

# Desarrollo de un envase bio-sinérgico inteligente



Alumna: Andrea Gómez Herrera  
TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS



## 1. Introducción

El envasado de alimentos es una barrera fundamental para preservar la calidad y seguridad de los productos. Sin embargo, los sistemas convencionales son pasivos, incapaces de responder a las condiciones dinámicas de deterioro o de comunicar el estado real del alimento al consumidor. Este trabajo propone el desarrollo de un Envase Bio-Sinérgico Inteligente, un sistema avanzado que integra las funciones de envasado activo e inteligente mediante el uso de biopolímeros, con el objetivo de extender la vida útil y reducir el desperdicio alimentario.

El concepto central reside en un envase fabricado con una matriz biodegradable capaz de autodefenderse y automonitorearse. La sinergia se logra al vincular la liberación de compuestos protectores naturales con un sistema de indicación de caducidad, ambos disparados por los mismos metabolitos de deterioro del alimento.

## 2. Descripción del Envase Bio-Sinérgico

El diseño se fundamenta en la combinación de tres elementos clave:

### 2.1. Matriz Estructural a Base de Biopolímeros

El envase se construye a partir de biopolímeros biocompatibles y biodegradables, como el alginato de sodio o el quitosano. Estos materiales no solo ofrecen las propiedades de barrera requeridas, sino que también actúan como una matriz huésped idónea para la encapsulación de los agentes activos. La elección de estos biopolímeros subraya el compromiso del proyecto con la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental del envasado.

### 2.2. Componente Activo: El Agente de Defensa

Este componente es el núcleo de la función activa del envase. Consiste en **agentes bioactivos naturales** (como polifenoles, aceites esenciales o, preferentemente, microorganismos lácticos inactivos – LAB liofilizadas) encapsulados dentro de la matriz de biopolímero. La encapsulación está diseñada para mantener el agente inactivo y protegido hasta que una condición específica lo desencadene.

### 2.3. Componente Inteligente: El Indicador de Caducidad

Para dotar al envase de la funcionalidad inteligente, se integra un **indicador de frescura** en la matriz del biopolímero o en un parche adyacente. Este componente consiste en un agente cromogénico (tinta o pigmento) altamente sensible a los cambios químicos que

acompañan el deterioro del alimento, como las variaciones en el potencial de hidrógeno pH o el incremento en la concentración de gases volátiles (aminas o CO<sub>2</sub>). La selección del tinte, a menudo de grado alimentario, permite que el indicador exhiba un cambio de color visible y cuantificable, proporcionando así una señal óptica directa y legible para el consumidor.

### **3. Mecanismo de Funcionamiento Bio-Sinérgico**

El sistema opera bajo un ciclo de respuesta autónomo, activándose únicamente cuando el alimento comienza a manifestar signos de deterioro.

#### **3.1. Detección del Disparador**

El deterioro de los alimentos perecederos se caracteriza por la liberación de humedad y metabolitos volátiles, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en frutas o aminas y ácidos orgánicos por la actividad microbiana. Estos compuestos actúan como la señal de disparo que migra desde el alimento hasta el envase.

#### **3.2. Activación de la Defensa Activa**

Al detectarse el aumento de la humedad o la presencia de los metabolitos:

- ❖ **Reactivación:** En el caso de los microorganismos lácticos encapsulados, la humedad rehidrata y reactiva las bacterias.
- ❖ **Liberación de Agente:** Las LAB reactivadas comienzan a crecer y a metabolizar, produciendo ácido láctico. Este ácido láctico cumple una doble función: actúa como un potente agente antimicrobiano (disminuyendo el pH y compitiendo con patógenos) y como el primer indicador químico del deterioro.

De esta manera, el propio envase se "defiende" del deterioro al liberar el agente conservante de forma precisa e inmediata.

#### **3.3. Indicación Inteligente de Caducidad**

La misma alteración química que desencadena la defensa activa está directamente acoplada al componente inteligente:

- ✓ **Cambio Químico:** El aumento en la concentración de ácido láctico (o aminas) en el espacio de cabeza del envase altera el pH local.

- ✓ **Respuesta Visual:** El tinte indicador reacciona a este cambio de pH mediante un **cambio de color** precalibrado (por ejemplo, de verde a rojo).
- ✓ **Cálculo de Caducidad Dinámico:** La intensidad y progresión del cambio de color se correlacionan directamente con la cinética de deterioro del alimento. El envase no proporciona una fecha estática, sino una **lectura visual en tiempo real** de la vida útil restante, superando la limitación de las fechas de caducidad fijas.

Estructura de la leyenda en el envase para el consumidor:

Estado de Frescura	Color/Estado del Indicador	Implicación para el Consumidor
Fresco	Verde Brillante	El producto está en condiciones óptimas. <b>Máxima frescura.</b>
Inicio de Deterioro	Amarillo Claro (Cambio inicial)	Se ha detectado la señal de deterioro. La <b>defensa activa se está liberando</b> para combatir el proceso.
Advertencia	Naranja (Cambio significativo)	El envase ha agotado gran parte de su capacidad de defensa activa. <b>Consumo recomendado dentro de las próximas 24 horas.</b>
Caducado	Rojo Intenso (Cambio completo)	El crecimiento microbiano ha superado el sistema de defensa. <b>El producto ya no es apto para el consumo.</b>

- Ejemplo de leyenda para el producto:



- Ejemplo integrado en un producto:



## BIBLIOGRAFIA

- THE FOOD TECH. *La química y los envases inteligentes: innovación para el sector del packaging alimentario.* [Artículo en línea]. Ciudad de México: The Food Tech, 2025. [Consultado: 3 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://thefoodtech.com/packaging-y-procesamiento/el-papel-la-quimica-en-los-alimentos/>
- ITENE. *Envases activos para alargar la vida útil de productos.* [Página web]. Valencia: Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística (ITENE), s.f. [Consultado: 3 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://itene.com/soluciones/envases-activos-alargar-vida-util-productos/>
- AGENCIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN (AESAN). *Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) sobre envases activos e inteligentes en relación con la seguridad alimentaria.* [Informe en línea]. Madrid: AESAN, 2014. [Consultado: 3 de diciembre de 2025]. Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/ENVASES\\_ACTIVOS\\_INTELIGENTES.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/ENVASES_ACTIVOS_INTELIGENTES.pdf)
- IZAITE. *Envases activos e inteligentes para un mayor control alimentario y evitar el desperdicio de alimentos.* [Artículo en línea]. Vitoria: Izaite, 2022. [Consultado: 3 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.izaite.net/noticias/9/envases-activos-e-inteligentes-para-un-mayor-control-alimentario-y-evitar-el-desperdicio-de-alimentos>