

乳制品食品安全新风险因子研究

现代食品中心 戴明

摘要：本文详细分析了乳制品中微塑料的污染来源、对健康的潜在影响、检测技术与标准现状。企业应将微塑料视为一个重要的新兴风险点，主动开展监测和研究，积极探索降低污染的技术方案，并加强与消费者的沟通，以应对未来可能出现的监管和市场变化。

1. 新兴风险因子：对企业构成潜在风险的新污染物与致病菌

在乳制品行业，除了传统的微生物和化学污染风险外，一些新兴的、尚未被完全认知的污染物正逐渐成为企业面临的潜在威胁。这些新威胁往往缺乏明确的监管标准，其健康影响尚在研究之中，但一旦出现负面舆情或科学证据指向其危害，将对企业品牌、消费者信心和市场准入构成严重冲击。其中，微塑料污染是当前最值得关注的“隐形”威胁之一。

2. 微塑料污染：一个被低估的“隐形”威胁

微塑料是指粒径小于5毫米的塑料颗粒。近年来，科学研究不断证实，微塑料已经渗透到全球各个角落，包括海洋、土壤、空气，甚至人类的食物链和体内。

2.1. 微塑料在乳制品中的普遍存在性

多项国际和国内研究已经证实，微塑料在乳制品中的存在具有普遍性，涵盖了从液态奶到各类固态乳制品的多种产品形态。这些研究不仅揭示了污染的广泛性，还通过量化数据展示了不同乳制品中微塑料的污染水平，为企业评估自身产品风险提供了重要参考。一项由意大利帕多瓦大学于2025年发表的研究，对28种市售乳制品样本进行了系统分析，结果令人震惊：几乎所有被检测的乳制品样本中都含有微塑料颗粒。该研究详细对比了不同产品的污染水平，发现加工环节越复杂、与塑料接触越频繁的产品，其微塑料含量越高。这项研究明确指出，随着加工和包装环节的增多，乳制品受到塑料污染的风险显著提升。另一项于2025年发表在《食品科学》期刊上的研究也得出了相似的结论，即熟成奶酪中的微塑料浓度最高，而牛奶中的含量最低，并强调奶酪和酸奶等加工产品可能含有更多微塑料。针对婴幼儿这一特殊敏感人群，微塑料的暴露风险同样不容忽视。一项2022年的研究在婴儿配方奶粉中检出了微塑料，中位数为每克17.3个颗粒，其中聚氨酯和聚酰胺是主要

的聚合物类型。 复旦大学公共卫生学院于2025年发布的一项针对中国学龄前儿童的研究也发现，每日乳制品摄入量超过300克的儿童，其粪便中的聚乙烯含量显著更高，这直接提示了乳制品是儿童微塑料暴露的重要来源之一。 这些研究共同描绘了一幅严峻的图景：微塑料污染已经深度嵌入乳制品的生产和消费环节，成为企业必须正视的潜在风险。

2.2. 微塑料的主要来源分析

乳制品中微塑料的来源是多方面的，贯穿了从原料生产、加工、包装到最终消费的整个生命周期。识别并控制这些污染源，是企业降低产品风险、保障食品安全的关键。

2.2.1. 生产加工环节中的塑料污染

在乳制品的工业化生产过程中，塑料材料因其轻便、耐腐蚀、成本低等特性被广泛应用，但同时也成为了微塑料污染的主要引入途径。这些污染源主要包括：

- 1) 生产设备与管线：与原料乳直接或间接接触的塑料管道、储罐、阀门、泵体以及加工机械中的塑料部件（如传送带、密封圈、搅拌桨等），在长期的机械磨损、高温高压清洗和化学腐蚀作用下，会逐渐释放塑料微粒，污染产品。
- 2) 加工助剂与添加剂：部分加工过程中使用的过滤材料、助滤剂等也可能含有或释放塑料成分。
- 3) 环境交叉污染：生产车间的空气中可能悬浮着来自员工衣物（合成纤维）、清洁工具或其他塑料制品的微塑料纤维和颗粒，这些颗粒有可能落入开放的生产线中，造成二次污染。意大利帕多瓦大学的研究推测，奶酪中微塑料浓度较高的原因，很可能源于奶制品加工、熟成与包装过程中的多重步骤，在这些环节中，塑料制品（如原料储存袋、机械部件、包装薄膜及封装材料）都可能成为污染源。 这表明生产环节的复杂性直接增加了微塑料引入的风险。

