

表 5 添加剂对色素稳定性的影响(λ = 440nm)

(mol/L)	CK	0. 008	0. 016	0. 024	0. 032	0. 040
柠檬酸	0. 451	0. 441	0. 439	0. 440	0. 441	0. 442
酒石酸	0. 451	0. 445	0. 430	0. 430	0. 420	0. 400
抗坏血酸	0. 450	0. 430	0. 427	0. 426	0. 430	0. 431
明矾	0. 450	0. 450	0. 451	0. 450	0. 450	0. 438
淀粉	0. 450	0. 455	0. 460	0. 470	0. 469	0. 467
蔗糖	0. 450	0. 430	0. 440	0. 440	0. 440	0. 440
碳酸氢钠	0. 450	0. 455	0. 450	0. 445	0. 440	0. 440
苯甲酸钠	0. 450	0. 445	0. 430	0. 430	0. 420	0. 400
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> *	0. 450	0. 430	0. 420	0. 420	0. 418	0. 410

\* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度(%) 为 0、0. 240、0. 480、0. 432、0. 816、1. 2。

表 6 金属离子对色素稳定性的影响

(mol/L)	CK	0. 008	0. 016	0. 024	0. 032	0. 040
Na <sup>+</sup>	0. 450	0. 450	0. 446	0. 445	0. 443	0. 450
Cu <sup>2+</sup>	0. 450	0. 440	0. 460	0. 460	0. 465	0. 480
Fe <sup>3+</sup> *	0. 450	0. 170	0. 195	0. 230	0. 275	0. 321

\* Fe<sup>3+</sup> 的浓度(mol/L) 为 0、0. 004、0. 008、0. 012、0. 016、0. 020。

度 结果见表 4。

结果表明 ,随着光照时间的延长吸光度降低。

2. 5 添加剂对色素稳定性的影响

取一定量的色素溶液 ,分别加入不同浓度的柠檬酸、酒石酸、抗坏血酸、明矾、淀粉、蔗糖、碳酸氢钠、苯甲酸钠、过氧化氢、氯化钠、氯化铜、氯化铁等 ,在最大吸收波长下测定吸光度 ,结果分别列于表 5 中。

从表 5 可知 ,柠檬酸、蔗糖、碳酸氢钠对色素稳定性没有什么影响 ,抗坏血酸、明矾 ,淀粉对色素略有影响 ,而酒石酸、苯甲酸钠和过氧化氢对色素有减色效应。

由表 6 可知 ,Na<sup>+</sup>对色素没有多少影响 ,Cu<sup>2+</sup>对色素有增色作用 ,Fe<sup>3+</sup>对色素影响较大。

3 结论

试验结果表明 ,栀子黄色素为水溶性色素 ,在可

见光区 440nm 处有一最大吸收峰。该色素在 pH2 ~ 8 的范围内比较稳定 ,高温 (60 ~ 100℃ ) 及光照对色素有一定程度影响。试验结果还表明 ,柠檬酸、蔗糖、碳酸氢钠、明矾、淀粉、氯化钠对色素的稳定性没有什么大的影响 ,但该色素耐氧化性较差。酒石酸对色素有减色作用 ,而 Cu<sup>2+</sup>有增色作用。另外 ,Fe<sup>3+</sup>对色素稳定性影响较大 ,所以在使用和生产过程中 ,应避免接触铁器。

栀子为新疆资源丰富的天然植物 ,且其色素可直接用水提取 ,成本低、方法简单易行 ,色素色质优良 ,因此有广阔的开发应用前景。

参考文献

1 马自超等 . 天然食用色素化学及生产工艺学 . 2 ,中国林业出版社 (1994) .

2 中国卫生部药典委员会会编 . 中国药典 . 人民卫生出版社 ,一部 ,1990 :203 .

富铬酵母的生产工艺研究

肖方正 刘曲滨 广东江门生物技术开发中心 江门 529080

**摘 要** 对富铬酵母生产的主要工艺条件进行了研究。并介绍了富铬酵母的生理功能以及富铬酵母作为营养补充剂在多方面的应用。

**关键词** 铬 GTF 生物活性铬 富铬酵母

chromium and application of chromium yeast as nutritional supplement were introduced.

