

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 180**

51 Int. Cl.:

**A23L 33/17** (2006.01)

**A23J 1/10** (2006.01)

**A23J 3/30** (2006.01)

**C08H 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2013 E 13178511 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2832236**

54 Título: **Método para producir material queratinoso hidrolizado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.07.2016**

73 Titular/es:

**TESENDERLO CHEMIE NV (100.0%)**  
**Troonstraat 130**  
**1050 Brussel, BE**

72 Inventor/es:

**BLUTEL, PHILIPPE y**  
**FILLIÈRES, ROMAIN**

74 Agente/Representante:

**MARTÍN DE LA CUESTA, Alicia María**

**ES 2 577 180 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método para producir material queratinoso hidrolizado

**5 Antecedentes de la invención**

1. Campo de la invención

10 La invención se refiere en general a un método para producir material queratinoso hidrolizado, tal como harina de plumas o harina a partir de cabello.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 Como fuente de material queratinoso, pueden usarse plumas de animales, cabello, pezuñas, uñas y similares. Las plumas son subproductos de aves de corral, y el cabello es un subproducto de cerdos, ganado, ovejas y similares. También pueden usarse pezuñas o uñas, que pueden estar trituradas, como fuente de material queratinoso. Tal material queratinoso tiene un alto contenido en proteínas, que consisten en al menos 17 aminoácidos. Sin embargo, este material queratinoso apenas puede digerirse por animales o seres humanos debido a los polipéptidos altamente estructurados, con presencia de muchos puentes (di)sulfuro.

20 Existen muchos procedimientos para producir material queratinoso (parcialmente) hidrolizado como plumas o cabello, con el fin de aumentar la digestibilidad. Los métodos conocidos incluyen hidrólisis a presión mientras se usa vapor, hidrólisis enzimática o hidrólisis química con, por ejemplo base, ácido u otro agente reactivo.

25 El material queratinoso generalmente no se hidroliza completamente para dar monoaminoácidos para mejorar la digestibilidad. En muchos procedimientos, el producto resultante de la hidrólisis parcial del material queratinoso es parcialmente insoluble en agua, y puede comprender una mezcla de material líquido (disuelto) y sólido (insoluble). Generalmente, el producto combinado se convierte en un material sólido seco mediante una técnica de secado. El producto resultante generalmente no puede digerirse totalmente por animales, según por ejemplo la prueba de disgestibilidad de pepsina y/o ileal. Además, parece que tales productos pueden tener compuestos antinutricionales, como lantionina, en cantidades significativas.

35 Varios ejemplos de métodos para producir material queratinoso parcialmente hidrolizado como harina de plumas incluyen los documentos US5772968, US4286884, US4172073 y WO2011/03015.

**Breve resumen de la invención**

40 Un objeto de la invención es proporcionar un método para producir material queratinoso sólido parcialmente soluble, hidrolizado, con una digestibilidad mejorada.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método para producir material queratinoso sólido parcialmente soluble, hidrolizado, con una cantidad relativamente baja de compuestos antinutricionales como lantionina.

45 Se logra este objeto mediante un método que comprende las etapas de hidrolizar parcialmente material queratinoso en presencia de agua con presión y calor a una presión por debajo de 10 bar, y secar el producto parcialmente hidrolizado resultante que comprende material al menos parcialmente insoluble en una secadora a una combinación de temperatura/tiempo/presión que limita la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal en menos del 10%, y/o tal que la digestibilidad de pepsina y/o ileal sigue siendo superior al 85%.

50 Tal como resulta evidente a partir de los pesos moleculares del material queratinoso hidrolizado, la hidrólisis no es una hidrólisis química completa para dar monoaminoácidos, sino que la hidrólisis comprende la hidrolización de un número sustancial de enlaces amida en los polipéptidos.

55 La presencia de agua durante la etapa de hidrolización se entiende que es cualquiera de agua en fase líquida, vapor o agua absorbida en el material queratinoso.

60 Preferiblemente, la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal es inferior al 7%, más preferiblemente inferior al 5%, y/o preferiblemente, la digestibilidad de pepsina y/o ileal sigue siendo del 90% o superior, más preferible, el 92% o superior.

65 En una realización el procedimiento de secado comprende secar a presión reducida, de manera que la temperatura del material permanece a una temperatura por debajo de 90°C, preferiblemente a una temperatura de 80°C o inferior, y más preferiblemente a 75°C o inferior, tal como por ejemplo entre 60 y 75°C, o por ejemplo a una temperatura de 70°C o inferior.

