

PROCESO DE OBTENCION DE UN SISTEMA IMPERMEABLE DE RESISTENCIA A
TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ALTAS TEMPERATURAS PARA ENTIDADES
BIÓTICAS.

5

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se puede incluir en el campo técnico de los procesos destinados a prolongar la vida útil de productos que incluyen entidades bióticas viables, en los cuales resulta necesario mantener dicha viabilidad a lo largo del tiempo, aun cuando dichos productos sean sometidos a tratamientos térmicos destinados a extender su conservación. En particular, la invención proporciona procesos de impermeabilización de dos fases que permiten obtener productos perecederos con una vida útil extendida y una estabilidad mejorada, preservando sustancialmente la viabilidad de las entidades bióticas incorporadas, lo que hace a la invención especialmente aplicable a productos que requieren mantener propiedades biológicas funcionales durante su almacenamiento, transporte y comercialización.

20

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las bebidas lácteas con capacidades probióticas tienen un tiempo corto de vida debido a los microorganismos de fermentación que siguen su actividad incluso después de empacados, lo cual requiere que se deban refrigerar para pausar esta actividad metabólica. Esto hace que las bebidas no puedan pasar por un proceso de UHT para alargar su vida donde la viabilidad de los microorganismos se va a ver afectada. De esta forma, la presente invención plantea una formulación y producción de un sistema

impermeabilizante que contengan diferentes tipos de microorganismos de interés, protegiéndolos de los procesos de altas temperaturas y estabilizando su viabilidad por periodos largos de tiempo.

- 5 En el estado del arte se encuentran algunos documentos que están relacionados con la impermeabilización de matrices bióticas uno de este ejemplo corresponde a la patente WO2008041876A2 describe una matriz simbiótica pre-fermentada basada en una suspensión de cereales, preferentemente avena, que incorpora probióticos encapsulados y prebióticos, destinada principalmente a la elaboración de alimentos
- 10 funcionales. La invención propone encapsular los microorganismos para mejorar su estabilidad, viabilidad y resistencia frente a condiciones ambientales y digestivas adversas, permitiendo además una pre-fermentación que optimiza el proceso productivo, reduce riesgos de contaminación y puede disminuir los tiempos de fabricación. Esta matriz puede aplicarse no solo en productos alimenticios para
- 15 consumo humano o animal, sino también en formulaciones farmacéuticas o cosméticas donde se requiera estabilidad y eficacia de microorganismos beneficiosos de acuerdo con esta divulgación para el sistema impermeabilizante se requieren realizar emulsiones en aceite para poder realizar la impermeabilización, esta emulsiones aceite no son deseables en muchas industrias ya que pueden alterar de forma significativa la
- 20 sensación en boca y generar sensaciones no deseables en el consumidor final.

- Por otro lado, también se encuentra la patente WO2000057712A1 describe productos alimenticios preservados mediante biocontrol y los métodos para lograrlos. La invención propone incorporar microorganismos no tóxicos y/o sus productos dentro de alimentos,
- 25 especialmente productos alimenticios húmedos o con alta actividad de agua, de manera que estos microorganismos actúen como agentes de biocontrol para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos o dañinos, sin necesidad de recurrir a

conservantes químicos tradicionales. Estos microorganismos se añaden en forma seca o encapsulada para resistir procesos como la pasteurización y liberarse después, cuando el producto está refrigerado, reduciendo así el riesgo de proliferación de patógenos durante almacenamiento y manipulaciones, y manteniendo al mismo tiempo la calidad sensorial y de seguridad del alimento. Este documento utiliza materiales
5 celulósicos para la encapsulación lo que difiere en gran medida de los materiales que se utilizan en la presente invención, adicionalmente no se describe que cuando se encapsulan los microorganismos estos pueden soportar temperaturas de pasteurización.

