

# 生物传感器及其在食品污染检测中的应用

耿敬章 仇农学

(陕西师范大学食品工程系, 西安, 710062)

**摘要** 食品的安全性越来越受到人们的关注。生物传感器作为一种新的分析工具,在食品污染检测中具有广泛应用价值。文中主要介绍了生物传感器的工作原理、分类及其特点,并对其在食品污染(农药残留、生物毒素、食品添加剂等)检测中的应用进行介绍。

**关键词** 生物传感器, 食品安全, 食品污染, 农药残留, 生物毒素

食品的安全性日益受到人们的重视。对食品质量的控制,传统方法主要是定期对产品进行理化分析和微生物检测,如滴定法、分光光度法、色谱法(GC、HPLC)和各种电泳技术。但这些方法分析速度慢,需要对样品进行前处理,且不能进行连续检测。与传统的分析方法相比,生物传感器具有选择性好、灵敏度高、分析速度快等优点,而且能进行连续测定及在线分析。作为最有效的保证食品安全的危害分析与关键控制点(HACCP)体系,即可利用生物传感器来进行连续监测,以控制生产,保证产品质量。本文主要就生物传感器及其在食品污染检测中的应用作一介绍。

## 1 生物传感器

生物传感器实际上是一种特殊的化学传感器,是用生物活性物质(如酶、抗体、抗原、细胞等)作识别元件,配以适当的物理或化学信号转换器所构成的分析工具。

### 1.1 生物传感器的工作原理

生物传感器以生物化学和传感技术为基础,其工作原理如图1所示:待测物质经扩散作用进入分子识别元件,经分子识别,与分子识别元件特异性结合,发生生物化学反应,产生的生物学信息通过信号转换器转化为可以定量处理的光信号或电信号,再经仪表的放大和输出,即可达到分析检测的目的。



图1 生物传感器的工作原理

### 1.2 生物传感器的分类

生物传感器一般可以从以下3个角度分类<sup>[1]</sup>,根据传感器输出信号的方式,可以分为催化型生物传感

器、亲和型生物传感器和代谢型生物传感器;根据生物传感器中生物分子识别元件上的敏感物质可分为酶传感器、微生物传感器、组织传感器、基因传感器、免疫传感器等;根据生物传感器的信号转换器可分为电化学生物传感器、半导体生物传感器、测热型生物传感器、测光型生物传感器和测声型生物传感器等。

### 1.3 生物传感器的特点

与传统的分析方法相比,生物传感器具有以下特点<sup>[2,3]</sup>:检测样品一般不需要预处理,也不需另加其他试剂。样品中被测组分的分离和检测可以同时完成;可以实现连续在线监测,容易实现自动化测量;响应快,样品用量少,并且可反复多次使用;不要求样品的清晰度;此外,传感器连同测定仪的成本远低于大型分析仪器,便于推广普及。

## 2 生物传感器在食品污染检测中的应用

### 2.1 生物毒素的检测

自然界中的生物毒素种类很多,而且大多毒性大,很多还有“三致”作用。为防止生物毒素污染食品,必须加强对其的检测。黄曲霉毒素(aflatoxin, AF)是毒性和致癌性最强的天然污染物,是黄曲霉(*Aspergillus*)和寄生曲霉(*A. parasiticus*)等菌种产生的次生代谢产物。AF主要有AFM<sub>1</sub>、AFM<sub>2</sub>、AFB<sub>1</sub>、AFB<sub>2</sub>4个衍生物,其中以AFB<sub>1</sub>的毒性和致癌性最强,故多数国家和地区主要以AFB<sub>1</sub>作为AF的污染指标。利用竞争酶免疫反应原理设计的黄曲霉毒素传感器,由氧电极和黄曲霉毒素抗体膜组成,将一定量的过氧化物酶标记的黄曲霉毒素加到待测试样中,酶标记的及未标记的黄曲霉毒素会与膜上的黄曲霉毒素抗体发生竞争反应,测定标记黄曲霉毒素与抗体的结合率便可知食品中黄曲霉毒素的含量<sup>[4]</sup>,如Carter<sup>[5]</sup>等通过光纤免疫传感器来测定花生和玉米抽提物中的AFB<sub>1</sub>,检测限可达0.05 ng/mL,王飞报道国外采

