

Nanopartículas que comprenden el silicato de sodio que a su vez están microencapsulados en polvo

MEMORIA DESCRIPTIVA

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una composición alimenticia en polvo con nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo que puede ayudar a mitigar una gran variedad de enfermedades proporcionando efectos benéficos en enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas como el Alzheimer para aplicaciones en campo de alimentos. Por lo anterior, la solicitud se ubica en el área de aplicaciones.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Es conocido que tanto las vitaminas como los minerales necesarios para los seres humanos son extraídos de fuentes naturales de alimentos. Sin embargo, no toda la población tiene acceso a estos recursos generando uno de los principales problemas de salud pública que afecta a la población a nivel mundial que es la deficiencia nutricional, los grupos poblacionales de mayor riesgo son los niños, adolescentes y mujeres y adultos mayores; en donde la deficiencia de silicio en el organismo está relacionada con enfermedades en huesos, tejido conectivo, cabello y piel [1].

El silicato de sodio microencapsulado en polvo propuesto en la presente solicitud puede ayudar a mitigar una gran variedad de enfermedades proporcionando efectos benéficos en enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas tal como el Alzheimer [2]. Sin embargo, el silicato de sodio es un compuesto químico que presenta inconvenientes al ser ingerido ya que a pH ácidos como los presentes en el estómago se generan reacciones de polimerización irreversibles (Figura 1) y estas formas polimerizadas no son aprovechadas por el organismo debido a que en el proceso de polimerización las partículas se condensan de manera gradual, aumentando su tamaño y disminuyendo la solubilidad.

Además del problema presentado anteriormente, factores como el agua en el medio también pueden afectar la absorción del silicato en el organismo ya que aumenta el volumen y el peso del polímero formado por el silicato.

Existe evidencia del uso de sílice en composiciones nutricionales o farmacéuticas como agente portador de un principio activo, fuente de nutrición o como agente activo. En la patente WO17064633 A1, se incluye el uso del silicato como agente portador de un agente activo al formar un complejo con el mismo en una composición nutricional y también como fuente de nutrición. Aunque, no se evidencia interés en el efecto del pH en la absorción del silicato en el organismo y la afectación de este proceso en su uso como fuente de nutrición.

En la patente US2011070351 AA la biodisponibilidad del silicato en un suplemento alimentario es aumentada a través de la mezcla con amonio cuaternario o un hidróxido de un elemento perteneciente al grupo IA en la tabla periódica y un ácido orgánico.

En la patente US2017042934 AA se estabiliza el polímero del ácido silícico por adición de un ácido carboxílico. Sin embargo, no se tiene en cuenta que estas sustancias poliméricas no pueden ser disociadas en iones en el estómago y los efectos sobre el organismo humano no son tan conocidos.

Mediante el uso de transportadores a base de componentes que comprenden almidones modificados o no de maíz, papa o yuca y proteína (caseinatos de sodio o albúminas de origen lácteo o huevo) tal como se propone en la presente solicitud, se puede evitar el proceso de polimerización ya que se brindaría al silicato de sodio de una barrera protectora resistente a pH ácido como los presentados en el estómago permitiendo su paso al intestino sin ninguna modificación química y una posterior liberación controlada para ser absorbido por los enterocitos para ser posteriormente transportados al torrente sanguíneo.

En la patente US2021023125 AA se propone una formulación líquida ácida que comprende ácido silícico estabilizado con un compuesto de amonio cuaternario, en la que la cubierta de la cápsula comprende un polisacárido o un derivado polisacárido. Sin embargo, la tecnología propuesta en este documento es diferente a la propuesta de la presente solicitud.

Con el uso de la tecnología de microencapsulación de la presente solicitud mediante un método de secado por Spray Dry se ha encontrado una disminución de sabores residuales en los alimentos, así como un mejor control en las variaciones de pH, además disminución de las interacciones del silicato de sodio con las diferentes matrices alimentarias que impedirían el desarrollo de su función en el organismo. Esto se debe a que el silicato está protegido con una barrera exterior a base de almidones modificados o no de maíz, papa o yuca y proteína (caseinatos de sodio o albúminas de origen lácteo o huevo) que no sólo lo protegen, sino que evitan que reaccione con el alimento y

produzca cambios no deseados en el producto final; permitiéndonos así poder ofrecer a la industria de los alimentos una alternativa para aprovechar los nutrientes presentes en los alimentos de una manera más eficientemente.

