

Impact of Nanotechnology in Food Production

Impacto de la Nanotecnología en la Producción de Alimentos

Aidanko G. Noormans

Utrecht University, the Netherlands
G.A.Noormans@students.uu.nl

(Artículo de REFLEXIÓN. Recibido el 20-08-2010. Aprobado el 15-11-2010)

Abstract – *This paper discusses the current state of research and development in nanotechnology and its application in food production. After a brief explanation of what nanotechnology is, we discuss the present and expected future applications of nanotechnology in agriculture and food; is debate about the considerations that have arisen about food security, and analyzes public opinion about nanotechnology in general and its applications in food production.*

Keywords: *Nanotechnology, nanomaterials, nanoparticles, food security.*

Resumen – En este trabajo se analiza el estado actual de la investigación y el desarrollo en nanotecnología y su aplicación en la producción de alimentos. Después de una breve explicación de qué es la nanotecnología, se discuten las aplicaciones presentes y futuras esperadas de la nanotecnología en la agricultura y los alimentos; se debate acerca de las consideraciones que han surgido acerca de la seguridad alimentaria, y se analiza la opinión pública acerca de la nanotecnología en general y sus aplicaciones en la producción de alimentos.

Palabras clave: nanotecnología, nanomateriales, nanopartículas, seguridad alimentaria.

1. Introducción

El objetivo de este documento es ofrecer información concisa y equilibrada para aportar al actual debate público entre consumidores, medios de comunicación, políticas de fabricación, productores e investigadores acerca de las ventajas y desventajas de la utilización de la nanotecnología para la producción de alimentos y en la agricultura; y de los potenciales beneficios, los riesgos, la ética, lo legal y lo social de la nanotecnología aplicada de tal manera.

Es el resultado de una combinación de contribuciones de científicos naturales y sociales, industriales y organizaciones no gubernamentales y de interés público de gran parte de Europa. La idea es proporcionar información y no representar los puntos de vista o las políticas de las distintas comisiones que hacen parte de dicha discusión.

La nanotecnología abarca materiales y dispositivos con estructuras funcionales entre 1 y 100 nanómetros y se desarrolla en los laboratorios desde la década de 1980. Un nanómetro es una milésima de milésima de milésima parte de un metro -10^{-9} m. Actualmente, de acuerdo con las

demandas de fabricación, están en los mercados de todo el mundo cientos de productos que incorporan nanotecnología, muchos de ellos en las áreas de los alimentos y las bebidas (NanoBio-RAISE, 2009). A falta de un acuerdo internacional acerca de una terminología estandarizada para la nanotecnología, no está claro si estos productos realmente se fabrican bajo estándares seguros (Woodrow, 2009).

2. Qué es la nanotecnología

La nanotecnología es en general una tecnología, como la biotecnología y tecnología de la información, integrada en un sistema o un producto tecnológico más grande. Actualmente esta tecnología se utiliza en algunos productos, tales como recubrimientos anti-reflectantes en las ventanas de los autos y en raquetas de tenis reforzadas con nanotubos de carbono. Muchas de las promesas de la nanotecnología sólo podrán alcanzarse en unos cinco, diez, veinte o más años en el futuro. La nanociencia y nanotecnología son intrínsecamente interdisciplinarias.

Los físicos, químicos, biólogos, científicos de materiales, ingenieros y otros científicos se unen en equipos interdisciplinarios para estudiar cómo se comporta la naturaleza a escala de átomos y moléculas individuales, y para tratar de integrar partículas de decenas de nanómetros de diámetro en potenciales productos. Otra utilización de esta tecnología es en la miniaturización de chips micro-electrónicos, diseñados a escalas tan pequeñas que debe ser la mecánica cuántica quien determine su comportamiento electrónico para permitir, por ejemplo, la transmutación de un sólo electrón. En 2005 la inversión pública y privada en todo el mundo para estas investigaciones fue aproximadamente de US\$11.5 billones, de los que casi la mitad provino de fuentes privadas (Hullmann, 2006).

Los materiales y dispositivos con nanoestructuras tienen propiedades diferentes a las de los mismos materiales y dispositivos con mayor escala. Algunas de estas propiedades hacen posibles nuevos productos, por ejemplo el plástico nanoestructurado conduce electrones en lugar de ser un aislante. Se espera que esto permita microchips más baratos. Pero las nanopartículas libres de materiales no tóxicos inadvertidamente pueden ser tóxicas para el ser humano o el medio

ambiente. Siempre y cuando las partículas hagan parte de un material a escala normal no se esperan nuevos riesgos; la cuestión es la posible migración de las nanopartículas desde estos materiales a los alimentos o el medio ambiente.

