



Universidad Nacional Autónoma
de México

Facultad de Estudios Superiores
CUAUTITLAN



29
2 ej

FALLA DE ORIGEN
SUSTITUCION DE LA GOMA ARABIGA COMO
AGENTE ENCAPSULANTE DE SABOR

TRABAJO DE INVESTIGACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
FEDERICO SOTO SALAS

ASESORA: M. en C. DORA LUZ VILLAGOMEZ Z,



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES U. N. A. M.

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



Departamento de
Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de investigación: Sustitución de la Goma Arábica como agente encapsulante de sabor.

que presenta el pasante: Federico Soto Salas

con número de cuenta: 8513698 - 2 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 18 de Mayo de 1995

PRESIDENTE M. en C. Clara Inés Álvarez Manrique

VOCAL M. en C. Dora Luz Villagómez Zavala

SECRETARIO M. en C. Nidia Aragón Salgado

1er. SUPLENTE Q.F.B. Patricia Miranda Castro

2do. SUPLENTE Q.F.B. Carolina Moreno Ramos

A mi padre:

Q. E. P. D.

A mi madre:

Por enseñarme el valor de la vida.
Con admiración, cariño y respeto.

A mis hermanos:

Juan, Gabriel, Francisco, Adrián, Gerardo y
Martín.

A Susana:

Por encontrarse tan cerca de mí.

INDICE

Indice	1
Introducción	2
Antecedentes	5
Microencapsulamiento	5
Diagrama esquematizado de la microcápsula	6
Técnica de microencapsulamiento	8
Diagrama del secado por aspersión	10
Agentes encapsulantes	12
Goma Arábica	13
Almidones Modificados	14
Ingrediente a encapsular	16
N metilantranilato de metilo	18
Objetivos	19
Cuadro Metodológico	20
Materiales y Métodos	21
Actividades Previas	21
Experimentación Crítica	24
Equipos y Reactivos	26

Cronograma de Actividades	27
ANEXO 1. Técnicas Analíticas	28
Humedad	28
% de Acidez	28
Densidad	29
Picnómetro	29
Aceite Total	31
Trampa Clevenger	31
ANEXO 2. Análisis Estadísticos	33
Bibliografía	35

SUSTITUCION DE LA GOMA ARABIGA COMO AGENTE ENCAPSULANTE DE SABOR.

INTRODUCCION

Recientemente se ha observado un gran interés en dar una mayor accesibilidad al manejo y conservación de aditivos; es decir, aplicar una tecnología "nueva" que nos permita tanto una mejor preservación (sin necesidad de equipo costoso o que requiera mantenimiento continuo), así como reducir la complicación del manejo al momento de incorporarlos al alimento durante el proceso.

Una de las tecnologías que se han empleado para dar respuesta a dichas necesidades es el microencapsulamiento. Sin embargo, en la industria alimentaria donde se ha extendido su uso se utiliza como base encapsulante a la goma arábica, pero dado su alto costo, su variabilidad en calidad y dificultades en su disponibilidad se ha tratado de encontrar otros agentes encapsulantes (dentro del grupo de carbohidratos) que proporcionen un adecuado producto microencapsulado.

En general, el microencapsulamiento permite una mayor conservación del aditivo sin requerimientos adicionales de energía a través del tiempo, e incluso, llega a permitir el "diseño" de una película con características mecánicas como para que el sabor sea liberado únicamente bajo ciertas condiciones ambientales (de proceso -presión, temperatura, etc.; en la boca;

etc.) lo que permite un menor daño al producto microencapsulado debido a las condiciones extremas a las que puede ser sometido durante el proceso de elaboración del alimento al que es añadido.
(6, 12, 40)

El microencapsulamiento se utiliza sobre aditivos tanto sólidos como líquidos, en el caso de aditivos líquidos un aspecto deseable y que proporciona el encapsulado es su conversión a un aditivo en polvo mucho más manejable, tanto para su almacenamiento como para su dosificación.

Dentro de esta búsqueda, la finalidad de este trabajo es comparar -con respecto a la goma arábiga- y calificar a aquellos agentes encapsulantes alternativos a la goma acacia que tienen un menor costo para la industria nacional de esencias, sabores e ingredientes en general, utilizando como sabor a encapsular a un aceite esencial de mandarina.

El impacto directo que la sustitución de la goma arábiga tiene en la industria alimentaria es, por un lado, no estar supeditada a un mercado internacional que se ve afectado por las condiciones de oferta de producto, que a su vez se ven influenciadas por fenómenos naturales (por ser un producto natural) como ocurrió en la crisis desatada en los años de 1982-1983 debida a una sequía en las principales regiones productoras (centro y norte de Africa principalmente); y por otro lado, una reducción en el costo de la materia prima, ya que

mientras el costo de un kilogramo de goma arábica costaba, en el año de 1992, aproximadamente \$ 48,000.00, los almidones modificados comerciales fluctuaban entre \$ 6,000.00 y \$ 9,000.00.

El aceite esencial de mandarina fué seleccionado como material a encapsular debido a que en la industria alimentaria nacional se ha observado el desplazamiento del sabor de naranja (por lo menos parcialmente) por ingredientes característicos de mandarina (principalmente aceite esencial) para acentuar ciertas notas de sabor que el consumidor espera percibir en un producto alimenticio sabor naranja.

ANTECEDENTES

MICROENCAPSULAMIENTO.

En la industria de los aditivos el microencapsulamiento es una de las técnicas de conservación que están siendo utilizadas de manera recurrente debido a las ventajas que ofrece al proteger a los ingredientes durante el almacenamiento, operaciones en proceso e incluso en productos finales, contra las condiciones ambientales que pueden llegar a afectarlos adversamente tales como la temperatura, la humedad y la luz.