Esta microencapsulación es una técnica aplicada para evitar degradación e interacción de los compuestos activos con agentes externos además de poder ser modificado para ser usado como transportador. En esta técnica se obtienen nanopartículas con un compuesto activo dentro de su matriz que posteriormente puede realizar una actividad en el organismo. Entre los materiales utilizados como recubrimientos en la industria de los alimentos están las gomas, los almidones, las maltodextrinas y las dextrosas reportados en diferentes trabajos como material de barrera de una partícula, la aplicación de algunos es de acuerdo con las propiedades que se buscan en el producto encapsulado final.

Unos de los problemas principales presentados por la técnica, es la conservación de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias encapsuladas ya que la manera como se almacenan y aplican los minerales (por ejemplo, silicatos de sodio) en diferentes matrices alimentarias y sobre todo aquellas que contienen grasas y aceites influye mucho en la conservación de sus propiedades como son el sabor, textura además de modificaciones químicas como la oxidación. Por lo general, los productos minerales, deben ser almacenados en condiciones adecuadas para que no sufran ninguna modificación antes y después de su uso, evitando así variaciones en el sabor. Deben de guardarse en lugares frescos y preferiblemente oscuros dado que la acción de la luz genera reacciones de oxidación modificando así sus propiedades químicas.

Actualmente, se muestra mucho interés en investigaciones en productos a base de minerales que puedan ser beneficiosos para el consumo humano y que permitan mejores condiciones en términos de conservación. Es el caso de la invención US2013/0017239 que hace referencia a un sistema de liberación para ingredientes activos compuesto por nanopartículas lipídicas o portadores lipídicos recubiertos por polímeros modificados los cuales son ampliamente utilizados como nanotransportadores en la industria farmacéutica, cosmética y/o alimentaria. Esta invención corresponde a nanopartículas con tamaños que oscilan en el rango entre 10 a 10000 nm y que ajustándose a la escala de las nanopartículas puede ser de tamaños entre 1 a 1000 nm. Sin embargo, en la presente solicitud se hace referencia a un interior compuesto por nanopartículas de silicato sólido diferente a lo reportado en otras invenciones donde se hace uso de matrices líquidas basadas en aceite y grasas.

Por otra parte, el documento WO2016/013582 reporta composiciones a base de grasas y aceites, los cuales pueden estar en forma de polvo y en donde las composiciones contienen triglicéridos. Sin embargo, no reporta usos de una técnica de microencapsulación con micro o nanopartículas ni cubierta a base de carbohidratos y proteínas.

En el documento W02010/079467 se reporta el uso de la microencapsulación mediante de matrices aceite y agua (o/w) en los cuales se menciona el uso de principios activos en la industria farmacéutica, sin embargo, la técnica no divulga composiciones alimentarias ni uno uso de una técnica de encapsulación similar a la reportada en la presente solicitud como lo es la microencapsulación en polvo de nanopartículas sólidas de silicato de sodio.

Por otra parte, US2011070351 AA se menciona a las sales de silicio con agentes modificadores de pH en este caso se usan como buffer que permiten mantener un pH establecido frente a ácidos orgánicos.

En otra patente US3227562 A se utiliza el silicato de sodio como un agente que permite la fortificación de un jugo mediante la disponibilidad de iones sodio y mejorar el sabor de la bebida. Sin embargo, no se divulgan técnicas de microencapsulación ni de su aprovechamiento nutricional por parte del organismo.

En la patente CN108936681 A se deja en evidencia el uso del silicato de sodio como un agente que modifica el pH aumentando la basicidad de una bebida lo cual indica que para su aprovechamiento en el organismo necesita de una barrera que permita su transporte al intestino delgado mediante el uso de transportadores.