Los especialistas en seguridad de alimentos están investigando para determinar si los controles legislativos acerca de los materiales existentes para empaquetar alimentos, como el plástico y otros, son adecuados para hacer frente a las nuevas propiedades de las nanopartículas de los materiales, que pueden “contaminar” los mismos alimentos. La investigación científica en toxicología para evaluar los riesgos potenciales de la ingeniería de los nanomateriales apenas comienza y tardará algunos años antes que se tengan datos sistematizados disponibles. Los gobiernos están evaluando si la legislación existente que regula el acceso al mercado de los productos, que no está diseñada concretamente para hacer frente a la nanotecnología, requiere modificaciones a la luz de los nuevos datos acerca de los efectos toxicológicos de los nanomateriales sintéticos. Actualmente no existe consenso acerca de la necesidad de algún cambio, y si se debe cambiar la normativa vigente o simplemente las directrices para su aplicación de tal manera que se especifiquen criterios para las pruebas de seguridad. La legislación actual ya exige pruebas estrictas, especialmente para productos a los que los consumidores estén expuestos directamente, como productos farmacéuticos o los alimentos.

Una necesidad importante es encontrar una definición para nanotecnología y otros términos relevantes que se acepte comúnmente, como nanopartículas y nanobiotecnología. En la Organisation for Economic Cooperation and Development –OECD– y en los organismos de normalización en todo el mundo, incluyendo la International Standards Organisation –ISO– y el European Committee for Standardization –CEN–, los representantes nacionales, los especialistas, la industria, los consumidores y los representantes de las organizaciones ambientalistas, están tratando de llegar a un entendimiento común acerca de una terminología conveniente en estos temas.

No se encuentran definiciones comunes acerca de los alimentos que pueden contener nanopartículas o ingredientes en esa forma. Esto es problemático ya que sin definiciones comunes los reguladores, productores, consumidores y otras partes interesadas no pueden identificar y ponerse de acuerdo acerca de lo que realmente es nuevo en relación con esos alimentos, y si la normatividad vigente y los métodos de prueba son o no suficientes para garantizar la seguridad alimentaria. No es claro aún si los materiales orgánicos, como las proteínas y las moléculas de grasa y azúcar que están en la escala de

nanómetros de longitud, se deban considerar por naturaleza nanomateriales y, por lo tanto, probados como un nuevo ingrediente de los alimentos cuando sean adaptados por los científicos de alimentos para obtener una nueva funcionalidad. Tampoco es claro si el límite de 100 nanómetros es razonablemente superior para aplicaciones de nanociencia y la tecnología de los sistemas alimentarios. Los científicos todavía necesitan determinar el tamaño por debajo del cual cualquier material particular cambia sus propiedades. Mientras que algunos materiales pueden tener las mismas propiedades en cualquier tamaño de partícula, los científicos han encontrado, por ejemplo, que si bien el oro por lo general no es tóxico, las nanopartículas de oro tienen efectos tóxicos (Li *et al.*, 2007). Para otros materiales todavía necesitan realizar pruebas. Este documento se centra en las aplicaciones de la nanotecnología en los alimentos.

3. Tendencias en nanotecnología para aplicaciones en alimentos

Actualmente se producen con nanotecnología algunas bebidas y productos alimenticios o se incluyen algunos nanomateriales manufacturados. Las estimaciones para 2003 del mercado de la nanotecnología para aplicaciones en alimentos eran de entre US\$410 millones (New York Times, 2006) y US\$2.6 billones (Kaiser, 2008). Las expectativas han variado desde entonces y se estima que para este año la cuota final del mercado de los productos alimenticios a base de nanotecnología estará cerca de los US\$5.8 billones (Hullmann, 2006), y que para el 2012 será de US\$20 billones (Li *et al.*, 2007).

Sin embargo, no es clara la validez de estas estimaciones futuristas a mediano y largo plazo cuando ni siquiera se tienen definiciones comunes para distinguir entre alimentos con nanotecnología y los que no la tienen. Pero en muchos países los gobiernos y las compañías de alimentos están invirtiendo considerablemente en el desarrollo de la nanotecnología para aplicaciones alimentarias. En los EE.UU., el Woodrow Wilson Institute ha identificado 160 proyectos en nanotecnología para aplicaciones agroalimentarias, totalizando una inversión de cerca de 15 millones de dólares (Kuzma & VerHage, 2006). La Danish technology foundation ha invertido 2 millones de euros en investigación sobre nanotecnología para aplicaciones en alimentos en el Danish “Nanofood” consortium since 2006. En los Países Bajos, el gobierno está invirtiendo el 50% de un proyecto de investigación de €12 millones en nanotecnología para la alimentación y la salud, y se ha propuesto un programa de investigación más grande en nanotecnología para aplicaciones alimentarias (Malsch *et al.*, 2007). En 2005, Irán inició un programa de investigación en nanotecnología en

el sector agroalimentario, incluyendo 35 laboratorios (Iranmanian, 2005). Las aplicaciones de la nanotecnología en los alimentos es también una prioridad en el Reino Unido e India (Joseph & Morrison, 2006). Las principales empresas de alimentos y nutrición como H. J. Heinz, Nestlé, Hershey, Unilever, Campina, Friesland Food, Grolsch, Kraft Foods, Cargill, Pepsi-Cola company, ConAgra Foods, General Mills, Danisco y Arla Foods están dedicadas a investigar en nanotecnología para aplicaciones alimentarias. Los fabricantes de materiales como BASF y DSM también están interesados en vender sus nanomateriales a los productores de alimentos (Kaiser, 2008).

