

# TEMA 5

## Nanotecnología en ingredientes, aditivos y suplementos alimenticios

*Nanotecnología en Alimentos*

*OpenCourseWare*

*UPV/EHU OCW-2016*

*Idoia Ruiz de Larramendi*



# CONTENIDOS

- ❖ **Introducción**
- ❖ **Aplicaciones actuales y perspectivas futuras**
- ❖ **Nanomateriales funcionales**
  - Nanodispersiones y nanocápsulas
  - Nanolaminados
  - Nanopartículas biopoliméricas
  - Nanocomposites
  - Nanofibras y nanotubos
- ❖ **Técnicas de nanoencapsulación para componentes bioactivos alimenticios**
- ❖ **Nanomateriales con aplicación en los alimentos y salud**
  - Metal/Óxido de metal
  - Nanomateriales con superficies funcionalizadas
  - Nanoaditivos orgánicos y nanoestructuras procesadas en alimentos
- ❖ **Nanotecnología para el aumento de biodisponibilidad de micronutrientes**
- ❖ **Ingredientes y aditivos alimenticios de tamaño nanométrico en relación con la digestión de los alimentos**



# INTRODUCCIÓN

- Las aplicaciones actuales de la nanotecnología en el sector de los alimentos son pocas, pero aumentarán rápidamente en los próximos años.
- Beneficios principales:
  - Propiedades mejoradas o nuevas
    - Dispersión de aditivos no solubles en agua sin necesidad de añadir grasa o surfactantes
  - Mayor captación, absorción y biodisponibilidad en el organismo
  - Nuevos sabores, texturas y valores nutricionales
  - Nanoaditivos  $\Rightarrow$  mejora en la seguridad, trazabilidad y tiempo de vida de los alimentos



# APLICACIONES ACTUALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

- Principal desarrollo de nanoalimentos ⇨ embalaje y suplementos
- Futuro cercano ⇨ componentes en el procesado de alimentos que den lugar a nuevas texturas y sabores ➡ ingredientes y aditivos nanométricos
- Sectores más desarrollados ⇨ farmacéutico y cosmético
- Mejorar la captación y biodisponibilidad de sustancias nanométricas en el organismo
- Principales categorías proyectadas para la aplicación de la nanotecnología en la alimentación y salud:
  - Lugar donde los ingredientes de los alimentos han sido procesados o formulados para dar lugar a nanoestructuras que mejoren la actividad, protección contra la degradación o nuevas propiedades
  - Localizar donde aditivos nanométricos, nanoencapsulados o NPAs se han empleado en alimentos
  - Aplicaciones indirectas como la nanoinfiltración para la eliminación de componentes indeseables de alimentos...
- Más de 400 patentes en el sector de los alimentos:
  - Nanoalimentos
  - Nanomateriales en contacto con los alimentos



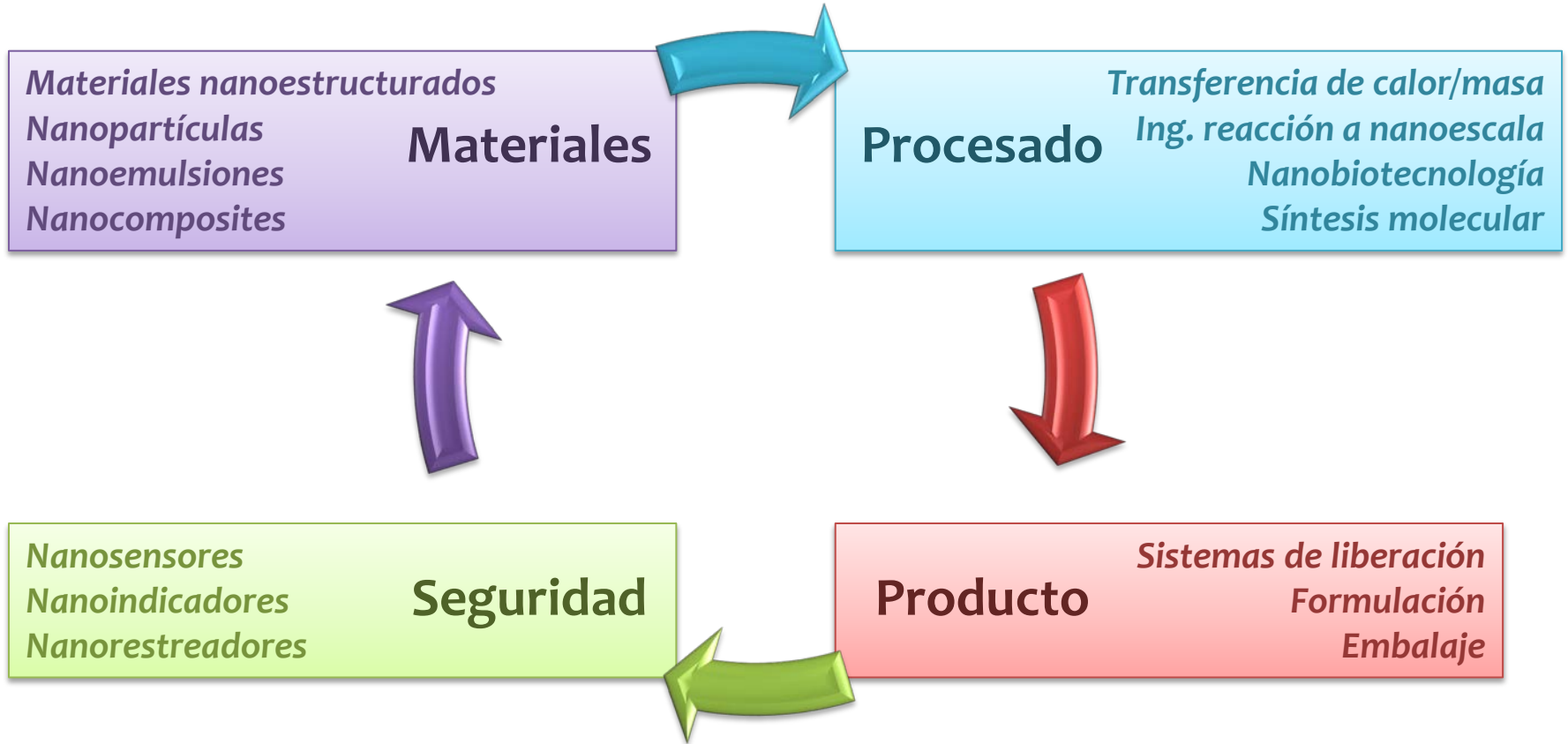
# APLICACIONES ACTUALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

- Principales áreas en desarrollo en relación con las patentes publicadas:
  - Reducción de la cantidad de sal, grasas y otros aditivos para producir alimentos más sanos
  - Mejora de las propiedades de los alimentos como cambio en el color, sabor, textura, consistencia y desarrollo de nuevos sabores y sensaciones en boca
  - Control de la liberación de sabores y nutrientes y aumento de la absorción de nutrientes y nutraceuticos en el organismo
  - Desarrollo de nuevos sensores para la detección rápida de bacterias o virus o para embalajes inteligentes que detecten cuándo un alimento ha excedido de su tiempo de consumo
  - Introducción de nuevas protecciones de superficies en el empaquetado y en el procesado que permitan una mejora en las propiedades
- Desarrollo de productos de “alto valor”
  - Nutracéuticos
  - Alimentos interactivos y funcionales

TABLA 05.01



# APLICACIONES ACTUALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS





# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**
  - Ingredientes funcionales (IF): fármacos, vitaminas, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, colorantes y conservantes.
    - Esenciales en una gran cantidad de productos (medicamentos, cosméticos, agroquímicos, alimentos, ...)
    - Diferentes formas moleculares y físicas (polaridades, pesos moleculares, estado físico, ...)
    - Incorporados en sistemas de liberación
  - Sistemas de liberación:
    - ✓ Vehículo para transportar el ingrediente funcional al lugar de acción
    - ✓ Proteger el ingrediente funcional
    - ✓ Capaz de controlar la liberación del ingrediente funcional
    - ✓ Compatible con el resto de componentes del sistema y con las propiedades del producto final
  - Estas propiedades son fundamentales para la eficacia del ingrediente funcional
  - Existen muchos sistemas para la encapsulación de ingredientes funcionales



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**
  - Sistemas de liberación:
    - **Asociaciones coloidales:**
      - Micelas de surfactantes, vesículas, bicapas, micelas,...
      - Ejemplo: Solubilización de un IF no polar en una solución acuosa
      - Sistemas termodinámicamente favorables ➔ **efecto hidrofóbico**  
(*reducción del área de contacto entre los grupos no polares del surfactante y el agua*)
      - Controlar :
        - » concentración y características moleculares del surfactante y del cosurfactante
        - » Condiciones del medio
        - » Localización del IF en el sistema (dentro o en la membrana)
      - Dimensiones típicas: 5 – 10 nm





# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**

- Sistemas de liberación:

- **Nanoemulsiones:**

- De forma general, consisten en al menos dos líquidos inmiscibles (aceite y agua, por ejemplo), donde unos de los líquidos se dispersa como pequeñas esferas cilíndricas en el otro
- Empleando homogeneizadores de alta presión o microfluidizadores ➡ emulsiones con  $\emptyset$  de gota  $< 100 - 500$  nm
  - » Por sus dimensiones se consideran nanoemulsiones (10 – 100 nm) y el término fue descrito ya en 2009.
- Sus propiedades fisico-químicas (propiedades ópticas, estabilidad, reología, proceso de liberación, ...) está fundamentalmente determinadas por las características de las partículas que contienen: composición, concentración, tamaño, ecarga, stado físico, interfase...
- Componentes funcionales ➡ dentro de las gotas, en la región interfacial o en la fase continua
- Encapsulación ➡ relentización de la degradación química



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**

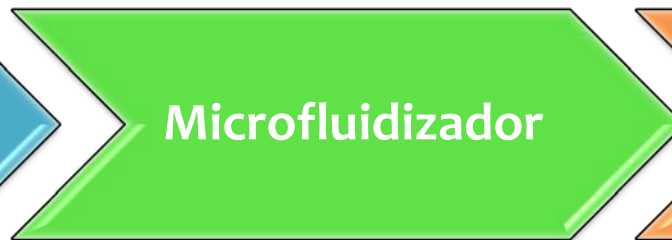
- Sistemas de liberación:

- Nanoemulsiones – proceso de fabricación

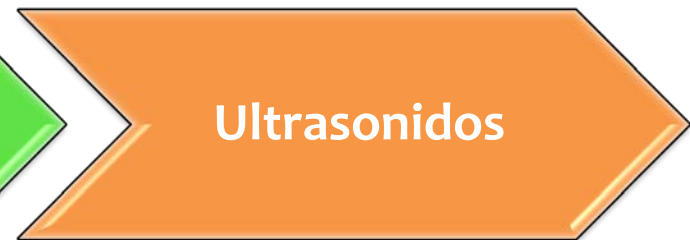
**SISTEMAS DE  
ALTA  
ENERGÍA**



- Reducción del tamaño de las gotas de una emulsión en bruto



- Hace pasar la emulsión en bruto por un orificio estrecho



- Mediante ondas ultrasónicas de alta intensidad (frec. > 20 kHz)



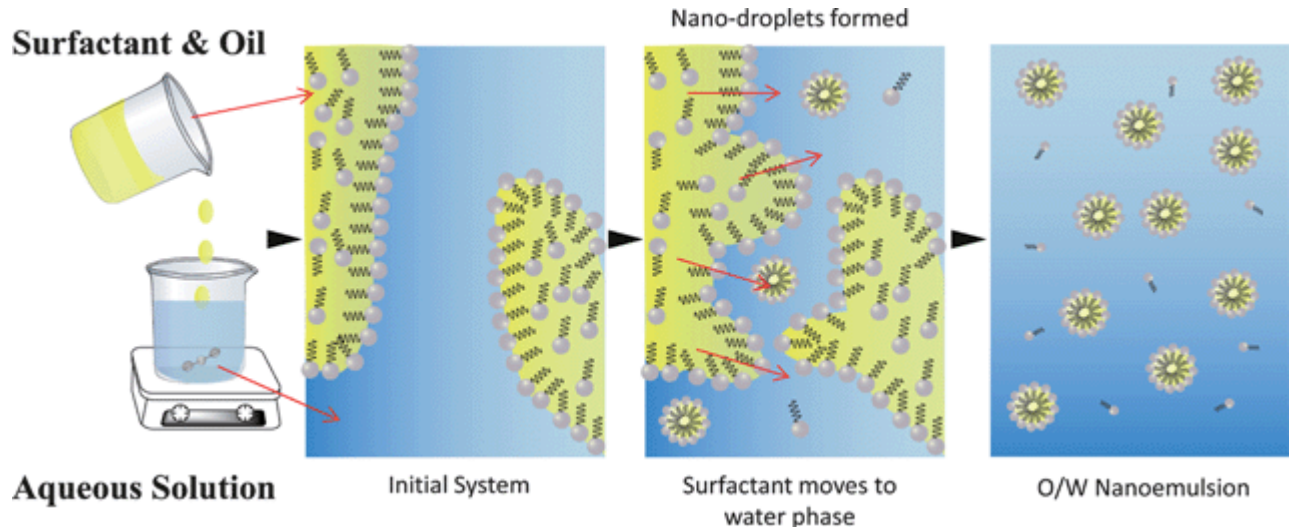
# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**
  - Sistemas de liberación:
    - **Nanoemulsiones – proceso de fabricación**

**SISTEMAS DE  
BAJA  
ENERGÍA**



- Las gotas de aceite se forman de manera espontánea al mezclar la fase oleosa con la acuosa



*Reproduced from Soft Matter, 2011, 7, 2297-2316 with permission of The Royal Society of Chemistry.*



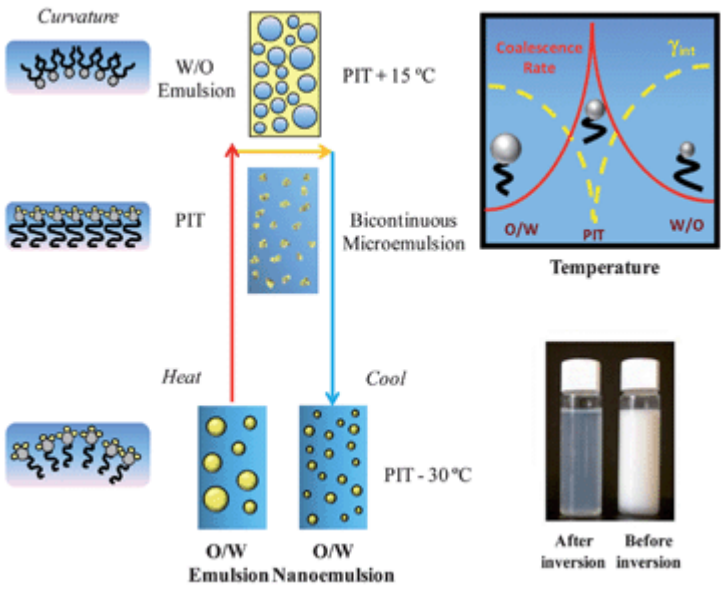
# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**

- Sistemas de liberación:

- **Nanoemulsiones – proceso de fabricación**

**SISTEMAS DE  
BAJA  
ENERGÍA**



- **Método PIT (*phase inversion temperature*)**  
Mediante el cambio en temperatura y control de las mezclas de fase oleosa, acuosa y surfactante, transformar la emulsión de un tipo a otro (agua/aceite en aceite/agua)

Reproduced from Soft Matter, 2011, 7, 2297-2316 with permission of The Royal Society of Chemistry



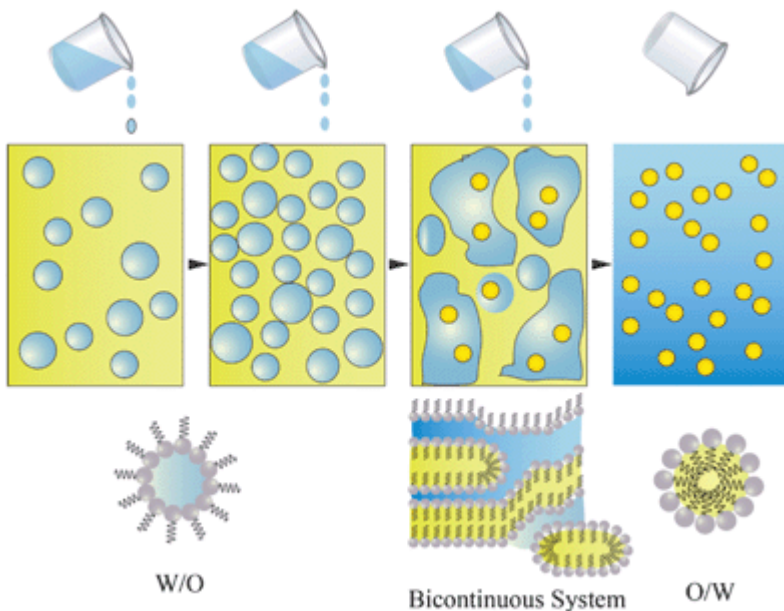
# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**

- Sistemas de liberación:

- **Nanoemulsiones – proceso de fabricación**

**SISTEMAS DE  
BAJA  
ENERGÍA**



- **Método EIP (*emulsion inversion point*)**

A través de una inversión de fase *catastrófica* Se aumenta la cantidad de fase acuosa en el sistema agua/aceite hasta conseguir que el sistema se convierta en aceite/agua.