La tecnología de encapsulamiento incluye la cubierta de partículas diminutas de ingredientes (por ejemplo: acidulantes, grasas y sabores) así como ingredientes enteros (por ejemplo: pasas, nueces y productos de confitería) que pueden ser realizadas por microencapsulamiento y técnicas de cobertura respectivamente.(49)

Esencialmente, el microencapsulamiento provee un método para envasar, separar y almacenar ingredientes a una escala microscópica para una liberación bajo condiciones controladas. En el producto microencapsulado -el polvo-, la porción encapsulada es denominada "corazón" o "esencia", fase interna, relleno o carga; el material o agente encapsulante ya solidificado es llamado "corteza", cubierta o pared (Figura 1) y puede variar tanto en espesor como en número de capas.

DIAGRAMA ESQUEMATIZADO DE LA MICROCAPSULA

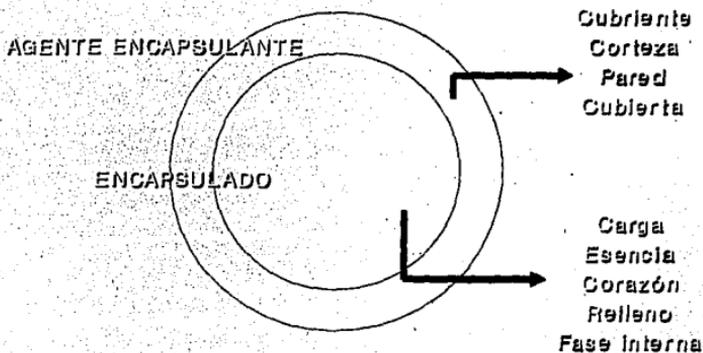


Figura 1.- Partes constituyentes del microencapsulado

Para diferenciarlo de las técnicas macrocubrientes puede ser definido arbitrariamente por el tamaño de la partícula obtenida, (5,10,23,43), en nuestro caso utilizaremos la clasificación dada por Joseph Bakan (1973) y manejada también por otros autores (43): se define microencapsulación a la técnica o técnicas que involucren el cubrimiento o empaquetamiento de partículas de hasta 5000 micrones. Por otro lado, puede describirse como el proceso de envolver una micropartícula o núcleo en una fase polimérica continua bajo condiciones específicas. (12,16,17,42)

La industria realiza el microencapsulamiento por varias razones:

- Estabilizar el ingrediente-esencia, lo que permite enmascarar o preservar sabores y aromas.
- Controlar la liberación de la esencia (tanto la velocidad como el inicio de dicha liberación), incorporando mecanismos de liberación inusuales en la formulación.
- Separar compuestos reactivos o incompatibles de una formulación hasta su mezclado en condiciones húmedas.
- Las microcápsulas ofrecen un medio para proteger compuestos alimentarios sensibles.
- Existe un aseguramiento contra pérdida nutricional.
- Pueden utilizarse ingredientes sensibles a pesar de que se trate de un proceso con condiciones de operación extremas.
- Transforma líquidos en ingredientes sólidos fácilmente manejables.

(6,7,10,12,40)

La liberación de los materiales encapsulados se puede llevar a cabo de diversas maneras: por un incremento en la presión, en la temperatura, por generación de gas dentro de la microcápsula, por la disolución de la pared de la cápsula y por la difusión de la fase interna a través de la pared de la cápsula. Debido a esto, una parte significativa de la tecnología de encapsulamiento está en el desarrollo de encapsulantes comestibles, óptimos para encerrar, proteger y liberar la esencia microencapsulada bajo las condiciones deseadas ya que algunas propiedades del sistema microencapsulado resultan de su estructura. La retención de los materiales volátiles (aroma) y la protección de estos materiales en un producto microencapsulado son relacionados a la porosidad y grado de integridad de las microcápsulas.(42)

Las industrias que más han desarrollado la técnica y la han aprovechado son la de la carne y la de panificación. Otras industrias como la láctea y la de microondas parecen ser candidatas a un desarrollo similar.

TECNICA DE MICROENCAPSULAMIENTO.

En el área de los alimentos han sido aplicadas diversas técnicas de microencapsulamiento entre las que se encuentran: el secado por aspersión, la coacervación o separación de fases, la extrusión, el esreado en frío, la deshidratación por

solventes, el revestimiento en lecho fluidizado, la formación de complejos por inclusión (beta-ciclodextrina), entre otros. (6,12,40,43)

De las técnicas ya mencionadas, la coacervación es un fenómeno químico-coloidal que es considerado por muchos como el primer proceso "verdadero" de microencapsulamiento (16,17,31) y es un proceso muy eficiente; sin embargo, la tecnología no es usada comúnmente por la industria alimentaria debido a las dificultades encontradas con el nivel de sabor que debería ser incorporado en las microcápsulas dado el alto costo del proceso y por los solventes que se usan (5,12,23).

El secado por aspersión es probablemente la técnica de microencapsulamiento más antigua y más comúnmente usada en la industria alimentaria para la preparación de aditivos alimenticios secos y estables. El proceso es económico, flexible y adaptable, fácilmente disponible en cuanto a equipo de proceso y que produce partículas de buena calidad. Debido a lo anterior, es la técnica de microencapsulamiento que se empleará en la experimentación del presente proyecto (Figura 2).

- Secado por Aspersión.

El proceso de microencapsulamiento mediante secado por aspersión involucra tres etapas básicas:

- 1.- Preparación de la dispersión,
- 2.- Homogenización de la dispersión, para formar la emulsión y, finalmente,

3.- La atomización de ella en el secador.

El material a ser atomizado es preparado dispersando el producto a ser encapsulado -usualmente un aceite o un sólido- en una solución de un agente encapsulante con el cual es inmisible. El encapsulante -o cubriente- es generalmente un hidrocoloide tal como gelatina, alguna goma vegetal, almidón modificado, dextrina o proteína no gelificante. La dispersión es homogenizada para dar una emulsión del tipo aceite en agua (O/W), que es alimentada a un secador por aspersion en el cual es atomizada. Las gotas desarrollan una forma esférica con el producto quedando atrapada en el centro con la fase acuosa formando la cubierta.