WO21127423 A1 se refiere a una composición que comprende una pluralidad de nanopartículas de silicato entre otros componentes, composición que se utiliza en la prevención y/o tratamiento de una enfermedad en un mamífero, tal como una enfermedad de la piel o mastitis. Sin embargo, este documento no divulga, por ejemplo, un agua alcalina a base de nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo.

Por último, EP2327314 A1 divulga un proceso para la preparación de un alimento dietético o complemento nutricional con una sustancia natural de calidad alimentaria o una mezcla de sustancias activas, en el que las sustancias o sustancias activas o la mezcla de ingredientes activos se disuelven o dispersan en un disolvente y se mezclan con nanopartículas, y que la mezcla se vuelve

a pulverizar finamente después del secado. Sin embargo, este documento tampoco divulga, por ejemplo, un agua alcalina a base de nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo.

Teniendo en cuenta los estigmas a nivel mundial relacionados con la fortificación con minerales y la estabilidad de estos en matrices alimentarias, la industria de alimentos propone día a día soluciones para disminuir los efectos adversos presentados por la fortificación con minerales principalmente el efecto no deseado en la modificación de los perfiles sensoriales o generación de sabores residuales dando al consumidor opciones que puedan ayudar a su salud con experiencias agradables de consumo del producto final. Por tanto, la presente invención proporciona un ingrediente en polvo con una funcionalidad tecnológica para aplicaciones tal como en las líneas de bebidas acuosas como son, por ejemplo, el agua mineral, agua alcalina pH 10 y diferentes variaciones.

En resumen, existe una necesidad de conservar las propiedades fisicoquímicas de sustancias encapsuladas ya que la manera como estas se almacenan y su aplicación en minerales (por ejemplo, silicatos de sodio) en diferentes matrices alimentarias y sobre todo aquellas que contienen grasas y aceites influye mucho en la conservación de sus propiedades como son el sabor, textura además de modificaciones químicas como la oxidación. Por lo general, los productos minerales, deben ser almacenados en condiciones adecuadas para que no sufran ninguna modificación antes y después de su uso, evitando así variaciones en el sabor. Deben de guardarse en lugares frescos y preferiblemente oscuros dado que la acción de la luz genera reacciones de oxidación modificando así sus propiedades químicas.

De acuerdo con lo anterior, existe una necesidad específica relacionada con el consumo de silicato de sodio dado que el silicato de sodio es un compuesto químico que presenta inconvenientes al ser ingerido ya que a pH ácidos como los presentes en el estómago se generan reacciones de polimerización irreversibles (Figura 1) y estas formas polimerizadas del mineral no son aprovechadas por el organismo debido a que en el proceso de polimerización las partículas se condensan de manera gradual, aumentando su tamaño y disminuyendo la solubilidad.

Por lo tanto, el problema a ser resuelto por la presente solicitud se soluciona mediante nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo que comprenden transportadores a base de almidones modificados o no de maíz, papa o yuca y proteína (caseinatos de sodio o albúminas de origen lácteo o huevo) en una escala de micrómetros para proteger un núcleo sólido a base de silicato de sodio evitando así su degradación química por reacciones de polimerización en el estómago y que permita de manera más conveniente un aprovechamiento de este en el intestino

delgado mejorando su biodisponibilidad en el organismo. Lo anterior, permitirá generar o producir entre otros alimentos un agua alcalina en donde las nanopartículas tendrán una mayor biodisponibilidad mejorando las propiedades organolépticas, sensoriales y/o nutricionales.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA TÉCNICO

Para subsanar los problemas planteados en la presente solicitud, se propone nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo con una funcionalidad tecnológica para aplicaciones en alimentos tal como las bebidas entre otros.

