

直接滴定法和氧化还原滴定法在居民食用碘盐中碘含量测定中的应用效果分析

曹昊*

(成都市锦江区疾病预防控制中心, 成都 610000)

摘要: **目的** 总结直接滴定法和氧化还原滴定法在居民食用碘盐碘含量测定中的应用价值。**方法** 随机抽样选取2024年1月—2024年12月200份居民食用碘盐(100份添加碘酸钾食盐、100份添加其他还原物质食盐)、100份市场销售食用碘盐,分别进行直接滴定法和氧化还原滴定法检测,分析碘盐标准物质检测、添加不同物质的居民和市售食用碘盐中碘含量检测的相关数据。**结果** 直接滴定法对只添加碘酸钾标准物质测定结果(22.13 ± 0.36) mg/kg 高于氧化还原滴定法(21.87 ± 0.37) mg/kg, $P > 0.05$; 直接滴定法对居民添加碘酸钾食用碘盐测定结果(19.61 ± 2.13) g/kg、添加其他还原物质(20.22 ± 1.53) g/kg 低于氧化还原滴定法(23.58 ± 2.15) mg/kg、(22.43 ± 1.38) mg/kg, $P < 0.05$; 直接滴定法对市售添加碘酸钾食用碘盐测定结果(25.57 ± 2.13) g/kg、添加其他还原物质(25.85 ± 2.16) g/kg 低于氧化还原滴定法(25.86 ± 2.44) mg/kg、(26.47 ± 2.22) mg/kg, $P > 0.05$ 。**结论** 在居民食用碘盐的碘含量测定中,直接滴定法和氧化还原滴定法各自具有独特的优势,直接滴定法适用于添加碘酸钾的标准盐,而氧化还原滴定法则更适合处理已开封并在不良存储条件下的食盐。因此,工作人员在食品质量监控中需要根据实际情况选择合适的测定方法,进而为公众健康提供有力保障。

关键词: 直接滴定法; 氧化还原滴定法; 食用碘盐; 碘含量

0 引言

随着社会经济的发展和居民健康意识的提高,人们愈加重自己的饮食安全,尤其是食用盐中的碘含量^[1]。碘是人体不可缺少的微量元素,是维持甲状腺功能及全身代谢的关键微量元素。碘的摄入不足或过量会造成甲状腺肿大、免疫力下降、先天性畸形等问题,威胁人们的身体健康。因此,食用盐中添加适量的碘对于防治碘缺乏病尤为重要。临床学者普遍认为,食盐中碘含量测定的准确性是保证加碘食盐的质量与安全的关键^[2]。因此,检测食盐中碘含量的有效方式至关重要,它为防治碘缺乏病提供了重要依据。目前普遍采用的国家标准包括《制盐工业通用试验方法碘的测定》(GB/T 13025.7—2012)^[3]和《食品安全国家标准食品中碘的测定》(GB 5009.267—2020)^[4],这些不同的测定方法适用于不同类型加碘食盐的检测。目前,检测人员常用的方式是直接滴定法和氧化还原滴定法,前者主要适用于含碘酸钾的食盐,而后者则适用于含还原物质的食盐,需要检测人员根据实际情况确定检测

方法。通过合理选择检测方法,检测人员不仅能够确保加碘食盐的质量合格,也为碘缺乏病的防治提供了有力的支持。本文探究了直接滴定法和氧化还原滴定法在居民食用碘盐中碘含量测定中的应用价值,为选择合适的碘含量测定技术提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

随机抽样选取2024年1月—12月200份居民食用碘盐(100份添加碘酸钾食盐、100份添加其他还原物质食盐)、100份市场销售食用碘盐,分别进行直接滴定法和氧化还原滴定法检测,每份居民食用碘盐质量为50 g、每包市场销售食用碘盐300 g(包装完好且品牌不限)。

1.2 仪器、试剂与方法

次氯酸钠(分析纯,成都市科隆化学品有限公司)、滴定管(50 mL)、电子天平(型号:JD200-3)、硫代硫酸钠标准溶液(中国计量科学研究院)。检测依据GB/T 13025.7—2012进行。

* 通信作者: 曹昊,理化检验技术主管技师,检验科科长,研究方向为理化检验技术。E-mail: 550221842@qq.com

(1)将所有充分混匀的样本放置在电子天平上,称取 10.00 g/份样本 2 份,然后根据《制盐工业通用试验方法碘的测定》中的操作步骤以及操作流程对其进行检测。根据《食用盐碘含量》(GB 26878—2011)食用碘盐中碘含量合格标准:20.0~30.0 mg/kg,允许波动范围为食用盐碘含量平均水平 $\pm 30\%$ 。四川选择 30 mg/kg 浓度的加碘食盐供一般人群食用。将已知的碘浓度国家标准物质分别用 2 种方法进行 10 次检测,以判断是否在控。

