

浅析PET瓶中乙醛含量检测与QB/T 2357-1998标准的局限性

张琳琳, 杨欢, 吕锐利, 赵克志, 王晓娟

云南省产品质量监督检验研究院, 云南 昆明

收稿日期: 2025年10月19日; 录用日期: 2025年11月13日; 发布日期: 2025年11月21日

摘要

PET瓶内的乙醛残留问题关乎食品的安全以及消费者的健康状况, 目前QB/T 2357-1998标准对乙醛含量有着明确的规定, 在实际应用过程中却存在着灵敏度不高、适用性差等缺陷。常用的乙醛检测方法, 如气相色谱法、液相色谱法和酸性气体检测法等存在一些优点, 但是其精确度、成本以及操作复杂程度等方面还存在着问题。为提升乙醛检测准确率、提高可操作性, 建议细化标准并确定乙醛含量的划分标准, 增加对生产过程的动态监测。并且对现有的检测技术进行改善, 采用高速的检测方式和大数据监控相结合的方式, 从而能够更好地控制乙醛的存在, 让食品包装更加安全。

关键词

PET瓶, 乙醛含量, QB/T 2357-1998标准, 检测方法

An Analysis of the Detection of Acetaldehyde Content in PET Bottles and the Limitations of the QB/T 2357-1998 Standard

Linlin Zhang, Huan Yang, Ruili Lyu, Kezhi Zhao, Xiaojuan Wang

Yunnan Provincial Product Quality Supervision and Inspection Institute, Kunming Yunnan

Received: October 19, 2025; accepted: November 13, 2025; published: November 21, 2025

Abstract

The residual acetaldehyde in PET bottles is closely related to food safety and consumer health. While the current QB/T 2357-1998 standard provides clear regulations on acetaldehyde content,

文章引用: 张琳琳, 杨欢, 吕锐利, 赵克志, 王晓娟. 浅析 PET 瓶中乙醛含量检测与 QB/T 2357-1998 标准的局限性[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(6): 873-878. DOI: 10.12677/hjfn.2025.146096

there are issues with low sensitivity and limited applicability in its practical implementation. Common acetaldehyde detection methods, such as gas chromatography, liquid chromatography, and acidic gas detection, have certain advantages but still face challenges in terms of accuracy, cost, and operational complexity. To improve the accuracy of acetaldehyde detection and enhance operability, it is recommended to refine the standards and establish classification standards for acetaldehyde content, along with incorporating dynamic monitoring of the production process. Additionally, improving existing detection technologies by adopting high-speed detection methods combined with big data monitoring will better control acetaldehyde presence, ensuring safer food packaging.

Keywords

PET Bottles, Acetaldehyde Content, QB/T 2357-1998 Standard, Detection Methods

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

PET 瓶属于现代食品包装材料, 由于它轻便、坚固又便宜的特性, 所以被普遍应用到饮料, 矿泉水这些液体食品的包装当中[1]。不过, 在制造 PET 瓶的时候, 乙醛等挥发性有机物残留其中, 形成潜在的食品安全风险, 乙醛是一种有着明显刺鼻气味的有机物质, 若长时间滞留于包装之中, 就会损害食品的味道, 并且有可能危害消费者的健康状况[2]。有研究表明乙醛具有致癌性, 长期接触会增加患癌风险[3]。因此如何有效地、科学地检测出 PET 瓶中所含有的乙醛含量, 保证食品安全成为研究的重点。

现行的《QB/T 2357-1998》是目前我国关于 PET 瓶乙醛含量检测的唯一规范标准, 提出了乙醛最大限值[4]。但是这个标准在实际使用当中存在着一定的缺陷, 主要表现在它采用的检测方法过于灵敏, 而且不适用, 在不同的生产环境下不能达到越来越高的食品安全要求[5]。随着近些年来对食品安全问题的日益重视, 一些新的检测方法也不断涌现出来, 例如气相色谱法(GC, 液相色谱法(HPLC)等[6][7]。这些新方法的产生, 很大程度上促进了乙醛检测技术的进步, 但是实际使用时还存在像检测精度以及操作成本之类的难题。

