

**PREPARADO DE FIBRA DIETÉTICA DE FRUTOS DE MACAÚBA Y
PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN**

5 Campo de aplicación

La invención se refiere a preparados funcionales de fibra dietética de frutos de macaúba, en particular para alimentos, cosméticos, comida para mascotas y aplicaciones tecnológicas, así como a un procedimiento para la producción de estos preparados.

Estado de la técnica

La fibra dietética se compone fundamentalmente de polisacáridos de la pared celular vegetal (PCV) y lignina. Los componentes principales de la pared celular vegetal son pectinas, hemicelulosa y celulosa, que se encuentran en distintas proporciones, según la especie vegetal. Comprenden distintos grupos de polisacáridos como galacturonano, arabinano, xilano, manano, xiloglucano y β -glucano [1-3]. La diversidad estructural que deriva de la composición de monosacáridos, los tipos y patrones de unión, la forma de la cadena y el grado de polimerización y sustitución, determinan las propiedades específicas de los polisacáridos de la pared celular.

La importancia de la fibra dietética y los espesantes naturales para la alimentación humana y de mascotas, así como para su empleo en aplicaciones tecnológicas es cada vez mayor. La creciente demanda de fibra dietética de eficacia nutricional, espesantes, fibras tecnológicas y materias primas para polímeros y materiales de envasado de base biológica conlleva un aumento de las necesidades de preparados de fibra dietética que puedan proporcionarse de manera sencilla y económica, sin modificación química y que no requieran gran consumo de recursos para su producción. A

excepción de algunos pocos preparados de fibra dietética de cereales o leguminosas, muchas fibras dietéticas naturales no presentan buenas propiedades funcionales para los alimentos o para su empleo en aplicaciones tecnológicas.

5

Los preparados funcionales de fibra dietética según el estado de la técnica con propiedades espesantes, emulsionantes, espumantes y gelificantes en solución o suspensión acuosa pueden obtenerse, por ejemplo, de madera, algas o
10 microorganismos. Algunos ejemplos de estos preparados de alta calidad son, entre otros, carboximetilcelulosa, carragenano, alginato o xantano. Estos muestran, según la materia prima, concentración, pH y temperatura, unas propiedades reológicas específicas en mezclas con agua, forman geles por
15 calentamiento o pueden conformarse como películas, en forma de láminas o como piezas moldeadas por inyección y, de este modo, utilizarse en usos como sustitutos de plásticos derivados del petróleo. Sin embargo, estos preparados de fibra dietética deben tratarse y/o modificarse
20 laboriosamente, por lo que los costes de producción resultan elevados y, debido a los extensos pasos de procesamiento, también se consumen muchos recursos.

Aquí se ofrece un gran potencial para residuos de
25 procesamiento, como, por ejemplo, los que se generan en la extracción de aceite vegetal. Estas fracciones de plantas oleaginosas se han venido utilizando hasta ahora predominantemente como abono o para alimentación animal. Debido a componentes secundarios antinutritivos, en su
30 mayoría solo tienen escaso valor para la alimentación animal. Después de la separación del aceite, los residuos de semillas como colza, girasol o lino contienen todavía, además de la fibra dietética, una proporción de cáscaras y sustancias vegetales secundarias. El color oscuro resultante, el
35 desagradable sabor amargo astringente o a hierba y, en parte, la elevada cantidad de componentes antinutritivos, como ácidos fenólicos, glucósidos cianogénicos, glucosinolatos,

oligosacáridos y otras sustancias, hacen que la mayoría de los residuos de la extracción de aceites vegetales no sean utilizables para el sector alimentario ni para la comida de mascotas y, por el color, tampoco para numerosas aplicaciones tecnológicas.

En este contexto, los residuos de la extracción de aceite de frutos de macaúba (*Acrocomia* spp.) también pueden emplearse como posible fuente de preparados de fibra dietética, como se describen en esta invención.

La macaúba es un tipo de palmera originaria de América tropical y subtropical. Los frutos de la planta constan de una cáscara exterior (epicarpio), una carne rica en aceite y fibra (pulpa), una cáscara interna (endocarpio) y una semilla. El aceite de la pulpa se obtiene mediante prensado mecánico, así como mediante extracción con disolventes [4, 5] y se utiliza fundamentalmente para la producción de biocombustible, en donde como residuo queda la celulosa desaceitada rica en fibra. Este producto secundario, que representa aproximadamente el 25 % del peso total del fruto, se emplea actualmente para la alimentación animal o se desecha [7].

A pesar de que la utilización de la pulpa hasta ahora ha sido poco satisfactoria, su potencial para usos alimentarios ya ha sido descrita. La harina de pulpa de macaúba con todo su contenido graso se ha usado en alimentos como galletas, magdalenas, bebidas probióticas, barritas de muesli, pasteles y helados. Sin embargo, el alto contenido de aceite de la harina de la pulpa dificulta su uso como ingrediente en la industria alimentaria, sobre todo, por la oxidación del aceite y la aparición de productos de oxidación de propiedades organolépticas desagradables. En cambio, la presente invención tiene como objetivo el desarrollo de preparados de fibra dietética de alta funcionalidad y buenas propiedades organolépticas. Hasta ahora no se sabía si esto

era posible.

Según el estado de la técnica, se sabe poco sobre la aptitud de la pulpa de macaúba para aplicaciones tecnológicas y biotecnológicas. Da Silva y col. [6] produjeron películas biodegradables con harina de pulpa de macaúba desaceitada. En este trabajo se dispersó la harina desgrasada en agua, se le añadió glicerina como plastificante y, para la producción de las biopelículas, se vertió en placas de Petri. Las biopelículas obtenidas fueron de color amarillento y opacas, lo que, evidentemente, son propiedades no deseadas para las láminas.

En el estado de la técnica se describe también el uso de métodos de extracción por prensado y con disolventes para el procesamiento de la pulpa de macaúba. Los procedimientos de prensado comprenden el prensado continuo o el prensado hidráulico discontinuo, mientras que pueden usarse distintos disolventes como hexano, acetato de etilo, acetona, metanol, etanol e isopropanol [4, 5, 6]. Sin embargo, de estas publicaciones no se deduce el efecto de los tratamientos específicos sobre la composición y las propiedades funcionales de los residuos. Así, en Trentini y col. [5] se describe el tratamiento de la pulpa de macaúba con distintos disolventes (acetato de etilo, n-hexano e isopropanol). Según afirmación de los autores, ni la composición ni la funcionalidad de la pulpa desaceitada se ven afectadas por los distintos disolventes utilizados. Por otra parte, no se describe el efecto de tales procesos sobre los componentes fundamentales para la mejora de las propiedades funcionales y organolépticas de los residuos de la extracción del aceite. Tampoco se conocen tratamientos posteriores de los residuos con el fin de obtener ingredientes de alta funcionalidad para alimentos humanos y animales, cosméticos y aplicaciones tecnológicas. Por tanto, la provisión de preparados e ingredientes funcionales y atractivos desde el punto de vista organoléptico de pulpa de macaúba no se conoce según el

estado de la técnica.

La bibliografía de patentes tampoco ofrece ninguna indicación sobre tales preparados ventajosos desde el punto de vista

5 funcional y organoléptico. Así pues, en el documento BR102012029493-1A2 se describe el uso de pulpa de macaúba con todo su contenido graso o parcialmente desgrasada para la alimentación animal. Este documento no describe el uso de la pulpa de macaúba como preparado de fibra dietética funcional
10 ni posibles procedimientos para su obtención. El documento BR102014024972-9A2 describe el uso de aceite de pulpa de macaúba como colector aniónico en la industria minera. En el documento BR102016002700-4A2 se expone el uso de la torta de prensado de pulpa de macaúba para la producción de xilita.
15 Esto se logra hidrolizando primeramente la fibra dietética de la pulpa de macaúba. No se ofrece ninguna indicación sobre la utilización de la pulpa para preparados de fibra dietética funcionales y atractivos desde el punto de vista organoléptico. El documento PI 0906455-9A2 describe el uso de
20 la torta de prensado de pulpa de macaúba para la producción de lipasa por fermentación en fase sólida. En el documento BR102015011035-9A2 se describe el uso de pulpa de macaúba para la producción de comprimidos de frutas. Para ello, la pulpa de macaúba se mezcla con maltodextrina y agua y a la
25 mezcla se le da forma rectangular. Después de la liofilización, se obtiene un comprimido de frutas. Por consiguiente, ninguno de estos documentos ofrece indicación alguna de que de la pulpa de macaúba puedan obtenerse preparados de fibra dietética de color claro, funcionales y
30 atractivos desde el punto de vista organoléptico para alimentos, comida para mascotas, alimentación animal, cosméticos y aplicaciones tecnológicas.

