

L-蛋氨酸产品中可能残留的有害物质分析

李露敏^{1,2}, 揭琴丰^{1,2}, 王艳敏^{1,2}, 王杉^{1,2*}

¹江西省疾病预防控制中心 江西南昌

²重大疫情防控江西省重点实验室 江西南昌

【摘要】目的 通过测定 L-蛋氨酸中可能残留的有害物质含量, 为行业发展提供数据支持。方法 通过行业调研, 并结合文献研究, 挖掘出 L-蛋氨酸终产品中可能残留的有害物质主要有三类, 一是重金属(砷、铅), 二是有机溶剂(甲醇、乙醇), 三是硫酸盐。本研究检测了来自 8 家企业 64 批次样品中三类物质残留量。结果 检测结果显示, 重金属: 铅, 0.028 mg/kg - 0.093 mg/kg, 砷, 0.0036mg/kg-0.0072mg/kg; 有机溶剂: 甲醇、乙醇均未检出; 硫酸盐(以 SO₄ 计) ≤0.02%。结论 目前行业生产的 L-蛋氨酸中有害物质残留水平较低, 但仍需加强过程控制, 尤其注意重金属残留, 以保障终产品安全。

【关键词】L-蛋氨酸; 有害物质; 安全; 分析

【基金项目】2023 年江西省卫生健康委科技计划项目 (202311102) : L-蛋氨酸产品中有害物质残留及其风险分析

【收稿日期】2025 年 10 月 16 日 **【出刊日期】**2025 年 11 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.ijmd.20250075

Analysis of possible residual harmful substances in L-methionine products

Lumin Li^{1,2}, Qinfeng Jie^{1,2}, Yanmin Wang^{1,2}, Shan Wang^{1,2*}

¹Jiangxi Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanchang, Jiangxi

²Jiangxi Provincial Key Laboratory for Major Epidemic Prevention and Control, Nanchang, Jiangxi

【Abstract】Objective To provide data support for the development of the industry by determining the content of possible residual harmful substances in L-methionine. **Methods** Through industry research and in combination with literature studies, it was discovered that there are mainly three types of harmful substances that may remain in the final product of L-methionine. The first is heavy metals (arsenic, lead), the second is organic solvents (methanol, ethanol), and the third is sulfate. This study detected the residue levels of three types of substances in 64 batches of samples from 8 enterprises. **Results** The test results show that heavy metals: lead, 0.028 mg/kg- 0.093 mg/kg; arsenic, 0.0036mg/kg-0.0072mg/kg; Organic solvents: Neither methanol nor ethanol was detected. Sulfate (calculated as SO₄) ≤0.02%. **Conclusion** Currently, the residue levels of harmful substances in L-methionine produced by the industry are relatively low. However, process control still needs to be strengthened, with particular attention paid to heavy metal residues to ensure the safety of the final product.

【Keywords】L-methionine; Harmful substances; Safety; Analysis

1 引言

蛋氨酸, 称甲硫氨酸, 是唯一含硫的必需氨基酸, 被广泛运用于食品、医药、饲料等行业, 分为 L-蛋氨酸和 D-蛋氨酸, 其中 L-型为天然型, 具有生理活性, 可以被人体吸收利用^[1]。L-蛋氨酸运用在动物饲料中, 主要发挥的作用是: 作为必需氨基酸来源,

L-蛋氨酸是动物自身无法合成、必须从饲料中获取的必需氨基酸, 是合成蛋白质的氨基酸之一; 促进生长与生产, 充足的 L-蛋氨酸能显著促进畜禽(如猪、鸡)的生长发育, 提高增重速度和饲料利用率, 并增加肉、蛋、奶等产品的产量; 作为毛发和羽毛中角蛋白的主要成分, 它对于保证皮毛光亮、羽毛丰

*通讯作者: 王杉

满至关重要; 在肝脏中, L-蛋氨酸通过参与合成谷胱甘肽等重要物质, 帮助解毒并防止脂肪肝的形成。L-蛋氨酸对人体的主要作用是: 作为必需氨基酸, 它是合成人体蛋白质、维持肌肉和组织健康不可或缺的原料; 作为重要的甲基供体, L-蛋氨酸是体内最重要的甲基供体之一, 参与多种生化反应, 包括遗传物质(DNA、RNA)的合成与修饰, 以及神经递质和磷脂的代谢; 通过转化为谷胱甘肽——人体内最强大的抗氧化剂, 它帮助清除自由基, 并增强肝脏的解毒功能; 充足的L-蛋氨酸有助于预防脂肪肝, 并促进皮肤、指甲和头发的健康生长。无论在动物饲料还是人类营养中, L-蛋氨酸都是一种具有多重生理功能的关键营养素。

因此, 本研究通过深入的行业调研和文献搜索等方式分析L-蛋氨酸产品中可能残留的有害物质种类, 收集我国不同规模的企业生产的食品级、药品级、饲料级产品, 对其可能残留的有害物质进行含量测定, 为市场监管提供有效依据, 为企业生产提供过程控制支持, 为相关方提供更直观的数据参考, 从而助力行业健康发展。

