

**Revisión Literaria: Emulsiones Pickering Como Medio de Encapsulación de
Compuestos Bioactivos**

Carlos Andrés Beltrán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Tecnología en Calidad Alimentaria

2022

**Revisión Literaria: Emulsiones Pickering Como Medio de Encapsulación de
Compuestos Bioactivos**

Carlos Andrés Beltrán

Trabajo de Grado Como Requisito Para Optar al Título de:
Tecnólogo en Calidad Alimentaria

Asesor:

Mg. Beatriz Guevara Guerrero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI
Tecnología en Calidad Alimentaria

2022

Resumen

La Emulsión Pickering fue desarrollada por P.S.Pickering, en el año 1907, al utilizar partículas en estado sólido que actúan como agentes surfactantes, es decir sustancias que contribuyen por medio de la tensión superficial, al contacto de dos fases inmiscibles entre sí consiguiendo estabilizar diversas emulsiones. Las emulsiones se emplean habitualmente en la industria alimentaria para la elaboración de una extensa diversidad de productos alimenticios como bebidas, leches, cremas, salsas, postres, aderezos, mayonesa, margarina y mantequilla entre otros.

La naturaleza de las emulsiones confiere a dichos alimentos atributos funcionales diversos, como apariencias, texturas, sensaciones en la boca y perfiles de sabor deseables. Además, las emulsiones son un transporte extensamente usado para la encapsulación y liberación de agentes bioactivos, como vitaminas y nutrientes. La siguiente propuesta tiene como fin realizar una revisión bibliográfica sistemática para dar a conocer la importancia y la aplicación actual en el sector alimentario que tiene el uso de las Emulsiones Pickering en función de sus propiedades mecánica, fisicoquímicas y estabilidad que presenta en los productos alimenticios.

Donde se pudo concluir que este tipo de emulsiones tiene potencial para ser ampliamente utilizado en productos lácteos, bebidas, condimentos y en otros campos alimentarios, además, debido a la creciente demanda de productos con componentes alimentarios biológicamente activos. Sin embargo, aún se requiere más investigación para evaluar el mecanismo de entrega y liberación de bioactivos y también la compatibilidad con sistemas alimentarios reales.

Palabras Clave: Biotecnología, industria alimentaria, partículas sólidas, estabilidad.

Abstract

Pickering Emulsion was developed by P.S. Pickering, in 1907, by using solid-state particles that act as surfactant agents, that is, substances that contribute, through surface tension, to the contact of two immiscible phases with each other, managing to stabilize various emulsions. Emulsions are commonly used in the food industry to produce a wide variety of food products such as beverages, milk, creams, sauces, desserts, dressings, mayonnaise, margarine, and butter, among others.

The nature of the emulsions gives these foods diverse functional attributes, such as desirable appearances, textures, mouthfeels, and flavor profiles. Furthermore, emulsions are a widely used carrier for the encapsulation and release of bioactive agents, such as vitamins and nutrients. The purpose of the following proposal is to carry out a systematic bibliographic review to publicize the importance and current application in the food sector of the use of Pickering Emulsions based on their mechanical, physicochemical properties and stability that they present in food products.

Where it was possible to conclude that this type of emulsion has the potential to be widely used in dairy products, beverages, condiments and in other food fields, also due to the growing demand for products with biologically active food components. However, more research is still required to assess the delivery and release mechanism of bioactive and the compatibility with real food systems.

Keywords: Biotechnology, food industry, solid particles, stability.

Tabla de Contenido

Introducción	9
Justificación.....	10
Planteamiento del Problema	11
Objetivos.....	12
Objetivo General	12
Objetivos Específicos.....	12
Metodología y Materiales.....	13
Pregunta de Investigación:	13
Conceptos y Definiciones:	13
Medios de Información Consultados:	14
Criterios de Inclusión y Exclusión:	14
Criterios de Exclusión:.....	15
Análisis de Datos:.....	15
Proceso de Revisión:	15
Resultados de Búsqueda:.....	15
Resultados y Discusión.....	16
Las Emulsiones Pickering	16
En que Consiste una Emulsión Pickering	17
Ventajas de la Emulsión Pickering.....	17
Tipos de Emulsiones Pickering.....	19
Clasificación de las Emulsiones Pickering	20
Emulsiones de aceite en Agua (Ac / Ag):	20
Emulsiones de Agua en Aceite (Ag / Ac):	20
Función de las Nanopartículas en la Emulsión Pickering.....	21
Proceso de Encapsulación de Compuestos Bioactivos en Emulsiones Pickering	22
Método de Preparación.....	22
Método de Descomposición Mecánica o Química.....	22
Método de Precipitación Anti Disolvente	22
Métodos para Preparar Partículas de Gel	23

Método de Elaboración.....	24
Homogenización Rotor-estator.....	24
Homogeneización de Alta Presión y Emulsificación Ultrasónica.....	24
Emulsificación de Membranas	24
Mecanismo de Estabilidad de las Emulsiones de Pickering.....	26
Teoría de la Película de Interfaz de Partículas Sólidas.....	26
Mecanismo de Red de Partículas Viscoelásticas Tridimensionales	27
Aplicación de Emulsión Pickering en la Encapsulación de Bioactivos en Alimentos.....	28
Estabilidad Fisicoquímica de las Emulsiones Pickering Incorporadas en Productos Alimenticios	38
Estabilidad Física:.....	38
Estabilidad Oxidativa:	39
Caracterización Fisicoquímica de la Emulsión Pickering.....	41
Tamaño o Diámetro de las Gotas:	42
Estabilidad o Persistencia:	43
Conclusiones	45
Bibliografía	46

Lista de Tablas

Tabla 1 Bio Compuestos Encapsulados por Medio de Emulsión Pickering..... 30

Tabla 2 Cuadro comparativo de factores que afectan la estabilidad de las emulsiones---35

Tabla de Figuras

Figura 1	Descripción de la relación entre el ángulo de las partículas (θ) y el tipo de emulsión .	19
Figura 2	Trans-resveratrol encapsulado en emulsión Pickering Ac/Ag	30
Figura 3	Licopeno encapsulado en emulsión Pickering Ac/Ag.....	31
Figura 4	Curcumina encapsulada en emulsión Pickering Ac/Ag	31
Figura 5	Vitamina D3 encapsulada en emulsión Pickering Ac/Ag	32
Figura 6	Fenómenos físicos que pueden presentar en la emulsión Pickering	42

Introducción

Actualmente la demanda de componentes alimentarios biológicamente activos y funcionales ha tenido un aumento significativo siendo uno de los métodos de conservación y encapsulación de bioactivos las emulsiones Pickering que está llamando la atención por la comunidad científica ya que es una emulsión estabilizada por partículas sólidas como emulsionante, adicionalmente a que no son tóxicas y permiten un equilibrio entre fases de oleo y agua. Este fenómeno fue descubierto por primera vez por Ramsden en 1903, pero descrito por primera vez en la literatura por Pickering en 1907 donde se informó que las emulsiones dependían del tamaño y humectabilidad de las partículas sólidas tanto en la fase acuosa como en la oleosa pero insolubles en cualquiera de las dos fases (P. S. Pickering 1907).

Las emulsiones Pickering han tenido gran importancia en los últimos años debido a estudios realizados con esta técnica en la que permite la encapsulación de bioactivos siendo una forma especial de empacar en una matriz alimentaria de manera individual para protegerlo ya que algunos bioactivos son químicamente inestable, poseer propiedades desagradables, exhiben una solubilidad variable en agua /aceite y / o son susceptibles a la degradación por temperatura, luz y oxígeno, lo que reduce su eficacia.

Por tanto, con la revisión bibliográfica sobre la aplicación de las emulsiones Pickering como medio de encapsulación de bioactivos se pretende identificar las características y estabilidad fisicoquímica que se presenta de estas emulsiones incorporadas en productos alimenticios.

Justificación

La importancia de realizar esta revisión de información se basa en la demanda cada día mayor de componentes alimentarios biológicamente activos y funcionales que aporte bienestar a nuestro organismo sin embargo estos bioactivos pueden ser inestables o sufrir alguna degradación por incompatibilidad reduciendo su eficacia de ahí la importancia de desarrollar sistemas que permitan encapsular ,proteger y promover la absorción de estos bioactivos siendo las emulsiones Pickering como una nueva opción para suplir las necesidades alimentarias de la población en general desde etapa temprana que abarca desde la niñez hasta vejez.

Igualmente se vería beneficiados el sector productivo que tendrán este documento de insumo para el desarrollo de nuevos productos alimenticios y el área académica con la organización de la información actualizada para la ejecución aplicada de proyectos relacionada con la encapsulación de compuestos bioactivos en emulsiones Pickering.