En otra realización, el procedimiento de secado comprende turbulencia eficaz del material queratinoso en un flujo

de aire caliente, tal como en una secadora de lecho fluidizado, secadora de tipo anillo, secadora de tambor rotatorio y similares (a continuación en el presente documento denominado "secadora de aire caliente"). En tales casos, es importante limitar la exposición al calor a un mínimo. Por tanto, durante un periodo de tiempo corto, por ejemplo aproximadamente 60 s, o aproximadamente 30 s, el material puede estar a una temperatura de aproximadamente 100°C, o aproximadamente 120°C. Generalmente, la temperatura máxima con un tiempo de exposición al calor corto será de 150°C o inferior, o preferiblemente 120°C o inferior. Una temperatura relativamente alta puede estar presente cuando está presente un contenido en agua relativamente bajo, ya que la combinación de agua y calor parece ser lo más perjudicial.

5  
10 Un objeto adicional de la invención es proporcionar un material queratinoso parcialmente soluble hidrolizado con un valor nutricional mejorado para aplicaciones de alimentación.

Se logra este objeto proporcionando material queratinoso parcialmente insoluble con una digestibilidad *in vivo* de la materia nitrogenada total de más del 80%, preferiblemente del 82% o superior, tal como se midió en gallos cecectomizados, comprendiendo el material una cantidad de lantionina de menos del 2% en peso.

15 Lantionina es el dímero de cisteína con un único puente tio. La lantionina es un compuesto antinutricional, y parece formarse tras secar el material queratinoso parcialmente hidrolizado. Puesto que la lantionina es antinutricional, un animal usa una cantidad sustancial de energía para eliminar tal compuesto inservible del cuerpo. De ese modo, la lantionina es contraproducente con respecto al objetivo específico de complementar el material queratinoso parcialmente hidrolizado a un animal.

20 La lantionina es uno de los compuestos antinutricionales más importantes en el material queratinoso hidrolizado. Otro compuesto antinutricional es por ejemplo iso-alanina.

25 Una ventaja importante de la presente invención es que se reduce la formación de lantionina en comparación con el material queratinoso hidrolizado comúnmente disponible en el mercado, como harina de plumas.

30 Con la medición de la digestibilidad de pepsina y/o ileal, y la cantidad de lantionina que se forma durante la etapa de calentamiento, el experto habitual podrá optimizar las condiciones de secado de manera que se logren las ventajas de la presente invención.

35 Preferiblemente, la hidrólisis se realiza a presión, al tiempo que se usa vapor, en un procedimiento continuo. Sin embargo, existen procedimientos discontinuos también, y son igualmente aplicables.

En una realización de la invención, se realiza preferiblemente el secado en una secadora de disco, a una presión por debajo de 0,4 bar (abs), mientras se calientan los discos hasta una temperatura inferior a 160°C, preferiblemente inferior a 140°C, incluso más preferiblemente inferior a 130°C.

40 En una realización alternativa, la secadora es una secadora de aire caliente, preferiblemente una secadora de lecho fluidizado, que mantiene la temperatura de la corriente gaseosa de salida por debajo de 120°C, preferiblemente durante un periodo de menos de 10 min, y más preferiblemente durante un periodo de menos de 5 min.

45 **Descripción de realizaciones ilustrativas**

Lo siguiente es una descripción de determinadas realizaciones de la invención, proporcionadas sólo a modo de ejemplo y con referencia a los ejemplos.

50 El método según la presente invención comprende las etapas de hidrolizar material queratinoso a presión con vapor a una presión por debajo de 10 bar, y secar el material queratinoso hidrolizado resultante de una manera tal que la harina queratinosa tenga una digestibilidad muy alta.

55 Una de las etapas para lograr tal alta digestibilidad es mantener el material queratinoso preferiblemente a una temperatura por debajo de 120°C, preferiblemente por debajo de 100°C, o por debajo de 80°C. El valor superior de la temperatura depende del periodo de tiempo que se mantiene tal alta temperatura.