DESCRIPCION RESUMIDA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a nanopartículas que comprenden silicato de sodio microencapsulado en polvo que puede ayudar a mitigar una gran variedad de enfermedades proporcionando efectos benéficos en enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas como el Alzheimer para aplicaciones en campo de alimentos. Estas nanopartículas comprenden transportadores a base de almidones modificados o no de maíz, papa o yuca y proteína (caseinatos de sodio o albúminas de origen lácteo o huevo) en una escala micrómetros para proteger un núcleo sólido a base de silicato de sodio evitando así su degradación química por reacciones de polimerización en el estómago y permita su aprovechamiento en el intestino delgado mejorando su biodisponibilidad en el organismo. Lo anterior, permitirá generar o producir alimentos tal como un agua alcalina en donde las nanopartículas tienen mayor biodisponibilidad mejorando las condiciones organolépticas, sensoriales y/o nutricionales.

Las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo presentan una serie de ventajas entre la cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Disminución de sabores residuales en los alimentos, así como un mejor control en las variaciones de pH, además disminución de las interacciones del silicato de sodio con las diferentes matrices alimentarias que impedirían el desarrollo de su función en el organismo.
- Evitan que reaccione con el alimento y se produzcan cambios no deseados en el producto final; permitiéndonos así poder ofrecer a la industria de los alimentos una alternativa para aprovechar los nutrientes presentes en los alimentos de una manera más eficientemente.

- Evitar degradación e interacción de los compuestos activos con agentes externos además de poder ser modificado para ser usado como transportador. En esta técnica se obtienen nanopartículas con un compuesto activo dentro de su matriz que posteriormente puede realizar una actividad en el organismo si ninguna interferencia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

La **Figura 1** muestra el mecanismo de formación y polimerización del ácido silícico en medio ácido.

La **Figura 2** contiene las imágenes A, B y C correspondientes a los resultados del análisis de microscopía SEM de las partículas de silicato de sodio, silicato de sodio puro en dispersión y silicato de sodio microencapsulado en polvo, respectivamente.

La **Figura 3** ilustra un montaje experimental que simula las condiciones en ambiente estomacal de las micropartículas encapsuladas en presencia de pepsina y a un pH establecido de 1.2.

La **Figura 4** ilustra la variación del pH en función del tiempo durante la simulación del proceso de digestión gástrico de la micropartícula durante un periodo de 2 horas.

La **Figura 5** ilustra gráficamente la variación del pH respecto al pH medio en función del tiempo durante la simulación del proceso de digestión gástrico de la micropartícula durante un periodo de 2 horas.

La **Figura 6** ilustra un montaje experimental que simula las condiciones en ambiente intestinal de las micropartículas encapsuladas en presencia de pancreatina enzimática y a un pH establecido de 7,0.

La **Figura 7** ilustra la variación del pH en función del tiempo durante la simulación del proceso de digestión intestinal de la micropartícula durante un periodo de 2 horas.

La **Figura 8** ilustra gráficamente la variación del pH respecto al pH medio en función del tiempo durante la simulación del proceso de digestión intestinal de la micropartícula durante un periodo de 2 horas.

La **Figura 9** ilustra el procedimiento seguido para la preparación de la emulsión inicial (suspensión).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un producto que corresponde a nanopartículas minerales que comprenden una microencapsula en polvo de carbohidratos y proteínas.

Las nanopartículas de acuerdo con la invención tienen un tamaño entre 50 y 600 nm, estas nanopartículas comprenden minerales tal como silicato de sodio en proporciones de 1% – 10% p/p en la composición.

Las nanopartículas microencapsuladas de la presente invención comprende además proteínas tal como, proteína láctea, proteína animal, proteína vegetal y proteína microbiana y/o mezclas de las mismas, en donde la proporción de la proteína respecto a los minerales en la composición es de desde 1% a 90% en peso. La proteína láctea se selecciona de caseinato de sodio, caseinato de calcio, proteínas séricas, lactoalbúmina y lactoglobulina, y las proteínas vegetales son seleccionadas de proteína de soya, proteína de arveja, proteína de trigo. La proteína animal se selecciona de ovoalbúmina y ovoglobulina y la proteína microbiana se selecciona de proteína de biomasa de levadura y biomasa de bacterias como lactobacillus.

En una modalidad preferida de la invención, las proteínas preferidas pueden ser caseinato de sodio, caseinato de calcio, lactoalbumina, lactoglobulina, gelatina, proteína de soya, de arveja, de lenteja, preferiblemente, caseinato de sodio y de calcio o mezclas de las mismas, preferiblemente en proporciones dentro de la composición de 1%-90% p/p.