第一作者:硕士研究生。

收稿日期:2005-01-07

用枯草杆菌制成的微生物传感器用于黄曲霉素 B<sub>1</sub> 等毒素的检测,将枯草杆菌野生型(Rec<sup>+</sup>)菌株和 DNA 修复机构缺损型(Rec<sup>-</sup>)菌株分别固定在 2 个氧电极表面,构成致突变传感器。对黄曲霉素 B<sub>1</sub> 的检出限为 0.8 μg/mL,不仅测定时间短,而且灵敏度高。

肉毒素是肉毒梭状芽孢杆菌(*Clostridium botulinum*)产生的外毒素,是目前所知的最强烈的细菌外毒素。主要污染家庭自制发酵食品、肉类和罐头制品,致死率很高。Ogert<sup>[6]</sup>将肉毒素单抗或多抗共价结合在光纤表面上制成光纤传感器来检测食品中的肉毒素 A,仪器检测到的荧光信号变化与样品中肉毒素的含量成正比,其检测限达 5 ng/mL,1 min 内可完成测定,且选择性好。Menking<sup>[7]</sup>等人用光寻址电位传感器检测肉毒素和葡萄球菌肠毒素 B,灵敏度可达 2 ng/mL,检测时间为 15 min。1995 年美军埃基伍德研究发展工程中心介绍了以电化学发光传感器检测肉毒素、葡萄球菌肠毒素 B,蓖麻毒素等,分析每一种毒素大约需要 1.5 min,检测灵敏度可达 fg 的水平。此外,伏马菌素 B<sub>1</sub>(Fumonisin B<sub>1</sub>, FB<sub>1</sub>)是污染玉米的主要毒素组分,为可能的人类致癌物。1998 年 Wayne<sup>[8]</sup>等用表面等离子体共振(SPR)免疫传感器检测玉米抽提物中的 FB<sub>1</sub> 浓度,检测下限为 50 ng/mL,10 min 内完成。Hoshi<sup>[9]</sup>等采用乙酰胆碱酯酶、胆碱氧化酶和氧电极构成的生物传感器检测了海产品沙蚕毒素的含量。

## 2.2 农药残留的检测

随着人们对食品安全的日益重视,食品中农药残留的问题也引起了人们的极大关注。人们就生物传感器在该领域的应用进行了大量的研究。如朱铃<sup>[10]</sup>等研制的胆碱氧化酶生物传感器,用来检测氨基甲酸酯类农药西维因,其线性范围为 25~80 μg/L,最低检测限为 15 μg/L。目前研究较多的一类传感器为乙酰胆碱酯酶类传感器。乙酰胆碱是高等动物中神经信号的重要传递中介,但同时又必须迅速将其除去,否则连续的刺激会造成兴奋,最后导致传递阻断而引起机体死亡。乙酰胆碱的除去依赖于胆碱酯酶(AChE),在胆碱酯酶的催化下,乙酰胆碱水解为乙酸和胆碱。有机磷和氨基甲酸酯类农药与乙酰胆碱类似,能与酶酯基的活性部位发生不可逆的键合从而抑制酶活性,酶反应产生的 pH 变化可由电位型生物传感器测出<sup>[11]</sup>。自 1951 年 Giang 等发现有机磷农药在体外也能抑制 AChE 后,许多研究报告都基于这一原理。这类传感器的基本类型是通过与 pH 电极相