**Key words** Chromium GTF Bioactive chromium Chromium yeast

1959 年 Schwartz 和 Mertz 发现在大鼠日粮中添加铬酵母或其提取物可以提高其糖耐量, 后来确认三价铬是葡萄糖耐量因子(GTF)的活性组成部分, 葡萄糖耐量因子能促进胰岛素的分泌, 使升高的血糖回到正常值。铬通过协同和增强胰岛素的生理作用, 影响体内所有依靠胰岛素调节的生理过程, 参与体内糖代谢与脂肪代谢, 维持机体正常的葡萄糖耐量、脂代谢及血清胆固醇水平, 是核酸的稳定剂和某些酶的活化剂。人体缺铬会引起机体糖类与脂类代谢的紊乱而导致糖尿病与动脉硬化等疾病; 动物缺铬会导致血脂浓度高、对应激敏感、免疫功能受抑制、繁殖功能下降、生产水平低以及胴体品质下降等, 大量的研究证实铬是人体和动物必不可少的一种微量元素。1980 年美国国家科学院推荐的成人铬摄入量是 50~200 $\mu\text{g}/\text{d}$ , 铬在天然食物中的含量一般在 1ppm 以下, 远不能满足人体正常需要。目前补铬剂有有机铬  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CrCl}_3$  及有机铬: 甲基吡啶铬、烟酸铬和酵母铬。无机铬生物活性及吸收率很低、效果差; 甲基吡啶铬和烟酸铬虽是有机铬, 但作为含合成品其生物亲和力低; 富铬酵母所含的有机铬是生物活性铬, 其人体吸收率远较前二者高, 是目前最有效的补铬剂。

富铬酵母是以酵母为载体, 将无机铬转化为有机铬的发酵产品。酵母在适宜的培养基和一定的工艺条件下, 通过一系列生化过程将胞外的碳源、氮源、磷源、铬源等吸收到生物体内并得到生长繁殖, 同时无机铬也被同化到有机大分子上。我单位已成功地开发出达到国内外先进水平的富铬酵母, 并已实现工业化生产。

## 1 实验材料

1.1 菌种: 采用本单位酵母菌种

1.2 培养基

1.2.1 种子培养基: 12Bx 麦芽汁。

1.2.2 发酵培养基: 葡萄糖、酵母糖、蛋白胨、磷酸盐、尿素、硫酸铵、硫酸镁、硫酸锌、硫酸铜、硫酸亚铁、氨水、三价铬盐、生长素等。

## 2 实验设备及仪器

2.1 测定仪器: 箱形马弗炉、721 型分光光度计

2.2 试验设备: 小型玻璃发酵罐、鼓泡式种子罐、鼓泡式发酵罐、充气式发酵罐、碟式分离机、长管薄膜蒸发器、离心式喷雾干燥塔。

## 3 实验方法

3.1 富铬酵母铬含量的测定方法: 称取适量铬酵母(粉状或乳状)于瓷坩埚中, 加 1ml 20% 无水碳酸钠, 摇匀, 小心蒸干后炭化至无烟, 置 550 $^{\circ}\text{C}$  马弗炉中灰化至白色或淡黄色, 取出放冷后调 pH 中性, 定容后按二苯氨基脲法于 540nm 处进行比色测定, 根据标准曲线计算铬含量。

3.2 富铬酵母的研究方法

3.2.1 小试: 以啤酒酵母作菌种, 分别对不同的铬盐、不同的铬量、不同的加铬方式、不同的培养基配方、不同的培养条件(如 pH、温度、通风量、接种量、菌种驯化条件)等进行摇瓶及玻璃罐对比试验, 初步找出既利于酵母细胞吸收无机铬进而形成有机铬、又能使酵母生长繁殖的基本工艺条件。

3.2.2 中试: 在小试基础上经过 2.5L 鼓泡式发酵罐进一步验证确认最基本的技术条件, 然后着重对影响富铬酵母铬含量的主要因素进行更细致的对比试验, 为大试选定更为详细可靠的工艺技术方案。

3.2.3 大试: 用 25L 鼓泡式发酵罐进一步扩大富铬酵母的试验规模, 为规模化生产提供更优化的工艺。

## 4 结果与讨论

4.1 培养温度对酵母生长速度及酵母吸铬量的影响见表 1, 由表 1 可知, 在所试点内, 培养温度为 33 $^{\circ}\text{C}$  时, 酵母生长最快; 培养温度为 27 $^{\circ}\text{C}$  时, 酵母吸铬量最高。

表 1 培养温度对酵母生长速度及酵母吸铬量的影响

培养温度( $^{\circ}\text{C}$ )	27	30	33	36
酵母比生长速度( $\text{h}^{-1}$ )	0.080	0.10	0.11	0.10
酵母吸铬量(ppm)	501	442	458	435

4.2 发酵 pH 对酵母生长速度及对酵母吸铬量的影响见表 2, 由表 2 可知, 在所试点内, 不同 pH 对酵母吸铬量影响不明显; 发酵 pH 为 5.0 时, 酵母生长最快。

表2 发酵 pH 对酵母生长速度及对酵母吸铬量的影响

发酵 pH 值	4.0	4.5	5.0	5.5
酵母比生长速度( $h^{-1}$ )	0.073	0.078	0.080	0.077
酵母吸铬量(ppm)	671	648	663	653