60 En una realización de la invención, el secado se realiza a presión reducida. Las presiones adecuadas incluyen una presión por debajo de 0,5 bar (abs), preferiblemente 0,4 bar o inferior. A una presión de por ejemplo 0,3 bar, el agua hierve a aproximadamente 70°C, y de ese modo, el material queratinoso permanece en gran parte a una temperatura por debajo de la temperatura de ebullición a una determinada presión. Es posible también un vacío incluso inferior, pero puede tener la desventaja de que tal vacío bajo es relativamente caro de mantener. Por tanto, la presión reducida generalmente puede ser una presión superior a 10 mbar (abs), y preferiblemente de 100 mbar o superior.

65 Con el fin de permitir un procedimiento económico, es importante que el equipo o la planta para tratar el material

queratinoso pueda procesar 2 toneladas por hora o más, preferiblemente entre 4 y 15 toneladas. En vista de la alta cantidad de producción requerida, es imposible usar varias técnicas de secado, como por ejemplo secado durante la noche en una estufa. Además, no se realiza preferiblemente liofilización, y se excluye preferiblemente tal método de secado ya que es relativamente caro.

5

Por tanto, en la presente invención, preferiblemente, se excluyen procedimientos de secado que comprenden secado sin agitación/sin movimiento. Se entiende que secado sin agitación o sin movimiento es un método en el que el material queratinoso permanece sustancialmente en un lugar fijo, como cuando se coloca una cantidad de harina de plumas en un horno a por ejemplo 50°C durante la noche hasta secar el producto o cuando el producto se coloca en un túnel de liofilización.

10

El material queratinoso, como plumas o cabello, está generalmente húmedo antes de suministrar el material al hidrolizador. La cantidad de agua generalmente está entre el 30 y el 80% en peso, y más preferiblemente entre el 50 y el 75% en peso, y lo más preferiblemente, entre el 65% en peso y el 75% en peso.

15

El material queratinoso puede molerse o aplastarse hasta reducir el tamaño. Generalmente, la reducción de tamaño para el cabello de cerdos o ganado no es muy útil.

20

El hidrolizador funciona generalmente a una presión de 10 bar o por debajo, ya que una presión superior es cada vez más costosa. La presión es generalmente de 2 bar o superior. Se prefiere una presión superior, para aumentar el grado y la velocidad de hidrolización. Por tanto, la presión es preferiblemente de 4 bar o superior, e incluso más preferible, 6 bar o superior. Generalmente, la presión será de 9 bar o inferior. La presión se proporciona como bar absoluto.

25

La hidrólisis se realizará en un hidrolizador, generalmente denominado hidrolizador de vapor. El hidrolizador es esencialmente un recipiente con agitación, y puede ser discontinuo o continuo. El hidrolizador permite preferiblemente un procedimiento continuo, y es un tubo con agitación como un recipiente como una extrusora. La agitación se realiza preferiblemente con una extrusora de tipo husillo de propulsión lenta, paletas o similares.

30

La etapa de hidrólisis se realizará generalmente durante un periodo de entre 5 y 180 min, preferiblemente entre 10 y 60 min. Una presión inferior requiere generalmente tiempos de reacción más largos.

35

Por tanto, la ventana de tiempo/presión en general sería de entre 2 y 10 bar durante de 5 min a 3 h, preferiblemente entre 4 y 9 bar durante de 10 min a 1 h.

40

El vapor puede inyectarse directamente, o puede usarse para el calentamiento indirecto. El calentamiento indirecto puede efectuarse también con bobinas de aceite caliente. En última instancia, la presión debe ser la requerida, y la cantidad de agua es preferiblemente tal que el vapor saturado está presente a la presión y temperatura elegidas. Preferiblemente, la cantidad de vapor presente es de 200 gramos de vapor o más por kg de plumas.

45

La hidrólisis con tal técnica siempre da como resultado sólo una hidrólisis parcial. Por tanto, la mezcla resultante comprende oligopéptidos y polipéptidos.

50

El material queratinoso hidrolizado se secará tras la hidrólisis (parcial). Este secado se realiza generalmente en varias etapas. La primera etapa comprende llevar la mezcla que sale del hidrolizador a presión atmosférica, mientras que se evapora parte del agua.

55

Opcionalmente, es posible eliminar mediante prensado parte del agua del material queratinoso para llevar el contenido en agua, por ejemplo, de desde el 55% en peso o superior hasta el 45% en peso.

