

婴幼儿食品添加剂维生素 B₂ 的稳定性研究

王超¹, 赵晶^{1*}, 余宁江²

(1. 黑龙江东方学院食品与环境工程学部, 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省完达山乳业股份有限公司, 哈尔滨 150001)

摘要: **目的** 研究婴幼儿配方粉中影响维生素 B₂ 稳定性的因素。**方法** 本实验通过紫外可见分光光度法, 研究了光照、温度、pH、金属离子、氧化剂、抗氧化剂、防腐剂和糖类对维生素 B₂ 稳定性的影响。**结果** 光照对维生素 B₂ 的影响最大, 1 h 损失率达到 40%; 金属离子中 Mg²⁺ 5 h 后会对 B₂ 造成约 10% 的损失; Fe³⁺ 和 Cu²⁺ 可与维生素 B₂ 反应生成其他物质使 B₂ 造成破坏; 维生素 C 在 5 h 后对维生素 B₂ 造成约 13.8% 的损失; 常见的食品添加剂山梨酸钾和苯甲酸钠、以及氧化剂双氧水对维生素 B₂ 的影响有限; 葡萄糖不能造成维生素 B₂ 的损失, 蔗糖可以造成 20% 的损失。**结论** 维生素 B₂ 的稳定性受多种因素的影响, 其中影响最大的是光照, 某些金属离子、维生素 C 和蔗糖也会影响维生素 B₂ 的稳定性。

关键词: 维生素 B₂; 稳定性; 婴幼儿食品添加剂

Study on stability factors of vitamin B₂ in infant food additives

WANG Chao¹, ZHAO Jing^{1*}, YU Ning-Jiang²

(1. Department of Food and Environment Engineering, East University of Heilongjiang, Harbin 150086 China;
2. Wondersun Dairy Company of Heilongjiang, Harbin 150001, China)

ABSTRACT: Objective To study the impact factors of vitamin B₂ stability in infant formula powder. **Methods** Illumination, temperature, pH, metal ions, oxidants, antioxidants, preservatives and sugar were studied on the stability of vitamin B₂ by UV visible spectrophotometry. **Results** Effect of light on vitamin B₂ was the biggest, with its 1-h loss rate of 40%; Mg²⁺ could cause vitamin B₂ loss rate to 10% after 5 h, Fe³⁺ and Cu²⁺ could cause damage through react with vitamin B₂ and generate other substances; Vitamin C could cause about 13.8% loss of vitamin B₂; Common food additives, such as potassium sorbate, sodium benzoate, and oxidant hydrogen peroxide had the limited effect on vitamin B₂; Glucose could not cause the loss of vitamin B₂, and sugar could cause the loss of 20%. **Conclusion** The stability of vitamin B₂ is affected by many factors, among which the greatest impact is the light; some metal ions, vitamin C and sucrose also affect the stability of vitamin B₂.

KEY WORDS: vitamin B₂; stability; infant food additives

1 引言

维生素 B₂ 又名核黄素, 微溶于水, 是人体内黄酶类辅基^[1]的组成部分(黄酶在生物氧化还原中发挥递氢作用), 当缺乏维生素 B₂ 时, 就会影响机体的生

物氧化, 使代谢发生障碍。人体内维生素 B₂ 储存有限, 因此每天都要由饮食提供。

国内外关于维生素 B₂ 的研究很多, 但在婴幼儿配方粉中维生素的稳定性方面研究较少, 单纯针对某一种维生素的研究更少。常用的维生素 B₂ 的检测

*通讯作者: 赵晶, 副教授, 主要研究方向为食品加工技术。E-mail: zhaojing_ok@163.com

*Corresponding author: ZHAO Jing, Associate Professor, Department of Food and Environment Engineering, East University of Heilongjiang, No.331, Xuefu Road, Nangang District, Harbin 150086, China. E-mail: zhaojing_ok@163.com