4. Nanotecnología en la agricultura y la alimentación

La nanotecnología se puede aplicar en todas las fases del ciclo de los alimentos: desde la granja al tenedor. Los siguientes ejemplos de posibles aplicaciones futuras de la nanotecnología en la agricultura y la alimentación se basan principalmente en el Dutch MinacNed roadmap en *Microsystems and Nanotechnology in Food* (Iranmanian, 2005) (Prisma & Partners, 2006) y el *Woodrow Wilson Project on Emerging Nanotechnologies* (Woodrow, 2009), dos informes acerca de la nanotecnología en la agricultura y la alimentación. Algunas de estas aplicaciones resultarán en la presencia de nanopartículas o materiales nanoestructurados en los alimentos. Otras aplicaciones sólo utilizan nanoelectrónica u otra nanotecnología en la producción de alimentos, donde no hay interacción directa entre la nanotecnología y el sistema alimentario.

4.1 Agricultura y producción de alimentos

La nanotecnología puede ser utilizada en la agricultura y producción de alimentos en forma de nanosensores para la vigilancia del crecimiento de los cultivos y el control de plagas, mediante la identificación temprana de enfermedades animales o vegetales. Estos nanosensores pueden ayudar a mejorar la producción y la seguridad alimentaria, y funcionan como dispositivos de control externo que no terminan en el mismo alimento.

Los nanomateriales también pueden introducirse en o en la propia comida. La efectividad de los plaguicidas se puede mejorar si cantidades muy pequeñas se encierran en cápsulas huecas con un diámetro en el rango nanométrico, que pueden ser diseñados para abrirse sólo cuando se activen por la presencia de la plaga a controlar. Los residuos de los nanopesticidas en los alimentos y desde el pasto y medicamentos veterinarios, pueden terminar en el interior del estómago, pero lo que sucede a continuación no está claro (Iranmanian, 2005).

4.2 Elaboración de alimentos

Los nuevos tipos de membranas que incluyen micro y nanotamices se pueden aplicar en la elaboración de alimentos. Los poros de los tamices están en el rango micrométrico y nanométrico, y se pueden utilizar para la filtración de cerveza o de leche para la producción de queso (Aquamarijn, 2009). En el futuro, también pueden ser utilizados para la preparación de coloides gruesos llenos de agua para producir leche baja en grasa, con el mismo sabor que la leche normal, y que podría utilizarse en la preparación de helados cremosos bajos en grasa. También se pueden utilizar para encapsular ingredientes alimenticios valiosos, como minerales en una capa de otro ingrediente para impulsarlo por el organismo o para evitar que estos ingredientes se pierdan durante la cocción.

4.3 Control de calidad y pruebas

La seguridad alimentaria es una preocupación importante para los productores de alimentos, los consumidores y las autoridades respectivas. Los nanosensores pueden ayudar a mejorar la seguridad alimentaria permitiendo un control más rápido de la calidad y las pruebas no sólo en la fábrica, sino también en los estantes e incluso en el refrigerador. Estos sensores pueden integrarse en el equipo de procesamiento de alimentos o en los refrigeradores y no introducir nanopartículas en los alimentos mismos.

Un nanosensor es un dispositivo que consiste de una parte de procesamiento electrónico de datos y una capa o parte de detección, que puede convertir una señal como la luz o la presencia de una sustancia orgánica o de gas en una señal electrónica. Los electrodos o la capa activa se puede estructurar en la escala nanométrica. Un nanosensor típico sería como una "nariz electrónica". Muchos sensores utilizados en aplicaciones olfativas se basan en la tecnología MOSFET –Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor–, que se utiliza comúnmente en los circuitos electrónicos. Los sensores cantiliver son particularmente interesantes porque trabajan en los líquidos. Este sensor está equipado con pequeños voladizos con una capa bioquímica que puede detectar la presencia de una plaga o enfermedad. Si la plaga está presente en un producto alimenticio, sus moléculas típicas se adhieren a la capa de detección, entonces el voladizo del cantiliver se inclina debido al peso adicional, lo que origina una señal de aviso electrónico de la presencia de la plaga.

Los nanosensores pueden conectarse a una red electrónica o inalámbrica. Pueden, por ejemplo, utilizarse para el control de plagas de los cultivos en el campo o para el control de calidad de la leche durante el procesamiento industrial. Otro tipo de nanosensores también se puede integrar en el envasado de alimentos, para demostrar que

el producto es apto para el consumo humano. Los nanosensores pueden, por ejemplo, cambiar de color si la comida no es fresca. Los micro y nanosensores se desarrollan para la seguridad alimentaria y el control de calidad en el GoodFood project europeo (2004-2007).