连,检测在有无抑制剂情况下的 pH 的变化值测定农药的浓度。20 世纪 80 年代末期 Gray<sup>[12]</sup>等首次根据该原理用丁酰硫代胆碱酯酶(BChE)检测有机磷农药。Jeanty<sup>[13]</sup>等用流动注射乙酰胆碱酯酶生物传感器检测有机磷农药毒死蜱及其衍生物,检测范围为  $7.3 \times 10^{-20} \sim 7.2 \times 10^{-5}$  mol/L,程序自动控制且重现性好。Albareda<sup>[14]</sup>等用戊二醛交联法将乙酰胆碱酯酶固定在铜丝碳糊电极表面上,制成的生物传感器直接检测自来水和果汁中的对氧磷和克百威,其检测限分别为  $10^{-10}$  mol/L 和  $10^{-11}$  mol/L。Nunes<sup>[15]</sup>等用分别取自突变型、野生型果蝇和电鳗的乙酰胆碱酯酶制成的生物传感器,对甲胺磷农药的最低检测浓度分别为 1.4, 4.8 和 53 μg/L。黄雁<sup>[16]</sup>等研制的一种可简易、快速测定水中有机磷农药的酶片和生色基片,用胆碱酯酶抑制水中的有机磷农药,其检测灵敏度在 0.01~0.10 mg/L 之间,分析周期约 15~20 min。由于检测时无需配制试剂和使用仪器,该法特别适用于现场检测。李元光<sup>[17]</sup>用乙酰胆碱酯酶电极和单片机结合研制的掌上型有机磷农药现场检测仪可测定 0.5~43.1 μg/mL 的敌敌畏和 0.1~15 μg/mL 的对硫磷,且仪器的响应时间短,仅需 3 min。

除有机磷和氨基甲酸酯类农药外,生物传感器对其他农药的测定也有所报道。李建平等<sup>[18]</sup>利用除草剂对植物类囊体束缚酶分解过氧化氢的拮抗作用,研制了一种快速检测痕量除草剂的电化学生物传感器。将植物类囊体用聚乙烯醇、苯乙烯吡啶(PVA-SbQ)光敏聚合剂在紫外光诱导下产生大分子网状结构进行包埋,制成生物敏感膜,并固定在铂电极表面。根据加入除草剂时类囊体膜束缚酶分解过氧化氢活性的变化,可以对百草枯、敌草龙、扑草净、阿特拉津、莠灭净等除草剂进行检测。对上述除草剂的检测范围分别为:百草枯  $3 \times 10^{-9} \sim 1.5 \times 10^{-7}$  mol/L,敌草龙  $1 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-7}$  mol/L,扑草净  $4 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-6}$  mol/L,阿特拉津  $1 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-6}$  mol/L,莠灭净  $1 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-6}$  mol/L。Starodub<sup>[19]</sup>等用葡萄球菌 A 蛋白将抗西玛津的多克隆抗体连接在离子敏场效应转换器(ISFET)上,通过 2 种方式检测试样中的西玛津。一种方式是待测液中同时存在已知量的被过氧化物酶标记的西玛津和未知量的待测西玛津,二者与 ISFET 上的抗体竞争结合,通过测量结合在 ISFET 上的酶活性即可确定西玛津的浓度,此方式的检测限为 1.25 μg/L,线性范围 5~175 μg/L。另一种方式是先将 ISFET 插入待测液中,使抗体与

其中的西玛津充分结合,然后再将此 ISFET 插入含有酶标记的西玛津液中,使未被结合的抗体与被酶标记的西玛津结合,通过测量结合在 ISFET 上的酶活性即可确定西玛津的浓度,其检测限为  $0.65 \mu\text{g/L}$ ,线性范围  $1.25 \sim 185 \mu\text{g/L}$ 。Killard<sup>[20]</sup>等用电化学方法将抗阿特拉津抗体固定在表面覆盖聚苯胺的碳糊电极上,通过准平衡竞争结合法和实时竞争结合法分别检测样品中的阿特拉津。准平衡竞争结合法的检测范围是  $0.1 \sim 10 \mu\text{mol/L}$ ,检测限为  $0.13 \mu\text{mol/L}$ 。而实时竞争法的灵敏度较低,检测范围为  $1 \sim 10 \text{mmol/L}$ 。Mallat<sup>[21]</sup>等用光纤免疫传感器检测了水中除草剂百草枯。对纯水和河水中的百草枯的检测限分别为  $0.01 \mu\text{g/L}$  和  $0.06 \mu\text{g/L}$ ,检测范围  $0.01 \sim 100 \mu\text{g/L}$ ,分析一个样品的时间为  $15 \text{min}$ 。