方法有: 高效液相色谱法、可见紫外分光光度计法、液相色谱-串联质谱法^[2, 3]等。国标法为高效液相色谱法^[4], 其测定步骤繁琐, 不利于大量样品的快速检测。维生素 B₂ 有游离态和结合态^[5]两种存在形式, 婴幼儿配方奶粉中的维生素 B₂ 主要以游离态形式存在, 高效液相色谱仪对结合态的维生素 B₂ 不敏感, 为测量全面, 本实验用分光光度计法测定。

维生素 B₂ 作为婴幼儿食品添加剂, 在婴幼儿食品的加工过程中会受到不同程度的理化环境影响, 维生素 B₂ 作为水溶性维生素在婴幼儿配方奶粉的加工过程中还会受到多种化学物质的干扰, 因此很有必要就其稳定性进行研究。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

恒温培养箱(DHP-9012 上海一恒科学仪器)、紫外可见分光光度计(SP-752 上海光谱)、恒温水浴锅(HWS-26 上海一恒科学仪器)、精密 pH 计(S20 上海梅特勒-托利多)、电子分析天平(JJ200 双杰电子)等。

维生素 B₂ 标准品(上海蓝季生物有限公司)(分析纯)、维生素 C 标准品(上海蓝季生物有限公司)(分析纯)、维生素 A 标准品(上海蓝季生物有限公司)(分析纯)、双氧水(上海蓝季生物有限公司)(分析纯)、苯甲酸钠(天津市石英钟厂霸州市化工分厂)、葡萄糖(天津市科密欧化学试剂开发中心)(分析纯)、蔗糖(北京化工厂)(分析纯)、山梨酸钾(天津市石英钟厂霸州市化工分厂)、盐酸、氢氧化钠溶液(天津市科密欧化学试剂开发中心)。

2.2 实验方法

2.2.1 维生素 B₂ 标准液配制

用分析天平称取维生素 B₂ 标准品 5 mg(精确到 0.0001 g), 加入蒸馏水定容至 500 mL 容量瓶中, 制得浓度为 10 μg/mL 的维生素 B₂ 标准液^[7]。

2.2.2 维生素 B₂ 标准曲线的绘制

首先用紫外分光光度计确定维生素 B₂ 的紫外光谱特性进而得知其最大紫外吸收波长。将维生素 B₂ 盐酸溶液在 200~500 nm^[6]波长范围内扫描, 见图 1。

通过所得吸光值得到维生素 B₂ 的最大紫外吸收波长为 226 nm。以吸光值为横坐标, 维生素 B₂ 浓度为纵坐标, 绘制维生素 B₂ 标准工作曲线^[11]。根据图 2 中公式求得维生素 B₂ 的浓度。

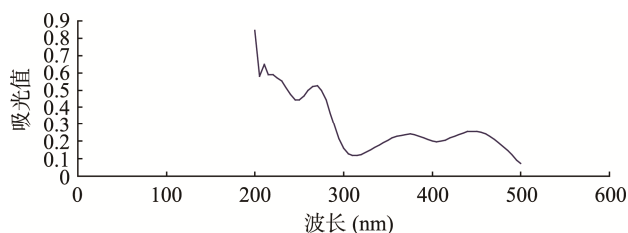


图 1 维生素 B₂ 的紫外吸收光谱

Fig. 1 UV absorption curve of vitamin B₂

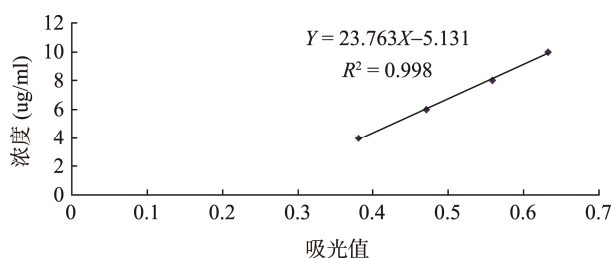


图 2 维生素 B₂ 标准曲线

Fig. 2 Standard curve of vitamin B₂

2.2.3 探究光照对维生素 B₂ 稳定性的影响

首先对维生素 B₂ 标准液测量一次吸光值, 然后取 15 个锥形瓶, 分别加入 20 mL 维生素 B₂ 标准液, 5 个放在窗台上进行光照, 5 个放在黑暗处, 5 个在灯光下照射, 封口, 每间隔 1 h 检测一次吸光值, 共检测 5 次。