10 En un campo técnico similar se encuentra La patente WO2014209912A1 describe métodos de biopreservación de alimentos y bebidas, especialmente de productos con bajo contenido de ácido como jugos, que combinan la adición de microorganismos no patógenos (por ejemplo bacterias lácticas como *Lactobacillus casei*) con procesos de alta presión (HPP) para crear productos estables y seguros; tras ese tratamiento, las
15 bacterias viables pueden reducir el pH durante el almacenamiento, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos y prolonga la vida útil sin necesidad de conservantes químicos tradicionales. Este documento describe que los microorganismos pueden estar encapsulados o no pero no describe con claridad como se encapsulan estos microorganismos o si los mismos pueden soportar los tratamientos
20 térmicos como la pasteurización de una matriz alimentaria.

Por último, se encuentra la patente la patente WO2007019901A1 describe productos alimenticios o preparaciones farmacéuticas que combinan probióticos con anticuerpos o fragmentos de anticuerpos activos en el intestino y los métodos para fabricarlos. La
25 invención propone añadir de forma independiente tanto microorganismos probióticos beneficiosos como anticuerpos o fragmentos de anticuerpos activamente efectivos en el tracto gastrointestinal dentro de alimentos o formulaciones para proporcionar

beneficios de salud a los consumidores, como mejorar la función intestinal o protección inmunológica. También se contempla el uso de implementos recubiertos con estos componentes que liberan los probióticos y anticuerpos cuando se introducen en alimentos o bebidas, mejorando así la entrega de estos agentes al sistema digestivo humano.

Sin embargo, es claro que en el estado del arte existe una necesidad de una formulación y proceso que permite impermeabilizar entidades bióticas, que permite protegerlas tanto a tratamientos térmicos como a los procesos digestivos, logrando tener concentraciones elevadas de estos microorganismos de interés.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.

La presente invención se refiere a un método para la obtención de un sistema impermeable capaz de conferir resistencia a altas temperaturas a microorganismos, mediante un proceso de extrusión iónica. El método comprende la preparación de una primera fase formada por una mezcla de zeína como material constitutivo proteico y alginato de sodio como material constitutivo polisacárido, previamente hidratados bajo condiciones controladas de concentración y pH, en una relación específica entre ambos componentes. Posteriormente, se incorpora una segunda fase constituida por microorganismos viables provenientes de procesos de fermentación, con un conteo celular mínimo establecido. Ambas fases se someten a un proceso de extrusión a través de un orificio micrométrico bajo parámetros definidos de frecuencia y voltaje, seguido de una gelificación en solución de cloruro de calcio y quitosano bajo agitación controlada, generando una estructura encapsulante polimérica. Como resultado, se obtienen microorganismos impermeabilizados dentro de una matriz compuesta principalmente por zeína y alginato de sodio, reforzada con quitosano, que les confiere

estabilidad estructural y resistencia frente a tratamientos térmicos de alta temperatura, manteniendo su viabilidad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5

La presente invención refiere un método obtención de un sistema impermeable capaz de conceder resistencia a altas temperaturas a entidades microbiológicas (microorganismos) a partir de extrusión iónica.

10

La presente invención se refiere a un método para la obtención de un sistema impermeable capaz de conferir resistencia a altas temperaturas a entidades microbiológicas, particularmente microorganismos viables y de interés en aplicaciones bioetnológicas, mediante un proceso de intercambio iónico. Asimismo, la invención comprende los microorganismos impermeabilizados obtenidos por dicho método, los

15

cuales presentan mayor estabilidad estructural y funcional frente a tratamientos térmicos severos como la pasteurización o métodos para bajar la carga microbiológica de matrices alimenticias.

20

La invención parte de la necesidad de proteger microorganismos frente a condiciones térmicas adversas que normalmente comprometen su viabilidad, tales como procesos industriales que implican calentamiento, secado o incorporación en matrices sometidas a altas temperaturas. Para resolver este problema, se desarrolla un sistema protector híbrido basado en la interacción controlada de un material constitutivo proteico y un material constitutivo polisacárido, estructurado mediante extrusión iónica y reticulación

25

posterior, generando una barrera polimérica impermeable alrededor de los microorganismos.

