



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**EMULSIONES: IMPORTANCIA Y USO EN LA INDUSTRIA DE
BEBIDAS**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

PAOLA YOLOXOCHITL RIZO OCAMPO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: MARCOS FRANCISCO BÁEZ FERNÁNDEZ**

VOCAL: **Profesora: VERÓNICA HERNÁNDEZ BRIONES**

SECRETARIO: **Profesora: LORENA DE ANDA AGUILAR**

1er. SUPLENTE: **Profesor: JOSÉ LUIS GODÍNEZ RODRÍGUEZ**

2° SUPLENTE: **Profesor: ROEB GARCÍA ARRAZOLA**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

M. en C. VERÓNICA HERNÁNDEZ BRIONES

SUSTENTANTE:

PAOLA YOLOXOCHITL RIZO OCAMPO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1. BEBIDAS	6
1.1 DEFINICIÓN DE BEBIDA.....	6
1.2 TIPOS DE BEBIDAS.....	6
1.2.1 BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS.....	6
1.2.2 BEBIDAS ALCOHÓLICAS:	7
CAPÍTULO 2. GENERALIDADES DE LAS EMULSIONES	14
2.1 DEFINICIÓN.....	14
2.2 COMPOSICIÓN.....	14
2.2.1 FASE OLEOSA.....	15
2.2.2 FASE ACUOSA.....	17
2.3 PRODUCCIÓN DE EMULSIONES.....	28
2.4 TIPOS DE EMULSIONES.....	31
CAPÍTULO 3. ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES	36
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL GLÓBULO DE GRASA.....	37
3.2 EL TAMAÑO DE PARTÍCULA.....	39
3.3 MECANISMOS DE DESESTABILIZACIÓN DE UNA EMULSIÓN.....	48
CAPÍTULO 4. EMULSIONES EN EL MERCADO DE BEBIDAS FUNCIONALES	52
4.1 LEGISLACIÓN Y ASUNTOS REGULATORIOS.....	55
DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62

INTRODUCCIÓN

El mercado de bebidas es uno de los más versátiles de la industria alimentaria. Cada año surgen nuevos sabores y combinaciones de ingredientes que dan lugar a una variedad de productos que permiten satisfacer de un modo más completo las necesidades que surgen en los distintos sectores de la población. (ANFABRA, 2019).

Durante el 2020, la crisis de pandemia ocasionada por el Coronavirus SARS – CoV-2 provocó que los consumidores buscaran un aporte funcional en las bebidas que consumen para mejorar su salud. Dichos aportes se enfocan en la reducción de azúcares, calorías o un beneficio para su sistema inmune.

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (INEGI, 2018) reporta que el gasto más alto de los hogares en México está destinado a alimentos y bebidas con 35.3% del gasto corriente monetario (390.9 mil millones de pesos), lo que implica que la industria de alimentos y bebidas, al ser una necesidad básica, mantiene un crecimiento y es fundamental encontrar los mecanismos adecuados para ofertar productos que cumplan con las necesidades de la población en el menor tiempo posible.

En México, el consumo de bebidas tiene un gran impacto sobre la población debido a la cercanía con el consumidor, a través de las redes

sociales y la presencia constante de los productos en diversos medios de comunicación, el potencial de mercado y la demanda que tienen se incrementa al tener productos de fácil acceso y que implican un ahorro de tiempo en la vida cotidiana al estar listos para consumo. Actualmente, para el consumidor es importante que el producto que elija no solamente sea del agrado sensorial, sino que, además, proporcione algún tipo de beneficio a la salud.

Las nuevas generaciones prefieren tener alimentos listos para consumir en lugar de pasar tiempo preparándolos (Koerten, 2019), es por eso que el mercado de bebidas aumentó el lanzamiento de productos con alguna funcionalidad, el cual creció un 33% (Mintel, 2022).

Hoy día, la industria busca innovar en sabores, texturas, funcionalidad y beneficios en bebidas. Las emulsiones, debido a sus propiedades, toman relevancia en el desarrollo de nuevos productos.

Los productos en emulsión son muy frecuentes y pueden utilizarse para encapsular compuestos con propiedades beneficiosas para la salud. Como ejemplos de compuestos susceptibles de encapsulación en emulsiones se encuentran: polifenoles, luteína o vitaminas (Matos, M. 2020).

Otro motivo por el cual la industria de bebidas utiliza las emulsiones es porque disminuye los costos de producción al tener un sistema integrado, que hace que no solo se utilicen emulsiones de sabores cítricos, sino

también otros sabores frutales y simular la naturalidad de la bebida dependiendo del tipo de fruta que se desee, y así también, se le dé la apariencia de turbidez o de presencia de pulpa de fruta que el consumidor busca.

Existen diversos tipos de bebidas, dentro de las que destacan aquellas con sabores provenientes de aceites esenciales encontrados en la naturaleza. El sabor cola es el más consumido seguido de sabores cítricos como limón y naranja. Estos tres sabores contienen compuestos cítricos hidrofóbicos extraídos de la cáscara de las frutas (Piorkowski, 2014). El carácter no polar de los aceites esenciales y otros ingredientes hidrofóbicos significa que estos no pueden ser simplemente dispersados en una fase acuosa, ya que se separarían rápidamente debido a la naturaleza de la mezcla, por lo cual se deben incorporar en una emulsión para poder ser solubilizados y utilizados en las bebidas.

El presente trabajo tiene como finalidad realizar una búsqueda bibliográfica sobre los beneficios y ventajas del empleo de emulsiones en la industria de bebidas, así como conocer los factores que afectan la estabilidad de éstas, el tipo de bebidas en las que se pueden incorporar y los retos a los que se pueden enfrentar los fabricantes de dichas bebidas.

CAPÍTULO 1. BEBIDAS

1.1 DEFINICIÓN DE BEBIDA

La Real Academia Española define una bebida como todo aquel líquido que se bebe. De acuerdo a su composición, podemos dividir las bebidas dentro de dos categorías: no alcohólicas y alcohólicas.

1.2 TIPOS DE BEBIDAS

Las bebidas alcohólicas y no alcohólicas, se pueden clasificar de la siguiente manera:

1.2.1 BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

La NOM-218-SSA1-2011 especifica los siguientes tipos:

Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición: a los que se les disminuyen, eliminan o adicionan uno a más nutrimentos, tales como hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales o fibras dietéticas.

Bebida para deportistas: a las bebidas saborizadas no alcohólicas que son elaboradas por la disolución de sales minerales, edulcorantes u otros ingredientes con el fin de reponer el agua, energía y electrolitos perdidos por el cuerpo humano durante el ejercicio.

Bebidas saborizadas no alcohólicas: a los productos elaborados por la disolución en agua para uso y consumo humano, de edulcorantes e ingredientes opcionales, adicionados o no de aditivos, que pueden estar o no carbonatadas. Incluye bebidas para deportistas.

Bebidas adicionadas con cafeína: a los productos elaborados por la disolución en agua para uso y consumo humano, de azúcares, ingredientes opcionales, adicionados o no de aditivos que pueden estar o no carbonatadas y con un contenido mayor de 20 mg de cafeína por 100 ml de producto. No incluye al café, sucedáneos del café, té e infusiones de hierbas.

1.2.2 BEBIDAS ALCOHÓLICAS:

La NOM-199-SCFI-2017 clasifica a una bebida como alcohólica cuando contenga alcohol etílico en una proporción de 2% y hasta 55% en volumen y las clasifica de la siguiente manera:

Bebidas alcohólicas destiladas: son el producto obtenido por destilación de líquidos fermentados que se hayan elaborado a partir de materias primas vegetales en las que la totalidad o una parte de sus azúcares fermentables, hayan sufrido como principal fermentación, la alcohólica, siempre y cuando el destilado no haya sido rectificado totalmente, por lo que el producto deberá contener las sustancias secundarias formadas durante la fermentación y que son características de cada bebida, con excepción del vodka, susceptibles de ser abocadas y en su caso añejadas o maduradas, pueden estar adicionadas de ingredientes y aditivos permitidos en el *Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos*

alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. Con contenido alcohólico de 32.0 hasta 55.0% Alc. Vol.

Bebidas alcohólicas fermentadas: son los productos resultantes de la fermentación principalmente alcohólica de materias primas de origen vegetal, pueden adicionarse de ingredientes y aditivos permitidos en el *Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. Con contenido alcohólico de 2.0 hasta 20.0% Alc. Vol.*

Bebidas alcohólicas preparadas: a los productos elaborados a base de bebidas alcohólicas destiladas, fermentadas, licores o mezclas de ellos, espíritu neutro, alcohol de calidad o alcohol común o mezcla de ellos y agua, aromatizados y saborizados con procedimientos específicos y que pueden adicionarse de otros ingredientes, aditivos y coadyuvantes permitidos en el *Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. Con un contenido alcohólico de 2.0 hasta 12.0% Alc. Vol.*

Dependiendo del tipo de producto que se desee es que se toman en cuenta aspectos importantes dentro de su formulación. En la figura 1, se muestra esquemáticamente la elaboración de una bebida no alcohólica y

algunos aspectos importantes a tomar en cuenta en cuanto a parámetros de calidad y liberación de producto terminado:

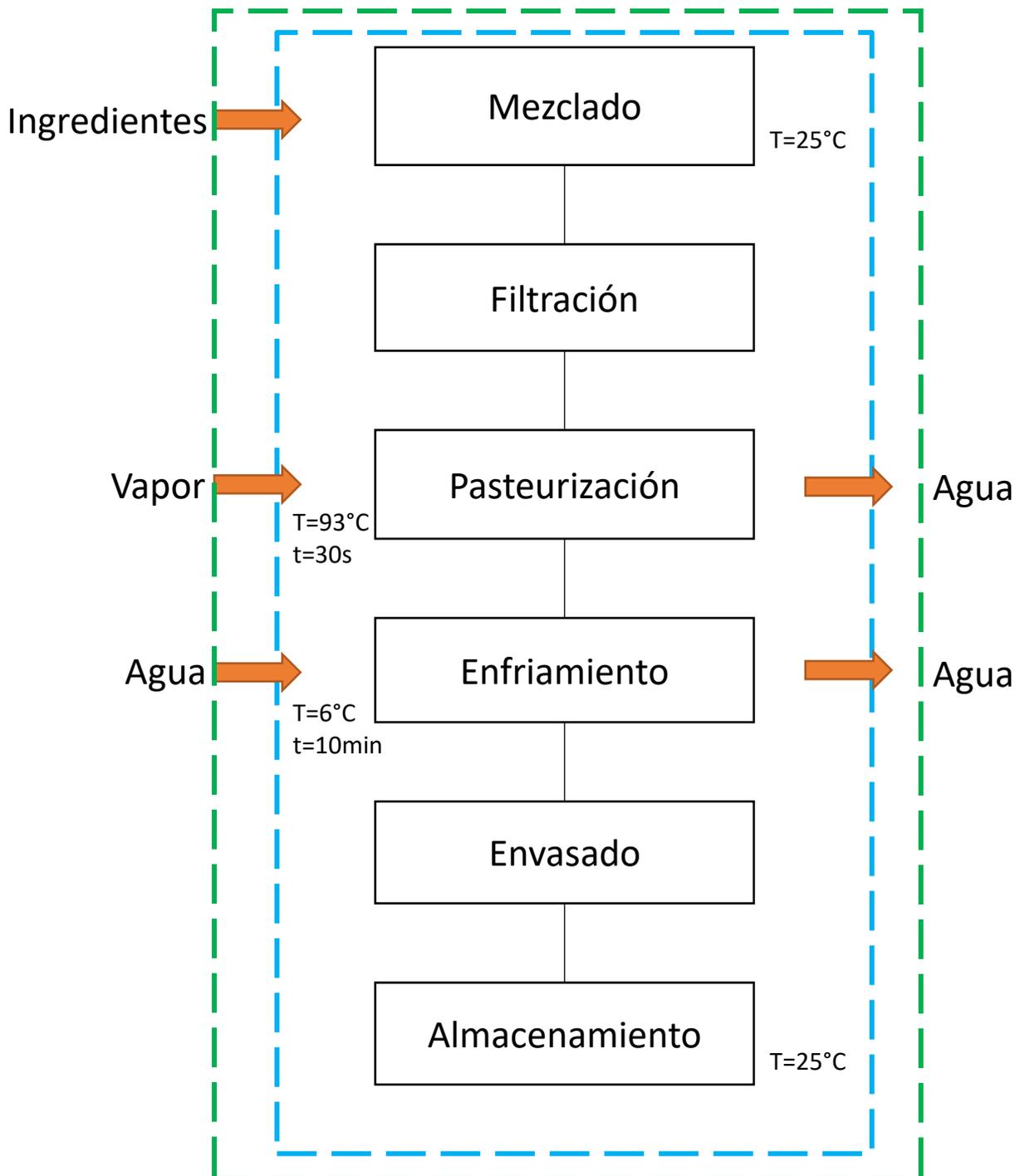


Figura 1. Ejemplo de diagrama de proceso de la elaboración de una bebida (Rizo, 2018. Tomado y modificado de McClements, 2016).