2.2.4 探究温度对维生素 B₂ 稳定性的影响

首先对维生素 B₂ 标准液测量一次吸光值, 然后取 20 个锥形瓶分四组, 分别加入 20 mL 维生素 B₂ 标准液, 放在恒温水浴锅加热, 设置不同的温度 (25 °C、45 °C、65 °C、85 °C), 每个温度每隔 1 h 检测一次吸光值, 共检测 5 次。

2.2.5 探究 pH 值对维生素 B₂ 稳定性的影响

先用浓盐酸、氢氧化钠、去离子水、精密 pH 计等药品和仪器配制 pH 值为 1、3、8、11、13 的反应液各 150 mL。取 25 个锥形瓶, 分别加入 20 mL 维生素 B₂ 标准液, 再分别加入等体积的反应液测量一次吸光值, 然后对维生素与反应液的混合液测量一次吸光值作为初始吸光值, 室温下黑暗密封储存。每间隔 1 h 检测一次吸光值。

2.2.6 探究金属离子、防腐剂、氧化剂、抗氧化剂及糖类对维生素 B₂ 稳定性的影响

五种影响因素的研究方法相似, 首先对维生素 B₂ 标准液测量一次吸光值, 然后取个锥形瓶加入 20 mL 维生素 B₂ 标准液, 再加入等量的反应液, 分别含有金属离子(Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Fe³⁺、Cu²⁺)、防腐剂(山

梨酸钾和苯甲酸钠)、氧化剂(H_2O_2)、抗氧化剂(Vc)和糖类(葡萄糖和蔗糖),在黑暗中放置5 h,每间隔1 h测定一次吸光值,共检测5次。

所有影响因素的研究最后均以反应时间为横坐标,维生素 B_2 保存率为纵坐标绘制曲线。得出维生素 B_2 在不同影响条件下的损失情况。

3 结果与分析

3.1 光照对维生素 B_2 的影响

如图3所示,光照1 h后维生素 B_2 的保存率约为59%,可见光线对维生素 B_2 造成严重损失,黑暗条件下维生素 B_2 的保存率很高,5 h后依然能达到95%,灯光对维生素 B_2 也不会造成较大损失,最高损失率为6.7%。光对维生素的破坏主要通过光氧化作用形成单线态氧^[12],进一步作用于分子中的稀二醇结构生成多羰基化合物,吸收日光中的紫外线引发降解^[7]。

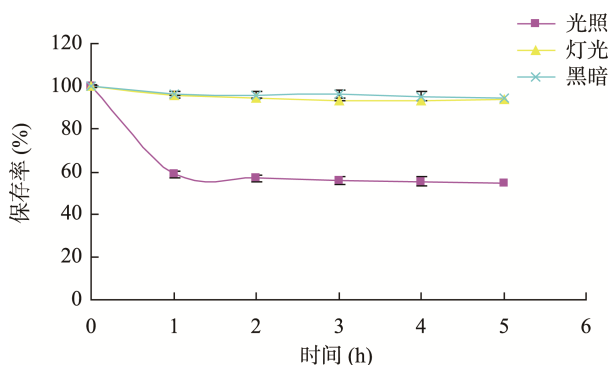


图3 光线对维生素 B_2 稳定性的影响

Fig. 3 Effects of light influence on stability of vitamin B_2

3.2 温度对维生素 B_2 的影响

如图4所示,温度对维生素 B_2 造成的损失不大,5 h最高损失率仅为8%,室温 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时5 h后损失率为6%,温度升高到 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 后损失率也不会显著增加,可见维生素 B_2 对温度不敏感,在生产加工中的巴氏杀菌等加热方式不会显著破坏维生素 B_2 的稳定性。