Reproduced from Soft Matter,  
2011, 7, 2297-2316 with permission  
of The Royal Society of Chemistry





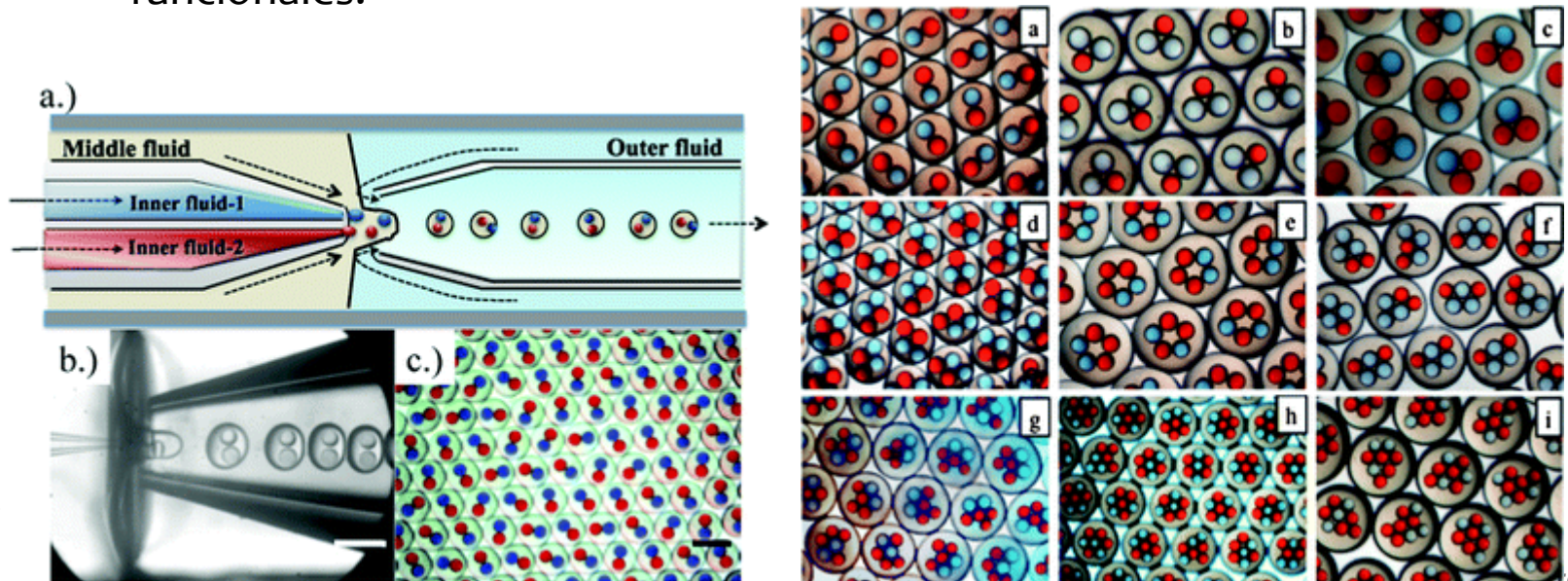
# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**

- Sistemas de liberación:

- **Emulsiones múltiples nanoestructuradas:**

- Más comunes: aceite/agua/aceite (oil-in-water-in-oil - **O/W/O**) y agua/aceite/agua (water-in-oil-in-water - **W/O/W**)
- Componentes funcionales ( $W_1/O/W_2$ ) ➡ dentro de la primera fase acuosa, dentro de la fase oleosa, dentro de la segunda fase acuosa
- Un único sistema de liberación que contiene diversos compuestos funcionales.



Reproduced from  
Soft Matter, 2012,  
8, 10719-10724 with  
permission of The  
Royal Society of  
Chemistry.



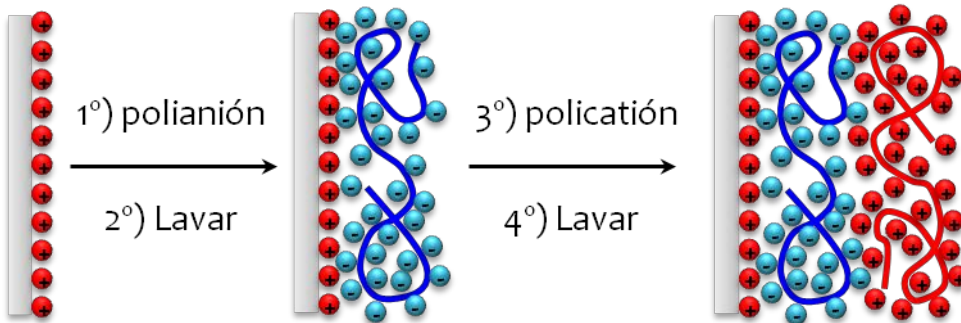
# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**

- Sistemas de liberación:

- **Emulsiones multicapa nanoestructuradas:**

- Núcleo oleoso rodeado de capas finas nanométricas compuestas de diferentes polielectrolitos.
- Método de deposición electrostático *layer-by-layer* (LbL): adsorción secuencial de polielectrolitos en superficies de partículas coloidales con carga opuesta
- Para la encapsulación de gotas oleosas en una emulsión o/w, se adsorbe un emulsionante iónico en la superficie de las gotas lipídicas durante la homogeneización obteniendo la emulsión primaria. A continuación se añade un polielectrolito de carga opuesta que será adsorbido en la superficie de la gota, obteniendo así gotas recubiertas de dos capas, etc.



– Modelo *cebolla* a capas



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**
  - Sistemas de liberación:
    - **Emulsiones multicapa nanoestructuradas:**
      - Emulsiones con gotas oleosas recubiertas por interfases de multicapas  
⇒ mayor estabilidad frente al estrés del entorno
      - Sistemas de liberación inteligentes ⇒ ingeniería de los recubrimientos
        - » Tecnología económica y fácilmente implementable
      - El componente funcional atrapado dentro del núcleo de un sistema de este tipo podría ser liberado en respuesta a un cambio de medio específico a través del diseño de la respuesta del recubrimiento:
        - » Disociación completa del recubrimiento: debilitamiento de las interacciones electrostáticas → disociación del recubrimiento por cambios en el pH o en la fuerza iónica (I).
        - » Porosidad modulada del recubrimiento → control de la liberación del ingrediente funcional
      - En principio, sería posible liberar uno o más materiales encapsulados tanto individualmente como simultáneamente.





# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANODISPERSIONES y NANOCÁPSULAS**
  - Sistemas de liberación:
    - **Nanopartículas biopoliméricas:**
      - Biopolímeros alimenticios ➡ proteínas o polisacáridos
      - Pueden formarse a partir de autoasociación o agregación de un único tipo de biopolímero o por la inducción de separación de fases en sistemas biopoliméricos mixtos
      - Procesos agregativos y segregativos con interacciones de tipo atracción/repulsión en la red.
      - Los ingredientes funcionales pueden encapsularse en estas nanopartículas y liberarse en respuesta a un cambio del medio ➡ alteración de las condiciones de la solución, lo que induce a:
        - » La disolución completa de las partículas
        - » Cambios en la porosidad de la partícula



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANOLAMINADOS**

- 2 o más capas de material con dimensiones nanométricas que se encuentran unidas entre sí física o químicamente.
- Obtención ➡ método LbL
  - Control del espesor y propiedades de las interfases de los films (1 – 100 nm por capa)
- Ventajas en la preparación de recubrimientos comestibles y films.
  - Sistemas barrera, textura, transportadores de ingredientes funcionales, ... que ya se emplean en diversos alimentos como frutas, vegetales, carnes, chocolates, golosinas,...
- Materias primas: polisacáridos, proteínas y lípidos.
  - No son sistemas perfectos: los films lipídicos son buenas barreras para la humedad, pero presentan baja resistencia al paso de gas y malas propiedades mecánicas.
- Films basados en biopolímeros mejoran ciertas propiedades
- Búsqueda de aditivos y sistemas que mejoren las propiedades funcionales del film
  - Polioles, gotas de emulsiones, surfactantes y micelas, fibras, materia particulada, ...
  - Hasta el momento ➡ poca consideración sobre la estructura interna