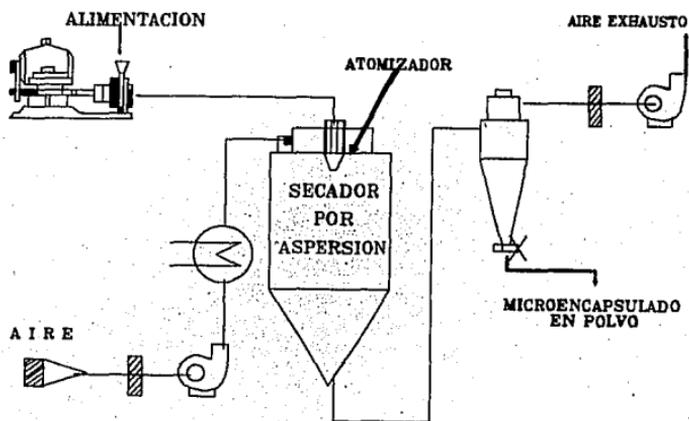


Figura 2.- Diagrama del sistema de secado por aspersion.

La evaporación rápida del agua de la superficie protectora mantiene una temperatura -dentro de la cápsula- por debajo del punto de ebullición del agua aunque la columna de aire del secador tenga una temperatura más alta, además de que las partículas son expuestas al calor por unos pocos segundos. Sin embargo, debido a que casi cualquier aditivo como un sabor puede contener como 20-30 componentes diferentes (entre alcoholes, aldehídos, ésteres y cetonas) con puntos de ebullición desde 38°C, es posible una cierta pérdida de estos aromáticos de bajo punto de ebullición durante el secado. Mas, de acuerdo a las teorías de la retención de sabor, durante el secado por aspersión, los volátiles se pierden sólo hasta que el secado de la gota forma una película semipermeable lo cual está determinado al contenido de sólidos en la emulsión, mientras mayor sea éste, menor el tiempo requerido para la formación de película.(43)

Los ingredientes obtenidos por esta técnica tienen típicamente un tamaño de partícula menor de 500 micras que los hace fácilmente solubles pero que pueden presentar problemas de separación en mezclas secas. Otro problema asociado es que la esencia puede adherirse a la superficie de la microcápsula y representar una oxidación potencial debido a que no se encuentra protegido. A pesar de esto, el secado por aspersión es el método más común para la producción de sabores secos. (6,12,17,31,43)

A pesar de tener una gran importancia los sabores secados por aspersión en el suministro de alimentos, la información publicada para la selección de agentes encapsulantes de aditivos es escasa (6,24,40), por lo que es necesario profundizar

evaluando criterios objetivos para dicha selección y el presente proyecto se circunscribe en dicho ámbito, evaluando la capacidad de microencapsulamiento de la goma arábiga -como patrón de comparación- y de tres almidones modificados.

AGENTES ENCAPSULANTES.

Las paredes de la microcápsula son diseñadas para proteger el material encapsulado de los factores que pueden causar su deterioro y para que sea capaz de liberarlo bajo las condiciones deseadas. De esta manera se pone de relieve la importancia que tiene el seleccionar al agente encapsulante adecuado dada la técnica de encapsulamiento que se va a emplear y la esencia a proteger.

Los agentes encapsulantes pueden proceder de cualquiera de los principales grupos de macromoléculas: lípidos, carbohidratos y/o proteínas; y las características más importantes de un agente encapsulante son: impartir bajas viscosidades a altas concentraciones, ser un formador de película, poseer enlaces moleculares que no permitan rotación y poseer una estructura y conformación tales que permitan la formación de redes que tengan baja porosidad y un grado de integridad alto al ser eliminada el agua. Es decir, es de vital importancia que las películas producidas por el agente encapsulante seleccionado no sean estrellables.(19)

Se ha llegado a reportar que cada agente encapsulante tiene una concentración óptima característica para una retención máxima de esencia.(43)

Para el desarrollo del presente proyecto se ha planeado trabajar con cuatro agentes encapsulantes: goma arábica y tres almidones modificados (Capsul, N-lok y National-46), de tal forma que a continuación se hará una breve revisión de ellos:

- Goma arábica.

Es un hidocoloide obtenido del exudado de diversas especies de árboles de Acacia. Existe en la naturaleza como una sal neutra o ligeramente ácida de un polisacárido complejo conteniendo calcio, magnesio y potasio; consiste principalmente de ácido D-glucurónico, L-ramnosa, D-galactosa y L-arabinosa, con alrededor de 5% de proteína que es la responsable de las propiedades emulsificantes de la goma.(40). La forma de la molécula es la de una espiral corta pero rígida. Tiene una completa solubilidad en agua, propiedades emulsificantes y de formador de película; debido a su extremada solubilidad en agua, la goma arábica tiene una propiedad única entre los hidocoloides naturales y muy importante: puede producir soluciones hasta con 50% de concentración -donde forma una masa gelatinosa similar a las de un gel fuerte de almidón-, pero para poder ser utilizada para el encapsulamiento de esencias mediante secado por aspersión no es recomendable rebasar el 35%.

La goma arábica es el carbohidrato tradicional para el microencapsulamiento de sabores mediante secado por aspersión. Además tiene la ventaja de ser considerada como un producto natural en prácticamente todos los países, lo que no ocurre con los demás carbohidratos utilizados en el encapsulamiento de sabores -a menos de existir alguna consideración-. (18,39,40)

- Almidones Modificados.

De entre los materiales a emplear (Capsul, N-lok y National 46) se tiene la información de ciertas características que ayudarán a entender su aplicación como agentes encapsulantes; los tres fueron desarrollados con la finalidad de poseer la propiedad funcional de microencapsulamiento.

CAPSUL. - Es un almidón modificado de grado alimenticio obtenido a partir de maíz céreo, diseñado para encapsular expresamente saborizantes. Es un polvo blanco cremoso con 5% de humedad y pH aproximado de 3. Se obtuvo de hacer reaccionar al polímero del almidón con un grupo lipofílico -sobre una base de almidón de baja viscosidad para permitir a los sólidos disponerse de la misma manera que lo hace la goma arábica- que parece ser octenil succinato (40), obteniendo un producto llamado comercialmente CAPSUL, que posee propiedades emulsificantes. Su uso principal es en aceites vegetales, de cítricos y saborizantes, además de permitir un muy eficiente secado por aspersión.