Envasar y almacenar alimentos y productos frescos es una labor que depende totalmente de los materiales de embalaje y del control de la composición interior del gas $-O_2$, CO_2 pt-, y de la pérdida de agua en los envases. El nanoenvasado puede crear una atmósfera modificada en el envase con el intercambio gaseoso controlado, por lo que, por ejemplo, la vida útil de las verduras puede aumentar a semanas. La superficie de un material de embalaje común, como el plástico o el papel, se puede adaptar para que sea conveniente para el alimento mediante una o más capas bien definidas de decenas de nanómetros de espesor. El plástico de las botellas de bebida puede contener nanopartículas de arcilla para mantener el oxígeno o vapor de agua tanto dentro como fuera.

Los agentes antimicrobianos se están utilizando también para conservar los alimentos, y algunos están fabricados con nanotecnología. El refrigerador SAMSUNG y el contenedor de alimentos Fresher Longer están recubiertos con partículas de nanoplatina antimicrobiana. En el futuro los nanorecubrimientos activos también se podrán aplicar a los envases de alimentos, por ejemplo, la Dutch Organisation for Applied Science –TNO– ha desarrollado un recubrimiento de almidón de coloides lleno de una sustancia antimicrobiana, de modo que si los microorganismos crecen en los alimentos envasados entonces penetran en el almidón, lo que hace que se libere las sustancias antimicrobianas (Bouman, 2003). Las nanopartículas que se incluyen en el envasado o almacenamiento de alimentos no son intencionalmente impregnadas en la comida, pero existe la posibilidad de que dichas partículas puedan migrar a los alimentos.

4.4 Los suplementos alimenticios

En la actualidad, se están vendidos en los EE.UU. y Alemania algunos suplementos alimenticios con nanoingredientes– según la demanda de los productores. Estos suplementos pueden implicar que las nanopartículas estén presentes en los alimentos. Los suplementos están principalmente destinados a la alimentación, los deportes y los mercados de alimentos saludables, y contienen minerales con una nanoformulación como el dióxido de silicio, el magnesio, el calcio, etc. Se afirma que el tamaño de partícula de estos minerales es menor de 100 nanómetros para que pueda pasar, a través de la pared del estómago y

entre las células del cuerpo, más rápidamente que los minerales comunes con mayor tamaño de partícula.

Los nanosuplementos también se pueden incorporar en micelas o cápsulas de proteína u otro ingrediente alimentario natural. Las micelas son esferas diminutas de aceite o grasa cubiertas con una fina capa de moléculas bipolares, de las cuales uno de los extremos es soluble en la grasa y el otro en el agua. Las micelas están suspendidas en el agua, o por el contrario, el agua se encapsula en micelas y se suspende en aceite. Tales nanocápsulas pueden, por ejemplo, contener al saludable Omega 3, un aceite de pescado que tiene un sabor fuerte y desagradable que sólo se libera en el estómago, como en el pan “Tip Top Up” ® que se comercializa en Australia.

4.5 Nuevos alimentos

Las compañías de alimentos y nutrición prevén un gran negocio de la nanotecnología en los nuevos productos alimenticios. Los ingredientes que existen naturalmente en los alimentos se adaptan en los nuevos alimentos para mejorar el sabor, la digestión o para hacer frente a las necesidades de nutrición específica de grupos especiales, como los niños, los ancianos o los pacientes. Ya se ha mencionado que la leche baja en grasa, el queso y el helado tienen el mismo sabor que los productos tradicionales. Una compañía húngara ha desarrollado un gel frío para los refrescos o helados que consiste de cristales de hielo muy pequeños que contienen burbujas de dióxido de carbono $-CO_2$ aún más diminutas. Las burbujas de CO_2 son de 1 a 10 nanómetros de diámetro, mucho más pequeñas que las burbujas de CO_2 en los refrescos. En la boca, el gel frío causa una sensación similar a las tabletas efervescentes (Howell, 1992-1995).

Desde marzo de 2007 en Holanda el Atomic and Molecular Physics –AMOLF– y el Unilever han estado investigando los procesos de la digestión humana a escala atómica, con la esperanza de desarrollar nuevos y mejores alimentos, como sustituciones saludables del colesterol (FOM, 2007). La tendencia es hacia la “alimentación personalizada”.

No sólo los alimentos en sí se pueden adaptar, los dispositivos de diagnóstico externos, que incorporan nanosensores, también se puede utilizar para lograr una dieta más específica a las necesidades del cuerpo de un consumidor individual. Un consumidor futuro podrá utilizar un rápido dispositivo de diagnóstico de mano para diagnosticar la necesidad real de su cuerpo por alimentos con ingredientes específicos, tales como minerales, y en consecuencia adaptar su dieta; de manera similar, un paciente diabético podrá utilizar un sensor de glucosa para

determinar su necesidad de insulina (de Groot *et al.*, 2006).