60

El agua eliminada mediante prensado del material queratinoso tras la etapa de hidrólisis se denomina generalmente agua de cola. El agua de cola puede concentrarse adicionalmente por medio de evaporadores, tales como por ejemplo películas descendentes de efecto múltiple preferiblemente a presión reducida, usando los vapores de agua calientes de la secadora en un sistema de recuperación de calor combinado. Tal evaporación elevará la sustancia seca de las aguas de cola desde el 5 hasta el 10% hasta el 25 hasta el 40%. Este concentrado, rico en proteínas solubilizadas e insolubles puede volverse a inyectar en la secadora, y procesarse con el material queratinoso sólido.

65

En una realización alternativa, el agua de cola puede secarse como tal usando métodos de secado adecuados. Las técnicas de secado adecuadas incluyen una pluralidad de técnicas, tales como por ejemplo secado en tambor y secado por pulverización. El material queratinoso secado puede tener tamaños de partícula adecuados con un D50 de entre 50 µm y 2 mm, preferiblemente entre 0,1 y 1 mm. El producto puede granularse con cualquier tamaño de partícula adecuado. Tal uso de agua de cola tiene la ventaja de proporcionar un producto con una digestibilidad muy alta, tal como preferiblemente más del 95% de digestibilidad de pepsina y/o ileal, más preferiblemente el 97% o más.

Por tanto, la presente invención también se refiere a un procedimiento para preparar material queratinoso altamente digerible en forma de polvo, hidrolizando material queratinoso tal como se ha descrito, y separando una fase del agua del material queratinoso sólido en una prensa, y secando la fase acuosa para obtener un producto en forma de polvo, que tiene una digestibilidad de pepsina y/o ileal de más del 95%.

El material queratinoso todavía húmedo resultante necesita secarse hasta un contenido en humedad del 12% en peso o menos, preferiblemente el 8% en peso o menos. No es necesario generalmente secar hasta una cantidad de agua inferior al 3% en peso, pero no sería dañino. El secado se realiza de la manera más preferible hasta un contenido en humedad del 4 al 8% en peso. La cantidad se establece con relación al producto total.

El secado parece ser una etapa crucial en la calidad del material queratinoso tal como harina de plumas. Parece que técnicas de secado comunes provocan que la digestibilidad se reduzca considerablemente.

Según GePro, una compañía que vende harina de plumas, el secado instantáneo (secado con aire caliente) da como resultado una mejor digestibilidad *in vitro*. Se encontró que la digestibilidad ileal era inferior al 85%. La digestibilidad de pepsina era del 70% al 80%. Se tiene como objetivo una mejora aún adicional.

Los presentes inventores encontraron que era posible una mejora adicional, usando por ejemplo una secadora de disco convencional a presión reducida y temperatura reducida, o por ejemplo cuando se usa una secadora de lecho fluidizado.

Por tanto, la presente invención proporciona un método en el que se proporciona material queratinoso parcialmente hidrolizado con digestibilidad superior *in vitro* y/o *in vivo*.

Con el método de la presente invención, es posible obtener material queratinoso parcialmente insoluble, hidrolizado con un contenido en humedad de menos del 8% en peso y una digestibilidad *in vivo* de la materia nitrogenada total del 80% o superior (digestibilidad medida en gallos cecectomizados).

Preferiblemente, la cantidad de lantionina en el material queratinoso hidrolizado es del 2% en peso o menos, preferiblemente el 1,5% en peso o menos, más preferiblemente el 1,2% en peso o menos.

El material queratinoso hidrolizado es al menos parcialmente insoluble en agua, cuando se pone 1 gramo en 2 ml de agua se observan a simple vista partículas y material fibroso. No obstante, es posible medir la distribución de peso molecular de al menos parte del material queratinoso. El método más comúnmente usado es HPLC con agua/acetronitrilo como disolvente con un ácido trifluoroacético (TFA; al 0,1% en peso) y una columna de SEC. El material queratinoso puede ser más soluble, o completamente soluble en dicho disolvente. El material parcialmente hidrolizado muestra un pico ancho. La distribución de peso molecular no se indica generalmente en este campo como Mn/Mw, ya que no todo el material puede disolverse. Es posible en cualquier caso establecer qué parte del material medido en la HPLC tiene un determinado peso molecular.

En una realización preferida de la invención, la parte disuelta del material queratinoso hidrolizado consiste en el 70% en peso o más de material que tiene un peso molecular de 5000 dalton o menos, y más del 30% en peso de los materiales tienen un peso molecular de 1000 dalton o menos.