3.3 pH 对维生素 B_2 的影响

如图5所示,维生素 B_2 在酸性和中性条件下较为稳定,5 h后保存率可达94%到96.4%,在碱性条件下会受到影响,最低保存率为77.9%。在大多数食品加工中,食品 pH 体系多处在酸性或中性范围内,因此维生素 B_2 在食品加工中的稳定性相对较好。

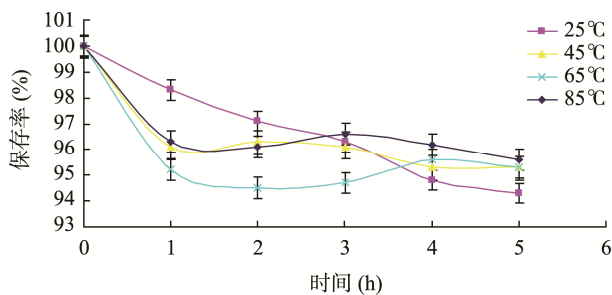


图4 温度对维生素 B_2 的影响

Fig. 4 Effects of temperature on stability of vitamin B_2

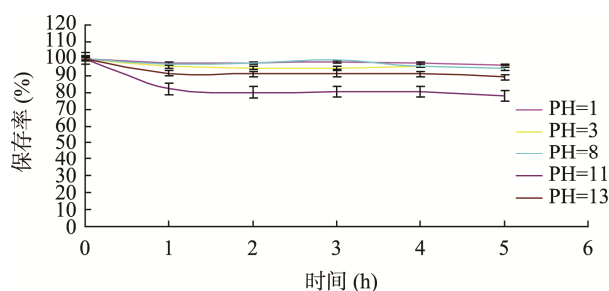


图5 pH 对维生素 B_2 稳定性的影响

Fig. 5 Effects of pH value on stability of vitamin B_2

3.4 金属离子对维生素 B_2 的影响

由图6可知,不同金属离子对维生素 B_2 的稳定性影响差异较大。 Na^+ 基本不会影响维生素 B_2 稳定性, K^+ 和 Ca^{2+} 对维生素 B_2 稳定性的影响程度在3%-5%左右;而 Mg^{2+} 会造成维生素 B_2 稳定性下降,降幅可达10%; Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 可以与维生素 B_2 发生反应进而影响其稳定性^[8]。

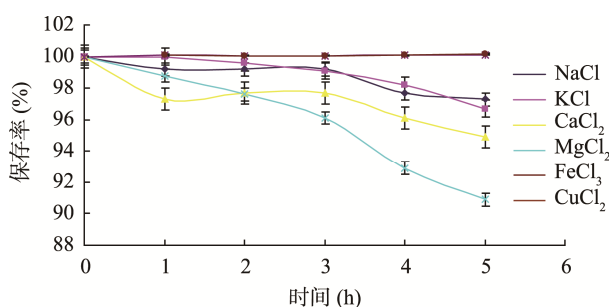


图6 金属离子对维生素 B_2 稳定性的影响

Fig. 6 Effects of metal ions on stability of vitamin B_2

3.5 氧化剂及抗氧化剂对维生素 B_2 的影响

由图7表明,双氧水对维生素 B_2 的氧化作用不大,维生素 $\text{C}^{[13]}$ 可以在一定程度上破坏维生素 B_2 ,5 h后 B_2 的保存率为86.2%。