El sector de las bebidas refrescantes concede una enorme importancia a la Investigación, Desarrollo e Innovación para sacar al mercado nuevos productos. Abarca entre otras cosas los estudios de mercado previos, la innovación técnica y de producción o la inversión comercial. Con la aplicación continua de los distintos avances se puede ofrecer variedad de productos para que el consumidor pueda elegir en cada momento el que mejor se adapte a sus necesidades. Cada año se lanzan una media de 150 nuevos productos (ANFABRA, 2019)

En México los consumidores prefieren las aguas de frutas y de diversos sabores, sin embargo, por la vida actual tan acelerada, resulta difícil preparar un agua natural. Por lo que se prefiere sustituirla por una bebida envasada sabor fruta o con fruta, que es accesible en el mercado.

Debido a la demanda actual de bebidas, la industria ha diseñado estudios de mercado que apoyen la decisión de cuáles son las nuevas bebidas en tendencia que demanda el consumidor.

Existen aspectos importantes a tomar en cuenta al desarrollar una bebida. Al momento de formular, la elección de los ingredientes se basa en el tipo de atributos y características de cada producto y siempre se toma en cuenta la estabilidad del sistema de ingredientes usados para una adecuada vida de anaquel.

Las emulsiones en bebidas han sido utilizadas como una manera práctica de otorgar características sensoriales deseadas tanto en bebidas alcohólicas como no alcohólicas.

Un tipo de bebidas en específico donde las emulsiones han tenido buen funcionamiento es el mercado de bebidas funcionales.

Las bebidas funcionales son aquellas que ofrecen beneficios para la salud y el autocuidado; pueden ser funcionales naturalmente como el té (contiene antioxidantes de forma natural) o pueden adicionarse nutracéuticos como el calcio, omegas, proteína aislada de soya, fibras, prebióticos, probióticos, L-carnitina, polifenoles, vitaminas, minerales y otros ingredientes que le confieren beneficios específicos que pueden ser declarados en el producto (Naranjo, 2015).

Las emulsiones son utilizadas cada vez más como sistemas para incorporar alimentos funcionales o ingredientes, como son colores, sabores, conservadores, vitaminas, aromatizantes y nutracéuticos.

En bebidas, los sistemas de emulsiones comenzaron a utilizarse debido a la necesidad de encapsular, proteger y liberar constituyentes lipofílicos y funcionales, sin embargo, también pueden emplearse para varios propósitos: controlar la biodisponibilidad de los lípidos; enfocarse en el suministro de componentes bioactivos dentro del tracto gastrointestinal y diseñar matrices alimentarias que retrasen la digestión de los lípidos e

induzcan la saciedad. La tecnología de emulsión es particularmente adecuada para el diseño y fabricación de sistemas de administración de lípidos (McClements, Liu y Li, 2020).

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES DE LAS EMULSIONES

2.1 DEFINICIÓN

Una emulsión consiste en dos líquidos inmiscibles (usualmente aceite y agua), uno de los líquidos disperso en el otro. Un sistema donde las partículas de grasa se encuentren dispersas en la fase acuosa se conoce como una emulsión aceite en agua (O/W), mientras que, una emulsión agua en aceite (W/O) es el sistema donde las partículas de agua se encuentren dispersas en la fase oleosa (McClements, 2016).

Dichas emulsiones pueden ser usadas en bebidas como refrescos, té, bebidas alcohólicas, bebidas deportivas, bebidas carbonatadas, bebidas lácteas, bebidas para niños, bebidas vegetales, etc.

2.2 COMPOSICIÓN

El término "emulsión de bebida" se refiere a una emulsión aceite en agua. Normalmente su forma concentrada es de 10-30% en peso de aceite (McClements, 2016). Estas emulsiones son sistemas concentrados diseñados para ser diluido o incorporado en bebidas como portadores de ingredientes insolubles en agua (Molet, 2018).

A continuación, se describen cada una de las fases involucradas en la formación de una emulsión:

2.2.1 FASE OLEOSA

Consiste en ingredientes oleosos y agentes de peso, los cuales son insolubles en agua. En emulsiones enturbiantes, se utilizan principalmente aceites sin sabor, por ejemplo, aceites vegetales, mientras que en las emulsiones con sabor se utilizan aceites esenciales que otorgan sabor, el ejemplo más común son los cítricos. Además de estos, otros ingredientes como aceites aromáticos de hierbas y especias, carotenos, vitaminas liposolubles, entre otros, también pueden ser materiales interesantes para incorporar a las bebidas. Las diferencias en el origen de cada aceite aromatizante implican cambios en sus propiedades fisicoquímicas como solubilidad en agua, densidad, viscosidad y propiedades ópticas (Molet, 2018). Por ejemplo, los aceites vegetales y los aceites esenciales de sabor, difieren en el largo de la cadena de ácidos grasos. Los aceites vegetales, que pueden ser de nueces, se componen principalmente de ácidos grasos de cadena larga (C18) y ácidos grasos de cadena media (C12-C14). Mientras que, los aceites esenciales de sabores, como cítricos o herbales, contienen ácidos grasos de cadena corta (<C10), lo que determina su comportamiento de estabilidad (Molet, 2018). Los aceites que proveen sabor son susceptibles a la degradación (oxidación o ciclación) y por lo tanto tienen que tomarse en cuenta condiciones como pH, temperatura, luz a la que se exponen y minerales

presentes o incorporar antioxidantes para preservar la fase (Maswal & Dar, 2014).

Otro problema con los aceites esenciales que otorgan sabor es su densidad (0.845-0.890 g/cm³), lo que significa que una emulsión sería propensa al cremado, que ocurre cuando las gotas de grasa se desplazan a la superficie de la bebida debido a que tienen una menor densidad y se presenta el anillamiento. Por esta razón es que se agregan agentes de peso a la fase oleosa de una emulsión (McClements, 2016). El propósito de los agentes de peso es reducir la densidad entre la fase oleosa y la fase acuosa y, por lo tanto, reducir la posibilidad de cremado (Piorkowski, 2014).

A continuación, se describen los ingredientes más importantes en la fase oleosa para la formación de una emulsión:

➤ **AGENTES DE PESO**

Un agente de peso es una sustancia que se agrega a la fase dispersa de una emulsión para disminuir o incrementar la diferencia de densidad entre las partículas de grasa y el líquido de la fase continua y, por lo tanto, retardan la separación entre las mismas (McClements, 2016).

Los agentes de peso más comunes son:

a) Acetato Isobutirato de Sacarosa (SAIB)

Es un agente de peso que se produce por esterificación controlada de sacarosa con anhídridos acético e isobutírico; las ventajas que ofrece son su rápida solubilidad en aceites y grasas animales, alta estabilidad a la oxidación y por lo tanto una mejor vida de anaquel (Hubbard, 2017), es insípido a 500ppm, cantidades máximas permitidas en bebidas (Secretaría-de-Salud, 2012) y es el agente de peso más denso de los empleados con una densidad de 1.15g/mL (McClements, 2016).

b) Goma éster

Es otro agente de peso que consta de una mezcla de ésteres di y triglicéridos de ácidos resínicos de colofonia de madera, el producto final está compuesto en un 90% de ácidos resínicos y en un 10% por compuestos neutros (no ácidos), la fracción de ácidos resínicos es una mezcla compleja de ácidos monocarboxílicos diterpenoides isoméricos del cual el principal componente es el ácido abiético (Barros, 2009) es soluble en aceites y solventes orgánicos, es susceptible a la oxidación por lo que se debe usar junto con un antioxidante, aporta buena turbidez y aporta un ligero sabor característico, su densidad es de 1.08 g/mL y se puede emplear en bebidas con una cantidad máxima de 150ppm (Secretaría-de-Salud, 2012).

2.2.2 FASE ACUOSA

La fase acuosa representa el mayor constituyente de una emulsión O/W y constituye todos aquellos ingredientes solubles en agua, como ácidos,

minerales, sabores, conservadores, vitaminas, surfactantes, proteínas o polisacáridos. Dentro de la fase acuosa se incluyen emulsificantes y estabilizantes que facilitan la dispersión de las gotas de grasa en el agua al reducir la tensión superficial de ambas fases (Molet, 2018).

Cuando se formula una emulsión, es importante considerar que todos los ingredientes sean compatibles entre sí para poder garantizar la estabilidad del producto y la bebida final, siempre y cuando se encuentren en los límites legales establecidos.

A continuación, se describen brevemente los ingredientes más importantes dentro de la fase acuosa.

➤ **ESTABILIZANTES**

Para lograr la estabilidad de las gotas de fase dispersa en la fase continua, evitando su coalescencia, se utilizan agentes estabilizantes o emulsificantes, que se sitúan en la interfase entre la superficie de las gotas y la fase continua. La selección del estabilizante depende, tanto de la aplicación del producto en emulsión obtenido, como de la técnica seguida para su preparación. Los estabilizantes más frecuentes son los tensoactivos o emulsificantes, aunque también hay emulsiones estabilizadas por sólidos o proteínas (Matos, 2020).

Un emulsificante tiene la capacidad de adsorberse en la interfase aceite/agua y formar una capa alrededor de la gota del glóbulo de grasa previniendo el rompimiento de la emulsión (Molet, 2018).

Entre estos se encuentran los de bajo peso molecular como ésteres de monoglicéridos, que rápidamente se adsorben la interfase aceite/agua debido a que presentan un ácido graso en su estructura. Además de este tipo de moléculas, las proteínas, polisacáridos y otros biopolímeros también pueden usarse como emulsificantes.

En general, los polisacáridos no presentan una buena actividad interfacial, sin embargo, la presencia de proteínas en su estructura les confieren propiedades emulsificantes (McClements, 2016). Específicamente goma arábica, almidón octenil succinato de sodio anhídrido y galactomananos modificados han mostrado buena efectividad de emulsificación. Además de que, los hidrocoloides pueden ser utilizados para estabilizar emulsiones debido a que la estabilidad mejora al aumentar la viscosidad de la emulsión (Molet, 2018).