Sus características que lo hacen deseable son su alta capacidad de retención de aceites, su fácil dispersabilidad y alta densidad aparente. (32,34)

NATIONAL-46.- Es un producto de baja viscosidad diseñado para el encapsulamiento de aditivos cítricos y otros aceites saborizantes delicados. Este producto es una modificación del producto denominado Capsul para la aplicación específica de sabores altamente oxidables como los aceites esenciales de cítricos. Es un polvo blanco cremoso con 6% de humedad y pH de 3, aproximadamente. (32,35)

N-LOK.- Es un producto diseñado para la encapsulación de sabores, grasas, aceites y vitaminas porque es un cubriente excelente previniendo la oxidación. Es un polvo blanco con humedad aproximada de 6% y pH de 4. (36).

Se sabe que es una combinación de un almidón modificado grado alimenticio con sólidos de jarabe de maíz (40), y las ventajas que ofrece su uso para reemplazar a la goma arábiga son: color claro sin impartir sabor, solubilidad en agua fría que elimina el calentamiento -necesario para la mayoría de agentes encapsulantes sustitutos de la goma arábiga-, buenas propiedades de estabilización de emulsiones e impartición de baja viscosidad a sus dispersiones.

INGREDIENTE A ENCAPSULAR.

El encapsulamiento es una tecnología que se aplica para preservar y/o proteger numerosos ingredientes entre los que se encuentran: acidulantes, agentes acondicionadores de masa, coadyuvantes de sabor, coadyuvantes para el proceso de carne, colores naturales, agentes saborizantes y especias, agentes leudantes, cloruro de sodio, edulcorantes, vitaminas y minerales, levaduras, entre otros (5,12,19,23). De ellos destacan los aceites esenciales de cítricos que son una mezcla de compuestos mono-insaturados y sesquiterpenos que son altamente susceptibles a su volatilización y a cambios oxidativos indeseables si son almacenados en estado puro, sin modificar y expuestos al aire; tal deterioro resulta en sabores indeseables generalmente descritos como "a aguarrás" o "a pintura". El encapsulamiento de estos ingredientes ha provisto productos estables a largos tiempos de almacenamiento. Algunos de estos sistemas son capaces de asegurar la estabilidad del sabor aún en medios ambientes naturalmente difíciles de calor y humedad. (1,8)

Pese a la diversidad de los aceites esenciales de cítricos, la mayoría de las investigaciones han sido dedicadas a los aceites esenciales de limón y naranja, aún cuando últimamente han tenido un repunte en la demanda, los productos basados en sabores como de toronja y de mandarina, que incluso, en algunas industrias (como la refresquera y de panificación) han llegado a desplazar a los sabores tradicionales de limón y de naranja,

respectivamente, como ya se había mencionado anteriormente; de esta forma, el presente proyecto está dedicado al encapsulamiento de aceite esencial de mandarina. Existen varios métodos de obtención del aceite esencial de cítricos, pero se pueden observar tres más importantes: la extracción mecánica, la destilación y la extracción con solventes. (22)

No debe confundirse a la especie mandarina (Citrus reticulata, Blanco) con la tangerina -como ocurre en algunos países como los E.U.-. La mandarina es el fruto del mandarino, árbol pequeño con ramas delgadas y espinosas, hojas lanceoladas que miden 3.2 cm. de longitud; el fruto es globoso o subgloboso que mide de 5 a 7 cm. de diámetro, son lisos y brillantes de color naranja o rojizo al madurar.

El aceite esencial de mandarina presenta ciertas diferencias en su parte hidrocarbonada en comparación con la de la naranja dulce; por ejemplo, la proporción de limoneno puede ser un poco menor (en el caso de la naranja es de 86-95%) del orden de un 68-95%, presentándose una mayor cantidad de alfa-pineno, beta pineno y, sobre todo, de gama-pineno. En cuanto a la cantidad de compuestos aldehídicos, globalmente su presencia es mayor.

El aceite esencial de mandarina se diferencia de otros aceites esenciales de cítricos por la presencia de un éster nitrado, el N-metilnitrato de metilo (Figura 3); se tiene además un fenol: el timol, que participa en la originalidad del olor de mandarina.

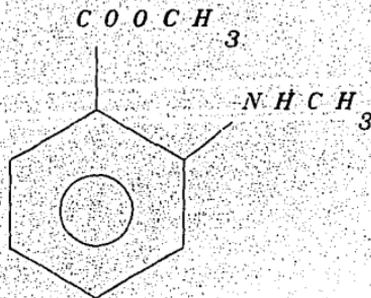


Figura 3.- Estructura del N-metilantranilato de metilo.

Si se hace una mezcla precisa de timol y N-metilantranilato de metilo se obtiene lo que se llama olor de mandarina. Una adición de beta-pineno, hidrocarburo poco aromático, refuerza la sensación "a mandarina".(22,44)

Considerando lo anterior, y partiendo del hecho de que la técnica de microencapsulamiento que sería empleada en este proyecto es el secado por aspersión, la importancia del estudio radica en la apropiada selección del agente microencapsulante, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Comparar la eficiencia de tres almidones modificados frente a la goma arábica como agentes microencapsulantes de aceite esencial de mandarina mediante secado por aspersión.