5. Nanomateriales convenientes

Existen varios tipos de nanomateriales considerados convenientes para las aplicaciones en los alimentos. Ellos pueden ser subdivididos en materiales orgánicos, que son por naturaleza de longitud de escala nanométrica, y en nanomateriales inorgánicos, que son moléculas de proteínas, grasa y azúcar. Los nutracéuticos consistentes de aditivos alimentarios derivados de plantas también son nanomateriales orgánicos utilizados en los alimentos. Los nanomateriales inorgánicos para aplicaciones en alimentos, aditivos alimentarios, envasado o almacenamiento de alimentos, incluyen plaquetas de nanoarcilla para el envasado de alimentos, minerales como el dióxido de silicio, calcio y magnesio, y nanopartículas de plata para la purificación del agua o envases antimicrobianos o almacenamiento de alimentos (FOM, 2007).

6. Consideraciones de seguridad

Como se mencionó antes, los científicos esperan que la seguridad alimentaria pueda mejorar las aplicaciones de la nanotecnología. En el futuro, los diferentes tipos de nanosensores se emplearán para monitorear la calidad de los alimentos a lo largo de la cadena alimentaria. También se espera que las tecnologías de procesado de alimentos, como los nanotamices para separar los microbios de los alimentos, mejoren la seguridad en los alimentos. Al incrementar la calidad de alimentos y bebidas también permitirá que se puedan conservar durante más tiempo, al incorporar nanopartículas de arcilla o antimicrobianas en el envasado de alimentos (Kaiser, 2008) (Iramnmania, 2005) (Joseph & Morrison, 2006).

Pero actualmente, no está claro si las nanopartículas en los alimentos son seguras para los consumidores y el medio ambiente, ya que se pueden incluir intencionalmente en los alimentos como complementos y en nuevos alimentos; también pueden terminar en los alimentos como residuos de nanopesticidas, por migración desde el envase, el aire, el suelo o por contaminación del agua. Los especialistas en seguridad de alimentos y los reguladores han comenzado a discutir si la actual legislación en seguridad alimentaria es adecuada para garantizar que los nuevos productos de nanoalimentos que aparecen en el mercado se prueben seguramente (Malsch *et al.*, 2007).

Hoy se presenta cierta discusión acerca de si las nanoformulaciones de complementos en los alimentos o su grado en los materiales de los empaques de los alimentos deberán ser probadas nuevamente cuando sus partículas sobrepasen el tamaño de los que ya están autorizados en el

mercado (IFST, 2006). Para que los nuevos ingredientes a nanoescala puedan ser utilizados en los alimentos, el actual EU Novel Food Regulation exige que se pruebe su seguridad antes de ser presentados al mercado. En cualquier caso, el productor tiene la responsabilidad legal de sólo introducir productos seguros al mercado. Los especialistas en evaluación de riesgos en el sector agroalimentario están preocupados por la falta de procedimientos de prueba estándar y equipos de prueba portables para controlar la seguridad de los nanoalimentos. Esto significa que incluso si un productor ha probado la seguridad del producto con los métodos convencionales, todavía pueden existir riesgos imprevistos para la salud y el medio ambiente. Por otro lado, la naturaleza está llena de nanopartículas orgánicas. Las proteínas, las moléculas de azúcar, las moléculas de grasa tienen tamaños nanométricos, pero son seguras para el consumo.

6.1 Tendencias en la regulación

El debate acerca de la regulación de la nanotecnología para aplicaciones en alimentos se inició en 2006 en los EE.UU. y Europa. El UK Institute of Food Science and Technology (2006) analizó la actual legislación europea de seguridad alimentaria y concluyó que, en principio, es suficiente para cubrir los posibles riesgos de los nanoalimentos, aunque tuvo algunas dudas, como si será necesario reexaminar los nanocomplementos que tienen la misma composición química y el grado de los alimentos ya aprobados, como el dióxido de titanio para formar hielo en las tortas.

Otras de sus preocupaciones se refieren principalmente a la aplicación de las directrices y los protocolos e instrumentos de prueba, como se mencionó anteriormente. La Agencia Europea para la Evaluación de Medicamentos –EMA– (2006) publicó un documento sobre nanofarmacéuticos en el que llega a una conclusión similar. La Comisión Europea (2008) llevó a cabo una revisión de las regulaciones en nanotecnología adoptada en junio de 2008, y concluyó que “la legislación actual cubre, en principio, el potencial para la salud, la seguridad y los riesgos ambientales asociados a los nanomateriales. La protección de la salud, la seguridad y el medio ambiente debe ser reforzada sobre todo para mejorar la aplicación de la legislación vigente”. El Council for Science and Technology (2007) Hace hincapié en que hay una clara diferencia entre una declaración para afirmar que la incertidumbre en el conocimiento significa que la regulación existente puede ser difícil de implementar y un declaración para afirmar que se necesita una nueva regulación.