此外,Chang<sup>[22]</sup>等用多克隆抗 PCB 抗体制作的敏感膜光纤免疫传感器对多氯联苯 (Polychlorinated Biphenyls, PCBs) 进行了测定,检测下限为  $10 \text{ng/mL}$ ,且所需时间短,只需要几十秒钟到几分钟。Mura-matsu<sup>[23]</sup>利用一种电流式生物传感器,测定有机磷杀虫剂,对硝基酚和二乙基酚的测定限为  $3 \sim 10 \text{mol/L}$ ,测定只要  $4 \text{min}$ 。

### 2.3 食品添加剂的分析

食品添加剂的应用促进了食品工业的发展,但随着毒理学和化学分析的发展,人们发现许多添加剂,尤其是化学合成的添加剂对人体有毒性作用,甚至许多化学物质还有致癌性、致敏性。如糖精纳、芥菜红、柠檬黄等。所以对其进行定量检测十分必要。将生物传感器用于食品添加剂的分析已有许多报道。天门冬酰苯丙氨酸甲酯又称甜味素 (aspartame),是人工合成的低热能甜味剂,广泛应用于食品行业。Vil-lart<sup>[24]</sup>等采用酶电极测定天门冬酰苯丙氨酸甲酯,线性范围为  $2.0 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 。Dilek<sup>[25]</sup>等研制的测定软饮料和商品甜味料片剂中的天门冬酰苯丙氨酸甲酯生物传感器,将羟基酯酶与乙醇氧化酶固定在明胶膜上,随后与溶解氧电极结合,此酶电极的最适工作条件是  $\text{pH } 8.0$  和  $37^\circ\text{C}$ 。测定中溶解氧与天门冬酰苯丙氨酸甲酯的线性范围分别是  $5.0 \times 10^{-8} \text{mol/L}$  和  $4.0 \times 10^{-7} \text{mol/L}$ 。每次测定只需  $10 \text{min}$ ,且相关性好。Camoannella<sup>[26]</sup>等研制了一种直接测定甜味剂中天门冬酰苯丙氨酸甲酯的生物传感器。该生物传感器将氨气敏电极与天门冬酶通过聚合固定在渗析膜上而制成。其测定的线性范围为  $3.8 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ ,最小检测限为  $2.6 \times$

$10^{-3} \text{mol/L}$ 。相对标准偏(RSD)为  $4.2\%$ 。

亚硫酸盐通常用作食品工业的漂白剂,具有破坏、抑制食品的发色因素,防止食品发生褐变的作用。但由于亚硫酸盐对人体有致敏性和残毒性,还可引起哮喘,美国 FDA 已于 1986 年限制了它在果蔬中的使用。Abass<sup>[27]</sup>等研制了电流型亚硫酸盐生物传感器,将亚硫酸盐氧化酶(SOD)与细胞色素 c 沉积在工作电极上,分别测定了河水和自来水中的亚硫酸盐的含量。在  $\text{pH } 7.3 \sim 8.4$  时,其检测的线性范围是  $4 \sim 750 \text{ppm}$ ,最小检测限为  $4 \text{ppm}$ ,检测灵敏度为  $6.3 \pm 0.2 \text{nA/ppm}$ 。Stanislav<sup>[28]</sup>等人将 L-乳酸盐脱氢酶、L-苹果酸盐脱氢酶和亚硫酸盐氧化酶共同固定在电极表面,研制了混和电流型生物传感器,可同时测定红酒中的乳酸盐、苹果酸盐和亚硫酸盐的含量。其中测定亚硫酸盐的线性范围是  $0.01 \sim 0.1 \text{mmol/L}$ ,最小检测限为  $0.01 \text{mmol/L}$ 。Situmorang<sup>[29]</sup>等利用亚硫酸盐氧化酶制成的电流型生物传感器也可以检测到红酒中的亚硫酸盐。检测范围可达  $0.002 \sim 0.3 \text{nmol/L}$ 。

亚硝基化合物存在于各类食品中,尤其是腌制肉制品广泛应用亚硝酸盐作为发色剂和防腐剂,但研究发现亚硝酸盐具有致癌性,长期食用含有亚硝酸盐的食品可引起癌症、甲状腺肿大等病症,故对其在食品中含量的检测十分必要。Serge<sup>[30]</sup>等将来自 *Desulforibrio desulfuricans* ATCC27774 的细胞色素 c 硝酸盐还原酶固定在二氧化碳电极上制成的生物传感器,可用来检测硝酸盐的含量,其电极响应的线性范围是  $5.4 \sim 43.4 \mu\text{mol/L}$ ,最小检测限为  $5.4 \mu\text{mol/L}$ ,敏感度可达  $1721 \text{mA}/(\text{mol/L}) \cdot \text{cm}^2$ 。Larsen<sup>[31]</sup>等研制了测定硝酸盐和亚硝酸盐的微型生物传感器,传感器的信号大小与硝酸盐及亚硝酸盐的浓度成正比,响应时间  $< 30 \text{s}$ ,最小检测限为  $50 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。Carla<sup>[32]</sup>等将细胞色素 cd1 硝酸还原酶固定在控孔玻璃珠上制成的测光型生物传感器,通过检测试样中硝酸盐还原酶的光反应即可测定水样中的亚硝酸盐含量。该传感器具有极高的灵敏度,其检测限可达  $0.93 \mu\text{mol/L}$ ,显著低于欧盟规定的  $2.2 \mu\text{mol/L}$  的最大浓度。

此外,生物传感器还用于食品防腐剂如对羟基苯甲酸酯、二氧化硫等;用于酸味剂如磷酸、乳酸;用于鲜味剂如 L-谷氨酸以及色素、抗氧化剂等测定。

### 2.4 其他

此外,生物传感器还可用于食品中微生物及抗生物的检测。司士辉<sup>[1]</sup>报道的利用压电晶体免疫传感

器,通过蛋白 A 将肠道细菌共同抗原的单克隆抗体包被在石英晶体表面,检测晶体频率的变化即可以检测食物以及饮用水中许多肠道致病菌如大肠杆菌、沙门氏菌等。Pellinen<sup>[33]</sup>等用大肠杆菌(*Escherichia coli* K-12)制成的微生物传感器检测了鱼肉中四环素、土霉素等抗菌素的含量。对四环素和土霉素的检测极限分别为 20 ng/kg 和 50 ng/kg。Baxter<sup>[34]</sup>和 Gaudin<sup>[35]</sup>等人也利用表面等离子体共振型(SPR)生物传感器对牛奶中的抗生素进行了测定。

### 3 小 结

目前,生物传感器以其自身的独特优势在食品分析中获得了广泛的应用。从测定的目标看,几乎涉及到了食品分析的各个方面,除了本文所述的食物污染检测,还涉及营养成分、指标成分和感官评定(鲜度、滋味)等的测定;从测定的目的看,可用于食品的品质评价、质量监督以及生产过程的在线监控等。尽管目前的生物传感器还存在稳定性差、性价比低和使用寿命短等缺点,此外,食品成分的复杂性也使得生物传感器在食品检测中的应用受到制约。但随着电子技术、应用半导体集成电路工艺和生物材料技术的发展,生物传感器在食品分析中必将获得更加广泛的应用,在食品分析中具有广阔的应用前景。