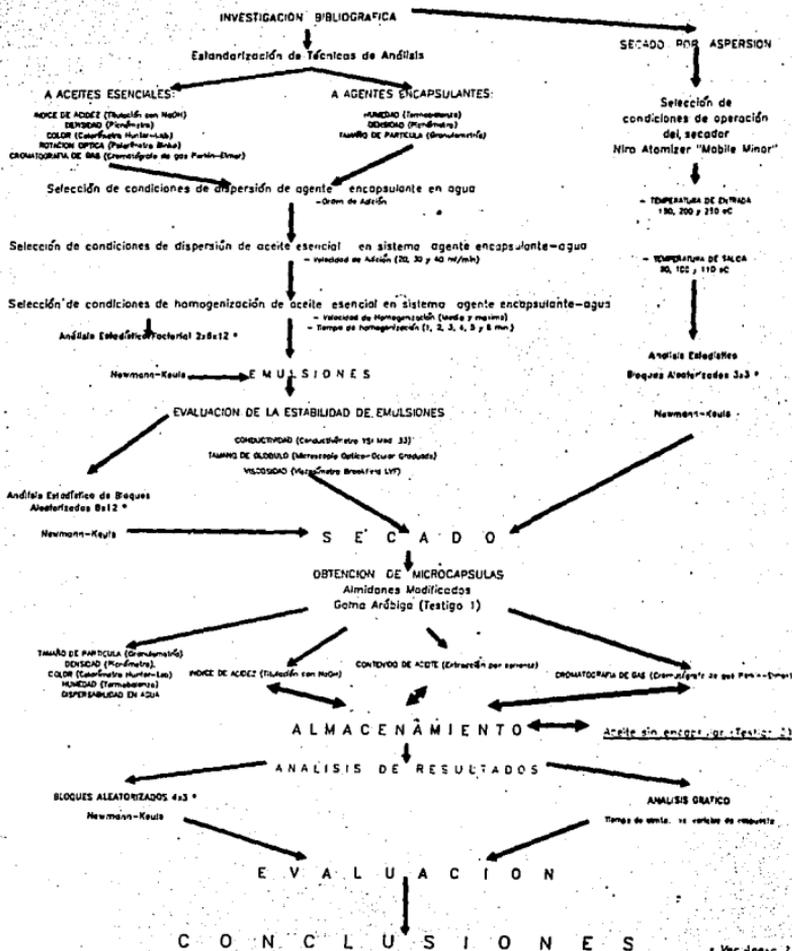
OBJETIVOS PARTICULARES:

Estimar la calidad de microcápsula impartida por la goma arábica en aceite esencial de mandarina mediante la evaluación de contenido de aceite retenido, integridad de la microcápsula, fluidez del polvo y grado de degradación del aceite retenido, principalmente.

Valorar la calidad de microencapsulamiento de los agentes microencapsulantes alternativos a la goma arábica de la misma manera que con la goma arábica.

Sustentar el reemplazo de la goma arábica en el microencapsulamiento de aceite esencial de mandarina por otro(s) polisacárido(s).

RUTA METODOLÓGICA



MATERIALES Y METODOS

ACTIVIDADES PREVIAS.

Debido a una falta de información por parte del proveedor (Aceites y Esencias, S.A.), primeramente se va a caracterizar al ingrediente a encapsular, al aceite esencial de mandarina, para conocer la calidad de éste al ser incorporado a la emulsión y posteriormente secarlo; y, de esta manera, poder evaluarlo al extraerlo de las cápsulas ya formadas a través del tiempo de almacenamiento y detectar variaciones en esas características iniciales. De esta forma, se proponen una serie de análisis que nos den una descripción amplia del aceite esencial como son: Índice de Peróxidos (28.025 -A.O.A.C.,1984-) e Índice de acidez (Titulación con NaOH) para una estimación del estado de envejecimiento de los aceites (3,13). Además, se obtendrán ciertas características físicas como Densidad (19.078 -A.O.A.C.,1984-), Color (Colorímetro Hunter-Lab) y Rotación óptica (19.080 -A.O.A.C.,1984-), así como la identificación de los componentes más lábiles tanto a su oxidación como a su pérdida mediante un Análisis cromatográfico de gas (1,6,7,8,43).

Toda la caracterización anterior, con el objeto de que se conozca ampliamente a nuestra materia prima que nos permitirá, en base a los cambios que sufra, a fundamentar la selección de un agente encapsulante alternativo a la goma arábiga mediante criterios objetivos.

A los agentes encapsulantes considerados, se les determinará Porcentaje de humedad (Termobalanza), Densidad (Picnómetro) -ver Anexo 1- y Tamaño de partícula promedio (Granulometría) para cada uno de los polvos.

Al mismo tiempo, se seleccionarán las condiciones de operación del secador por aspersión (Temperaturas de entrada y de salida) en base a condiciones bibliográficas (6,7). El diseño estadístico considerado es un análisis de bloques aleatorizados -Ver Tabla 1-. Las determinaciones que se aplicarán serán Humedad (Termobalanza) y Color (Colorímetro Hunter-Lab) del producto obtenido.

Posteriormente, se seleccionarán las condiciones de dispersión del agente encapsulante en el agua (que no forme espuma) y las condiciones de dispersión del aceite en la dispersión de agente encapsulante (velocidad de adición). De la misma manera se realizará la selección de las condiciones de homogenización -variando velocidad y tiempo de homogenización de la emulsión- evaluando Tamaño de glóbulo (Microscopía óptica -ocular graduado-), viscosidad (Viscosímetro Brookfield LVF) y conductividad (Conductivímetro YSI modelo 33) (26) aplicando un diseño estadístico factorial como se muestra en la Tabla 2.

Una vez seleccionadas las condiciones de obtención de la emulsión, se definirá la estabilidad de dichas emulsiones -para tener una idea de cuánto tiempo podemos tener las emulsiones ya preparadas antes del secado y que no presenten diferencia significativa mediante un diseño de bloques aleatorizado. (Ver

tabla 3) en su estabilidad y por lo tanto en el producto terminado- mediante la determinación a través del tiempo de Conductividad y Tamaño de glóbulo durante 15 días cada tercer día. (11,26,46).

Antes de empezar el secado de las emulsiones y obtención de las microcápsulas, es necesario realizar una actividad previa más: la Estandarización de técnicas de análisis que le van a ser aplicados al producto terminado -a las cápsulas que se obtengan del secado de cada una de las emulsiones propuestas- y que no es otra cosa que los análisis que ya se han empleado en investigaciones anteriores (1,6,7,8), pero que necesitan ser definidas con precisión para no dejarles ningún rasgo de subjetividad, además de que se busca evaluar únicamente las propiedades de microencapsulante de los compuestos mencionados. La principal técnica que presenta esta característica, por ser aplicada a microcápsulas, es el Contenido de aceite retenido (30.020 -A.O.A.C.,1984-) -ver Anexo 1-, con lo que se deberá correr con los productos obtenidos de las pruebas que se hagan para la selección de condiciones del secador y definirla perfectamente.