–En los EE.UU., la Food and Drug Administration –FDA– organizó una audiencia pública en octubre de 2006 sobre el medio ambiente, la salud y la

seguridad de los nanomateriales, incluyendo aplicaciones en alimentos, y se encuentra en el proceso de desarrollar sus planes políticos. En Europa, los responsables políticos encargados de la seguridad alimentaria o la nanotecnología en varios Estados miembros, incluidos Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Suiza, tienen los temas de la nanotecnología y la seguridad alimentaria en su agenda (Kuzma & VerHage, 2006). La European Food Safety Authority –EFSA– (2007) publicó su plan de gestión incluyendo el establecimiento de un grupo de trabajo del Foro Consultivo de los Estados miembros representantes para la evaluación de los riesgos de las nanopartículas. Actualmente se propone desarrollar un enfoque armonizado de evaluación de riesgos y reunir los datos necesarios.

6.2 Concientización del público

En la actualidad, existe entre el público en general una enorme falta de conocimiento acerca de la nanotecnología como tal y de sus aplicaciones en los alimentos en particular, por lo que existe la necesidad de un auténtico diálogo público acerca del tema. La gravedad fue demostrada en dos conferencias de "foros públicos" con la participación de los consumidores, celebradas en Suiza y Alemania a finales de 2006 (Möller et al., 2010). En ellas se discutieron varias aplicaciones de la nanotecnología incluyendo la de los alimentos.

Los 16 consumidores alemanes participantes fueron positivos acerca de las oportunidades para mejorar la seguridad alimentaria mediante el control de calidad basado en nanotecnología, pero consideraron que las aplicaciones de nanoingredientes en alimentos es un área muy sensible. Los consumidores suizos, en general, fueron positivos acerca de la nanotecnología, pero estaban más preocupados acerca de sus aplicaciones en alimentos. Ambos grupos solicitaron que en las etiquetas de los productos se indicara su nanocontenido, de tal manera que fuera posible distinguir entre productos con moléculas naturales y los que tienen nanopartículas introducidas artificialmente. Hay una clara desconfianza acerca de que los productores de alimentos puedan incorporar la nanotecnología en los productos sin indicarlo en la etiqueta. Las publicaciones alemanas –Die Welt, ARD, Der Spiegel– y británicas –Observer, BBC Focus magazine–, han empezado a informar acerca de las aplicaciones de la nanotecnología en los alimentos, en algunos casos muy críticamente.

En Europa, la conciencia pública de la nanotecnología está emergiendo gradualmente. Según el estudio del Eurobarómetro de la European Commission (2006) sobre biotecnología, en 2005 el 42% de los encuestados no sabía si la

nanotecnología tendría un impacto positivo o negativo en sus vidas; 40% fueron positivos, 13% no esperaba cambios, y el 5% creía que la nanotecnología deterioraría su vida; sólo el 44% dijo que habían oído hablar de la nanotecnología. La nanotecnología es considerada moralmente aceptable, conveniente y sin riesgos, y la mayoría de los encuestados cree que debería ser impulsada, y el 55% apoya a la nanotecnología.

En los EE.UU., el 80% de los 1800 participantes en una encuesta reciente sobre la nanotecnología había oído hablar muy poco o nada en absoluto acerca de ella. Las emociones de las personas juegan un papel importante en su percepción acerca de la nanotecnología, y los valores determinan reacciones de las personas a la información sobre nanotecnología (Kahan, 2007). Los consumidores estadounidenses ven muchas ventajas de la nanotecnología para una mejor y más segura alimentación. De una encuesta de 177 consumidores, un 6% menciona esto, mientras por otro lado el 7% estaba preocupado por los posibles riesgos de los nanomateriales en la cadena alimentaria (Macoubrie, 2005). Hay un nivel similar de bajo conocimiento en los EE.UU. sobre nanotecnología en general, donde más del 70% respondió "neutral" a una pregunta de la encuesta en la que se pidió a los participantes encerrar en un círculo la palabra que mejor representaba su opinión acerca de la nanotecnología y el impacto potencial sobre su vida y la sociedad (Castellini, 2006). Sin embargo, en 2006 la encuesta de la National Science Foundation-funded en EE.UU. acerca de la percepción pública de los productos con nanotecnología, encontró que los consumidores americanos están dispuestos a utilizar productos con nanocontenidos, incluso si hay riesgos para la salud y la seguridad, cuando los beneficios potenciales sean grandes, lo que es similar a la actitud americana en relación con los GMOs –Genetically Modified Organism– (Currell et al., 2006).

En 2007 los sindicatos y las organizaciones ecologistas presionaron por un enfoque de precaución para las nanotecnologías, y la International Union of Food y la Farm and Hotel Workers (2007) expresaron su especial preocupación por la presencia de nanopartículas en la cadena alimentaria. Las asociaciones de consumidores como la European Consumers' Organisation –BEUC–, invitan a un nanoetiquetado, especialmente para los productos alimenticios (Hoffschulz, 2007).

