

# 食品中亚硝酸盐检测技术研究进展

杜红霞 贺稚非 李洪军 (西南农业大学食品科学学院 重庆 400716)

**摘要:**综述了国内外食品中亚硝酸盐残留检测方法的研究进展,主要对肉制品、乳制品和蔬菜中亚硝酸盐检测的光度法(格里斯试剂比色法、催化(褪色)光度法、流动注射-分光光度法、顺序注射-分光光度法、导数光度法)、示波极谱法、荧光法、离子色谱法等原理、测定参数及其使用范围等进行了详细的阐述,并分析比较了各种方法的优劣,希望能对我国亚硝酸盐检测技术的发展有参考价值。

**关键词:**亚硝酸盐;检测方法;分光光度法;示波极谱法;荧光法

## Study on the development of nitrite's detective technology in foods

Du Hongxia He Zhi fei Li Hong jun

(Food Science College Southwest Agricultural University, Chongqing 400716)

**Abstract:** The development of detection of nitrite in foods was reviewed in this paper, especially meat, vegetable and dairy products. The principle, measurement parameter and applied fields of various methods including spectrophotometry (Griess, Catalytic Discoloration Spectrophotometry, FIA-Spectrophotometry, SIA-Spectrophotometry), Oscillographic polarography, Fluorimetry, Ion-exchange Chromatography and so on, were introduced. Moreover, the advantages and disadvantages of different methods were compared. We hope this paper will be helpful for Chinese nitrite's detective technology.

**Keywords:** nitrite; determination; Spectrophotometry; Oscillographic polarography; Fluorimetry

亚硝酸盐是肉品加工常用的添加剂,具有抑制肉毒梭状芽孢杆菌、使肉品发色以及增强风味的作用,目前尚没有理想的替代物。亚硝酸根与芳胺或苯甲胺反应生成致癌物亚硝胺已经引起国内外的普遍关注。随着分析化学新方法和新技术的不断出现和发展,食品中亚硝酸盐的检测方法也更加多样化,新的检测方法层出不穷。到目前为止主要有以下几种:1)光度法:包括格里斯试剂比色法、催化(褪色)光度法、流动注射系统-分光光度法、顺序注射系统-分光光度法、导数光度法等;2)示波极谱法;3)荧光法;4)离子色谱法;5)催化动力学法、气相色谱法以及各种联用技术等。我国的国标方法为格里斯(Griess)试剂比色法(GB/T5009-1996第一法)和示波极谱法(GB/T5009.33-1996第二法)。这两种方法基本是目前我国肉类食品与果

蔬制品中亚硝酸盐残留检测的主要方法。

本文综述了肉乳类制品及果蔬类制品中亚硝酸盐残留的检测技术,详细介绍了各种方法的原理、测定参数及其使用范围等,并分析比较了各种方法的优劣,以期能对我国亚硝酸盐检测技术的发展有参考价值。

### 1 光度法

光度法测定亚硝酸盐占据了十分重要的地位。目前,光度法测定亚硝酸盐的方法除经典的格里斯(Griess)试剂比色法及其改良法外,又有一些报道如催化(褪色)光度法、流动注射系统-分光光度法、顺序注射系统-分光光度法、导数光度法等。

#### 1.1 分光光度法

分光光度法主要有三种:可见分光光度法、紫

外分光光度法、红外分光光度法。光度法中最常用的测定亚硝酸盐的方法是格里斯(Griess)试剂比色法,这实际是一种可见分光光度法。该方法和以前的盐酸萘乙二胺比色法类似。盐酸萘乙二胺比色法是最初测定亚硝酸盐含量的标准方法(GB5009.33-85),由于该方法的准确性和稳定性均较差,因此现在用得较少。如魏敬等<sup>[1]</sup>(2004)对盐酸萘乙二胺比色法(GB85版)与新格里斯试剂比色法(GB96版)进行了比较实验,采用同一样品圆火腿,测定结果依次为29.12mg/kg和8.10mg/kg,比值达3.59:1。他们将同一样品送其他单位检测也得到了相同的结论。通过多次对比这两种方法得出,格里斯试剂比色法的准确性和稳定性均好于前者。