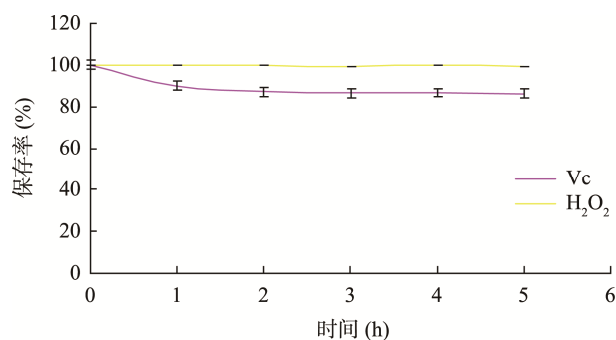
图7 氧化剂和抗氧化剂对维生素B₂稳定性的影响

Fig. 7 The oxidant and antioxidant influence on vitamin B₂ stability

3.6 防腐剂对维生素B₂的影响

从图8中可以看出,山梨酸钾和苯甲酸钠对维生素B₂的稳定性影响均不显著。

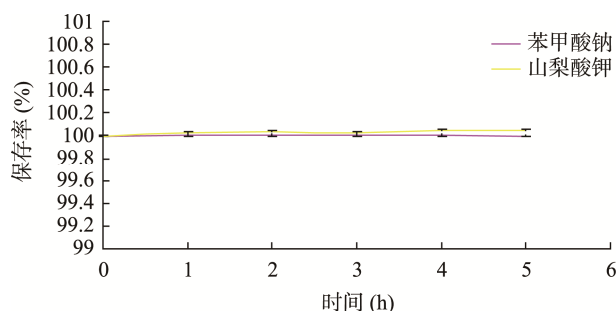
图8 防腐剂对维生素B₂稳定性的影响

Fig. 8 Preservative influence on vitamin B₂ stability

3.7 糖类对维生素B₂的影响

由图9结果表明,葡萄糖在低浓度和高浓度情况下对维生素B₂的稳定性均没有影响,然而蔗糖在浓度为20%时会对维生素B₂造成损失,维生素B₂的最低保存率为70.3%。

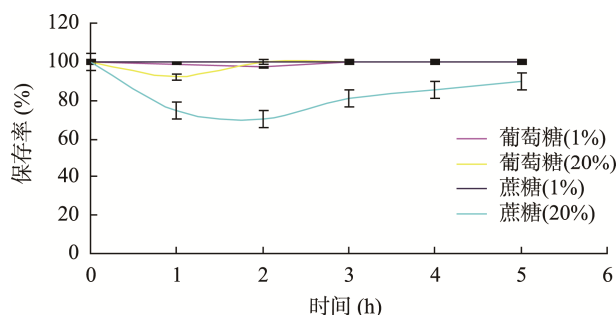
图9 葡萄糖、蔗糖对维生素B₂稳定性的影响

Fig. 9 Effects of glucose and sucrose on stability of vitamin B₂

4 结论

本文研究了多项因素对维生素B₂稳定性的影响,通过研究结果可知日光照射对维生素B₂稳定性影响显著,而灯光、高温、强酸环境条件对其影响不大,因此在婴幼儿食品中添加维生素B₂时尤其注意避光。常见的食品添加剂山梨酸钾^[14]和苯甲酸钠^[9]、以及氧化剂双氧水^[10]对维生素B₂的影响有限。在不同化学物质对维生素B₂的影响方面,发现不同的金属离子和不同的糖对维生素B₂的影响不同。常见的几种金属中Mg²⁺5 h内可对维生素B₂造成10%的损失,Fe²⁺和Cu²⁺可以与维生素B₂发生反应,反应机制还有待研究。葡萄糖不能造成维生素B₂的损失,因此在婴幼儿配方粉中可以添加,蔗糖可以造成20%的损失,在配方粉加工过程中要注意考虑添加量。维生素C作为常见食品添加剂与B₂同时添加时也要考虑用量,因为维生素C会影响维生素B₂的稳定性。