此外, 科学技术不断进步, 对乙醛在 PET 瓶中迁移以及其对食品的影响也进行了越来越多的研究。如研究显示, 乙醛在不同食品模拟物中迁移行为存在较大差异, 在高温高湿环境下乙醛的迁移量会大量增加[8]。针对这些困难, 以后的标准与检测办法须要加以改善, 细化乙醛的分级准则, 而且采取动态监测方式, 从而把握生产进程中乙醛变动情况[9]。

因此, 本文的目的在于分析现有标准的不足之处并了解 2020 年至今乙醛检测、标准制定领域最新研究进展并给出建议。通过研究乙醛残留的问题, 希望给提高食品包装的安全性提供一个理论依据。

2. 乙醛的来源与影响

2.1. 乙醛的来源

在 PET 瓶的制作过程中, 乙醛生成主要来源于原料选择和加工工艺。PET 是高分子聚合塑料主要由对苯二甲酸(PTA)和乙二醇(EG)合成。在聚合法过程中, 由于高温、高压等因素导致 PET 生成时会产生一定副产物, 乙醛就是其中之一[10]。即使使用高品质的 PET 原料, 也难以完全消除乙醛的存在, 在瓶子被制成以后, 瓶体内残留的乙醛会逐渐释放。除此之外, 生产过程中一些清洁、烘干等步骤操作不恰

当也会导致乙醛残留量增加[11]。

乙醛迁移会受到诸多因素的影响,有学者研究发现温度、时间以及食品模拟物种类都对乙醛的迁移存在明显影响[12]。从具体的 PET 瓶迁移来看,乙醛迁移量是随着温度升高和存储时间的延长而增加。尤其在酒精类模拟物中,其迁移量要高于水性、酸性和脂肪类模拟物[13]。而且,如果把 PET 瓶放在高温高湿的环境下存储时,这时会使瓶内乙醛挥发并扩散到瓶内空气中,并且还会迁移到包装的液体当中来影响食品质量。比如夏天饮料长时间暴露在高温环境下,乙醛积累现象特别明显,可能会造成口感改变[3]。

2.2. 乙醛对食品的影响

乙醛的存在一方面对食品的感官品质带来不良的影响,另一方面还对消费者的健康构成潜在的风险,因为乙醛属于一种具备强烈气味的挥发性有机物,它会影响到食品的风味与香气,并且有可能使得食品失去原有的口味或者出现变质现象。一些高端饮料如果汁当中乙醛的气味可能会遮盖住饮料本身所具有的香气,进而影响消费者饮用时的感受。PET 瓶是全世界使用最多的塑料包装容器,在矿泉水瓶、碳酸饮料瓶等包装中广泛使用。在 PET 的合成、加工和使用过程中可能产生,进而影响食品的感官品质[14]。

除了对感官的影响之外,乙醛对人体健康造成的影响也不可忽视,研究显示,乙醛存在致癌的可能性,长时间处于高浓度乙醛的环境中会加大罹患癌症的风险。虽然现在没有确定因果关系,但是乙醛的健康危害已引起世界各国食品安全部门的高度重视。例如,在《QB/T 2357-1998》标准中,对 PET 瓶中的乙醛含量提出了限制性要求,确定了最大残留限值,以确保消费者健康安全[15]。

进一步的研究表明,乙醛在水中的感官阈值约为 10~30 $\mu\text{g/L}$ [16]。这意味着即使乙醛的含量很低,也会影响水或者饮料的口感。所以,降低 PET 瓶里的乙醛含量,一方面可以改善饮品的口味感觉,另一方面也能减轻它给消费者健康带来的风险。

综上所述,乙醛在 PET 瓶中迁移受很多因素影响,特别是在高温高湿的环境中,乙醛的释放与迁移均会加剧。为了保证食品安全,现有的标准还需要不断地完善,以更好地满足当前严格的食品包装和生产要求。

3. QB/T 2357-1998 标准解析

3.1. QB/T 2357-1998 标准概述

QB/T 2357-1998 标准是关于中国 PET 瓶内乙醛含量测定的国家标准,其主要作用是规范 PET 瓶生产过程中乙醛残留量的控制,并确保食品包装材料对人体健康无害。具体的测试内容包括乙醛的测定方法、测定限量和相关的测试步骤。本标准规定,PET 瓶中乙醛限量应不大于 0.5 mg/kg 。该标准出台以后,给 PET 瓶的生产与使用给予了安全保障,而且成为瓶装饮料加工过程中控制乙醛残留的主要依据[17]。