Objetivo de la presente invención

35

El objetivo de la presente invención es proporcionar preparados de fibra dietética con buenas propiedades técnico-

funcionales y propiedades atractivas desde el punto de vista organoléptico, como un color claro y un sabor neutro, de manera económica y sin modificación química y de este modo evitar los inconvenientes existentes en el estado de la técnica. Los preparados de fibra dietética deben ser adecuados, en particular, para la producción de alimentos y comida para mascotas y para aplicaciones tecnológicas.

Descripción de la invención

El objetivo se consigue mediante el preparado de fibra dietética y el procedimiento según las reivindicaciones 1 y 14. Las configuraciones ventajosas del preparado de fibra dietética, así como del procedimiento son el objeto de las reivindicaciones subordinadas o pueden deducirse de la descripción y los ejemplos de realización siguientes.

En la presente solicitud de patente, el concepto de fibra dietética se basa en su exhaustiva definición en el Código Alimentario como polímeros de carbohidratos que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano. En la presente solicitud de patente, el término fibra dietética se refiere fundamentalmente, en particular, a polisacáridos de la pared celular vegetal (incluidas celulosa, hemicelulosas, gomas y pectinas) y lignina que son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas y precipitan en soluciones etanólicas acuosas con una concentración igual o superior al 78 % (v/v). En la presente solicitud de patente, el contenido de fibra dietética se determina según los métodos oficiales de la ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC International), sobre la base del ensayo gravimétrico tras la digestión de la muestra con enzimas digestivas, en particular, α -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa (método de referencia 991.43 de la AOAC International).

En la presente invención se reconoció que los residuos que se

obtienen en la extracción de aceite vegetal de la pulpa de los frutos de macaúba presentan, después de la eliminación de una parte de las sustancias solubles en alcohol y agua, un sabor esencialmente neutro y, por tanto, pueden utilizarse
5 directamente sin una funcionalización posterior, a pesar de los bajos costes de la misma en materias primas y procesamiento, como preparado de fibra dietética de alta calidad con excelentes propiedades técnico-funcionales y organolépticas en alimentos, comida para mascotas o en
10 aplicaciones tecnológicas, por ejemplo, para todas las aplicaciones indicadas en la introducción de la descripción según el estado de la técnica.

El preparado según la invención tiene un contenido de aceite
15 inferior al 20 % en masa, ventajosamente inferior al 10 % en masa, mejor inferior al 5 % en masa, de manera particularmente ventajosa inferior al 3 % en masa, aún más ventajosamente inferior al 2 % en masa. Para garantizar las propiedades microbiológicas y organolépticas, el contenido de
20 agua en el preparado presenta valores inferiores al 20 % en masa, ventajosamente inferiores al 15 %, de manera particularmente ventajosa inferiores al 10 % en masa, mejor inferiores al 7 % en masa. Una vez reducido el contenido de agua a una baja humedad, se garantiza que la hidrólisis y la
25 oxidación del aceite contenido en el preparado según la invención se desarrollen lentamente, con lo que se evita la formación de compuestos que confieran olores o sabores.

El preparado según la invención presenta ventajas
30 particulares cuando la proporción de sustancias solubles en alcohol y agua (SSAA) referida a la masa del preparado es inferior al 40 %. En lo que sigue, por sustancias solubles en alcohol y agua se entienden todos los compuestos que son solubles en mezclas de etanol y agua con una proporción
35 másica del 80 % de etanol y a una temperatura de 80 °C. Estos son, entre otros compuestos solubles, en particular, azúcares, como mono, di y oligosacáridos de hasta 10 unidades

monoméricas.

El producto según la invención es particularmente claro y presenta mejores propiedades funcionales cuando la proporción de sustancias solubles en alcohol y agua en el preparado es inferior al 35 % en masa, ventajosamente inferior al 30 % en masa, de manera particularmente ventajosa inferior al 20 % en masa, aún mejor inferior al 10 % en masa, lo mejor inferior al 5 % en masa. Mediante una separación lo más completa posible de las sustancias solubles en alcohol y agua, puede aumentarse la funcionalidad del preparado de fibra dietética y la gama de aplicaciones.

Sorprendentemente, al reducir el contenido de sustancias solubles en alcohol y agua, que en su mayor parte son azúcares, se mejoran considerablemente las propiedades organolépticas. Por el contrario, del estado de la técnica se sabe que los azúcares mejoran las propiedades organolépticas. Además, con menor contenido de sustancias solubles en alcohol y agua, los preparados tienen un sabor más neutro, su color es más claro y también la coloración parda por calentamiento en el horno o la extrusora es menor cuanto menor es el contenido de sustancias solubles en alcohol y agua en el preparado según la invención. Esto es particularmente ventajoso para usos que requieren un calentamiento, como alimentos calentados o polímeros que deben conformarse en una extrusora.

Las propiedades importantes del preparado de fibra dietética de la pulpa de frutos de macaúba según la invención son las siguientes (los datos de masa y porcentaje se refieren a la sustancia seca):

- un contenido de fibra dietética superior al 25 % en masa, mejor superior al 30 % en masa, aún mejor superior al 40 % en masa, ventajosamente superior al 50 % en masa, de manera particularmente ventajosa superior al

60 % en masa;

- un contenido de grasa inferior al 20 % en masa, inferior al 10 %, ventajosamente inferior al 5 % en masa, de manera particularmente ventajosa inferior al 3 % en masa;
- un color claro, determinado según la medición del color CIE L*a*b*, con un valor L* superior a 84, ventajosamente superior a 90, de manera particularmente ventajosa superior a 95;
- una proporción de sustancias solubles en alcohol y agua en el preparado de fibra dietética, referida a la masa del preparado, inferior al 40 %.

El preparado presenta además al menos una propiedad funcional, mejor varias, como, por ejemplo, capacidad emulsionante y/o espumante y/o retención de agua y/o aceite. Estas propiedades funcionales se describen detalladamente a continuación.

Las propiedades funcionales pueden mejorarse adicionalmente cuando la distribución granulométrica de los preparados de fibra dietética se ajusta, por ejemplo, por molienda, en un intervalo determinado. Los preparados son bien dosificables y a la vez funcionales con un tamaño de partícula D_{90} inferior a 1 mm (valor D_{90} : el 90 % en volumen de las partículas es inferior a 1 mm), ventajosamente inferior a 500 μm , de manera particularmente ventajosa inferior a 250 μm . En algunos casos, la funcionalidad puede aumentarse aún más para valores de D_{90} inferiores a 100 μm , por lo que un preparado con esta distribución granulométrica es ventajoso. En la comparación de los preparados de fibra dietética se observa que la dosificación es más fácil con contenidos de grasa ligeramente superiores, ya que la proporción de polvo es menor. Para valores de D_{90} inferiores a 250 μm , un contenido de grasa inferior al 1 % en masa no es tan ventajoso para la dosificación como un contenido de grasa de entre el 2 % y el 5 % en masa. Por tanto, es ventajoso no desaceitar los

preparados de fibra dietética por debajo del 1 % en masa. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante el uso de disolventes menos lipófilos como, por ejemplo, etanol o propanol, en lugar de hexano.

5

Después del tratamiento del preparado de fibra dietética con disolventes, debe reducirse la proporción de los mismos. En ello se emplean temperaturas de 25 a 120 °C, preferiblemente superiores a 80 °C, ventajosamente superiores a 100 °C, y
10 presiones inferiores a 1.000 hPa (1 bar), ventajosamente inferiores a 500 hPa (500 mbar), de manera particularmente ventajosa inferiores a 200 hPa (200 mbar). Sorprendentemente, los preparados de fibra dietética que aún contienen una pequeña proporción de disolventes como hexano o
15 alcohol, presentan ventajas en cuanto a la solubilidad y otras propiedades funcionales, en comparación con los preparados sin disolventes. Por tanto, en una configuración ventajosa, el preparado contiene disolventes orgánicos en el intervalo de 1 a 8.000 ppm, ventajosamente entre 10 y 100
20 ppm. Al emplear alcoholes, en algunos casos se observan ventajas para contenidos de etanol o propanol superiores a 1.000 ppm a 8.000 ppm.

