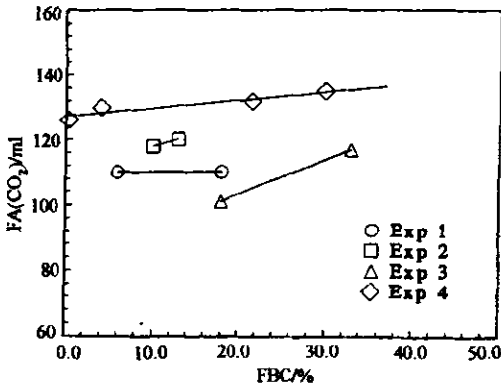


图 1 实验 1~4 中若干样品发酵力分析结果

从表 2 中可以得出类似于实验室发酵研究的结果,即当贮存时间较短时, $\Delta FA/\Delta FBC \geq 0$, 见图 2。但随着贮存时间的加长,各样品的发酵力普遍下降的同时,这一正相关关系也逐步向负相关过渡。这一转折到来的快慢与贮存温度密切相关。取自工业实验 2 的样品贮存温度为 $-1.0 \sim 1.0^\circ\text{C}$, 这些样品甚至在 34d 后, FA 与 FBC 仍为正相关。工业实验 1、4、5 的样品在贮存后期均置于高于 20°C 的环境, 故 FA 与 FBC 的关系均在数日高温贮存后逆转为负相关, 见图 3。这些实验数据表明, 压榨酵母生产中 FBC 控制主要由产品的贮运条件所决定。若低温贮存且产品在 1~2 周内耗用, 则有理由认为, FBC 应控制在相对较高的范围, 而不是使之极小化。

表 2 工业发酵实验样品的发酵力分析结果

Run No.	1		2		3		4		5																	
T/h	7		8		6		6		5																	
ST/h	4	7	7	8	6	5	4	5.25	2.42	6	4	3	2	3.5	1.5											
FBC/%	24.0	50.0	13.4	16.1	16.3	27.3	28.7	19.5	50.0	11.3	29.5	33.9	39.4	14.0	33.8											
DS/d	3		3		4		9		2																	
FA (CO ₂) /ml	109	124	135	145	152	155	158	76	83	129	129	131	128	141	156											
DS/d	20		19		11		12		10																	
FA (CO ₂) /ml	83	38	133	146	143	151	154	53	55	121	124	125	132	102	109											
DS/d	34		17		18		13		61																	
FA (CO ₂) /ml	120		107		138		147		152		20		20		104		104		101		103		85		61	
Storage	5~7 (DS \leq 16)				-1.0~1.0				3~5 (DS \leq 5)				4~6 (DS \leq 5)				5~7 (DS \leq 8)									
Temperature/ $^\circ\text{C}$	20 (DS $>$ 16)								13 (DS $>$ 4)				15 (5 $<$ DS \leq 16)				25 (DS $>$ 8)									
	22 (DS $>$ 16)																									

*: 符号说明同表 1。

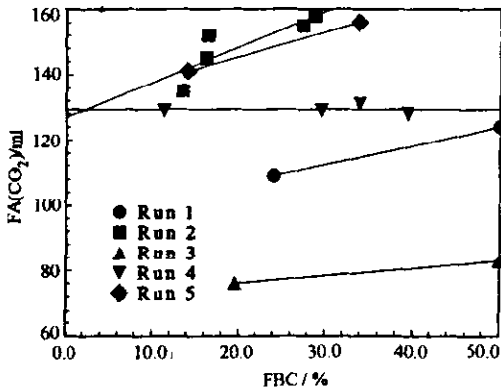


图 2 工业发酵实验样品经 2~5d 低温贮存后 FA 与 FBC 的关系

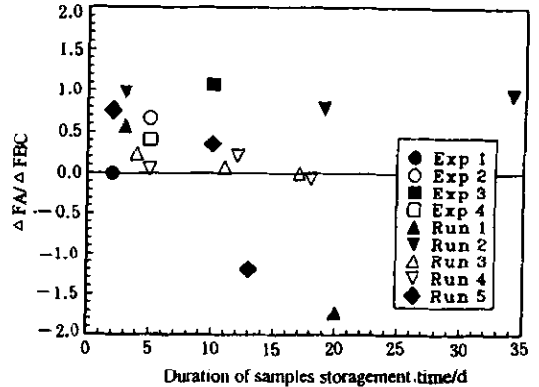


图 3 不同贮存期下实验室及工业发酵实验样品的 $\Delta FA/\Delta FBC$

因此,认为压榨酵母的 FA 与 FBC 成反比的传统概念是不全面的。产生这一片面概念的原因可能是过去人们过于强调压榨酵母的耐贮存力。耐贮存力在面包酵母工业化生产初期显得尤为重要,因为当时冷藏条件较难得到满足。如今,人们就必须对速用型和耐贮存型压榨酵母区别对待了。

