

# 海藻糖对面包酵母耐贮存力的影响

宋 祺

李 寅

陈 坚

伦世仪

(中国科学院上海生物工程中心, 上海 200233) (无锡轻工大学生物工程学院, 无锡 214036)

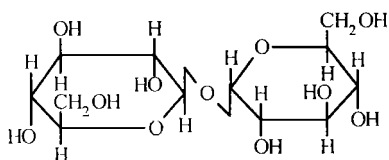
**摘要** 初步研究了面包酵母胞内海藻糖含量对其耐贮存力的影响, 探讨了提高鲜酵母胞内海藻糖含量的培养措施。研究表明, 海藻糖含量越高, 面包酵母的耐贮存力越强。采用提高海藻糖含量的培养技术进行流加培养, 发酵结束时面包酵母中海藻糖含量从 9.7 mg/g 提高到 19 mg/g。4℃贮存 18 d 后, 面包酵母的发酵活力由 1 170 m 度为 1 040 ml (仅下降了 11%), 表现出较优的耐贮存力。

**关键词** 海藻糖; 面包酵母; 耐贮存力; 发酵活力

**中图分类号** TS201.3

## 0 前 言

海藻糖是一种广泛存在于动植物和微生物体内的非还原性双糖, 具有不同于其它碳水化合物的独特生物学性质。它由两分子  $\alpha$ -D-葡萄糖以  $\alpha$ -1, 1 键连接而成, 结构式为<sup>[1]</sup>:



研究表明, 海藻糖对生物体和生物分子具有奇妙的非特异性保护作用, 这使得人们在食品、分子生物学、医学和保健品领域内对它的兴趣日益增长。面包酵母的生产是食品工业的重要组成部分, 而作为其重要质量指标之一的耐贮存力, 就与酵母胞内海藻糖含量密切相关。因此, 研究海藻糖对面包酵母耐贮存力的影响具有重要的实践价值。作者考察了鲜酵母贮存过程中海藻糖含量对酵母耐贮存力的影响, 分析了酵母典型分批培养中海藻糖含量的变化情况, 结合前人研究经验制定了提高胞内海藻糖含量的策略, 并通过实验证实了该策略的有效性。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

**菌种** 面包酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) WSH-J7; **培养基** 见文献 [2];  
**发酵罐** 美国 VIRTIS 2.5 L 实验用台式玻璃发酵罐, 配备温度、pH 自控系统。

### 1.2 培养方法

见文献 [2]

收稿日期: 1996-08-26

第一作者: 宋祺, 女, 1971 年 2 月出生, 工学硕士。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1.3 分析方法

- 1.3.1 菌体干重 菌体冷冻 2 h 后,真空干燥至恒重后称重。
- 1.3.2 葡萄糖浓度 3, 5-二硝基水杨酸法。
- 1.3.3 胞内海藻糖含量 见文献 [3]。
- 1.3.4 发酵活力 见文献 [4]

2 结果与讨论

2.1 胞内海藻糖含量对 WSH-J7耐贮存力的影响

耐贮存力是面包酵母的重要质量指标,用酵母发酵活力随贮存时间的变化来衡量。相同贮存时间内发酵活力下降越慢,耐贮存力就越高。胞内海藻糖含量被认为是与面包酵母(尤其是活性干酵母)耐贮存力密切相关的重要因素,因此,作者首先考察了 WSH-J7贮存过程中海藻糖含量变化与发酵活力变化之间的关系,继而比较了不同海藻糖含量的酵母其发酵活力的变化情况 见图 1。