Estos polisacáridos son preferidos en lugar de proteínas globulares y otras moléculas debido a que son más resistentes a cambios bruscos de condiciones ($\text{pH} < 4$, temperatura no más de 30°C) y pueden afectar en el sabor del producto final (Chadauri, 2015). Estos los hace materiales

mayormente utilizados en estos sistemas de emulsiones dirigidos a bebidas.

Un buen emulsificante debe contar con las siguientes características:

- 1) Debe ser capaz de adsorberse rápidamente en la superficie de los glóbulos de grasa durante la homogenización.
- 2) Debe ser capaz de reducir la tensión interfacial.
- 3) Debe ser capaz de formar una capa interfacial que pueda resistir la ruptura de enlaces y/o proveer una fuerte repulsión entre las gotas de grasa.

El balance hidrófilo-lipófilo, o HLB por sus siglas en inglés, busca obtener la mezcla de surfactantes ideal que garantice la estabilidad de una emulsión. Sin embargo, no brinda información acerca de la cantidad de agente emulsificante necesario en la emulsión por lo que resulta importante conocer el HLB óptimo para emulsificar el sistema y se refiere a la fase oleosa (James, 2017).

Su conocimiento permite escoger la proporción de tensoactivos óptima para obtener el tamaño mínimo de gota y estabilidad de una emulsión. Muchos aceites minerales tienen establecidos sus valores de HLB requeridos, no así, los aceites esenciales (James, 2017).

El balance hidrofílico-lipofílico es un número que depende de las propiedades moleculares del emulsificante y da un parámetro de la

relación del aceite con la fase acuosa. Es un parámetro adimensional, comprendido entre 1 y 20, que permite prever el comportamiento que tendrá el tensoactivo y, por tanto, la emulsión resultante (Matos, 2020).

El valor HLB de un emulsificante indica la solubilidad ya sea en fase acuosa u oleosa y, puede ser usado para predecir el tipo de emulsión que puede formarse. Un emulsificante con un bajo valor de HLB (3-6) es predominantemente hidrofóbico, se disuelve en aceite y estabiliza emulsiones agua en aceite. Un emulsificante con un alto valor de HLB (10-18) es predominantemente hidrofílico, se disuelve en agua, estabiliza emulsiones aceite en agua y forma micelas en el agua (McClements, 2016).

Un emulsificante con un valor HLB intermedio (7-9) no presenta una preferencia en particular y se considera un buen agente humectante, estabiliza emulsiones aceite en agua y forma micelas en el agua (McClements, 2016).

La mayoría de las emulsiones para bebidas resultan ser emulsiones aceite en agua. Conocer el valor HLB del emulsificante elegido, puede ser de ayuda para poder predecir si la emulsión en cuestión será estable o no.

Todos los emulsificantes aprobados para utilizarse en México están regulados bajo el Acuerdo por el que se determinan los aditivos y

coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias (Secretaría-de-Salud, 2012).

A continuación, se mencionan los estabilizantes mayormente utilizados.

a) Goma arábiga

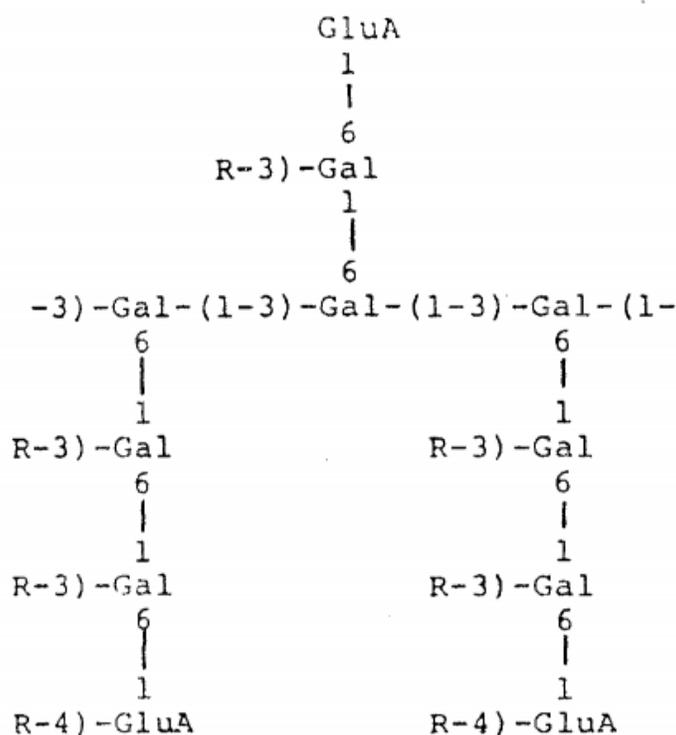


Figura 2. Estructura química de la goma arábiga (Gracia, 2015)

La Goma Arábiga es un exudado seco obtenido de las ramas o tronco de la *Acacia Senegal* (L.) *Willdenow* o *Acacia seyal* (fam. *Leguminosae*). La Goma Arábiga es un polisacárido de alto peso molecular la cual al ser

hidrolizada se fragmenta en arabinosa, galactosa, ramnosa y ácido glucurónico (FAO, 2019). Las emulsiones preparadas con esta goma son estables en un amplio espectro de pH y en presencia de electrolitos (Ingredipedia, 2017). Como se muestra en la figura 2, fundamentalmente la goma arábica se compone de 88% arabinogalactana (AG), la cual se forma por arabinosa y galactosa, 10% de arabinogalactana – proteína (AGP) y 2% de glicoproteína (GP), el origen de la capacidad emulsificante se produce debido a las fracciones que componen la goma, pues la presencia de proteínas en la goma arábica en las fracciones AGP y GP, eleva el carácter anfipático de ésta (Hidalgo, 2011), con lo cual se genera el efecto adhesivo entre la fase oleosa y la acuosa de las emulsiones, al superar la tensión interfacial entre ellas y a la estabilización estérica (Chadauri, 2015).

La parte hidrofóbica de las moléculas de la goma estabilizan la partícula de aceite en agua anclándose a la superficie oleosa mientras que la fracción hidrofílica se extiende hacia el agua y estabiliza la partícula oleosa por impedimento estérico y repulsión electrostática (Chadauri, 2015).

La goma arábica es el mejor hidrocoloide y estabilizante de aceite en agua para estabilizar los concentrados de bebidas, emulsiones y los diferentes sistemas aceite-agua. Se utiliza en numerosas emulsiones líquidas alimentarias y farmacéuticas como jarabes, bebidas carbonatadas y no carbonatadas, cocteles con alcohol, aceites esenciales y bases

aromáticas, aromatización en la industria de confitería y panificación (Muciño, 2011).

b) Almidón modificado

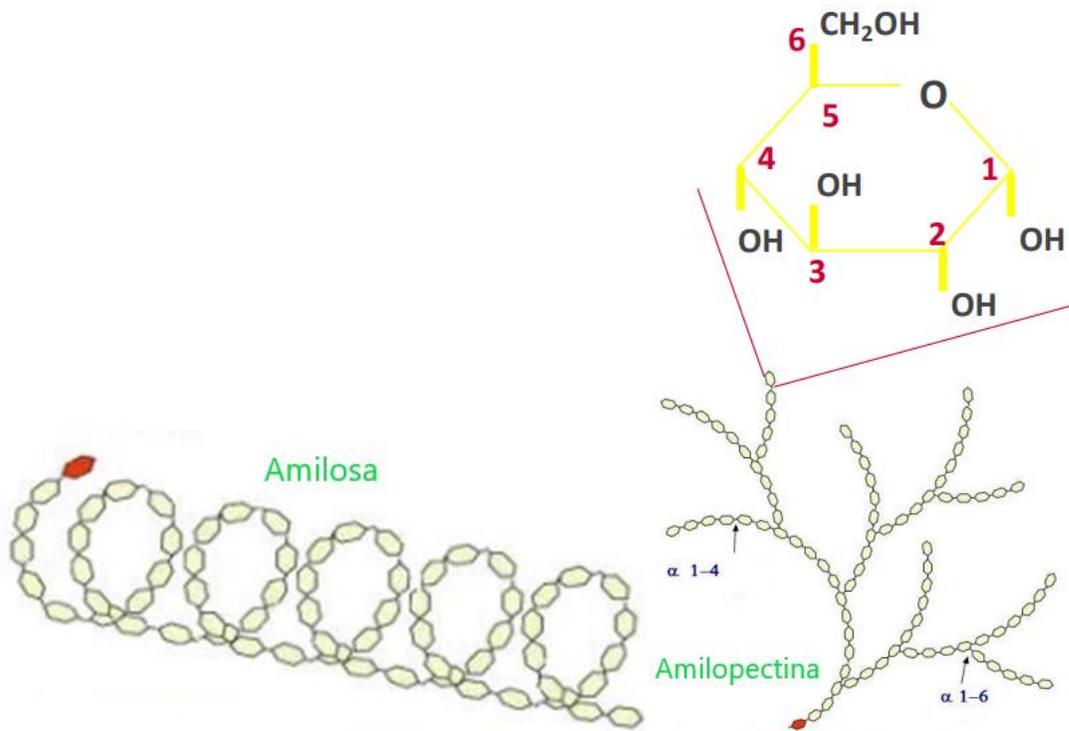


Figura 3. Estructura del almidón compuesto por amilosa y amilopectina (Aviña, 2014).

El almidón es un biopolímero compuesto generalmente de 20% de amilosa (200 a 2000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glicosídicos α-1,4 en cadenas no ramificadas) y 80 % amilopectina (constituida por muchos anillos de glucosa unidos entre sí para formar largas moléculas con numerosas ramificaciones laterales cortas). Figura 3. La funcionalidad del almidón está relacionada con el tamaño de sus gránulos, ya que los

de menor tamaño pueden absorber mucha agua por tener una gran área de contacto, por lo que una aplicación de almidones con gránulos pequeños es la estabilización de emulsiones (Bello, 2014).

Las propiedades químicas, fisicoquímicas y funcionales del almidón pueden mejorarse por medios químicos o físicos. Una modificación química del almidón es mediante el anhídrido octenil succínico (OSA por sus siglas en inglés) es la única modificación permitida para almidones empleados en alimentos. Cuando los gránulos de almidón OSA se disuelven en agua, migran a la interfase aire - agua formando una capa en la cual los grupos hidrófobos se orientan hacia el aire mientras que el resto del almidón se dispersa en el agua, cambiando así la tensión superficial. Por ello, los almidones OSA son utilizados como emulsificantes y estabilizantes en muchos productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos en diferentes sistemas aceite-agua (Bello, 2014).

Dado que el almidón natural es hidrofílico, la modificación química conocida como octenil succinato sódico de almidón, introduce grupos hidrofóbicos para la estabilidad de las emulsiones. Estos grupos hidrofóbicos, anclan la molécula de almidón a la superficie de la gota de grasa, mientras que la parte hidrofílica forma enlaces con la fase acuosa y protege las gotas contra la agregación por medio de repulsión estérica (Chadauri, 2015).

Además de los estabilizantes, existen otros ingredientes que ayudan a preservar la integridad de una emulsión:

➤ **CONSERVADORES**

Los conservadores son sustancias que se añaden a los productos para protegerlos de alteraciones biológicas como fermentaciones, enmohecimiento y putrefacción (Fuentes, 2015).