Planteamiento del Problema

La industria alimentaria cada día avanza y con ellos nuevos retos debido a la búsqueda de hábitos saludables en los consumidores demandando alimentos biológicamente activos y funcionales que aporten bienestar a nuestro organismo sin embargo pueden ser químicamente inestables al generarse una mezcla entre ellos reduciendo su eficacia, el desarrollo de productos alimenticios presentan dificultad en la estabilidad de la emulsión que lo compone esto conlleva a separaciones de fases, presentando dificultades en la funcionalidad del producto y desde las características organolépticas, el segundo reto radica en la incorporación de bioactivos a matrices alimentarias, en muchos casos se ha comprobado que la incorporación directa del compuestos con propiedades activas en el alimento tiene baja retención, es por ese motivo que se ha incluido diferentes estrategia para controlar el proceso de liberación del bioactivo en el alimentos, siendo los últimos años utilizada la emulsión Pickering como medio encapsulación e incorporados en el desarrollo de productos, (McClements, Decker y Weiss, 2007). de ahí la importancia de buscar el mecanismo de entrega segura estos bioactivos a nuestro organismo en donde las emulsiones Pickering se muestran como una opción para cumplir con este objetivo por medio del uso de nanopartículas.

Objetivos

Objetivo General

Identificar la aplicación de las emulsiones Pickering como medio encapsulación de compuestos bioactivos en la industria alimentaria.

Objetivos Específicos

Revisar la bibliografía de las principales características de las emulsiones Pickering aplicada para los procesos de encapsulación de bioactivos en diferentes tipos de productos alimenticios.

Indagar en la estabilidad fisicoquímica de las emulsiones Pickering incorporadas en productos alimenticios.

Metodología y Materiales

La revisión bibliográfica fue de tipo sistemática de documentación científica en bases de datos, motores de búsqueda, artículos y sitios web de universidades donde se describen los trabajos y avances del campo de la biotecnología en el desarrollo de las emulsiones Pickering que permiten la encapsulación y liberación controlada de compuestos bioactivos en matrices alimentarias en estudios publicados desde el año 2000 hasta la actualidad.

Pregunta de Investigación:

Teniendo en cuenta el objetivo principal es exponer las principales aplicaciones de las emulsiones tipo Pickering en la encapsulación y liberación de compuestos bioactivos en matrices alimentarias surgió la pregunta:

¿Cuáles son las principales aplicaciones de las emulsiones Pickering para la incorporación de compuestos bioactivos y cómo influye en la estabilidad de una matriz alimentaria?

Conceptos y Definiciones:

Las definiciones de conceptos utilizadas en la búsqueda de información son las siguientes:

-Emulsiones Pickering:

son sistemas líquidos dispersos estabilizados por partículas sólidas en lugar de un tensoactivo ampliamente estudiadas como alternativa a las emulsiones convencionales (P. S. Pickering 1907).

-Compuesto Bioactivo:

Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales). Los compuestos bioactivos cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud, presentan actividad antioxidante, antimicrobiana, anticancerígenas entre otras. (instituto nacional del cáncer EE. UU diccionario del cáncer 2021)

-Encapsulación de Bioactivos:

La encapsulación consiste en un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas son introducidas en una matriz alimentaria con el objetivo de impedir su pérdida, para protegerlas de la reacción con otros compuestos presentes en el alimento, impedir que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o al oxígeno o controlar su liberación hasta llegar a su objetivo (Aghbashlo, M 2013 p 1561).

-Medios de Información Consultados:

Se realizó una búsqueda de artículos, documentos y estudios publicados por diferentes sociedades científicas en las principales bases de datos bibliográficos disponibles en internet de literatura en SCIENCE DIRECT, GOGLE ACADEMICO, SCIELO, SCOPUS, ELIBRO desde el año 2000 en adelante. Esta búsqueda se hizo en idioma español e inglés.

-Criterios de Inclusión y Exclusión:

-Criterios de Inclusión:

Durante la búsqueda bibliográfica se incluyó todo tipo de documentos aportados por las diferentes sociedades científicas o de profesionales que hicieron estudios o aportes al desarrollo de Emulsiones Pickering para ser usados como medio de encapsulado, transporte y liberación de bioactivos en matrices alimentarias.

-Criterios de Exclusión:

1) se excluyeron artículos publicados de fechas anteriores al año 2000 2) artículos en idiomas diferentes al español o inglés 3) artículos encontrados en bases de datos diferentes a las indicadas.

Consulta de búsqueda:

-Análisis de Datos:

La consulta de búsqueda de utilizada fue la siguiente:

Inglés: encapsulation of bioactive in Pickering emulsions

-Proceso de Revisión:

De la información analizada se procedió a extraer y estructurar este documento de modo que se pueda entender la importancia que tiene el desarrollo y aplicación de las Emulsiones Pickering en el encapsulado transporte y entrega de bioactivos en las matrices alimentarias y los beneficio que puede aportar a la salud incluyendo nombre de las investigaciones, URL de las diferentes investigaciones y documentos científicos que nos permitieron tener información y datos a analizar.

-Resultados de Búsqueda:

Se encontraron investigaciones y aportes a nivel mundial del avance de las emulsiones pickering como método para la encapsulación de bioactivos los cuales se muestran en el siguiente capítulo.

Resultados y Discusión

Las Emulsiones Pickering

Walter Ramsden (1868-1947) fue un reconocido bioquímico y fisiólogo británico investigó el fenómeno en 1903 publicando un artículo en el libro *Archiv für Anatomie und Physiologie* titulado *Separación de sólidos en las capas superficiales de soluciones y 'suspensiones' (observaciones sobre membranas superficiales, burbujas, emulsiones y coagulación mecánica)*. en el cual demostraba que la sola agitación de sustancias proteicas provocaba la separación de algunas de estas proteínas contenida en forma de solidos fibroso o membrano-fibroso, también se demostró que estas disoluciones y coagulaciones de proteínas no se debieron a la acción de las enzimas, el calor o la evaporación de la superficie, y no fueron afectadas apreciablemente por la naturaleza del gas en contacto con el líquido o del recipiente en el que se efectuó. (Ramsden, 1903).

En 1907 el químico y horticultor británico Percival Spencer Umfreville Pickering (1858-1920) describió este fenómeno reconocido por primera vez por Ramsden recibiendo así esta emulsión el nombre de S.U Pickering, donde se presentó informe de la granja experimental de Woburn (Eyre y Spottiswoode 1906) publico resultados experimentales de las emulsiones de aceite de parafina en soluciones de jabón blando, utilizadas con fines de insecticidas y con el doble objetivo de obtener un agente emulsionante y aclarar la naturaleza de la emulsificación (Pickering, 1907)

¿En qué Consiste una Emulsión Pickering?

Es una emulsión estabilizada por partículas sólidas como emulsionante, el proceso consiste en la estabilización de emulsiones aceite/agua(Ac/Ag) mediante el uso de partículas sólidas, las cuales se adsorben en la superficie de los glóbulos de aceite, mostrando así una estabilidad mejorada de tales emulsiones con respecto a las emulsiones a base de tensoactivo con propiedades básicas de una emulsión clásica estabilizada por tensoactivo, pero la estabilización por partículas sólidas confiere propiedades específicas, tales como la alta resistencia a la coalescencia, siendo este el principal beneficio, así también la característica como la de estar libre de surfactante, las partículas sólidas necesariamente deben ser más pequeñas que los glóbulos de la emulsión, y es la humedad parcial de la superficie de las partículas sólidas por el agua y el aceite lo que origina el fuerte anclaje a la interface aceite-agua.(Aveyard, R., Binks, B. y Clint, J. 2003)

Ventajas de la Emulsión Pickering

Las emulsiones Pickering tienen la posibilidad de ejercer en una extensa gama de campos de aplicación, como biomedicina, alimentos, síntesis química fina, cosméticos, etcétera., ajustando correctamente los tipos y características de los emulsionantes sólidos, entre las ventajas más relevantes tenemos. Pharmacol (2017):

- 1.**Las emulsiones Pickering usan partículas sólidas como emulsionantes para estabilizar la emulsión, que tienen la posibilidad de adsorberse irreversiblemente en la interfase aceite/agua.
- 2.** La emulsión de Pickering no es susceptible al ámbito externo, como el cambio del pH, la fuerza iónica, la temperatura y la estructura de la etapa oleosa del sistema.