### 参 考 文 献

- 司士辉.生物传感器[M].北京:化学工业出版社,2002
- 许春向等编著.生物传感器及其应用[M].北京:科学技术出版社,1993
- 王建龙著.生物固定化技术与水污染控制[M].北京:科学出版社,2002
- 高志贤.生物传感器及其在食品检测中的应用[J].解放军预防医学杂志,1995(1):82~86
- Carter R, Jacobs M, Lubrano M B. Rapid detection of aflatoxin B<sub>1</sub> with Immunochemical optodes[J]. Analytical Letters, 1997, 30(8):1 465~1 482
- Ogert R A, Brown E J, Singh B R, et al. Detection of Clostridium botulinum toxin A using a fibre optic-based biosensor[J]. Anal Biochem, 1992, 205~306
- Menking D G, Goode M T. Evaluation of cocktail antibodies for toxin and pathogen assays on the light addressable potentiometric sensor[C]. In: Proc. 1992 ERDEC Scientific Conference on Chemical Defense Research, 17~20 November, Williams J D, Berg D A, Reeves P J (eds) Report No. ERDEC-SP-007, June 1993, 103
- Mullett Wayne, Lai Edward, Yeung P C, et al. Immunoassay of Fumonisin by a Surface Plasmon Resonance Biosensor. Biosensor[J]. Analytical Biochemistry, 1998, 258(2):161~167
- Hoshi M, Matsumura E, Mogami K, et al. Bull[J]. Japan Soc Sci Fish, 1995, 7(1):555~565
- 朱玲,安哲.测定氨基甲酸酯类农药生物传感器的研制[J].中国卫生检验杂志,2002,12(2):154~155
- 熊治廷.环境生物学[M].武汉:武汉大学出版社,2000
- Gray D N, Keys M H, Watson B. Immobilized enzymes in analytical chemistry[J]. Anal. Chem, 1997, 49:1067 A
- Jeanty G, Chommidh Ch, Vuirty J L. Automated detection of chlorpyrifos and its metabolites by a continuous flow system-based enzyme sensor[J]. Anal Chim Acta, 2001, 436:119~128
- Albareda-Sirvent M, Ivkrcoci A, Alegret S. Pesticide determination in tap water and juice samples using disposable amperometric biosensors made using thick film technology[J]. Anal Chim Acta, 2001, 442:35~44
- Nunes GS, Montesinos T, Vuirques PBO, et al. Acetylcholine enzyme sensor for determining methamidophos insecticide evaluation of some genetically modified acetylcholinesterases from drosophila melanogaster[J]. Anal Chim Acta, 2001, 434:1~8
- 黄雁,简易.快速检测有机磷农药的酶片和生色基片[J].环境科学,1995,16(3):52~54
- 李元光.有机磷农药现场快速检测仪的研制[J].医疗卫生装备,2001(2):19~20
- 李建平,彭图治,贺筱蓉等.基于拮抗作用检测除草剂的类囊体膜生物传感器研究[J].高等学校化学学报,2003,24(3):404~409
- Starodub NF, Ivantiev BB, Starodub VW, et al. Immunosensor for the determination of the herbicide simazine based on an ion-selective field effect transistor[J]. Anal Chim Acta, 2000, 424:37~43
- Killard At, Mcheli L, Grennan K, et al. Amperometric separation-free immunosensor for real-time environmental monitoring[J]. Anal Chim Acta, 2001, 427:173~180
- Mallat E, Barzen C, Abuknesha R, et al. Fast determination of paraquat residues in water by an optical immunosensor and validation using capillary electrophoresis-ultraviolet detection[J]. Anal Chim Acta, 2001, 427:165~171
- Chang Y H. Detection of protein A produced by *Staphylococcus* [J]. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 1996, 60(10):1 571~1 574
- H Muramatsu. Determination of microbes and immunoglobulins using a piezoelectric biosensor [J]. Journal of Membrane Science, 1989, 41:281~290
- Villarta R L, Suleiman A A, Guilbault G G. Amperometric enzyme electrode for the determination of aspartame in diet food[J]. Microchem J, 1993, 48, 60~64
- Dilek Odaci, Suna Timur, Azmi Telefoncu. Carboxyl es-

