

紫外-可见分光光度法在食品检测及食品安全分析中的应用

冯东^{1,2}, 李雪梅^{1,2*}, 王丙莲^{1,2}

1. 山东省科学院生物研究所(济南 250014); 2. 山东省生物传感器重点实验室(济南 250014)

摘要 综述了紫外-可见分光光度法在食品检测及食品安全分析中的应用。详细评述了紫外可见分光光度法在测定酸奶中维生素A、食品中磷脂酰胆碱等食品营养成分中的应用,以及在食品安全分析中(如:食品中重金属、农残、甜蜜素、硝酸盐、防腐剂、香兰素)的研究进展。最后展望了紫外可见分光光度法在食品分析中的发展前景。

关键词 紫外-可见分光光度法; 食品检测; 食品安全分析; 综述

Application of UV-vis Spectrophotometry in Food Determination and Food Safety Analysis

Feng Dong^{1,2}, Li Xue-mei^{1,2*}, Wang Bing-lian^{1,2}

1. Biology Institute of Shandong Academy of Sciences (Jinan 250014);

2. Key Laboratory for Biosensors of Shandong Province (Jinan 250014)

Abstract The application of UV-vis spectrophotometry in food determination and food safety analysis in recent years was reviewed in this paper. Determination of the food nutrients, for example vitamin A in yogurt, phosphatidyl choline by UV-visible spectrophotometry were reviewed in detail. Then the food safety analysis (e.g. heavy metals, pesticide residues, sodium cyclamate, nitrates, preservatives, vanillin in foods) were described. Finally the development of UV-vis spectrophotometry in food analysis was presented.

Keywords UV-vis spectrophotometry; food determination; food safety analysis; review

紫外-可见分光光度法(UV-vis)是目前世界上历史最悠久、使用最多、覆盖面最广的分析方法之一。它已在生命科学、材料科学、环境科学、农业科学、计量科学、食品科学、医疗卫生、化学化工等各个领域的科研、生产、教学等工作中得到了非常广泛的应用。它可作定性定量分析、纯度分析、结构分析;特别在定量分析和纯度检查方面,在许多领域更是必备的分析方法^[1],例如食品等行业中的产品质量控制。随着人们生活水平的提高,对生活质量的追求也越来越高。进一步提高食品卫生质量,保障食品安全和人民身体健康,已经成为大众关注的焦点。近年来,随着一些食品安全事件的曝光,食品安全问题受到广泛关注。目前,我国食品安全问题主要表现在食品掺假制假、食品添加剂与非添加物的滥用,残留农(兽)药、微生物、重金属等有害物质的含量超标,以及食品加工过程产生的毒素等几个方面,食品安全分析是其中一项重要内容。下面就紫外可见分光光度法在食品检测和食品安全分析领域的应用做一下介绍。

1 UV-vis在食品检测中的应用

1.1 酸奶中维生素A的测定

酸奶中含有一定量的维生素A,作为人体必需的

营养元素,分析测定维生素A的含量具有重要的意义。王明华^[2]等采用紫外分光光度法分析测定酸奶中维生素A的含量。样品经过皂化、提取、除溶剂等步骤后,于328 nm处测定其吸光度,测得维生素A的回收率为103.3%,平均值的标准偏差为0.32;同时进行了维生素D对维生素A测定的干扰试验,结果表明,维生素D的存在不影响维生素A的测定结果。

1.2 磷脂酰胆碱的测定

磷脂酰胆碱俗称卵磷脂,可以预防和治疗动脉硬化、抗衰老、保护肝脏,对糖尿病、胆结石患者有一定帮助。但若过量则可能会引起毒性弥漫性甲状腺肿病和坏血病。2001年黄岛平等^[3]用紫外分光光度法测定了脑维营养麦片中添加的卵磷脂含量,此方法比较简单,无需消解、显色。2007年甘宾^[4]等以292 nm作为选择波长,以正己烷作为溶剂,用紫外分光光度法测定了卵磷脂保健食品中磷脂酰胆碱的含量。

2 UV-vis在食品安全分析中的应用

2.1 重金属的测定

食品重金属污染问题已引起全世界的高度重视和深入研究。在国家标准中规定了食品添加剂中砷的测定方法^[5],采用二乙氨基二硫代甲酸银比色法;铅的测定采用双硫脲比色法^[6]。朱寿民^[7]采用高频电场激发