格里斯试剂比色法的原理:样品经沉淀蛋白质、除脂肪后,在弱酸条件下 $\text{NO}_2^-$ 与对氨基苯磺酸(磺胺)重氮化反应后,再与N-1-萘基乙二胺(即盐酸萘乙二胺)偶合形成红色偶氮苯染料,其最大吸收波长为550nm,若所选择的反应物不同,最大吸收光谱也有所不同(一般为500~600nm)。目前使用最多的反应剂是磺胺和N-1-萘基乙二胺,在540nm处比色测定。Griess法的测定极限是0.02~2 $\mu\text{mol/L}$ ,最大检出限为1mg/kg,具有高灵敏性、高准确度和再现性好的特点,且简单有效,但在复杂介质中测定会受到样品本身颜色影响。于是,国内外对该方法的改进进行了大量的研究,取得了显著的进步。

如Wang等<sup>[2]</sup>(1998)探讨了柱式浓缩分光光度法同时测定水、蔬菜样品中的硝酸盐和亚硝酸盐。此方法灵敏性、选择性高,而且简单、准确性高,可同时测定硝酸盐和亚硝酸盐。任志刚等增大比色皿宽度,将原用3cm改为5cm比色皿,增大了低浓度样品与空白样的差值,提高了方法的灵敏度。Zatar等<sup>[3]</sup>(1999)提出了利用磷钼蓝络合物用分光光度法测定硝酸盐和亚硝酸盐的一种新方法:通过硫化钠还原磷钼酸,形成的磷钼蓝化合物与加入的亚硝酸盐偶氮化,引起蓝色吸收光谱的减少,减少的程度与加入的亚硝酸盐的量成正比,然后在814nm处测定蓝色络合物的吸收光谱。测定时间短、测定浓度低可用来测定水、肉制品、蔬菜中的硝酸盐(先用Jones还原器还原)和亚硝酸盐。然而,当 $\text{Fe}^{3+}$ 超过1mg/L时会对颜色的稳定性有很大的影响,Guerrero和Davis<sup>[4,5]</sup>研究发现,酚醛塑料(苯

酚、间苯二酚、间苯三酚)作为指示剂时类似的问题仍存在,因此找到一种对颜色稳定没有影响或影响较小的指示剂是该方法的关键所在。李珊等<sup>[6]</sup>(2004)研究蔬菜、腌菜中的亚硝酸盐含量测定的萘基乙二胺重氮化偶合比色法,考虑到该方法应用于蔬菜、腌菜时的色素干扰较大,对结果影响十分严重,因此优化了检测技术排除了色素干扰,取得了很好的效果。

液相色谱和连续流动分析与Griess法相结合,拓宽了亚硝酸盐测定的样品多样性,使其能够测定一些更为复杂样品中的 $\text{NO}_2^-$ ,例如生物液体、食品中的 $\text{NO}_2^-$ ,这是分光光度法研究中的一个新热点。Kazemzadeh等<sup>[7]</sup>(2001)使用连续流动分光光度法同时测定多种样品中的亚硝酸盐和硝酸盐,每小时可测20±3个样品,测定极限分别为0.001 $\mu\text{g/mL}$ 、0.010 $\mu\text{g/mL}$ ,方法简单、快速、灵敏度高,对水、食品中硝酸盐和亚硝酸盐的测定取得了满意的结果。

