

鼠生长发育。醋蛋皮组动物增重与饲料利用率结果与碳酸钙和奶粉组无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

从动物钙代谢实验和股骨钙的存留率结果看出,除低钙组,其他各试验组差异不显著 ( $P > 0.05$ ),说明其醋蛋皮中活性钙在动物体内吸收利用与全脂奶粉、碳酸钙一致。醋蛋组数值略低是由于摄入少而引起,该组动物骨钙密度还略高于其他组。

动物血清钙、Ca/P 表明,在本实验条件下其活性离子钙可以维持动物血清 Ca、Ca/P 及碱性磷酸酶在正常值范围之内。

综上实验分析可以看出:以醋蛋蛋壳作为活性钙来源在体内的吸收利用较好,能有效地补给钙质。在其他营养素供给充足的条件下,给予适当的钙可保证和促进幼小动物生长发育。而醋蛋壳作为这种钙源是完全可行的。且经检查,汞等有毒金属未见超标。至于醋蛋所引起的体重增加过缓原因还有待于进一步探讨及研究。但可以肯定,醋蛋皮作为新的钙质来源简便

易得,价格便宜,变废为宝是一种很有前途的新型强化剂,是增加我国人民膳食中钙来源的一个良好途径。

### 参 考 文 献

- 1 中国营养学会. 推荐的每日膳食中营养素供给量. 营养学报, 1989, 11 (1); 93.
- 2 中国预防医学中心卫生研究所. 各省(区)市平均每一成人每日营养素摄入量总结表. 1982年全国营养调查资料汇编, 1985, 65.
- 3 中央卫生部文件. 关于加强营养工作的通知. (88)卫防字第87号, 7.
- 4 郑重等. 活性离子钙在动物体内吸收利用的实验研究. 中国公共卫生, 1985, 5 (3): 5~7.
- 5 施新犹. 医学动物实验方法, 第一版. 北京: 人民出版社, 1980, 440~443.
- 6 Horwitz W Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists 12 th ed, 1975, 857.
- 7 杨树勤. 卫生统计学, 第二版. 北京: 人民卫生出版社, 1986, 93~100.

## $\alpha$ -溴代肉桂醛及烷烯基酸酯类对鲜草菇呼吸代谢的抑制

陈亚非 黄凯玲 高健华 宁正祥 华南理工大学 食品工程系 510641

**摘 要** 采用氧电极法对新鲜草菇的呼吸耗氧量进行测定,探讨  $\alpha$ -溴代肉桂醛及烷烯基酸酯类对新鲜草菇呼吸代谢的抑制作用。结果表明  $\alpha$ -溴代肉桂醛及烷烯基酸酯类能有效地抑制草菇的呼吸代谢,与典型呼吸抑制剂相比较得出,  $\alpha$ -溴代肉桂醛、 $\alpha$ -溴代肉桂酸甲酯、富马酸甲酯主要是抑制草菇呼吸代谢途径中的 TCA 循环,溴代富马酸二甲酯主要抑制 EMP 途径。抑制不同代谢途径的防腐剂混合使用具有协同效应。

**关键词**  $\alpha$ -溴代肉桂醛 烷烯基酸酯类 新鲜草菇 抑制机理

**Abstract** The antimicrobial activities of  $\alpha$ -bromo cinnamaldehyde and alkenoic acid esters against straw mushroom were determined with oxygen electrode in culture medium. Results showed that the respiration of straw mushroom was inhibited by  $\alpha$ -bromo cinnamaldehyde and alkenoic acid esters. The different combinations of  $\alpha$ -bromo cinnamaldehyde and alkenoic acid esters significantly increase the inhibition rate of respiration of straw mushroom. The results of respiration experiment showed that  $\alpha$ -bromo cinnamaldehyde and alkenoic acid esters inhibit the tricarboxylic acid cycle (TCA cycle)