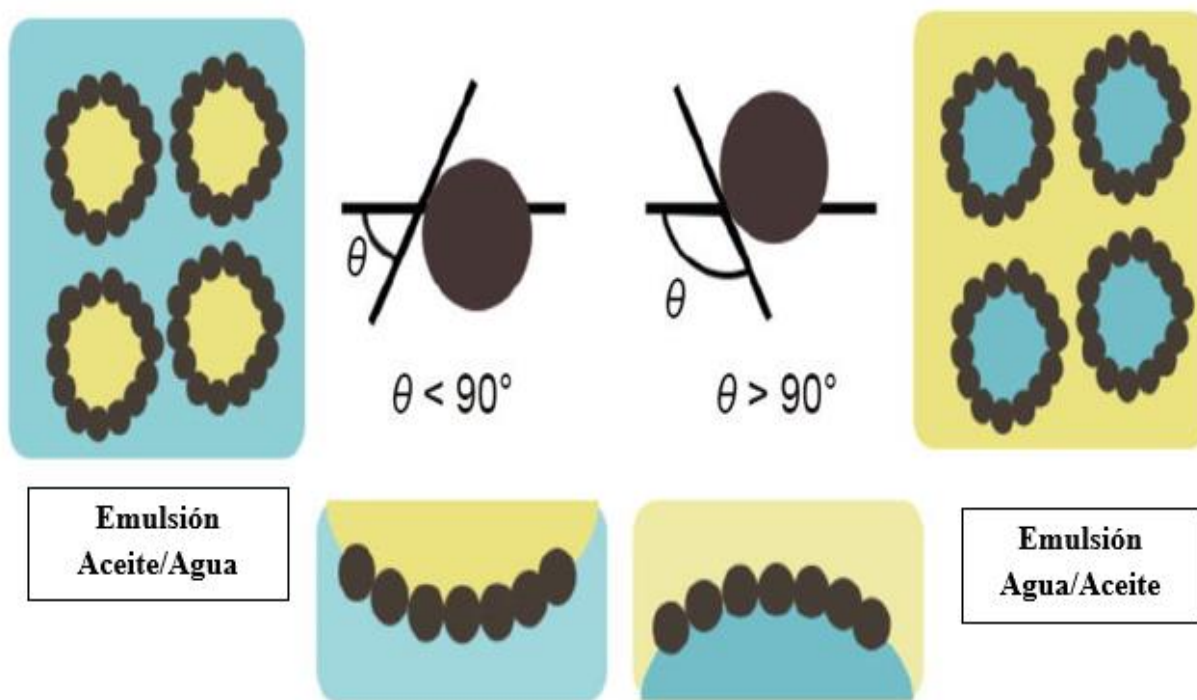
3.Comparativamente con las emulsiones estabilizadas con tensioactivos convencionales, las emulsiones de Pickering necesitan menos porciones de estabilizantes a lo largo del proceso de preparación.

4.Los materiales particulados solidos usados como estabilizadores son mayormente sustancias naturales comestibles, las emulsiones de Pickering poseen una buena biocompatibilidad y tienen la posibilidad de utilizarse como vehículos para el abastecimiento de sustancias bioactivas.

Tipos de Emulsiones Pickering

En las emulsiones estabilizadas por partículas, la decisión del tipo de emulsión depende de su humectabilidad, que se cuantifica mediante el ángulo de contacto (**Figura 1**). De acuerdo con la regla de Bancroft, las partículas hidrófilas (es decir, con un ángulo de contacto 90°) son más adecuadas para estabilizar emulsiones Agua/Aceite (Ag/Ac). Las partículas que están completamente humedecidas por agua o aceite permanecen dispersas en esa fase y no pueden formar una emulsión. (Aveyard, R., Binks, B. y Clint, J. 2003)

Figura 1 Descripción de la relación entre el ángulo de las partículas (θ) y el tipo de emulsión



Nota. Adaptado Relación entre el Ángulo de Contacto de las Partículas (θ) y el Tipo de Emulsión (Aveyard, R., Binks, B. y Clint, J. 2003) Fuente ([https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00069-6))

Clasificación de las Emulsiones Pickering

Las emulsiones de Pickering se pueden clasificar en dos tipos (Berton-Carabin,2015):

Emulsiones de aceite en Agua (Ac / Ag):

Que están estabilizadas por partículas hidrófilas si el ángulo (θ) (medido a través de la fase acuosa) es menor de 90° las partículas se humedecen preferentemente por el agua permitiendo estabilizar este tipo de emulsiones (**figura 1**) (Aveyard, R., Binks, B. y Clint, J. 2003)

Emulsiones de Agua en Aceite (Ag / Ac):

Que están estabilizadas por partículas hidrófobas, si las partículas son impregnadas por el aceite el ángulo de contacto será mayor de 90° siendo una emulsión (Ag/Ac) (**figura 1**) (Aveyard, R., Binks, B. y Clint, J. 2003)

Función de las Nanopartículas en la Emulsión Pickering

Las nanopartículas solidas que sustituyen al tensoactivo convencional, como emulsionante en la emulsión, desempeñan un papel importante en la preparación de emulsiones Pickering por lo que deben tener unas características particulares para actuar como estabilizador de una emulsión Pickering entre las cuales están que deben tener cierto grado de humectabilidad la cual se puede caracterizar por el ángulo de contacto en la interfaz aceite-partículas-agua.

Otra característica importante que debe estar presente es el tamaño de las partículas que tiene un efecto profundo sobre su energía de desorción igualmente el tamaño de las partículas también afecta el mecanismo de estabilización de las emulsiones Pickering. Jie Wu, Guang-Hui Ma (2016).

Las partículas que se utilizan comúnmente para estabilizar las emulsiones de Pickering son partículas de polisacáridos, partículas de proteínas, partículas de lípidos y partículas inorgánicas (Rodríguez Costa,2020)

Entre algunos de los tipos de partículas sólidas tenemos las partículas de almidón, Quitosano, nano cristales de celulosa, proteína de suero, Zein, cristales de grasa, proteínas de soya, Hidroxiapatita, Partículas de Janus (Tavernier, I.; Wijaya, W 2016).

Proceso de Encapsulación de Compuestos Bioactivos en Emulsiones Pickering

Método de Preparación

Claramente las partículas sólidas que son utilizadas como estabilizantes en una emulsión Pickering por tener un cierto grado de absorción en ambas fases desempeña un papel principal en la preparación de las emulsiones Pickering, los tamaños, propiedades y métodos de preparación son diferentes. actualmente debido a la diversidad de partículas sólidas utilizadas en la preparación de emulsiones de Pickering por lo que existen diferentes métodos de preparación de las partículas sólidas que a continuación se relacionan.

Método de Descomposición Mecánica o Química

Las partículas sólidas de grado alimenticio son en su mayoría organismos naturales con grandes tamaños, como almidón natural y celulosa, por lo que se puede reducir por métodos mecánicos o químicos. Los métodos mecánicos más utilizados son el triturado criogénico, el triturado en húmedo y el homogeneizador de alta presión y el alto cizallamiento.

El método químico como la hidrolisis acida puede reducir el tamaño de las partículas insolubles en agua. (X. Lu 2019).

Método de Precipitación Anti Disolvente

La premisa de esta técnica de preparación es que la solubilidad de las moléculas del material en el buen disolvente y el anti disolvente debe tener un cierto espacio, el buen disolvente y el anti disolvente pueden ser mutuamente solubles (Xiao, J 2016)

Métodos para Preparar Partículas de Gel

Las partículas de gel comúnmente utilizadas para estabilizar las emulsiones de Pickering incluyen partículas de gel de proteína y partículas de gel de complejo de proteína-polisacárido, que están conectadas entre sí a través de enlaces covalentes para formar un polímero de red espacial bajo ciertas condiciones. Las partículas de gel de proteína son anfifílicas y tienen actividad superficial en la interfaz entre el aceite y el agua. (Guo, J.; Zhou 2016)

Método de Elaboración

Una vez definido el método de preparación de las biopartículas sólidas se pueden definir el método para la elaboración de la emulsión Pickering entre los métodos más comunes tenemos los siguientes:

Homogenización Rotor-estator

El método común para preparar la emulsión de Pickering es el método de homogeneización rotor-estator, cuyo homogeneizador está compuesto por un rotor y un estator. La parte fija del motor se llama estator, en la que se instalan un par de polos principales estacionarios. La parte giratoria se llama núcleo del inducido. Debido a la aceleración causada por la rotación a alta velocidad del líquido en el dispositivo y la fuerza de corte entre el rotor y el estator, se reduce el tamaño de la gota de emulsión. Además, para reducir el tamaño medio de partícula de productos homogéneos, debe reducirse el espacio entre el estator y el rotor. El tamaño de la gota de emulsión es afectado por el tiempo de homogeneización y la velocidad de rotación, que es el número de rotaciones por minuto (Albert, C.; Beladjine, M.; 2019).

Homogeneización de Alta Presión y Emulsificación Ultrasónica

El método de homogeneización a alta presión es un proceso de emulsificación continua más comúnmente utilizado para preparar emulsiones de Pickering. Su equipo principal incluye bombas de alta presión y boquillas homogéneas (Dumay, E.; Chevalier-Lucia, D 2013)

Emulsificación de Membranas

Es un método de prensado de fase dispersa pura o emulsión primaria en una membrana micro porosa y controlar la velocidad de inyección y las condiciones de cizallamiento para preparar una emulsión de Pickering. Las dos clases dominantes de tecnología de emulsificación

de membrana son la emulsificación directa de membrana y la emulsificación de membrana premezclada. (Manga, MS; Cayre, DO 2012).