该标准的制定背景是由于食品包装的安全问题日益严重,尤其是以 PET 瓶作为饮料、矿泉水等液体食品的包装。包装材料中残留的挥发性有机物,尤其是乙醛,可能会对人的健康造成不良影响,所以控制乙醛残留成了一个很迫切的食品安全问题[18]。QB/T 2357-1998 标准出台的目的在于为了保证食品包装的安全性,通过限定乙醛的限量以及检测方法来保障消费者的健康。

3.2. 标准的适用范围与局限性

该标准主要应用于瓶装饮料行业,特别是以水、果汁、茶饮料等液体食品为主的包装,在这些产品的包装过程中,液体食品会直接接触 PET 瓶内壁,所以乙醛残留的控制尤为重要。标准的最大限值为 0.5 mg/kg ,这给食品生产商给予可以操作的检测方法,保证饮品质量并守护消费者的健康。

但是, QB/T 2357-1998 在实际应用中还存在一些不足之处。一是尽管目前使用的检测方法能够在实验室条件下达到理想的效果, 在生产过程中却因乙醛分布不均、乙醛易挥发等原因造成检测结果有误差 [19]。比如说, 在大规模生产时, 怎样保证每一瓶样本都有代表性, 并且能够得到非常精确的检测结果, 这确实是一个棘手的问题。第二点是现在所用到的一些办法对于周围的环境比较敏感一点, 温湿度等环境变化都会对乙醛的挥发和转移行为产生影响, 进而导致检测结果存在误差并缺乏稳定的情况出现。最后, 由于标准所涉及的检测方法比较复杂, 在实施中会增加操作成本, 在大批量生产时企业的检测负担较重。

4. 现行乙醛检测方法的局限性

4.1. 常见的乙醛检测方法概述

乙醛的检测方法多种多样, 涵盖了从实验室分析到现场快速检测的各种技术。以下是几种常用的乙醛检测方法:

气相色谱法(GC): 气相色谱法是乙醛检测中最常用的测定方法, 具有高分辨率和高灵敏度。它会把样品变成气体之后在色谱柱上分开, 最后再经过检测器去分析乙醛含量, 但该方法操作较为繁琐, 对设备的要求也挺高, 而且处理样品以及数据分析耗时较长。检测低浓度乙醛时, 灵敏度的局限性也许会造成结果不准确。

高效液相色谱法(HPLC): HPLC 是常用的一种含挥发性物质样品乙醛检测方法, 分离效果较好。该方法采用高压把溶剂推离样品中的物质并对其进行检测, 但是 HPLC 对操作技术要求高, 对环境条件较为苛刻, 并且设备及维护成本较高导致难以在工业领域广泛应用。

酸性气体检测法: 这种方法是现场快速检测乙醛的一种方法, 企业可用于大批量乙醛监测, 通过测量乙醛挥发气体浓度以快速得到结果。虽然此方法操作较为简便, 但其灵敏度不足, 在检测低浓度乙醛时, 不能正确区分低浓度的差异, 导致检测结果存在误差。

4.2. 现有方法的局限性

虽然上述检测方法各有优点, 但也存在一定的局限性, 尤其是在实际生产中的应用。以下是对这些方法的优缺点的详细分析:

Table 1. Performance comparison of different acetaldehyde detection methods
表 1. 不同乙醛检测方法的性能比较

检测方法	检出限	精密度	回收率	成本	优点	缺点
HS-GC-FID	0.1 mg/kg	高精密度	较高	高	高分辨率、灵敏度高、适用于复杂样品	操作繁琐、设备要求高、分析时间长
HS-GC-MS	0.01 mg/kg	高精密度	较高	更高	灵敏度和分辨率更高, 适用于微量检测	高成本、设备复杂、维护费用高
HPLC	0.05 mg/kg	较高	较高	高	适合含挥发性物质样品、分离效果好	操作复杂、设备费用高、适用性差
酸性气体法	0.5 mg/kg	中等	中等	低	现场快速检测、便于大规模监控	灵敏度低、误差较大、精确度差