En otra realización preferida, que puede combinarse con la realización en el párrafo anterior, la cantidad de material de un peso molecular superior a 5000 dalton es del 10% en peso o más, preferiblemente el 20% en peso o más.

Tras la hidrolización parcial, se seca el material queratinoso hidrolizado hasta un contenido en humedad del 12% en peso o inferior, o del 8% o inferior, con un método que permite un bajo daño térmico. El bajo daño térmico proporciona una reducción baja o ausente en material digerible, y la digestibilidad de pepsina y/o ileal final es todavía superior al 85%.

El secado se realiza preferiblemente en una secadora a una combinación de temperatura/tiempo/presión que limita la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal en menos del 10%, y/o tal que la digestibilidad de pepsina y/o ileal sigue siendo superior al 90%.

Preferiblemente, la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal es del 7% o menos, más preferiblemente el 5% o menos, y/o preferiblemente, la digestibilidad de pepsina sigue siendo del 90% o superior, más preferiblemente, el 92% o superior.

Se realiza preferiblemente el secado adicional a presión reducida, o en una secadora de lecho fluidizado, de manera que el daño térmico, medido como digestibilidad reducida es tal que el producto final todavía tiene una digestibilidad de pepsina y/o ileal de más del 90%.

El logro de tal bajo daño por calor no tiene precedentes en la producción de harina de plumas, producción que se

realiza ya durante más de 60 años (véase por ejemplo el documento US 2542984).

Una de las etapas para lograr tal alta digestibilidad es mantener el material queratinoso preferiblemente a una temperatura por debajo de 120°C, preferiblemente por debajo de 100°C, o por debajo de 80°C. El valor superior de la temperatura depende del periodo de tiempo que se mantiene tal alta temperatura.

En una realización de la invención, el secado de etapa (ii) se realiza a presión reducida. La presión adecuada incluye una presión por debajo de 0,5 bar (abs), preferiblemente por debajo de 0,4 bar. A una presión de 0,3 bar, el agua hierve a 70°C, y de ese modo el material queratinoso permanece en gran parte a una temperatura por debajo de tal temperatura. Es posible también un vacío incluso inferior, pero puede tener la desventaja de que sea relativamente caro de mantener tal bajo vacío. Por tanto, la presión reducida será generalmente una presión superior a 10 mbar (abs), preferiblemente a 100 mbar o superior.

En otra realización, el procedimiento de secado comprende turbulencia eficaz de material queratinoso en una secadora de lecho fluidizado o secadora de anillo. En tales casos es importante limitar la exposición al calor a un mínimo. Por tanto, durante un periodo de tiempo corto, por ejemplo 60 s, o 30 s, el material puede estar a una temperatura de 100°C, o 120°C. Generalmente, la temperatura máxima con un tiempo de exposición al calor corto será de 150°C o inferior, o preferiblemente 120°C o inferior. Una temperatura relativamente alta puede estar presente cuando esté presente un contenido en agua relativamente bajo, ya que la combinación de agua y calor parece ser lo más perjudicial.

Por tanto, la ventana de temperatura/tiempo puede estar entre 60 y 150°C y entre 30 s y 2 h, dependiendo del daño realizado calentando el material queratinoso húmedo.

El material queratinoso digerible tal como harina de plumas comprende al menos 17 aminoácidos, tales como aminoácidos muy valiosos como cisteína y tirosina.

El producto secado puede molerse y/o aglomerarse hasta un tamaño de partícula adecuado. Las partículas son generalmente más pequeñas de unos pocos mm, y mayores de 20 µm, con el fin de tener un polvo que fluye libremente que puede procesarse fácilmente. Generalmente, el tamaño de partícula será de entre 0,01 y 2 mm.

El material queratinoso digerible tal como harina de plumas puede usarse como alimento, o complemento alimentario, tal como por ejemplo para alimento para mascotas y/o para acuicultura, o como aditivo en productos cosméticos.

La harina de plumas altamente digerible secada es en particular muy útil para alimento o aditivo alimentario, como alimento para peces.