El ácido sórbico (E200) y sus sales de sodio, potasio y calcio (E201, E202, E203), así como el ácido benzoico (E210) y sus sales de sodio, potasio y calcio (E211, E212, E213), merecen especial atención por su extendido uso. Ambos se emplean por ser muy efectivos inhibiendo el crecimiento de mohos, levaduras y algunas bacterias. Su actividad antimicrobiana es eficaz a valores de pH ácido, por lo que en alimentos con pH neutro son ineficaces (Fuentes, 2015).

En el Acuerdo de aditivos se indica que la mezcla con otros conservadores no debe exceder de 1000 mg/L tomando en cuenta el límite máximo de cada aditivo.

➤ **ACIDULANTES**

Los acidulantes son sustancias que aumentan la acidez o intensifican el sabor ácido de los alimentos, disminuyen el pH inhibiendo el crecimiento microbiano. Contribuyen a una variedad de propiedades funcionales como palatabilidad, valor nutritivo y propiedades sensoriales a alimentos

procesados. Algunos ejemplos de ácidos usados en bebidas son: ácido cítrico, ácido tartárico, ácido málico (Pereira, 2016). Sin embargo, en una emulsión para bebida, los acidulantes se adicionan para ayudar a la función de los conservadores, no para acidificar la bebida final (Sánchez, 2017).

En la Tabla 1 se describen brevemente dichos ácidos:

Tabla 1. Principales ácidos utilizados en bebidas y su funcionalidad.

Nombre y estructura	Principal aplicación
Ácido cítrico	<p>Es un ácido orgánico que se encuentra en casi todos los tejidos animales y vegetales, se presenta en forma de ácido de frutas en el limón, mandarina, lima, toronja, naranja, piña, ciruela, guisantes, melocotón.</p> <p>Aplicaciones que representan mayor uso:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pastillas, goma de mascar y gomitas Pasteles, pastas y dulces Preparados de fruta para panificación y lácteos Gelatinas y postres Vitaminas y suplementos alimenticios (Muñoz-Villa, 2014).
Ácido málico	<p>El ácido málico se encuentra en algunas frutas y verduras de sabor ácido como los membrillos, las uvas, las manzanas y las cerezas no maduras. Es un aditivo utilizado en la industria de alimentos empleado como acidulante y emulsificante. Entre las aplicaciones más comunes se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pastillas, gomas de mascar y gomitas Dulces y caramelos duros Bebidas de frutas y de sabores Bebidas de soya Botanas a base de papas

	Helados, sorbetes y paletas Vino (Fennema, Parkin, & D., 2010).
Ácido tartárico	El ácido tartárico es un ingrediente ampliamente utilizado en la industria de alimentos como regulador de acidez, antioxidante, secuestrante y agente leudante. Entre las aplicaciones más comunes se encuentran: Como acidificante y conservante natural para las mermeladas, helados, gelatinas, zumos, conservas, bebidas. Como efervescente para el agua carbonatada. Como emulsionante y conservante en la industria panificadora y para la elaboración de caramelos y golosinas (Fennema, Parkin, & D., 2010).

La interacción entre cada uno de los ingredientes dentro de la emulsión resulta de gran importancia para su formulación; es muy importante conocer la interacción que tendrá el emulsificante con la fase oleosa y la fase acuosa, ya que de esta forma, se puede predecir la estabilidad de la emulsión en la bebida final.

2.3 PRODUCCIÓN DE EMULSIONES

En la preparación de una emulsión es importante tomar en cuenta el orden de adición de los ingredientes, así como controlar la temperatura no mayor de 30°C, velocidad de agitación en la prehomogenización de al menos 2000 rpm y presión de homogenización de, al menos, 2000 a 5000 psi para así asegurar la estabilidad (Sánchez, 2017).

Para visualizar la producción de una emulsión, en la tabla 2 se presenta un ejemplo de una fórmula tipo para elaborar una emulsión:

Tabla 2. Fórmula para la producción de una emulsión sabor naranja (Rizo, 2018).

EMULSIÓN SABOR NARANJA		
	Ingrediente	(g)
Fase oleosa	Acetato isobutirato de sacarosa (SAIB)	122.5
	Triglicéridos	115
	Antioxidante TBHQ	0.024
	Aceite esencial de naranja	50
Fase acuosa	Agua	563.626
	Benzoato de sodio	0.75
	Ácido cítrico	10.6
	Amarillo 6	7.5
	Goma arábica	130
	Total	1000
Dosis: 2g/L		

La preparación de emulsiones se divide en 3 pasos: Preparación de fase acuosa y oleosa, prehomogenización y homogenización.

En la figura 4 se describen cada una de las operaciones involucradas en la preparación de una emulsión para bebida:

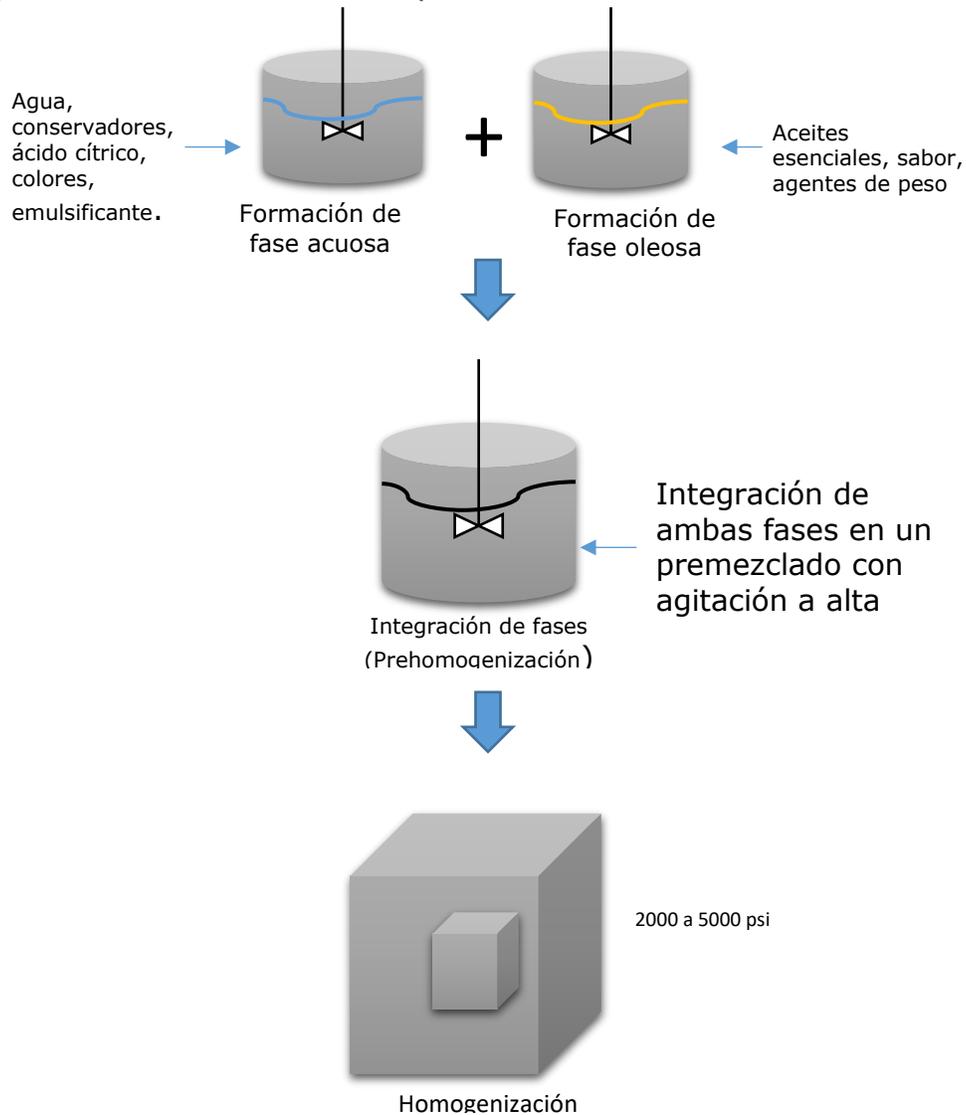


Figura 4. Preparación de emulsiones de bebida (McClements, 2016).

Al adicionar los aceites debe de hacerse a una misma velocidad y flujo constante, es decir, adicionar al recipiente como un fluido y no gota a gota para así evitar que el glóbulo de grasa adquiriera diferentes tamaños

y disminuir las posibilidades de obtener una partícula de grasa de gran tamaño que dificulte “romperse” en la homogenización (Sánchez, 2017).

Es recomendable que, al formar la fase acuosa, se deje un tiempo de reposo antes de la integración de fases, dependiendo del tipo de emulsificante y de acuerdo a las especificaciones del proveedor, con el fin de liberar la mayor cantidad de aire posible, el cual, puede afectar la homogenización al provocar variaciones de presión y, por lo tanto, afectar la distribución de tamaño de partícula de la emulsión al mismo tiempo que su estabilidad (Sánchez, 2017).

2.4 TIPOS DE EMULSIONES

Las emulsiones pueden clasificarse dependiendo de la naturaleza del estabilizante o la estructura del sistema.

Según el tipo de estabilizante empleado:

1. Emulsiones estabilizadas con tensoactivos.

Es el tipo más habitual. Los tensoactivos son compuestos de naturaleza anfífila, es decir, están formados por una parte hidrófila y otra hidrófoba. Esta doble afinidad les permite situarse en la interfase, reduciendo así, la tensión superficial y aumentando la estabilidad de la emulsión (Matos, 2020).

2. Emulsiones estabilizadas con partículas sólidas.

Se denominan emulsiones *Pickering* y se caracterizan por estar estabilizadas con partículas mediante su adsorción en la interfase de las dos fases inmiscibles. Estas partículas pueden ser sílice, látex, almidón o celulosa.

Las emulsiones estabilizadas con partículas sólidas tienen alguna semejanza con las estabilizadas mediante tensoactivos, aunque difieren en su comportamiento. Los tensoactivos tienen una gran capacidad para formar micelas mientras que las partículas sólidas no poseen esta característica. Aun así, poseen una mayor estabilidad en relación con la coalescencia y la maduración de Ostwald. Esto se debe a que las partículas impiden la interacción interfacial por exclusión de volumen, es decir, las partículas crean una barrera física impidiendo el contacto entre gotas (Matos, 2020).

3. Emulsiones estabilizadas con proteínas

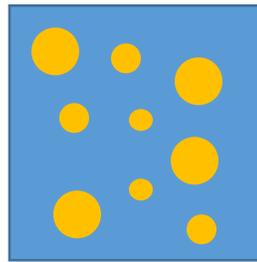
Actualmente, ya se encuentran emulsiones estabilizadas por proteínas, como la leche, aderezos, mayonesa, etc.

Las proteínas forman una barrera protectora alrededor de las gotas de fase dispersa, lo que impide su coalescencia. El tipo de emulsión que se formará (O/W o W/O) vendrá determinado por el grado de afinidad de la proteína en ambas fases, favoreciendo que el medio donde la proteína sea más soluble actúe como fase externa.

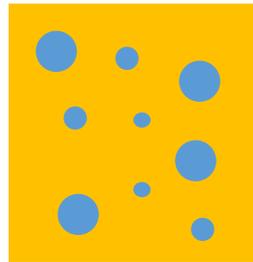
Según la disposición de gotas:

1. Emulsiones simples.

Las más habituales son de aceite en agua (O/W). También es habitual encontrar emulsiones agua en aceite (W/O). Ambas se presentan en la figura 5.



Emulsión O/W



Emulsión W/O

Figura 5. Representación esquemática de las emulsiones simples. En azul, se muestra el agua; en amarillo el aceite (Rizo, 2018).