El método comprende, en una primera etapa, la preparación de los materiales constitutivos de una primera fase estructural. El material proteico corresponde a zeína, la cual se hidrata en agua en una concentración comprendida entre 3 % y 6 %, durante un tiempo entre 20 y 48 horas. Posteriormente, se realiza un ajuste de pH en un rango alcalino entre 9 y 10, con el fin de favorecer la activación y adecuada dispersión del componente proteico. De manera independiente, el material polisacárido, correspondiente a alginato de sodio, se hidrata en agua en una concentración comprendida entre 3 % y 8 %, y posteriormente se somete a un tratamiento térmico a 115 °C durante aproximadamente 15 minutos. Luego, se ajusta su pH a un rango básico para los materiales constitutivos proteicos y a un rango ácido comprendido entre 3 y 4.5 para los materiales constitutivos polisacáridos. Una vez acondicionados ambos materiales, se mezclan en una relación material constitutivo proteico : material constitutivo polisacárido comprendida entre 1:2 y 1:3, formando así la primera fase estructural del sistema impermeable.

15

En una segunda etapa se preparan los microorganismos que serán impermeabilizados, asegurando un conteo superior a 1×10^6 células/ml después del tratamiento térmico. Dichos microorganismos pueden provenir directamente de una fase líquida, de una emulsión o de concentrados en forma de pellet húmedo obtenidos a partir de un proceso de fermentación previo. Estos constituyen la segunda fase del sistema y se incorporan homogéneamente dentro de la primera fase antes del proceso de extrusión.

20

Posteriormente, la mezcla resultante de la primera y segunda fase se somete a un proceso de extrusión a través de un orificio micrométrico en un equipo de extrusión iónica. El proceso opera bajo una frecuencia comprendida entre 800 y 1500 Hz y un voltaje entre 700 y 900 V, permitiendo la formación controlada de microgotas uniformes

25

que contienen los microorganismos dispersos dentro de la matriz polimérica proteína-polisacárido.

5 Las microgotas obtenidas se someten seguidamente a un baño de gelificación compuesto por cloruro de calcio en concentración comprendida entre 0.15 M y 0.3 M, mezclado con un biopolímero correspondiente a quitosano en concentración entre 0.1 % y 0.8 %. La preparación se mantiene bajo agitación magnética entre 200 y 500 rpm durante un periodo de 2 a 4 horas. Adicionalmente, se emplea una solución nanoestructurada de quitosano en concentración entre 0.01 % y 3 %, durante un periodo 10 entre 1 y 3 horas, con el fin de alcanzar las propiedades de impermeabilidad deseadas. Durante esta etapa ocurre la reticulación iónica del alginato por acción del calcio y la interacción electrostática con el quitosano, generándose una estructura polimérica consolidada y multicapa que confiere impermeabilidad y resistencia térmica.

15 Como resultado del proceso descrito se obtienen microorganismos impermeabilizados resistentes a tratamientos térmicos de alta temperatura. Dichos microorganismos comprenden una primera fase estructural compuesta por zeína en una proporción entre 20 % y 40 %, y alginato de sodio en una proporción entre 60 % y 80 %, dentro de la cual se encuentra encapsulada una segunda fase que contiene cepas bióticas viables 20 provenientes de procesos de fermentación previos, ya sea en forma líquida, emulsificada o como pellet húmedo. La matriz formada actúa como una barrera física y funcional que reduce la transferencia térmica y protege la integridad celular, permitiendo mantener la viabilidad de los microorganismos bajo condiciones que normalmente causarían su inactivación.

25

La invención presenta ventajas significativas, entre ellas el aumento de la estabilidad térmica de los microorganismos, la preservación de su viabilidad tras exposición a altas

temperaturas, la formación de partículas estructuralmente uniformes y la posibilidad de ajustar la permeabilidad del sistema mediante la modificación de las concentraciones de los biopolímeros utilizados. El sistema es aplicable en sectores tales como la industria alimentaria, farmacéutica, biotecnológica y agroindustrial, donde se requiera la incorporación de microorganismos resistentes a condiciones térmicas exigentes.