**Key Words**  $\alpha$ -bromo cinnamaldehyde Alkenoic acid esters straw mushroom Inhibition mechanism

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

新鲜草菇, 当天从农贸市场购买, 先用自来水洗净, 再用蒸馏水浸泡备用。

### 1.2 呼吸抑制实验

用 SP-2 型溶氧测定仪测定样品悬浮液中的溶氧量<sup>[1]</sup>。测定时在反应杯中加入 pH7.2, 浓度为 0.1 mol/L 的磷酸盐缓冲溶液 20 ml, 1.0% 的葡萄糖溶液 0.5 ml 和草菇碎片样品, 露空搅拌 5 min 后, 开始测定。用微型注射器将防腐剂、典型呼吸抑制剂先后加入反应杯中, 由杯内溶氧量的变化求出草菇呼吸速率。用下式计算防腐剂的抑制率  $I_R$ :

$$I_R = \frac{R_0 - R_1}{R_0} \times 100,$$

其中  $I_R$  为防腐剂对草菇呼吸代谢的抑制率(%),  $R_0$ 、 $R_1$  分别为防腐剂加入前后草菇的呼吸速率 ( $\mu\text{mol O}_2/\text{g} \cdot \text{min}$ )。根据典型呼吸抑制剂加入前后草菇的呼吸速率, 用下式求出叠加率  $R_R$ :

$$R_R = \frac{R_1 - R_1'}{R_1} \times 100$$

其中,  $R_R$  为典型呼吸抑制剂对防腐剂的叠加率(%),  $R_1$  为加入防腐剂后草菇的呼吸速率 ( $\mu\text{mol O}_2/\text{g} \cdot \text{min}$ ),  $R_1'$  为加入典型呼吸抑制剂后草菇的呼吸速率 ( $\mu\text{mol O}_2/\text{g} \cdot \text{min}$ )。

## 2 结果与讨论

### 2.1 呼吸代谢途径间的相互关系

生物体内, 糖的氧化降解不仅能提供大量能量供生命活动所需, 而且能为蛋白质、脂类的合成提供碳架<sup>[2]</sup>。葡萄糖在细胞中氧化降解的主要途径是糖酵解——三羧酸循环途径 (EMP—TCA) 也是整个降解代谢的主流途径。在糖酵解途径 (EMP) 中, 葡萄糖经磷酸化被激活裂解为两个三糖, 三糖经脱氢和底物磷酸化作用生成丙酮酸。在有氧条件下, 丙酮酸经三羧酸循环 (TCA) 进一步氧化降解, 释放出大量能量, 并生成用于合成氨基酸的酮酸物质, 在无

氧条件下, 丙酮酸进入无氧呼吸途径, 经酒精发酵分解为乙醇和  $\text{CO}_2$ , 或经乳酸发酵还原为乳酸。除 EMP—TCA 主流代谢途径外, 生物体还存在着另一条非常重要的糖代谢支路途径, 即磷酸戊糖途径 (HMP), 能为机体提供核酸、辅酶, 维生素等生物合成所必需的戊糖, 并生成合成代谢所必需的还原力 NADPH (合成代谢所需要的 H 是由 NADPH 提供)。葡萄糖氧化降解途径间的关系如图所示:

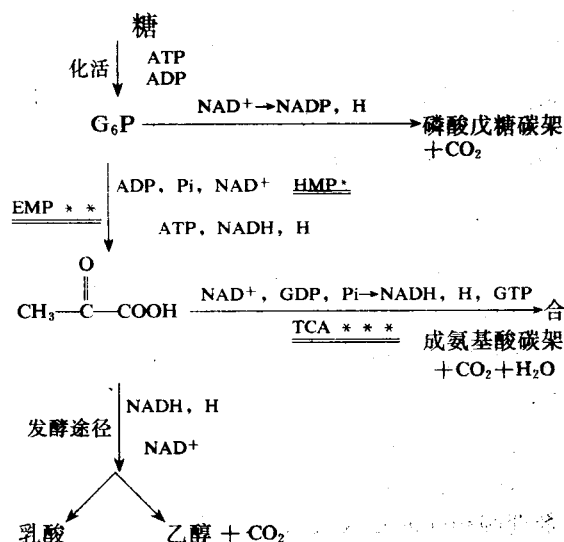


图 呼吸代谢途径间的相互关系

- \* 典型呼吸抑制剂磷酸钠抑制 HMP 途径
- \*\* 典型呼吸抑制剂碘乙酸抑制 EMP 途径中磷酸甘油醛脱氢酶活性
- \*\*\* 典型呼吸抑制剂丙二酸抑制 TCA 循环中琥珀酸脱氢酶活性

生物体的呼吸代谢实质就是细胞内糖的氧化降解过程, 一旦糖的氧化代谢被抑制, 供给细胞生命活动所必需的能量和合成代谢所需的碳架及还原力就无法生成, 生物体的新陈代谢也因此受阻, 直至死亡。可见呼吸代谢是生物体进行生命活动的重要表现形式。若防腐剂能有效地抑制蘑菇的呼吸代谢, 则可实现蘑菇的保鲜。