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANOLAMINADOS**

- Control de la composición, espesor, estructura y propiedades:
  - i. Cambiando el tipo de sustancias adsorbidas
  - ii. Modificando el número de ciclos
  - iii. Cambiar el orden dentro del proceso
  - iv. Alterar el medio (pH, fuerza iónica, constante dieléctrica, temperatura,...)
- Naturaleza de la fuerza de adsorción:
  - Electrostática, enlaces de H, interacción hidrofóbica, incompatibilidades termodinámicas, ...
- Superficie del sustrato
- Existen diferentes tipos de sustancias que pueden ser adsorbidas:
  - Con forma de gota
  - Particuladas
  - Polielectrolitos
  - Micelas
  - Lípidos
  - Moléculas polares



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANOLAMINADOS**

- La correcta elección del tipo de sustancia adsorbida para crear cada capa, el número de capas totales, la secuencia empleada y las condiciones de preparación de cada capa ➔ funcionalidad del film final.
- Puede emplearse para encapsular diversas sustancias hidrofílicas, anfifílicas o lipofílicas en los films.
  - Incorporar agentes funcionales activos (antimicrobiales, anticolorantes, antioxidantes, enzimas, sabores, colores, ... )
    - Aumento del tiempo de vida y de la calidad del alimento
- Es posible conseguir que todo el laminado sea fabricado con moléculas alimenticias como proteínas, polisacáridos o lípidos.



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANOPARTÍCULAS BIOPOLIMÉRICAS**

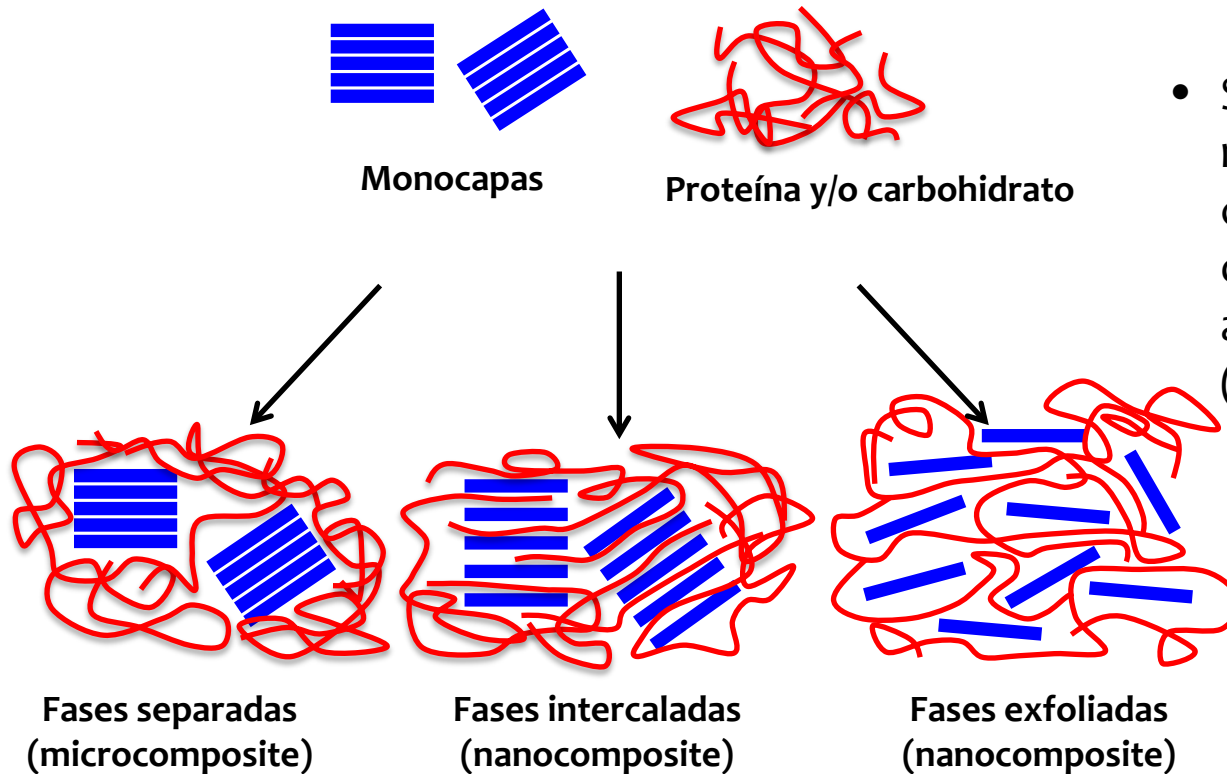
- 1932: Ácido poliláctico (PLA)
  - Caro aunque biodegradable
  - 1970: Empleo en suturas
  - 1980: obtención por fermentación bacteriana ➔ reducción en costo
  - Propiedades excelentes para la encapsulación
    - Sale rápidamente de la corriente sanguínea y queda “secuestrado” en el hígado y los riñones
    - Se rompe en los fluidos intestinales
  - Asociación con componentes hidrofílicos (como el PEG)
    - Control de la proporción PLA/PEG
    - Las NPs de copolímero son más pequeñas ➔  $< 200$  nm
    - PEG afecta al potencial zeta de las NPs ➔ menor carga negativa superf.
- NPs Biopoliméricas como sistemas de liberación ➔ no tóxicas
  - Desarrollo de nuevos sistemas de preparación
- Dependiendo del biopolímero ➔ superficies hidrofílicas o hidrofóbicas
  - Control del disolvente empleado para evitar agregación de NPs



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANOCOMPOSITES**

- Finales de los 80: investigadores del sector del automóvil encuentran que al añadir un 5% en peso de arcilla nanométrica ➔ mejora de las propiedades térmicas y mecánicas del nylon



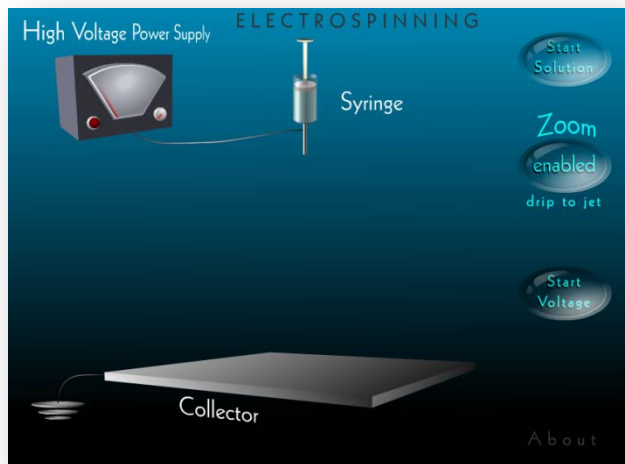
- Sistemas + estudiados: materiales híbridos compuestos de matrices orgánicas y rellenos arcillosos organofílicos (montmorillonita MMT)



# NANOMATERIALES FUNCIONALES

- **NANOFIBRAS y NANOTUBOS**

- $\emptyset < 100 \text{ nm}$  → proceso de electrospinning



»Animación del proceso de electrospinning:

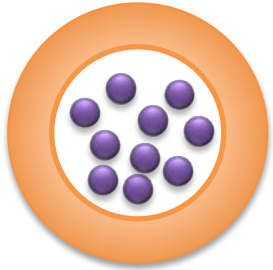
<http://www.phy.mtu.edu/nue/documents/Electrospinning.swf>

- Nanofibras biocompatibles → membranas porosas para la piel, regeneración de nervios, sustento para regeneración de huesos y cartílagos, matrices de transporte de medicamentos, ...
- Industria alimentaria: elemento de refuerzo en materiales de embalaje verdes
- Nanotubos: alfa-lactoalbúmina

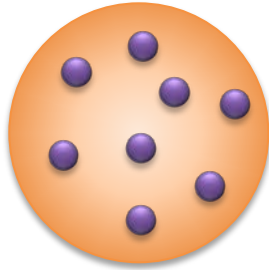


# TÉCNICAS DE NANOENCAPSULACIÓN PARA COMPONENTES BIOACTIVOS ALIMENTICIOS

- **Encapsulación:** proceso en el cual pequeñas partículas del núcleo del material se empaquetan dentro de un material pared formando cápsulas.
- Los métodos de encapsulación han sido empleados para proteger compuestos bioactivos y para sistemas de liberación controlada



Nanocápsulas



Nanoesferas

- **Nanocápsulas** son sistemas vesiculares en los cuales el compuesto bioactivo se encuentra confinado en una cavidad rodeada por una única membrana polimérica, mientras que **nanoesferas** son sistemas matriciales en los cuales el compuesto bioactivo se encuentra uniformemente disperso.

