

牛奶中锌的测定—富锌牛奶的开发

王林¹，宛兴林²，赵立²

(1. 山东农业大学动物科技学院，山东泰安 271018

2. 山东省济南市长清区畜牧局，山东济南，250300)

牛奶是一种全价食品，对人的生长发育和健康有着及其重要的作用；其营养价值在一定程度上取决于其内的矿物质含量高低。锌是人和动物机体必需的一种微量营养素，其营养作用近年来已成为研究热点；中国营养协会 1996 年抽样调查结果显示，我国 80%的儿童不同程度缺锌。牛奶中的锌吸收率高、安全、无毒副作用，是幼儿喜爱的理想保健食品；而富锌牛奶的开发一直未得到重视。通过在奶牛饲料中添加一定量的锌制剂，成本小、可直接生产出富锌牛奶；随着近年来原子吸收光谱技术的推广使用，为我们提供了一个简便、快速、灵敏度高的分析技术。本文利用原子吸收分光光度计测定了常乳和富锌乳中的锌含量，操作简便、分析结果可靠，可以为牛奶的增锌研究方法提供一定的实验依据。

1. 仪器与试剂

1.1 仪器

TAS-986 原子吸收分光光度计（北京普析通用仪器有限责任公司）、电热板、容量瓶、三角烧瓶等。仪器工作条件见表 1。

表 1 仪器的最佳工作条件

元素	工作波长 (nm)	灯电流 (mA)	光谱宽度 (nm)	燃烧器高 度 (mm)	乙炔流量 (mL/min)	空气压力 (MPa)
Zn	213.9	3.0	0.4	6.0	1000	0.25

1.2 试剂

浓硝酸（分析纯 A. R. ）、高氯酸（分析纯 A. R. ）、Zn 国家标准溶液（浓度为 1000 $\mu\text{g/mL}$ ；国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院，批号为 041125）

锌标准工作液的配制：用洁净的移液管准确移取 10.0mL 1000 $\mu\text{g/mL}$ 的国家标准溶液于 100mL 的容量瓶中，再用刻度吸管将 10.0mL 浓硝酸（A. R. ）加入容量瓶中，最后加双重蒸馏水至 100mL，定容，即得 100 $\mu\text{g/mL}$ 的母液 1。同样的操作方法，将母液 1 稀释 10 倍，得 10 $\mu\text{g/mL}$ 的母液 2。

用洁净的移液管准确移取 10.0mL 母液 2（10 $\mu\text{g/mL}$ ）于 100mL 的容量瓶中，其次加入 10mL 浓硝酸（A. R. ），后加双重蒸馏水至 100mL，定容；即得 1 $\mu\text{g/mL}$ 的试验用标准溶液。

依据同样的操作方法，取母液 2 20mL、30mL、40mL 稀释定容至 100mL 容量瓶，并各加 10mL 浓硝酸（A. R. ）即得 2、3、4 $\mu\text{g/mL}$ 的实验用标准溶液。

2. 样品处理

2.1 样品采集 对不添加锌的对照组和添加锌的试验组中的每头奶牛采集 4 个乳区的全乳，并等量混匀。

2.2 样品消化实验

准确吸取 2.0mL 的混匀全乳，加入 150mL 的三角瓶中，加入 50mL 浓硝酸（分析纯级），混匀，在三角瓶上方放置一直径为 4cm 的小漏斗以减少硝酸的挥发，浸泡 24h 后，放于电热板上小火均匀加热使其剧烈反应。当三角瓶内剩余溶液约为 10mL 时，取下三角瓶冷却 5min，再向三角瓶内加入 3mL HClO_4 ，继续加热至溶液变为清亮无色并伴有大量白烟出现时，即达终点；立即取下，冷却。在吸取不同样品时，一个样品需用一个移液管，不能重复使用，以免锌污染。消化过程中，反应较为剧烈，若瓶壁上附着有溅的脂肪滴，需要及时将其摇下或

用双重蒸馏水冲下。一般来说，一批样品需作一个空白对照样品的测定且一批样品必须用同一批号的试剂。

在上述彻底消化的溶液中加入 5mL 双重蒸馏水，摇匀，转移至 25.0mL 洁净的容量瓶中；再用双蒸水将三角瓶和小漏斗内外反复冲洗 3-4 次，洗涤液转移至容量瓶中，继续向容量瓶加双蒸水至 25mL，定容。在瓶壁上做好标记，放于 4-8℃ 保存备用。

3. 锌标准曲线的绘制及含量测定

本仪器为全自动智能化配置，将仪器最佳调试后，分别依次进样 0，1，2，3，4 μg/mL 的标准溶液，在 213.9nm 处测定吸光度，这样以吸光度为纵坐标、浓度为横坐标的标准曲线由系统软件自动绘出，回归方程为： $A=0.1847C+0.0102$ ，相关系数为 $R=0.99987$ 。

样品测定结果见表 2。

表 2 样品测定结果 (n=12)

样品	Zn 平均含量 (μ g/mL)	相对平均偏差 RSD (%)	回收率 (%)
常乳	3.183	1.91	101.6
富锌乳	5.812	1.72	99.8

4. 小结与讨论

4.1 牛奶中矿物离子较为复杂，其中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 含量较多。为了避免共存离子的干扰，可以用适当的干扰释放剂 La^{3+} 、 Sr^{2+} 溶液进行干扰而更好地释放锌。本实验没有加入干扰剂，但实验效果较好，方便快捷；因锌在牛奶中多与蛋白结合，彻底消化可以使其充分地以离子状态存在。

4.2 进样时注意防止污染，因操作者的手与汗液中锌的含量较高，若微量进样管被其污染很容易影响实验结果。一般来说，每进一个样品，需将进样管彻底冲洗一次。

4.3 在奶牛饲料中添加锌制剂，不仅可以生产出富锌牛奶，而且锌的添加可以更好地在奶牛体内发挥其生物学作用，改善奶牛的繁殖机能、提高机体免疫力、提高乳腺组织的抗氧化性能、减少蹄病的发生率等。因此，大型乳牛场可以采用在饲料中添加一定剂量的锌制剂，这样可以一举多得；而采用本实验方法测定其乳中锌含量，简单、快速、准确。