#### MÉTODOS DE MEDICIÓN

Los siguientes métodos se usaron en los ejemplos, y son adecuados como métodos para medir los parámetros establecidos en la descripción y las reivindicaciones:

Humedad en porcentaje en peso (% en peso): el material queratinoso húmedo se seca durante la noche en una estufa a vacío a presión reducida y con un secante. El material se pesa antes y después de la etapa de secado, y se calcula la cantidad de humedad usando el peso medido inicial como el 100% al tiempo que se supone que todo el material volátil es agua.

HPLC y determinación de Mw: Puede usarse un equipo de HPLC convencional. El disolvente para el material queratinoso es agua MilliQ, acetonitrilo y ácido trifluoroacético (TFA) al 0,1% en peso. Como columna, puede usarse una columna de sílice TSK G2000 SWXL de 5 µm de Tosoh Bioscience y una precolumna TSK-Gel SWXL de 7 µm de Tosoh Bioscience, o columnas comparables. La fase móvil es un ácido trifluoroacético al 0,1% en peso, que contiene el 15% de acetonitrilo (CH<sub>3</sub>CN). El registro se realiza con un detector UV a 214 nm. La columna puede calibrarse con una mezcla de bacitracina, insulina, alfa-lacto-albúmina, beta-lacto-globulina y triptófano.

Se determina la solubilidad del material queratinoso disolviendo 1 gramo de material queratinoso en 2 ml de agua a 20°C. La transparencia del líquido se determina a simple vista.

La digestibilidad de pepsina se mide según la norma ISO 6655 (agosto de 1997); 0,02% de pepsina.

La digestibilidad ileal (también llamada "digestibilidad Boisen") se mide según S. Boisen, 2007 ("In vitro analysis for determining standardized ileal digestibility of protein and amino acids in actual batches of feedstuffs and diets for pigs"; Livestock Science (2007) 309:182-185.)

La digestibilidad *in vivo* de la materia nitrogenada total se ha determinado en gallos cecectomizados, según

Johnson *et al.*, 1998. "Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs" *Journal of Animal Science*; 76:1112-1122.

- 5 El porcentaje de lantionina (abreviada como LAN en los ejemplos) se determina con métodos de HPLC convencionales.

### Ejemplos

#### 10 Ejemplo 1 y experimentos comparativos A - C

15 En un hidrolizador, que funcionaba a 7 bar y vapor saturado, se trataron plumas de gallina con un contenido en humedad del 65% en peso durante 25 min. Se llevó la fibra parcialmente hidrolizada hasta presión atmosférica a través de una válvula de descarga, y se prensó la masa fibrosa, que contenía aproximadamente el 55% de agua, en una prensa de husillo, para eliminar el agua. El agua residual en la harina de plumas era de aproximadamente el 45% en peso.

20 Se secó la harina de plumas parcialmente hidrolizada de varias maneras diferentes, con una secadora de disco clásica a 170°C (vapor a 8 bar de presión dentro del disco), durante aproximadamente 1 h, y durante aproximadamente 0,8 h (ambos experimentos comparativos, según la técnica anterior), una secadora de aire caliente (usando una temperatura del aire durante 80 s a 270°C y durante 120 s a 80°C), y una secadora de disco a presión de 300 mbar (abs). En el último método de secado mencionado, la harina de plumas no alcanzó temperaturas superiores a aproximadamente 70°C.

25 Tabla 1: Características de la harina de plumas secada

	Exp. comp A	Exp. comp B	Exp. comp C	Ejemplo 2
Característica de procedimiento				
Hidrolizador	Discontinuo	Continuo	Continuo	Continuo
Secadora	Disco; 1 h	Disco; 0,8 h	Aire caliente	Disco a baja temperatura (vacío)
Calidad de la harina				
Digestibilidad de pepsina	54	64	65	85
Digestibilidad ileal	74	81	84	93
Peso molecular				
<5000	84	88	82	85
<1000	57	42	48	56
<500	45	27	29	42
Porcentaje de LAN	2,3	2,2	Nd	1,3
Nd: sin determinar				

#### Ejemplo 2

- 30 En un hidrolizador discontinuo, que funcionaba a 7 bar y vapor saturado, se trataron plumas de gallina con un contenido en humedad del 70% en peso durante 25 min. Se llevó la fibra parcialmente hidrolizada hasta presión atmosférica a través de una válvula de descarga, y la masa fibrosa contenía el 65% de agua.