流动注射-分光光度法以及后来的顺序注射-分光光度法在食品检测上的应用,开创了分光光度法检测技术的新局面。20世纪末到21世纪初期,国外有很多研究者如Ahmed等,Andrade,Raquel等,Ferrira等,Monser等,Pinho等,Velasco-Arjona等都研究探索了流动注射分析(Flow Injection Analysis,FIA)在肉制品中亚硝酸盐残留检测上的应用<sup>[8-13]</sup>取得了一定的成果。如Monser L等<sup>[11]</sup>(2002)研究了鱼肉和水样中的亚硝酸盐和硝酸盐的流动注射分析测定。Andrade Raquel等<sup>[9]</sup>(2003)研究了流动注射-分光光度测定肉制品与蔬菜中的亚硝酸盐和硝酸盐,该方法是基于亚硝酸盐和硝酸盐还原为NO后,与 $\text{Fe}^{2+}$ 和硫氰酸酯反应生成 $\text{FeSCNNO}$ ,在460nm有最大吸光度,与亚硝酸盐和硝酸盐浓度成比例关系。检测下限为20mg/kg(亚硝酸盐)和13mg/kg(硝酸盐)。由于流动注射分析有一定的限制,于是Oliveira等<sup>[14]</sup>(2004)首次提出了顺序注射分析(Sequential Injection Analysis,SIA)这一概念,该分析系统用于食品中亚硝酸盐的检测具有自动化程度高、反应物消耗低、废弃物生成少以及永久的在线再造还原柱,不需离线调节就可以保证最大的转换效率等优点,因此可以替代流动注射分析。这一前景看好的方法早在1995年就应用于环境中亚硝酸盐与硝酸盐的检测上。Zhao Yao-qiang等<sup>[15]</sup>(2002)研究了序列注射分析(SIA)检测水中的亚

硝基氮。2004年Oliveira等的实验确认了其用于肉制品中的可行性。

此外,导数法与紫外分光光度法相结合(导数光度法),拓宽了紫外分光光度法测定 $\text{NO}_2^-$ 和 $\text{NO}_3^-$ 的领域。导数光度法是根据光吸收(或透过)对波长求导所形成的光谱进行定性或定量分析的方法。比光谱导数法是Salinas等人于1990年首次提出的,该法灵敏度高、快速简单、选择性显著(适用于浑浊试样),高阶导数能分辨重叠光谱,甚至提供“指纹”特征,因而特别适用于消除干扰和各组分同时测定,在食品分析中的应用十分活跃,尤其是食品中混合组分含量测定。戈早川等<sup>[16]</sup>(1999)将标准加入法和偏最小二乘法相结合,提出了一种新的直接同时测定卤肉制品中 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 的紫外导数分光光度法。该法的吸收光谱与常规吸收光谱比较,有较大的红移,可消除或减少卤肉制品中杂质的干扰,且灵敏度高,简便快速、准确实用。黄志勇等<sup>[17]</sup>(2001)用比光谱导数法同时测定光谱重叠严重的肉制品中 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{NO}_2^-$ 含量,在不需分离和掩蔽的条件下,测得的回收率和精确度均较高,并且二者的浓度都在0~9mg/L之间,符合线性关系,回归的相关系数均达0.999以上。胡迎芬<sup>[18]</sup>(2005)采用紫外吸光度法检测肉制品中的 $\text{NO}_2^-$ ,番红花红T与 $\text{NO}_2^-$ 在酸性介质中形成亚硝化产物,在351nm处有最大吸收,是一种较理想的测定肉制品中 $\text{NO}_2^-$ 含量的方法。

近年来,第二衍生光波紫外/可见光度法和光学流动探测器应用于测定硝酸盐的研究颇多,成为紫外/可见分光光度法中的一个新亮点。Frenzel Wolfgang等<sup>[19]</sup>(2004)研究了基于反应膜的光学流动探测器(Optical flow-through sensor)应用于分光光度法测定肉制品和污水中的 $\text{NO}_2^-$ ,主要优点是样品颜色和浑浊度都不会干扰测定,因此用于复杂样品时样品的前处理过程可大大缩减。

总之,传统分光光度法和各种高效分离方法,如与色谱法、毛细管电泳的联用和与仿生学、化学计量学、动力学和流动分析的的结合将是光度分析最具前景的发展方向,同时也会给亚硝酸盐和硝酸盐的检测技术带来一场又一场革命。