Mecanismo de Estabilidad de las Emulsiones de Pickering

El mecanismo de estabilización de las emulsiones de Pickering se basa en la acumulación de partículas sólidas en la interfaz aceite-agua en una capa densamente empaquetada, lo que evita la floculación y coalescencia de la emulsión por impedimento estérico y / o repulsión electrostática (Dickinson, 2012).

Los estudios de la estabilidad mecánica de las emulsiones Pickering se enfocan en la eficacia de las partículas sólidas como emulsionantes sobre el efecto de la humectabilidad y morfología (tamaño medio de gota e índice de polidispersidad). Los parámetros críticos adicionales son la naturaleza del aceite, la concentración de partículas, la fracción de volumen de fase y el orden de adición durante la fabricación (GONZÁLEZ-ORTÍZ et al., 2020).

Adicionalmente, la microestructura de la capa interfacial adsorbida juega un papel crítico en la investigación de la estabilidad física de las emulsiones, donde se puede examinar la resistencia a la coalescencia y maduración de Ostwald y el grosor de la capa interfacial que se forma alrededor de las gotitas de emulsión (Mwangi et al., 2020).

Teoría de la Película de Interfaz de Partículas Sólidas

La interfaz de partículas sólidas significa que, debido a la fuerza capilar, las partículas sólidas parcialmente humedecidas en dos fases se pueden adsorber en la interfaz para formar una película densa de partículas de una o varias capas, así la película de partículas es una barrera física que puede evitar que las gotas se toquen y se agreguen entre sí, lo que aumenta el impedimento estérico y mejora la reología y las propiedades de cizallamiento de la película de interfaz. (Linke, C.; Drusch, S 2018).

Mecanismo de Red de Partículas Viscoelásticas Tridimensionales

Hace referencia a la formación de una estructura de red tridimensional entre partículas y partículas, y entre partículas y gotitas bajo la fuerza de Van Der Waals, que también es un factor importante para estabilizar las emulsiones de Pickering, los estudios han demostrado que esta estructura puede aumentar la viscosidad de la emulsión, reducir la velocidad de migración de las partículas y reducir la velocidad de fusión de las gotas, lo que ralentiza la delaminación de la emulsión y evita la agregación de las gotas otros aspectos como la humectabilidad, la concentración de partículas sólidas y la concentración de electrolitos, el valor de pH de la fase acuosa, todos tienen efectos sobre la estabilidad de las emulsiones de Pickering.(Abend, S., Bonnke, N. 1998)

Aplicación de Emulsión Pickering en la Encapsulación de Bioactivos en Alimentos

La demanda de componentes alimentarios biológicamente activos y funcionales están teniendo gran demanda debido a los beneficios que pueden aportar a la mejora del estilo de vida, mejorar los efectos de enfermedades crónicas como la obesidad, diabetes o cáncer. Sin embargo, bioactivos como tocotrienoles, carotenoides y polifenoles puede ser químicamente inestable, poseer propiedades desagradables, exhiben una solubilidad variable en agua /aceite y / o son susceptibles a la degradación por temperatura, luz y oxígeno, lo que reduce su eficacia. Por lo tanto, es imperativo desarrollar sistemas de suministro comestibles para estos valiosos bioactivos.

Actualmente, existen dos principales categorías de partículas de grado alimenticio que se utilizan para la elaboración de emulsiones Pickering la primera de ellas son los polisacáridos de los cuales tenemos el almidón y la celulosa como las más comunes, además se vienen realizando estudios con otros polisacáridos poco comunes como la ciclodextrina, alginato, quitosano y derivados de la celulosa (Duffus, 2016 p 9).

Entre las proteínas tenemos la prolamina (proteína soluble en alcohol) la cual ha tomado importancia porque puede ensamblarse en partículas coloidales, la zeína, el aislado de proteína de suero, el aislado de proteína de soja y partículas de micro gel a base de proteína de soja. Estas partículas después de realizar una adecuada modificación se pueden agregar para estabilizar las Emulsiones Pickering, Además, las propiedades de las partículas tienen un gran efecto sobre las propiedades de la interfaz y las características de flujo de la emulsión. En las emulsiones de Pickering, debido a la capa sólida interfacial única y su efecto de impedimento estérico, los materiales activos son difíciles de desbordar a través de la interfaz si se encapsulan en la fase dispersa. Por lo tanto, La emulsión Pickering tiene una gran estabilidad de encapsulación y se

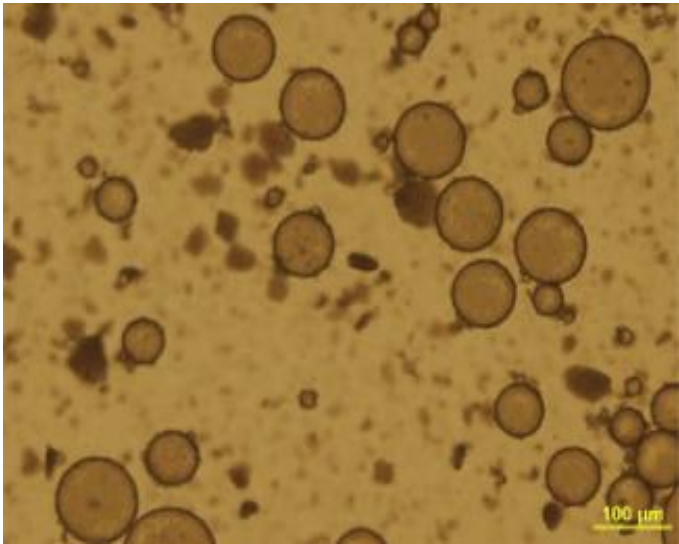
puede utilizar para estabilizar sustancias biológicamente activas en sistemas alimentarios.

Además, en comparación con las emulsiones convencionales, la emulsión Pickering reduce los riesgos potenciales de seguridad alimentaria ya que evita la utilización de tensioactivos sintéticos de molécula pequeña (Qinxin, 2021 p 639).

A continuación, se relaciona algunos bio compuestos encapsulado por medio de emulsión Pickering principalmente con fines alimentarios (**Tabla 1**).

Esta tabla se especifica el tipo de emulsión Pickering utilizado ya sea aceite/agua (Ac/Ag) o agua/aceite (Ag/Ac) su aplicación donde esta enfoca al área de alimentos también encontraremos la nano partícula solida utilizada como estabilizante de la emulsión, el bioactivo utilizado para ser encapsulado al igual de una figura de la emulsión donde se muestra las características físicas presentes en cada biocompuesto encapsulado y la referencia bibliográfica.

Tabla 1 Bio Compuestos Encapsulados por Medio de Emulsión Pickering

Aplicación	Alimento
Tipo Emulsión Pickering	Ac/Ag
Nano Partícula Estabilizante	Almidón de Quinoa
Compuesto Bioactivo Encapsulado	Trans-resveratrol
	Figura 2
	Trans-resveratrol encapsulado en emulsión Pickering
	Ac/Ag
Figura de Bioactivo Encapsulado	
	Nota: De Trans-resveratrol encapsulado utilizando Almidón de Quinoa (Matos et al. 2018, p. 207), fuente https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.009
Referencia Bibliográfica	Matos et al. (2018, p. 207)
Aplicación	Alimento
Tipo Emulsión Pickering	Ac/Ag
Nano Partícula Estabilizante	Almidón de Arroz

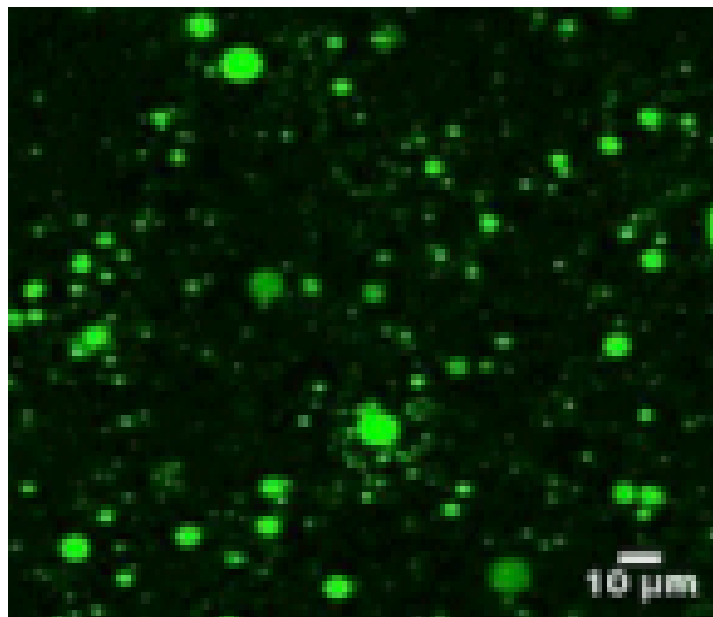
Compuesto Bioactivo Encapsulado

Licopeno

Figura 3

Licopeno encapsulado en emulsión Pickering Ac/Ag

Figura de Bioactivo Encapsulado



Nota: De Licopeno encapsulado utilizando Almidón de Arroz (S. Jain, et al. 2020, v 104). Fuente <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodhyd.2020.105730>