2. Emulsiones dobles.

Las emulsiones dobles tienen la particularidad de que la fase interna es a su vez una emulsión. Las formulaciones más habituales son agua en aceite en agua ($W_1/O/W_2$) o aceite en agua en aceite ($O_1/W/O_2$). En la Figura 6 se indica una representación esquemática de ambos tipos.

Puesto que estas emulsiones consisten en gotas dispersas en gotas dispersas en una fase continua, son necesarios dos tipos de tensoactivo que se sitúen en cada una de las interfases para estabilizar el sistema,

uno predominantemente hidrófilo y otro predominantemente hidrófobo (Matos, 2020).

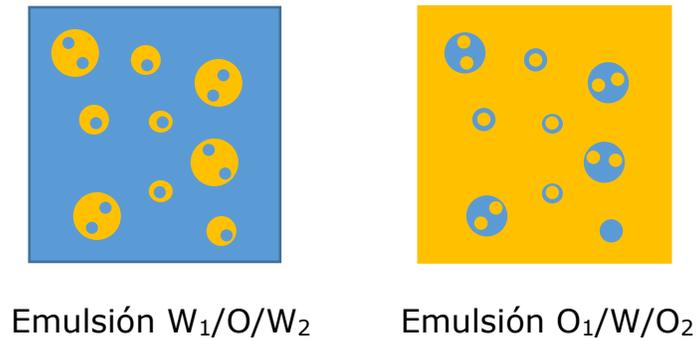


Figura 6. Representación esquemática de las emulsiones dobles. En azul se muestra el agua; en amarillo el aceite (Rizo, 2018).

Uno de los factores más importantes para la estabilidad de la emulsión doble es la estabilidad de la emulsión simple que actúa como fase dispersa (Iqbal, 2015). Esta estabilidad depende a su vez del tamaño de gota y de la afinidad del agente estabilizante por las dos fases. A su vez, la proporción de fase interna-fase externa de la emulsión simple afecta a la estabilidad de la emulsión doble, por esta razón se trabaja con un 20-30% de fase dispersa en volumen (Matos, 2020).

Según el tamaño de las gotas:

Se pueden dividir en tres importantes tipos de emulsiones (Matos, 2020).

1. Macroemulsiones

Son sistemas coloidales que contiene gotas dispersas, normalmente de tamaño comprendido entre 1 y 100 μm (en algunos casos especiales se puede ampliar al intervalo 0.5-500 μm).

2. Nanoemulsiones

Son sistemas translúcidos que contienen gotas muy pequeñas de fase dispersa en una fase continua y cuya formulación corresponde a un sistema polifásico. Estos sistemas, con gotas del orden de 10 nm, están estabilizados por el término entrópico de la energía libre, pero se deben considerar como emulsiones.

3. Microemulsiones

A pesar de su denominación, es incorrecto considerarlas un tipo de emulsión, pues sus propiedades son totalmente distintas. Mientras las macroemulsiones son termodinámicamente inestables, las microemulsiones son estables. Se caracterizan por un tamaño de gota de menos de 0.1 μm , y tienen un aspecto translucido. La composición de las mismas también es agua, aceite y tensoactivo como en las macroemulsiones.

La función y uso de las emulsiones dependerá del tipo de producto al que sea dirigida.

CAPÍTULO 3. ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES

La estabilidad de una emulsión está determinada por la resistencia de la misma al cambio de sus propiedades en el tiempo. Existen varios mecanismos que llevan al sistema a una inestabilidad física y generalmente están relacionados con la interacción entre las gotas, la tensión superficial, la película interfacial o la repulsión eléctrica (Gordillo, 2013).

La vida de anaquel de una emulsión depende del producto en el que se adicione y depende en gran medida de las condiciones utilizadas durante el proceso, almacenamiento y transporte. Los emulsificantes son ingredientes clave para la estabilidad a largo plazo y pueden afectar el sabor (Chadauri, 2015).

Para una emulsión en bebida, el punto crítico de estabilidad se presenta en la aplicación final, donde la emulsión se encuentra dispersa en una solución azucarada. Alcanzar la estabilidad de la emulsión en el concentrado resulta más fácil que lograr la estabilidad de la emulsión en la bebida; esto se debe a que en el concentrado la viscosidad es mayor debido a la alta concentración de hidrocoloides, los cuales actúan como estabilizantes, mientras que en la bebida el concentrado de la emulsión se redispersa en la solución azucarada con una baja proporción de dispersión (Sánchez, 2017).

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL GLÓBULO DE GRASA

La forma y tamaño de las partículas de grasa influyen en gran medida en la estabilidad de la emulsión y de la bebida final.

Las propiedades fisicoquímicas de las emulsiones para bebidas están determinadas por las gotas por las cuales están formadas (McClements, *Critical Review of Techniques and Methodologies for Characterization of Emulsion Stability*, 2007).

Las emulsiones contienen diferentes componentes hidrofóbicos, aceites esenciales, sabores oleosos, triglicéridos, vitaminas oleosolubles, nutraceuticos, agentes de peso e inhibidores de maduración. Estos componentes varían en sus características moleculares (peso molecular, conformación molecular y grupos funcionales) lo que puede provocar cambios en sus propiedades fisicoquímicas (polaridad, solubilidad en agua, densidad, viscosidad, índice de refracción y punto de fusión). Muchas de estas propiedades moleculares y fisicoquímicas tienen gran influencia en la formación y estabilidad. Por ejemplo, la viscosidad de los aceites influencia la eficiencia de la ruptura de la gota durante la homogenización, mientras más cerca esté de la unidad la relación de la viscosidad de la fase dispersa a la viscosidad de la fase continua, más fácil será romper el glóbulo de grasa y obtener un menor tamaño de partícula (Piorkowski, 2014).

La densidad de los aceites determina la velocidad del cremado o de sedimentación en las emulsiones. Entre más grande sea el contraste entre el glóbulo de grasa y el fluido a su alrededor, mayor será la velocidad de separación de las fases (Chanamai & McClements, 2002).

Es por ello que los sistemas de emulsiones deben ser cuidadosamente diseñados para proveer suficiente estabilidad cinética.

El índice de refracción de los aceites determina la eficiencia de la dispersión de la luz en la bebida. Entre más grande sea el contraste del índice de refracción entre las gotas de aceite y el fluido del entorno, más fuerte es el grado de dispersión de la luz y se podrá obtener una apariencia más turbia (Chanamai, 2002).

La solubilidad en agua de la fase acuosa determina la estabilidad de la emulsión a la maduración de Ostwald debido al movimiento de moléculas de aceite en la fase acuosa (Kabalnov, 2001). La tensión interfacial juega un papel importante al determinar la estabilidad de la emulsión. Primero, la probabilidad de romper la gota de grasa al homogenizar, disminuye al disminuir la tensión interfacial. Segundo, la velocidad de coalescencia aumenta al disminuir la tensión interfacial. Tercero, la habilidad de los emulsificantes de adherirse a la superficie de las gotas oleosas disminuye al disminuir la tensión interfacial. Finalmente, la velocidad con la que se

presente la maduración de Ostwald depende de la tensión interfacial en la interfase aceite-agua (Piorkowski, 2014).

Es importante que los productores de bebidas sean conscientes de que los componentes de la fase oleosa usada para producir una emulsión, pueden afectar la estabilidad, formación y propiedades del producto final.

En las emulsiones para bebida, es importante controlar la concentración de la fase oleosa. Las emulsiones están normalmente preparadas de forma concentrada (>10% de aceite) porque esto facilita el manejo y transporte, sin embargo, en el producto final la emulsión se encuentra muy diluida (<0.1% de aceite). La cantidad que se diluye de una emulsión en bebida final influye en su apariencia, pues una concentración mayor de fase oleosa, aumenta la turbidez del producto y afecta la concentración del sabor presente. Es por ello que, al concentrar una emulsión, se debe tener en cuenta la estabilidad y la facilidad de dispersión de dicha tomando en cuenta el tamaño de partícula (Piorkowski, 2014).

3.2 EL TAMAÑO DE PARTÍCULA

La distribución del tamaño de partícula de una emulsión especifica la concentración de las gotas y puede ser medido por diferentes instrumentos comerciales (McClements, 2016). Estas unidades presentan varias ventajas, aunque pueden resultar costosos.

El tamaño de partícula de una gota de aceite se puede medir por el radio o diámetro de cada partícula. Dentro de un mismo producto final, se pueden obtener diferentes tamaños de partículas. Los productores de bebidas prefieren una distribución normal homogénea, ya que esto proporciona una mejor estabilidad a largo plazo (Piorkowski, 2014).

Es importante conocer la distribución del tamaño de los glóbulos de grasa en una emulsión para conocer las características de las partículas presentes para ayudar a prevenir cualquier mecanismo de inestabilidad. Por ejemplo, se podría detectar la presencia de partículas de mayor tamaño que en la vida de anaquel provoquen la aparición de anillamiento (McClements, 2016).

El anillamiento es la formación de un anillo blanco alrededor del cuello de la botella o contenedor de una bebida a la cual se le adicionó una emulsión, lo que nos indica que la fase acuosa tiene una densidad mayor que la fase oleosa, por lo que los glóbulos de grasa son susceptibles al cremado (McClements, 2016).

En la imagen 1 se muestra una imagen de la formación de un anillo blanco en la boca de la botella, lo que implica una desestabilización de la bebida.



Imagen 1. Presencia de anillamiento en bebida final (Döhler México S.A de C.V. 2018).

La distribución del tamaño de partícula de una emulsión se define por la cantidad y la eficacia del emulsificante, el orden de mezclado y la clase de agitación que se haga (García, 2009).

A continuación, se muestran imágenes de emulsiones tomadas al microscopio para mostrar el tipo de partículas que se pueden presentar en una emulsión y cómo deben verse en una adecuada emulsión. La imagen 2 (izquierda) representa una prehomogenización mala, donde las partículas no tienen un tamaño uniforme. La Imagen 3 (derecha) representa una buena prehomogenización, las partículas presentan un tamaño de partícula similar.

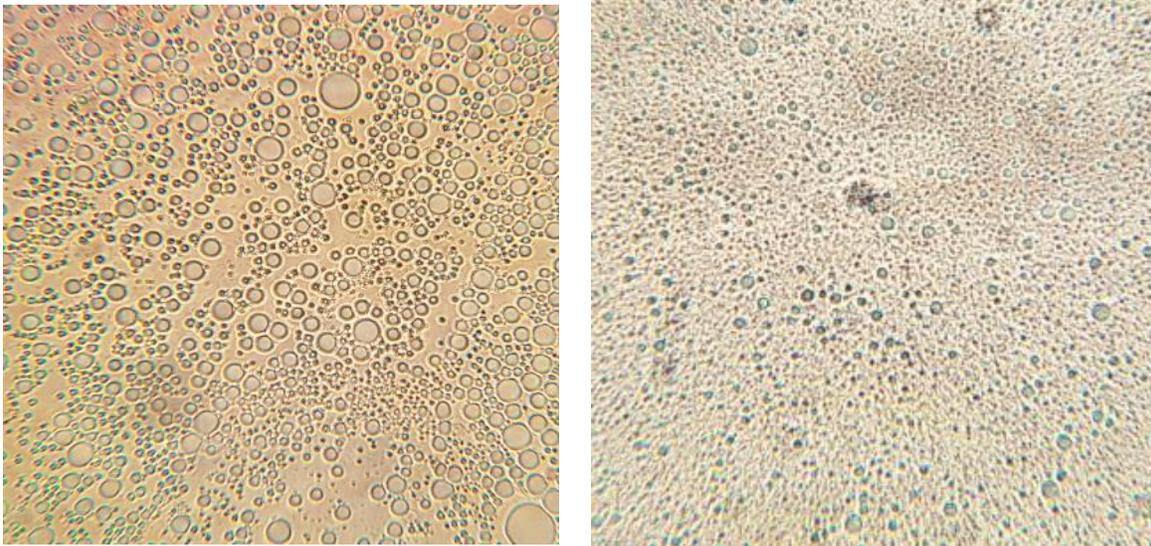


Imagen 2 y 3. Fotografías de una emulsión después de su prehomogenización (Döhler México, 2018).