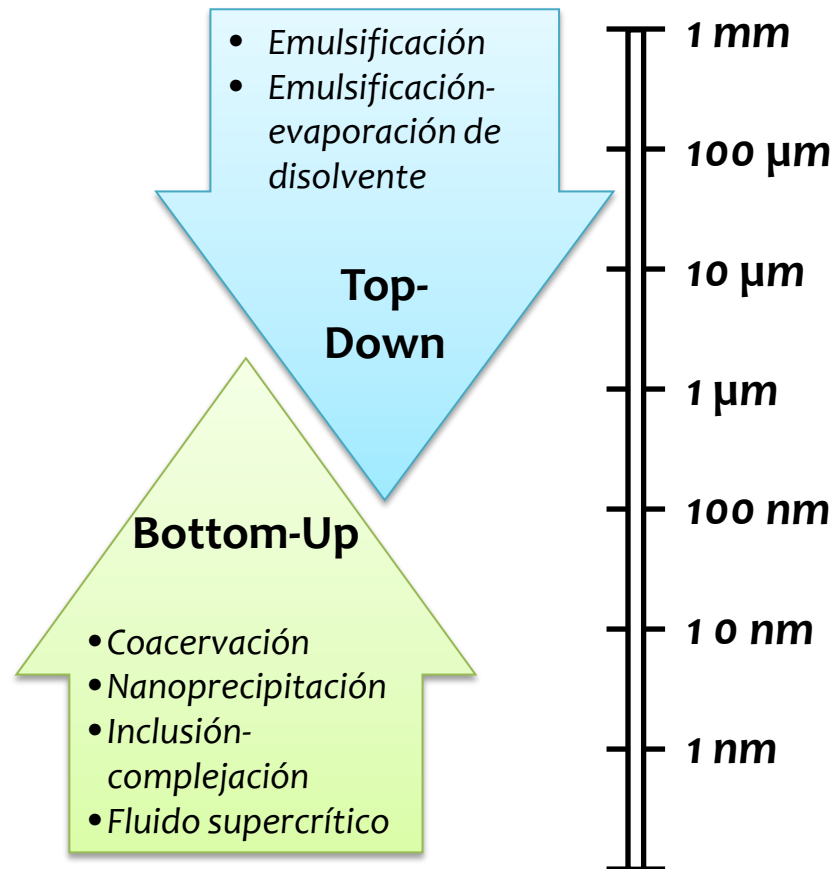
- **Materiales núcleo y recubrimientos empleados en nanoencapsulación:**
  - La biodisponibilidad de los nutraceuticos aumenta a medida que el nanotransportador facilite su entrada en la corriente sanguínea desde el intestino
    - Lipofílicos (licopeno, beta-caroteno, luteína, fitosteroles, DHA, ... )
      - Liberación incompleta
      - Altamente permeable a través del intestino
    - Hidrofílicos (ácido ascórbico, polifenoles,... )
      - Velocidad de liberación más alta





# TÉCNICAS DE NANOENCAPSULACIÓN PARA COMPONENTES BIOACTIVOS ALIMENTICIOS

- TÉCNICAS DE NANOENCAPSULACIÓN





# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- Los nanomateriales pueden ser tanto orgánicos (lo normal en sistemas naturales) o inorgánicos [metal(M)/óxido (OM)] y pueden distribuirse en tres categorías: 1) óxidos (M/OM); 2) nanomateriales funcionalizados y 3) sistemas orgánicos.
- **METAL/ÓXIDO DE METAL (o, en algunos casos también no metal)**
  - NPAs de metales de transición (Ag o Fe), metales alcalinotérreos (Ca o Mg) y no metales (Se o silicatos) → principalmente se emplean en el envasado de alimentos.
  - Nano-plata → cada vez más extendido su uso con aplicaciones médicas, cosméticos, productos de cuidado personal y materiales de embalaje de alimentos
    - Suplementos de acción antimicrobial naturales
  - Nano-sílice → aplicaciones en superficies en contacto con alimentos y embalajes, en el procesado de cervezas y vinos y como agente fluidizador de ciertas sopas
    - ¿seguridad?
      - No llega a diferirse en el tracto gastrointestinal y se produce la translocación a otras partes del organismo



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- **METAL/ÓXIDO DE METAL**

- Dióxido de titanio → en bulk se emplea como aditivo en alimentos ( $\text{TiO}_2$ , E171)

**E171: Dióxido de titanio** - Origen: Mineral blanco de origen natural.

**Función & características:** Es utilizado como colorante blanco para el recubrimiento de superficies, así como para otras funciones, entre las cuales pueden mencionarse que es usado para separar las capas en los productos (proveyéndolos de una barrera), y como agente blanqueador en las pastas dentales.

**Productos:** Ampliamente utilizado. **Ingesta diaria admisible:** Indeterminada. **Efectos colaterales:** Desconocidos.

**Restricciones dietéticas:** Ninguna; el E171 puede ser consumido por todos los grupos religiosos, así como por los vegetarianos (estrictos y no estrictos).

- Es posible que en el bulk se hallen incluidas fracciones de NPs
- Nano-  $\text{TiO}_2$ :
  - aplicaciones en diversos productos no relacionados con alimentos (capas protectoras, pinturas, células fotovoltaicas, ...)
  - Proyectada su utilización en productos de confitería que incluyen el uso de aditivos permitidos como el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ , E551), el óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ , E530) y el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ , E171)
    - » Capas finas de 50 nm o menos que proporcionen humedad o actuen como barreras de oxígeno → mejorar el tiempo de vida y/o el influir en los sabores



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

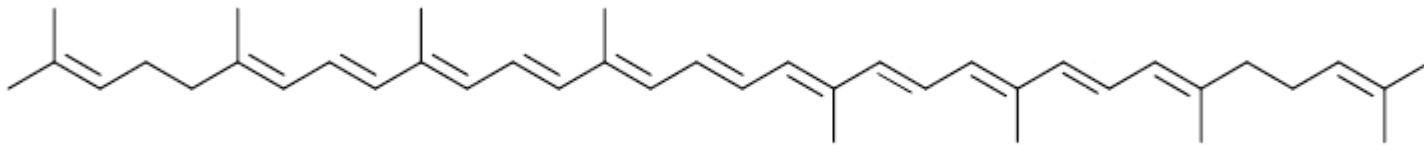
- **NANOMATERIALES CON SUPERFICIES FUNCIONALIZADAS**

- Añadir funcionalidad a la matriz como actividad antimicrobiana o para una mejor conservación frente a la absorción de oxígeno.
- En embalaje estas NPAs se emplean para unir la matriz polimérica ofreciendo una mayor fuerza mecánica o actuando como barrera frente al movimiento de gases, componentes volátiles o la humedad.



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- **NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS**
  - Suplementos (vitaminas y antioxidantes), colorantes, sabores y conservantes.
  - Gran capacidad de captación, absorción y biodisponibilidad en el organismo en comparación con el compuesto en bruto
    - ¿riesgo?
  - Ejemplo: licopeno (E-160d), presente en tomate y carotenoides



Estructura molecular del licopeno

- Presenta propiedades como colorante y antioxidante
- Tamaño de partícula ~ 100 nm
- La insolubilidad de los carotenoides en agua, su moderada solubilidad en grasas y aceites y su susceptibilidad ante la oxidación impide su uso directo y limita su capacidad colorante
- NPs evitan estos problemas



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- **NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS**

- Potenciales aplicaciones:

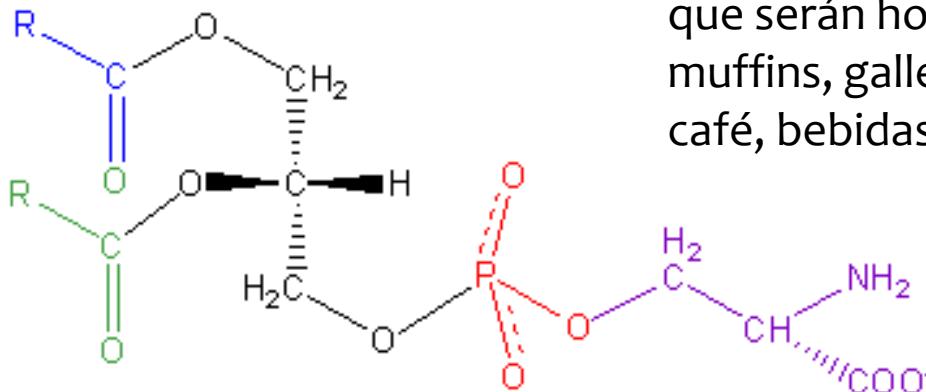
- Transportadores nanométricos de nutrientes y suplementos
- Nanoencapsulación de sustancias en liposomas, micelas o transportadores proteínicos
- Enmascarar sabores (aceites de pescado), protección frente a la degradación durante el procesado, mejora de la biodisponibilidad, ...
- Aditivos alimenticios (ácido benzoico, ácido cítrico, ácido ascórbico) y suplementos (vitaminas A y E, isoflavonas,  $\beta$ -caroteno, ácidos grasos omega-3, coenzima Q10)



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

## • NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS

- NanoCluster™ (RBC Life Sciences ®)
  - “slim shake chocolate” (nanoclusters de cacao):
    - Incorpora partículas de nanosílice cubiertas con cacao para aumentar el sabor a cacao
- Bioral™ nanocochleates (BioDelivery Sciences International, Inc.)
  - Sistema de liberación de nutrientes
  - Protege los micronutrientes y antioxidantes de la degradación durante el procesamiento y almacenamiento
  - Transportador tipo fosfatidilserina (~ 50 nm)
    - Permite añadir ácidos grasos omega-3 a productos que serán horneados o cocinados como pasteles, muffins, galletas o sopas, incluso a leche, yogures, café, bebidas energéticas,... sin alterar su sabor

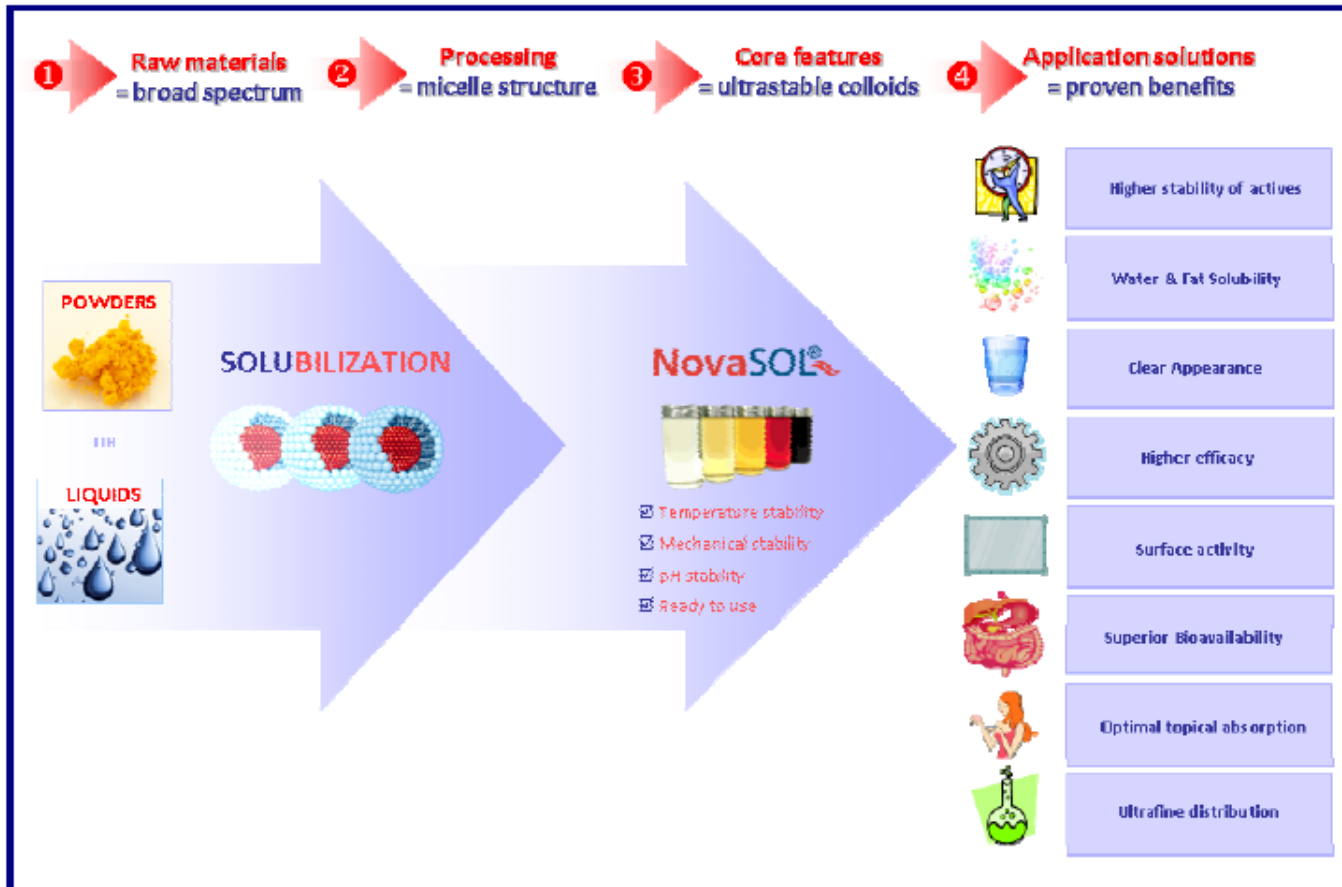


**Estructura molecular de la fosfatidilserina**  
Imagen de Jag123 (Wikimedia Commons con licencia dominio público)



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- **NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS**



**NovaSOL from AQUANOVA**  
<http://www.aquanova.de/>






# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS
  - Nanocéuticos (RBC Life Sciences<sup>®</sup>, Inc.)

## Silver-22



Retail Price: **\$39.00**

Available  \$31.00  
also at:  \$27.00

**How to Save**

QTY:

**Add to Cart**

**Label Info**

DESCRIPTION

PROFILE

### Silver-22<sup>™</sup>

*Traditional Silver Protection*

#### Key Benefits:

- Offers natural immune support\*

#### What is it?

Silver-22 provides the highest quality colloidal silver at a level of 22 part per million.\*

#### What is it formulated to do?

Silver-22 has been carefully prepared for those who recognize the long held tradition of using properly made silver as a traditional immune support.\*

#### Who may benefit?

Anyone who desires a traditional solution and is concerned with worrisome bacteria can benefit from immune support with Silver-22.

#### How is it used?

Silver-22 can be taken internally at the dose of ½ to 1 teaspoon per day for adults and ¼ - ½ teaspoon per day for children.





# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS
  - Nanocéuticos (RBC Life Sciences<sup>®</sup>, Inc.)



Retail Price: **\$79.00**

Available also at:  \$63.00  
 \$55.00

**How to Save**

QTY:

**Add to Cart**

**Label Info**

## Microhydrin (120) *Energy, Endurance, and Recovery*

### Key Benefits:

- Powerful antioxidant protection\*
- Energy and endurance\*
- Recovery after exercise\*

### *What is it?*

Microhydrin is a powerful antioxidant that supplies your body building blocks to help create energy, enhance endurance and speed recovery. Microhydrin can give you the life energy not provided by our modern diets.

### *What is it formulated to do?*

This uniquely powerful antioxidant provides your body with the building blocks to produce energy on a cellular level. You need an abundant supply of electrons to generate energy. Microhydrin provides the highest number of electrons of any antioxidant available.

### *Who may benefit?*

Everyone can benefit from Microhydrin. If you need energy, endurance and an increased ability to recover quickly you need Microhydrin.

### *How is it used?*

Microhydrin can be taken every day as a powerful antioxidant.

<https://www.rbclife.com/en-us/products/detail.aspx?product=15442>



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS
  - Agua MATERNAL (La posta del águila)

Especialmente para el bebé y la mamá en periodo de gestación, nuestra agua mineral es sin tratamientos químicos, usamos la tecnología de **NANOPARTICULAS DE IONES DE PLATA COLOIDAL**





# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS
  - **MesoPlatinum® - Nanoparticle Colloidal Platinum (Purest Colloids)**

## MesoPlatinum® - Nanoparticle Colloidal Platinum

MesoPlatinum is a **true colloidal platinum** mineral supplement and has the highest particle surface area for maximum effectiveness.

**BUY IN BULK AND SAVE!**

Gallon size jugs save 37% vs. the single bottle price.

**ORDER NOW!**

Using our secure server or by phone.


Money Back Guarantee




### MesoSilver


Our Most Popular Product  
True Colloidal Silver

[LEARN MORE ▶](#)



### Download our PRODUCT BROCHURE

Available as a PDF 



<https://www.purestcolloids.com/mesoplatinum.php>

*“Concentration: 10 ppm (minimum) of platinum nanoparticles”*

*“Mesoplatinum is an all natural mineral supplement in the form of a platinum colloid consisting of nanometer particles of 0.9999 pure platinum suspended in pure deionized water.”*



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS
  - Nano Skin Rejuvenator (MaatShop™)



*Nano Skin  
Rejuvenator*

*a beautiful, gentle  
product with the magic  
of nanotechnology*

clear, soft, less wrinkled skin

from Advanced Nano Technologies

recommended by Drunvalo



# NANOMATERIALES CON APLICACIÓN EN LOS ALIMENTOS Y SALUD

- **NANOADITIVOS ORGÁNICOS Y NANOESTRUCTURAS PROCESADAS EN ALIMENTOS**
  - Puede conseguirse que moléculas solubles en agua (como la vitamina C) puedan ser dispersadas en grasas a través de nanotransportadores y viceversa.
    - En caso de liberación en el tracto intestinal, las consecuencias y riesgos serían similares al empleo de los compuestos en bulk
    - Si la liberación se produce en el corriente sanguíneo el ADME (absorción, distribución, metabolismo y excreción) puede cambiar → posible riesgo para la salud
  - Desarrollo de ingredientes alimenticios y aditivos nanoestructurados (o nanotexturizados) ⇔ mejora del gusto, color, sabor, textura y consistencia.
    - Mayonesas, patés o helados nanoestructurados que presentan una textura cremosa con muchos menos e incluso sin adición de aditivos grasos
    - Nanoemulsiones, micelas de surfactantes, emulsiones en bicapa, emulsiones dobles o triples y micelas invertidas
    - La producción no se centra en la reducción de tamaño al nm sino que incluso en  $\mu\text{m}$  ya se aprecia una importante mejora
      - Sal
      - Reestructuración del agua en las emulsiones



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- Interés en incorporar micronutrientes en alimentos y bebidas funcionales
- Sistemas coloidales de transporte y liberación basados en nanotecnología
  - Selección del sistema más apropiado en función de la aplicación:
    - Se requiere un conocimiento de:
      - Las propiedades del micronutriente
      - La naturaleza del alimento que actuará como matriz

## ESTABILIDAD Y BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- *ESTABILIDAD EN EL PRODUCTO:*
  - Susceptibilidad del micronutriente a degradarse dentro del producto es función de:
    - Características moleculares y fisicoquímicas
    - Naturaleza de la matriz
    - Condiciones de almacenamiento





# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- Los micronutrientes pueden ser susceptibles de mostrar inestabilidad química, enzimática y/o física al ser incorporados en un alimento:
  - Inestabilidad química:
    - Cambios en la forma molecular ➔ cambios en propiedades fisicoquímicas y atributos nutricionales
    - Oxidación, reducción, hidrólisis, isomerización, ...
    - Reacciones que pueden estar catalizadas por enzimas y otros activadores presentes en los alimentos
  - Inestabilidad física:
    - Cambios en la organización o en la localización de las moléculas de micronutrientes en el sistema
    - Cambios de fase, separación gravitacional y agregación
- **Controlar eficazmente la estabilidad química, enzimática y física del micronutriente en el producto alimenticio:**
  - **Identificar los mecanismos de degradación dominantes**
  - **Establecer qué factores influyen a dicha degradación**





# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- BIODISPONIBILIDAD TRAS LA INGESTIÓN:
  - El micronutriente debe ser absorbido por el cuerpo humano
  - Para medicamentos y nutraceuticos, la biodisponibilidad (F) se determina midiendo el área bajo la curva (AUC) en sangre tras la ingesta de una cantidad conocida de bioactivo, frente al AUC en sangre tras inyectar en vena una cantidad similar de bioactivo.
  - En el caso de productos alimenticios, la biodisponibilidad total de un componente bioactivo también depende de su potencial degradación química a lo largo de la elaboración, transporte y almacenamiento, además de los fenómenos que ocurran a lo largo del tracto gastrointestinal (GIT)
  - Biodisponibilidad (F):
$$F = F_C \times F_B \times F_A \times F_M$$
    - donde FC = fracción de micronutriente que se mantiene en forma activa en el alimento en el momento de la ingestión; FB = bioaccesibilidad (fracción de micronutriente liberada del alimento y solubilizada en los fluidos gastrointestinales de forma que puede ser absorbida); FA = absorción (fracción de micronutriente transportada por el lumen intestinal a través de la capa de mucosidad y a través de las células del epitelio); FM = metabolismo (fracción de micronutriente en forma bioactiva tras las transformaciones químicas en el GIT).



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- La fracción de micronutrientes que sobreviven al procesado y almacenamiento del alimento ( $F_c$ ) es fácilmente medible antes de que el alimento sea ingerido.
- Se han desarrollado modelos *in vitro* gastrointestinales que permiten calcular la biodisponibilidad.
- Condiciones fisicoquímicas y fisiológicas en diferentes regiones del GIT humano:



**BOCA**

- pH 5 – 7
- Enzimas
- Sales
- Biopolímeros
- 5 – 60 s



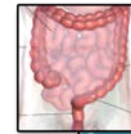
**ESTÓMAGO**

- pH 1 – 3
- Enzimas
- Sales
- Biopolímeros
- Agitación
- 30 min – 4 h



**INTESTINO DELGADO**

- pH 6 – 7,5
- Enzimas
- Sales, Bilis
- Biopolímeros
- Agitación
- 1 – 2 h



**COLON**

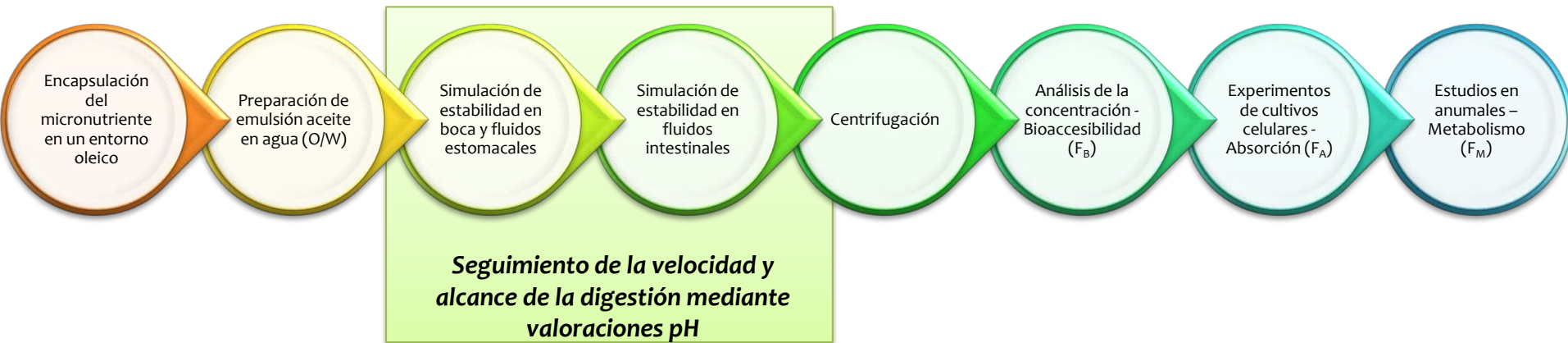
- pH 5 – 7
- Enzimas
- Bacterias
- Agitación
- 12 – 24 h

- Estos modelos permiten estudiar la influencia de diferentes formulaciones en la biodisponibilidad de los micronutrientes y establecer los mecanismos fisicoquímicos



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

Esquema del modelo de digestión *in vitro* empleado para estimar la biodisponibilidad y absorción de componentes bioactivos (ácidos grasos libres)



- Mediante este modelo es posible extraer la siguiente información sobre la biodisponibilidad de micronutrientes:
  - Control de la digestión de lípidos en el intestino delgado (pH-metro)
  - Cantidad de micronutrientes solubilizados en los fluidos intestinales, los absorbidos y metabolizados.
- Tras el modelo basado en *in vitro*, se traslada a *in vivo*



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

TABLA 05.02

- **COMPOSICIÓN:**
  - Influencia en las propiedades funcionales finales:
    - Propiedades fisicoquímicas – densidad, polaridad
    - Propiedades de partícula – tamaño, carga, tipo de interacciones
    - Propiedades protectoras – actividad antioxidante
    - Propiedades de encapsulación – capacidad de carga y eficiencia en la carga y de la retención
    - Propiedades de liberación – velocidad, cuánto, cuándo, dónde
  - La composición, estructura y propiedades fisicoquímicas de las nanopartículas que se empleen en la encapsulación de los micronutrientes son parámetros fundamentales a la hora de analizar su estabilidad en el alimento y la biodisponibilidad del micronutriente tras la ingesta.
  - La composición de la nanopartícula va a influir en muchas de las propiedades del sistema final.



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

TABLA 05.02

- **COMPOSICIÓN:**
  - Influencia en las propiedades funcionales finales:
    - Propiedades fisicoquímicas
    - Propiedades de partícula
    - Propiedades protectoras
    - Propiedades de encapsulación
    - Propiedades de liberación
  - A la hora de decidir el diseño, también se debe tener en cuenta el coste y la seguridad
  - ¿Qué requerimientos debe cumplir?
    - Para decidir qué tipo de ingredientes usar es importante conocer las propiedades fundamentales que se considere que deben tener.