Referencia Bibliográfica

S. Jain, et al (2020, v 104)

Aplicación

Médica, alimentaria y cosmética

Tipo Emulsión Pickering

Ac/Ag

Nano Partícula Estabilizante

Almidón de Maíz

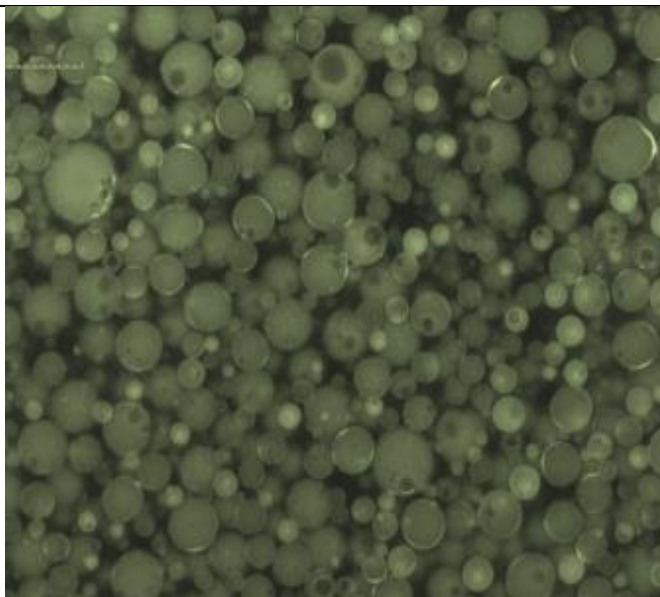
Compuesto Bioactivo Encapsulado

Curcumina

Figura 4

Curcumina encapsulada en emulsión Pickering Ac/Ag

Figura de Bioactivo Encapsulado



Nota: De Curcumina encapsulado utilizando Almidón de Maíz como estabilizante. (X. Lu, et al. 2019 p. 917)

<https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.078>

Referencia Bibliográfica

X. Lu, et al. (2019 p. 917)

Aplicación

Alimento

Tipo Emulsión Pickering

Ac/Ag

Nano Partícula Estabilizante

Celulosa

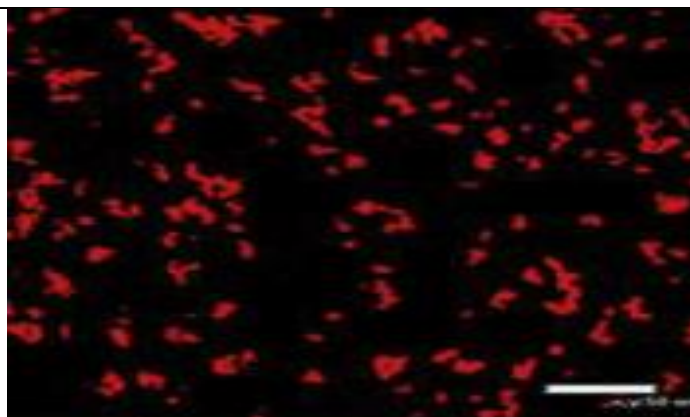
Compuesto Bioactivo Encapsulado

Vitamina D

Figura 5

Vitamina D3 encapsulada en emulsión Pickering Ac/Ag

Figura de Bioactivo Encapsulado



Nota: De Vitamina D3 encapsulado utilizando Celulosa de mangostán (T. Winuprasith et al. 2018 p. 153) Fuente

<https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodhyd.2018.04.047>

Referencia Bibliográfica	T. Winuprasith et al. (2018 p. 153)
Aplicación	Alimento
Tipo Emulsión Pickering	Ac/Ag
Nano Partícula Estabilizante	Quitosano-alginato
Compuesto Bioactivo Encapsulado	Tocotrienoles
Referencia bibliográfica	Phui Yee et al (2018 p 79-85)

Nota. Tabla de elaboración propia partiendo de los datos de las investigaciones citadas.

La demanda creciente de alimentos biológicamente activos y funcionales ha despertado gran interés en la investigación sobre las emulsiones Pickering debido a que se evita el uso de tensoactivos en comparación con otras emulsiones convencionales por contener partículas sólidas que pueden estabilizar su estructura permitiendo utilizarse en la elaboración de alimentos como sopas, salsas, pan entre otros productos igualmente las emulsiones pickering se pueden

utilizar para preparar diversos materiales sensibles a estímulos como temperatura, pH, iones eléctricos y magnéticos .

En cuanto al uso de emulsiones Pickering para el encapsulado y liberación de bioactivos en matrices alimentarias se hace necesario profundizar más en el estudio de nanopartículas y los efectos en el cuerpo humano y si se pueden biodegradar ya que para mejorar la humectabilidad de las partículas necesitan ser modificadas por absorción o injerto químico.

La mayoría de los trabajos de investigación aún se encuentran sin una comprensión completa de la formación de la emulsión Pickering y sus mecanismos de acción adicionalmente métodos como emulsificación de membranas y micro fluidos son métodos científicos para la preparación de emulsiones, pero necesitan ser investigados más a fondo.

Se puede concluir que tiene potencial para ser ampliamente utilizado en productos lácteos, bebidas, condimentos, entre otros campos alimentarios siendo la aplicación de emulsiones Pickering en un punto clave de investigación que permitan la entrega de alimentos funcionales enfatizando en la seguridad y salud alimentaria.

Tabla 2 Cuadro comparativo de factores que afectan la estabilidad de las emulsiones

Factor que afectan estabilidad	Emulsión Pickering	Emulsión Convencional
Concentración de partículas	Las partículas sólidas deben absorberse en la interfase aceite-agua para actuar como emulsionantes, la estabilidad de la emulsión tiende a aumentar proporcionalmente con la concentración de partículas, al aumentar la concentración de partículas, la emulsión es estable frente a la coalescencia por más tiempo debido a que más partículas pueden ir a la interfase y mejorar la estabilidad de la emulsión (Gelot A et al, 1984)	Se usan moléculas tensoactivas: Los tensoactivos son compuestos de naturaleza anfífila, estando formados por una parte hidrófila y otra hidrófoba. Esta doble afinidad les permite situarse en la interfase, reduciendo así la tensión superficial y aumentando por tanto la estabilidad de la emulsión. María M. (2020)
Humectabilidad	Se cuantifica mediante el ángulo de contacto. Según la regla de Bancroft, las partículas hidrófilas (es decir, con un ángulo de contacto $< 90^\circ$ medido a través de la fase acuosa) son mejores para estabilizar las emulsiones O/W. Por el contrario, las partículas hidrofóbicas (es decir, con un ángulo de contacto $> 90^\circ$) son más adecuadas para estabilizar las emulsiones W/O. (Aveyard et al 2003) Las variaciones de pH pueden cambiar la hidrofobicidad y, en consecuencia, la humectabilidad de las partículas (He Y et al, 2013)	Debido a su doble afinidad de las moléculas tensoactivas la parte hidrófila es atraída hacia la fase acuosa, mientras que la parte lipófila es atraída hacia la fase aceitosa. Este fenómeno, denominado adsorción, provoca la disminución de la tensión interfacial entre el agua y el aceite, lo que aumenta la estabilidad de la emulsión. María M. (2020)
Mecanismos de desestabilización	Mediante el uso de partículas sólidas de se disminuye el fenómeno de coalescencia desde que haga una correcta formulación Sedimentación: Las gotas con mayor densidad que la fase continua tienden a descender y formar una capa en el fondo de la emulsión. (Saari H,2016) Cremado: las gotas con menor densidad que la fase continua tienden a elevarse y	El sistema HLB es un método semiempírico para predecir qué tipo de propiedades surfactantes proporcionará una estructura molecular. María M. (2020) Sedimentación: Las gotas con mayor densidad que la fase continua tienden a descender y formar una capa

formar una capa de gotas encima de la emulsión. (Saari H,2016)

La floculación: ocurre cuando dos o más partículas o gotitas se asocian entre sí para formar un agregado más grande, manteniendo su tamaño inicial. (Whitby C.P et al 2016)

La maduración de Ostwald: es otro proceso de desestabilización en el que las gotitas más pequeñas crecen gradualmente hasta convertirse en más grandes debido a la difusión masiva de moléculas de la fase dispersa a través de la fase continua. (Thompson KL, 2018)

