

IMBIBICIÓN INDUCIDA Y MUERTE CELULAR POR ESTRÉS TÉRMICO PARA
OBTENER FRACCIÓN DE QUINUA QFSF+E40GA

CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención se relaciona con la obtención de nutrientes adicionales a partir de semillas de quinua, mediante un proceso que consiste en inducir la germinación de las semillas, luego inducir la muerte del germinado, secar las semillas y molerlas.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

A medida que la demanda mundial de comida se incrementa, es necesario maximizar la producción de alimentos o productos alimenticios. Los cereales son una de las principales fuentes de alimentos, ocupando un papel predominante en la dieta de muchas culturas alrededor del mundo. Sin embargo, en los últimos años ha surgido una nueva tendencia, al redescubrir alimentos que se creían olvidados.

Entre los alimentos que se están redescubriendo, cuyo valor nutricional lo ha convertido en un producto muy deseado en la dieta de las personas y los animales, está la quinua. La quinua tiene la habilidad de crecer en suelos marginales, donde muchos de los cultivos tradicionales no pueden, por lo que se pueden cultivar regiones que antes se encontraban subutilizadas. La quinua se cultiva en los Andes bolivianos, peruanos, ecuatorianos y colombianos, así como en el altiplano y al nivel del mar en la zona centro sur de Chile, desde hace unos 5000 años. Al igual que la papa, fue uno de los principales alimentos de los pueblos australes, andinos precolombinos.

La quinua es una semilla, pero se consume generalmente como si fuera un cereal, tiene un contenido promedio de proteína de 14,6%, el cual es superior al de los cereales tradicionales, donde incluso algunas variedades alcanzan hasta in 21,9% de proteína. La quinua tiene también una composición de aminoácidos, relación de eficiencia de proteínas, digestibilidad de proteínas y balance de nitrógeno comparable con el de la caseína. La proteína de la quinua es particularmente alta en lisina y metionina, así como también histidina.

Adicionalmente, la quinua no está en ninguna lista de alérgenos reconocidos de alimentos. Se considera libre de gluten o prolaminas, por lo que la harina de quinua tiene muchos usos y aplicaciones.

La patente US 7.563.473, la cual se incorpora aquí en su totalidad a modo de referencia, enseña un proceso para extraer los diferentes componentes de la quinua, tal como la harina, el aceite, la fibra, la proteína, etc., mediante un proceso de secado. Estos componentes se extraen para utilizarlos en diferentes productos alimenticios tanto para
5 personas como para animales. Por su parte, la solicitud de patente WO 2009/042998, que se incorpora acá como referencia en su totalidad, enseña un método para obtener un concentrado de proteína de quinua, junto con otros componentes tales como aceite, almidón y fibra de quinua.

10 Sin embargo, estos procedimientos no aprovechan al máximo los nutrientes disponibles en la semilla de quinua, particularmente aquellos contenidos en el endospermo. La patente US 4.435.429, que se incorpora aquí en su totalidad como referencia, enseña un método para extraer el endospermo de forma acuosa y separarlo de los demás productos de la quinua. Si bien esta tecnología permite obtener un producto con alto
15 valor nutricional, no aprovecha en su totalidad el potencial alimenticio de este componente de la semilla, por lo que existe en el arte la necesidad de un proceso que mejore la calidad nutritiva de la harina de quinua sin alterar su valor nutricional.

El interés de realizar un fraccionamiento tiene el propósito de resaltar el valor nutricional y funcional del grano de quinua, en el sentido de aprovechar la estructura y morfología de la semilla de quinua, principalmente el óvulo del tipo campilótropo o curvo, donde la posición del funículo; que une el óvulo a la placenta, el eje de la nucela se curva de modo que la línea que une la micropila a la chalaza. Los dos cotiledones, su hipocotilo y radícula han girado; formando un cinturón que ajusta al perisperma, lo que si se llega
25 a romper el funículo, se produce la germinación de la semilla, lo que en la presente invención se busca es romper a diferentes presiones hidroestáticas; acelerar la imbibición (adsorción – absorción), para provocar la germinación, pero sin de dejar que se produzca un desplazamiento de las reservas nutricionales, posibilitando obtener un producto con sus constituyentes originarios. El paso siguiente es provocar un estrés
30 térmico para evitar crecimiento de la plántula, es decir, provocar una muerte del embrión.