### 2.2 防腐剂对新鲜草菇呼吸代谢的抑制

先测定防腐剂加入前后的氧吸收速率, 然后再加入已知的典型呼吸抑制剂, 再测定氧吸收速率并比较。呼吸速率可用单位时间氧吸收量表示: 由计算式  $I_R = (R_0 - R_1) / R_0$  和  $R_R =$

$(R_i - R_i') / R_i$  分别求出防腐剂、典型呼吸抑制剂的抑制率  $I_R$  对照、 $I_R$  典和典型呼吸抑制剂对防腐剂的叠加率  $R_R$ , 结果列于表1。

表1. 防腐剂对新鲜草菇呼吸代谢的抑制率 (%)

典 型 呼吸抑制剂	防 腐 剂							
	$\alpha$ -溴代肉桂醛		$\alpha$ -溴代肉桂醛甲酯		富马酸甲酯		溴代富马酸二甲酯	
	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$
对 照	11.7		19.8		17.4		18.4	
丙二酸	27.5	13.5	35.6	11.6	26.7	12.4	37.3	24.7
碘乙酸	25.4	27.5	25.9	11.8	35.2	14.5	42.0	21.9
磷酸钠	36.4	20.8	29.3	12.5	36.3	28.3	36.4	24.2

当防腐剂与典型呼吸抑制剂抑制不同呼吸代谢途径时, 则二者之间存在加合增效作用; 当防腐剂与典型呼吸抑制剂抑制相同途径时, 则二者之间无增效作用。通过比较典型呼吸抑制剂对防腐剂的叠加率  $R_R$ , 可判断防腐剂对草菇呼吸代谢途径的抑制程度。叠加率越大, 典型呼吸抑制剂与防腐剂间增效作用越强, 说明防腐剂与典型呼吸抑制剂抑制不同代谢途径的可能性越大; 叠加率越小, 典型抑制剂与防腐剂间增效作用越弱, 说明防腐剂可能与典型呼吸抑制剂抑制相同的呼吸代谢途径。

从表1可看出, 丙二酸、碘乙酸、磷酸钠对 $\alpha$ -溴代肉桂醛的叠加率分别为13.5%, 27.5%,

20.8%, 可见 $\alpha$ -溴代肉桂醛与丙二酸的叠加率最小, 即主要是抑制草菇呼吸代谢中的 EMP 途径。比较防腐剂与典型呼吸抑制剂的叠加率, 得出 $\alpha$ -溴代肉桂酸甲酯主要是抑制 EMP 途径富马酸甲酯也主要抑制 EMP 途径, 而溴代富马酸二甲酯则主要阻碍 TCA 循环。

### 2.3 $\alpha$ -溴代肉桂醛及烷烯基酸酯类间的增效作用。

资料表明,<sup>[3]</sup>防腐剂混合使用能增强抑菌效果, 但并不是所有防腐剂混合使用都比单独使用的效果好。为此, 本文探讨了 $\alpha$ -溴代肉桂醛与烷烯基酸酯类间的增效作用, 结果列于表2。

表2 混合防腐剂对新鲜草菇呼吸代谢的抑制率 (%)

典 型 呼 吸 抑 制 剂	防 腐 剂											
	$\alpha$ -溴代肉桂醛		$\alpha$ -溴代肉桂醛		$\alpha$ -溴代肉桂醛		$\alpha$ -溴代肉桂醛甲酯		$\alpha$ -溴代肉桂醛甲酯		富马酸甲酯	
	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$	$I_R$	$R_R$
对 照	19.3		19.9		19.2		16.6		22.4		17.3	
丙二酸	26.8	10.1	29.5	12.5	32.0	14.3	36.0	16.3	37.0	21.8	30.9	14.2
碘乙酸	38.4	21.7	35.0	20.5	34.0	17.3	23.5	10.3	32.4	14.9	29.7	15.2
磷酸钠	45.4	30.7	34.4	20.6	39.0	24.9	34.0	27.2	52.9	36.7	40.4	27.1

由表2可以看出,  $\alpha$ -溴代肉桂醛与烷烯基酸酯类间有明显的增效作用, 而且, 抑制不同代谢途径的防腐剂混合使用时抑制作用更显著。 $\alpha$ -溴代肉桂醛与 $\alpha$ -溴代肉桂酸甲酯混合使用时对