Coalescencia: describe la fusión de dos o más gotitas en gotitas más grandes tras el adelgazamiento y la ruptura de la película líquida entre las gotitas (Wu T, Wang H, 2015)

en el fondo de la emulsión. (Saari H,2016)

Cremado: las gotas con menor densidad que la fase continua tienden a elevarse y formar una capa de gotas encima de la emulsión. (Saari H,2016)

La floculación: ocurre cuando dos o más partículas o gotitas se asocian entre sí para formar un agregado más grande, manteniendo su tamaño inicial. (Whitby C.P et al 2016)

La maduración de Ostwald: es otro proceso de desestabilización en el que las gotitas más pequeñas crecen gradualmente hasta convertirse en más grandes debido a la difusión masiva de moléculas de la fase dispersa a través de la fase continua. (Thompson KL, 2018)

Coalescencia: describe la fusión de dos o más gotitas en gotitas más grandes tras el adelgazamiento y la ruptura de la película líquida entre las gotitas (Wu T, Wang H, 2015)

Morfología de las partículas

La forma de las partículas gobierna su comportamiento en la interfaz y, en consecuencia, su capacidad para estabilizar la emulsión

Una emulsificación óptima se logra en agua bastante pura (pH 6,4); cualquier variación importante del pH conduce a la supresión o incluso a la no formación de una emulsión. (Saari H et al 2016)

La morfología no afecta la estabilidad de la emulsión ya que se usa surfactantes sintéticos.

Las emulsiones Pickering y sus aplicaciones han llamado mucho la atención debido a sus características especiales, que incluyen una fácil preparación y una mayor estabilidad. A diferencia de las emulsiones clásicas o convencionales, en las emulsiones de Pickering, las micropartículas o nanopartículas sólidas que se localizan en la interfaz entre los líquidos se utilizan como estabilizadores, en lugar de tensioactivos, para mejorar la vida útil de las gotas. Además, las emulsiones de Pickering muestran una mayor estabilidad, menor toxicidad y capacidad de respuesta a los estímulos, en comparación con las emulsiones estabilizadas con tensioactivos.

Estabilidad Físicoquímica de las Emulsiones Pickering Incorporadas en Productos Alimenticios.

Estabilidad Física:

En estudios realizados las emulsiones Pickering presentan una mayor resistencia a la coalescencia y la maduración de Ostwald en comparación con las emulsiones clásicas estabilizadas por tensoactivos o biopolímeros debido al anclaje irreversible de las partículas en la interfaz y a la formación de una red 3D como resultado específico de interacciones entre partículas.

Las emulsiones Pickering estabilizadas por partículas aptas para alimentos como las partículas de almidón de Quinoa fueron estables a la coalescencia inclusive después de un periodo de almacenamiento de más de dos años (Timgren y col. 2011). Según los autores esta estabilidad tan notable imposible de conseguir en emulsiones estabilizadas por tensoactivos se debió a la capa gruesa de los gránulos de almidón de Quinoa que recubre las gotitas.

También se han obtenido una estabilidad excelente a largo plazo utilizando otro tipo de partículas aptas alimento como las nanopartículas sólidas de lípidos (Gupta y Rousseau, 2012), partículas de microgel a base de soja (Guo et al., 2016), partículas a base de celulosa (Tang et al., 2014) y partículas de Quitosano (Ho et al., 2016) (Liu y col., 2012).

Los hallazgos indican que las emulsiones Pickering podrían ser compatibles con el sistema alimentario si se utiliza la emulsión adecuada ya que la estabilidad que presenta a largo plazo las hace atractivas para la encapsulación y suministro de bioactivos, aunque se requieren más estudios de compatibilidad de las emulsiones Pickering en varios tipos de sistemas alimentarios reales.

Estabilidad Oxidativa:

Se ha encontrado que las emulsiones Pickering presentan mejor estabilidad química en comparación con emulsiones convencionales (Kargar y col., 2011). Estos autores descubrieron que las partículas de sílice podrían reducir el grado de oxidación de los lípidos mucho más que los tensoactivos, esta estabilidad oxidativa mejorada se debe a la formación de una capa interfacial más gruesa por las partículas de sílice (Zhao, et al 2013).

También se comparó la estabilidad oxidativa de emulsiones estabilizadas usando partículas de grado alimenticio como la celulosa cristalina y partículas de almidón (Kargar y col., 2012).

Dado que las partículas de celulosa microcristalina podían formar capas interfaciales más gruesas y eliminar los radicales libres eran más eficaces disminuyendo la tasa de deterioro oxidativo que el de partículas de almidón (Xiao y col. 2015). Se han obtenido observaciones similares utilizando otras partículas con propiedades antioxidantes intrínsecas como las partículas del complejo zeína / quitosano (Wang et al., 2015).

Bioactivos como los carotenoides, ácidos grasos, los fitoesteroles, los polifenoles y vitaminas son susceptibles a factores como las enzimas, degradación por la luz, pH extremo, altas temperaturas y el oxígeno, estudios han demostrado que las emulsiones Pickering ofrecen a los ingredientes activos se demostró que la estabilidad de la curcumina podría ser mejorada encapsulándola en una emulsión estabilizada con agregados de sílice con cargas opuestas debido a la formación de una capa interfacial gruesa (Zhao, et al 2014), recientemente también se utilizó la emulsión Pickering compuesta de nanopartículas de gluten de trigo y goma xantana para estabilizar esta emulsión la cual contenía betacaroteno hallando una alta capacidad para retener

bioactivos ya que el 90% del betacaroteno se pudo detectar incluso después de un periodo de almacenamiento de 30 días (Fu y col.2019)

Otro estudio importante que se centra en la eficacia de la emulsión de Pickering estabilizada por partículas a base de celulosa para preservar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales recientemente se ha informado de cinamaldehído, eugenol y limoneno (Mikulcova et al., 2016).

Las emulsiones pickering como hemos visto en esta revisión literaria se caracteriza por contener partículas sólidas que pueden estabilizar su estructura las partículas sólidas de calidad alimentaria tienen un alto grado de seguridad pero estas partículas presentan poca humectabilidad en la fase oleosa y acuosa por lo que necesitan ser modificadas por absorción o injerto químico ya que las emulsiones estabilizadas por una sola partícula no son muy estables lo que con el tiempo producirá la degradación de la emulsión

Con el desarrollo de tecnologías de preparación y nanotecnología, la perspectiva de aplicación de la emulsión de Pickering será más popular y extensa en los campos alimentarios. La preparación de partículas compuestas también se ha convertido en una tendencia de desarrollo, y la estabilidad de la emulsión de Pickering se mejorará aún más.

Caracterización Físicoquímica de la Emulsión Pickering

Las propiedades de las emulsiones, en particular su persistencia o estabilidad, dependen de fenómenos diferentes de los que producen los surfactantes, a veces en forma contraria las partículas pueden producir casos muy interesantes en las aplicaciones, pero sumamente complejos sobre los fenómenos producidos por la presencia de partículas en la interfaz de las emulsiones que contienen agua y aceite.

Coalescencia: se define como un proceso físico de fusión de dos o más glóbulos de aceite en un glóbulo de mayor tamaño. Proceso de separación de las fases de una emulsión, por efectos de atracción. La inestabilidad puede ser observada en los cambios de distribución de glóbulos de aceite y por la reorganización de las moléculas que participan en la emulsión (**figura 6**) (Álvarez, Rafael,2009).

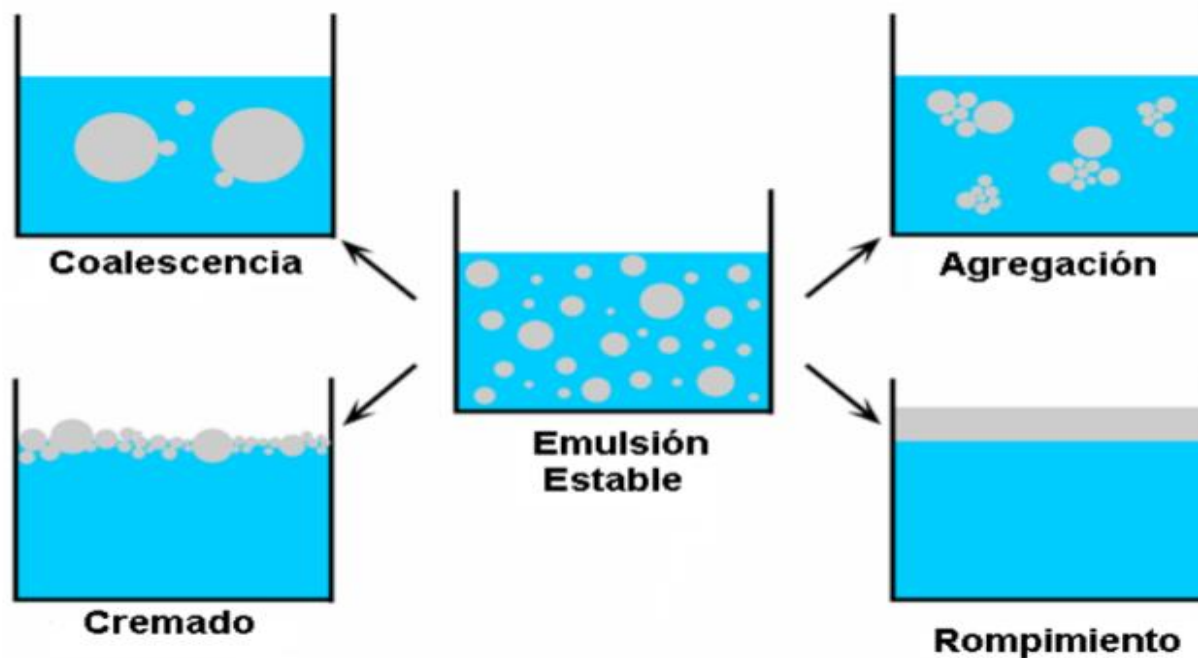
Agregación: La agregación se produce cuando los glóbulos de la fase interna de la emulsión van formando pequeños grupos sin todavía fundirse en varios de mayor tamaño. Dicho estado se puede definir como de preinestabilidad, evidente por una disminución de la viscosidad (**figura 6**) (Álvarez, Rafael,2009).