A continuación, en las preparaciones de fibra dietética de la
25 carne de frutos de macaúba se distinguirá entre harinas (como comparación) y concentrados. En la presente solicitud de patente, como harinas se designan los productos que se obtienen directamente después del desaceitado, es decir, que aún contienen una proporción ≥ 40 % en masa de sustancias
30 solubles en alcohol y agua. Como concentrado, se designa uno de los preparados de fibra dietética según la invención que presenta menos sustancias solubles en alcohol y agua, es decir menos del 40 % en masa, mejor menos del 35 % en masa, aún mejor menos del 30 % en masa, preferiblemente menos del
35 20 % en masa, de manera particularmente ventajosa menos del 10 % en masa o incluso menos del 5 % en masa.

En formas de realización ventajosas, el uso de coadyuvantes de procesamiento puede contribuir a un color más claro y a propiedades organolépticas neutras de la fibra dietética de macaúba. Aquí se incluye, por ejemplo, el uso de ácidos como
5 ácido cítrico, ácido acético o ácido maleico y de antioxidantes como ácido ascórbico, cisteína y bisulfito de sodio en la reducción de sustancias solubles en alcohol y agua. Además, puede llevarse a cabo una reducción del contenido de oxígeno mediante el uso de gases inertes como
10 nitrógeno directamente en el producto y/o en la atmósfera de la instalación de procesamiento, con lo que se evita la oxidación de los lípidos y sustancias vegetales secundarias. El empleo de ácidos, antioxidantes y gas inerte puede tener lugar por separado o en combinación en un paso del proceso,
15 mejor en varios pasos del proceso.

Los autores de la presente solicitud han encontrado que también la especie de la planta de macaúba influye considerablemente en las propiedades del preparado. Los
20 preparados de fibra dietética de los frutos de *Acromia aculeata* se diferencian en parte de manera significativa en algunas propiedades funcionales y en el color de los preparados, por ejemplo, de *Acrocomia totai* u otras especies. Los preparados de *A. aculeata*, por ejemplo, son
25 particularmente adecuados como emulsionantes y suelen mostrar un índice de actividad emulsionante mayor que los de *A. totai*. Así pues, las harinas de fibra dietética de *A. aculeata* presentan un índice de actividad emulsionante superior a 30 m²/g de preparado seco y muestran una
30 estabilidad de la emulsión superior a 5 minutos, así como una capacidad emulsionante superior a 400 ml/g de preparado seco. Los concentrados de fibra dietética de *A. aculeata* presentan un índice de actividad emulsionante superior a 35 m²/g de preparado seco, mejor superior a 55 m²/g de preparado seco,
35 de manera particularmente ventajosa superior a 70 m²/g de preparado seco, y generan emulsiones con una estabilidad de la emulsión superior a 30 minutos, ventajosamente superior a

60 minutos, de manera particularmente ventajosa superior a 120 minutos. Los concentrados de fibra dietética de *A. aculeata* presentan una capacidad emulsionante superior a 500 ml/g de preparado seco, de manera particularmente ventajosa superior a 600 ml/g de preparado seco, particularmente superior a 700 ml/g de preparado seco. Las propiedades emulsionantes de los preparados de fibra dietética pueden mejorarse considerablemente mediante la adición del 10 al 90 % en masa de harina de proteínas de macaúba u otro preparado de proteína vegetal (proporción en % referida a la proporción de proteína obtenida por la adición en la mezcla del preparado de fibra dietética y proteína), ventajosamente el 20-80 % en masa, de manera particularmente ventajosa el 40-60 % en masa.

Los preparados de fibra dietética de los frutos de *A. totai* también son adecuados como emulsionantes. Aunque los valores de su índice de actividad emulsionante son inferiores, la estabilidad de la emulsión es considerablemente mayor que para *A. aculeata*. Así pues, las harinas de fibra dietética de *A. totai* presentan un índice de actividad emulsionante superior a 25 m²/g de preparado seco y tienen una estabilidad de la emulsión superior a 30 minutos, así como una capacidad emulsionante superior a 300 ml/g de preparado seco. Los concentrados de fibra dietética de *Acrocomia totai* presentan un índice de actividad emulsionante superior a 25 m²/g de preparado seco, mejor superior a 35 m²/g de preparado seco, de manera particularmente ventajosa superior a 45 m²/g de preparado seco, y generan emulsiones con una estabilidad de la emulsión superior a 30 minutos, ventajosamente superior a 60 minutos, de manera particularmente ventajosa superior a 120 minutos, ben algunos casos superior a 180 minutos. Los concentrados de fibra dietética de *A. totai* presentan una capacidad emulsionante superior a 500 ml/g de preparado seco, mejor superior a 600 ml/g de preparado seco, particularmente superior a 700 ml/g de preparado seco.

Los preparados de fibra dietética de los frutos de *A. aculeata* también muestran propiedades espumantes. Así pues, las harinas de fibra dietética de *A. aculeata* presentan una actividad espumante superior al 100 % en volumen y alcanzan una estabilidad de la espuma superior al 5 % en volumen. Los concentrados de fibra dietética de *A. aculeata* presentan claramente mejores propiedades espumantes. Alcanzan valores de la actividad espumante superiores al 200 % en volumen, ventajosamente superiores al 400 % en volumen, de manera particularmente ventajosa superiores al 600 % en volumen, y alcanzan una estabilidad de la espuma superior al 25 % en volumen, ventajosamente superior al 50 % en volumen, de manera particularmente ventajosa superior al 75 % en volumen, en algunos casos incluso superior al 90 % en volumen.

Los preparados de fibra dietética de los frutos de *A. totai* muestran ya como harinas unas propiedades espumantes particularmente favorables, es decir sin una separación previa de las sustancias solubles en alcohol y agua. Así pues, las harinas de fibra dietética de *A. totai* presentan una actividad espumante superior al 200 % en volumen y alcanzan una estabilidad de la espuma superior al 25 % en volumen. Las propiedades espumantes de los concentrados de fibra dietética de *A. totai* son similares, pero estos concentrados son aún de color más claro. Alcanzan valores de la actividad espumante superiores al 200 % en volumen, mejor superiores al 400 % en volumen, de manera particularmente ventajosa superiores al 600 % en volumen, en algunos casos superiores al 700 % en volumen, y alcanzan una estabilidad de la espuma superior al 25 % en volumen, ventajosamente superior al 50 % en volumen, de manera particularmente ventajosa superior al 75 % en volumen, en algunos casos incluso superior al 85 % en volumen. Por tanto, estos preparados son muy similares en sus propiedades y su color a la clara de huevo, por lo que es posible la utilización de los preparados según la invención en sustitutos vegetales de la clara de huevo.

También los valores de la retención de aceite y de agua de los preparados según la invención son muy elevados, en comparación con otros preparados de otras materias primas.

5 Igualmente, con respecto a estos parámetros se observa que los concentrados presentan generalmente las mejores propiedades. La capacidad de retención de agua de harinas de fibra dietética de *A. acuelata* es superior a 1 ml/g SS (g SS: referido a 1 g de sustancia seca). La capacidad de retención
10 de agua de concentrados de fibra dietética de *A. acuelata* es superior a 1,5 ml/g SS, ventajosamente superior a 3 ml/g SS, de manera particularmente ventajosa superior a 4 ml/g SS. La capacidad de retención de agua de harinas de fibra dietética de *A. totai* es similar. Las harinas muestran valores
15 superiores a 1 ml/g SS. Los concentrados de *A. totai* tienen una retención de agua superior a 1,5 ml/g SS, ventajosamente superior a 3 ml/g SS, de manera particularmente ventajosa superior a 4 ml/g SS.

La capacidad de retención de aceite de harinas de fibra
20 dietética de *A. acuelata* es superior a 1 ml/g SS. La capacidad de retención de aceite de concentrados de fibra dietética *A. acuelata* es superior a 1,5 ml/g SS, ventajosamente superior a 3,5 ml/g SS, de manera particularmente ventajosa superior a 5 ml/g SS. La capacidad
25 de retención de aceite en harinas de fibra dietética de *A. totai* es superior a 0,8 ml/g SS. La capacidad de retención de aceite en concentrados de *A. totai* es superior a 1,5 ml/g SS, ventajosamente superior a 3,5 ml/g SS, de manera particularmente ventajosa superior a 4,5 ml/g SS.