新鲜草菇呼吸代谢的抑制率为19.3%, 而二者单独使用时的抑制率分别是11.7%, 19.8%, 混合使用增强了单独使用 $\alpha$ -溴代肉桂醛的抑制作用。 $\alpha$ -溴代肉桂酸甲酯主要是抑制草菇呼吸

代谢中的 TCA 循环,而溴代富马酸二酯主要抑制 EMP 途径,二者混合作用时,对草菇呼吸代谢中的抑制率达 22.4%,比其它相同抑制途径的混合防腐剂的抑制率要大,可见抑制不同代谢途径的防腐剂混合使用时效果比单独使用要好,且抑制作用更显著。

上述结果表明  $\alpha$ -溴代肉桂醛和某些烷烯基酸酯类对新鲜草菇的呼吸代谢具南良好的抑制作用,  $\alpha$ -溴代肉桂醛与某些烷烯基酸酯类间

具有协同增效作用,与抑制不同代谢途径的防腐剂混合使用,比单独使用效果好。

#### 参 考 文 献

- 1 李德耀,叶济宇. 薄膜氧电极的制作与呼吸或光合控制的测定. 植物生理学通讯, 1980, (1): 35~37.
- 2 宁正祥,赵谋明. 食品生物化学. 广州: 华南理工大学出版, 1993.
- 3 Г. И. 容吉耶图 (苏). 食品防腐剂的应用: 北京: 中国食品出版社, 1987, 125.

## 硫醚类化合物 对食用油脂抗氧化作用的研究与应用

李 炎 金正林 叶秀娇

暨南大学化学系 广州 510632

**摘 要** 硫醚类物质硫代二丙酸 (TDPA)、硫代二丙酸二月桂酯 (DLTP) 能有效地控制油脂氧化过程的过氧化值 (POV) 其抗氧化活性优于常用的叔丁基对羟基茴香醚 (BHA)、2,6-二叔丁基对甲酚 (BHT)、没食子酸丙酯 (PG)、以及  $\alpha$ -生育酚 (TP)、L-抗坏血酸 (AA)、与合成维生素 AA、TP 和天然抗氧化剂创树脂 (GR) 相比具有更高的安全性,与茶多酚 (TPP) 安全性相同,但便宜得多。

**关键词** 硫醚 硫代二丙酸 硫代二丙酸二月桂酯 油脂抗氧化

**Abstract** Thioether compounds, Thiodipropionic acid (TDPA) and Dilauryl thiodipropionate (DLTP), can efficaciously control POV of oxidation of oil & fat. These activities of antioxidation are better than the oil & fat and foodstuff usually used antioxidants: Butylated hydroxyanisole (BHA), Butylated hydroxytoluene (BHT), Propyl gallate (PG) and  $\alpha$ -tocopherol (TP), L-Ascorbic acid (AA).

DLTP has higher safety compare to synthetic vitamin R (TP), vitamin C (AA) and natural antioxidant, e.g. Guaiacum (GR). it is as safe as Teapolyphenol (TPP), but it is cheaper.

**Key Words** Thioether TDPA DLTP Antioxidant of oil & fat.

### 1 前 言

在食用油脂及富脂食品的贮藏等过程中,普遍采用添加抗氧化剂的方法,以延缓油脂自动氧化过程。常用的抗氧化剂按作用机理可分为:自由基捕获剂,氢的过氧化物分解剂,可以螯合金属离子以降低其对油脂自动氧化正向催化的金属钝化剂。

目前,我国批准使用的合成抗氧化剂有:叔丁基对羟基茴香醚 (BHA)、2,6-二叔丁基对甲

酚 (BHT), 没食子酸丙酯 (PG), 特丁基对苯二酚 (TBHQ), 异抗坏血酸 (EA) 及其钠盐 (SEA)。天然抗氧化剂茶多酚和在国外得到广泛使用的愈创树脂 (GR)<sup>[1]</sup> 等均为向自由基提供氢离子以中断链锁反应的酚羟基或羟基型自由基捕获剂。

尚未在我国食品和油脂工业中得到应用的硫醚类物质: 硫代二丙酸 (TDPA)、硫代二丙酸二月桂酯 (DLTP) 作为油脂在氧化过程中氢的过氧化物分解剂,可以把过氧化物分解成不活