Cremado: puede describirse como el movimiento de los glóbulos hacia la parte superior del sistema, bajo el efecto de gravedad. Generalmente, el cremado se presenta básicamente, por dos efectos principales, el tamaño de glóbulo de aceite y por diferencia de densidad, entre las fases involucradas (**figura 6**) (Dukhin et al, 2006).

Rompimiento: es la separación de una emulsión en fases de aceite y agua. (**figura 6**) (Álvarez, Rafael,2009).

Emulsión Estable: que son las que una vez formadas, quedan unidos los líquidos y no se separan (**figura 6**) (Álvarez, Rafael,2009).

Figura 6 Fenómenos físicos que pueden presentar en la emulsión Pickering



Nota: adaptados fenómenos físicos que pueden presentar una emulsión. Web Incuve (2022)

fenómenos físicos de las emulsiones (ilustración)(<https://incuve.es/gmfarmacia/001-1-farx/formagistral-1ofarx/u-7-sistemas-dispersos-heterogeneo-emulsiones/>)

A continuación, se describe brevemente las principales características fisicoquímicas que presenta una Emulsión Pickering.

Tamaño o Diámetro de las Gotas:

El diámetro de la gota de una emulsión Pickering depende de varios factores como por ejemplo la relación solida/fase dispersa, tamaño de las partículas, la energía de agitación, la presencia de electrolitos y moléculas sensibles al pH. Mientras pequeñas sean las partículas sólidas, menor será el diámetro de la gota que se puede alcanzar, por otro lado, factores como la presencia de electrolitos y el valor del pH en el sistema van a tener un efecto en el diámetro final

de la gota debido a que influyen directamente en el grado de interacción y en el tamaño de los agregados de partículas que se absorben en la interfase. La concentración de las partículas presentes en el sistema se puede expresar en términos relativos como relación aceite (fase dispersa)-partícula (Arditty et al, 2003).

El diámetro medio que normalmente se obtienen para las Emulsiones Pickering esta del orden de las micras, llegando alrededor de $0.6\mu\text{m}$ cuando se realiza en homogenizadores es posible obtener tamaños que alcanzan mm en el caso de emulsiones obtenidos por métodos de baja energía como la agitación manual y con el proceso de coalescencia donde se han obtenido emulsiones con diámetros que abarcan desde los micrómetros hasta los milímetros (Persson et al, 2014).

Estabilidad o Persistencia:

Por estabilidad de un sistema de emulsión se puede entender como la permanencia en el tiempo de sus parámetros básicos conocidos, la dispersión y la distribución uniforme de la fase dispersa en el medio (Dukhin et al, 2006). no se trata de una estabilidad termodinámica sino de una persistencia de un estado es decir cinéticamente estables por largos periodos de tiempo.

Para el estudio de estabilidad de las emulsiones se consideran tres etapas generales una primera etapa conocida como la *sedimentación* de las gotas que se encuentran separadas por grandes distancias debido a efectos gravitacionales, viscosos y de campo eléctrico y se conoce como ley de Stokes .se presenta cuando no hay diferencia en la densidad de los fluidos o cuando la fase externa es muy viscosa. Mientras se produce la sedimentación no se observa ningún cambio o separación de las fases de la emulsión sin embargo la fase externa se va drenando hasta alcanzar una emulsión compacta en la cual las gotas no han entrado en contacto todavía, es una

estructura similar a una espuma con gotas aplastadas dando origen a la segunda etapa de desestabilización de una emulsión conocida como la floculación.

La floculación en esta etapa las gotas se han acercado entre a una distancia no mayor a su diámetro y están separadas por una película delgada de fase externa en la que la cercanía promueve los fenómenos interfaciales como las fuerzas de Van Der Waals y la presencia de partículas en la interfase generando fuerzas repulsivas de origen electrostático o estérico .esta etapa donde se produce la acumulación o segregación de las gotas de emulsión conocida como “crema “cuando está en la parte de arriba a veces con un alto contenido de la fase interna , visualmente se evidencia la separación de la fase de emulsión y la fase externa que se ha ido drenando durante estas dos primeras etapas de sedimentación y floculación.

Finalmente se presenta *la coalescencia* como última etapa de desestabilización donde se presenta la unión de las gotas, en general es un proceso rápido que involucran fuerzas capilares considerables cuando se produce una “perforación” en la película.

Se entiende entonces que la estabilidad de un sistema disperso depende directamente de la estabilidad o tiempo que tardan en drenarse las películas líquidas que separan las gotas que la componen y por tanto de efecto de las partículas sobre este drenaje, Los mecanismos de estabilidad difieren considerablemente de un tipo de película a la otra, para el caso de las emulsiones de Pickering (Horozov et al, 2005).

Conclusiones

Las emulsiones Pickering es un sistema de mezcla novedoso que utiliza las partículas sólidas como estabilizador, los dos tipos más comunes son las emulsiones pickering agua/aceite (Ag/Ac) y Aceite/Agua (Ac/Ag). En comparación con emulsiones convencionales la emulsión Pickering tiene varias ventajas como seguridad, buena estabilidad y biocompatibilidad por estos motivos cada vez se utiliza más en la industria alimentaria.

En resumen, tiene potencial para ser ampliamente utilizado en productos lácteos, bebidas, condimentos y en otros campos alimentarios, además, debido a la creciente demanda de productos con componentes alimentarios biológicamente activos y funcionales está aumentando actualmente, ya que estos ingredientes pueden mejorar la efectos de la mayoría de las enfermedades crónicas y del estilo de vida, como la obesidad, la diabetes y el cáncer , las emulsión Pickering se ha convertido en un punto clave de investigación.

Sin embargo, aún se requiere más investigación para evaluar el mecanismo de entrega y liberación de bioactivos y también la compatibilidad con sistemas alimentarios reales. El desarrollo de nuevos diseños de entrega en estado no líquido (es decir, semisólido o sólido) también debe ser un foco de investigación futura con el fin de ampliar su aplicación en la industria alimentaria.

Bibliografía

- Abend, S., Bonnke, N., Gutschner, U. et al. *Estabilización de emulsiones por hetero coagulación de minerales arcillosos e hidróxidos dobles estratificados*. *Coloide Polym Sci* 276, 730-737 (1998). <https://doi.org/10.1007/s003960050303>
- Aghbashlo, M.; Mobli, H.; Madadlou, A.; Rafiee, S. *Influence of Wall Material and Inlet Drying Air Temperature on the Microencapsulation of Fish Oil by Secado por aspersion*. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1561-1569.
- Albert, C.; Beladjine, M.; Tsapis, N.; Fattal, E.; Agnely, F.; *Emulsiones de Huang, N. Pickering: Procesos de preparación, parámetros clave que rigen sus propiedades y potencial para aplicaciones farmacéuticas* 2019,309,302,332.<https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2019.07.003>
- Álvarez, Rafael, Liendo, Lorena, Vargas, Juan, & López de Ramos, Aura. (2009). *Estudio de la coalescencia de burbujas en sistemas electrolíticos*. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 24(3), 33-39. Recuperado en 16 de marzo de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652009000300003&lng=es&tlng=es
- Aveyard R, Binks BP, Clint JH. *Emulsiones estabilizadas únicamente por partículas coloidales*. *Adv Colloid Interface Sci* 2003; 100:503–4
- Aveyard, R., Binks, B. y Clint, J. 2003. *Emulsiones estabilizadas únicamente por partículas coloidales*. *Advances in Colloid and Interfaz Science*: 503–546
[https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00069-6)