7. Especulaciones futuristas

No todas las ideas sobre las futuras aplicaciones de la nanotecnología en los alimentos se parecen mucho a las tecnologías de los alimentos disponibles en la actualidad. A pesar de que tales especulaciones probablemente no son el objetivo

de la investigación actual, el hecho de que se propongan en los medios de comunicación pública influencia la conciencia social acerca de los alimentos basados en nanotecnología. Algunas de ellas invitan a que nuestros nietos coman “carne” vegetariana degustándola igual que la carne de los animales, con la idea de garantizar un suministro de alimentos sostenible para toda la población mundial, o que necesitamos de alimentos elaborados con nanotecnología como una forma de medicina preventiva.

Los consumidores y los periodistas tienden a utilizar otras imágenes, por ejemplo, en la fábrica de chocolate de Willy Wonka (Renton, 2006) se incorporan muchos tipos de ingredientes artificiales en las nuevas barras de chocolate, con algunos efectos imprevistos para el consumidor desprevenido. Kraft Food ha propuesto originalmente la idea de un líquido transparente y relleno de diferentes nanoingredientes encapsulados, que puede convertirse en un vaso de whisky o un jugo de naranja de acuerdo con la frecuencia que se utilice en la radiación de microondas; Kraft parece haber abandonado las respuestas a las preguntas acerca de la seguridad hechas por el Action Group on Erosion, Technology and Concentration –ETC-grup– (2004) y otros. Pero esta imaginativa y totalmente imposible idea sigue apareciendo en la especulación futurista acerca de los alimentos producidos mediante nanotecnología.

8. Conclusiones

Existe una necesidad urgente de un debate público sobre la nanotecnología y los alimentos. En este momento hay en el mercado varias docenas de alimentos y de bebidas con

nanotecnología, de acuerdo con los productores y los especialistas.

En varios países, los gobiernos y las empresas de alimentos están invirtiendo en cientos de proyectos de desarrollo de nanotecnología en los alimentos y la agricultura.

Los analistas predicen millones de dólares para los mercados de alimentos elaborados con nanotecnología dentro de los próximos cinco años. Sin embargo, sin definiciones aceptadas comúnmente acerca de la nanotecnología, los alimentos fabricados con ella y otros términos relevantes, es difícil determinar cuántos productos nuevos incluyen actualmente nanomateriales.

La nanotecnología puede ser aplicada en todos los aspectos de la cadena alimentaria, tanto para mejorar la seguridad y el control de calidad, como en nuevos ingredientes alimentarios o complementos, que pueden dar lugar a riesgos imprevistos para la salud. La estricta legislación actual de alimentos en Europa parece ser suficiente para cubrir los alimentos producidos mediante nanotecnología, pero existen algunas preocupaciones acerca de las directrices de aplicación y los métodos de evaluación de riesgos.

La mayoría de personas no tiene conciencia de la nanotecnología en general, y sus aplicaciones en los alimentos en particular. Esto debe ser abordado a corto plazo en las iniciativas de diálogo público.

Referencias

- Aquamarijn. Future technology, Engineered for now. <http://www.microfiltration.nl/index.php>, April 2009.
- Bouman, H. (2003). Release on command: Bio-switch. Newsletter of TNO Nutrition and Food Research, pp 4-5.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G. M. & Crone, W. C. (2006). Nanotechnology and the public: effectively communicating nanoscale science and engineering concepts. Journal of Nanoparticle Research, Vol. 9, No. 2, pp. 183-189.
- Commission of the European Communities (2008). communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee. Regulatory Aspects of Nanomaterials. Bruselas. 12 p. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0366:FIN:EN:PDF>, June 2009.
- Council for Science and Technology CST. (2007). Nanotechnology: Meeting with European Commission Inter-Service Group on Nanosciences and Nanotechnologies. 5 p. http://www2.cst.gov.uk/cst/business/files/Nano_European_Commission.doc, May 2010.
- Currall, S. C., King, E. B., Lane, N., Madera, J. & Turner, S. (2006). What drives public acceptance of nanotechnology. Nature Nanotechnology, Vol. 1, No.3, pp. 153-155.
- de Groot, R., Loeffler, J. & Sutter, U. (2006). Nanomaterial roadmap 2015. Roadmap report concerning the use of nanomaterials in the medical & health sector. 137 p. http://www.nanoroad.net/download/roadmap_mh.pdf, February 2010.
- ETC group (2004). Down on the farm; The impact of nano-scale technologies on food and agricultura. 74 p. <http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report10.pdf>, May 2010.
- European Commission (2006). Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends. Special Eurobarometer 244b. 88 p. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_244b_en.pdf, May 2010.
- European Food Safety Authority EFSA. (2007). Management Plan of the European Food Safety Authority for 2007. Parma, Italy. 78 p. <http://www.efsa.europa.eu/en/mngtplan07/publication/mngtplan07.pdf>, Aug. 2009.