30 Con ello se demuestra la excelente aptitud de los preparados de fibra dietética de pulpa de macaúba según la invención para distintos usos alimentarios, en particular, debido al color claro, las propiedades organolépticas neutras y la
35 buena funcionalidad. Por consiguiente, mediante el desaceitado de la pulpa de los frutos de macaúba y la reducción del contenido de sustancias solubles en alcohol y

agua, se consigue proporcionar de forma sencilla un espesante o fibra dietética natural y funcional para usos alimentarios, por ejemplo, para la producción de espumas (pasteles, rellenos, productos de panadería y pastelería) o emulsiones (cremas, mayonesa, salsas, golosinas, alimentos selectos) y muchas otros. Los concentrados según la invención también son adecuados para el empleo en comida para mascotas. A diferencia de los alimentos para animales convencionales, en la comida para perros, gatos y otros animales de compañía con gran sentido del olfato, hay que considerar que tenga un olor y un sabor eminentemente neutro, en particular, en cuanto a las notas de olor y sabor verde, a hierba o a judía y amargas o astringentes típicamente vegetales. Estos atributos organolépticos neutros se consiguen con los preparados según la invención.

Los preparados de *A. totai* son particularmente ventajosos para espumas y geles, debido al volumen de espuma alcanzable y a su color claro. Por tanto, también mediante la elección de la especie o asimismo de la variedad de la planta de macaúba, puede obtenerse un perfil particularmente adecuado en cuanto a la funcionalidad y las propiedades organolépticas.

Según la elección del grado de madurez de los frutos o de la especie de planta de macaúba elegida (por ejemplo, *A. aculeata* o *A. totai*), después de la separación del aceite de la pulpa y la reducción del contenido de sustancias solubles en alcohol y agua, puede obtenerse un preparado de fibra dietética que presenta un color desde amarillo claro hasta casi blanco, de sabor neutro y con excelentes propiedades funcionales. De este modo, los preparados según la invención pueden seleccionarse muy específicamente según el grado de madurez, la especie, la variedad y las condiciones de crecimiento para los distintos usos y adaptarse a las aplicaciones. A pesar de los bajos costes, así se hacen disponibles preparados de gran calidad para distintas ramas

de la industria.

En configuraciones particularmente ventajosas de la invención, el concentrado se separa en hasta seis fracciones
5 posteriores, con lo que se obtienen fracciones especialmente funcionales y valiosas como preparados de fibra dietética. Estas son: (1) una fracción soluble en agua (soluble en agua a entre 5 y 100 °C) y una fracción restante insoluble en agua (2). La fracción (2) puede separarse con el uso de un medio
10 de extracción alcalino y quelante en una segunda fracción soluble de pectinas (3) y una fracción insoluble (4). Para ello se usan 0,05-0,1 mol/l de NaOH o carbonato de sodio, para garantizar un estado moderadamente alcalino, y 0,5 mmol de EDTA o CDTA u oxalato de amonio al 0,5 % (m/v) para la
15 actividad quelante.

A su vez, la fracción (4) puede separarse mediante hidróxido de potasio altamente concentrado (1-4 mol/l), opcionalmente con la adición de 10 a 50 mmol de borohidruro de sodio, en
20 una fracción soluble de hemicelulosa (5) y un residuo insoluble rico en celulosa (6). Estas fracciones muestran unas propiedades de retención de agua y aceite totalmente diferentes. Así pues, la fracción (1) se disuelve particularmente bien en agua y es transparente, forma geles
25 sólidos y permite la formación de películas resistentes al desgarrar y flexibles después del secado del agua, aún sin la adición de plastificantes ni reticulantes. Cuanto menor es el contenido de sustancias solubles en alcohol y agua en la fracción (1), mejores son las propiedades de las películas.
30 Por tanto, se procura reducir la proporción de los azúcares solubles en alcohol y agua en la fracción (1) a valores inferiores al 40 % en masa, ventajosamente inferiores al 30 % en masa, mejor inferiores al 20 % en masa, de manera particularmente ventajosa inferiores al 10 % en masa, aún
35 mejor inferiores al 5 % en masa. Se observa que las películas preparadas con la fracción (1), con menor contenido de sustancias solubles en alcohol y agua, son más transparentes

y resistentes que las películas con alto contenido de sustancias solubles en alcohol y agua. Por tanto, la fracción (1), además de otras aplicaciones, resulta adecuada tanto para espumas y geles en alimentos, cosméticos y comida para animales, como para películas, recubrimientos, adhesivos y otros usos tecnológicos. En cuanto a las propiedades funcionales, la fracción (1) se caracteriza, debido a su buena solubilidad en agua, por una retención de agua de muy pequeña a despreciable y una retención de aceite muy reducida, ventajosamente de entre 0,5 y 2 ml de aceite /g SS. Este valor de la retención de aceite caracteriza también la propiedad de las fracciones (3) y (5) Por el contrario, la fracción (6) muestra una retención de aceite particularmente buena, con valores desde superiores a 5 ml de aceite /g SS hasta superiores a 8 ml de aceite /g SS.

Las fracciones insolubles que se obtienen en los pasos de fraccionamiento muestran propiedades particularmente buenas en cuanto a la retención de agua. Aquí, la retención de agua de la harina y los concentrados de macaúba, con valores desde superiores a 1 hasta superiores a 3 ml/g SS, aumenta hasta valores desde superiores a 4 hasta superiores a 8 ml/g SS en las fracciones (2), (4), (5) y (6). Solo la fracción (3) muestra una retención de agua de menor importancia, inferior a 2 ml/g SS.

Como usos para todas las fracciones anteriores resultan adecuados, como en el caso del concentrado, todas las aplicaciones en que las que se requieren funcionalidades en relación, sobre todo, con el agua. Esto se aplica a todo tipo de alimentos, productos cosméticos y comida para mascotas o a recubrimientos y películas comestibles o no comestibles sobre alimentos, por ejemplo, para prolongar su durabilidad. En los usos en alimentos, llama la atención la similitud del concentrado de macaúba con la harina de semillas de guar y la goma garrofín, ya que el comportamiento reológico, de gelificación y espesamiento es en muchos casos similar.

Los preparados según la invención también son adecuados para coadyuvantes tecnológicos. Estos pueden ser emulsionantes para pinturas y barnices, espumantes tecnológicos, películas, 5 láminas y recubrimientos tecnológicos, adhesivos, lubricantes o líquidos de perforación en la explotación petrolífera. En particular, en el campo de la explotación de recursos fósiles se presta cada vez más atención a los espesantes compatibles con el medio ambiente, una exigencia que puede satisfacerse 10 muy bien con los preparados de macaúba.

A continuación, se describe el procedimiento según la invención para la producción de los preparados de fibra dietética. El procedimiento presenta al menos los pasos 15 siguientes:

- Proporcionar pulpa parcialmente desaceitada de frutos de macaúba, preferiblemente de *Acrocomia acuelata* y/o *Acrocomia totai*, con un contenido de grasa de entre el 20 3 % en masa y el 60 % en masa, referido a la masa seca. El contenido de grasa de la pulpa parcialmente desaceitada puede variar según la especie vegetal o el momento de la cosecha o ser diferente según el pretratamiento (por ejemplo, prensado previo, secado, 25 floculación, prensado mecánico u otros procedimientos convencionales para la extracción del aceite).
- Reducir el contenido de aceite en la pulpa a valores (en SS) inferiores al 20 % en masa, preferiblemente inferiores al 10 %, mejor inferiores al 5 % en masa, de 30 manera particularmente ventajosa inferiores al 3 % en masa, aún mejor inferiores al 2 % en masa, mediante procedimientos extractivos.
- Reducir el contenido de sustancias solubles en alcohol y agua en la pulpa a valores (en SS) inferiores al 40 % en 35 masa, mejor inferiores al 35 % en masa, preferiblemente inferiores al 30 % en masa, ventajosamente inferiores al 20 % en masa, de manera particularmente ventajosa

inferiores al 10 % en masa, aún mejor inferiores al 5 % en masa, mediante procedimientos de fraccionamiento extractivos. De este modo se obtiene el concentrado de pulpa. Resulta ventajoso el empleo de procedimientos de extracción sólido-líquido (por ejemplo, realizados en un reactor de mezcla, por percolación, extracción a contracorriente, etc.). También pueden emplearse técnicas de fraccionamiento en seco, como molienda, tamizado y separación neumática.