根据行业调研和文献研究显示^[2-5], 工业化生产L-蛋氨酸的工艺主要有两种。一是微生物发酵法, 以淀粉质或糖质为碳源, 经大肠杆菌等微生物发酵生成。综合行业提供的生产用原辅料、加工工艺特性和相关数据表明, 其潜在残留风险主要集中于三类物质: 有机溶剂(乙醇)、本底重金属(铅、砷)、硫酸盐。二是酶光学拆分法, 以DL-蛋氨酸为原料, 通过酶法光学拆分制得。综合行业提供的原辅料、生产工艺特性、过程监控数据及研究资料等表明, 可能残留的有害物质主要来自两个方面, 一是原辅料和生产过程或设备带入的有害物质重金属(铅、砷)和硫酸盐, 二是有机溶剂(甲醇或乙醇)。

结合国内外L-蛋氨酸的食品、药品、饲料等相关标准中, 重金属指标主要集中在铅和砷, 如美国食品化学法典、日本食品添加物公定书、日本药典、韩国食品添加剂法典、韩国药典、欧洲药典、中国药典, 及相关饲料级标准等。因此本研究中的重金属也主要检测铅和砷两项指标。

综上所述, L-蛋氨酸中潜在的有害物质残留主要分三类: 重金属(铅、砷)、有机溶剂(甲醇、乙醇)、硫酸盐。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

通过文献查阅和行业调研, 本研究采集了来自8家不同规模的生产企业提供的64批次L-蛋氨酸样品, 包括发酵法和酶光学拆分法两种工艺, 同时含食品级、药品级、饲料级产品, 并覆盖我国产销量第一的企业。

铅、砷标准储备液(1000 μg/mL, 国家标准物质中心); 硝酸(优级纯, 德国CNW科技公司); 甲醇、乙醇(色谱纯, 国药集团化学试剂有限公司); 稀盐酸、硫酸钾、氯化钡(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 实验用水为一级水。

2.2 仪器与设备

X-series II电感耦合等离子体质谱仪(美国Thermo Electron Corporation公司); MARS型微波消解仪(美国CEM Corporation公司); Milli-QA10超纯水系统(德国Merck millipore公司); 高速粉碎机(德国Retsch公司); 气相色谱仪(GC-FID): PE 680, 配顶空进样器(美国PerkinElmer公司); 色谱柱: DM-WAX, 25 m×0.32 mm×0.25 μm(中国迪马科技公司)。

2.3 实验方法

参照《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016)中的“第一法 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)”测定样品中重金属铅、砷含量; 《中国药典》(2020)中“残留溶剂测定法”(气相色谱法)测定样品中的甲醇、乙醇残留; 采用《中国药典》(2020)中“硫酸盐检查法”(目视比浊法)测定样品中的硫酸盐含量。

3 检测结果

对64份L-蛋氨酸样品进行铅、砷、甲醇、乙醇、硫酸盐等5个项目的检测, 其结果为: 铅含量在0.028mg/kg -0.093mg/kg; 砷含量在0.0036 mg/kg-0.0072mg/kg; 有机溶剂残留甲醇、乙醇未检出(检出限25 mg/kg, 20 mg/kg); 硫酸盐(以SO₄计)低于0.02%。

采用Welch's t检验, 分别对两种不同工艺产品中的铅和砷含量进行显著性分析,P值均大于0.05, 说明两种工艺生产出来的产品中铅和砷含量的差异在统计学上都不显著。

4 讨论与结论

行业调研显示, L-蛋氨酸主要应用范围在饲料和医药行业^[6-7], 产值巨大, 其中我国的饲料级L-蛋

氨酸占全球需求量 90%以上，也是蛋氨酸市场的主要应用领域。行业内将饲料级产品称之为工业级产品，通过相应的生产工序，按照生产和执行标准的要求，生产为食品级或药品级的 L-蛋氨酸。食品级 L-蛋氨酸，在国内主要用于特殊膳食用食品中，国外主要用于保健食品、膳食补充剂等。

本研究通过行业提供的原辅料和生产工艺数据，国内外相应的质量规格技术要求标准及相关文献资料，分析出可能残留的三类有害物质，对于保障其应用的安全性与有效性具有至关重要的意义。一是保障终端产品安全，防止健康风险。L-蛋氨酸广泛用于饲料、食品和医药。分析其残留的重金属（如铅、砷）、有机溶剂等有害物质，是防止这些毒素通过食物链或直接摄入进入动物和人体，从而避免引发中毒、器官损伤或致癌等健康问题的关键环节。二是确保产品质量与功效，维护生产效益。有害残留物可能影响 L-蛋氨酸的纯度、稳定性和生物效价。严格监控这些杂质，能确保产品达到设计的营养和生理效果，避免因产品质量问题导致动物生长性能下降或人类营养补充无效，从而保障生产者和消费者的经济效益。三是符合法规标准，保障贸易与监管合规。全球对饲料添加剂和食品/药品原料有严格的质量标准和法规限制。对 L-蛋氨酸进行有害物质分析，是生产企业满足国内外监管要求、确保产品合法上市流通的必要条件，同时也是维护品牌声誉、避免法律纠纷和贸易壁垒的基础。