35 Se secó la harina de plumas parcialmente hidrolizada en una secadora de lecho fluidizado. La temperatura de entrada del aire caliente era de 140°C; la temperatura de salida era de aproximadamente 85°C. La harina de plumas no alcanzó temperaturas superiores a aproximadamente 80°C durante ninguna cantidad de tiempo sustancial. Secar hasta un contenido en humedad de aproximadamente el 7% en peso llevó aproximadamente 8 min. La digestibilidad *in vivo* de la materia nitrogenada total medida en gallos cecectomizados fue del 82%.

#### 40 Conclusión

Los ejemplos son solamente ilustrativos, pero las pruebas muestran que con la hidrólisis y el secado tal como se realizaron en la presente invención, se obtiene harina queratinosa altamente digerible, como harina de plumas.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para producir material queratinoso digerible, preferiblemente plumas, cabello, pezuñas o uñas, que comprende las etapas de hidrolizar material queratinoso en presencia de agua, en un hidrolizador con calor y a una presión de entre 2 bar y 10 bar, y secar el material queratinoso hidrolizado resultante que comprende material al menos parcialmente insoluble en una secadora a una combinación de temperatura/tiempo/presión que limita la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal en menos del 10%, y/o tal que la digestibilidad de pepsina y/o ileal sigue siendo superior al 85%.
2. Método para producir material queratinoso digerible, preferiblemente plumas, cabello, pezuñas o uñas, que comprende las etapas de hidrolizar material queratinoso en presencia de agua, en un hidrolizador con calor y a una presión de entre 2 bar y 10 bar, y secar el material queratinoso hidrolizado resultante que comprende material al menos parcialmente insoluble en una secadora a una temperatura tal que el material queratinoso permanece a una temperatura por debajo de 90°C, preferiblemente por debajo de 80°C.
3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que la hidrólisis se realiza en un hidrolizador continuo.
4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material queratinoso se suministra al hidrolizador con un contenido en humedad del 30 al 80% en peso (con relación al peso de humedad más material queratinoso).
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la secadora es un procesamiento en secadora de disco a presión reducida, preferiblemente a una presión de entre 10 y 500 mbar (abs), preferiblemente entre 100 y 400 mbar.
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el secado se realiza en un flujo de aire caliente tal como en una secadora de lecho fluidizado, secadora de tipo anillo, secadoras instantáneas rotatorias y similares.
7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material queratinoso digerible secado tiene un contenido en humedad de por debajo del 12% en peso, preferiblemente entre el 4 y el 8% en peso.
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 2-7, en el que la etapa de secado se realiza a una combinación de temperatura/tiempo/presión que limita la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal en menos del 10%, y/o tal que la digestibilidad de pepsina y/o ileal sigue siendo superior al 85%.
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se procesa una cantidad de más de 2 toneladas de material queratinoso por hora y el método de secado no es un método de secado sin agitación/sin movimiento.
10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de secado se realiza a una combinación de temperatura/tiempo/presión que limita la caída de digestibilidad de pepsina y/o ileal en menos del 7%, preferiblemente menos del 5%, y/o tal que la digestibilidad de pepsina y/o ileal sigue siendo superior al 90%, más preferiblemente superior al 92%.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material queratinoso hidrolizado resultante, cuando se pone 1 gramo en 2 ml de agua, es al menos parcialmente insoluble ya que son visibles partículas y material fibroso a simple vista.
12. Material queratinoso parcialmente insoluble, hidrolizado, que puede obtenerse con el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el material tiene un contenido en humedad de menos del 12% en peso y una digestibilidad de pepsina y/o ileal del 85% o superior, preferiblemente del 90% o superior o una digestibilidad *in vivo* del 80% o superior, preferiblemente del 82% o superior.
13. Material queratinoso al menos parcialmente insoluble, hidrolizado según la reivindicación 12, en el que el material tiene una cantidad de lantionina del 2,0% en peso o menos, preferiblemente del 1,5% en peso o menos.
14. Material queratinoso parcialmente insoluble, hidrolizado según una cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en el que la parte soluble del material queratinoso hidrolizado comprende polipéptidos en una cantidad de más del 70% en peso que tienen un peso molecular inferior a 5000 dalton, y más del 30% en peso menores de 1000 dalton.

15. Uso del material queratinoso parcialmente insoluble, hidrolizado según una cualquiera de las reivindicaciones 12-14 como alimento y/o aditivo alimentario, como en comida para mascotas o para acuicultura, o en productos cosméticos.