El grano-semilla presenta una estructura y morfología particular, es del tipo "campilotropos" de **Boesewinkel y Bouman (1984)** o, sea, en un corte longitudinal medio de la semilla madura, **Prego et al., (1998)** identificaron, principalmente, endospermo, perisperma y embrión. En la semilla madura, el endospermo está presente únicamente en la región microcapilar; conformado por una o dos capas de células, envolviendo el eje radicular del embrión.

El embrión está conformado por el eje radicular (R) y dos cotiledones (C). El perisperma (P) consiste de células de paredes delgadas y uniformes las cuales son depositarias de **granos de almidón** de forma angular y tamaño aproximado entre **1,0 a 2,0 μm Atwell et al. (1983), 0,5 a 1,0 μm Prego et al., (1998) y Rayner et al., (2012).**

El fluido, agua, genera presión sobre el fondo, las laterales del recipiente y sobre la superficie del objeto introducido en él (granos de quinua). De acuerdo a la estructura y morfología del grano; campilotropos, al romper el fúnculo, el embrión (cotiledones C y C) se desprende de la radícula (R) dejando expuesto el perisperma (P). La tensión existente del curvamiento de los cotiledones en la semilla, produce una separación de cotiledones, endosperma del perisperma, que luego mediante una acción mecánica se obtiene la fracción seca.

DESCRIPCION RESUMIDA DE LA INVENCION

El consumo de quinua se lleva a cabo generalmente a través de preparados de grano entero y harinas, a partir de dicho las cuales se pueden producir muchas preparaciones tales como pastas, panes, galletas, coladas, malteadas, etc. El principal inconveniente encontrado en las diferentes preparaciones se encuentra en que el porcentaje de contenido de harina de quinua es bajo, alrededor del 7 - 12%, respecto a los demás ingredientes de la formulación del producto, ya que una fracción mayor de harina produce un rechazo del producto debido a la detección organoléptica del sabor amargo producto de la presencia de saponinas, así sea que al grano se le haya propuesto un proceso de limpieza de saponinas; por otra parte, la inclusión mayor de harina de quinua en las diferentes preparaciones ocasiona un daño tecnológico del producto, principalmente endurecimiento y mayor compactación.

Por lo tanto, es un objeto de la presente solicitud el proporcionar un método para mejorar las propiedades alimenticias de la harina de quinua con el fin de proporcionar una materia prima que suplementa mejor los productos que se derivan de la misma.

De igual forma, es un objeto de la presente solicitud el proporcionar un extracto de quinua caracterizado por un contenido de nutrientes y fitoconstituyentes más alto que las harinas de quinua comúnmente disponibles en el mercado.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

Para poder lograr el objeto de la presente invención, no es suficiente moler el grano de la semilla de quinua, debe someterse a un proceso de inducción de la germinación que
5 estimule el endospermo de la semilla a desarrollarse, llenándose de nutrientes ricos en proteína y otros elementos, para luego someter la semilla germinada a un tratamiento térmico que detenga abruptamente la germinación, matando la plántula.

De esta manera se realiza un fraccionamiento que tiene el propósito de resaltar el valor
10 nutricional y funcional del grano de quinua, en el sentido de aprovechar principalmente el óvulo del tipo campilótropo o curvo de la quinua, donde la posición del funículo que une el óvulo a la placenta, el eje de la nucela, se curva de modo que la línea que une la micropila a la chalaza, los dos cotiledones, su hipocotilo y radícula han girado formando un cinturón que ajusta al perisperma. Lo cual llega a romper el funículo,
15 produciendo la germinación de la semilla.