### 1.2 催化(褪色)光度法(Catalytic Discoloration Spectrophotometry)

催化(褪色)光度法的原理:基于 $\text{NO}_2^-$ 在稀磷酸

溶液中催化Evan's Blue(依文思蓝)-氯酸钾氧化还原反应,利用硫酸介质中 $\text{NO}_2^-$ 催化氯酸钾氧化吡啶橙的褪色反应,建立了微量 $\text{NO}_2^-$ 的催化光度法用于肉制品中亚硝酸盐的测定,与国家标准方法比较相符。该方法适用范围广、无毒、灵敏度高、选择性好,而且设备简单、操作方便,改变了现行国家标准中使用-萘胺致癌物作显色剂的不利现状。一般来说,影响催化(褪色)光度法的主要因素有酸度、反应温度及反应时间、溴酸钾和吡啶橙用量以及共存离子。

刘建平等<sup>[20]</sup>(1999)研究使用催化光度法测定肉样中的亚硝酸盐,在最大吸收波610nm处, $\text{NO}_2^-$ 在0~3.0 $\mu\text{g}/25\text{mL}$ 范围内呈线性关系,检出下限为 $3.51 \times 10^{-9}\text{g/mL}$ 。黄颖<sup>[21]</sup>(2000)研究了肉品中高亚硝酸盐残留量的检测技术,国家标准中对亚硝酸盐残留量的限制有两个档次,一般肉制品为30mg/kg,三文治火腿为70mg/kg。根据外贸合同,在部分出口产品中则允许200mg/kg,然而远远高于GB5009.33-85规定的检测值。为此,在国标的基础上作了较大的扩展,在不对三文治火腿样品作进一步稀释的情况下,使亚硝酸盐残留量测定最大为210mg/kg。朱克永<sup>[22]</sup>(2000)研究利用孔雀石绿与溴酸钾在磷酸介质中的褪色反应速度受 $\text{NO}_2^-$ 浓度的影响,测定了肉制品、果蔬类制品中的亚硝酸盐含量,提高了测定方法的准确性、稳定性和灵敏度,并且回收试验结果亚硝酸盐含量在4~200mg/kg时,平均相对标准偏差小于5%,回收率85%~105%。路桂红<sup>[23]</sup>(2001)采用加速氧化比色测定肉制品中的亚硝酸盐的含量(催化比色测定),根据亚硝酸盐能够加速碘酸钾氧化甲基橙褪色的原理,建立了肉类制品中微量亚硝酸盐含量的比色测定,反应体系的最大吸收峰为340nm,亚硝酸盐测定的线性范围是0~7.5 $\mu\text{g}$ ,回收率达80%~102%。桑宏庆等<sup>[24]</sup>(2003)研究利用在酸性条件下 $\text{NO}_2^-$ 对硫酸铁铵-硫氰酸钾体系的褪色效应,建立了基于I-催化下 $\text{NO}_2^-$ 使硫酸铁铵和硫氰酸钾所形成的配合物褪色的反应,来测定果蔬中亚硝酸盐的方法,探索了测定的最佳操作条件。研究发现在硫酸酸性条件下, $\text{NO}_2^-$ 可氧化红色硫氰酸根合铁配合物使其褪色,溶液褪色前后吸光度差值与 $\text{NO}_2^-$ 加入量在一定范围内呈良好的线性关系,吸收波长为452nm,表观摩尔吸光系数为 $3.23 \times 10^3$

$L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ , 亚硝酸钠质量浓度在  $0 \sim 4 \mu g/10mL$  范围内符合比耳定律, 回收率在  $96\% \sim 102\%$  之间。该方法用于食品中亚硝酸盐的测定取得了满意的结果。蔺岩等<sup>[25]</sup>(2004) 研究使用催化光度法测定奶粉中的痕量亚硝酸盐的最佳条件, 在最大吸收波长  $494nm$  处, 表观摩尔吸光系数为  $3.23 \times 10^3 L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ , 亚硝酸钠的浓度在  $0 \sim 4 \mu g/10mL$  范围内符合比尔定律, 回收率  $96\% \sim 102\%$ 。Ghasemi 等<sup>[26]</sup>(2004) 分析了食品中亚硝酸盐的催化分光光度法测定, 甲基红在酸性溶液中经溴酸盐氧化后形成一种无色复合物, 痕量的亚硝酸盐就可以加速该反应, 然后在  $520nm$  测吸光度。在最适反应条件下亚硝酸盐的检测范围为  $0.05 \sim 1.2 \mu g/g$ , 标准偏差  $0.06$ , 检测限值  $0.045mg/kg$ , 并成功应用于肉制品中亚硝酸盐的检测。