En relación con los materiales encapsulantes, como su nombre lo indica, son los componentes que con ayuda de otros excipientes encapsulan el ingrediente activo de minerales. Dentro de los materiales encapsulantes que se pueden usar en la presente invención se tiene: gomas cuya fuente puede ser goma xantan, goma arábica, carragenina; carbohidratos seleccionados de almidón nativo de maíz, de yuca, de papa, harina de quinua, de trigo, almidones, almidones modificados, por acetilación del almidón de maíz, de yuca, de papa, preferiblemente en proporciones de 1%-90% p/p de la composición.

El material encapsulante para las preparaciones de nanopartículas microencapsuladas de minerales de acuerdo con la presente invención puede incluir, pero no limitarse a ciclo dextrinas, maltodextrinas con (dextrosa equivalente) DE 4-7, 10-12, 18-20 y 30-45; preferiblemente maltodextrinas con DE 18-20, en proporciones del 1%- al 20% p/p en la composición.

Los estabilizantes para las preparaciones de nanopartículas-microencapsuladas de minerales de acuerdo con la presente invención puede incluir, pero no limitarse a mono y diglicéridos, carboximetilcelulosa y derivados; gomas como arábica, xanthan, guar, gellan, tara, celulósicas, garrafin, tragacanto, karaya, mezquite, alginato de sodio, carragenina y mezclas de las mismas. Especialmente, los estabilizantes que pueden ser empleados en la invención son mono y diglicéridos de ácidos grasos, almidones modificados por acetilación en proporciones del 1% al 90% p/p dentro de la composición.

Los emulsificantes para las preparaciones de nanopartículas microencapsuladas de minerales de acuerdo con la presente invención puede incluir, pero no limitarse a estearinas, oleínas, fosfolípidos, glicéridos, alfa y monoglicéridos de ácidos grasos, mono-oleato de polioxietilensorbitano en los números 20, 40, 60 y 80, ésteres de sorbitano en los números 20, 40, 60 y 80 preferiblemente tween 80 (polisorbato 80 N.F o monooleato de sorbitán polioxietilénico 80) y span 80 (sorbitan monooleato; ó mono-9-octadecanoato de (Z)-sorbitano). Además, otros emulsificantes (surfactantes o tensoactivos) que pueden estar presentes en las nanopartículas de aceite de palma/proteína microencapsuladas, son ésteres de sorbitano en los números 20, 40, 60 y 80, o mezclas de los mismos, en proporciones de 0.1% -10% p/p dentro de la composición.

Las nanopartículas microencapsuladas de la presente invención se obtienen mediante un proceso que combina las etapas de nanotecnología (formación de nanosuspensión), microencapsulación y secado por aspersión en donde la nanotecnología comprende la preparación de la nanosuspensión. En el proceso de nanosuspensión se integran los materiales líquidos y sólidos, mediante el uso de temperaturas bajas que varían entre 0°C-30°C, alta revoluciones de 1000 – 20000 rpm por 10 -30 minutos y aplicación de altas presiones que varían entre 500-25000 psi lográndose la nanosuspensión la cual luego, es microencapsulada por secado por aspersión en temperaturas de entrada de 150°C-250°C y de salida de 70°C-120°C, en donde luego se obtiene un polvo con partículas microencapsuladas en tamaños de 50-700 micrómetros y dentro de estas cápsulas se encuentran contenidas las nanopartículas de minerales en tamaños de 50-600 nanómetros.

El producto terminado de acuerdo con la presente invención, cuando hace parte de un proceso como, por ejemplo, para producir un agua alcalina permite un mayor control de un pH menor a 10 y mantenerlo estable.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

EJEMPLOS DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

A continuación, se expondrán ejemplos de aplicación de la invención de la presente solicitud. Dichos ejemplos se proporcionan solo a modo ilustrativo para proporcionar un mejor entendimiento de la invención, pero en ningún caso debe considerarse que limiten el alcance de la protección solicitada. Adicionalmente, especificaciones de características técnicas diferentes descritas en los ejemplos pueden combinarse entre sí, o con otras características técnicas previamente descritas sin que esto limite el alcance de la protección solicitada.