EJEMPLOS

A continuación, se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que muestran el procedimiento utilizado para la obtención de un sistema impermeable de resistencia a tratamientos térmicos de altas temperaturas para entidades bióticas. Los ejemplos que se muestra a continuación pretenden mostrar algunos ejemplos prácticos que faciliten el entendimiento de la presente invención y no pretenden en ningún sentido limitar o definir la presente invención

15

Ejemplo 1 – obtención del sistema impermeable

Se conformó el sistema impermeable resistente, el cual está constituido por 40% de núcleo y un 60% de materiales constitutivos. Los materiales constitutivos corresponden a una mezcla que se encuentra entre 1:2 a 1:3 de material constitutivo proteico y el material constitutivo polisacárido, el material constitutivo proteico corresponde a zeína y el material constitutivo polisacárido corresponde al alginato de sodio. Ambos materiales son mezclados uniformemente antes de incluir el material de núcleo en condiciones de completa esterilidad. Enseguida la mezcla se gelifica en un equipo de extrusión iónica, el cual opera a una frecuencia de 1030 Hz, 840 V y 24 mL/min. La solución para el sistema de gelificación se constituye de cloruro de calcio el cual se probó tanto a 0.15 a 0.30 M con resultados óptimos y una solución nanoestructurada de

quitosano que se preparó y probó tanto al 3 como al 0.01% funcionando en todo el rango. Este proceso permitió obtener un sistema impermeable capaz de conceder resistencia a altas temperaturas a entidades bióticas de tamaño microscópico a partir de extrusión iónica. Para evaluar la acción protectora a altas temperatura se sometió a diferentes condiciones térmicas en diferentes procesos para validar la protección que se logra.

Ejemplo 2 - obtención de sistema impermeable con entidades bióticas específicas.

10

En primera instancia, se incorporó como material de núcleo tanto los sistemas bióticos de fermentación o el iniciador en su forma natural, así como un probiótico, en este caso se probaron los siguientes organismos bióticos *Levilactobacillus brevis*, *Limosilactobacillus fermentum* y una mezcla de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* con *Streptococcus thermophilus*, todos se cultivaron y desarrollaron en medio de cultivo con suero de leche y extracto de levadura. Para cada preparación se obtuvieron las siguientes concentraciones previo al proceso de impermeabilizado:

15

	Concentración antes de impermeabilizar (UFC/mL)
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> con <i>Streptococcus thermophilus</i>	$1,7 \times 10^{10} \pm 0,1$
	$1,6 \times 10^8 \pm 0,03$
<i>Levilactobacillus brevis</i>	$4 \times 10^8 \pm 0,21$
	$2,2 \times 10^8 \pm 0,05$
<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	$1,0 \times 10^{10}$

20

Al diluir las entidades bióticas en el material de pared se llegaron a las siguientes concentraciones respectivamente:

	Concentración en el impermeabilizado (UFC/mL)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> con <i>Streptococcus thermophilus</i>	$1,7 \times 10^{10} \pm 0,1$
	$1,6 \times 10^8 \pm 0,03$
<i>Levilactobacillus brevis</i>	$4 \times 10^8 \pm 0,21$
<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	$2,2 \times 10^8 \pm 0,1$

Al realizar el proceso de impermeabilización por intercambio iónico y realizar posteriormente la liberación de los organismos bióticos con citrato de sodio, estos

5 demostraron tener una concentración final de:

	Concentración en el impermeabilizado (UFC/mL)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> con <i>Streptococcus thermophilus</i>	$7,6 \times 10^9 \pm 0,0$
	$7,6 \times 10^9 \pm 0,0$
<i>Levilactobacillus brevis</i>	$2,4 \times 10^6 \pm 0,0$
<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	$3,4 \times 10^5 \pm 0,1$

Para el material de pared en estas impermeabilizaciones se utilizó el material de pared del ejemplo 1 arriba descrito.

10

En segunda instancia, los sistemas impermeabilizados obtenidos, tanto con el material de núcleo como con probiótico, fueron sometidas a un modelo de digestión in vitro para observar la viabilidad de dichos organismos bióticos al pasar por el tracto gastrointestinal. Los resultados pueden observarse en la tabla 1.