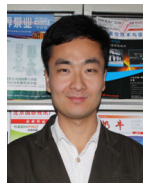
参考文献

- [1] 刘雯,王欢,朱参胜,等. 荧光分光光度法测定尿中维生素B₂[J]. 微量元素与健康研究, 2010, 27(2): 38-40.
Liu W, Wang H, Zhu CS, et al. Fluorescence spectrophotometry determination of vitamin B₂ in the urine [J]. Trace Elements Health Res, 2010, 27(2): 38-40.
- [2] 吕光宝,刘风琴,李秀珍,等. 紫外分光光度法测定维生素B₂注射液含量的不确定度分析[J]. 首都医药, 2012, 12(2): 4-6.
Lv GB, Liu FQ, Li XZ, et al. Ultraviolet spectrophotometry uncertainty analysis of content of vitamin B₂ injection [J]. Cap Med, 2012, 12(2): 4-6.
- [3] 王一红,冯家力,潘振球,等. 液相色谱-串联质谱法分析10种水溶性维生素[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(7): 1160-1162.
Wang YH, Feng JL, Pan ZQ et al. Liquid chromatography - tandem mass spectrometry analysis of 10 kinds of water-soluble vitamins [J]. Chin J Health Inspect, 2007, 17(7): 1160-1162.
- [4] GB 5413.12-2010 婴幼儿食品和乳品中维生素B₂的测定[S].
GB 5413.12-2010 The determination of vitamin B₂ in infant food and milk products [S].
- [5] 官咏仪,林海丹,邹志飞,等. 婴幼儿配方奶粉中维生素B₂的快速测定[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(2): 53-55.
Guan YY, Lin HD, Zou ZF. et al. Infant formula in the rapid determination of vitamin B₂ [J]. China Dairy Ind, 2013, 41(2): 53-55.
- [6] 范婷婷. 维生素的荧光光谱及分析方法研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2010, 10-12.
Fan TT. Study on Vitamin of fluorescence spectrum and analysis

- method [D]. Shijiazhuang: Hebei Normal University, 2010, 10–12.
- [7] 樊珪. 婴幼儿配方粉中维生素 D 的稳定性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013, 23–30.
- Fan Y. The study of stability of vitamin D in babies and infants powdered formula [D]. Changsha: Central South Forestry University of Science and Technology, 2013, 23–30.
- [8] Kazuya SS, Kentaro YG, Kenzo Y. *et al.* Non-destructive Detection of Vitamin B₂ in Plant Leaves Using Fluorescence Monitoring[J]. Shokubutsu Kankyo Kogaku, 2011, 23 (4): 152–158.
- [9] 王思文, 巩江, 高昂, 等. 防腐剂苯甲酸钠的药理及毒理学研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(30): 16845–16725.
- Wang SW, Gong J, Gao A, *et al.* The research on preservative sodium benzoate of pharmacology and toxicology [J]. Anhui Agric Sci, 2010, 38(30): 16845–16725.
- [10] 张清, 应超燕, 余可娜, 等. 双氧水分解速率和稳定性研究[J]. 嘉兴学院学报, 2010, 22(3): 51–53.
- Zhang Q, Ying CY, Yu KN, *et al.* Hydrogen peroxide decomposition rate and stability study [J]. J Jiaxing Coll, 2010, 22(3): 51–53.
- [11] 潘建国, 王开发, 郑尧隆, 等. 高效液相色谱法同步测定花粉中的水溶性维生素[J]. 同济大学学报, 2001, 29(5): 581–583.
- Pan JG, Wang KF, Zhang YL, *et al.* High performance liquid chromatography (HPLC) method to simultaneous determination of water-soluble vitamins in pollen [J]. J Tongji univ, 2001, 29(5): 581–583.
- [12] Rodrigues MR, Paulo H, Lacerda FV. Use of chitosan in the treatment of obesity; evaluation of interaction with vitamin B₂ [J]. Int J Food Sci Nutr, 2011, 62(3): 195–199.
- [13] 刘弈博. 婴幼儿配方粉中维生素 C 的稳定性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013.
- Liu YB. The study of stability of vitamin C in infant formula powder [D]. Changsha: Central South Forestry University of Science and Technology, 2013.
- [14] 王国军. 山梨酸钾的性能及应用[J]. 中国食品, 2011, 11: 56–58.
- Wang GJ. The performance and application of potassium sorbate [J]. China Food, 2011, 11: 56–58.
- [15] 毛晨东, 毛伟贞. 金属阳离子对 VE 酯分解的研究[J]. 工业技术, 2012, 24(19): 83.
- Mao CD, Mao WZ. The metal cation study of VE acetate decomposition [J]. Ind Technol, 2012, 24(19): 83.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



王超, 硕士研究生, 主要研究方向为食品添加剂。
E-mail: xiaochaocha956874@163.com



赵晶, 副教授, 主要研究方向为食品加工技术。
E-mail: zhaojing_ok@163.com