Experimento 1

Preparación de las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo

Preparación de las suspensiones. Para realizar el proceso de microencapsulación del silicato de sodio primero se realizó una suspensión que contiene el material encapsulante utilizado como pared. Las suspensiones fueron preparadas en el laboratorio de investigación de la compañía Alsec SAS, usando un dispersor de alta velocidad de la marca Micra a 10.000 -30.000 rpm por 5 -15 minutos. Cada una de las suspensiones se realizaron bajo las mismas condiciones. El diagrama del procedimiento para el proceso de preparación de las suspensiones se registra en la Figura 9.

Secado por aspersión. Las suspensiones obtenidas fueron secadas por atomización en un secador de laboratorio marca Buchi (Mini secador por pulverización B-290, Buchi Labortechnik, Suiza) a 220-230° C de temperatura de entrada aire caliente y 100 - 110 °C de temperatura de salida del aire caliente con una boquilla número 4 o 5.

Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La microestructura transversal y superficial se examinó mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM), modelo JSM 6490LV SEM JEOL, aplicando 20 kV y 15 mA, apoyado con el software INCA energy incorporado en el microscopio.

En la Figura 2 imagen A se aprecia partículas de silicato de sodio caracterizado por cristales no uniformes con forma de escamas y con tamaños de fracción de micrómetros, en algunos casos

inferiores a 1 micrómetro por tanto varias de estas partículas se podrían considerar nanopartículas, al igual que en la imagen B (lado superior derecho) donde el compuesto de silicato se encuentra puro en dispersión, la imagen de la microestructura transversal se obtuvo al igual que la imagen A con una resolución de X4000 a 20kV y es apreciable la superficie uniforme de los cristales de silicato de sodio.

La morfología de las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado se observan en la imagen C con una resolución de X200 a 20kV y una escala de 100 micrómetros, en donde se observa la forma esférica de las mismas con una superficie uniforme comprendida de carbohidratos (almidones modificados o no de maíz, papa o yuca) y proteína (caseinatos de sodio o albúminas de origen lácteo o huevo).

Experimento 2

Simulación de condiciones gástricas

La simulación de digestión gástrica fue llevada a cabo mediante un proceso de digestión como se observa en la Figura 3. El pH establecido fue logrado con una solución de HCl hasta alcanzar un valor de 1,2. En donde también fue incluida la pepsina. La temperatura se mantuvo a 37,2 °C para simular la temperatura corporal y la mezcla de reacción fue agitada continuamente durante dos horas a 191 rpm.

El protocolo experimental se detalla a continuación:

1. Se pesaron 0,5 gramos de cloruro de sodio (NaCl) y diluyeron en 25 ml de agua destilada
2. Se pesaron 0,8 gramos de la enzima pepsina, y diluyeron sobre la solución de cloruro de sodio anterior
3. Luego, se preparó una solución de HCl con pH 1,2 lo que equivale a una concentración de 0,0630 M
4. Luego, sobre la solución que contiene la enzima, NaCl y agua destilada (25 ml), se adicionó la solución 0,0630 M de HCl de forma lenta, por ejemplo, agregar 50 ml agitar y medir el pH y vuelve agregar nuevamente hasta llegar a un pH de 1,2 completando un volumen aforado de 250 ml con esta solución

5. Se pesó 40 mg de muestra de las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo a evaluar y se introdujo dentro una capsula de celulosa (con recubrimiento y sin recubrimiento) y se ajustó o fijó en el fondo del reactor
6. Se adiciono el volumen de solución de 250 ml de pH básico y se agregó dentro del reactor
7. La velocidad de agitación se ajustó a un valor entre 190-210 rpm y la temperatura entre 36-37°C
8. Se tomaron alícuotas de 5 ml cada 10 minutos por 2 horas

En las Figuras 4 y 5 se observa la variación del pH en función del tiempo de la mezcla de reacción observándose cambios despreciables en el valor del pH medio, por lo que se puede afirmar que someter la micropartícula a condiciones de digestión gástrica simulada no afectan de manera significativa la estabilidad de la micropartícula, debido a que la ruptura de la misma ocasiona un aumento del pH por el mecanismo explicado anteriormente.