15

El modelo de digestión utilizado fue INFOGEST el cual se encarga de simular tres fases de digestión: oral, gástrica e intestinal. El protocolo enuncia la conformación de soluciones para cada una de las fases constituidas por diferentes sales en específico

junto con enzimas como la α -amilasa para la fase oral, la pepsina para la fase gástrica y la lipasa, pancreatina y sales biliares para la fase intestinal. También es muy importante el cambio de pH, temperatura, tiempos de digestión y la relación de volumen 1:1 (muestra:fase de digestión), en cada uno de los tres pasos de digestión. Dada la exposición a dichas enzimas y cambios drásticos de pH como bien es el paso por la fase oral a pH 7, seguida de la fase gástrica a pH 3 y fase intestinal a pH 7, el modelo guarda una alta similitud con las características de digestión de reales.

Tabla 1. Concentración de los microorganismos en la capsula al ser sometidos a un proceso de digestión in-vitro

Muestra	Fase de la digestión					
	Oral (UFC/ mL)		Gástrica (UFC/mL)		Intestinal (UFC/mL)	
	Conteo Fase	Conteo posterior a la liberación	Conteo Fase	Conteo posterior a la liberación	Conteo Fase	Conteo posterior a la liberación
Capsula con <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> con <i>Streptococcus thermophilus</i>	$8 \times 10^5 \pm 0,0$	$3,6 \times 10^7 \pm 0,67$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$2 \times 10^3 \pm 0,15$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$8 \times 10^3 \pm 0,21$
	$3,6 \times 10^5 \pm 0,03$	$3 \times 10^7 \pm 0,17$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$1,2 \times 10^3 \pm 0,0$	$2 \times 10^3 \pm 0,06$	$3,3 \times 10^3 \pm 0,21$
Capsula con <i>Levilactobacillus brevis</i>	$1,68 \times 10^4 \pm 0,08$	$8 \times 10^6 \pm 0,21$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$1,6 \times 10^6 \pm 0,4$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$1,2 \times 10^6 \pm 0,33$
	$2,53 \times 10^4 \pm 0,14$	$4,6 \times 10^6 \pm 0,3$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$6,7 \times 10^5 \pm 0,16$	$4 \times 10^2 \pm 0,0$	$8,3 \times 10^5 \pm 0,2$
	S.C	$4 \times 10^4 \pm 0,2$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	$1,2 \times 10^5 \pm 0,33$	$2,8 \times 10^5 \pm 0,6$
Capsula con <i>L.fermentum</i>	$3,3 \times 10^6 \pm 0,3$	$2,8 \times 10^8 \pm 0,2$	$3,3 \times 10^5 \pm 0,15$	$2,8 \times 10^6 \pm 0,2$	$1,3 \times 10^5 \pm 0,18$	$2,8 \times 10^5 \pm 0,2$

*S.C: Sin crecimiento de microorganismos.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 1, se observa que la supervivencia de los microorganismos impermeabilizados es significativamente alta.

Estos resultados indican que el proceso de impermeabilización aplicado resulta eficaz para proteger a los microorganismos frente a condiciones adversas como los son el tracto oral y digestivo, contribuyendo a la conservación de su viabilidad. En consecuencia, la metodología empleada permite claramente mantener la estabilidad y funcionalidad de los microorganismos impermeabilizados.

Por otro lado, los sistemas impermeabilizantes fueron digeridos utilizando el modelo de digestión INFOGEST con los diferentes materiales de núcleo dispersándolas en una matriz de bebida láctea fermentada. Los resultados obtenidos se observan en la tabla

5 2.

Ejemplo 3 - pruebas del sistema impermeable con entidades bióticas específicas a procesos de pasteurización y mezcla con matriz alimenticia (bebida láctea fermentada).