检测结果表明有机溶剂（未检出）和硫酸盐（低于 0.02%）均很低，但作为原辅料在生产过程中有大量的使用，因此企业在生产全链条过程中应保持严格控制。更值得关注的是砷和铅两种重金属的残留。砷一种毒性很强的重金属元素，尤其对人体健康的危害是多方面的^[8-9]，首先是强致癌性，国际癌症研究机构（IARC）已将砷及其无机化合物列为 I 类致癌物，即对人类有明确致癌性。长期摄入无机砷会显著增加多种癌症的风险。皮肤癌、肺癌（通过吸入）以及膀胱癌和肾癌（通过饮水摄入）是与砷暴露关联最明确的癌症；其次是损害皮肤与神经系统，如长期暴露可导致周围神经病变，出现手脚麻木、刺痛感、感觉异常或运动障碍，并对中枢神经系统产生影响；再次易引发心血管疾病长期砷暴露会严重危害心血管系统，是导致高血压、冠心病、周围血管疾病（如下肢动脉硬化闭塞症）以及脑血管疾病

的重要危险因素。同时有可能造成多器官与代谢毒性，尤其是对孕妇和儿童危害尤其大，可能导致流产、早产，并影响儿童的智力发育和认知功能。铅更是重点关注的污染物，对人体健康而言，铅暴露会影响身体多个系统，对幼童的危害尤其严重，WHO 官网和相关文献研究表明^[10-11]，即使没有引起症状的低浓度铅暴露，依然可以对身体机能产生一系列的伤害，一是引起神经系统的不可逆损伤，铅可破坏神经元突触形成和神经传导功能，导致智力发育迟缓或行为异常等，尤其是儿童早期铅暴露的影响可能是终身的；二是对血液系统有毒性，通过抑制血红素合成酶活性从而干扰血红蛋白生成导致贫血，同时破坏红细胞稳定性造成红细胞寿命缩短。三是对骨骼与肾脏的损害，铅可替代钙沉积在骨骼中从而影响骨矿化和生长，长期铅暴露可能会引发慢性肾病；四是对其他系统有影响，如通过降低抗感染能力增加呼吸道和消化道疾病风险，也会导致听力损伤等。

本研究收集的食品级、药品级、饲料级 L-蛋氨酸产品中砷和铅含量含量水平较低，说明我国行业内现有的生产工艺生产的 L-蛋氨酸产品可以把产品中重金属控制在低水平，但依然不可忽视产品中的砷和铅暴露，因此企业依旧不可忽略其可能存在的风险，务必要做好原料及生产过程等全链条的重金属残留控制。

参考文献

- [1] 高文亮,李林凤,张静静,等.蛋氨酸生产工艺及核心制备技术研究进展[J].化工进展, 2012, 31 (4): 8.
- [2] 刘帮林.蛋氨酸生产工艺及核心制备技术研究进展[J].工程与管理科学, 2022, 4: 50- 52.
- [3] 李露敏,揭琴丰,王杉.蛋氨酸的主要生产工艺及应用前景[J].探索科学, 2021: 180- 181.
- [4] 刘诗梦,韩彩静,高云娜,等.蛋氨酸特异性合成途径关键酶——高丝氨酸 O-酰基转移酶的研究进展[J].食品科学, 2019, 40(11): 7.
- [5] 苏雪梅.食品级 L-蛋氨酸的生产工艺[J].中国调味品, 2019, 44(9): 3.
- [6] 松田敦郎.全球蛋氨酸市场格局变化及价格趋势分析[J].北方牧业, 2010(11): 1.

- [7] 张伟国, 徐建中. 氨基酸生产技术及其应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2022.
- [8] 杨金蕾, 王宏宇, 周磊, 等. 市售寿司中砷的人体健康风险 [J]. 环境化学, 2024, 43(3): 846-855.
- [9] 陈鑫, 左俊丽, 栾宁, 等. 铅对砷的毒性效应及毒代动力学过程的影响 [J]. 环境化学, 2023, 42(10): 3351-3358.
- [10] 健康指标与评估研究所. 铅暴露—3 级风险 [EB/OL]. 西雅图: 华盛顿大学, 2024 [2025-7-23]. <https://www.healthdata.org/research-analysis/diseases-injuries-risks/factsheets/2021-lead-exposure-level-3-risk>.
- [11] 乔增运, 李昌泽, 周正, 颜培乐, 韦涛, 华叶婧, 李亚鲁, 隋宏书. 铅毒性危害及其治疗药物应用的研究进展 [J]. 毒理学杂志, 2020, 34(5): 416-420.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS