

SEGURIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIAS CON MICROSISTEMAS

L. Fonseca, C. Cané
(luis.fonseca@cnm.es)

Centro Nacional de Microelectrónica, Campus UAB, Bellaterra 08193

Introducción

La comunidad agroalimentaria recurre hoy día a análisis de laboratorio bien aceptados por su excelente precisión, pero que adolecen de flexibilidad, son costosos i se dilatan en el tiempo. La combinación de técnicas de *micro* y *nanofabricación*, biotecnología i herramientas avanzadas de comunicaciones y tratamiento de datos abren la puerta a un nuevo tipo de instrumentación ventajoso, de menor tamaño, más económico, más rápido y más autónomo. Inmunosensores, chips de ADN, sistemas portátiles multisensores... incrementarán su importancia en un futuro próximo si se benefician de la introducción de las micro y nanotecnologías. Esta batería de nuevos dispositivos y sistemas serán útiles en la detección de contaminación de origen natural (micotoxinas, hongos toxigénicos, bacterias patógenas) y artificial (antibióticos, plaguicidas), así como pueden ayudar a determinar el estado de conservación de los alimentos a lo largo de la cadena alimentaria.

¿Qué son los microsistemas?

Los microsistemas, conocidos como MEMS en gran parte del mundo, son *sistemas miniaturizados*, es decir, una colección de elementos que interactúan apropiadamente entre ellos mismos y con el entorno. En el caso más general puede distinguirse dentro de un microsistema la existencia de sensores, unidades de procesamiento y actuadores (Figura 1). Estos elementos son diferentes tipos de chip, fabricados de forma parecida, y en factorías similares, a los microprocesadores y las memorias de nuestros ordenadores. De hecho, para fabricar microsistemas se ha de complementar las técnicas habituales de fabricación microelectrónica con procesos de micromecanizado del silicio que son los que permiten definir en este material membranas y partes móviles susceptibles de interactuar con el entorno de acuerdo con diferentes principios de transducción que se ven favorecidos por factores de escala que aparecen al pasar del mundo *macro* al *micro*. Conviene destacar que los microsistemas se benefician igualmente de la economía de escala típico de los productos microelectrónicos: aunque las instalaciones y los procesos necesarios son muy costosos, todo está preparado para procesar simultáneamente decenas de obleas de silicio, conteniendo cada una centenas de chips, de forma que el coste por unidad puede ser arbitrariamente bajo si se acometen grandes volúmenes de producción.

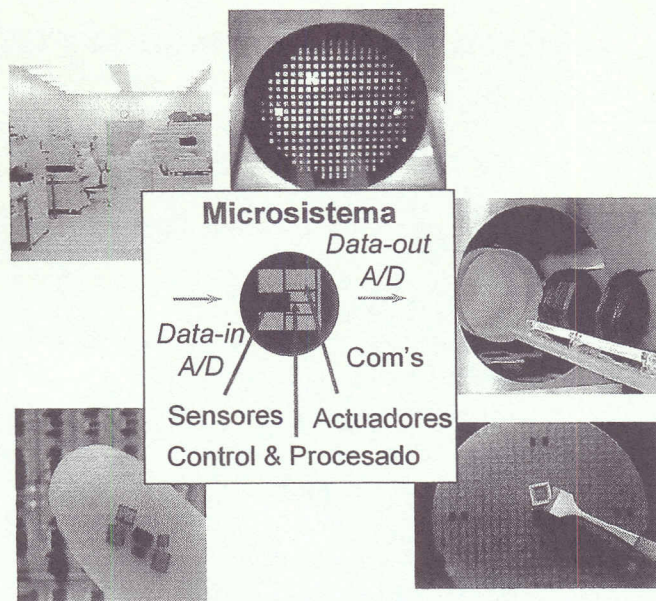
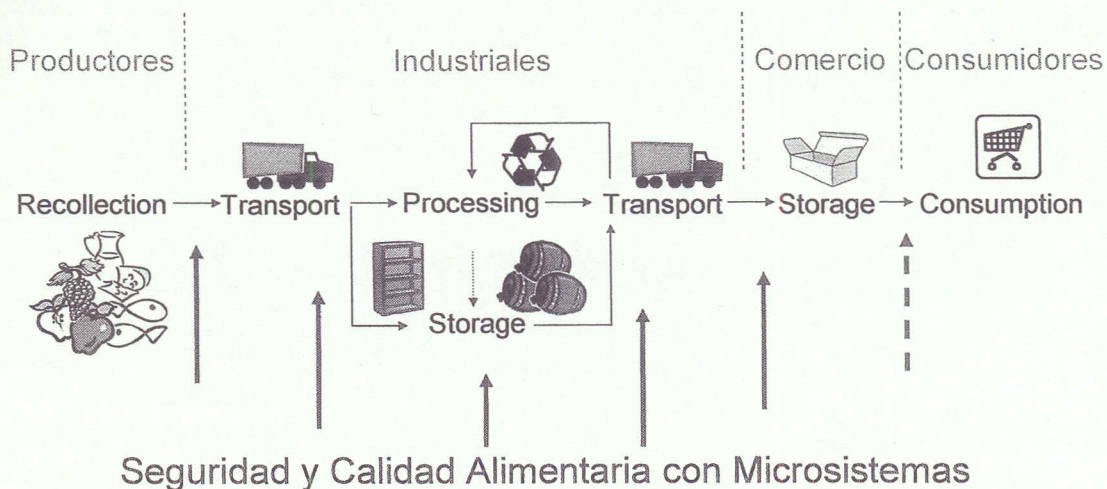


Figura 1. La combinación de técnicas estándar microelectrónicas con técnicas de micromecanización del silicio hacen posible la fabricación de sensores y actuadores miniaturizados y de bajo coste con los que pueden diseñarse sistemas inteligentes de pequeño tamaño que interactúen con el entorno.

Una pequeña digresión con respecto a la, a veces, engañosa cuestión del tamaño. Un chip lo podemos sostener en la punta de los dedos, pero un sistema basado en chips es obviamente más grande. De la misma manera que un ordenador es más grande que el microprocesador que contiene, un instrumento de medida fabricado alrededor de un microsistema es, en su conjunto, más grande que los sensores miniaturizados que pueda albergar. En cualquier caso, la ventaja en tamaño final de estos sistemas continua siendo importante ya que estos instrumentos suelen ser portables. Podríamos decir que al pasar del chip al sistema pasamos de la punta de los dedos a la palma de la mano.

Un sistema de seguridad y calidad alimentaria basado en las tecnologías de la información
 ¿Por qué mezclar microtecnologías y el control de los alimentos? ¿Qué aportan las tecnologías de la información a la seguridad y calidad alimentarias? Es bien sabido que las crisis alimentarias del siglo pasado han obligado a un replanteamiento de la seguridad alimentaria que ha comportado asumir nuevos conceptos y aproximaciones a diferentes niveles. Por ejemplo, a nivel de agencias de regulación se ha impulsado el análisis de riesgos (evaluación, gestión y comunicación de riesgos), y a nivel de producción se ha potenciado el concepto de 'Buenas Prácticas' y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC). Este tipo de aproximaciones son de hecho sistemas de control basados en la información, y por tanto susceptibles de beneficiarse de las tecnologías más punteras de lo que se conoce como Sociedad de la Información. Es más, las soluciones actuales para garantizar la seguridad y calidad alimentaria se basan en análisis costosos y nada rápidos que tienen lugar en laboratorios cada vez más centralizados y que precisan un personal altamente cualificado. Las alternativas microtecnológicas con sus dimensiones más pequeñas, aportan portabilidad y proximidad al producto, una respuesta más rápida y un menor consumo de reactivos. Como ya se ha dicho, su coste puede ser bajo. Además, estas soluciones se articulan en torno a una señal eléctrica (después de la oportuna transducción física, química o biológica) que puede ser fácilmente procesado y transmitido, permitiendo un funcionamiento más autónomo, sin la necesidad de un operario experto, o incluso sin el concurso de operario alguno, abriendo la puerta a soluciones en red y ubicuas.



Seguridad y Calidad Alimentaria con Microsistemas

Figura 2. Instrumentos de pequeño tamaño basados en microsistemas multisensores que permitan una monitorización automática y en continuo pueden extender el control a lo largo de la cadena alimentaria más allá incluso del concepto de trazabilidad.

Un sistema de seguridad y calidad alimentaria basada en la información no sólo nos ha de permitir hacer mejor lo que hicimos en el pasado, sino que nos debe ayudar a afrontar los nuevos retos sociales y económicos que están incrementando las situaciones de riesgo asociadas a los alimentos y a su consumo. En la nueva economía global el origen del alimento es más diverso y la consiguiente cadena logística transnacional se hace más compleja: la distancia entre productores y consumidores crece mientras que los tiempos de entrega se acortan. También la logística doméstica merece más atención ya que el gusto actual favorece alimentos menos procesados y las distancias que recorremos para realizar nuestras compras aumentan. Sin olvidar que en las poblaciones modernas (y envejecidas) crecen los desórdenes inmunológicos incrementándose el riesgo de reacciones adversas a los alimentos. En este contexto (origen diverso de los alimentos, multiplicación de riesgos y acortamiento de los tiempos de respuesta) los microsistemas rápidos, baratos y autónomos pueden ayudar a proteger la cadena alimentaria con una armadura blanda de información (Figura 2).

El proyecto GoodFood

GoodFood es un Proyecto Integrado Europeo. Estos proyectos fueron introducidos por la Comisión Europea durante el 6º Programa Marco de Investigación en un intento de aumentar la masa crítica y multidisciplinaridad, así como fomentar aproximaciones orientadas a la aplicación de resultados. En consecuencia, los Proyectos Europeos son proyectos realmente grandes. En particular, GoodFood se coordina desde el Centro Nacional de Microelectrónica (CNM-CSIC) e involucra a 29 socios de 10 países diferentes. Aproximadamente una tercera parte de estos socios son empresas (desde PIMES hasta grandes compañías, desde proveedores de tecnología hasta usuarios finales), otra tercera parte son centros de investigación y el último tercio corresponde a universidades. Un gran consorcio, en definitiva, que aglutina un amplio abanico de visiones y experiencia.

Más en detalle, en el proyecto GoodFood se trabaja en la detección de antibióticos, plaguicidas y micotoxinas, así como de hongos responsables de estas toxinas y bacterias patógenas. Se investiga igualmente en calidad alimentaria, logística, y, finalmente, en el desarrollo de soluciones de Inteligencia Ambiental. Los demostradores en los que se trabaja están pensados para ser aplicados a tres grupos básicos de alimento: leche y derivados, fruta, zumos y vino, y, por último, pescado. Para cubrir este amplio escenario de aplicación los socios del proyecto están investigando en materiales, estructuras, dispositivos, sistemas y redes (Figura 3). A pesar de no agotar, obviamente, todas las posibilidades, los grupos de alimentos mencionados fueron escogidos para fijar unos objetivos

representativos para los demostradores. En cualquier caso, la casuística cubierta es suficientemente amplia como para poder transferir algunas de estas soluciones a otros grupos de alimentos (pasar del pescado a la carne, por ejemplo) con los mínimos ajustes necesarios. Así mismo, aunque el proyecto se centra en la seguridad y calidad alimentaria, soluciones similares pueden resultar útiles en la detección de fraudes, en el análisis de materias primas, o en el control de procesos dentro de la industria transformadora de alimentos.

Objetivo genérico	Producto	Objetivos priorizados
Antibióticos	Leche y derivados	Betalactámicos, cloranfenicoles, tetraciclinas y sulfonamidas
Pesticidas	Fruta y derivados	2,4,6-Triclorofenol, Simazina, Atrazina y Clozolinato
Micotoxinas	Fruta y derivados	Aflatoxina, Ocratoxina, Patulina
Hongos toxigénicos	Fruta	Aspergillus, Penicillium expansus
Patógenos	Leche y derivados	Listeria y Salmonela
Calidad	Pescado / Vino	Compuestos Orgánicos Volátiles TMA, DMA, TVB-N, NH ₃
Logística	Fruta climatérica	Etileno, NH ₃
Ambiente Inteligente	Uvas y vino	Parámetros ambientales y de desarrollo de la vid Parámetros del vino en barricas y botellas

Tabla I. Campos de aplicación y objetivos cubiertos por GoodFood en los diferentes escenarios propuestos

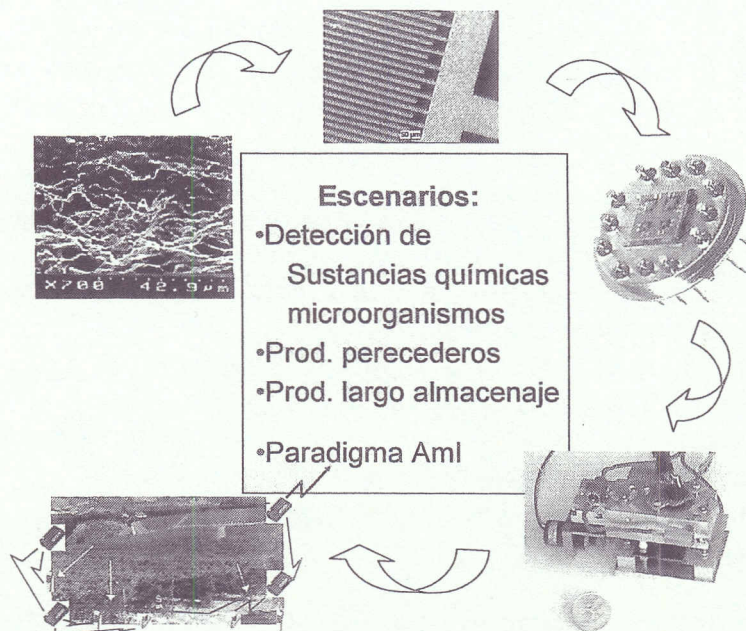


Figure 3. En el proyecto GoodFood tienen lugar tareas de I+D a diferentes niveles (materiales, estructuras, dispositivos, sistemas y redes) para su aplicación en diferentes escenarios de interés en el campo agroalimentario.

Aplicaciones para la seguridad alimentaria

A continuación se describen algunas de las actividades enmarcadas en los diferentes escenarios descritos con anterioridad. En el caso de detección de antibióticos se persigue un instrumento del tamaño de una 'caja de zapatos', multicanal (que permita la detección simultánea de diferentes antibióticos) basado en un inmunosensor y en detección por fluorescencia. De esta forma, nos encontramos con bioquímica en el corazón del instrumento (la reacción inmunológica) y microtecnología todo alrededor: en el láser usado para excitar los marcadores fluorescentes, en la microcámara para detectar la fluorescencia, en la red de difracción necesaria para acoplar y desacoplar la luz incidente y saliente de la zona de medida, y en el sistema microfluídico que ha de guiar la muestra con ayuda de micropartículas magnéticas.

La detección de plaguicidas y micotoxinas es otro objetivo del proyecto GoodFood. Para ello también se recurre al mismo principio de inmunosensado, pero en esta ocasión se busca un mecanismo de detección que no sea óptico para así conseguir un instrumento aún menos voluminoso y más robusto. Los anticuerpos empleados para los distintos inmunosensores mencionados son de origen comercial, pero también se ha dado el caso de que dentro del consorcio se ha desarrollado algún anticuerpo novedoso. También se está estudiando el diseño de receptores artificiales que jueguen un papel similar para evitar la problemática asociada a los anticuerpos de origen animal.

Las micotoxinas las producen hongos toxigénicos, y de esta forma nos movemos hacia otro escenario de detección, el de microorganismos vivos. A parte de los hongos, también se está detrás de la detección rápida de determinadas bacterias patógenas, como la Salmonella y la Listeria. La aproximación en estos casos es la identificación de la huella genética de estos organismos mediante los chips de ADN. En otro ejemplo de multidisciplinaridad, hay grupos trabajando para reducir el tamaño de la plataforma multisensora donde la reacción de hibridación del material genético debe verificarse y para que este fenómeno pueda ser puesto de manifiesto sin recorrer a sistemas ópticos. Por otro lado, otros grupos trabajan en la determinación de los fragmentos de ADN apropiados para cada caso y en simplificar y acortar los protocolos previos a la necesaria reacción de la PCR para la amplificación del material genético.

Aplicaciones para la calidad alimentaria

Más allá de la seguridad alimentaria, los microsistemas también pueden tener una incidencia positiva en el campo de la calidad de los alimentos. La determinación del punto de madurez de la fruta o de la frescura del pescado pueden ser buenos ejemplos. Lo que se persigue, en este caso, es fabricar sistemas cromatográficos miniaturizados y compactos, tanto para gases como para líquidos. Detrás de la microcolumna de separación se pueden disponer diferentes microsensores para la identificación de sustancias. En el caso de análisis de muestras líquidas podrían ser micro o nanoelectrodos. En el caso de gases, podrían ser sensores de óxidos metálicos (sensores químicos basados en el cambio de resistencia eléctrica de una capa al reaccionar con determinados gases a temperaturas de unas pocas centenas de grados; fabricarlos sobre microestructuras bien aisladas térmicamente permite calentar localmente una pequeña cantidad de material sin despilfarrar energía) o micropalanca debidamente funcionalizadas (estructuras micromecanizadas que resuenan a una frecuencia alta que cambia apreciablemente si la masa de la palanca se ve incrementada por la adsorción de moléculas de gas). De esta manera, se podrían analizar determinados constituyentes de la leche, o los gases desprendidos por la fruta o el pescado, o, incluso, combinando ambos sistemas se podría analizar tanto la fase líquida como la gaseosa del vino, que tiene tanto una química líquida rica como una mezcla compleja de aromas.

Aplicaciones en el campo de la logística

El escenario logístico contemplado en el proyecto se centra en la conservación y transporte de fruta climatérica (manzanas, por ejemplo). En el primer caso, un fotómetro de infrarrojo, multicanal y

miniaturizado permitirá controlar dentro de las cámaras de conservación los gases relacionados con el estado de la fruta, como por ejemplo, el etileno, que está directamente relacionado con su punto de madurez. En el caso del transporte se están desarrollando tarjetas flexibles de radiofrecuencia (RFID) y su correspondiente lector. El paso adelante es integrar en estas tarjetas capacidad de sensor temperatura, humedad, intensidad de luz, y muy especialmente, gases.

Más allá de los sensores individuales

Inteligencia Ambiental es un concepto complejo acuñado en Europa hace pocos años en el campo de las tecnologías de la Sociedad de la Información. Para simplificar nos referiremos en lo que sigue a lo que es su implementación física: redes inalámbricas de sensores. Una de estas redes autoorganizables (en cuanto al camino que sigue la información entre los distintos nodos) de sensores se ha desplegado en una viña con el propósito de monitorizar parámetros de interés, tanto ambientales como de las propias plantas: temperatura, humedad del terreno a dos profundidades, insolación, diámetro de rama... Esta información se recoge en campo y se transmite a una unidad central de control donde es agregada, mostrada de forma práctica para un usuario no entrenado, y almacenada en bases de datos. Esta información permite extraer un conocimiento útil del estado de la viña a nivel muy local (estrés hídrico, crecimiento vegetativo, predicción de ataques de hongos a partir de la evolución histórica de temperatura y humedad...) permitiendo a los productores tratar diferentes zonas de forma diferenciada ahorrando recursos (agua, plaguicidas...) y posibilitando una cosecha selectiva.

Como conclusión general, los microsistemas pueden jugar un papel importante en la industria agroalimentaria. Un buen número de tecnologías, ya puestas a prueba en otras aplicaciones, pueden adaptarse a este campo. Nuestro objetivo es abundar en la investigación necesaria a nivel de materiales, dispositivos y sistemas con el fin de obtener demostradores tecnológicos aptos para su prueba en condiciones reales

Referencias

Información adicional sobre los microsistemas y sobre el proyecto GoodFood puede consultarse en www.goodfood-project.org. El estado de las actividades del proyecto puede seguirse en www.goodfood-project.org/www/Newsletter. Las publicaciones derivadas de estas actividades se encuentran recogidas en www.goodfood-project.org/www/Results

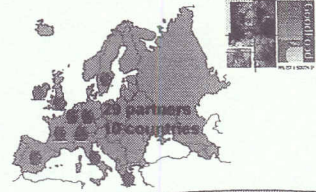
GOODFOOD:
Calidad y Seguridad Alimentaria con Microsistemas



Luis Fonseca, Carles Cané
Centre Nacional de Microelectrónica
Barcelona


V workshop MRAMA, Noviembre 2006

www.goodfood-project.org



42 meses

1/3: Centros Tecnológicos
1/3: Universidades
1/3: Empresas



goodfood@cnm.es

V workshop MRAMA, Noviembre 2006


GoodFood: en el linde de dos 'prioridades'

Sociedad del Conocimiento

Biotechnología

Prioridad 5 del 6º PM

Seguridad y Calidad alimentaria



Prioridad 2 del 6º PM

Tecnologías de la información

Tgias de la Soc. Información

Sociedad de la Información

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Seguridad y Calidad alimentaria basada en la información

- Las crisis alimentarias del s.XX han obligado a un replanteamiento racional de la Seguridad alimentaria que ha traído consigo:
 - la *sistematización del análisis de riesgos* (evaluación de riesgos, gestión de riesgos, comunicación de riesgos) en políticas de alto nivel y/o en los entes reguladores.
 - *procedimientos sistemáticos de control* de la producción (GMP, HACCP...) por parte de los fabricantes.
- que son **sistemas basados en la información** susceptibles de beneficiarse de elementos que permitan:
 - medidas más próximas
 - medidas más rápidas
 - alta densidad de mediciones (en el tiempo y en el espacio)
 - bajo coste (sector con márgenes estrechos y baja tasa de reinversión)

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Seguridad y Calidad alimentaria basada en la información

Los Sistemas de Información han de ayudar también a afrontar aspectos emergentes de la seguridad alimentaria que surgen de los nuevos retos sociales y económicos



V workshop MRAMA, Noviembre 2006

MST, M&NT, MEMS, NEMS... ¿Qué son?

Los **Microsistemas** derivan de las bien conocidas, y siempre en evolución, microtecnologías del silicio. La combinación de los típicos procesos microelectrónicos con técnicas de **micromecanizado** del silicio ha posibilitado la fabricación, **en masa y a bajo coste**, de dispositivos con más grados de libertad y más principios de transducción en su **interacción con el medio** que les rodea, dando lugar a una enorme variedad de **sensores/actuadores y sistemas inteligentes** que aprovechan fenómenos relacionados con los factores de escala que se producen al pasar de lo macro a lo micro. Nuevos procesos, nuevos materiales, técnicas avanzadas de miniaturización y aproximaciones multidisciplinares están extendiendo esas capacidades a diferentes campos de aplicación, así como al nuevo dominio de lo **nano**.

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

MST, M&NT, MEMS, NEMS... ¿Qué son?

Information Society Technologies

Microsystem
Data-in A/D → Data-out A/D
Sensors, Actuators, Control & Processing, Comunication

Micro-machining
MEMS
Nanosystems

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

De la punta del dedo a la palma de la mano

Information Society Technologies

componente
dispositivo
instrumento

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Factores de escala

Information Society Technologies

Cuando se reducen dimensiones:

- la relación S/V aumenta
- la relación L/S aumenta
- las estructuras térmicas se calientan y se enfrían más rápido
- las estructuras se calientan con menos energía
- las estructuras padecen menos estreses térmicos
- las estructuras tienen menos inercia mecánica
- la difusión en un fluido es más rápida
- el efecto de tensión superficial crece
- la evaporación es más rápida
- la mezcla en los microcanales es más difícil

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

El mercado de las Micro y Nano tecnologías

Information Society Technologies

Billions \$

16%/año

Fuente: Nexus Market Report III

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

El mercado de las Micro y Nano tecnologías

Information Society Technologies

Figura 2-2

2004
68% IT Peripherals
1% Others
1% Robotics
1% Aerospace defense
2% ITC
2% Telecom
5% Medical-Life sciences
6% Consumer
11% Automotive

2009
54% IT Peripherals
1% Others
1% Aerospace defense
4% ITC
3% Telecom
6% Medical-Life sciences
22% Consumer
8% Automotive

Fuente: Nexus Market Report III

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

El mercado de las Micro y Nano tecnologías

Information Society Technologies

Billions \$

Fuente: Biotechnol. Prog. 2005, 21, 2-10

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

¿Cómo pueden contribuir los microsistemas a la seguridad y calidad alimentarias?

- Soluciones actuales consisten en:
 - Análisis en laboratorio (costoso y lento)
 - Intervención de expertos (costoso y subjetivo)
 - Destructiva, no masiva
- Alternativa Microsistemas:
 - Dimensiones reducidas – portabilidad, Field Tests
 - Respuesta rápida y menor consumo de reactivo
 - Funcionamiento autónomo (sin presencia de expertos)
 - Salida eléctrica – procesado + conectividad
 - Potencial bajo coste
 - Solución pervasiva y ubicua

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

¿Cómo pueden contribuir los microsistemas?

llevando el laboratorio al alimento...

XMA, 2004
La Vanguardia

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

¿Cómo pueden contribuir los microsistemas?

Seguridad y calidad alimentaria con microsistemas

... del campo a la mesa (trazabilidad!!)

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

GoodFood: Objetivos

Escenarios de medida:

- Detección de: Subs. químicas, Subs. biológicas
- Prod. vida corta
- Prod. de largo almacen.
- Paradigma Aml

Campos de aplicación:

- Antibióticos, Plaguicidas, Micotoxinas, Hongos toxigénicos, Patógenos
- Calidad, Logística
- Leche y prod. lácteos, Fruta, zumo y vino, Pescado

RD en materiales, estructuras, dispositivos, sistemas y redes

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Objetivos específicos para los diferentes escenarios y campos de aplicación

Objetivo genérico	Producto	Objetivos prioritizados
Antibióticos	Leche y derivados	Betalactámicos, cloranfenicoles, tetraciclinas y sulfonamidas
Plaguicidas	Fruta y derivados	2,4,6-Triclorofenol, Simazina, Atrazina y Clozolinato
Micotoxinas	Fruta y derivados	Aflatoxina, Ocratoxina, Patulina
Hongos toxigénicos	Fruta	Aspergillus, Penicillium expansus
Patógenos	Leche y derivados	Listeria y Salmonela
Calidad	Pescado / Vino	Compuestos Orgánicos Volátiles TMA, DMA, TVB-N, NH ₃
Logística	Fruta climática	Etileno, NH ₃
Ambiente Inteligente	Uvas y vino	Parámetros ambientales y de desarrollo de la vid Parámetros del vino en barricas y botellas

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Ejemplo. Detección de contaminación química: antibióticos

Stma microfluidico con partículas magnéticas

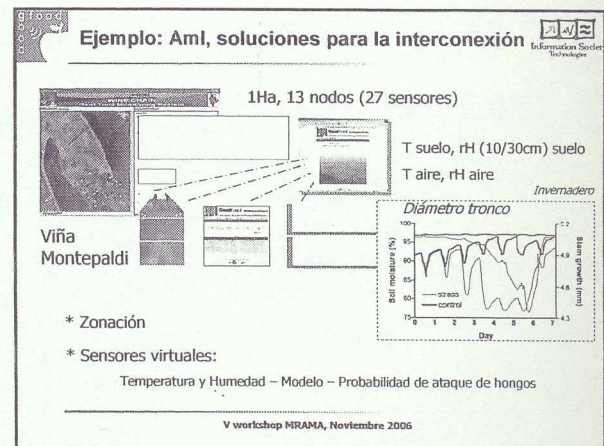
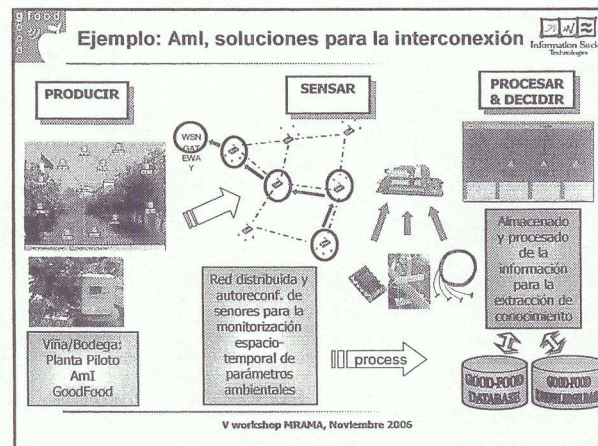
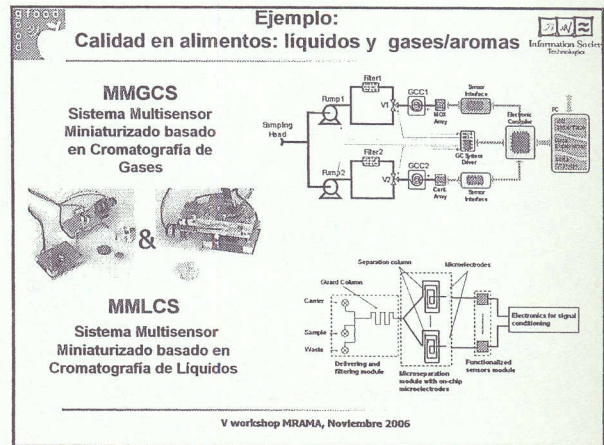
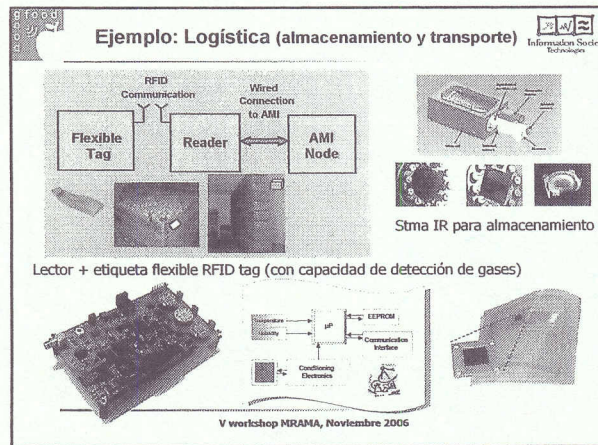
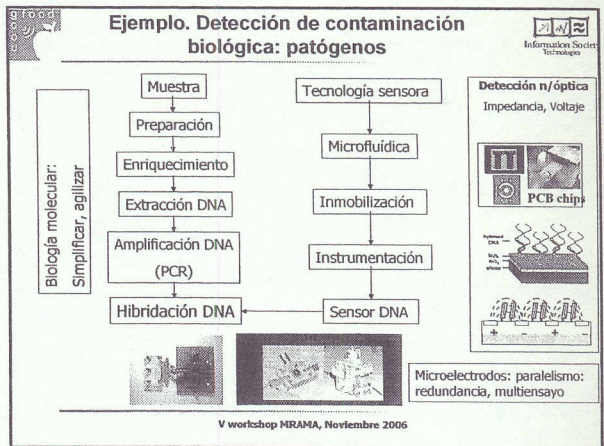
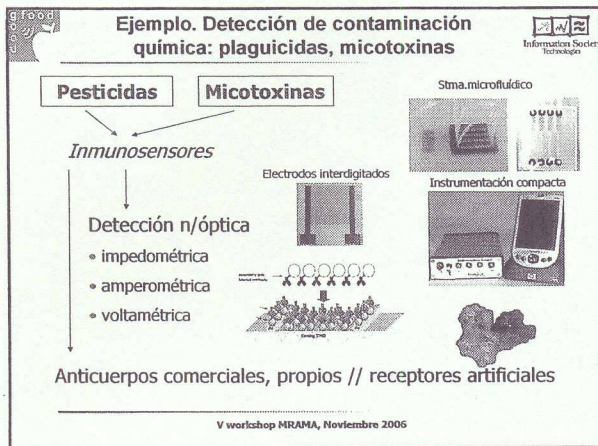
Immunoensayos con anticuerpos

Det. por fluorescencia. Acoplado de la luz por guía de onda y gratings

Instrumentación & Comunicación

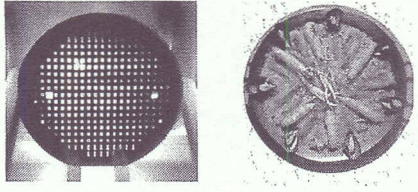
Micro-cámara

V workshop MRAMA, Noviembre 2006




En conclusión

- Los Microsistemas tienen cabida en la industria agroalimentaria.
- Muchas tecnologías ya conocidas pueden mejorarse y adaptarse para esta aplicación.
- Todavía es precisa investigación a nivel de materiales, dispositivos y sistemas, pero prototipos funcionales deberían estar disponibles pronto.



V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Portable?
On line?
Bajo consumo?
Reutilizable?
...




V workshop MRAMA, Noviembre 2006

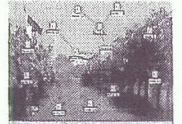
En conclusión – On line

Criterio de tiempo y automatización


Sensores físicos y químicos – On line



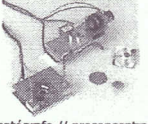
Sensores ópticos de gases



Despliegue en red de sensores F&Q



Sensores químicos de gases



Micro-cromatógrafo // preconcentración

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

En conclusión – On line

Criterio de tiempo y automatización

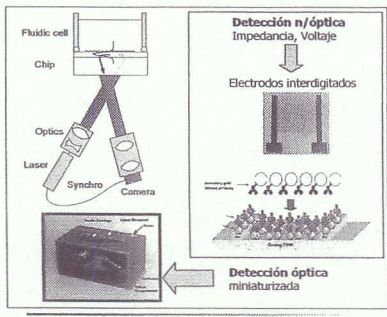
Sensores Bioquímicos/Microbiológicos – ¿On line?

- Ideal: Lab-on-a-chip:**
 - Sistema multianálisis portable, automático, rápido y de bajo coste basado en diagnóstico molecular (DNA/inmunoensayo) a partir de una "gota" de fluido biológico
- Realidad:**
 - Concatenación de procesos semiautomáticos en equipos de laboratorio lentos y costosos
 - Preparación de la muestra, concentración/enriquecimiento, amplificación...
 - Algunas plataformas miniaturizadas y baratas pero ligadas a voluminosos detectores ópticos (microarrays/scanners)

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

En conclusión – On line (?)


inmosensores



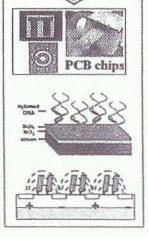
Chips de DNA

Detección n/óptica Impedancia, Voltaje

Electrodos interdigitados



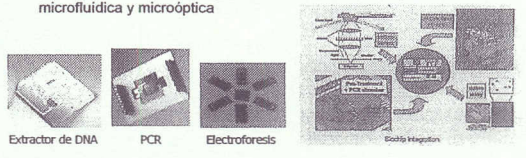
PCB chips



V workshop MRAMA, Noviembre 2006

En conclusión – On line (?)

- Concentración en espacio:**
 - Miniaturización e integración en una misma plataforma de la preparación de la muestra y de la detección. Microcomponentes más microfluidica y microoptica



Extractor de DNA PCR Electroforests Scale Integration

- Concentración en tiempo:**
 - Innata en la miniaturización e integración
 - Difícil en etapas de enriquecimiento a ritmo biológico (horas)

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

En conclusión – On line (?)

Sensores Bioquímicos/Microbiológicos – ¿On line?

Miniaturización, Integración, Inteligencia

- Cercanía a la línea de producción
- Automatización
- Tiempo de análisis reducido (en lo posible)
- Menor coste equipo / Menor gasto en reactivos
 - Posibilidad de realizar análisis en paralelo

Tiempo
de
respuesta

V workshop MRAMA, Noviembre 2006

Más información

www.goodfood-project.org



goodfood@cnm.es
(carles.cane@cnm.es, luis.fonseca@cnm.es)

V workshop MRAMA, Noviembre 2006