Opcional y ventajoso:

- La reducción del contenido de aceite se realiza mediante disolventes. Como disolvente pueden emplearse, por ejemplo, hexano, etanol, propanol, CO₂ supercrítico y otros disolventes por debajo o por encima del punto crítico, así como otros disolventes orgánicos.
- El uso de mezclas de etanol y agua en una relación másica de 94:6 a 90:10 (respectivamente etanol:agua) a temperaturas de 40-70 °C, ventajosamente de 50-65 °C para la separación simultánea del aceite y las sustancias solubles de la pulpa de macaúba.
- La reducción adicional del contenido de aceite y la reducción del contenido de sustancias solubles en alcohol y agua en la pulpa mediante el uso de agua o mezclas de alcohol y agua en una relación másica (alcohol:agua) inferior a 90:10, mejor inferior a 80:20 para la obtención del concentrado de pulpa. En ello, como alcohol se usa preferiblemente propanol o etanol y una temperatura de entre 40 y 90 °C, ventajosamente entre 65 y 85 °C, de manera particularmente ventajosa de 80 °C, para así evitar en su mayor parte la disolución de los carbohidratos insolubles en alcohol.
- El uso de mezclas de agua y alcohol acidificadas con un pH en el intervalo de 2,0 a 6,0 para reducir el contenido de sustancias solubles en alcohol y agua en la celulosa. Esto puede lograrse mediante el empleo de ácidos, preferiblemente ácidos orgánicos débiles como

ácido cítrico, ácido acético o ácido maleico.

- El uso de aditivos antioxidantes en las mezclas de alcohol y agua para reducir el contenido de sustancias solubles en alcohol y agua en la pulpa. Esto puede tener lugar, por ejemplo, con ácido ascórbico, cisteína o bisulfito de sodio.

- La reducción del contenido de oxígeno en el medio de extracción y en la atmósfera de los aparatos, para impedir la oxidación del aceite y las sustancias vegetales secundarias. Esto puede realizarse con gases inertes como nitrógeno.

- La reducción adicional de las sustancias solubles en alcohol y agua mediante fraccionamiento en seco.

Opcionalmente, la celulosa parcialmente desgrasada de macaúba se muele o se continúa directamente con su procesamiento. Para la molienda puede usarse un molino de corte, un molino de bolas, un molino de impacto o un molino de chorro, y el grado de molienda puede ajustarse a un tamaño de partícula D_{90} en volumen inferior a 2 mm, ventajosamente inferior a 500 μm , mejor inferior a 250 μm , de manera particularmente ventajosa inferior a 100 μm . A continuación, el material se tamiza a través de un tamiz con un diámetro de poro de 2 mm a 50 μm con 1 a 10 tamices distintos. La separación neumática puede realizarse por distintos procedimientos de separación neumática, como gravitación a contracorriente, gravitación en corriente transversal, centrifugación a contracorriente y centrifugación en corriente transversal.

- El fraccionamiento de la fracción de fibra dietética soluble en agua de las sustancias solubles en alcohol y agua en los pasos siguientes:

o la extracción de la pulpa con una mezcla de alcohol y agua para separar las sustancias solubles en alcohol y agua de la fibra dietética soluble en agua, la separación del extracto con azúcares del refinado, esto opcionalmente en varias etapas sucesivas, y

- después la extracción del refinado con agua, preferiblemente a temperaturas superiores a 30 °C, preferiblemente superiores a 40 °C, para obtener la fracción de fibra dietética soluble en agua, y/o
- 5 o la extracción de todos los azúcares y la fibra dietética soluble en agua con agua, preferiblemente a temperaturas superiores a 30 °C, preferiblemente superiores a 40 °C, la separación del extracto del refinado, seguida de la separación del extracto en
- 10 una fracción de buena solubilidad en las mezclas de alcohol y agua, y una fracción de mala solubilidad en las mezclas de alcohol y agua por ultrafiltración o por precipitación alcohólica de los carbohidratos insolubles en alcohol y agua, o
- 15 o el fraccionamiento de la fibra dietética soluble en agua por fraccionamiento en seco. El concentrado se muele opcionalmente (molino de corte, molino de bolas, molino de impacto o molino de chorro) a un tamaño de partícula D_{90} en volumen inferior a 2 mm,
- 20 ventajosamente inferior a 500 μm , mejor inferior a 250 μm , de manera particularmente ventajosa inferior a 100 μm o se procesa posteriormente sin molienda. A continuación, el material se tamiza a través de un tamiz con un diámetro de poro de 2 mm a 50 μm con 1 a
- 25 10 tamices distintos. La separación neumática puede realizarse por distintos procedimientos de separación neumática, como gravitación a contracorriente, gravitación en corriente transversal, centrifugación a contracorriente y centrifugación en corriente
- 30 transversal. En ello, las fibras solubles en agua e insolubles en agua presentes en estado seco se separan en distintas fracciones.
- El fraccionamiento de la fibra dietética, preferiblemente después del desaceitado a por debajo del
- 35 5 % en masa y/o la amplia reducción de las sustancias solubles en alcohol y agua, por extracción acuosa a 40 °C, mediante:

La separación de un extracto acuoso de un refinado y preferiblemente el secado de la fracción soluble en agua (1), la extracción del refinado (fracción 2) con una solución de NaOH y EDTA con 0,05-0,1 mol/l de NaOH o 5 carbonato de sodio y 0,5 mol de EDTA o CDTA o una solución de oxalato de amonio al 0,5 % (m/v), y la separación y secado de la fracción soluble (3) de un refinado insoluble (fracción 4) y la extracción final con un álcali concentrado (1-4 mol/l), por ejemplo, 10 hidróxido de potasio, y la separación, neutralización y secado del extracto (fracción 5) del residuo insoluble (fracción 6).

Las propiedades funcionales de estas 6 fracciones también 15 pueden mejorarse adicionalmente después del paso de secado cuando la distribución granulométrica de los preparados de fibra dietética se ajusta en un intervalo determinado por molienda con un molino de corte, impacto, bolas o chorro, en combinación con la utilización de tamices y elementos de 20 tamizado. Resultan particularmente funcionales los preparados con un tamaño de partícula D_{90} inferior a 1 mm, ventajosamente inferior a 500 μm , de manera particularmente ventajosa inferior a 250 μm , mejor inferior a 100 μm .

25 Además, resulta ventajoso que las propiedades de los preparados puedan mejorarse cuando antes del secado se lleva a cabo un calentamiento definido. Aquí la temperatura debe estar en un intervalo entre 70 y 120 °C, ventajosamente entre 70 y 100 °C, de manera particularmente ventajosa entre 70 y 30 80 °C. La duración del tratamiento no debe ser superior a 60 minutos, ventajosamente inferior a 30 minutos, de manera particularmente ventajosa inferior a 15 minutos.

A continuación, se describe cómo puede proporcionarse la 35 pulpa con todo su contenido de grasa o parcialmente desaceitada. Cuando los frutos de macaúba están maduros, se separan del racimo, ventajosamente sin el uso de fuerza, lo

mejor en distintos momentos según su grado de madurez. Con la recogida aislada de frutos individuales de los racimos, se consigue la mejor calidad del aceite y de la pulpa. También es posible cortar el racimo entero de la palmera. Entonces, ventajosamente, debe cuidarse de recoger el racimo que cae suavemente, por ejemplo, mediante una lámina blanda u otro sistema para frenar suavemente la caída y evitar daños en la cáscara exterior.

10 Antes del procesamiento mecánico posterior de los frutos, ventajosamente debe llevarse a cabo un tratamiento térmico de la superficie de los mismos, a una temperatura superficial superior a 70 °C, ventajosamente superior a 75 °C, de manera particularmente ventajosa superior a 80 °C durante al menos 1
15 minuto (definición de la duración: desde el alcance de la temperatura máxima hasta el descenso de la temperatura a menos de 65 °C), ventajosamente más de 10 minutos o 20 minutos, de manera particularmente ventajosa más de 30 minutos. A continuación, el contenido de agua de la cáscara exterior debe reducirse ventajosamente a un valor inferior al
20 20 % en masa, ventajosamente inferior al 10 % en masa, para hacer el pelado más eficiente y reducir la cantidad de pulpa en la fracción de la cáscara. Aquí puede emplearse cualquier forma de secado conocida. Según la calidad del aceite deseada y la velocidad de secado prevista, el experto será capaz de
25 elegir de la diversidad de métodos de secado el método adecuado: desde el secado al aire o al sol, en una nave ventilada o sin ventilar o en un simple secador con ventilación forzada o un secador de contacto o de convección,
30 hasta un secado al vacío.