Experimento 3

Simulación de condiciones intestinales

El proceso de digestión intestinal fue simulado usando la pancreatina enzimática, la neutralización de la solución fue lograda con la adición de una solución de fosfato monobásico hasta ajustar el pH a un valor igual a 7.0. Esta mezcla de reacción fue agitada de manera constante durante dos horas. El montaje de este proceso se aprecia en la Figura 6.

El protocolo experimental se detalla a continuación:

1. Se pesaron 1,7 gramos de fosfato monobásico y se diluyeron en 62,5 ml de agua destilada
2. Se preparó una solución de concentración 0,2 N de NaOH en un volumen de 250 ml
3. Se pesaron 2,5 gramos de la enzima pancreatina, y se diluyeron sobre la solución de fosfato monobásico
4. Luego sobre la solución que contiene la enzima, el fosfato monobásico y agua destilada (62,5 ml) se agregó la solución 0,2 N de NaOH de forma lenta, por ejemplo, agregar 1 ml agitar y medir el pH y vuelve agregar nuevamente hasta llegar a un pH de 6,8-7,0 luego se completa el volumen en un balón aforado de 250 ml con agua destilada

5. Después se pesaron 40 mg de muestra de las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo a evaluar y se introdujo dentro una cápsula de celulosa (con recubrimiento y sin recubrimiento) luego se ajustó o fijó en el fondo del reactor
6. Se adicionó el volumen de solución de 250 ml de pH básico y se agregó dentro del reactor
7. La velocidad de agitación se ajustó a un valor entre 190-210 rpm y la temperatura entre 36-37 C
8. Se tomaron alícuotas de 5 ml cada 10 minutos por 2 horas

En las Figuras 7 y 8 se observa la variación del pH en función del tiempo durante el proceso de digestión intestinal simulado. Se evidencia un aumento del valor de pH durante el periodo que comprendió el experimento, esto se explica por la liberación controlada del silicato de sodio presente en la micropartícula, el cual genera un aumento de pH del sistema. La estabilización de este pH es alcanzada al final de las 2 horas de prueba en un rango comprendido entre 9,5 a 10,5.

Ejemplo 2

Preparación una bebida de agua alcalina usando nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado

Se realizó un experimento de preparación de una bebida de agua alcalina usando nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo. El proceso se describe a continuación y comprende las siguientes etapas:

1. 0.1 g de las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo fue adicionado en 1 L de agua pura; y
2. luego las nanopartículas de silicato de sodio microencapsulado en polvo se disolvieron lentamente por agitación mecánica hasta alcanzar la homogenización de la misma.

Conclusiones

A partir de las pruebas experimentales mostradas anteriormente, se concluye que las partículas de silicato de sodio se encuentran caracterizadas en una escala de tamaño nano y que luego del proceso de encapsulación con carbohidratos y proteína, el tamaño aumenta a una escala de micrómetros, debido a que el recubrimiento es de un tamaño superior a las nanopartículas

encapsuladas mediante agregación dicho tamaño tiende a variar en una escala de micrómetros. La uniformidad en el tamaño de las nanopartículas microencapsuladas en polvo varia sin presentar afectaciones en el uso de la presente invención.

Se concluye además que la microencapsulación proporciona una barrera protectora de las partículas de silicato de sodio frente a las condiciones de digestión gastrointestinal tales como temperatura, pH y degradación enzimática, permitiendo con ello la liberación controlada de las nanopartículas de silicato de sodio en el intestino delgado para su aprovechamiento en el organismo.

Referencias

[1] Farooq, M. A., & Dietz, K. J. (2015). Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Overlooked and Poorly Understood. *Frontiers in plant science*, 6, 994. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00994>

[2] Martin, K. R. (2013). Silicon: The Health Benefits of a Metalloid. *Metal Ions in Life Sciences*, 451–473. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7500-8_14