从表 1 可以看出, 不同检测方法在不同的性能参数上有差别。气相色谱法和高效液相色谱法的灵敏

度较高, 适合检测复杂样品, 但是这两种方法成本高、操作复杂, 在大规模生产中使用受到限制。相比而言, 酸性气体检测法具有在现场快速检测的优点, 但是灵敏度和精确度较差, 所以该方法在控制乙醛的含量时可能会精确度不足。

另外, 目前的方法也存在环境敏感性的问题。温湿度等外部因素会影响乙醛的挥发特性, 从而影响检测结果的稳定性。例如, 高温环境下 PET 瓶内的乙醛释放量可能会增加从而影响检测的准确性, 因此如何减少外界环境对检测结果的影响、提升方法的稳定性与精确度便成为当前研究的重点。

综上所述, 目前已有的乙醛检测方法虽在实验室内和个别场合能较好地发挥效果, 但在工业生产中仍受到诸多限制的原因主要还是源于其成本高、过程操作繁琐且灵敏度不够高等问题。未来需要开发更高效、低成本, 适用大规模生产的检测手段, 保证乙醛残留得到恰当控制。

5. 对现行标准与检测方法的改进建议

5.1. 标准完善建议

尽管 QB/T 2357-1998 标准为乙醛含量控制提供了基本的指导, 但是随着食品安全要求的不断提高, 现有的标准已经不能完全适应现代生产的要求。首先, 在标准中加入乙醛含量的分级标准, 把乙醛含量限制分成几个等级, 从而可以针对不同产品的乙醛残留实行更细致的控制。这样可以更好地达到一个科学的管理, 也可以为公司提供操作指南, 避免一味追求合格而盲目求成。

除此之外, 还要在标准当中添加动态监测乙醛残留的办法, 在生产过程当中对乙醛含量展开实时的监测, 并随时调节生产环节, 以此来保证乙醛的含量一直维持在控制范围之内。特别是在大产量生产时, 某些生产环节会导致乙醛含量出现波动, 在这种情况下利用实时数据分析以动态调节乙醛控制, 可以有效地解决现有静态标准难以适应复杂生产状况的问题。

5.2. 检测方法的优化方向

要让乙醛检测方法更好地适应工业化生产, 得做些改进, 第一, 可以试试用便携式传感器加上光谱分析的快速检测技术, 在生产线上随时查看乙醛含量。这类方法可以极大地提升检测效率, 削减检测成本, 并适合于企业的生产线做迅速筛查, 尽早找出乙醛残留超标的隐患。

而且, 气相色谱法和高效液相色谱法虽然准确度较高, 但是操作操作繁琐, 检测速度较慢, 因此要使气相色谱法、高效液相色谱法等方法能够在生产线上更好地使用就需要改进灵敏度和稳定性问题, 通过改善设备及操作方式来降低误差并提高乙醛检测的准确性与时效性。

5.3. 提升标准实施的可操作性

要让标准更实用一些, 可以做个数据库, 把原料批次, 干燥温度/时间, 注塑/吹塑参数, 成品乙醛含量这些放进去。借助机器学习算法, 可以对乙醛的形成加以预测并改善, 进而提升整个生产过程的可控性以及乙醛含量的稳定性。

同时加强行业自律和社会监督相结合, 政府和相关部门要加强对包装材料的检测监督工作, 企业之间也要互相监督。通过双重监督, 使乙醛的含量一直保持在安全食品标准之内, 保证消费者的健康。

6. 结语

针对 PET 瓶乙醛含量的检测和控制问题上, 标准和方法虽给行业带来了一定的安全性保障, 但还是存在灵敏度低、适用性差等状况。未来, 高灵敏度又低成本的检测办法开发出来, 而且随着标准国际化进程的推进的时候, 乙醛控制会更加精确和稳定。除此之外, PET 瓶生产商也要加强原料控制、优化生

产工艺、定期监测乙醛含量,以保障产品的质量和消费者健康。随着技术的创新与完善以及对监管政策的要求不断提高,食品包装业对于乙醛控制将有更高要求,推动包装行业朝更绿色的方向发展。