## 2 示波极谱法(Oscillographic polarography)

极谱分析法是指在特殊条件下进行电解分析以测定电解过程中所得的电流 - 电压曲线来做定量定性分析的电化学方法。示波极谱法(G B / T5009.33-1996 第二法)是新的极谱技术之一, 该方法的优点是灵敏度高、适用范围广、检出限低和测量误差小等优点。示波极谱法原理: 样品经沉淀蛋白质、去除脂肪后, 在弱酸条件下亚硝酸盐与对氨基苯磺酸重氮化后, 在弱碱性环境下再与 8- 羟基喹啉偶合成染料, 该偶氮染料在汞电极上还原产生电流, 电流与亚硝酸盐浓度成线性关系, 可与标准曲线定量。在示波极谱仪上采用三电极体系, 即以滴汞电极为工作电极、饱和甘汞电极为参比电极、铂电极为辅助电极进行测定。示波极谱法注意事项: 呈色条件的严格控制, 8- 羟基喹啉溶液的配制以及样品的前处理等。

王耀光等(1995)<sup>[27]</sup>研究采用偶联反应新极谱法测定痕量亚硝酸盐, 在  $pH10$  的氨性缓冲溶液中, 对氨基苯乙酮重氮盐、磺胺重氮盐和对氨基苯甲酸重氮盐在室温下与 8- 羟基喹啉生成具有电活性的偶氮化合物的最优实验条件, 从而建立相应的灵敏、快速、选择性好的测定痕量  $NO_2^-$  的新方法。大量  $NO_3^-$  存在不干扰测定, 用于实际样品测定也获满意结果。张丽萍等(2000)<sup>[28]</sup> 研究采用示波极谱法测定蔬菜中亚硝酸盐, 结果检出限为  $0.012 \mu g/mL$ , 线性范围为  $0.05 \mu g/mL \sim 1.50 \mu g/mL$ , 变异系数

为  $2.1\% \sim 4.0\%$ , 样品加标回收率为  $95.0\% \sim 107.0\%$ , 与标准方法测定结果比较, 差异没有显著性, 分析快速, 试剂无毒且用量少。

## 3 荧光分析法(Fluorimetry)

荧光分析法是光谱分析法的一种。荧光分析法的原理是亚硝酸盐与过量的对氨基苯磺酸重氮化后, 剩余的对氨基苯磺酸与荧光胺作用, 生成稳定的荧光团和无荧光的水解产物, 在激发波长  $436nm$ 、荧光波长  $495nm$  下其荧光强度与对氨基苯磺酸的量成正比。对氨基苯磺酸原始量与重氮化后过剩的对氨基苯磺酸的量的差值为与亚硝酸盐发生重氮化反应的对氨基苯磺酸的量, 进而算出亚硝酸盐的含量。该方法的优点是灵敏度高、选择性强、试样用量少, 且不受检测液本身颜色和浑浊的干扰, 也不受样品稀释度的影响; 但操作较复杂, 对环境因素敏感, 干扰因素较多, 而且适用范围不广(因为能发生荧光的物质相对较少)。

近年来对荧光光度法测定  $NO_2^-$  和  $NO_3^-$  的研究逐渐增多。杨景和等<sup>[29]</sup>(1993) 用硫酸脲做还原剂, 研究了将  $NO_3^-$  还原为  $NO_2^-$  的条件, 提出水相中采用 DAN 为荧光剂测定  $NO_2^-$  和  $NO_3^-$  的方法, 该法在  $0 \sim 2 \mu g/mL$  范围内  $NO_2^-$  与荧光强度呈线性关系, 检出限为  $0.4 \mu g/mL$ , 该法能够测定天然水中  $NO_3^-$  和  $NO_2^-$ 。李劲松、吴爱东<sup>[30]</sup> 利用亚硝酸和 L- 酪氨酸的荧光反应对  $NO_2^-$  进行测定, 并对可能的干扰离子进行了详细研究, 还对牛奶、肉制品、自来水、泉水中的  $NO_2^-$  进行了直接测定, 效果很好。