En la Imagen 4 (izquierda) se presenta un ejemplo de una mala homogenización, donde las partículas se muestran de diferente tamaño mientras que, en la imagen 5 (derecha) se presenta el ejemplo de una buena homogenización con partículas del mismo tamaño en su mayoría.

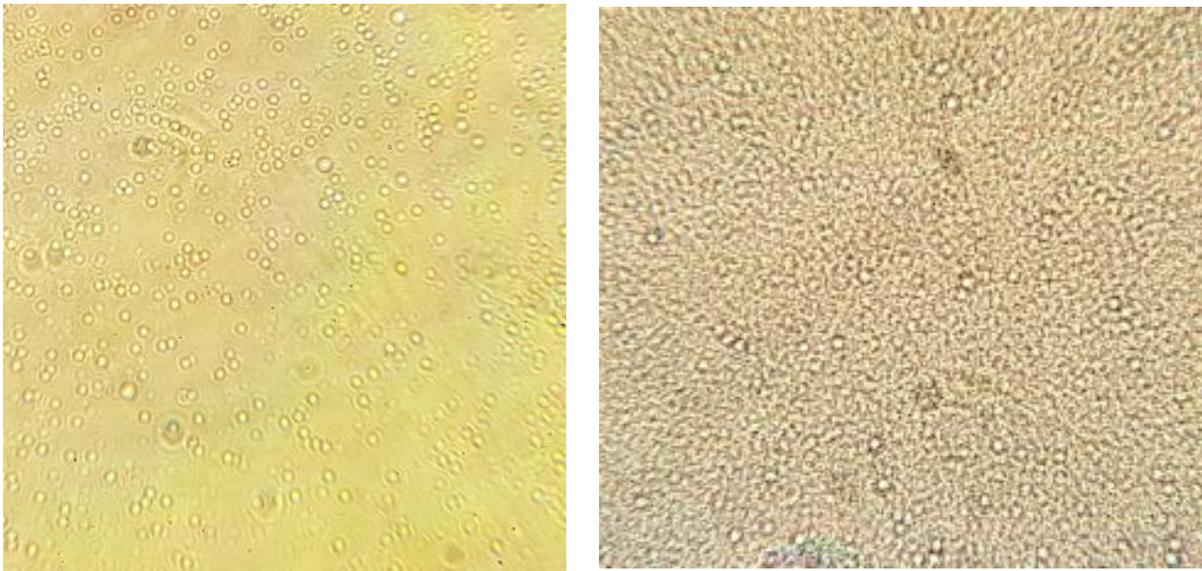


Imagen 4 y 5. Fotografía tomada al microscopio de una emulsión después de homogenización (Döhler México, 2018).

El uso de una emulsión en una bebida siempre supone un riesgo, debido a la naturaleza del sistema, que es termodinámicamente inestable por tratarse de dos o más fases inmiscibles entre sí. Por lo que, en la práctica, el propósito de tener una densidad de fase oleosa igual o cercana a 1.0

g/mL es tratar de igualar la densidad de la bebida, que en su mayoría es agua, a fin de evitar una separación de fases. Se busca obtener una estabilidad cinética, que se logra cuando a pesar del movimiento continuo de las partículas, estas no se unen evitando así la floculación y posterior coalescencia. Por lo que, al obtener una densidad de fase oleosa por encima de 1.0, los agentes de peso comienzan a descender al fondo del recipiente y se presenta un sedimento y, si tenemos una densidad por debajo de 1.0 la fase oleosa asciende en la bebida, en ambos casos se presenta separación de fases (Sánchez, 2017). En la Imagen 6 se observa la inestabilidad de una emulsión donde se precipitan los agentes de peso y los aceites esenciales se concentran en la parte de arriba.



Imagen 6. Inestabilidad de una emulsión. En la parte superior se observan los aceites de menor densidad y en la parte inferior los agentes de peso (Döhler México, 2018).

De acuerdo a Sánchez (2017), se ha visto que, en la práctica, los niveles aceptables de densidad de una fase oleosa tienen como límite inferior 0.985 g/mL, para que la emulsión se presente como estable en la bebida. Y para una emulsión en bebida, el punto más crítico de estabilidad es su estabilidad en la bebida final, donde además también hay azúcar. Sin embargo, existe una manera de medir la velocidad de cremación o de sedimentación de una partícula de grasa, por medio de la Ley de Stokes:

$$v = \frac{2gr^2(\rho_2 - \rho_1)}{9\eta_1}$$

v es la velocidad de cremación o sedimentación, g es la gravedad, r es el radio de la partícula, ρ_2 es la densidad de la fase oleosa, ρ_1 , es la densidad de la fase acuosa. En una bebida, la densidad de la fase oleosa es menor que la densidad de la bebida. Por lo tanto, si el signo del resultado es negativo, quiere decir que sí ocurrirá cremado o anillamiento. Por ejemplo, para una bebida con azúcar, de 10 °Bx, se tiene teóricamente una densidad de 1.040 g/mL. Si lo aplicamos a la Ley de Stokes, el resultado será negativo, lo que quiere decir que sí se presentará anillo en la botella. Es por eso que, si se logra una densidad de fase oleosa, parecida a la densidad esperada en una bebida de tantos ° Bx como se deseen, no se presentará anillo en bebida. Sin embargo, la Ley de Stokes no puede aplicarse a las bebidas que contienen edulcorantes no calóricos, pues la densidad de la bebida es cercana a 1g/mL que es igual o parecida

a la densidad del agua, lo que dificulta que se desestabilice el sistema (Sánchez, 2017).

Mantener el tamaño de partícula en tamaños pequeños de menor de 1 micra, es una manera efectiva de controlar el anillamiento, especialmente cuando la densidad de la fase oleosa se encuentra en los límites máximos. Una partícula de 0.1nm de diámetro viajará a la superficie de la bebida 100 veces más lento que una partícula de 1.0 nm de diámetro (Lissant, 1984).

En condiciones ideales, se busca una distribución normal del tamaño de partícula donde el tamaño de partícula sea homogéneo en todo el sistema de emulsión.

En la Figura 7 se presenta una curva de distribución normal homogénea, por lo tanto, las partículas presentes en esa emulsión, también son homogéneas, lo que indica una mejor estabilidad en bebida terminada.

Por otro lado, en la figura 8, se presenta una curva de distribución normal no homogénea. Lo que significa que en la emulsión el tamaño de la partícula tampoco lo es, en consecuencia, se puede desestabilizar tanto la emulsión como la bebida final.

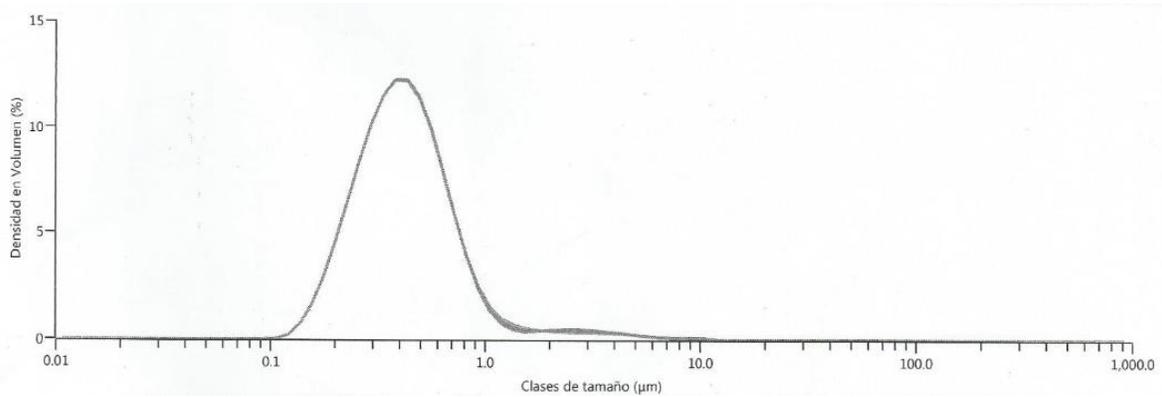


Figura 7. Curva homogénea de distribución normal de tamaño de partícula medido con el equipo Malvern Mastersizer 3000 (Döhler México, 2018).

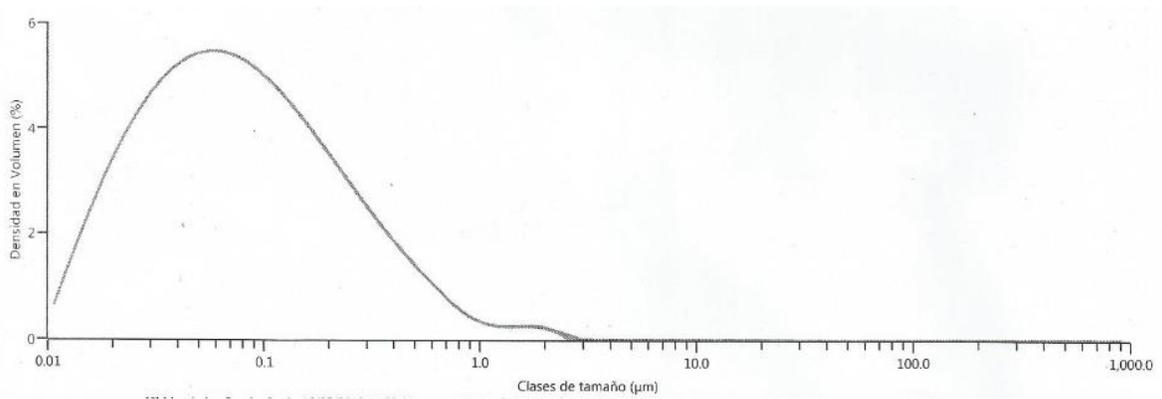


Figura 8. Curva no homogénea de distribución normal de tamaño de partícula medido con el equipo Malvern Mastersizer 3000 (Döhler México, 2018).

Existen diversos equipos, como el Malvern Mastersizer 3000, el Analysette 22 NanoTec o el Bettersize que pueden medir el tamaño de partícula y

obtener este tipo de curvas, lo que es de gran ayuda para predecir la estabilidad de las emulsiones y conocer si la formulación inicial fue la adecuada o en su caso, si se requiere otra homogenización.

3.3 MECANISMOS DE DESESTABILIZACIÓN DE UNA EMULSIÓN

La estabilidad de una emulsión es un reto para la industria. Por lo que es indispensable entender los mecanismos de desestabilización de una emulsión que repercutirán en el producto final.