EXPERIMENTACION CRITICA.

La experimentación crítica se llevaría a cabo con un porcentaje de agua constante (60% del total de la emulsión) de manera que se tengan proporciones de encapsulado:encapsulante de 1:2, 1:1 y 1.5:1.

Una vez que se obtengan las emulsiones, se alimentarán al secador para la obtención del producto encapsulado, al cual se le aplicarán una serie de análisis físicos para caracterizar al polvo obtenido a la salida del secador por aspersion como son: Tamaño de partícula (Granulometría), Fluidez, Densidad (Picnómetro) y Color (Colorímetro Hunter-Lab).(27)

Se determinará el Porcentaje de Humedad (Termobalanza) y su Dispersabilidad en agua. En cuanto a la estimación de la eficiencia de los agentes encapsulantes en el microencapsulamiento del aceite esencial de mandarina se llevarán a cabo el análisis de Contenido de Aceite Retenido -como una medición de su capacidad de "carga"- (30.020 -A.O.A.C.,1984-); y a los aceites extraídos: Índice de peróxidos e Índice de acidez -como pruebas de envejecimiento de los aceites encapsulados y, de alguna manera, la eficiencia de la pared formada por el agente encapsulante para evitar el contacto del oxígeno y de la luz al interior de la microcápsula-, y Análisis Cromatográfico de Gas como cuantificación e identificación de sus componentes oxidables y volátiles, verificando la acción del microencapsulamiento en el aceite esencial de mandarina.

A la vez, se analizará un producto empleando la goma arábica como agente microencapsulante y una muestra de aceite esencial de mandarina sin encapsular a las mismas condiciones que los productos obtenidos de los agentes encapsulantes alternativos -como testigos 1 y 2, respectivamente-.

El almacenamiento se llevará a cabo durante 7 períodos de tiempo de 21 días cada uno; y los análisis a aplicar son: Índice de Acidez, Contenido de aceite y Cromatografía de gas.

En cada período de tiempo, se empleará un diseño estadístico de bloques aleatorizados (Ver Tabla 4) para determinar si existe diferencia significativa entre bloques o tratamientos y, en caso de haberla, aplicar un análisis Newmann-Keuls que nos permita definir perfectamente dónde se encuentra(n) esa(s) diferencia(s).
(21,29,47)

Considerando la importancia científica y tecnológica de la investigación, es también importante resaltar la adecuación de métodos de análisis, que al ser estandarizados, permitan reproducir la evaluación de microcápsulas, con cualquier tipo de sabor que se esté encapsulando.

EQUIPOS Y REACTIVOS

EQUIPOS.

Agitador de Propela (caframo)
Homogenizador
Conductivimetro YSI Mod. 33
Viscosimetro Brookfield RVT
Microscopio Optico Olympus
Ocular Graduado
Trampas Clevenger
Secador por aspersión "Niro atomizer mobile minor"

REACTIVOS.

Goma arábica
N-lok
Capsul
National-46
Aceite esencial de mandarina
Pentano
Acetona
Mezcla crómica

CRONOGRAMA

	DIC	ENE	FEB	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Análisis materia prima	X	X											
Condiciones dispersión agente encapsulante			X										
Condiciones dispersión aceite esencial			X										
Condiciones homogenización		X	X										
Estabilidad emulsiones		X	X										
Selección condiciones secador				X									
Estandarización técnicas			X	X									
Secado primeras emulsiones				X									
" segundas "				X	X								
" terceras "						X	X						
" cuartas "							X	X					
Análisis:													
1er mes, leros encapsulados					X								
2o " " "					X	X							
3er " " "						X	X						
4o " " "							X	X					
1er " 2os "				X	X	X							
2o " " "					X	X	X						
3er " " "						X	X	X					
4o " " "							X	X	X				
1er " 3os "							X	X	X				
2o " " "								X	X	X			
3er " " "									X	X	X		
4o " " "										X	X	X	
1er " 4os "								X	X				
2o " " "									X	X	X		
3er " " "										X	X	X	
4o " " "											X	X	X
Tiempo de holgura												X	X
Análisis de resultados								X	X	X	X	X	X

ANEXO 1
TECNICAS ANALITICAS

HUMEDAD.

- Poner la lámpara a una altura de 13.5 cm. de la base del platillo.
- Ajustar la perilla de intensidad de luz a 2.5.
- Colocar 10 g. de muestra en el platillo de la termobalanza, ayudándonos con la perilla de tara.
- Poner en funcionamiento la termobalanza y tomar lectura de peso cada 15 minutos de exposición de la muestra a la luz.
- Suspender las lecturas de pérdida de peso una vez que ésta se repita.
- Reportar el contenido de humedad como porcentaje en peso -lectura directa-.

% DE ACIDEZ.

- Colocar una muestra de 10 ml. en un matraz Erlenmeyer de 100 ml. adicionándole de 1 a 2 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína al 1%.
- Mezclar perfectamente.
- Colocar una solución valorada de NaOH al 0.1 N en una bureta de 50 ml.

- Adicionar gota a gota la solución de NaOH a la muestra agitando vigorosamente hasta obtener una coloración firme y homogénea de rosa mexicano en la muestra.

- Medir por lectura directa la cantidad de mililitros gastados en la bureta.

- Calcular el porcentaje de acidez de la muestra de la siguiente manera:

$$\% \text{ Acidez} = (\text{ml. NaOH})(5.61)/(\text{ml. de muestra})$$

DENSIDAD.

Aceite esencial.

- Pesar un picnómetro de volumen conocido limpio y seco (Figura 4).

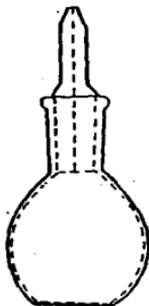


Figura 4.- Picnómetro.

- Poner a peso constante con ayuda de una estufa y, posteriormente, de un desecador.