(2)直接滴定法检测方法:①准备试剂:根据《制盐工业通用试验方法碘的测定》中直接滴定法的要求,需要准备 50 g/L 碘化钾溶液、浓度 0.002 mmol/L 碘酸钾标准溶液、1 mmol/L 磷酸溶液、5 g/L 淀粉溶液、浓度约 0.002 mmol/L 的硫代硫酸钠标准滴定溶液(需标定),并且要严格确保浓度和配比的准确性。②将 10.00 mL 的碘酸钾标准溶液(浓度 0.002 mmol/L)置于 250 mL 的碘量瓶,依次加入 50 mL 的水、2 mL 的 1 mmol/L 磷酸溶液和 5 mL 的 50 g/L 碘化钾溶液。然后,滴定已配制好的硫代硫酸钠标准滴定溶液,直至溶液颜色变为浅黄色。最后,将 5 mL 的淀粉溶液加入量杯中,继续滴定(直到溶液颜色的蓝色消失)。③在 10.00 g 样本中加入量和浓度与标定时相同的水、磷酸溶液及碘化钾溶液,将溶液混合均匀后,继续进行滴定操作。④向样品溶液中加入硫代硫酸钠标准滴定溶液,直到溶液变为浅黄色,颜色转变后加入 5 mL 的淀粉溶液,继续滴定,直到溶液中的蓝色完全消失。⑤根据消耗的硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积,计算出样品中碘的含量。

(3)氧化还原滴定法检测方法:在碘量瓶(250 mL)中加入 10.00 g 样本,然后再加入 50 mL 水,直至量杯中的样本溶解。按照《制盐工业通用试验方法碘的测定》的氧化还原滴定法的步骤完成操作后,计算样本中的碘含量。

表 2 添加不同物质的居民和市售食用碘盐中碘含量检测结果($\bar{x} \pm s$, mg/kg)

检测方式	n	居民食用碘盐		市售食用碘盐	
		添加碘酸钾	添加其他还原物质	添加碘酸钾	添加其他还原物质
直接滴定法	100	19.61 \pm 2.13	20.22 \pm 1.53	25.57 \pm 2.13	25.86 \pm 2.44
氧化还原滴定法	100	23.58 \pm 2.15	22.43 \pm 1.38	25.85 \pm 2.16	26.47 \pm 2.22
t 值	—	13.118	10.726	0.923	1.849
P 值	—	0.000	0.000	0.357	0.066

3 讨论与结论

在众多检测方法中,直接滴定法和氧化还原滴定法因其操作简便、检测结果准确等优点,被检测人员广泛应用于测定食盐中碘含量^[5]。直接滴定法主要是通过酸性介质

1.3 观察指标

①两种检测方式对碘盐标准物质检测结果:标准物质正常范围(碘盐)(22.4 \pm 2.00)mg/kg;②添加不同物质的居民和市售食用碘盐中碘含量检测结果。

1.4 统计学分析

研究数据统一利用 SPSS 完成处理,符合正态分布规律的参数,计量资料通过“ $\bar{x} \pm s$ ”表示,并采用 *t* 检验, $P < 0.05$:差异存在统计学意义。

2 结果与分析

2.1 两种检测方式对碘盐标准物质检测结果

直接滴定法对只添加碘酸钾标准物质测定结果(22.13 \pm 0.36)mg/kg 高于氧化还原滴定法(21.87 \pm 0.37)mg/kg, $P > 0.05$ 。意味着在测定标准物质时,直接滴定法的结果虽然略高,但不具备显著性,反映出两种方法在理想条件下均能有效测定碘酸钾的含量。详见表 1。

表 1 两种检测方式对碘盐标准物质检测结果($\bar{x} \pm s$, mg/kg)

检测方式	检测次数	标准物质
直接滴定法	10	22.13 \pm 0.36
氧化还原滴定法	10	21.87 \pm 0.37
t 值	—	1.593
P 值	—	0.130

2.2 添加不同物质的两种碘盐中碘含量检测结果

直接滴定法居民食用碘盐添加碘酸钾、添加其他还原物质低于氧化还原滴定法, $P < 0.05$,因氧化还原滴定法在处理复杂基质时,能更全面地考虑各种干扰因素,因此确保检测结果的准确性。直接滴定法市售食用碘盐添加碘酸钾、添加其他还原物质低于氧化还原滴定法, $P > 0.05$,说明在市售碘盐中,直接滴定法和氧化还原滴定法在处理添加碘酸钾和其他还原物质时,结果相近且没有显著差异。详见表 2。

碘酸根离子氧化碘化钾析出单质碘,并以硫代硫酸钠标准滴定溶液与淀粉作为指示剂进行滴定,直到溶液的白蓝色变为无色。通过消耗的硫代硫酸钠溶液量,工作人员能够准确计算样品中的碘含量,从而评估碘盐中碘含量是否符合标准^[6]。该方式反应简单、终点明显,且结果的稳定性

高, 因此常常被检测人员用于检测含有碘酸盐的食盐。氧化还原滴定法具有较强的适应性, 能够处理复杂的样品, 并且其灵敏度较高, 适用于其他类型的加碘食盐, 尤其是含有还原物质的样品^[7]。具体而言, 通过将样品与氧化还原滴定剂反应, 检测人员测定反应中所需滴定剂的体积, 计算出碘的含量。