Para una alta calidad del aceite, resulta particularmente ventajoso no solo secar la cáscara, sino reducir el contenido de agua en todo el fruto a un valor inferior al 20 % en masa, ventajosamente inferior al 15 % en masa, de manera
35 particularmente ventajosa inferior al 10 % en masa. En particular, después de un secado exhaustivo a valores

inferiores al 10 % en masa, los frutos se conservan más tiempo y aumenta la calidad del aceite.

Después del secado y un posible almacenamiento temporal, se
5 pela el exocarpio en un aparato pelador según el estado de la
técnica. En ello, hay que cuidar de que, mediante la elección
de los parámetros, quede menos del 20 % en masa de la pulpa
en la fracción del exocarpio, ventajosamente menos del 10 %
en masa, de manera particularmente ventajosa menos del 5 % en
10 masa, referido a la masa de la fracción de la cáscara. Si
esto no puede conseguirse en una operación, debe preverse una
etapa posterior de separación del epicarpio y la pulpa.

En el resultado del pelado debe cuidarse además de que no
15 quede cáscara o solo pequeñas cantidades en la fracción de la
pulpa. Por tanto, el pelado ha de realizarse de modo que la
pulpa separada tenga al final un contenido de cáscara
inferior al 10 %, mejor inferior al 5 %, preferiblemente
inferior al 2 % en masa, referido a la masa seca. El experto
20 del campo del fraccionamiento de materias primas vegetales
será capaz de elegir los aparatos y parámetros de proceso
adecuados para esta tarea de separación.

En el paso siguiente se separa la pulpa de la cáscara dura
25 interna de la semilla del fruto de hueso, el endocarpio. Esto
puede realizarse con molinos de corte u otros aparatos
conocidos por el experto. Ventajosamente, por razones
organolépticas, este proceso está diseñado para los
preparados según la invención de modo que la proporción de
30 fragmentos del endocarpio negro en la pulpa sea inferior al
3 % en masa, ventajosamente inferior al 2 % en masa, mejor
inferior al 1 % en masa, de manera particularmente ventajosa
inferior al 0,1 % en masa. La pulpa así obtenida se utiliza
en el procedimiento según la invención. Otro posible
35 pretratamiento puede consistir en un desaceitado parcial.
Debido a la especial separación de las partes del endocarpio
de la pulpa, los aceites extraídos a continuación de forma

mecánica o extractiva tienen una proporción particularmente reducida de lignina u otros componentes fenólicos, de modo que el sabor del aceite resulta neutro.

- 5 El desaceitado mecánico tiene lugar después de la separación del agua de la pulpa por secado hasta valores inferiores al 30 % en masa, mejor inferiores al 20 % en masa, ventajosamente inferiores al 15 % en masa, de manera particularmente ventajosa inferiores al 10 % en masa,
- 10 ventajosamente en una prensa que trabaja de forma continua, por ejemplo, una prensa helicoidal, una extrusora u otro dispositivo de prensado continuo o prácticamente continuo. En ello, el contenido de aceite se reduce ventajosamente hasta valores inferiores al 30 % en masa, de manera particularmente ventajosa inferiores al 20 % en masa o inferiores al 15 % en
- 15 masa. Se obtienen unas propiedades técnico-funcionales particularmente ventajosas de los preparados de fibra dietética según la invención cuando el contenido de aceite después del desaceitado mecánico se encuentra entre el 15 y
- 20 el 25 % en masa, ya que así se evitan daños térmicos debidos a una fricción excesiva.

A continuación, se describen brevemente los procedimientos de determinación que se utilizan para la caracterización

25 cuantitativa de los preparados de fibra dietética producidos.

- Contenido de fibra dietética:

El contenido de fibra dietética se define como el contenido derivado del método de determinación gravimétrica tras la

30 digestión enzimática de la muestra (método 991.43 de la AOAC) [8].

- Contenido de proteína:

El contenido de proteína se define como el contenido

35 calculado de la determinación del nitrógeno en una muestra y la multiplicación del valor determinado por el factor 6,25. El contenido de proteína en la presente solicitud de patente

se indica en porcentaje referido a la masa seca (SS). Los métodos de referencia para la determinación del contenido de proteína son el método de combustión de Dumas [9] y el método de digestión de Kjeldahl [10].

5

- Color:

El color perceptible se define por la medición del color CIE $L^*a^*b^*$ (véase la norma DIN 6417). Aquí, el eje L^* indica la luminosidad, en donde negro tiene el valor 0 y blanco el valor 100, el eje a^* describe la proporción verde o roja y el eje b^* la proporción azul o amarilla. Los valores L^* indicados en la presente solicitud de patente se refieren a una medición para un tamaño de partícula D_{90} del preparado de fibra dietética de 250 μm .

15

- Propiedades emulsionantes:

El índice de actividad emulsionante y la estabilidad de la emulsión se determinan como en [11].

La capacidad emulsionante se determina según el método descrito en [12]. A una suspensión del preparado de fibra dietética al 1 % en masa en un volumen de 100 ml se le añade aceite de germen de maíz a pH 7, la mezcla se agita mediante un aparato Ultraturrax hasta obtener una emulsión y se continúa añadiendo aceite hasta que se produce la inversión de fases de la emulsión de aceite en agua. La capacidad emulsionante se define como la máxima capacidad de absorción de aceite de la suspensión de agua y el preparado de fibra dietética, determinada a partir de la disminución espontánea de la conductividad en la inversión de fases. La capacidad emulsionante se indica en ml de aceite /g de preparado de fibra dietética, es decir, ml de aceite emulsionado por g de preparado de fibra dietética.

- Contenido de grasa:

El contenido de grasa se determina gravimétricamente por el método de Soxhlet [13] (método 920.39 de la AOAC).

- Actividad espumante:

La actividad espumante se indica en porcentaje, medido como el aumento de volumen de una preparación de fibra dietética a pH 7 al batirla durante 8 minutos a la velocidad 3 (591 rpm) en un robot de cocina estándar Hobart 50N (recipiente de acero de 5 l de capacidad) con un batidor (metálico).

- Estabilidad de la espuma:

La estabilidad de la espuma se indica en porcentaje, medido como el volumen que queda de 100 ml de espuma en el plazo de una hora después del batido según lo indicado en la actividad espumante.

- Contenido de agua:

El contenido de agua se determina gravimétricamente según el artículo 64 de los métodos oficiales alemanes para alimentos y piensos [14], a 105 °C hasta peso constante.

- Contenido de sustancias solubles en alcohol y agua:

El contenido de sustancias solubles en alcohol y agua se determina gravimétricamente como sigue: la muestra (harina de macaúba, preparado de fibra dietética o fracción de fibra) se dispersa en etanol acuoso al 80 % (v/v), en una relación sólido:líquido de 1:10 (m/v). La dispersión se mantiene con agitación suave durante 60 minutos a la temperatura de ebullición (aproximadamente 80 °C). A continuación, la mezcla se centrifuga (3.300 g, 20 min, 20 °C) y se filtra conservando el sobrenadante (fase líquida). El precipitado sólido se extrae con etanol acuoso al 80 % en condiciones similares a las descritas anteriormente, hasta obtener un extracto claro (al menos 5 ciclos de extracción). Una vez finalizados los ciclos de extracción, se reúnen los extractos líquidos, se destila el etanol y se evapora el agua a 105 °C durante la noche. La cantidad de sólidos que queda tras el secado se pesa y se indica en % de la cantidad de la muestra sometida a la extracción al principio del análisis.

- Capacidad de retención de agua:

La capacidad de retención de agua se determina según el método de la American Association of Cereal Chemists [15].

5 - Capacidad de retención de aceite:

La capacidad de retención de aceite se determina a temperatura ambiente. La muestra se dispersa en exceso de aceite y después de su mezclado total y centrifugación, se determina el volumen de aceite no retenido por el producto.

10 El método de referencia se proporciona en [16].

Ejemplos de realización

Las figuras 1 y 2 muestran a modo de ejemplo dos variantes de la producción de los preparados de fibra dietética propuestos, en donde en estos ejemplos se exponen también los 5 pasos para proporcionar la pulpa parcialmente desaceitada.