De acuerdo con García (2009), el proceso de ruptura de las emulsiones para bebidas puede ocurrir mediante mecanismos diferentes, los cuales se presentan a continuación y se ejemplifican en la Figura 8:

- Cremado: las gotas de grasa se desplazan a la superficie de la bebida debido a que tienen una menor densidad respecto al agua presente y se presenta el anillamiento (McClements, 2016).
- Sedimentación: Las partículas de la fase dispersa se concentran en el fondo del medio y como consecuencia de una mayor densidad que la fase dispersa (McClements, 2016).
- Floculación: hace que dos o varias gotas se agreguen, quedando ambas, o todas, intactas separadas por una pequeña película (Muciño, 2011).
- Maduración de Ostwald: ocurre cuando dos gotas de aceite de distinto tamaño entran en contacto en una emulsión aceite/agua, la

más grande engloba a la más pequeña, donde el fluido se mueve de mayor a menor presión (Urbina, 2014).

- Coalescencia: es la fusión de gotas para crear unas gotas más grandes con la eliminación de parte de la interfase líquido/líquido. Este cambio irreversible requeriría un aporte extra de energía para restablecer la distribución de tamaño de partícula original. A pesar de que el proceso de inestabilidad debido a la coalescencia no se comprende en su totalidad, se cree que está relacionado con la curvatura preferida y con la rigidez de la capa de tensoactivo que estabiliza la emulsión (Aranberri, 2006).

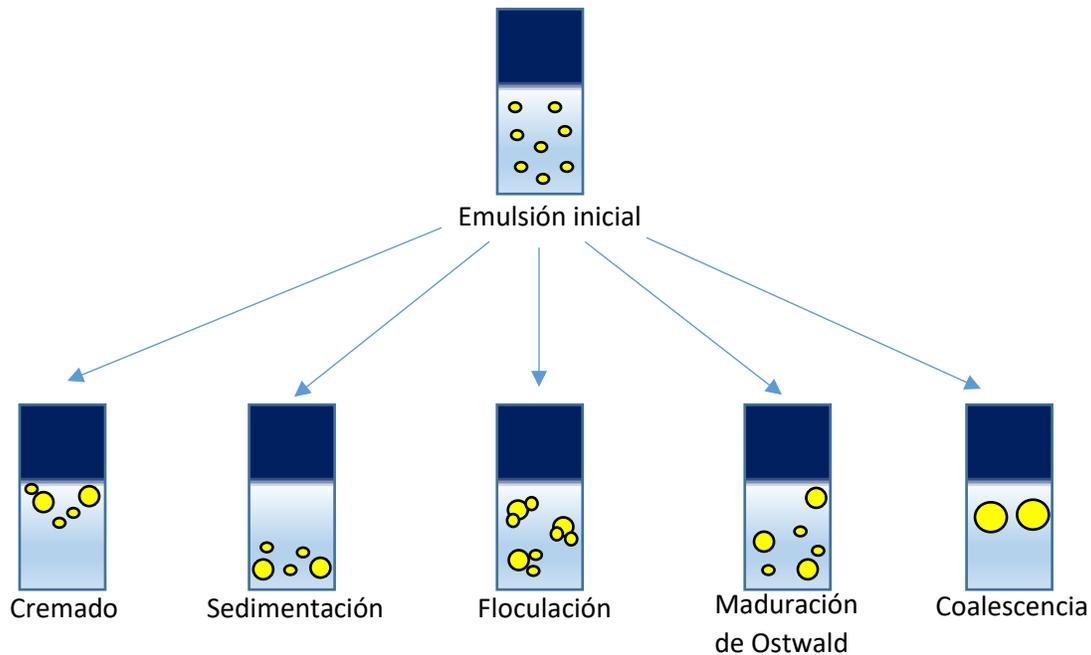


Figura 9. Factores que contribuyen a la inestabilidad de una emulsión

(McClements, 2016).

De los procesos antes mencionados, resulta difícil determinar si el tamaño de gota se incrementa por maduración de Ostwald o a través de un proceso mixto de floculación y coalescencia (Urbina, 2014).

Asegurar la estabilidad de la emulsión influye en la estabilidad de la bebida final y, por lo tanto, en la vida de anaquel.

Se recomienda que una emulsión se desarrolle con al menos una semana de anticipación, pues en ese tiempo se puede crear las fases, prehomogenizar, homogenizar y someter el producto a pruebas aceleradas de vida de anaquel e incluso de ser necesario, reformular. El

tener la emulsión desarrollada, resulta más eficiente al hacer un escalamiento industrial y el proceso de elaboración en planta será más rápido (Sánchez, 2017).

CAPÍTULO 4. EMULSIONES EN EL MERCADO DE BEBIDAS FUNCIONALES

La demanda de bebidas funcionales crece constantemente alrededor del mundo. Productos cuyo objetivo es ayudar al sistema inmune se encuentran entre los más vendidos. Además de los suplementos, que ya incluyen principalmente vitaminas y minerales, las bebidas funcionales a base de plantas o aquellas que contengan jugo, fruta o extractos botánicos han incrementado sus ventas debido al interés del consumidor

La crisis de pandemia mundial por Covid-19 trajo consigo nuevos productos en bebidas, tomando gran importancia aquellas enfocadas en fortalecer el sistema inmune, bebidas funcionales que además también, ayudaran a mejorar los niveles de estrés y ayudar al buen dormir (Mintel, 2020).

Hoy en día los consumidores, especialmente los más jóvenes, están mejor informados sobre salud y bienestar. Obtienen información sobre todo por internet y lo comentan a través de las redes sociales. Debido a esto, las empresas han incrementado su promoción por en línea basándose en investigaciones científicas que han sido aprobadas para poder declarar estas afirmaciones y características sobre ingredientes específicos.

En 2020, la búsqueda de palabras relacionadas a bebidas con beneficios funcionales creció en un 66%. Los consumidores están buscando en una bebida naturalidad, sustentabilidad y salud y nutrición. (Morrison, 2021).

De acuerdo con la Autoridad Europea de Salud en Alimentos, EFSA por sus siglas en inglés, en la industria existen dos maneras de declarar los beneficios funcionales de un producto:

- Health claims o afirmaciones de salud. Son aquellas afirmaciones sobre un ingrediente que están científicamente probadas y aprobadas por la autoridad europea. Es decir, si un ingrediente se afirma como beneficioso para la salud, ya hay una investigación previa sobre su principio activo que avala esto. Puede ser el caso de hierro, zinc, selenio o vitaminas que han demostrado beneficios a la salud.
- Soft claims o afirmaciones flexibles son aquellos que no pueden declararse en la etiqueta porque no están aprobadas por la autoridad europea pero que existe algún artículo científico que ha probado su principio activo o que simplemente por cultura popular se reconoce su beneficio. Como lo son los extractos botánicos, jugos y tés.

Sin embargo, el uso de ingredientes naturales, como aceites esenciales, extractos, fibras, pulpas, entre otros, han demostrado que también se

debe de mejorar la manera en la que los ingredientes son adicionados a dichos productos.

La encapsulación de biocompuestos ha tenido un interés creciente en la industria alimentaria, con el fin de obtener alimentos funcionales enriquecidos (probióticos, vitaminas). Se han desarrollado distintas técnicas de encapsulación lo que permite proteger el principio activo de su degradación, controlar su liberación con el tiempo y/o enmascarar el olor o sabor del compuesto encapsulado (Matos, 2020). Una técnica de encapsulación muy empleada es mediante emulsificación.

Las emulsiones se pueden desarrollar por el propio fabricante de bebidas o se pueden pedir a casas de sabores que además también tengan la capacidad de hacer emulsiones. Generalmente este tipo de proyectos se concursan y cada casa de sabor compite por ser el proveedor de la emulsión de la bebida final, pues pueden ser contratos de alto valor monetario. Además de los costos, al momento de seleccionar un proveedor también se consideran la estabilidad de la emulsión, capacidad de producción, auditorías internas, certificaciones Halal/Kosher y los ingredientes que conforman dichas emulsiones. No siempre el buen sabor de una emulsión determina que será la elegida para una bebida (Piorkowski, 2014).

Siguiendo la tendencia de una etiqueta limpia de ingredientes dañinos en los productos, se han desarrollado emulsiones más naturales. Algunas de estas emulsiones se han formulado sin conservantes y se pueden utilizar varios aceites vegetales como coco, oliva, etc. (Dallant, 2017).

Sin importar los ingredientes que se elijan para la elaboración de una emulsión, siempre debe corroborarse que estos estén permitidos de acuerdo de la legislación vigente.

4.1 LEGISLACIÓN Y ASUNTOS REGULATORIOS

En México, el 16 de julio de 2012 se publicó el "*Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias*" en el que, se determinan las cantidades máximas que está permitido adicionar a un producto alimenticio.

Es importante destacar que no todos los países aceptan todos los ingredientes utilizados en las emulsiones para bebidas, por lo que se recomienda consultar la legislación vigente en cada país en donde se quiera vender un producto.

En la tabla 5 se mencionan los límites máximos permitidos de los ingredientes más comunes usados en las emulsiones para bebidas conforme al Acuerdo de aditivos:

Tabla 3. Dosis máximas permitidas de ingredientes para emulsiones en diferentes tipos de bebidas conforme el Acuerdo de aditivos (Secretaría de salud, 2012).

NOMBRE	CATEGORÍA DEL ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO
Aceite vegetal bromado	Bebidas saborizadas no alcohólicas	15 mg/L
	Bebidas saborizadas no alcohólicas congeladas	
	Jarabes y concentrados para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Polvos para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Concentrados de manufactura para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
Acetato isobutirato de sacarosa	Bebidas saborizadas no alcohólicas	500 mg/L
	Bebidas saborizadas no alcohólicas congeladas	
	Jarabes y concentrados para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Concentrados de manufactura para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Polvos para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Bebidas saborizadas no alcohólicas	150 mg/L

Ester de glicerol de maderas de rosina (goma éster)	Bebidas saborizadas no alcohólicas congeladas	
	Concentrados de manufactura para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Polvos para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
Goma arábica	Bebidas saborizadas no alcohólicas	BPF
	Bebidas saborizadas no alcohólicas congeladas	
	Concentrados de manufactura para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Polvos para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
Almidón octenil succinato sódico	Bebidas saborizadas no alcohólicas	BPF
	Bebidas saborizadas no alcohólicas congeladas	
	Concentrados de manufactura para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	
	Polvos para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas	

La creación de una emulsión dependerá siempre de las necesidades del cliente, la estabilidad en bebida y las condiciones de proceso de la misma.

DISCUSIÓN

Las emulsiones representan una manera sencilla de otorgar sabor y color a una bebida. Desde un refresco hasta una bebida alcohólica, incluso alcanzar una tonalidad de color deseada gracias a la turbidez otorgada por una emulsión enturbiante o agregar colores en un mismo ingrediente facilitan los procesos y tiempos de producción. Pues, al agregar sólo un ingrediente con las características deseadas, en lugar de dos o más, reduce tiempos de entrega y de elaboración, así como también influye en el estudio de vida de anaquel de sólo un ingrediente.

Sin embargo, la correcta interpretación de los análisis fisicoquímicos practicados a una emulsión es un punto clave para detectar, desde su elaboración, inconsistencias en el sabor o la formulación del producto. Al detectar errores o valores fuera de los límites se evidencia que la fórmula está en proceso de desestabilización, es decir, que pronto dejará de cumplir con las características necesarias para ser aplicada correctamente.

Las emulsiones para bebida se preparan a partir de ingredientes que ya han sido estudiados para éste fin siguiendo una serie de pasos específicos de proceso, mismos que al modificarse, pueden afectar las propiedades y estabilidad del producto final. Sin embargo, aún existen dificultades para un desarrollo exitoso de bebida comercial.