表3 接种量对酵母生长速度及对酵母吸铬量的影响

接种量(%)	5	10	15	20
酵母比生长速度( $h^{-1}$ )	0.071	0.063	0.058	0.053
酵母吸铬量(ppm)	865	806	799	813

表4 铬盐浓度对酵母生长速度及对酵母吸铬量的影响

铬盐浓度(ppm)	10	20	30	40	50
酵母比生长速度( $h^{-1}$ )	约0.15	约0.09	约0.05	约0.04	约0.03
酵母死亡率(%)	约1	约1	约2	约3	>3
酵母吸铬量(ppm)	>600	>1200	>2500	>1600	>1200

4.3 接种量对酵母生长速度及对酵母吸铬量的影响见表3。由表3可知,在所试点内,接种量为5%时,酵母生长最快、酵母吸铬量最高。

4.4 铬盐浓度对酵母生长速度及对酵母吸铬量的影响见表4,由表4可知,在所试点内,酵母生长速度与铬盐浓度成反比;酵母死亡率与铬盐浓度成正比,酵母吸铬量在铬盐浓度小于30ppm时与铬盐浓度成正比,据此可生产不同铬含量的富铬酵母。

4.5 综合各项试验结果而确定的规模化生产工艺条件及工艺流程如下:

规模化生产工艺:以葡萄糖、酵母膏、蛋白胨、磷酸盐、尿素、硫酸铵、硫酸镁、硫酸锌、硫酸铜、硫酸亚铁、生长素等为培养基,按所需的产品规格加入适量铬盐,灭菌后接入5%的酵母菌种,在温度30℃,pH5.0(用氨水调节)的条件下进行三级增殖通风培养,使无机铬转化成酵母有机态铬,发酵液通过离心机进行三级分离洗涤得酵母乳,再经浓缩和喷雾干燥即得到淡黄色的富铬酵母粉,其铬含量为500~2000ppm、蛋白质 $\geq 40\%$ 、水份 $\leq 8.5\%$ 、富含多种氨基酸及维生素。

生产流程如下:

菌种→2.5立方种子罐→25立方鼓泡式发酵罐→130立方充气式发酵罐→碟式分离机→薄膜浓缩器→喷雾干燥塔→富铬酵母

## 5 富铬酵母的特点及应用

### 5.1 富铬酵母的优点

5.1.1 通过毒性试验证实富铬酵母食用安全,无毒

性。

5.1.2 富铬酵母含有的生物活性铬的人体吸收率可高达10%~15%,其吸收率是甲基吡啶铬的311%,氯化铬的672%。

5.1.3 富铬酵母本身富含蛋白质、糖类和B族维生素,除可作为铬源使用外,还同时提供其他有益营养。

5.1.4 富铬酵母能进行大规模工业化生产,生产成本低。

### 5.2 富铬酵母的应用

5.2.1 降低糖尿病患者的血糖,也可以改善其低血糖反应,具有对血糖的双重调节作用,能有效控制糖尿病,消除葡萄糖耐量方面的异常现象。

5.2.2 能明显降低血清胆固醇水平,减轻动脉硬化症状。

5.2.3 能纠正缺铬儿童和长期肠外营养患者的糖耐量异常。

5.2.4 能有效增加人体肌肉,减少脂肪。

5.2.5 在生长/肥育猪日粮中添加铬可显著提高胴体瘦肉率,提高饲料转化率,降低背脂厚度(Page等,1992),还可以提高母猪的繁育性能和仔猪的成活率。

5.2.6 能增加蛋鸡的产蛋率,降低鸡蛋胆固醇,也可增加肉鸡生长速度,降低胸肌脂肪含量。

5.2.7 能改善动物内分泌,增强抗应激能力。

富铬酵母是纯天然的生物制品,安全无毒,吸收效率高,采用富铬酵母作为人和动物的营养补充剂的市场前景十分广阔。

## 参考文献

- 1 郑建仙. 功能性食品. 1997.
- 2 孔祥瑞. 医学微量元素学
- 3 Ensinger A. H. et al. Foods and Nutrition Encyclopedin, First Edition, USA. 1983.
- 4 Stadtman. T. C. Ann. Rev. Biochem, 49: 93 (1980).
- 5 梅尉德等. 中国第四届微量元素学术讨论会论文. 1988.
- 6 倪静安. 无锡轻工业学院学报, 11(3): 274, 1992.
- 7 汪勇先等. 全国第一届微量元素与健康学术讨论会论文摘要集. 1984.
- 8 Reaven GM Diabetes 37: 1595 ~ 1607, 1988.
- 9 Schwarz K Arch Biochem Biophys 85: 292 ~ 295, 1959.
- 10 Anderson RA Clin physiol Biochem 4: 31 ~ 41, 1986.