在本次研究中, 检测人员根据对直接滴定法和氧化还原滴定法在居民食用碘盐中碘含量测定的相关研究数据进行分析, 发现直接滴定法和氧化还原滴定法在测定不同样本中的碘含量时存在一定的差异。直接滴定法对只添加碘酸钾标准物质测定结果(22.13 ± 0.36) mg/kg 高于氧化还原滴定法(21.87 ± 0.37) mg/kg, $P > 0.05$; 直接滴定法居民食用碘盐添加碘酸钾、添加其他还原物质低于氧化还原滴定法, $P < 0.05$; 直接滴定法市售食用碘盐添加碘酸钾、添加其他还原物质低于氧化还原滴定法, $P > 0.05$ 。证实了直接滴定法和氧化还原滴定法在标准物质的测定上相对接近, 均可以用于测定食盐中的碘含量。对于含有还原物质的碘盐, 尤其在存在碘酸钾或其他还原物质时, 氧化还原滴定法的适应性和精确度更高。相比之下, 直接滴定法依赖于酸性介质中碘酸根离子与碘化钾之间的氧化还原反应, 会影响碘的释放量或消耗量, 从而影响测定结果的准确性。直接滴定法和氧化还原滴定法均可以准确检测出食用碘盐中碘含量, 但在实际运用中, 需要根据不同的食盐成分及储存条件, 合理选择适当的检测方法, 为碘缺乏病的防治提供科学地参考数据。

直接滴定法的反应终点非常明显, 即由原来的蓝色变为无色, 使检测人员能够轻松判断滴定反应是否完成, 减少了人为判断误差, 进而确保检验结果的准确性。由于硫代硫酸钠溶液作为标准滴定剂, 其溶液浓度和稳定性高, 该方式的实验结果能够在长时间内保持一致。然而, 直接滴定法也存在一定的局限性: 该方法需要在酸性介质下进行反应, 如果实验环境不符合要求(如温度过高或酸度不足), 会导致反应不完全, 进而影响结果的准确性。与直接滴定法不同, 氧化还原滴定法具有较强的适应性, 能够处理不同类型的样品, 尤其适用于含有还原物质的加碘食盐。此外, 由于氧化还原反应的特点, 该方式的灵敏度较高, 能够准确测定样本中较低浓度的碘含量。因此, 对于一些碘含量较低或需要高灵敏度测定的样品, 氧化还原滴定法检测结果更加准确。氧化还原滴定法的反应较为复杂, 但其对于样品中其他成分的干扰较少, 故而氧化还原滴定法更加适用于一些特殊样品的检测^[8]。然而, 氧化还原滴定法也存在一些不足之处: 与直接

滴定法相比, 氧化还原滴定法的操作相对复杂, 需要使用专门的氧化还原滴定剂, 并且对操作人员的技能要求较高。同时, 该检验方式在滴定过程中需要检测人员精准控制滴定剂的添加量, 以避免结果出现误差。由于氧化还原滴定反应较为复杂, 氧化还原滴定剂的纯度、浓度以及存储条件都对测定结果有重要影响^[9-10]。随着技术的发展, 未来将有可能对直接滴定法和氧化还原滴定法进行进一步的优化与标准化, 进而提高测定结果的一致性和可重复性。

综上所述, 在居民食用碘盐的碘含量测定中, 直接滴定法和氧化还原滴定法各自具有独特的优势, 直接滴定法适用于添加碘酸钾的标准盐, 而氧化还原滴定法则更适合处理已开封并在不良存储条件下的食盐。因此, 在食品质量监控中, 检测人员需要根据不同类型的食用盐样品的存储条件、开封时间以及添加成分选择合适的测定方法, 进而为公众健康提供有力保障。

参考文献

- [1] 张敏. 调查分析居民食用盐碘含量监测结果[J]. 中外女性健康研究, 2020, (10): 188-189.
- [2] 陈耀文, 宋胜伟. 直接滴定法和氧化还原滴定法用于居民食用碘盐中碘含量测定效果分析[J]. 实用医技杂志, 2024, 31(9): 678-681.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 制盐工业通用试验方法 碘的测定: GB/T 13025.7—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中碘的测定: GB 5009.267—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [5] 周洋. 酒石酸在直接滴定法测定食用盐中碘酸钾含量的应用[J]. 盐科学与化工, 2021, 50(11): 23-25.
- [6] 李文君, 龙立利. 食用盐碘含量检测方法的适用性探讨[J]. 盐科学与化工, 2024, 53(5): 1-37.
- [7] 刘森, 邓雪, 曾晓龙, 等. 氧化还原滴定法测定川盐中碘含量实验条件优化[J]. 中国地方病防治, 2024, 39(1): 52-53+57.
- [8] 林兴亚. 直接滴定法与氧化还原法在测定居民食用中碘盐碘含量的差异分析[J]. 中国校医, 2022, 36(12): 945-947.
- [9] 李文君, 龙立利. 食用盐碘含量检测方法的适用性探讨[J]. 盐科学与化工, 2024, 53(5): 1-37.
- [10] 姚远, 马良良. 2016—2020年徐州市云龙区重点人群碘营养水平监测分析[J]. 中国校医, 2024, 38(1): 27-29+33.