氧灰化溴代吡啶分光光度法, 测定了鄱阳湖野生藜蒿中铅的含量。在碱性介质中, 铅与溴代吡啶试剂形成橙黄色配合物, 最大吸收波长在479 nm, 铅量在0.04 ~ 0.48 g/mL 内符合比耳定律。袁宏^[8]采用碘-四氯化碳萃取光度法间接测定食品中的痕量铜方法, 在酸性介质中, Cu^{2+} 氧化 I^- 定量析出 I_2 , 碘-四氯化碳萃取后分光光度法间接测定食品中的痕量铜。铜质量浓度在5.0 ~ 25.0 $\mu\text{g/mL}$ 范围内, 符合比耳定律, 检出限为5.0 $\mu\text{g/mL}$ 。袁倬斌^[9]研究了新试剂2-[2-(4-甲基喹啉)-偶氮]-5-二乙氨基苯酚(QADP)与镉的显色反应。QADP与镉反应生成2:1稳定络合物。体系最大吸收波长590 nm, 猪肝、面粉等食品样品中的镉用强阴离子交换固相萃取柱固相萃取预分离和富集后, 用分光光度法测定, 结果满意。Wen等^[10-11]将大米等食品样品中的镉、铜进行微萃取分离后, 利用紫外可见分光光度法测定得到满意结果。

2.2 农药残留的测定

农药具有高效、广谱等特点, 被广泛应用于农业、医药等领域。国标GB 2763-2005 规定了食品中农药最大残留限量。分光光度法是国标中检测蔬菜、水果中农药残留量的方法之一。该法具有灵敏度高, 仪器设备简单, 操作简便等特点。在国家进出口商品检验行业标准^[12]中规定了大米、白菜中百草枯的紫外可见分光光度法测定, 样品经提取、净化、显色后测定, 检出限为20 $\mu\text{g/kg}$ 。黄高凌等^[13]报道了快速检测蔬菜中3种有机磷农药的碱水解-分光光度法, 结果表明, 3种农药的检出限分别为: 乙酰甲胺磷0.359 mg/kg, 氧化乐果0.420 mg/kg, 乐果0.386 mg/kg, 相对标准偏差分别为: 乙酰甲胺磷3.5%, 氧化乐果3.46%, 乐果4.62%。

2.3 甜蜜素的测定

测定食品中甜蜜素的方法很多, 国内外文献报道的红外分光光度法、气相色谱等方法的主要缺点是操作繁琐、费时, 不利于推广。陈少波^[14]等利用紫外分光光度计对测定食品中的甜蜜素进行了探索。研究表明: 甜蜜素的质量浓度在0.2~1.0 g/L范围内符合比尔定律, 回收率为95.0~102.7%, 食品中共存的苯甲酸、山梨酸、糖精钠在0 ~ 10.0 g/L范围内, 色素在0~2.06 g/L范围内不影响测定。该方法简便、准确。

2.4 硝酸盐的测定

在国家农业行业标准中^[15]规定蔬菜、水果中的硝酸盐用紫外可见分光光度法测定。研究发现用普通紫外分光光度法测硝酸盐时, 硝酸盐的最大吸收波长在203 nm左右, 而亚硝酸盐的最大吸收波长在208 nm左右, 二者的吸收光谱有很大部分重叠, 亚硝酸盐对硝酸盐的测定有很大干扰。张社^[16]等运用一阶导数紫外分光光度法直接测定食品中的硝酸盐。亚硝酸盐在208 nm处的一阶导数值为0, 而此点又接近硝酸盐一

阶导数的最大吸收峰, 故选择208 nm 作为硝酸盐的测定波长, 既可排除亚硝酸盐的干扰, 又可提高灵敏度。该法最低检出限为2 ng/mL, 灵敏度较高; 加标回收试验和盲法测标准品试验均表明准确度良好, 可作为测定食品中硝酸盐的参考方法。