2.2.2. 包装材料的迁移

包装是乳制品在出厂后与消费者直接接触的唯一环节，也是微塑料迁移的重要来源。几乎所有市售乳制品都使用塑料包装，包括聚乙烯涂层纸盒、聚丙烯瓶、多层复合塑料袋以及各种塑料瓶盖、封口膜和内衬。

- 1) 物理摩擦与磨损：在运输、搬运和仓储过程中，包装之间的相互摩擦、挤压，以及产品与包装内壁的摩擦，都可能

导致塑料表面磨损，产生微塑料颗粒。2) 化学迁移：包装材料中的某些化学成分，如增塑剂、稳定剂等，在特定条件下（如高温、接触油脂）可能会从塑料中迁移出来，形成类似微塑料的聚合物碎片。3) 包装材料的降解：长时间的光照、氧化或高温环境会加速塑料包装的老化和降解，使其更容易碎裂成微塑料。陕西省卫生健康委员会发布的信息也指出，包装食品在生产、运输、使用过程中，其所接触的塑料制品可因摩擦或降解产生微塑料，进而迁移污染食品或饮品。因此，包装材料的材质、质量和使用条件，直接决定了微塑料迁移的风险水平。

2.2.3. 婴幼儿喂养器具（如聚丙烯奶瓶）的释放

对于婴幼儿配方乳粉而言，喂养器具是微塑料暴露的一个独特且重要的来源。聚丙烯材质因其耐高温、轻便、不易碎等特性，成为全球范围内婴幼儿奶瓶的主流选择。然而，多项研究证实，PP奶瓶在正常使用，尤其是在高温条件下，会释放大量的微塑料。一项于2020年发表在《自然-食物》上的研究引起了全球范围内的广泛关注。该研究发现，使用聚丙烯奶瓶冲泡标准配方奶粉时，会释放出大量的微塑料颗粒。研究模拟了世界卫生组织推荐的冲泡方法（使用不低于70℃的热水），结果显示，单次冲泡中，奶瓶可以释放出十万量级的微塑料颗粒。更令人担忧的是，标准的100℃高温灭菌程序会使PP奶瓶的微塑料释放量增加35-84%。基于这些数据，研究人员估算，全球12个月大的婴幼儿通过奶瓶摄入的微塑料日均量高达160万颗粒，这一水平是成年人日均摄入总量（约600颗粒）的2600倍。尽管中国的数据因玻璃奶瓶使用率较高而相对较低，但婴幼儿日均摄入量依然可达数万颗粒，且奶瓶配件（如重力球、吸管等）同样会释放微塑料。复旦大学的研究也证实，使用硅胶奶瓶的学龄前儿童，其粪便中检测到的微塑料更多。这些发现对婴幼儿配方乳粉企业构成了直接且严峻的挑战，因为即使产品本身没有污染，消费者的使用方式也可能导致最终的暴露风险，从而引发对品牌安全性的质疑。