- Una vez a peso constante, colocar la muestra en él ajustando el nivel del capilar del picnómetro.

- Pesarse nuevamente hasta obtener peso constante.

- Aplicar la siguiente fórmula para obtener la densidad de la muestra:

$$\rho = (\text{Peso pic. con aceite} - \text{Peso pic.}) / (\text{Vol. del pic.})$$

Polvos.

- Pesarse picnómetro de volumen conocido, limpio y seco.

- Colocar una muestra de aceite de densidad conocida y calcular por diferencia de peso la masa del aceite.

- Poner, nuevamente, el picnómetro a peso constante.

- Colocar una muestra de polvo en el picnómetro.

- Pesarse.

- Adicionar el aceite de densidad conocida hasta ajustar el capilar del picnómetro y pesarse.

- Aplicar la siguiente ecuación para obtener la densidad de la muestra:

$$\rho_p = ((m_p - m_0) / [(m_1 - m_0) - (m_{pa} - m_p)]) (\rho_a)$$

donde:

ρ_p = densidad de la muestra.

m_p = peso de la muestra.

m_0 = peso del picnómetro.

m_1 = peso del aceite.

m_{pa} = peso pic.+ac.+muestra.

ρ_a = densidad del aceite.

ACRITE TOTAL.

- Colocar la trampa Clevenger como se muestra en la Figura 5.

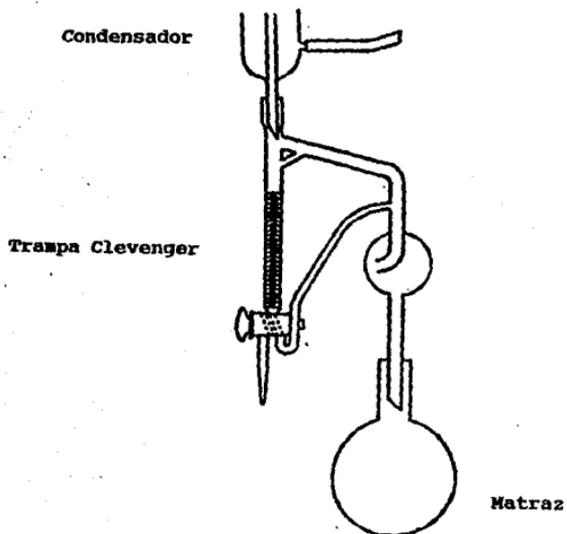


Figura 5.- Trampa Clevenger para aceites más ligeros que el agua.

- Pesar 20 g. de muestra y colocarla en un matraz bola de 500 ml. adicionándole 200 ml. de agua destilada.
- Mezclar perfectamente.
- Colocar el matraz en la posición indicada para establecer el reflujo.
- Llenar la trampa con agua destilada hasta que derrame.
- Poner el réostato marcando 68% del voltaje.
- Encender el réostato para iniciar el calentamiento de la mantilla y establecer el reflujo.
- Permitir el reflujo durante cuatro horas.
- Hacer la lectura en el colector graduado de aceite y obtener el porcentaje del contenido de aceite.

Tabla 1.- Diseño Estadístico Bloques Aleatorizados 3x3.

Selección temperaturas de operación del secador.

		TEMPERATURA DE ENTRADA (°C)		
		150	200	250
TEMPERATURA DE SALIDA (°C)	90			
	100			
	110			

Tabla 2.- Diseño Estadístico Factorial 2x6x12.

Evaluación de la formación de emulsiones.

		TIEMPO DE HOMOGENIZACIÓN	EMULSION (Agente Encapsulante y Relación Ag. enc./Aceña)													
			ARABIGA			H-LOK			CAPSUL			NATIONAL-46				
			1.5:1	1:1	1:2	1.5:1	1:1	1:2	1.5:1	1:1	1:2	1.5:1	1:1	1:2		
VELOCIDAD DE HOMOGENIZACIÓN	MEDIA	1														
		2														
		3														
		4														
		5														
		6														
	MAXIMA	1														
		2														
		3														
		4														
		5														
		6														

Tabla 3.- Diseño Estadístico Bloques Aleatorizados 8x12.

Evaluación de la estabilidad de emulsiones.

		EMULSION (Agente Encapsulante y Pelación Ag. enc. Aceite)											
		ARABIGA			N-LOCK			CAPSUL			NATIONAL-45		
		1.5:1	1:1	1:2	1.5:1	1:1	1:2	1.5:1	1:1	1:2	1.5:1	1:1	1:2
TIEMPO DE ALMTO.	0												
	2												
	4												
	6												
	8												
	10												
	12												
	14												

Tabla 4.- Diseño Estadístico Bloques Aleatorizados 4x3.

Evaluación de agentes encapsulantes a diferentes tiempos de almacenamiento.

		PROPORCIONES Aceite esencial:Agente encapsulante		
		1.5:1	1:1	1:2
HIDRO- COLOIDES	Arábigo			
	N-lock			
	Capsul			
	National-46			

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANANDARAMAN, S. and G.A. Reineccius. (1986). "Stability of encapsulated orange peel oil". Food Technology. November. p. 88-93.
- 2.- A.O.A.C. (1984). "Official methods of analysis". 40th.edition. U.S.A. p. 503, 565 y 584.
- 3.- BADUI Dergal, S. (1990) "Química de los alimentos". Editorial Alhambra. México. p.p. 648.
- 4.- BADUI Dergal, S. (1988) "Diccionario de tecnología de alimentos" Editorial Alhambra. México.
- 5.- BAKAN, Joseph A. (1973). "Microencapsulation of foods and related products". Food Technology. November. p. 34-42.
- 6.- BANGS, W.E. and G.A. Reineccius. (1990). "Characterization of selected materials for lemon oil encapsulation by spray drying". J. Food Sci. Vol. 55. No. 5. p. 1356-1358.
- 7.- BHANDARI, B.R. et al. (1992). "Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate". J.Food Sci. Vol. 57. No. 1. p. 217-221.