TABLA 05.03



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

TABLA 05.03

- **COMPOSICIÓN:**
  - Hay que controlar los cambios eléctricos inducidos por el pH o la fuerza iónica, ya que variará el comportamiento del ingrediente en dicha región.
  - Ejemplos de diseño de sistemas de liberación:
    - Si el micronutriente debe liberarse en el estómago o en el intestino delgado, es importante que las nanopartículas se disocien en la parte superior del tracto gastrointestinal (GIT)
    - Si el micronutriente debe liberarse en el colon, en este caso se buscará que las nanopartículas se mantengan íntegras en la parte superior del GIT y que se disocien en la parte inferior. Para ello se deben fabricar las nanopartículas con fibras que generalmente son digeridas en dichas regiones.



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- **ESTRUCTURA y DIMENSIONES:**
  - El tamaño, forma y estructura interna varían en función del método de preparación y el tipo de material.
    - Los diferentes sistemas coloidales tienen distintas dimensiones:
      - Micelas de surfactantes → 10 nm
      - Gotas de nanoemulsiones → 100 nm
      - Partículas de proteínas → 250 nm
  - El tamaño de partícula es importante porque afecta a la claridad óptica, a la estabilidad fisicoquímica, a las características de encapsulación y liberación y a la actividad biológica.
  - La forma más habitual de los nanosistemas de encapsulación es esférica (micelas, microemulsiones, nanoemulsiones y nanopartículas biopoliméricas tienden a adoptar esa forma).



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- **ESTRUCTURA y DIMENSIONES:**
  - Existen numerosos estudios que demuestran la importancia del tamaño de la partícula para su transporte a través de la capa mucosa, su absorción en las células del epitelio y grasas.
  - En general, **menor tamaño de partícula** ⇒ **mayor absorción de las partículas a través del GIT.**
    - Las partículas mayores de 300 nm no son transportadas directamente a la circulación sistémica, mientras que partículas mayores han llegado a ser detectadas en el sistema linfático y en la sangre (pueden “escapar” a través de uniones no del todo ajustadas)
  - Es posible controlar el destino biológico de nanopartículas *alimenticias* controlando su tamaño y superficie inicial.
  - Existen límites a la modificación de las propiedades de las nanopartículas comestibles que se pretenden emplear en alimentos debido a las restricciones relativas a la regulación y el coste.





# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- *CARACTERÍSTICAS INTERFACIALES:*
  - Determinan las interacciones con otras especies presentes en el medio, como minerales, polímeros, partículas o superficies.
  - En la superficie se pueden producir variaciones de:
    - Polaridad, carga y espesorque influyen a:
    - Propiedades funcionales y estabilidad ante la agregación.
  - Estos parámetros afectan a las interacciones coloidales como interacciones hidrofóbicas, electrostáticas o estéricas.
  - Los nanosistemas con superficies muy polares serán dispersables en agua, mientras que los no-polares tendrán tendencia a agregarse e interactuar con otras sustancias no polares.
    - $\zeta$ -potencial vs pH



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- *CARACTERÍSTICAS INTERFACIALES:*

- Las nanopartículas pueden estar cargadas positivamente, negativamente o ser neutras, dependiendo de su composición y del entorno.
  - Como en otros sistemas, las nanopartículas con igual carga tienden a repelerse y las de distinta carga se atraen.
  - Las nanopartículas fuertemente cargadas no se absorben fácilmente en la mucosa gastrointestinal.
- Las superficies pueden ser funcionalizables con pequeñas moléculas, polímeros o biomoléculas, pudiendo influenciar en parámetros como el tiempo de residencia (por ejemplo, las proteínas hidrofóbicas necesitan un mayor tiempo) en el GIT (capacidad bioadesiva).
  - La funcionalización ayuda a controlar la estabilidad, solubilidad y la unión de las nanopartículas a ciertos tejidos u órganos.
  - Las funcionalizaciones están muy desarrolladas en fármacos, pero mucho menos en alimentos debido a los problemas con las regulaciones.



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- *CARGA y RETENCIÓN DE NUTRIENTES:*

Algunas de las características más importantes a tener en cuenta en el diseño de un sistema de liberación son la máxima cantidad de micronutriente que puede almacenar, qué fracción queda retenida en la nanopartícula y la habilidad de liberación de micronutriente en un lugar determinado o por un efecto concreto.

Para ello se han establecido una serie de parámetros que describen estas características:

- LC: porcentaje máximo de micronutriente incorporable en una NP
- EE: porcentaje de micronutriente atrapado en una NP
- RE: porcentaje de micronutriente que se mantiene en una NP tras un cierto tiempo de almacenamiento



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- **CARGA y RETENCIÓN DE NUTRIENTES:**

- ¿Cuál es la máxima cantidad de nutriente retenible y transportable?

- LC: porcentaje máximo de micronutriente incorporable en una NP
- EE: porcentaje de micronutriente atrapado en una NP
- RE: porcentaje de micronutriente que se mantiene en una NP tras un cierto tiempo de almacenamiento

Donde  $m_N$  es la masa de micronutriente en la nanopartícula;  $m_p$  es la masa total de nanopartícula; E se refiere a la cantidad de nutriente encapsulado; T es la cantidad total; t se refiere al tiempo y o al momento inicial.

### Sistema Ideal:

- ↑ LC
- ↑ EE
- ↑ RE

$$LC = 100 \times \frac{m_N}{m_p}$$

$$EE = 100 \times \frac{m_{N,E}}{m_{N,T}}$$

$$RE = 100 \times \frac{m_{N,t}}{m_{N,0}}$$



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- *PROTECCIÓN del MICRONUTRIENTE:*
  - Muchos micronutrientes pueden degradarse (química o enzimáticamente) a lo largo del tiempo de almacenamiento
  - Nanosistema debe inhibir dichas transformaciones
    - Por ejemplo, el buen conocimiento del mecanismo de degradación
      - » Oxidación lipídica por grasas poliinsaturadas y carotenoides (fn. de la temperatura, exposición a la luz, niveles de oxígeno y la presencia y concentración de metales de transición, enzimas oxidantes y pro-oxidantes.
      - » Nanosistema puede incorporar:
        - Sustancias que absorban la luz, antioxidantes o agentes quelantes a fin de inhibir la oxidación del micronutriente.



# NANOTECNOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE BIODISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

## CARACTERÍSTICAS DE LOS NANOSISTEMAS

- *CARACTERÍSTICAS de la LIBERACIÓN del NUTRIENTE:*
  - Los nutrientes estarán almacenados en un alimento hasta que sean liberados en algún punto del GIT humano.
  - Importante conocer dónde queremos liberarlos . Por ejemplo:
    - Algunos micronutrientes son degradados químicamente en el medio ácido tan fuerte que se genera en el estómago, por lo que es necesario mantenerlos dentro de la nanopartículas hasta que llegue al intestino delgado.
    - Algunos micronutrientes deben ser liberados en el colon, debiendo mantenerse intactos hasta ese momento.
  - Los mecanismos de liberación dependen de la naturaleza del nanosistema:
    - Por difusión, por inflamación, por desensamblaje del nanosistema, debido al debilitamiento de las fuerzas electrostáticas ...

TABLA 05.03



# INGREDIENTES Y ADITIVOS ALIMENTICIOS DE TAMAÑO NANOMÉTRICO...

- Entrada al tracto GI  $\Rightarrow$  a través de alimentos y bebidas
- Naturaleza físico-química de los nanomateriales y el tiempo de exposición
- Absorción de nutrientes  $\Rightarrow$  en el intestino tras la digestión
  - Pared diseñada para asegurar el paso de los nutrientes y prevenir la entrada de materiales mayores o extraños.
  - A nivel celular el transporte está bien regulado
  - Debido al muy pequeño tamaño, y dependiendo de la carga de la superficie y el revestimiento, los nanomateriales pueden hacer caso omiso de estos mecanismos y acabar en tejidos y órganos  $\Rightarrow$  riesgo potencial de envenenamiento
- Nanomateriales naturales no biopersistentes presentan el mismo riesgo que los equivalentes en bulk
- NPAs insolubles/no digeribles  $\Rightarrow$  posibilidad de translocación y a mayor superficie, más reactivas
  - ¿funcionamiento en el aparato digestivo?

Translocación en el intestino  
Depende de

1. Difusión y accesibilidad a través del mucus
2. Contacto inicial con enterocitos o células M
3. Transporte celular
4. Eventos de post-translocación