2.5 食品中几种防腐剂的测定

2.5.1 过氧化氢的测定

较简便的检测过氧化氢的仪器分析法有钛溶液分光光度法。原理是过氧化氢在酸性溶液中, 与钛离子生成稳定的橙色络合物, 其吸光度与样品中过氧化氢含量在一定范围内成线性关系, 可计算出样品中过氧化氢的浓度。汪书红^[17]利用这一原理研究分光光度法用于测定鲜牛奶中的过氧化氢的最佳实验条件, 过氧化氢的含量在0~200 μg 范围内, 采用406 nm波长, 该方法的平均回收率在91%~104%, 检测限为0.29 mg/L。结果表明该方法简单易行、准确可靠, 可以作为没有用过氧乙酸消毒的鲜牛奶中过氧化氢的检测。

2.5.2 苯甲酸的测定

防腐剂苯甲酸的测定, 通常采用乙醚提取碱滴定法和水蒸气蒸馏紫外分光光度法测定, 这两种方法测定程序复杂且周期长, 回收率也较低。葛会奇^[18]采用乙醚萃取紫外分光光度法在223 nm处, 测定食品中苯甲酸的吸光度, 通过标准曲线从而确定苯甲酸含量。样品中若含有酯类物质干扰时, 可用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 H_2SO_4 氧化法消除。经样品处理检验, 该方法最小检出限为0.001 0 mg/mL, 回收率达98%, 测定全过程在1 h左右即可完成。

2.5.3 亚硫酸盐的测定

亚硫酸盐是一种传统、常用的食品添加剂, 具有抗菌、防变质、防褐化和漂白等作用。Monzir^[19]利用 SO_3^{2-} 在有 NH_3 存在的偏碱性环境下与对苯二醛生成深蓝色络合物的反应, 通过测定628 nm处吸光度的增加来确定食品中 SO_3^{2-} 的含量。该方法不受 CN^- 、 S^{2-} 等的干扰, 用于检测果酱和酒类食品中的S(IV), 结果良好。Ali Jabar^[20]等以甲基绿为显色剂采用动力学分光光度法测定了柠檬汁和橙汁中的 SO_3^{2-} 的含量, 结果与碘滴定标准方法一致。王占玲等^[21]利用 SO_3^{2-} 使碱蓝6B褪色的反应建立了白糖、蘑菇等食品中的S(IV)的检测方法。

2.6 香兰素的测定

香兰素(3-甲氧基-4-羟基苯甲醛)可广泛用在食品、饮料等产品的生产中。但是食用香兰素含量过多的食品可能会对肝、肾、脾等脏器产生副作用, 因此食品中香兰素的含量是评价食品安全的一个重要指标。冯彩婷等^[22]采用紫外-可见分光光度法测定了几种奶粉中的香兰素含量。在最大吸收波长435 nm处, 其吸光度与香兰素含量呈正比, 线性范围为0.010 4~0.165 2 g/L, 加标回收率为98.6%。该方法重现性好,

适用于食品中香兰素含量的测定。张勇等^[23]采用可见分光光度法测定麦片中的香兰素得到满意结果。

3 紫外-可见分光光度法在食品分析中的发展趋势和展望

随着分析试剂的发展,尤其是具有识别能力的特效显色剂以及金属离子显色剂等的发展,使得可见区的分光光度食品分析法将可能出现一个迅速发展阶段。另外,随着化学计量学的发展,将化学计量学方法应用于食品光度分析,将是解决多组分测定以及复杂样品快速测定的有效途径。潘军辉^[24]采用UV-vis结合偏最小二乘法建立大米和自来水中福美锌、福美铁和代森锰等3种杀菌剂的测定方法,并用UV-vis结合人工神经网络建立苯甲酸钠等6种食品添加剂的含量分析方法。Santos等^[25]采用UV-vis结合偏最小二乘回归建立合成色素柠檬黄和日落黄的分析方法。这些研究使得UV-vis的应用领域进一步扩大。

总之,紫外可见分光光度法基本可以满足广大中小食品企业食品检测分析的需要。随着科学技术的发展,紫外可见分光光度计还可和其他分析仪器联机,使其应用范围更加广泛,能在更多的领域发挥作用。

参考文献:

- [1] 李昌厚. 紫外可见分光光度计及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010, 8.
- [2] 王明华, 丁卓平, 刘振华. 酸奶中维生素A含量的测定[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(2): 185-188.
- [3] 黄岛平, 莫建光, 劳燕文, 等. 紫外分光光度法测定脑维营养麦片中的卵磷脂[J]. 2001, 18(3): 298-300.
- [4] 甘宾宾, 蔡卓, 黎少豪. 紫外分光光度法测定卵磷脂保健食品中磷脂酰胆碱含量[J]. 食品工业科技, 2007, 28(10): 219-220.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.76-2003 食品添加剂中砷的测定方法: 二乙氨基二硫代甲酸银比色法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.75-2003 食品添加剂中铅的测定方法: 双硫脲比色法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [7] 朱寿民, 韩文华, 樊后保, 等. 分光光度法测定鄱阳湖野生藜蒿中的微量铅[J]. 华中农业大学学报, 2006, 24(6): 596-598.
- [8] 袁宏. 碘-四氯化碳萃取光度法间接测定食品及水中痕量铜[J]. 预防医学论坛, 2005, 11(5): 569-570.
- [9] 王亮, 袁倬斌, 胡秋芬, 等. 2-[2-(4-甲基喹啉)-偶氮]-5-二乙氨基苯酚固相萃取光度法测定水和食品中的镉[J]. 分析化学研究简报, 2005, 33(3): 371-373.
- [10] Wen X D, Deng Q W, Guo J, et al. Determination of cadmium and copper in water and food samples by dispersive liquid-liquid microextraction combined with UV-Vis spectrophotometry[J]. Microchem J, 2011, 97(2): 249-254.
- [11] Wen X D, Yang Q L, Yan Z D, et al. Ultra-sensitive determination of cadmium in rice and water by UV-Vis spectrophotometry after single drop microextraction[J]. Spectrochim. Acta Part A: Mol Biomol, Spectrosc, 2011, 79(3): 508-512.
- [12] 中华人民共和国国家进出口商品检验局. SN 0340-1995 出口粮谷、蔬菜中百草枯残留量检验方法紫外分光光度法[S]. 1995.
- [13] 黄高凌, 蔡慧农, 曾琪, 等. 碱水解-分光光度法快速检测有机磷农药的研究[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2009, 14(4): 366-371.
- [14] 陈少波, 潘超华. 食品中甜蜜素的紫外分光光度法测定[J]. 分析测试学报, 2000, 19(3): 82-83.
- [15] 中华人民共和国农业部. NY/T 1279-2007 蔬菜、水果中硝酸盐的测定紫外分光光度法[S]. 2007.
- [16] 张社, 李绍良, 王蓉. 一阶导数紫外分光光度法直接测定食品中的硝酸盐[J]. 中国卫生检验杂志, 2000, 10(1): 63-65.
- [17] 汪书红. 四种食品防腐剂检测方法的研究[D]. 重庆: 西南大学食品科学专业硕士学位论文, 2009.
- [18] 葛会奇. 食品中防腐剂测定方法的研究[J]. 本溪冶金高等专科学校学报, 2003, 5(2): 9-10.
- [19] Abdel Latif M. New spectrophotometric method for sulfite determination[J]. Anal. Lett, 1994, 27(13): 2601-2614.
- [20] Jabbari A, Shamsipur M. Kinetic spectrophotometric determination of traces of sulfite based on its additional reaction with methyl green[J]. Microchemical Journal, 1993, 48: 349-355.
- [21] 王占玲, 王林芳, 王亚莉, 等. 褪色光度法测定 SO_3^{2-} 的研究[J]. 分析试验室, 1997, 26(2): 43-44.
- [22] 冯彩婷, 杨丽霞, 李书静. 紫外-可见分光光度法测定奶粉中的香兰素含量[J]. 河北化工, 2012, 35(6): 78-80.
- [23] 张勇, 林国卫, 夏瑾华, 等. 可见分光光度法测定麦片中的香兰素含量[J]. 食品科学, 2010(4): 100-102.
- [24] 潘军辉. 化学计量学结合光谱法在农药残留和食品添加剂分析中的应用[D]. 南昌: 南昌大学农产品加工与贮藏专业硕士学位论文, 2007.
- [25] Santos M E, Demiate I M, Nagata N. Simultaneous determination of tartrazine and sunset yellow in food by spectrophotometry UV-VIS and multivariate calibration methodology[J]. Ciênc Tecnol Aliment, Campinas, 2010, 30(4): 903-909.