Otros de los puntos críticos a considerar en la elaboración de una emulsión son:

- Evitar el aumento de temperatura por arriba de 60°C en algún punto del proceso de elaboración con el fin de evitar la oxidación de lípidos.
- Evitar la presencia de alguna partícula no disuelta (emulsificante, goma rosina, conservadores, etc.) durante el proceso.
- Uso de agua desmineralizada, pues los cationes presentes pueden afectar la fuerza de atracción entre los glóbulos de grasa y facilitar la separación de fases.

Cuidar cada aspecto de elaboración la elaboración de una emulsión resulta de suma importancia para asegurar la estabilidad del producto final y además también, cuidar que, aun estando en los límites máximos permitidos por la legislación, los ingredientes utilizados en la elaboración de la emulsión también otorgan ciertas notas de sabor características, lo que puede llegar a impactar el sabor final. Es ahí donde el arte de formular y desarrollar cobra sentido, pues además se debe cuidar que la fase oleosa y la proporción en porcentaje de cada fase no pierda la densidad deseada. Cuidar la densidad relacionada entre la fase oleosa y la fase acuosa resulta entonces de suma importancia para poder predecir y comprobar que una emulsión sea estable.

La industria de bebidas debe que tomar en cuenta el mercado cambiante y las demandas del consumidor: la importancia del contenido de los productos que se compran en las tiendas; remover ingredientes que los consumidores perciben como no deseados, como el azúcar, sal, colores artificiales, sabores o conservadores y en cambio fortificar las bebidas con ingredientes que los consumidores perciben como “deseados”, tales como: vitaminas, minerales, proteínas, nutraceuticos y fibras y que generan una bebida funcional. Las cuales, dependiendo del tipo y cantidad de ingredientes, pueden aportar nutrimentos benéficos para el cuerpo, por ejemplo, aquellos dirigidos para el sistema inmune.

Actualmente, las bebidas funcionales son sin duda uno de los productos más deseados por los consumidores. La búsqueda de una mejor salud y bienestar general ha sido una constante durante la pandemia derivada del virus SARS-CoV-2, lo que ha aumentado su consumo.

CONCLUSIONES

El uso de emulsiones en bebidas ha facilitado el desarrollo de nuevos productos en lapsos menores de tiempo. Permite tener un concentrado con sabor y, si se desea, también con color, lo que deriva en tiempos de entrega de materia prima y de fabricación más cortos y por lo tanto implica una mejor eficiencia en producción.

Las emulsiones han facilitado la adición de ingredientes funcionales en bebidas. Ingredientes que, debido a su naturaleza oleosa, se han tenido que emulsionar para lograr su estabilidad en dichas bebidas y que puedan llegar a ser consumidos en óptimas condiciones.

La apariencia general de una bebida terminada, que dentro de sus ingredientes contenga una emulsión, depende del diseño inicial de la emulsión misma. La turbidez, el color, sabor, olor, presencia de anillamiento, entre otros, depende de la estabilidad fisicoquímica de la emulsión y el comportamiento de sus partículas en el producto final.

BIBLIOGRAFÍA

- ANFABRA. (2019). *Bebidas con diversidad de sabores, para saciar la sed de forma apetecible*. Asociación de Bebidas Refrescantes. Recuperado el 27 de Marzo de 2019, de <https://www.refrescantes.es/que-son/>
- Aranberri, I. (2006). *Elaboración y caracterización de emulsiones estabilizadas por polímeros y agentes tensoativos*. Madrid: Revista Iberoamericana de Polímeros.
- Authority, E. F. (2021). *Commission Regulation (EC) No 353/2008 of 18 April 2008 establishing implementing rules for applications for authorisation of health claims as provided for in Article 15 of Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32008R0353>.
- Aviña, J. (2014). *Almidones modificados. Productos y aplicaciones para lácteos y cárnicos*. Santiago: Brenntag specialities.
- Barros, C. (2009). *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y su uso*. Madrid: Visión Libros.
- BBC. (2014). *¿Cuán malo es para la salud el componente que Coca Cola retira de sus bebidas?* Recuperado el 28 de diciembre de 2019, de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/05/140506_salud_aceite_vegetal_bromado_gtg
- Bello, A. (2014). *Hidrocoloides en alimentos*. Ciudad de México: ACMOR.
- Chadauri, A. (2015). *Beverage emulsions: comparison among nanoparticle stabilized emulsion with starch and surfactant stabilized emulsions*. Ámsterdam: Food Research International 69.
- Chanamai, R. y. (2002). *Comparison of gum arabic, mdified starch and whey protein isolate as emulsifiers: influence of pH, CaCl2 adn temperature*. Ámsterdam: Journal of Food Science edición 67.
- Dallant. (2017). *Emulsiones neutras, bebidas sin alcohol*. <https://www.dallant.com/emulsiones-neutras/>.
- Dickinson, E. (2009). *Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers*. Ámsterdam: Food Hydrocolloids.
- FAO/OMS. (1991). *Codex Alimentarius*. Roma: Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Volumen 1.
- FARBE. (2018). *El papel de los indicadores de pH en las bebidas*. Recuperado el 01 de enero de 2020, de <https://www.farbe.com.mx/papel-los-indicadores-de-ph-en-las-bebidas/>
- Fennema, O., Parkin, K., & D., S. (2010). *Química de alimentos*. Madrid: Acribia.
- Fragoso, J. (2015). *Edulcorantes: Investigación de los principales usos en la industria alimenticia, así como los riesgos a la salud y la importancia de su uso*. Ciudad de México: Facultad de Química, UNAM.

- Fuentes, A. (2015). *Determinación de sorbato potásico y benzoato sódico en alimentos por HPLC*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia. Escuela Técnica de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.
- García, M. (2009). *Control de calidad de un saborizante tuoi emulsión para la aplicación en bebidas refrescantes*. Ciudad de México: IFF México S.A. de C.V. IPN.
- Giancoli, D. (2006). *Física. Principios con aplicaciones*. Ciudad de México: Pearson Education.
- Gordillo, M. (2013). *Evaluación de las variables de formulación y su efecto sobre la estabilidad en el tiempo de emulsiones directas aceite en agua para la industria de bebidas*. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Gracia, O. (2015). *La goma arábica: una maravilla natural que nos beneficia a todos*. Ciudad de México: Gomas Naturales, S.A. de C.V.
- Group, D. (2021). *Inmune boosting ingredients. African botanicals*. Döhler Market Trends.
- Hubbard, W. (2017). *Ideal SAIB 90 AE*. Ciudad de México: Ingeniería y Desarrollo Alimentario. Recuperado el 04 de enero de 2020, de <http://www.ideal-sa.com/>
- INEGI. (2018). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares*. Ciudad de México: INEGI . Recuperado el 04 de enero de 2020, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2018/doc/enigh2018_ns_presentacion_resultados.pdf
- Ingrepedia. (2017). *Goma arábica*. Hablemos Claro. Recuperado el 04 de enero de 2020, de <https://hablemosclaro.org/ingrepedia/goma-arabiga/#1502295043079-a670ed68-b14f>
- James, S. (2017). *ACeite de carapa guianensis (andiroba): evaluación para uso farmacéutico*. La Habana: Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana.
- Kabalnov, A. (2001). *Ostwald ripening and related phenomena*. London: Journal of Dispersion Science and Technology.
- Koerten, J. R. (2019). *Strategic Themes in Food and Nutrition*. Euromonitor International.
- Li, M. M. (2020). *Design principles of oil-in-water emulsions with functionalized interfaces: Mixed, multilayer, and covalent complex structures*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12622>: COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY, Volumen 9, Issue 6.
- Lissant, K. (1984). *Emulsions and emulsion technology surfactant science*. New York: Marcel Dekker.
- M. Iqbal, N. Z. (2015). *International Journal* 496, 173-190.
- Maswal, M., & Dar, A. (2014). *Formulation challenges in encapsulation and delivery of citral for improved food quality*. Amsterdam: Food Hydrocolloids, 37.
- Matos, M. L. (2020). *Formulación y estabilidad de emulsiones para encapsulación de biocompuestos*. *Anales de Química* 116 (2).

- McCann, D. B. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year old and 8/9 year old children in the community: a randomised, double-blinded, placebocontrolled trial. Londres: Lancet 370 (9598).
- McClements, D. (2007). *Critical Review of Techniques and Methodologies for Characterization of Emulsion Stability*. Massachusetts: Critical Reviews in Food Science and Nutrition.
- McClements, D. (2016). Food emulsions. Boca Ratón: CRC Press.
- Mintel. (2019). *Global Data Consumer Survey*. <https://clients.mintel.com/report/apac-ingredients-to-watch-in-2020?highlight=prebiotics>.
- Mintel, G. (2021). *Base de datos global de nuevos productos*. es.mintel.com: Acceso con licencia por internet.
- Molet, A. S. (2018). *Beverage Emulsions: Key Aspects of Their Formulation and Physicochemical Stability*. <https://doi.org/10.3390/beverages4030070> : MDPI Beverages 4(3), 70. .
- Morrison, O. (2021). *Solutions to boost immunity*. Döhler Darmstadt.
- Muciño, B. (2011). *Aplicación de la goma arábiga en la preparación de emulsiones para bebidas*. Ciudad de México: Facultad de Química. UNAM.
- Muñoz-Villa, A. (2014). *Ácido Cítrico: Compuesto Interesante*. Coahuila: Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila.
- Naranjo G., E. (2015). *Bebidas funcionales, una necesidad saludable*. <https://www.revistaalimentos.com/ediciones/edicion-4/bebidas-funcionales-una-necesidad-saludable/>): Editor Alimentos.
- NMX-F-102-S-1978. (1978). *Determinación de la azidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas*. Ciudad de México: Norma Mexicana. Dirección general de normas. Secretaría de Economía.
- NOM-142SSA1/SCFI-2014. (2014). *NORMA Oficial Mexicana. Bebidas alcohólicas. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial*. Ciudad de México: Secretaría de Salud.
- NOM-199-SCFI-2017. (2017). *NORMA Oficial Mexicana. Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*. Ciudad de México: Secretaría de Economía.
- NOM-218-SSA1-2011. (2011). *NORMA Oficial Mexicana. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba*. Ciudad de México: Secretaría de Salud.
- Oficina-Europea-de-Patentes. (2019). *Diferentes patentes consultadas*. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de <https://www.epo.org/index.html>

- Pereira, J. (2016). *Food aditives: acidulants*. Sao Paulo: Revista de trabajos académicos. Volumen 6, número 2.
- Piorkowski, D. T. (2014). *Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production and applications*. *Food Hydrocolloids* 42. Amsterdam: ELSEVIER.
- Reyes, F. (2016). *Concentración de pH en hojas de cultivares clónales de jocote (Spondias purpurea L.) en el*. Managua: Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria.
- Rolle, R. (2007). *Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada*. Roma: FAO. Recuperado el 03 de enero de 2020, de <http://www.fao.org/3/a1418s/a1418s00.htm>
- Sánchez, C. (2017). *Emulsiones*. Ciudad de México: Döhler México, S.A. de C.V.
- Secretaría-de-Salud. (2012). *Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias*. Ciudad de México.
- Slavin, J. (2012). *Beverages and body wight: challenges in the evidence-based review process of the Carbohydrate Subcomirtee from the 2010 Dietary Guidelines Advisory Comittee*. Bethesda: Reviews, 70, The National Center for Biotechnology Information.
- Urbina, G. (2014). *El fenómeno de la maduración de Ostwald. Predicciones de las simulaciones de estabilidad de emulsiones sobre la evolución del radio cúbico promedio de una dispersión*. Caracas: Instituto Venezolano de investigaciones científicas.