## 4 离子色谱法(Ion-exchange Chromatographic Method)

离子色谱法是液相色谱法的一种。Reece P. 等<sup>[31]</sup>(2002) 研究了乳制品中的亚硝酸盐和硝酸盐的离子交换 - 高效液相色谱法测定, 这种方法已经有人成功用于肉制品。王群芳, 罗文贱<sup>[32]</sup>(2002) 采用抑制型离子色谱法同时测定叶菜中的硝酸盐和亚硝酸盐的含量, 色谱柱为 Ionpac AS11 柱, 流动相为  $21mmol/L NaOH$  溶液, 检测器为电导检测器(CD), 流动相流速为  $1.0mL/min$ 。该方法简便、快捷, 准确度和灵敏度高,  $NO_2^-$  和  $NO_3^-$  的回收率分别为  $97\% \sim 105\%$  和  $95\% \sim 104\%$ , 相对标准偏差  $< 5.0\%$ 。王心宇等<sup>[33]</sup>(2002) 利用紫外检测 - 离子色谱法测定食品中的亚硝酸盐和硝酸盐,  $NO_2^- - N$ 、 $NO_3^- - N$  的

检出限分别为  $4 \mu\text{g/L}$  和  $10 \mu\text{g/L}$ , 此方法适用于测定肉制品、奶粉、蔬菜中的硝酸盐和亚硝酸盐。在此基础上, 有人对离子色谱法使用的检测器进行了改进, 如蒋蓉等<sup>[34]</sup>(2003)建立了离子色谱法/电导检测器测定果蔬中亚硝酸盐和硝酸盐的方法, 优化了分离条件, 以  $5\text{mg/L Na}_2\text{CO}_3$  和  $1.0\text{mg/L NaHCO}_3$  为淋洗液,  $100 \mu\text{g/mL Cl}^-$  和  $0.50 \mu\text{g/mL NO}_2^-$  能得到良好的分离效果。相对标准偏差:  $\text{NO}_2^- 1.5\%$ 、 $\text{NO}_3^- 0.61\%$ , 回收率为  $\text{NO}_2^- 97\% \sim 102\%$ 、 $\text{NO}_3^- 96\% \sim 104\%$ 。该方法的优点是不必使用专用检测器(如紫外检测器), 且分离完全、干扰少, 检测灵敏度能达到有关卫生安全标准要求, 具有准确、简便、易推广的特点, 是较为实用的检测方法。Gapper L.W.等<sup>[35]</sup>(2004)研究了乳制品中的亚硝酸盐和硝酸盐的离子交换色谱法测定, 在  $540\text{nm}$  测吸光度, 比传统的方法的优越点是灵敏度增强且干扰减小, 因此可用于婴儿配方奶粉和蛋白水解产物的色谱法测定。