- terase-alcohol oxidase based biosensor for the aspartame determination[J]. Food Chemistry, 2004, 84: 493~496
- 26 Camoannella L, Aturki Z, Sammartino M P, et al. Aspartate analysis in formulations using a new enzyme sensor[J]. Journal of Pharmaceutical & Biomedical Analysis, 1995, 13 (4/5): 439~447
  - 27 Abass A K, Hart J P, Cowell D. Development of an amperometric sulfite biosensor based on sulfite oxidase with cytochrome c, as electron acceptor, and a screen-printed transducer[J]. Sensors and Actuators B, 2000, 62: 148~153
  - 28 Stanislav Miertus, Jaroslav Katrlík, Andrea Pizzariello, et al. Amperometric biosensors based on solid binding matrices applied in food quality monitoring[J]. Biosensors & Bioelectronics 1998, 13: 911~923
  - 29 Situmorang M, Lubbert D B, Gooding J J. A sulfite biosensor fabricated using electrode posited polytyramine: application to wine analysis[J]. Analyst, 1999, 124(12), 1775~1779.
  - 30 Serge Da Silva, Serge Cosnier, Gabriela Almeida M, et al. An efficient poly(pyrrole-viologen)-nitrite reductase biosensor for the mediated detection of nitrite [J]. Electrochemistry Communications 2004, 6: 404~408
  - 31 Larsen Lars Hauer Damgaard Lars Riis, et al. Fast responding biosensor for on-line determination of nitrate/nitrite in activated sludge[J]. Water Research, 2000, 34(9): 2463~2468
  - 32 Carla C Rosa, Helder J Cruz, Monica Vidal, et al. Optical biosensor based on nitrite reductase immobilised in controlled pore glass[J]. Biosensors & Bioelectronics. 2002, 17: 45~52
  - 33 Pellinen T, Bylund G, Virta M, et al. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50 (17): 4812
  - 34 Baxter G A, Ferguson J P O'Connor M C, et al. Detection of Streptomycin residues in whole milk using an optical immunobiosensor[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (2001) 49(7), 3204~3207
  - 35 Gaudin V, Maris P. Development of a biosensor-based immunoassay for screening of chloramphenicol residues in milk [J]. Food and Agricultural and Immunology, 2001, 13(2): 77~86

## Biosensor and Its Application in the Determination of Contaminations in Food

Geng Jingzhang    Qiu Nongxue

(Department of Food Engineering, Shaanxi Normal University, Xian, 710062, China)

**ABSTRACT** Food safety concern has become more and more significant in recent years. As a new mean of analytical method, biosensor could be widely used in the determination of food contamination. In this paper, biosensor and its applications in the determination of food contamination were reviewed. The principles, type and characteristics of the biosensor were also introduced. Biosensor can be used in determination of pesticide residue, natural toxins and food additives et al in food.

**Key words** biosensor, food safety, food contamination, pesticide residue, natural toxins

行业动态

### “系列冰果酒研制成果鉴定会”在天津举行

天津市科学技术委员会组织国内酿酒业知名专家就天津科润大河酒业有限公司承担的“系列冰果酒研制技术项目”进行了成果鉴定。专家组讨论认为,该项目充分利用了我国,特别是天津各区县丰富的苹果、桃、草莓、杏等水果资源,采用先进的发酵技术,生产高附加值冰果酒产品,符合国家提倡的利用水果资源发展果酒产业的方针政策。该项目为水果深加工开辟了一条新路,对振兴我国果酒产业,充分发挥我国资源优势,促进果树产业发展,推动当地农村经济,增加农民收入起到了积极作用。该项目在传统原料选择与发酵工艺基础上,实现了以下几方面的技术改进与技术创新:

(1)将世界顶级冰葡萄酒酿造工艺和技术引伸到其他水果酒的研制生产中,并开发出系列冰果酒;(2)选择确定了一批适宜酿造冰果酒的树种和品种,进行优化组合及采用合理的原料的预处理工艺;采用果浆冷冻浓缩和单向压榨取汁工艺及联合澄清技术,提高了果酒的典型性,解决了通常果酒生产的单品种原料的外添加或调整的难题,实现了果酒生产的纯天然性;(3)筛选培育出适宜系列冰果酒低温发酵的优良菌种及菌种的复合与优化;(4)确定了生产系列冰果酒的发酵设备、工艺参数;(5)针对甜型果酒的特点制定了终止发酵的相应技术;(6)制定出系列冰果酒企业质量标准。