图 1 显示了 WSH-J7贮存过程中(贮存温度 4℃)发酵活力及胞内海藻糖含量的变化情况。实验时,酵母初始海藻糖含量为 9.7 mg/g,初始发酵活力为 8.3 min(小样法)和 1 030 ml(标准法)。从图 1 可见,贮存 6 d 时 WSH-J7 的发酵活力基本没有变化,第 6 天至第 10 天发酵活力微弱下降,而第 10 天后发酵活力下降速度明显加快,第 14 天以后发酵活力开始低于 15 min。与之相对应,胞内海藻糖含量在前 10 d 内下降很快(从 9.7 mg/g 降至 4 mg/g),而第 10 天到第 22 天胞内海藻糖含量仅减少了 2 mg/g,下降速度明显变慢。海藻糖的非特异保护作用虽然已为人们所熟知,但目前还没有一种理论能够完整地解释它的生物保护功能。对于图 1 显示的现象,较为可信的解释是:一方面,海藻糖作为贮存碳水化合物的来源,保证 4℃ 下酵母微弱代谢的顺利进行;另一方面,海藻糖可能以某种替代作用<sup>[5]</sup>保护酵母细胞内各种与发酵面团相关的酶和酶系的活性不丧失。一旦海藻糖被酵母消耗到不足以起这种保护作用,酵母的发酵活力就会急剧下降。为了考察海藻糖含量对面包酵母耐贮存力的影响,作者比较了不同海藻糖含量的酵母其发酵活力随贮存时间的变化情况(贮存温度 4℃),结果见图 2。

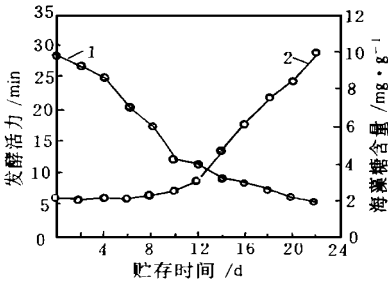


图 1 WSH-J7胞内海藻糖含量及发酵活力随贮存时间的变化曲线  
1 发酵活力 2 海藻糖含量

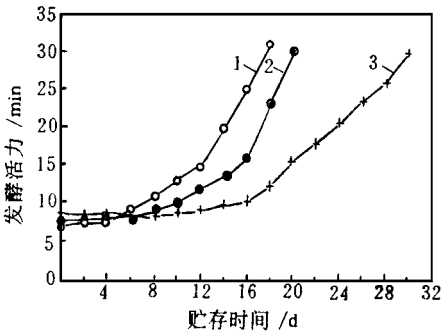
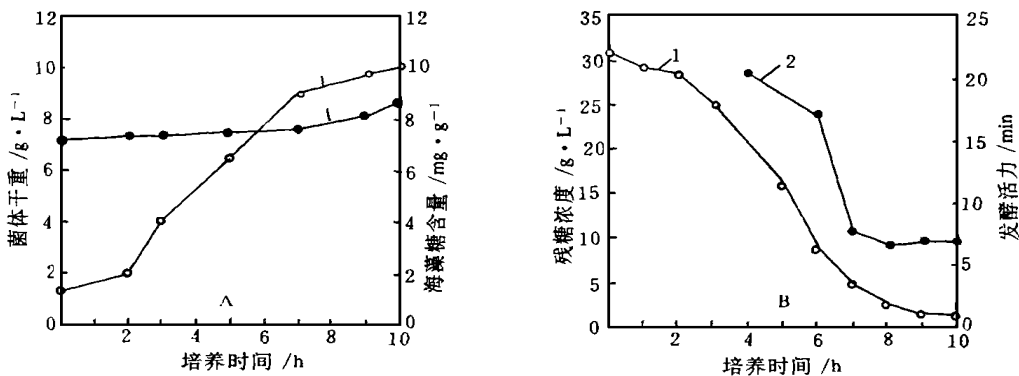


图 2 不同海藻糖含量的酵母贮存过程中发酵活力的变化曲线  
1 7.2 mg/g 2 9.7 mg/g 3 14.6 mg/g

从图 2 可见,海藻糖含量高 (14.6 mg /g)的酵母,贮存前 16 d 内发酵活力基本没有变化;而海藻糖含量低 (7.2 mg /g)的酵母,贮存 4 d 后发酵活力就开始下降。这说明提高酵母中海藻糖的含量是提高鲜酵母耐贮存力的重要途径。