## 5 其他检测方法

目前, 还有人将以下方法应用于环境水中亚硝酸盐的检测: 如气相色谱法(GC)、高效液相色谱法(HPLC)、毛细血管电泳(CE)、催化动力学法、气相流动分析-红外检测法、远红外光谱法、电子顺磁共振(EPR)、鲁米诺/过氧化氢化学发光、紫外共振拉曼光谱法等。其中, HPLC法、催化动力学法、毛细血管电泳和气相流动分析-红外检测法已经有人将其应用于食品中亚硝酸盐的检测, 如 Eggers, N.等<sup>[36]</sup>早在1986年就采用HPLC检测腌肉制品中的亚硝酸盐和硝酸盐, Reece, P.等<sup>[37]</sup>(2000)采用HPLC法检测乳制品中的亚硝酸盐和硝酸盐, 都取得了很好的效果。门瑞芝等<sup>[38]</sup>(1992)研究了甲基橙动力学法测定水、肉制品和蔬菜中的硝酸盐和亚硝酸盐, 在紫外光照射下甲基橙褪色程度与硝酸盐和亚硝酸盐含量均成正比, 该法首先测定二者的总量, 然后在氨基磺酸存在下测定硝酸盐的量, 再差减求得亚硝酸盐的量, 工作曲线范围  $0.0 \sim 1.6 \mu\text{g/mL NO}_3^-$  (或  $\text{NO}_2^-$ )。Oztekin, N.等<sup>[39]</sup>(2002)采用毛细血管电泳法(CE)检测肉制品(萨拉米、火腿、土鸡香肠、香肠)和蔬菜(菠菜、香菜、茼蒿、韭菜)中的亚硝酸盐和硝酸盐, 与比色法相比具有时间短、电解液和样品消耗少等优点。

Gallignani Maximo等<sup>[40]</sup>(2004)提出了一种新颖的在线检测方法(气相流动分析-红外检测法)最先用于亚硝酸盐浓度较高的样品(如小熏肠等)的测定, 该方法中被测物通过在线还原(KI或VC)为NO后, 进入傅立叶转换红外分光光谱(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)中检测。FTIR允许所有红外频率同时通过样品, 分析数据更迅速获得; 并且不需要裂缝或滤光器, 因而可得到较强的辐射从而具有较高的灵敏度, 所分析数据更准确精密。其他几种方法应用于食品中的可行性目前尚在探索之中。

## 6 结语

食品中亚硝酸盐检测的方法层出不穷, 各有利弊: 吸光光度法所用仪器设备简单、价廉, 灵敏度也较高, 实用性和可操作性强, 易于在基层单位使用。连续流动分析与分光光度法相结合, 大大提高了方法的灵敏度, 可同时测定硝酸盐和亚硝酸盐, 操作更为简便、快速, 消耗的反应液和样品量小, 已成为光谱分析法研究的一个新热点, 具有十分广泛的前景。紫外分光光度法的优点是不经分离可直接同时测定硝酸盐和亚硝酸盐, 具有较好的选择性, 操作简便。一阶导数紫外分光光度法和第二衍生光波紫外/可见光谱法已成为近年来光度分析法中研究的新热点, 拓宽了分光光度法研究的领域。催化动力学法近年来发展较快, 应用广泛, 检测限一般可达  $10^{-2}\text{ng/mL}$ , 可直接测定样品中痕量硝酸盐和亚硝酸盐。荧光分析法不受检测液本身颜色和浑浊及样品稀释度的干扰, 但操作较复杂, 对环境因素敏感, 适用范围不广。

## 参考文献

- [1] 魏敬, 党文玲. 亚硝酸盐测定方法的比较与分析[J]. 肉类工业, 2004, (7): 37~38.
- [2] Wang GF, Horita K, Satake M. Simultaneous spectrophotometric determination of nitrate and nitrite in water and some vegetable samples by column preconcentration[J]. Microchemical Journal, 1998, 58: 162~174.
- [3] Zatar NA, Abu-Eid MA, Eid AF. Spectrophotometric determination of nitrite and nitrate using phosphomolybdenum blue complex[J]. Talanta, 1999, 50: 819~826. (下转第7页)