- European Medicines Agency EMEA. (2006). Reflection Paper on Nanotechnology-based Medicinal Products for Human Use. Committee for Medicinal Products for Human Use CHMP. 4 p. London, 29 June 2006 <http://www.emea.europa.eu/pdfs/human/genetherapy/7976906en.pdf>, May 2010.
- FOM (2007). Samenwerking AMOLF en UNILEVER in onderzoek naar Functional Foods. Press release. <http://www.fom.nl/live/nieuws/artikel.pag?objectnumber=58202>, January 2010.
- GoodFood Project. (2004-2007). <http://www.goodfood-project.org/>, December 2009.
- Hoffschulz, H. (2007). Experiences from national activities and networks. Panel on nanolabelling at the Euronanoforum 2007 conference in Düsseldorf, Germany. June 19-21.
- Howell, N. (1992-1995). Elucidation of aggregation mechanisms of proteins in fresh and frozen fish. http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=334866&pid=0&q=70DDF9F35717A0C15B33D8D363191EF4&type=sim, January 2010.
- Hullmann, A. (2006). The economic development of nanotechnology – an indicators based analysis. European Commission, Commission staff working paper. 34 p. http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pe_reports_studies.htm, July 2009.
- Institute of Food Science and Technology IFST. (2006). Nanotechnology. Information Statement. Institute of Food Science & Technology Trust Fund. UK. <http://www.ifst.org/uploadedfiles/cms/store/ATTACHMENTS/Nanotechnology.pdf>, May 2010.
- International Union of Food IUF. (2007). Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials. 15 p. http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Principles_Oversight_Nano.pdf, June 2009.
- Iranmania (2005). Iran Agro Sector developing nanotechnology. September 7. <http://www.iranmania.com/News/ArticleView/Default.asp?NewsCode=35270&NewsKind=Current%20Affairs>, June 2009.
- Joseph, T. & Morrison, M. (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food. Nanoforum report. <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf>, June 2009.
- Kahan, D. M., Slovic, P., Braman, D., Gastil, J. & Cohen, G. (2007). Nanotechnology Risk Perception. The influence of affect and values. Washington: Woodrow Wilson Institute. 53 p http://www.nanotechproject.org/file_download/files/NanotechRiskPerceptions-DanKahan.pdf, June 2009.
- Kaiser, H. (2008). Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide: 2008-2010-2015. <http://www.hkc22.com/nanofood.html>, April 2009.
- Kuzma, J. & VerHage, P. (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food production: Anticipated Applications. Woodrow Wilson Institute, Washington DC, USA. <http://www.nanotechproject.org/50>, September 2009.
- Li, E. J. J., Bay, B. H. & Yung, L. Y. L. (2007). In vitro toxicity of Gold nanoparticles on human lung fibroblast cells. Abstract submitted to AICHE 2007 annual meeting, Salt Lake City, USA, 4-9 November. http://aiche.confex.com/aiche/2007/preliminaryprogram/abstract_93432.htm, March 2009.
- Macoubrie, J. (2005). Informed Public Perceptions of Nanotechnology and Trust in Government. Washington: Woodrow Wilson Institute, pp.9, 11. <http://www.wilsoncenter.org/news/docs/macoubriereport.pdf>, May 2010.
- Malsch, I, van Est, R. & Walhout, B. (2007). Nanovoedselveiligheid: Inventarisatie van de opkomende (internationale) beleids- en publieksdiscussie over nano-ingrediënten in voeding. Den Haag: Rathenau Institute. 83 p. http://www.rathenau.nl/uploads/tx_tferathenau/Nanovoedselveiligheid_2007.pdf, May 2009.
- Möller, M., Eberle, U., Hermann, A., Moch, K. & Stratmann, B. (2009). Nanotechnology in the food sector. Zurich: TA-SWISS. 228 p. <http://www.ta-swiss.ch/index.php?uid=26&search=them-nano>, June 2010.
- NanoBio-RAISE. Nanobiotechnology: Responsible Action on Issues in Society and Ethics. <http://nanobio-raise.org/>, May 2009.
- New York Times (2006). Cientifica, pp. 5-6, February 15.
- Prisma & Partners (2006). Roadmap MNT in Food & Nutrition. MinacNed Road Map. http://www.minacned.nl/images/stories/poster_roadmap_futureforfood.pdf, August 2009.
- Renton, A. (2006). Welcome to the world of nanofood. In: The Observer, Guardian Unlimited, 16 December. <http://observer.guardian.co.uk/foodmonthly/futureoffood/story/0%2C%2C1971266%2C00.html>, May 2010.
- Woodrow, W. The Project on Emerging Nanotechnologies. A nanotechnology consumer product inventory. <http://www.nanotechproject.org/44>, May 2009. 