2 活性干酵母的发酵力与 FBC 的关系

在酵母工业上,ADY 是由压榨酵母喷雾干燥而得的。DAY 经过脱水-再水化循环活力损失通常高达 20%~40%。能否通过 FBC 的有效控制减少这一损失? 在此对工业发酵实验 1、4、5 中的样品进行了进一步的研究。结果见表 3。显示,ADY 的发酵力与 FBC 成负相关关系。而且随 FBC 升高,ADY 的相对失活大为加速。若样品进一步干燥使干物质含量接近商用 ADY 水平(92%左右),这一趋势可能更为强烈。故从质量控制的角度,活性干酵母生产时应使 FBC 尽可能低。

表 3 活性干酵母及压榨酵母的发酵力比较

Run No.	1	4	5					
FBC of samples/%	24.0	50.0	11.3	29.5	33.9	39.4	14.0	33.8
FA (CO ₂) of CY/ml	109	124	129	129	131	128	141	156
FA (CO ₂) of ADY/ml	93	88	81	76	75	63	114	42
Dry mass content of ADY/%	57.0	57.0	81.5	81.0	80.7	82.1	88.1	89.6
Relative loss of FA/%	14.7	29.0	37.2	41.1	42.7	50.8	19.2	73.0

样品取自工业发酵实验 1、4、5

3 讨论与结论

从本文的实验数据中可以看到速用型压榨酵母的发酵力与 FBC 有正相关关系。这是否意味着 FBC 愈高愈好呢? 作者其它未发表的数据否定了这一点。因为对不少的工业罐批,FBC 很高的样品其发酵力与 FBC 值为 30%~40% 的样品持平,另有个别 FBC 很高的样品甚至发酵力反而偏低。可见 FBC 过高会造成酵母质量的不稳定。很高的样品甚至发酵力反而偏低。当 FBC<30%~40% 时,速用型压榨酵母的发酵力与 FBC 的正相关关系则是稳定的。基于上述事实,速用型压榨酵母 FBC 的最优控制区间应在 30%~40% 之间。另一方面,FBC 的最优控制策略还受到气温的影响。若日平均室温>20℃,且无冷藏贮存条件,速用型压榨酵母的成熟度控制策略应与耐贮存压榨酵母的生产控制相同,即宜使 FBC 极小化⁽⁵⁾。而在整个冬季和秋末春初,适度提高 FBC 将有利于提高速用型压榨酵母的质量。在这些季节,室温下发酵力与 FBC 的正比关系可维持 2 周左右。

为减少活性干酵母在脱水-再水化过程中的失活,提高活性干酵母的发酵力,使 FBC 极小化是必要的。这与文献〔2〕的结论是一致的。FBC 极小化以后是否能延长活性干酵母的保质期也是非常值得进一步探讨的课题。对此,可望借助作者早期提出的面包酵母循环-代谢模型系统来实验。该模型已成功用于使 FBC 极小化的最优控制实验⁽⁵⁾。

参 考 文 献

- (1) Burrows S. Proceedings of the 6th International Congress on Cereal Technology and Cereal Chemistry, Potsdam, Institut fur Getreideverarbeitung DDR, 1975, 295~305.
- (2) Reid B, Hartwell L H J. Cell Biology, 1977, 75: 355~365.
- (3) Hautera P, Lovgren T. Baker's Digest, 1975, 49: 36~37.
- (4) 袁景洪, 蒋魁孙, Bellgardt, K H 等. 生物工程学报, 1993, 9 (1), 74~78.
- (5) 袁景洪等, Bellgardt K-H. 生物工程学报, 1994, 10 (3), 263~270.

Fraction of Budding Cells and the Quality of Baker's Yeast

Yuan Jingqi, Zhou Yi, Yan Le

(*Institute of Automatic Control, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237*)

Abstract Fermentative activity is the most important quality index of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for baking. It is found by the experimental investigation of the relationship of the cell cycling variable that when FBC is not very high, the fermentative activity of short-term stored compressed baker's yeast has a positive correlation of FBC (completely conflicting to the conventional concept); while for active dry yeast and long-term stored compressed yeast, the fermentative activity is reversely proportional to FBC.

Key words Cell cycling, yeast for baking, quality index