Ejemplo de realización 1

(solo como comparación)

Tres muestras de frutos de macaúba, compuestas
10 respectivamente por 20 frutos por muestra de distintas regiones de cosecha y de distintas especies, se despojaron manualmente de la cáscara exterior (epicarpio). A continuación, la pulpa se separó también manualmente de la semilla interna (endocarpio) y la pulpa así obtenida se
15 analizó. El contenido de agua en las 3 muestras fue, según su origen, especie y duración del almacenamiento, de entre el 33 y el 53 % en masa. Después del secado de la pulpa en un horno a 45 °C durante 12 horas se obtuvieron 3 muestras de pulpa prácticamente carentes de agua, cuya composición presentó los
20 valores medios siguientes (tabla 1):

Tabla 1: Composición media de pulpa de macaúba de 3 materias primas diferentes (SS: referida a la sustancia seca)

25

Componente	Valor medio +/-
Grasa (% en masa SS)	46,1-59,3
Proteína (% en masa SS)	1,2-4,8
Cenizas (% en masa SS)	1,6-3,3
Fibra dietética (% en masa SS)	17,0-27,0
Carbohidratos (% en masa SS)	20,1-36,2
Azúcares (% en masa SS)	10,6-32,8

Ejemplo de realización 2

Dos muestras de 500 g de pulpa de *A. aculeata* y *A. totai*, respectivamente, obtenida como en el ejemplo 1, se fraccionaron en 2 preparados. Una fracción (harina de pulpa) se obtuvo por prensado de la pulpa seca hasta un contenido de aceite del 20 % en masa, seguido de un desaceitado con etanol puro en un aparato Soxhlet durante 12 horas (harina). A continuación, la muestra desaceitada se dividió, una parte se analizó directamente y la otra parte se extrajo varias veces según la presente invención con una mezcla del 20 % de agua y el 80 % de etanol en relación másica a 80 °C, en donde en cada etapa se separó el extracto del refinado y se añadió disolvente nuevo. Al final, la masa del concentrado de pulpa referida a SS fue de aproximadamente el 60 % de la masa de la harina empleada. Así resultaron las composiciones indicadas en la tabla 2 y las propiedades funcionales de las fracciones indicadas en la tabla 3. Mediante el tratamiento con una mezcla de etanol y agua, pudo aumentarse considerablemente la proporción de fibra dietética desde el 40,5 % en masa a más del 80 % en masa y disminuir la proporción de carbohidratos (determinada por medición diferencial) desde más del 50 % en masa al 10,6 % en masa.

Tabla 2: Composición de harina de pulpa (HPM) y concentrado de pulpa (CPM) desaceitada de macaúba (*Acrocomia aculeata*) referida a la sustancia seca (SS)

Componente	Composición (% en masa en SS)	
	HPM	CPM
Fibra dietética	40,5	80,5
Proteína	3,9	6,3
Grasa	1,0	<0,5
Cenizas	3,6	2,1
SSAA	51,5	10,6

Tabla 3: Propiedades funcionales de harina de pulpa (HPM) y concentrado de pulpa (CPM) referidas a SS

Propiedades funcionales	<i>A. aculeata</i>		<i>A. totai</i>	
	Harina	Concentrado	Harina	Concentrado
Capacidad de retención de agua (ml/g SS)	3,68 ± 0,03	4,61 ± 0,04	3,32 ± 0,11	4,71 ± 0,26
Capacidad de retención de aceite (ml/g SS)	3,50 ± 0,05	5,41 ± 0,18	2,53 ± 0,25	5,03 ± 0,25
Actividad espumante (% en volumen)	234,5 ± 26,7	685,9 ± 7,3	731,3 ± 0,1	798,4 ± 22,2
Estabilidad de la espuma (% en volumen)	11,5 ± 4,4	93,3 ± 2,2	88,3 ± 5,5	86,7 ± 2,2
Índice de actividad emulsionante (m ² /g SS)	68,9 ± 1,4	75,5 ± 13,2	62,0 ± 3,4	49,7 ± 2,2
Estabilidad de la emulsión (min)	27,2 ± 5,3	157,6 ± 23,0	164,6 ± 6,2	242,5 ± 57,0
Capacidad emulsionante (ml/g SS)	420 ± 25	798 ± 19	350 ± 3	685 ± 3
Valor L*	No medido	No medido	90,47 ± 0,07	89,70 ± 0,08

5

Ejemplo de realización 3

Una muestra de 500 g de concentrado de pulpa de *A. aculeata* obtenido como en el ejemplo 2 se fraccionó según la presente invención. Para ello, se añadieron al concentrado 5.000 ml de agua a 40 °C, la mezcla se agitó durante 30 minutos y después la parte insoluble se separó de la parte soluble por filtración. El proceso se repitió 3 veces. La fracción soluble (1) obtenida se secó y se molió finamente para su análisis. Al residuo se le añadió una solución de 0,05 mol/l de NaOH y 0,5 mmol/l de EDTA a y se extrajo tres veces. Como fracción soluble se obtuvo una fracción rica en pectina (3), que se secó y molió. En la tercera etapa, el residuo (fracción 4) se extrajo de nuevo tres veces con hidróxido de potasio concentrado a 2 mol/l y el sobrenadante soluble (fracción 5) se separó del residuo insoluble (fracción 6). Todas las fracciones se secaron y molieron. Para las muestras obtenidas se determinaron la retención de agua y de aceite (tabla 4), así como las propiedades de fluidez (tabla 5).

Tabla 4: Propiedades funcionales de fracciones de pulpa de macaúba (*A. acuelata*)

5

Fracción de pulpa de macaúba	Retención de agua (ml/ g SS)	Retención de aceite (ml/g SS)
Harina de pulpa de macaúba	3,7 ± 0,0	3,5 ± 0,0
Fracción soluble en agua (1)	No medible	1,1 ± 0,1
Fracción (3)	1,3 ± 0,3	1,1 ± 0,2
Fracción (5)	4,6 ± 0,2	1,1 ± 0,3
Fracción insoluble (6)	8,8 ± 0,1	8,2 ± 0,3

Con respecto a la retención de agua y aceite, se observa que el fraccionamiento del concentrado de pulpa permite un ajuste específico de las propiedades funcionales. Así pues, la fracción insoluble (6), de forma similar a las fracciones (2) y (4) no representadas en tabla 4, muestra excelentes propiedades de retención, tanto en cuanto a la retención de agua como a la retención de aceite. En cambio, la retención de aceite de las fracciones (1), (3) y (5) resulta muy reducida, con aproximadamente 1,1 ml/g SS, mientras que la retención de agua de las fracciones (5) y (6) también es muy alta.

Tabla 5: Propiedades de fluidez de fracciones de pulpa de macaúba (*A. acuelata*)

Concentración (g de preparado /100 ml de solución)	Fracción soluble en agua (1)		Fracción (3)		Fracción insoluble (6)	
	k (mPa · s)	n	k (mPa · s)	n	k (mPa · s)	n
0,5	19,37 ± 3,60	0,92	0,13 ± 0,02	1,54	0,18 ± 0,01	1,46
1,0	221,13 ± 2,36	0,76	0,11 ± 0,01	1,60	1,35 ± 0,62	1,21
2,5	(9,11 ± 0,07) · 10 ³	0,47	32,75 ± 7,15	0,82	No medible (nm)	nm
5,0	(93,46 ± 4,88) · 10 ³	0,34	(12,97 ± 0,06) · 10 ³	0,53	nm	nm

El comportamiento reológico de la fracción soluble en agua

(1) resultó ser dependiente de la concentración. En dispersiones diluidas de hasta 1 g de preparado /100 g de solución se muestra un comportamiento de líquido viscoso con ($G' > G''$). El comportamiento reológico se desplazó a un gel débil y después a un gel al aumentar el contenido de 1 a 2,5 y luego a 10 g /100 g. Un perfil similar se observó también para una solución de goma garrofín de 1 g /100 g, aunque su módulo (tanto G' como también G'') estuvo, con 2,5 a 5 g /100 g, entre los de la fracción soluble en agua (1).

También se observó un comportamiento gelificante para la fracción (3) con un contenido de 5 a 10 g /100 g. Las dispersiones de la fracción insoluble (6) mostraron un comportamiento gelificante en todo el intervalo de concentración (en el intervalo de 1 a 10 g /100 g). En conjunto, todas las fracciones analizadas formaron geles débiles y los valores de la tangente de δ fueron superiores a 0,1.