10

En una segunda prueba, se elaboró el sistema impermeable con entidades bióticas tal y como se describió en el ejemplo 1. En este caso el sistema impermeabilizado se mezcló con una bebida láctea fermentada y se pasteurizó a 95° por 2 min, es importante resaltar que como se muestra en la tabla 2 el sistema impermeable protegió a las

15 entidades bióticas permitiendo en todos los casos un conteo de dichas entidades bióticas.

Tabla 2. Digestión bebida láctea fermentada con capsula con material de núcleo de diferentes entidades bióticas.

20

Muestra	Fase de la digestión					
	Oral (UFC/ mL)		Gástrica (UFC/mL)		Intestinal (UFC/mL)	
	Conteo Fase	Conteo Desencapsulación	Conteo Fase	Conteo Desencapsulación	Conteo Fase	Conteo Desencapsulación
Capsula <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> con <i>Streptococcus thermophilus</i> + bebida láctea fermentada.	$4 \times 10^3 \pm 0,0$	$2,8 \times 10^5 \pm 0,0$	S.C	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	S.C	$2,4 \times 10^5 \pm 0,12$
	$3,3 \times 10^3 \pm 0,3$	$2,8 \times 10^4 \pm 0,04$	S.C	$2,4 \times 10^5 \pm 0,15$	S.C	$4,8 \times 10^5 \pm 0,02$
Capsula <i>Levilactobacillus brevis</i> + bebida láctea fermentada	S.C	$8 \times 10^4 \pm 0,2$	$8 \times 10^4 \pm 0,2$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	$4 \times 10^4 \pm 0,33$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$
	S.C	$4 \times 10^4 \pm 0,2$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	$1,2 \times 10^5 \pm 0,33$	$2,8 \times 10^5 \pm 0,6$

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 2, se observa que la supervivencia de los organismos impermeabilizados y mezclados con la bebida láctea fermentada es significativamente alta. Estos resultados indican que el proceso de impermeabilización aplicado resulta eficaz para proteger a los microorganismos frente a condiciones adversas como los son el tracto oral y digestivo, contribuyendo a la conservación de su viabilidad incluso adicionándolos en matrices complejas como es lo son las bebidas lácteas fermentadas. En consecuencia, la metodología empleada permite claramente mantener la estabilidad y funcionalidad de los microorganismos impermeabilizados después de pasar por el proceso de pasteurización.

Así mismo, se realizó la digestión de los sistemas impermeabilizantes con el organismo *Levilactobacillus brevis*, como material de núcleo de acuerdo con las preparaciones descritas anteriormente, dispersando las mismas en la matriz de bebida láctea fermentada considerada espesa, con el fin de observar la viabilidad del microorganismo. Los resultados se observan en la tabla 3.

Tabla 3. Digestión de bebida láctea fermentada con capsula con material de núcleo *Levilactobacillus brevis*.

Fases de la digestión	Oral (UFC/ mL)		Gástrica (UFC/mL)		Intestinal (UFC/mL)	
Tipo de bebida láctea	Fase*	Viabilidad*	Fase	Viabilidad	Fase	Viabilidad
Espeso	S.C	$8 \times 10^4 \pm 0,21$	$4 \times 10^4 \pm 0,21$	$4 \times 10^4 \pm 0,0$	$4 \times 10^4 \pm 0,33$	$4 \times 10^4 \pm 0,59$

*S.C: Sin crecimiento de microorganismos.

**Fase: Corresponde la concentración de la fase al tomar una alícuota directa de la misma y sembrarla en dilución seriada*

**Viabilidad: Corresponde a la concentración real de los microorganismos al realizar un proceso de desencapsulación a la fase de cada digestión con citrato de sodio y sembrarlo en dilución seriada.*

5

De acuerdo con lo mostrado en este tercer experimento se reafirma la capacidad de las de las capsulas para conservar la viabilidad de los microorganismos en las diferentes etapas.

10

El solicitante además quisiera aclarar que las entidades bióticas utilizadas han sido escogidas por ser consideradas especies sensibles a tratamientos térmicos lo cual permite predecir que este tipo de encapsulación funciona para un amplio rango de microorganismos que son de interés para diversas áreas de la industria alimenticia.