参考文献

- [1] 丘林燕. 关于 QB/T 2357-1998 与 GB/T 41167-2021 两项标准差异性比对分析[J]. 塑料包装, 2022, 32(6): 34-36.
- [2] 刘萍, 周丽群, 臧珊珊, 等. HPLC-MS/MS 法测定塑料类食品接触材料制品中邻、间、对苯二甲酸二(2-乙基)己酯的特定迁移量[J]. 塑料科技, 2025, 53(1): 131-136.
- [3] 曾严, 张弟俊, 刘桂华, 等. 食品级再生聚对苯二甲酸乙二醇酯中非有意添加物的风险[J]. 包装工程, 2023, 44(19): 23-32.
- [4] 万富, 赵金尧, 柳阿芳, 等. 顶空-气相色谱法同时测定聚对苯二甲酸乙二醇酯瓶中乙醛和丙酸乙酯迁移量[J]. 理化检验(化学分册), 2021, 57(3): 229-234.
- [5] 王丹丹, 程磊, 俞辉. 药用聚酯瓶中乙醛测定方法分析与优化[J]. 药物分析杂志, 2021, 41(5): 893-898.
- [6] 冯佳宁, 常世敏, 吴刚, 等. PET 包装材料中聚酯低聚物的研究进展[J]. 包装工程, 2024, 45(1): 118-127.
- [7] 杨光勇, 闫顺华, 陈佳, 等. PET 包装瓶中 4 种脂肪酯向植物油的迁移行为[J]. 塑料, 2023, 52(5): 183-187.
- [8] Shen, X., Hed, Y., Annfinsen, S., Singh, N., Anwar, H., Mylvaganam, B., *et al.* (2025) Investigating Polyethylene Terephthalate Beverage Packaging: Impact of Recycled Content on Acetaldehyde, Benzene, and Other Contaminants. *Journal of Polymers and the Environment*, **33**, 2362-2370. <https://doi.org/10.1007/s10924-025-03544-1>
- [9] 隋晓, 冉秀祯. 聚酯(PET)无汽饮料瓶(桶)现行企业标准调研与分析[J]. 轻工标准与质量, 2022(2): 43-46.
- [10] 尹琴, 丘尽花, 谭慷蔚, 等. 区域全面经济伙伴关系协定国家食品接触材料法规与监管综述[J]. 包装工程, 2025, 46(15): 191-199.
- [11] 宋长远, 王兰, 马清书, 等. 顶空气相色谱法测定 PET 碳酸饮料瓶乙醛含量的不确定度评价[J]. 现代食品, 2022, 28(23): 148-150.
- [12] 赵会娟. PET 口服液包装瓶工艺技术研究及产业化项目[Z]. 吉林东扬药品包装有限公司. 2021-06-23.
- [13] Yousefi, R., Ahmadi, S., Mohammadi Ziarani, G. and Badiei, A. (2023) Synthesis of [Ta6O19] @MOF Composite as a Chloroacetaldehyde Optical Sensor in Wastewater Obtained from Two Waste-Resourced Precursors: Tantalum from Capacitors and Terephthalic Acid from PET Bottle. *Materials Today Sustainability*, **24**, Article 100604. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100604>
- [14] 刘易烨, 吴序锋, 张海峰, 等. 超级微波消解-电感耦合等离子体质谱/发射光谱法测定再生聚对苯二甲酸乙二醇酯瓶片中 31 种元素含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(1): 196-203.
- [15] Helm, M., Gradwohl, A. and Jirsa, F. (2025) Metal Content in Soft Drinks Depending on Packaging and Storage Time. *Food Packaging and Shelf Life*, **52**, Article 101598. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2025.101598>
- [16] Yutaka, A., Norihiro, K., Miku, Y., *et al.* (2020) Determination of Formaldehyde and Acetaldehyde Levels in Poly(Ethylene Terephthalate) (PET) Bottled Mineral Water Using a Simple and Rapid Analytical Method. *Food Chemistry*, **344**, Article 128708.
- [17] 尹光, 韩小旭, 王添闻, 等. 聚酯滴眼剂瓶中乙醛来源的初探以及乙醛测定方法的建立[J]. 包装工程, 2025, 46(7): 167-172.
- [18] 魏茂强. 食品接触用塑料制品应用中的质量安全探讨[J]. 中国检验检测, 2024, 32(2): 108-112+87.
- [19] 海德拉. 长期用一次性塑料瓶装食品有不小的健康隐患[J]. 科学大观园, 2025(7): 24-25.