2.3. 微塑料对健康的潜在影响

尽管目前关于微塑料对人类健康长期影响的研究仍在进行中，且世界卫生组织在2022年的报告中指出尚无充分证据证明其构成直接威胁，但越来越多的细胞和

动物实验证据表明，微塑料可能通过多种途径对人体健康产生潜在危害。这些潜在风险是企业评估产品安全性和制定风险沟通策略时必须考虑的因素。

2.3.1 物理损伤与炎症反应

微塑料颗粒，特别是那些尺寸较小、形状不规则的碎片，在进入人体后可能对消化道等器官造成物理性损伤。这些坚硬的颗粒可能摩擦肠道上皮细胞，破坏肠道黏膜屏障的完整性，导致肠道通透性增加，即所谓的“肠漏”。这种物理损伤会触发机体的免疫反应，引发局部或全身性的炎症。长期、慢性的炎症状态被认为是多种疾病（如炎症性肠病、心血管疾病等）的诱发因素之一。此外，有研究指出，微塑料暴露可能导致氧化应激和DNA损伤，甚至改变基因活性，这些问题可能导致细胞功能障碍、慢性疾病，甚至癌症。

2.3.2 化学毒性：作为有害物质的载体

微塑料本身是由多种化学单体聚合而成，其中可能含有在生产过程中添加的塑化剂（如邻苯二甲酸盐）、稳定剂、抗氧化剂等添加剂。这些化学物质中，有许多是已知的内分泌干扰物，可能干扰人体的激素系统，影响新陈代谢和生殖健康。更重要的是，微塑料颗粒具有巨大的比表面积和疏水性，使其能够像“海绵”一样，在环境中吸附各种有毒有害物质，如多氯联苯（PCBs）、多环芳烃（PAHs）、重金属（如铅、镉）以及持久性有机污染物（POPs）。当这些被污染的微塑料被人体摄入后，它们会在消化道内将这些高毒性的物质缓慢释放出来，相当于一个“特洛伊木马”，将外部污染物直接输送到人体内部，其综合毒性效应可能远超微塑料本身。

2.3.3 对肠道微生物群的干扰

肠道微生物群在维持人体健康中扮演着至关重要的角色，参与消化、免疫调节、营养合成等多种生理过程。新兴研究表明，微塑料的摄入可能会干扰肠道微生物群的平衡。微塑料颗粒可能作为某些有害菌的附着载体，促进其在肠道内的定植；同时，其携带的化学物质也可能对有益菌产生抑制作用。肠道菌群的失调与多种健康问题相关，包括消化不良、免疫力下降、肥胖、糖尿病甚至神经系统疾病。复旦大学的研究也探讨了微塑料暴露与学龄前儿童肠道微生物群之间的潜在关系，这进一步凸显了微塑料可能通过影响肠道健康而对整体健康构成威胁。

2.4. 微塑料检测技术与标准现状

面对微塑料这一新兴污染物，建立准确、可靠的检测技术和统一的评估标准是进行风险管控和监管的前提。目前，全球范围内的检测方法仍在不断发展和完善中，而相关的食品安全标准，特别是限量标准，则基本处于空白状态。

2.4.1. 国内外检测方法研究进展

微塑料的检测通常包括样品前处理和仪器分析两个关键步骤。由于乳制品基质复杂，富含蛋白质、脂肪等有机物，有效分离和富集微塑料是检测的难点。1) 样品前处理：常用的方法包括密度分离法（利用饱和盐溶液使塑料颗粒上浮）、酶消化法（利用蛋白酶、脂肪酶等分解有机基质）和过滤法。例如，安捷伦公司开发的一种针对婴儿配方奶粉的前处理方法，就结合了饱和氯化钠溶液离心分离和过滤，以有效提取微塑料。2) 仪器分析：目前主流的分析技术包括光谱法和质谱法。光谱法：如傅里叶变换显微红外光谱法（ μ -FTIR）和显微拉曼光谱法（ μ -Raman），这两种技术可以提供微塑料的化学结构信息，从而准确鉴定其聚合物种类。它们还能提供颗粒的尺寸、形状和数量信息，是目前应用最广泛的方法。安捷伦公司推出的8700 LDIR激光红外成像系统，结合了自动化颗粒分析和光谱库比对，能够实现对微塑料的快速、高通量表征。质谱法：如热裂解-气相色谱-质谱联用法（Py-GC/MS），该方法通过将微塑料高温裂解成特征性小分子，再进行分离和鉴定，具有灵敏度高、能提供聚合物降解产物信息等优点，适用于复杂样品中微塑料的定性和定量分析。尽管检测技术取得了显著进展，但目前仍面临诸多挑战，如样品前处理过程可能引入外部污染、对小尺寸（特别是纳米级）塑料的检测能力不足、不同实验室间数据可比性差等问题，迫切需要建立标准化的检测流程和质量控制体系。