- 8.- CROCKER, D.C. and D.E. Pritchett. (1978). "Improved encapsulated citrus oils". Food Technology. January. p. 36-39.
- 9.- CHEN, A.C. et al. (1988). "Cocrystallization: an encapsulation process". Food Technology. November. p. 87-89.
- 10.- DUXBURY, D.D. (1992). "Encapsulated ingredients face 'healthy' future". Food Processing. Vol. 53. No. 2. February. p. 38-46.
- 11.- DZIEZAK, J.D. (1988). "Emulsifiers: the interfacial key to emulsion stability". Food Technology. October. p. 173-186.
- 12.- DZIEZAK, J.D. (1988). "Microencapsulation and encapsulated ingredients". Food Technology. April. p. 136-151.
- 13.- EGAN, H. et al. (1987). "Análisis químico de los alimentos de Pearson" Editorial CECSA. México. p.p. 586.
- 14.- FENNELA, O.R. "Introducción a la ciencia de los alimentos". Editorial Reverté.
- 15.- FLICK, E.W. (1990). "Emulsifying agents. An industrial guide". p. 96.
- 16.- GLICKSMAN, M. (1977). "Food hidrocolloids". Vol. I, II, y III. Editorial CRC Press. U.S.A.

- 17.- GLICKSMAN, M. (1989). "Gum technology in the food industry".
Editorial Academic Press. U.S.A. p. 274-329.
- 18.- GRACIA, O. (1990). "La goma arábica" Industria Alimentaria.
- 19.- GUTCHO, M.H. (1975). "Microcapsules and other capsules"
Chemical Technology Review # 135. Editorial ndc. U.S.A. p.p.
340.
- 20.- HABER, A. and R.P. Runyon. (1973). "Estadística general".
Fondo Educativo Interamericano. México. p.p. 371.
- 21.- HICKS, R. "Experimental design of experiments".
- 22.- HUET, R. (1991). "Les huiles essentielles d'agrumes" Fruits.
Vol. 46. No. 5. p. 501-683.
- 23.- HUI, Y.H. "Encyclopedia of food science and technology" Vol.
I, II y IV. Editorial John Wiley and sons. U.S.A.
- 24.- I.F.T. (1991) "A focus on gums". Food Technology. March. p.
116-131.
- 25.- LABELL, F. (1991) "Custom encapsulation protects
ingredients". Food Processing. December. p. 42-44.

- 26.- LATREILLE, B. and P. Paquin. (1990) "Evaluation of emulsion stability by centrifugation with conductivity measurements". J. Food Sci. Vol. 55. No. 6. p. 1666-1672.
- 27.- LINOYA, K. et al. (1991). "Powder technology handbook". Editorial Marcel Dekker Inc. U.S.A. p.p. 794.
- 28.- MAFART, P. (1994). "Ingeniería industrial alimentaria". Vol. I. Editorial Acribia. España. p.p. 285.
- 29.- MONTGOMERY, D.C. (1991). "Diseño y análisis de experimentos". Editorial Grupo Editorial Iberoamericana.
- 30.- MUJUMDAR, A.S. (1987). "Handbook of industrial drying". Editorial Marcel Dekker Inc. U.S.A. p. 243-293.
- 31.- MUTKA, J.R. and D.B. Nelson. (1988). "Preparation of encapsulated flavors with high flavor level". Food Technology. April. p. 154-157.
- 32.- N.S.C.C. "Modified starch encapsulating agents offer superior emulsification, film forming and low surface oil" Food Product Development. p. 54-58.
- 33.- N.S.C.C. (1984). "Starch". Editorial Academic Press. 2nd. edition. U.S.A. p. 311-367.

- 34.- N.S.C.C. "CAPSUL". Technical Service Bulletin.
- 35.- N.S.C.C. "NATIONAL-46". Technical Service Bulletin.
- 36.- N.S.C.C. "N-LOK". Technical Service Bulletin.
- 37.- O'BOYLE, A.R. et al. (1992). "Encapsulated cured-meat pigment and its application in nitrite-free ham". J. Food Sci. Vol. 57. No. 4. p. 807-812.
- 38.- PAGINGTON, J.S. (1985) "Molecular encapsulation with beta-ciclodextrin" Food, flav., ing., proc., pack. Vol. 7 No. 9. p. 51-52, y 55.
- 39.- POMERANZ, Y. (1991) "Functional properties of food components". Editorial Academic Press. 2nd. edition. U.S.A. p.p. 571.
- 40.- REINECCIUS, G.A. (1991). "Carbohydrates for flavor encapsulation". Food Technology. March. p. 144-149.
- 41.- ROQUETTE LTD. (1989). "King of the ring". Food Manufacture. February. p. 32-34.
- 42.- ROSENBERG, M. et al. (1985). "A scanning electron microscopy study of microencapsulation". J. Food Sci. Vol. 50. p. 139-144.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 43.- SANKARIKUTTY, B. et al. (1988). "Studies on microencapsulation of cardamom oil by spray drying technique". J. Food Sci. Tech. Vol. 25. No. 6. p. 352-356.
- 44.- S.A.R.H. - I.N.I.A. "Ciclos de cultivo". México, 1992.
- 45.- SHAHIDI, F. and R.B. Pegg. (1991). "Encapsulation of the preformed cooked cured-meat pigment". J. Food Sci. Vol. 56. No. 6 p. 1500-1505.
- 46.- SHARMA, S.C. (1981). "Gums and hydrocolloids in oil-water emulsions". Food Technology. January. p. 59-67.
- 47.- SCHEFLER, W.C. (1973). "Bioestadística". Editorial Fondo Educativo Interamericano. México. p.p. 371.
- 48.- WHISTLER, R.L. (1984). "Starch: Chemistry and technology". Editorial Academic Press Inc. 2nd. edition. U.S.A. p.p. 718.
- 49.- WONG, D.W.S. (1988). "Mechanism and theory in food chemistry". Editorial AVI Book. U.S.A. p.p. 428.
- 50.- ZILBERBOIM, R. et al. (1986). "Microencapsulation by a dehydrating liquid". (Two parts). J. Food Sci. Vol. 51. No. 5. p. 1301-1310.