第一步棋：储备人才，舍得花本钱。

创业，闵晓霞得益于人才；发展壮大，闵晓霞也得益于人才。如今，她通过自己培养和在社会上广招人才，使企业积攒了坚强的技术生产力量和营销人员壮大了企业的队伍。

汉普的员工们这样评价闵晓霞：两年来，老板不遗余力地为我们搭建飞翔的舞台，使我们在这一里施展拳脚实现价值，得到财富，更重要的是得到了一份难得的情感。

“2005年，我的最大收获有两个，一是得到了食品行业广阔的市场，另一个就是得到了众多人才。”闵晓霞自豪地说。

第二步棋：开发国内甚至国际没有的东西，依靠新产品打天下。他们开发的多款产品以性能独特，在行业里树立了良好的口碑。如自行研发的机械传动结构的汉普机械铝丝双卡封口机，由于其结构合理，故障率低，打卡速度快，可与各种灌装机联机形成自动化生产线。一种自动上料、定量灌装、高速扭结于一身的ZKG-6500真空定量灌装机，采用叶片泵结构的灌装方式，加工精度高，定量准确，使用的人机界面、伺服电机、减速机、PLC控制器均采用进口件，其打扭器适用于各种天然肠衣、蛋白肠衣、烟熏肠衣，定量准确，扭结速度快。另又开辟了一种利用铝扁丝直接达到长城卡的封口效果，集做长城卡打卡于一身的汉普扁丝机械双卡封口机，大大降低了生产的成本，创双卡封口机的先河。还可根据客户的不同需求制作不同规格的卡扣，适应性明显增强，运转可靠，操作简单，封口质量高；特别值得一提的是，他们自行研发生产的DG-7200汉普机械高速扭结灌装机，一改国产设备效率低的概论，达到了1000次/分钟的速度。

.....  
(上接第45页)

[4]Guerrero,Beni to,Calatayud.Flow-injection analysis spectrophotometric determination of nitrite and nitrate in water samples by reaction with prof lavin[J]. Talanta, 1996, 43: 239 ~ 246.

[5] Davis J, Mckeegan K J, Cardosi M F, et al. Evaluation of phenolic assays for the detection of nitrite[J]. Talanta, 1999, 50: 103 ~ 112.

[6] 李珊,李永峰,王之波等.蔬菜、腌菜亚硝酸盐

实现人单合一，做优良的企业

2004年，是闵晓霞的创业年；2005年是闵晓霞的收获年。这一年，汉普的产品相继进入了金锣、凤祥、思念、三全、北大荒等知名企业。随着企业规模越来越大，选择怎样的发展模式，怎样让企业长治久安，成为企业发展必须解决的问题。

做产品，就是要追求做最完美的，起码一定要做现阶段最好的；而制定企业经营战略，则不那么简单。

闵晓霞大胆决策：建立人单合一的营销体制，企业必须快速运转起来。

什么是人单合一体制？闵晓霞解释为，每个人都有自己的定单，都要对定单负责，而每一张定单都有人对它负责，也就是说，没有“孤儿”定单。

怎么做到人单合一呢？就是直销直发，做到营销到位、直接发运，服务到工厂。现在，汉普的每一台售出设备都建立售后服务档案，每一台设备说明书上都订有一张名片，依据上面的售后电话，用户可以找到销售负责人和分厂厂长。这一政策实行的结果，就是最大限定地加快了厂家与客户之间的沟通和服务。

到2005年末，创业刚刚2年的汉普实现了销售收入超过原华兴食品机械厂2倍的佳绩，令行业刮目相看。而对于2006年的预期，汉普则提出了更新的目标。

“新的目标意味着什么？意味着成为行业老大吗？”记者问。

“企业做大也好，做强也好，相比之下，我更倾向于做优良的企业。汉普要实现与客户零距离接触和执行合同的零逾期，这才是我们真正的目标。因此，我随时看中客户的需求。其实，人的心胸能有多宽，事业就有多大。如果我做到了，就能为中国的食品工业制造出更多更好的产品，为更多的企业服务，这难道不是一件快乐无穷的事吗？”

.....  
测定及VC对亚硝酸盐阻断[J].中国公共卫生,2004(3): 105.

[7]Kazerzadeh,Ensafi.Simultaneous determination of nitrite and nitrate in various samples using flow-injection spectrophotometric detection[J].Microchemical Journal, 2001, 69: 159 ~ 166.

[8]Ahmed M J, Stalikas C D, Tzouvara-Karayanni S M, Karayannis M I. Simultaneous spectrophotometric determination of nitrite and nitrate by flow-injection analysis[J]. Talanta, 1996, 43: 1009 ~ 1018.