2.2 WSH-J7 典型分批培养过程中胞内海藻糖含量的变化

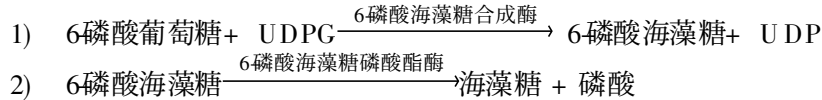
由于海藻糖含量越高,酵母的耐贮存力越强,因此,如何采取有效的措施来提高酵母胞内海藻糖的含量就成为非常有意义的研究内容。为了制定较佳的面包酵母培养控制策略,作者首先考察了酵母在培养过程中胞内海藻糖含量的变化情况。图 3 为面包酵母典型分批培养过程中海藻糖含量、发酵活力、菌体干重和罐内糖质量浓度随时间变化的曲线,实验中糖初始质量浓度为 31.0 g /L,培养时间 10 h,培养结束时酵母发酵活力为 6.7 min(小样法)和 1150 ml(标准法)。



A 菌体干重和胞内海藻糖含量的变化  
1 菌体干重 2 海藻糖含量  
B 罐内剩余糖浓度、发酵活力的变化  
1 残糖浓度 2 发酵活力

图 3 WSH-J7 分批培养过程曲线

研究表明,酵母在好氧条件下积累海藻糖,其合成途径如下<sup>[5]</sup>:



从图 3 可见,酵母胞内海藻糖含量在培养前期基本上没有什么变化 (7 mg /g 左右),而在培养后期略有升高。由于酵母胞内的海藻糖还会受到海藻糖酶的作用而分解,因此,一般都认为胞内海藻糖的含量是由合成与代谢的平衡调节的,而这种平衡随着生长周期、营养和环境条件的变化而变化。图 3 显示出酵母在生长旺盛期不积累过多的海藻糖,而在碳源有限、生长趋缓时,海藻糖含量开始有所增加。这与已有的报导结果<sup>[6]</sup>大致相符,所不同的是本研究中酵母胞内海藻糖含量在生长平衡期增加的速度较慢,其中原因还有待于进一步研究。

2.3 提高海藻糖含量的初步研究

一些研究结果<sup>[2]</sup>表明,培养条件的改变显著影响胞内海藻糖的积累。这些培养条件包括:提高培养基的碳氮比;在培养后期适当升高温度和降低溶氧;以及使酵母处于“饥饿状态”2~3 h。

根据前人的研究经验,作者在实验中应用已研究得到的流加培养模式<sup>[2]</sup>并采取以下措

施,以期提高酵母胞内海藻糖含量<sup>[7]</sup>。

- 1) 培养结束前 3 h 将培养温度由 30℃ 提高到 33℃;
- 2) 培养结束前 4 h 将补料糖液中碳氮比由 4.5:1 提高到 6:1,流加 2 h 后停止进料,再进行分批培养 2 h;
- 3) 培养结束前 2.5 h 将发酵罐的搅拌转速由 700 r/min 降低到 300 r/min.

WSH-j7 流加培养过程中各参数的变化情况见图 4。培养结束后通过离心、洗涤,测得酵母发酵活力为 6.2 min(小样法)和 1 170 ml(标准法),胞内海藻糖含量为 19 mg/g。由此测定鲜酵母胞内海藻糖含量和发酵活力在贮存过程中(贮存温度 4℃)的变化情况,结果见图 5。

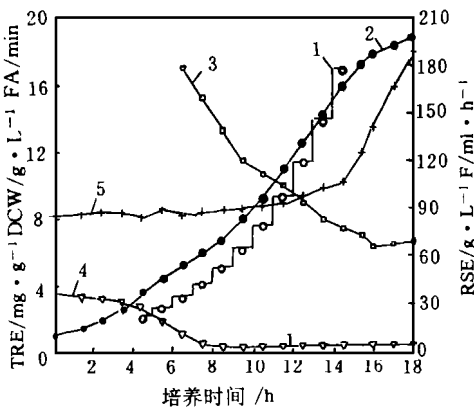


图 4 流加培养中流加量、菌体干重、残糖浓度、发酵活力和海藻糖含量随培养时间的变化  
1 补液速率 (F) 2 细胞干重 (DCW)  
3 发酵活力 (FA) 4 残糖浓度 (RSC)  
5 胞内海藻糖含量 (TRE)