2.4.2. 国内相关食品安全标准的缺失

目前，中国乃至全球范围内，尚未出台针对食品中微塑料的限量标准或专门的食品安全国家标准。这意味着，即使企业在产品中检测出微塑料，也无法依据现行法规判定其产品是否“不合格”。然而，这种“无法可依”的状态本身就是一种巨大的潜在风险。1) 监管滞后带来的不确定性：由于缺乏标准，监管部门难以对微塑料污染进行有效执法，企业也缺乏明确的风险控制目标。一旦未来科学证据

证实微塑料具有显著健康危害，或者公众舆论压力骤增，监管机构可能会迅速出台严格的限量标准。届时，那些未能提前布局、产品中微塑料含量较高的企业，将面临产品召回、市场禁入甚至法律诉讼的巨大风险。2) 消费者认知与品牌声誉风险：在信息高度透明的今天，科学研究成果会迅速通过媒体传播。当消费者了解到乳制品中普遍存在微塑料污染时，即使尚无官方定论，也可能引发恐慌和对品牌的信任危机。企业若对此问题保持沉默或反应迟缓，将可能被贴上“不负责任”的标签，严重损害其长期建立的品牌声誉。3) 国际贸易壁垒风险：欧盟等地区已经开始对特定产品（如化妆品）中的微塑料进行限制。未来，食品中的微塑料很可能成为新的技术性贸易壁垒。如果中国的乳制品企业不提前关注并控制微塑料污染，其产品在国际市场上可能会遭遇准入障碍，影响出口业务。因此，尽管没有强制性标准，企业应将微塑料视为一个重要的新兴风险点，主动开展监测和研究，以应对未来可能出现的监管和市场变化。

3. 总结与展望

面对日益复杂的食品安全风险格局，乳制品企业必须采取前瞻性的、系统性的应对策略。这不仅是为了满足日益严格的监管要求，更是为了维护消费者信任、保障品牌声誉和实现可持续发展。企业应将风险管理从被动应对转变为主动预防，建立一个覆盖从牧场到餐桌的全链条、动态的风险管理体系，建立全面的风险监测体系，推动生产工艺与包装材料的革新，加强与监管机构和消费者的沟通，从而有效应对新风险威胁。

4. 参考文献

- [1] Dong X, Liu X, Hou Q, et al. Microplastic in milk and dairy products: Research quality, abundance, sources, and transfer mechanisms.[J].Journal of hazardous materials,2025,501140783.DOI:10.1016/J.JHAZMAT.2025.140783.
- [2] Banica L A, Radulescu C, Buruleanu L C, et al. Emerging Health Risks Associated with the Intake of Microplastics Found in Milk and Dairy Products[J].Microplastics,2025,4(4):98-98.DOI:10.3390/MICROPLASTICS4040098.
- [3] Adjama I, Dave H, Balarabe Y B, et al. Microplastics in dairy products and human breast milk: Contamination status and greenness analysis of available analytical methods[J].Journal of Hazardous Materials Letters,2024,5100120-100120.DOI:10.1016/J.HAZL.2024.100120.
- [4] Kutralam-Muniasamy G, Pérez-Guevara F, Elizalde-Martínez I, et al. Branded milks – Are they immune from microplastics contamination?[J].Science of the Total Environment,2020,714(C):136823.DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.136823.

[5] Mazumdar S ,Tarannum R ,Adnan M M , et al.Microplastics contamination of milk and milk products in Bangladesh: Characterization, dietary exposure, and risk assessment[J].LWT,2026,243119113-119113.DOI:10.1016/J.LWT.2026.119113.