Asimismo, se evaluó el efecto de la temperatura sobre las propiedades reológicas de las dispersiones de las fracciones según la invención en agua. La fracción soluble en agua (1) resultó ser más sensible a la temperatura, en donde se observó una transición de gel a solución viscosa para 5 y 10 g /100 g. La fracción (3) y la fracción insoluble (6) también mostraron una disminución tanto de G' como de G'' , pero ambas mantuvieron el comportamiento gelificante en el intervalo de temperatura analizado (5 a 80 °C).

Ejemplo de realización 4

La propiedad filmógena de la fracción soluble en agua (1) extraída con agua del preparado de fibra dietética se evaluó cualitativamente, para determinar si es posible producir un recubrimiento comestible o golosinas como gominolas a partir de dicha fracción. Para ello, se vertieron 20 g de una solución acuosa al 2,5 % de la fracción soluble en agua en

una placa de Petri (9 cm de diámetro). La solución se secó después durante la noche a 25 °C en un horno con circulación de aire. La película obtenida presentó un color parduzco y fue fácil de desprender de la placa de Petri y conformable.

- 5 La película soluble en agua mostró buenas propiedades como recubrimiento comestible o como base para golosinas, en particular, porque para conseguir una deformación flexible no fue necesario el uso de plastificantes.

10 **Ejemplo de realización 5**

Se produjo un concentrado de pulpa de macaúba de *A. totai* como se describe en el ejemplo de realización 2. El preparado obtenido se empleó en parte como sustituto de huevo entero en magdalenas, como se describe en la tabla 6.

15

Tabla 6: Receta de magdalenas producidas con un concentrado de pulpa de macaúba según la invención

Ingrediente	Proporciones de los ingredientes (%)	
	Control solo con huevo entero	Con concentrado de fibra dietética de macaúba
Harina de trigo	25,0	25,0
Azúcar	25,0	25,0
Huevo entero en polvo	4,4	1,1
Concentrado de fibra dietética de <i>A. totai</i>	0,0	1,1
Leche entera	19,3	19,3
Aceite vegetal	12,5	12,5
Levadura artificial	1,0	1,0
Agua	12,9	15,1
Suma	100,0	100,0

- 20 El concentrado de fibra dietética de macaúba es excelentemente adecuado como emulsionante para la sustitución parcial del huevo entero en magdalenas. Las magdalenas obtenidas fueron muy similares a los controles en aspecto,

textura, color y sabor.

Ejemplo de realización 6

Se produjo un concentrado de pulpa de macaúba de *A. totai*
5 como se describe en el ejemplo de realización 2. La
preparación obtenida se usó para la producción de una leche
vegetal como se expone en la tabla 7.

Tabla 7: Receta para leche de origen vegetal, producida con
10 un concentrado de pulpa de macaúba según la invención

Ingrediente	Proporciones de los ingredientes (%)
Agua	96,0
Concentrado de pulpa de <i>A. totai</i>	2,0
Aceite de colza	1,0
Azúcar	1,0
Suma	100,0

La preparación de la leche consistió en la suspensión del
concentrado de pulpa de macaúba en agua a 50 °C hasta obtener
15 una dispersión homogénea, seguida de la adición de azúcar.
Después se añadió el aceite de colza y se emulsionó durante 5
minutos a 21.000 rpm. La mezcla se filtró a través de un
tamiz con un diámetro de poro de 125 µm y se homogeneizó a 25
MPa (250 bar) en una primera etapa y a 5 MPa (50 bar) en una
20 segunda etapa. A continuación, la leche homogeneizada se
pasteurizó a 80 °C durante 10 minutos y se almacenó a 4 °C.
La leche de origen vegetal resultante presentó un sabor
agradable, una sensación agradable al paladar y buena
estabilidad. Por tanto, el concentrado de pulpa de macaúba es
25 excelentemente adecuado para la producción de leche de origen
vegetal.

Ejemplo de realización 7

Se produjo un concentrado de pulpa de macaúba de *A. totai*
30 como se describe en el ejemplo de realización 2. El preparado

obtenido se usó para producir un segundo tipo de leche de origen vegetal, como se expone en la tabla 8.

Tabla 8: Receta para leche de origen vegetal (2), producida con un concentrado de pulpa de macaúba según la invención

Ingrediente	Proporciones de los ingredientes (%)
Agua	95,97
Concentrado de fibra dietética de <i>A. totai</i>	2,00
Aceite de colza	1,00
Azúcar	1,00
Preparado enzimático	0,03
Suma	100,00

La preparación de la leche consistió en la suspensión del concentrado de pulpa de macaúba en agua a 50 °C hasta que la dispersión adquirió un aspecto homogéneo, seguida de la adición de azúcar. A continuación, se añadió un preparado enzimático compuesto por hemicelulasas y pectinasas y la mezcla se incubó durante 1 hora a 50 °C. Después se añadió el aceite de colza y se emulsionó durante 5 minutos a 21.000 rpm. La mezcla se filtró a través de un tamiz con un diámetro de poro de 125 µm y se homogeneizó a 25 MPa (250 bar) en una primera etapa y a 5 MPa (50 bar) en una segunda etapa. A continuación, la leche homogeneizada se pasteurizó a 80 °C durante 10 minutos y se almacenó a 4 °C.

La leche de origen vegetal resultante presentó un sabor agradable, una sensación agradable al paladar y buena estabilidad. Esta leche vegetal presentó un sabor más neutro y menor viscosidad que la leche vegetal del ejemplo 6.

Referencias:

1. Mudgil, D. y S. Barak, Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. International journal of biological macromolecules, 2013. 61: pp. 1-6.
5
2. Padayachee, A., y col., Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables. Critical reviews in food science and nutrition, 2017. 57(1): pp. 59-81.
10
3. Cui, S. W. y Q. Wang, Cell wall polysaccharides in cereals: chemical structures and functional properties. Structural Chemistry, 2009. 20(2): pp. 291-297.
4. Lescano, C., y col., Nutrients content, characterization and oil extraction from *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. fruits. African Journal of Food Science, 2015. 9(3): pp. 113-119.
15
5. Trentini, C. P., Oliveira, D. M., Zanette C. M. y Silva C. Low-pressure solvent extraction of oil from Macauba (*Acrocomia aculeata*) pulp: characterization of oil and defatted meal. Ciência Rural, Santa Maria, 2016. 46(4): pp. 725-731.
20
6. Silva, A. O., Cortez-Verga, W. R., Prentice, C. y Fonseca G. G. Development and characterization of biopolymer films based on bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) flour. International Journal of Biological Macromolecules, 2020. 155: pp. 1157-1168.
25
7. Colombo, C. A., Berton, L. H. C., Diaz, B. G. y Ferrari, R. A. Macauba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil. OCL. 2018; 25(1): D108.
30
8. AOAC International. (2000). Método 991.43: Total dietary fiber. Enzymatic-gravimetric method. En: Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (17.^a edición). Gaithersburg, MD, EE. UU.: Association of Official Analytical Chemists.
35

9. AOAC International. Método 968.06: Protein (crude) in animal feed. Dumas Method. En: Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (15.^a edición). Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, EE. UU., 1990.
10. AOAC International. Método 979.09: Protein in grains. Official methods of analysis, 16.^a edición. Washington DC, EE. UU: Association of Official Analytical Chemists, 1995. 109 p.
11. Pearce, K. N. y Kinsella, J. E. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1978. 26: pp. 716-723.
12. Wasche, A., Muller, K. y Knauf, U. New processing of lupin protein isolates and functional properties. *Nahrung/Food*, 2001. 45: pp. 393-395.
13. AOAC International. Método 920.39: Fat (crude) or Ether Extract. En: Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (15.^a edición). Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, EE. UU., 1990.
14. Legislación alemana de alimentos. (1980). Métodos L.01.00-60, L. 16.01-2, L. 17.00-1, L. 17.00-3, 1980. En: BVL Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Berlín, Alemania: Beuth Verlag GmbH. Colección oficial de métodos de análisis según el artículo 64 del LFGB, el artículo 53 de la Ley provisional del tabaco y el artículo 28b de la Ley de ingeniería genética (volumen I) Lebensmittel (L) Verfahren zur Probenahme und Untersuchung von Lebensmitteln.
15. AACC. Método 56-30. Approved methods of the AACC. 10.^a edición; American Association of Cereal Chemists: St. Paul, MN, EE. UU., 2000.
16. Muranyi I. S., Otto, C., Pickardt, C., Osen, R., Koehler, P. y Schweiggert-Weisz, U. Influence of isolation method on the technofunctional properties of protein isolates from *Lupinus angustifolius* L. *Journal of Food Science*, 2016. 81(11): C2656-C2663.