

## Aplicações de Biossensores na Análise da Qualidade de Alimentos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria Tropical  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 117**

# **Aplicações de Biossensores na Análise da Qualidade de Alimentos**

*Roselayne Ferro Furtado  
Rosa Amália Fireman Dutra  
Carlucio Roberto Alves  
Maria Gardenny Ribeiro Pimenta  
Maria Izabel Florindo Guedes*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroindústria Tropical**

Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici

CEP 60511-110 Fortaleza, CE

Caixa Postal 3761

Fone: (85) 3391-7100

Fax: (85) 3391-7109

Home page: [www.cnpat.embrapa.br](http://www.cnpat.embrapa.br)

E-mail: [vendas@cnpat.embrapa.br](mailto:vendas@cnpat.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical**

Presidente: *Antonio Teixeira Cavalcanti Júnior*

Secretário-Executivo: *Marco Aurélio da Rocha Melo*

Membros: *João Paulo Saraiva Morais, Jorge Anderson Guimarães,  
Antonio Calixto Lima, José Américo Bordini do Amaral,  
Diva Correia, Ana Fátima Costa Pinto*

Supervisão editorial: *Marco Aurélio da Rocha Melo*

Revisão de texto: *Ana Fátima Costa Pinto*

Normalização bibliográfica: *Ana Fátima Costa Pinto*

Fotos da capa: *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)*

Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

**1ª edição**

1ª impressão (2008)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Agroindústria Tropical**

---

Aplicações de biossensores na análise da qualidade de alimentos / Roselayne Ferro Furtado... [et al.] – Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 117).

ISSN 1677-1915

1. Segurança alimentar. 2. Alimento - contaminação. I. Furtado, Roselayne Ferro. II. Dutra, Rosa Amália Fireman. III. Alves, Carlucio Roberto. IV. Pimenta, Maria Gardenny Ribeiro Pimenta. V. Guedes, Maria Izabel Florindo. VI. Série

---

CDD 634.07

© Embrapa 2008

# **Autores**

## **Roselayne Ferro Furtado**

Bióloga, M. Sc. em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Pici, 60511-110, Fortaleza, CE, [roselayne@cnpat.embrapa.br](mailto:roselayne@cnpat.embrapa.br)

## **Rosa Amália Fireman Dutra**

Engenheira elétrica, D. Sc., professora, UPE, Rua Arnóbio Marques, 310, Santo Amaro, Cidade Universitária, 50100-120, Recife, PE, [rfiremandutra@yahoo.com.br](mailto:rfiremandutra@yahoo.com.br)

## **Carlucio Roberto Alves**

Químico, D. Sc., professor da UECE, Av. Paranjana, 1700, Campus do Itaperi, 60740-000, Fortaleza, CE, [alvescr@yahoo.com](mailto:alvescr@yahoo.com)

## **Maria Gardenny Ribeiro Pimenta**

Bióloga, M. Sc., Doutoranda da Renorbio - Rede Nordeste de Biotecnologia (UECE), [gardennyrp@yahoo.com.br](mailto:gardennyrp@yahoo.com.br)

## **Maria Izabel Florindo Guedes**

Engenheira agrônoma, D. Sc., professora da UECE, [florinfo@terra.com.br](mailto:florinfo@terra.com.br)

# Apresentação

Métodos de detecção de contaminantes químicos e biológicos de alta sensibilidade e baixo custo, capazes de fornecer resposta da análise em tempo real, têm impulsionado pesquisas em biossensores. Essa tecnologia encontra-se disponível no mercado brasileiro para análises clínicas e possui grande potencial para ser aplicada na área de alimentos.

A Embrapa Agroindústria Tropical, ciente dos avanços tecnológicos experimentados na área de desenvolvimento de biossensores, pretende com esta publicação ressaltar a importância dessa tecnologia e as vantagens de sua utilização em relação às técnicas convencionais.

Conquanto, dada a natureza do tema e sua abordagem científica, buscou-se, numa linguagem compreensível dar uma visão geral a respeito dos biossensores e suas aplicações, sobretudo, na análise da qualidade de alimentos.

*Vitor Hugo de Oliveira*

Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

# Sumário

Introdução .....	9
Biossensores .....	9
Classificação de Biossensores .....	10
Desenvolvimento de Biossensores .....	12
Aplicações de Biossensores .....	14
Aplicações de Biossensores na Indústria de Alimentos..	16
Referências .....	21

# Aplicações de Biossensores na Análise da Qualidade de Alimentos

---

*Roselayne Ferro Furtado*

*Rosa Amália Fireman Dutra*

*Carlucio Roberto Alves*

*Maria Gardenny Ribeiro Pimenta*

*Maria Izabel Florindo Guedes*

## Introdução

O advento de novas técnicas de análise de contaminantes e de tecnologias voltadas para a garantia da segurança de alimentos valorizou produtos que são submetidos ao controle de qualidade, ou que apresentam embalagens bioativas. Além disso, a intensificação da adoção de medidas que diminuem os riscos à saúde e as barreiras sanitárias restritivas ao comércio internacional, têm impulsionado o controle da qualidade de alimentos.

A contaminação dos alimentos pode ser de natureza química, física ou biológica. A contaminação física, oriunda da presença de materiais estranhos ao alimento, geralmente, pode ser constatada visualmente, enquanto os outros tipos de contaminação são de difícil identificação visual, exceto nos casos em que a contaminação é demasiada e ocorrem modificações perceptíveis nas características sensoriais do produto. Por esse motivo, métodos de análise sensíveis e de resultados rápidos, ao final do processamento dos produtos alimentícios, são necessários para garantir a qualidade no mercado.

## Biossensores

Os biossensores são dispositivos bioeletrônicos capazes de detectar rapidamente espécies químicas e/ou biológicas (analito), tanto qualitativa

como quantitativamente. Esses dispositivos estão sendo recomendados para serem empregados nas áreas da saúde, ambiental, alimentícia e até na prevenção de bioterrorismo. Os biossensores são constituídos, essencialmente, de elemento biológico, transdutor e de parte eletrônica (Fig. 1). O elemento biológico ou o elemento sensor tem a propriedade de reconhecer seletivamente e interagir com o analito. Podem ser empregados na superfície sensora microrganismos ou materiais oriundos de organismos como anticorpos, ácido nucléico, células, organelas, proteínas, entre outros. A interação resulta na alteração de uma ou mais propriedades físico-químicas (modificação de pH, transferência de elétrons, variação de massa, transferência de calor, liberação de gases ou íons) que são detectadas e medidas pelo transdutor. O principal objetivo é produzir um sinal eletrônico proporcional em magnitude e/ou frequência à concentração de um determinado analito ou grupo de analitos que interagem com o elemento biossensível. A parte eletrônica é constituída de amplificador dos sinais elétricos e do sistema de processamento dos dados.

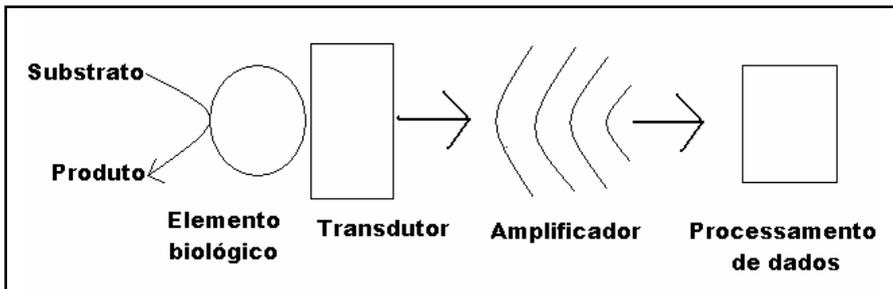


Fig. 1. Esquema de componentes básicos de um biossensor.

## Classificação de Biossensores

Existem diferentes transdutores que podem ser utilizados nos biossensores, a escolha deles dependerá do material biológico imobilizado na superfície sensora e das propriedades de cada amostra de interesse. Quanto ao tipo de transdutores os biossensores podem ser classificados como eletroquímico (movimento de íons, difusão de espécies

eletroativas), óptico (mudança de temperatura), piezoelétrico (alteração de massa e/ou microviscosidade) e termométrico (absorção ou emissão de radiação eletromagnética). Os eletroquímicos têm se destacado entre os tipos de transdutores dos biossensores, sendo alguns bastante populares como o biossensor utilizado por diabéticos para acompanhar os níveis de glicemia no sangue.

Os biossensores eletroquímicos podem ser de três tipos: amperométrico, condutimétrico ou potenciométrico (THÉVENOT et al., 2001). Os biossensores amperométricos são baseados na medida de corrente elétrica, resultante de alterações de oxidação, ou redução de espécies eletroativas. Durante as análises, o potencial é mantido constante, as alterações de corrente verificadas são correlacionadas diretamente com a concentração das espécies eletroativas presentes, com a sua produção, ou com a taxa de consumo na camada biocatalítica. Os biossensores potenciométricos se baseiam na diferença de potencial entre dois eletrodos em condições de corrente elétrica constante; enquanto nos biossensores condutimétricos as mudanças são observadas nas medidas de condutância, resultante de produtos de reação catalítica. Esse tipo de sensor é utilizado, geralmente, empregando enzimas como a urease, cuja atividade origina produtos iônicos (SOTO et al., 2001).

Os biossensores amperométricos têm sido preferidos pela fácil manipulação e pelo fato de a concentração do analito ser proporcional à alteração na corrente elétrica. Na medida amperométrica, quando são utilizadas enzimas como a glicose oxidase que catalisa reações de oxirredução, o material biológico não necessita de um marcador. No caso do uso de anticorpos ou DNA, a interação com o analito gera poucos íons redox, sendo necessária a conjugação a uma enzima catalítica como a peroxidase. A introdução da amostra pode seguir o sistema em FIA (*Flow injection analysis*) ou batelada.

Os biossensores, também, podem ser classificados quanto ao mecanismo de interação da molécula imobilizada com o analito, como biocatalítica ou bioafinidade. Os biossensores biocatalíticos são bastante conhecidos, e foi o primeiro tipo de biossensor desenvolvido (CLARK

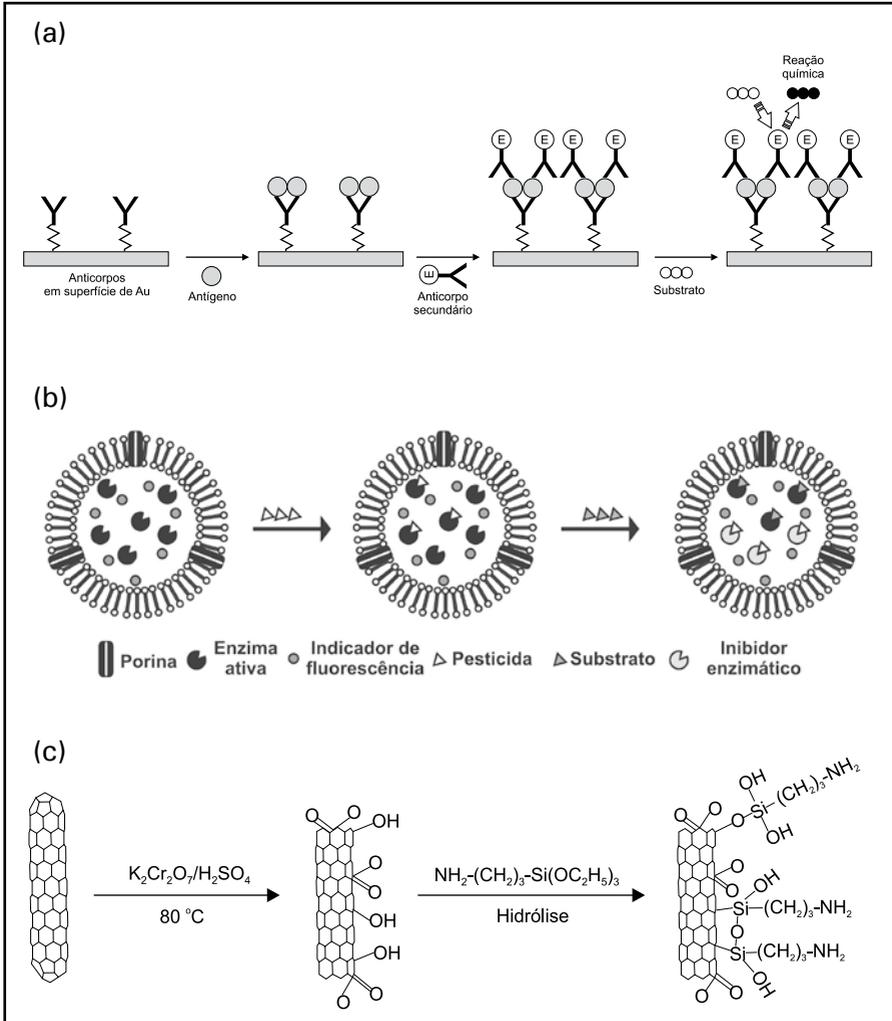
et al., 1962). Nos biossensores biocatalíticos, três estratégias podem ser utilizadas, considerando-se que um ou mais analitos reagem na presença da enzima, ou de células, e produzem um ou diversos produtos como  $S + S' \rightarrow P + P'$ . A primeira seria por meio do consumo do co-substrato  $S'$ , a segunda seria pela reciclagem de  $P$ , um dos produtos da reação, e a terceira estratégia ocorreria pela detecção do estado do centro ativo redox biocatalítico na presença do substrato, usando-se um mediador imobilizado que reage suficientemente rápido durante a catálise, como o ferroceno. Essa última estratégia prima por reduzir a dependência da resposta do sensor pelo co-substrato, e diminuir a influência de possíveis interferentes no meio.

Nos biossensores de afinidade, a operação é baseada na interação do analito com macromoléculas, ou moléculas automontadas. Assim, o equilíbrio é alcançado sem o consumo do analito pela molécula biológica imobilizada. Um exemplo desse tipo de interação é antígeno-anticorpo.

## Desenvolvimento de Biossensores

A etapa de imobilização do material biológico na superfície sensora constitui uma das fases cruciais no desenvolvimento do biossensor, pois os sítios ativos da molécula devem ser preservados, a fim de não prejudicar a reação com a amostra de interesse. Diversos métodos de imobilização do material biológico podem ser testados: oclusão (aprisionamento), microencapsulamento (confinamento em pequenas esferas), adsorção física (interações do tipo iônica, polar, ligação de hidrogênio), ligação covalente cruzada e covalente (Fig. 2). Rotineiramente, têm sido usados compostos químicos como glutaraldeído (ligação covalente cruzada), cisteamina (ligação covalente), polietilenoimina (PEI), membrana de acrilamida (aprisionamento) e proteína A (presente na parede celular de cepas de *Staphylococcus aureus*), nos ensaios de imobilização de moléculas biológicas em associação ou isoladamente.

Algumas propriedades do biossensor são indispensáveis para sua comercialização, tais como, excelente estabilidade, rápido tempo de resposta, boa seletividade, baixo limite de detecção e exatidão. Nesse



**Fig. 2.** Métodos de imobilização de material biológico: a) ligação covalente; b) microencapsulamento; c) adsorção física.

Ilustração: Marlos Gomes Martins

sentido, após o biossensor ser desenvolvido parâmetros como, influência do pH, temperatura e presença de substâncias interferentes, precisam ser estudados para a caracterização e validação deles.

A estabilidade do biossensor está relacionada com o tipo de imobilização e o material biológico imobilizado, assim como o tipo de amostra a ser utilizada.

Os biossensores preparados por imobilização do tipo ligação covalente e ligação covalente cruzada, geralmente, são os que possuem o maior tempo de vida (200-1.000 determinações) (FATIBELO FILHO e CAPELATO, 1992).

O tempo de resposta do biossensor pode ser influenciado por diferentes fatores químicos e físicos. Entre os químicos, podem-se destacar a concentração do substrato, o pH da solução e o número de reações químicas necessárias para a formação do sinal elétrico e, conseqüentemente, da resposta. Entre os fatores físicos, a temperatura de análise e a permeabilidade à membrana, caso exista no sensor, podem influenciar o tempo de resposta do biossensor.

O limite de detecção dos biossensores é variável, e dependerá de suas características, mas o limite médio de detecção para os biossensores amperométricos encontram-se entre  $10^{-8}$  e  $10^{-4}$  M.

A seletividade consiste na capacidade do biossensor de distinguir a molécula de interesse, entre outras presentes na amostra, essa característica está relacionada com a especificidade do biossensor. Quanto mais específico o biossensor, maior será a sua sensibilidade.

## **Aplicações de Biossensores**

As vantagens dos biossensores em relação às técnicas convencionais não se limitam à sensibilidade e seletividade, mas ao fato de, geralmente, dispensarem um elaborado pré-tratamento da amostra (praticidade), rapidez nas análises e gastos mínimos de reagentes, proporcionando assim, agilidade na obtenção dos resultados, e redução no custo financeiro.

Aplicações dos biossensores podem ser encontradas em diferentes áreas do conhecimento: saúde, pecuária, alimentos, agrônômica e outras.

Na área da saúde, o mais conhecido é o biossensor eletroquímico, para acompanhamento do nível de glicose no sangue, principalmente por diabéticos. O aparelho pode ser adquirido, facilmente, em farmácias com a opção de diferentes marcas. Biossensores comerciais para o monitoramento de lactose, uréia, creatinina e colesterol encontram-se em fase de desenvolvimento.

Na pecuária, os biossensores também têm sido recomendados para detecção de drogas veterinárias residuais. O uso de hormônios esteróides em animais destinados ao abate foi proibido, subseqüentemente, rigorosos procedimentos têm sido implementados para detectar a administração ilegal desses componentes, principalmente, por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrômetro de massa. Contudo, alguns trabalhos na literatura apontam que a detecção e o monitoramento de componentes anabólicos não são totalmente seguros por cromatografia gasosa. Imunoensaios e biossensores têm sido desenvolvidos para analisar a presença de hormônios e antibióticos através de secreções e urina de animais com resultados bastante satisfatórios (GILLIS et al., 2002; HABAUZIT, et al., 2007).

No monitoramento de pesticidas, no meio ambiente e em diversos alimentos, trabalhos envolvendo biossensores empregam a acetilcolinesterase e monitoram a ocorrência de inibição da enzima por organofosforados e carbamatos, pois tais substâncias ligam-se ao centro ativo da enzima, impedindo a reação de hidrólise da acetilcolina em colina e acetato.

Na agricultura, biossensores podem detectar e quantificar patógenos de plantas no campo, e definir posições com o auxílio de sistema de posicionamento global (GPS), que podem orientar o produtor a realizar aplicações de pesticidas pontuais, reduzindo e otimizando o uso de agroquímicos. Biossensores podem ser utilizados em diferentes etapas da cadeia de produção de alimentos agrícolas, desde a detecção do patógeno no campo até o período de armazenamento de lotes de sementes (sob o risco de serem contaminados com fungos produtores de toxinas). Em vista desse potencial, os biossensores aplicados à agricultura têm sido estudados desde 1992 (SCOTTRUPP et al., 2008).

Bactérias e patógenos virais responsáveis por doenças na agricultura podem ser detectados por diferentes tipos de biossensores, entre eles os que empregam como molécula biológica ativa seqüências de DNA. Seqüências de DNA, que são complementares às porções únicas do DNA bacteriano ou viral, devem ser identificadas e imobilizadas na superfície sensora. O reconhecimento é dependente da formação de ligações de hidrogênio estáveis entre as fitas de ácido nucléico. Esse tipo de biossensor apresenta como desvantagem o pré-tratamento da amostra, que deve passar por processos de extração de DNA, e desnaturação das fitas de ácido nucléico para, posteriormente, serem submetidas à hibridização com a molécula imobilizada na superfície do sensor (IVNITSKI et al., 2000). Esse mesmo princípio pode ser adotado para a detecção de plantas geneticamente modificadas, em que o gene de interesse pode ser imobilizado na superfície sensora do sistema.

## **Aplicações de Biossensores na Indústria de Alimentos**

Em análises de qualidade de alimentos, os biossensores são aplicados, sobretudo, na detecção de contaminantes químicos e biológicos, no entanto, eles podem ser utilizados conforme descrito adiante.

Considerando a questão de segurança microbiológica, o uso de biossensores reduz a manipulação da amostra e, conseqüentemente, diminui também as possibilidades de contaminação humana. Esse fato torna os biossensores recomendados para laboratórios de microbiologia de alimentos.

A detecção de microrganismos pelos biossensores pode ser realizada por duas formas, direta ou indiretamente. A primeira é baseada na interação direta da molécula bioativa com o microrganismo, e um tipo de biossensor, que tem sido bastante empregado na detecção de bactérias patogênicas, utiliza microbalança de cristal de quartzo (transdutor piezoelétrico), embora sua aplicabilidade para análise de alimentos encontre dificuldades práticas (Fig. 3). A detecção indireta é baseada no monitoramento de metabólitos microbianos por meio de reações bio-

químicas, que ocorrem na superfície do transdutor. Alguns parâmetros, tais como, mudança no pH, consumo de oxigênio, concentração de íons, diferença de potencial, corrente ou resistência podem ser medidos por transdutores eletroquímicos. O transdutor pode detectar o consumo de oxigênio e, o aparecimento ou a degradação de um metabólito ativo eletroquímico. Biossensores eletroquímicos baseados em eletrodo de oxigênio e  $\text{CO}_2$  têm sido utilizados para determinação de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus serolicida* (IVNITSKI et al., 2000).

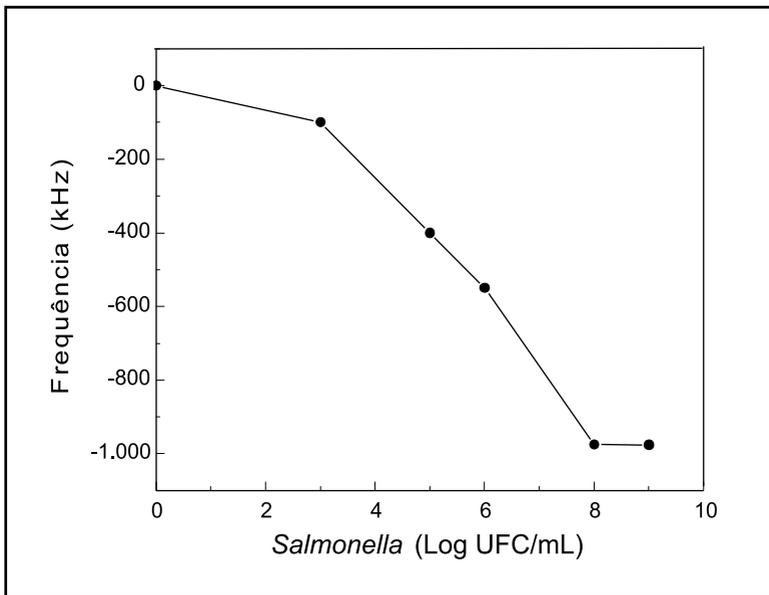


Fig. 3. Imobilização de anticorpos anti-Salmonella em microbalança de cristal de quartzo.

Toxinas produzidas por microrganismos também são passíveis de detecção pelos diferentes tipos de biossensores, principalmente, os amperométricos, os quais têm sido indicados como alternativa para substituição de kits comerciais, em sua maioria importados, e de alto custo. Esses kits, geralmente, se baseiam na interação antígeno-anticorpo, apresentam detecção limitada quanto aos diferentes subgrupos de uma

determinada toxina. Os imunossensores, um tipo de biossensor baseado na interação antígeno/anticorpo, empregam duas técnicas sensíveis e específicas na detecção de contaminantes biológicos, técnicas eletroquímicas e imunológicas, que têm demonstrado vantagens na detecção e no menor custo das análises em relação aos kits comerciais.

Outra aplicação dos biossensores é na determinação de vitaminas em bebidas, produtos farmacêuticos e alimentos com potencial para serem aplicados na indústria. No caso do ácido ascórbico, a enzima ascorbato oxidase tem sido imobilizada em superfícies diversas e utilizada para catalisar a oxidação de L- ácido ascórbico na presença de oxigênio, como a seguir:  $2 \text{ L-ascorbato} + \text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow 2 \text{ dehidro-L-ascorbato} + 2\text{H}_2\text{O}$ . A concentração do ácido ascórbico tem sido diretamente relacionada com o consumo de oxigênio (TOMITA et al., 2005).

Os biossensores, também, têm sido aplicados no monitoramento de alimentos contendo ingredientes de plantas geneticamente modificadas. Em vários países, inclusive no Brasil, a legislação para a rotulagem de alimentos estabelece limites permissíveis da presença dos transgênicos na composição dos mesmos. Desse modo, diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas, para garantir o cumprimento da legislação e a padronização dos resultados.

Os biossensores podem ser utilizados na análise de uma ou mais substâncias químicas e biológicas, presentes em uma mesma amostra, ou na detecção de um determinado analito em várias amostras simultaneamente (DENG et al., 2007). Esse fato é de suma importância para a indústria de alimentos. Os biossensores que detectam mais de um tipo de substância, ou microrganismo em uma única amostra, são conhecidos como biossensores multicanais, sendo os vários canais possíveis de serem combinados em um *chip*, aumentando a utilidade do biossensor. O desenvolvimento de biossensor multicanal para avaliar, rapidamente, e especificadamente, a qualidade e determinação do estado fisiológico de frutas pode ser encontrado na literatura. O amadurecimento de frutas, normalmente, está associado com uma seqüência de mudanças bioquímicas envolvidas na cor, sabor e textura. Alterações

em sabor incluem mudanças em acidez, adstringência e doçura que, por sua vez, são dependentes dos ácidos orgânicos, açúcares e voláteis presentes nos tecidos. Nesse sentido, o biossensor multicanal para D-glicose, frutose, sacarose, ácido cítrico, ácido málico e ascórbico pode ser desenvolvido para acompanhar processo de amadurecimento de frutas baseado, por exemplo, em enzimas oxidases, com a geração de peróxido de hidrogênio como produto final (JAWAHEER et al., 2003).

Outras aplicações dos biossensores para análise da qualidade de alimentos e sistemas disponíveis no mercado, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Biossensores disponíveis ou em desenvolvimento por empresas para análise da qualidade de alimentos.

Biossensor	Empresa
Acompanhamento de deterioração de peixe	Oriental electric
Deteção de <i>Escherichia coli</i> O157:H7 em alface (Canary)	Massachusetts Institute of Technology
Deteção de <i>E. coli</i> O157:H7 e <i>Salmonella</i> em produtos cárneos	Michigan State University's Electrochemical Biosensor
Deteção de <i>Salmonella</i> e <i>Campilobacter</i> em indústrias de suíno	Georgia Research Tech Institute
Deteção de enterotoxina estafilocócica B e toxina botulínica A em tomate, milho doce, grãos e cogumelos	Naval Research Laboratory
Deteção de traços de atrazina	Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), em cooperação com CSIC

Fonte: Meatprocess.com (2008); Medical News Today (2008).

O desenvolvimento de biossensores ganha cada vez mais espaço na literatura e no financiamento de empresas interessadas no lançamento dessa tecnologia no mercado. Nos Estados Unidos, onde há grande investimento em pesquisa na área de nanotecnologia, o mercado potencial estimado é de cerca de 11 bilhões de dólares com crescimento de 10,8% nos últimos anos (BOGUE, 2005). À medida que novos

equipamentos são lançados no mercado, maiores são os investimentos e avanços em pesquisa nesta tecnologia. A tendência é a combinação da nanotecnologia com os biossensores por meio da miniaturização da área da superfície de materiais e do uso de nanopartículas para desenvolver sistemas mais sensíveis, com tempo de resposta mais rápido.

# Referências

BOGUE, R. Developments in biosensors – where are tomorrow's markets? **Sensor Review**, v. 25, n. 3, p.180-184. 2005.

CLARK. L. C.; LYONS C. Electrode systems for continuous monitoring in cardiovascular surgery. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 102, p. 29-45, 1962.

DENG, A. P.; YANG, H. A multichannel electrochemical detector coupled with an ELISA microtiter plate for the immunoassay of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **Sensors and Actuators**, v. 124, p. 202-208, 2007.

FATIBELLO FILHO, O.; CAPELATO, M.D. Biossensores. **Química Nova**, v. 15, n. 1, p.28-39, 1992.

GILLIS, E. H.; GOSLINGJ, P.; SREENAN, J. M.; KANE, M. Development and validation of a biosensor-based immunoassay for progesterone in bovine milk. **Journal of Immunological**, v.267, n.2, p.131-138, 2002.

HABAUZIT, D.; CHOPINEAU, J.; ROIG, B. SPR-based biosensors: a tool for biodetection of homonal compounds. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 387, n. 4, p. 1215-1223, 2007.

IVNITSKI, D.; HAMID, I. A.; ATANASOV, P.; WILKINS, E., STRICKER, S. Application of electrochemical biosensors for detection of food pathogenic bacteria. **Electroanalysis**, v. 12, n. 5, p. 317-325, 2000.

JAWAHEER, S.; WHITE S. F; RUGHOPUTH, S. D. D. V.; CULLEN, D. C. Development of a common biosensor format for an enzyme based biosensor array to monitor fruit quality. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 18, p.1429-1437, 2003.

MEATPROCESS.COM. **New biosensor designed for poultry industry**. Disponível em: <<http://meatprocess.com/Products/New-biosensor-designed-for-poultry-industry>> . Acesso em: 10 nov.2008

MEDICAL NEWS TODAY. **New portable biosensor detects traces of contaminants in food, is quicker and more economical**. Disponível em: <<http://www.medicalnewstoday.com/articles/71289.php>> . Acesso em: 10 nov. 2008.

SKOTTRUPA, P. D.; NICOLAISENB, M.; JUSTESEN, A. F. Towards on-site pathogen detection using antibody-based sensors. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 24, p. 339-348, 2008.

SOTO, G. A. M.; JAFFARI, S. A.; BONE, S. Characterisation and optimisation of AC conductimetric biosensors. **Biosensors & Bioelectronics**, v. 16, p. 23-29, 2001.

THÉVENOT, D. R.; TOTH, K.; DURST, R. A.; WILSON, G. S. Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. **Biosensors & Bioelectronics**, v. 16, p. 121-131, 2001.

TOMITA, I. N.; A. MANZOLI, F. L.; YAMANAKA F.; YAMANAKA H. Amperometric biosensor for ascorbic acid. **Eclética Química**, v. 30, n. 2, p. 37-43, 2005.



---

*Agroindústria Tropical*

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