- Berton-Carabin, CC; Schroen, K. *Pickering emulsiones para aplicaciones alimentarias: antecedentes, tendencias y desafíos*. Annu. Rev. Food Sci. Technol. 2015, 6, 263-297
<https://doi.org/10.1146/annurev-food-081114-110822>
- Claire Albert Mohamed Beladjine Nicolas Tsapis Elias Fattal Florencia Agnely Nicolas Huang (2019) *Emulsiones Pickering: procesos de preparación, parámetros clave que rigen sus propiedades y potencial para aplicaciones farmacéuticas* (Volumen 309) Diario de liberación controlada <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2019.07.003>
- Dickinson, E. *Uso de nanopartículas y micropartículas en la formación y estabilización de emulsiones alimentarias*. Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos, volumen 24, paginas 4-12 (2012) <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.09.006>
- Duffus, LJ, Norton, JE, Smith, P. y col. (2016) *Un estudio comparativo sobre la capacidad de una gama de partículas aptas para alimentos para formar emulsiones Pickering O / W y W / O estables*. Journal of Colloid and Interfaz Science, 473: 9-21.
- Dumay, E.; Chevalier-Lucia, D.; Picart-Palmade, L.; Benzaria, A.; Gracia-Julia, A.; Blayo, C. *Aspectos tecnológicos y posibles aplicaciones de la homogeneización a (ultra) alta presión*. 2013, Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos volumen 31, paginas 13-26. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.005>
- Emulsiones Pickering. *Procedia Food Science*, V 1, p 95-103 <https://doi.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.profoo.2011.09.016>
- Guo, J.; Zhou, Q.; Liu, Y.-C.; Yang, X.-Q.; Wang, J.-M.; Yin, S.-W.; Qi, J.-R. *Preparación de partículas de microgel a base de proteína de soja mediante una estrategia de homogeneización de hidrogel y sus propiedades interfaciales*. Alimentos Hydrocoll. 2016, 58, 324–334 <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.008>

- Gupta, R. y Rousseau, D. (2012). *Nanopartículas de lípidos sólidos de superficie activa como Pickering estabilizadores para emulsiones de aceite en agua*. Alimentos funcionales, 3, 302-311. <https://doi.org/10.1039/C2FO10203J>
- He Y, Wu F, Sun X, Li R, Guo Y, Li C, et al. *Factores que afectan a las emulsiones Pickering estabilizadas por óxido de grafeno*. ACS Appl Mater Interfaces 2013; 5:4843–55 Ho, KW, Ooi, CW, Mwangi, WW, Leong, WF, Tey, BT y Chan, E.-S. (2016). <https://doi.org/10.1021/la3021113>
- J. Phys. Chem. Letón. 2012, 3, 20, 2986–2990 (2012) *Efectos de la carga de imagen en la formación de emulsiones de Pickering* <https://doi.org/10.1021/jz300909z>
- Jie Wu, Guang-Hui Ma (2016) *Estudios recientes de emulsiones de Pickering: las partículas marcan la diferencia* <https://doi.org/10.1002/sml.201600877>
- Linke, C.; Drusch, S. *Pickering emulsiones en alimentos: oportunidades y limitaciones*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2018, 58, 1971–1985 <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1290578>
- M. Matos, A. Laca, F. Rea, O. Iglesias, M. Rayner, G. Gutiérrez, J. *Food Eng.*, 2018, 222, 207-217. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.009>
- Manga, MS; Cayre, DO; Williams, RA; Biggs, S.; York, DW *Producción de emulsiones sólidas estabilizadas mediante emulsificación de membrana rotacional: influencia de la cinética de adsorción de partículas*. *Materia blanda* 2012, volumen 8, paginas 1532-1538 <https://doi.org/10.1039/C1SM06547E>
- María Matos, Susana Luque y Gemma Gutiérrez. *(Formulación y estabilidad de emulsiones para encapsulación de biocompuesto*. An. Quím., 116 (2), 2020, 69-80 Anales de la Química

Phui YeeTanTai BoonTan Hon Weng Chang Beng TiTey *Food Chemistry* 2018 Volume 241 79-

85 <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodchem.2017.08.075>

Pickering, SU (1907). *Emulsiones. Revista de la Sociedad Química*, volumen 91, 2001-2021.

<https://doi.org/10.1039/CT9079102001>

Revista de ingeniería alimentaria *Propiedades de los coloidosomas utilizando agregados de nanopartículas de sílice*. v 118, paginas 421-425.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.030>

Q. Tang, X. Xieb, C. Lia, B. Zhen, X. Cai, G. Zhang, C. Zhou,L. Wang, *Colloids and Surfaces*

Biointerfaces,2019,183,110414.<https://doiorg.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.col>

[surfb.2019.110414](https://doi.org/10.1016/j.col-surfb.2019.110414)

Qinxin Guo 2021 OP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 639 012028 *Avances en la preparación, estabilidad y aplicaciones funcionales de la emulsión Pickering*

https://iopscience.iop.org/art_y_icle/10.1088/1755-1315/639/1/012028#references

Quiñones M, Miguel M y Alexandre A. *Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular*. Nutr. Hosp. vol.27 no.1 Madrid jan.-

fev. 2012. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>

Ramsden, W. (1903). *Separación de sólidos en las capas superficiales de soluciones y*

suspensiones (observaciones sobre membranas superficiales, burbujas, emulsiones y

coagulación mecánica). Cuenta preliminar. En: Actas de la Royal Society, Volumen 72,

156-164 <https://doi.org/10.1098/rspl.1903.0034>

Rodríguez Costa, AL; Gomes, A.; de Figueiredo Furtado, G.; Tibolla, H.; Menegalli, FC; Cunha, RL *Modulando la digestibilidad in vitro de emulsiones de Pickering estabilizadas por partículas de polisacáridos de grado alimenticio*. Carbohidr. Polym. 2020, 227

S. Jain, T. Winuprasith, M. Suphantharika, *Food Hydrocolloids*, 2020, 104, a 105730.

<https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodhyd.2020.105730>

Saari H, Heravifar K, Rayner M, Wahlgren M. Preparación y caracterización de partículas de almidón para uso en emulsiones de Pickering. *Cereal Chem* 2016; 93:116–24

T. Winuprasith, P. Khomein, W. Mitbumrung, M. Suphantharika, A. Nitithamyong, D. J.

McClements, *Food Hydrocolloids*, 2018, 83 153-164 <https://doi->

[org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodhyd.2018.04.047](https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodhyd.2018.04.047)

Tavernier, I.; Wijaya, W.; Van der Meeren, P.; Dewettinck, K.; Patel, *AR Partículas aptas para uso alimentario para la estabilización de emulsiones*. Trends Food Sci. Technol. 2016, 50, 159-174 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.023>

The Dynamic Behavior of Emulsions, en *Emulsions and Emulsion Stability*. Second

Thompson KL, Derry MJ, Hatton FL, Armes SP. *Estabilidad a largo plazo de las nanoemulsiones Pickering de n-alcanoína-agua: efecto de la solubilidad acuosa de la fase de gotitas en la maduración de Ostwald*. Langmuir 2018; 34:9289–97

Timgren, A., Rayner, M., Sjöo, M. y Dejmek, P. (2011). *Partículas de almidón para alimentos ultrasonidos como emulsión de Pickering*. Hidrocoloides alimentarios, 52, 827-837.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.019>

X. Lu, C. Li, Q. Huang, *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 139, 917-924

<https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.078>

- Xiao, J., Li, C. y Huang, Q. (2015). *Kafirin emulsiones de pickering estabilizadas con nanopartículas como vehículos de administración oral: estabilidad fisicoquímica e in vitro pro de la digestión. Revista de química agrícola y alimentaria*, 63, 10263-10270. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04385>
- Qureshi AA, Mo H, Packer L, et al. Isolation and identification of novel tocotrienols from rice bran with hypocholesterolemic, antioxidant, and antitumor properties. *J Agric Food Chem*. 2000; 48:3130-3140.
- Y. Zhang, Q. Zhong, *Food Chemistry*, 2018, 241, 397-402
<https://doi.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.foodchem.2017.09.004>
- Yunqi Yang Zhiwei Fang, Xuan Chen, Weiwang Zhang, Yangmei Xie 4, Yinghui Chen, Zhenguo Liu y Weien Yuan *Pharmacol* (2017) *Una descripción general de las emulsiones de Pickering: materiales de partículas sólidas, clasificación, morfología y aplicaciones* <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00287>
- Zhao, Y., Pan, Y., Nitin, N. y Tikekar, RV (2014). *Mayor estabilidad de la curcumina en β -Caroteno en emulsiones Pickering estabilizadas con nanopartículas de gluten de trigo y goma de xantano: mejora de la estabilidad y bioaccesibilidad de los carotenoides. Hidrocoloides alimentarios*, 89,80-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.032>