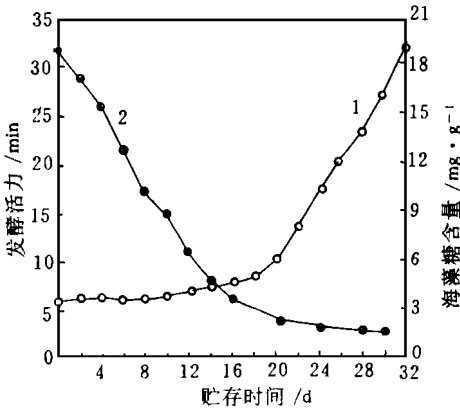


图 5 酵母贮存过程中海藻糖含量及发酵活力的变化曲线  
1 发酵活力  
2 海藻糖含量

图 4 再次显示出,按照前文<sup>[2]</sup>得到的指数流加培养模式来培养 WSH-j7,可以获得较高的转化率和优良的发酵活力。图 4 还表明,当培养进行到 6 h,罐内剩余糖质量浓度低于 10 g/L 时,海藻糖开始缓慢积累,14 h 时海藻糖含量达到 9.7 mg/g。14 h 后,海藻糖积累速度明显加快,发酵结束时胞内海藻糖含量达到 19 mg/g,比起分批培养最终获得的酵母,海藻糖含量提高了 9.3 mg/g。这表明本研究中采取的提高海藻糖含量的措施是有效的。进一步的研究,包括各种培养条件影响酵母细胞积累海藻糖的机制,正在进行中。

和图 2 的结果类似,图 5 的结果也显示出初始海藻糖含量越高,其耐贮存力越强。初始海藻糖含量为 19 mg/g,初始发酵活力为 6.2 min(小样法)和 1 170 ml(标准法)的酵母,4℃ 贮存 18 d 后,其发酵活力微弱下降,为 7.9 min(小样法)和 1 040 ml(标准法),22 d 后,发酵活力下降为 13 min(小样法)和 680 ml(标准法),此时胞内海藻糖含量低于 4 mg/g。

### 3 结 论

- 1) 海藻糖对 4℃ 下鲜酵母的耐贮存力有着明显的影响,酵母中初始海藻糖含量越高,

贮存过程中发酵活力下降的速度就越慢;当胞内海藻糖含量低于 5 mg /g时,发酵活力急剧下降

2) 提高培养基碳氮比、培养后期提高温度及降低溶氧,能够促进酵母积累海藻糖。采用这些措施,结合已有的流加培养模式<sup>[2]</sup>进行流加培养,最终酵母中海藻糖含量比分批培养获得的酵母中海藻糖含量提高了 9.3 mg /g.

参 考 文 献

- 1 李浩明,高蓝.海藻糖在生物制品干燥与保存中的应用研究.食品与发酵工业,1994,49(4): 49~ 51
- 2 陈坚,李寅,宋祺等.面包酵母培养过程解析和流加模式研究.药物生物技术,1995,2(4): 37~ 42
- 3 Trevelyan W E, Harrison L S. Biochem. J. studies on Yeast Metabolism (7). Yeast carbohydrate fractions. 1956, 63 : 23~ 33
- 4 李寅,陈坚,宋祺等.高发酵活力面包酵母的高产率流加培养策略研究.生物工程学报,1997,13(2): 160~ 167
- 5 莫湘筠.酵母脱水保藏机理探讨及其在活性干酵母生产中的应用.食品与发酵工业,1993,48(1): 76~ 80
- 6 程池.天然生物保存物质——海藻糖的特性和应用.食品与发酵工业,1996,51(1): 59~ 64
- 7 宋祺.面包酵母培养过程的优化与质量控制.无锡轻工大学硕士学位论文. 1995

# The Effect of Trehalose on Stability of Baker ´s Yeast

Song Qi

( Shanghai Biotechnology Center of C. A. S. Shanghai 200233)

Li Yin Chen Jian Lun Shiyi

( School of Biotechnology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi, 214036)

**Abstract** The effect of trehalose content on the stability of baker ´s yeast and the methods for raising the trehalose content were investigated. The results indicated that higher trehalose content could make yeast more stable. The trehalose content of baker ´s yeast could be increased from 9.7 mg /g to 19 mg /g in fed-batch culture with improved methods, and only 1% of fermentative activity was lost after storage for 18 days under 4℃.

**Key-words** trehalose; baker ´s yeast; stability; fermentative Activity

(责任编辑: 秦和平)