Lo que el método de la presente invención busca es acelerar la imbibición (adsorción – absorción) de la semilla, para provocar la germinación, pero sin de dejar que se produzca un desplazamiento de las reservas nutricionales al romper, a diferentes
20 presiones hidroestáticas, la semilla de quinua posibilitando obtener un producto con sus constituyentes originarios.

El paso siguiente es provocar un estrés térmico para evitar crecimiento de la plántula, es decir, provocar una muerte del embrión.

De acuerdo con una modalidad el método de la presente invención, se sumergen las semillas de quinua en una solución de agua con 10% p/v de fitorreguladores, seleccionados de ácido giberélico y ácido naftalenacético, a una profundidad de 5 cm; se dejan por 36 horas; se extraen de la solución y se secan a una temperatura entre 40
30 y 45°C por espacio de 30 minutos, por último, se realiza una molienda con molino de discos y un ajuste leve, lo que produce una separación de las fracciones.

En una modalidad preferida de la invención, el proceso de imbibición inducida pretende conservar, encapsulados, los nutrientes del grano. La inmersión de las semillas de
35 quinua en agua con fitorreguladores se lleva a cabo hasta lograr la imbibición completa - 60-70% de peso/grano, lo cual estimula la germinación.

Luego se retiran las semillas del agua y se someten a un estrés térmico a una temperatura entre 4-10°C y una humedad entre 35-45%, con el propósito de evitar que

la semilla continúe con su etapa germinativa. Con este proceso, el grano ha perdido entre un 80-90% de la humedad imbibida, lo que permite efectuar una molienda en seco, seguida de un tamizado donde se recuperan dos fracciones, una gruesa y otra fina.

5

La fracción fina conserva una carga de alrededor de un 15% de fracción gruesa, por lo que se disuelve en agua, donde se obtiene una solución de almidón y la fracción gruesa, la cual es recuperada por filtración. La fracción gruesa proveniente de esta etapa se integra a la fracción gruesa principal.

10

Por último, la fracción gruesa se seca a una temperatura de alrededor de 74 °C por un tiempo aproximado de 3 horas.

Esta fracción gruesa corresponde a FQFS+E40GA y la fracción filtrada se trata con NaOH al 0,10-0,20% p/v para retirar contenidos de proteínas y grasas, lo que posibilita disponer de la fracción amilacea.

15

Ejemplo 1

20

Con el fin de establecer el efecto que tiene la presión hidrostática sobre el porcentaje de germinación de las semillas de quinua, se hicieron diferentes pruebas con diferentes tipos de quinua. Los resultados se muestran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1

Probeta 2000ml Presión hidrostática Pascal	Procedencia/Referencia variedad ¹				
	Nariño/Tunkuhua n %germinación	Boyacá/Sogamoso o %germinación	Nariño/Blanca de gericó %germinación	Cauca/Tunkuhua n %germinación	Cundinamarca/Guasca a %germinación
0,98	50%	35%	75%	25%	No germino
1,96	50%	35%	75%	25%	No germinó
2,94	75%	30%	65%	30%	10%

25

Ejemplo 2

30

Con el fin de determinar el valor nutricional de la fracción QFSF+E40GA, se realizó un análisis cuantitativo de los componentes de la misma. Los resultados de éste análisis se muestran en la tabla 2 a continuación.

¹ En Colombia no se ha definido con claridad el tipo de quinua que se cultiva, en la investigación se decide codificar de acuerdo a la procedencia y a la manifestación del proveedor de la variedad o ecotipo de material que cultiva.

Tabla 2

Caracterización físicoquímica – análisis químico proximal de la fracción QFSF+E40GA:

Humedad %	Materia seca%	Proteína%	Grasa%	Fibra cruda%	Carbohidratos%	Carbohidratos reductores %	Ceniza%	Energía bruta Caloría/g
12,67	87,32	17,68	6,01	4,88	56,48	15,16	2,28	3818,32

Ejemplo 3

5

Se realizó una evaluación del proceso de secado de la quinua germinada de acuerdo con el método de la presente solicitud. El proceso de secado de la fracción gruesa húmeda se realizó a 74 °C durante 3 horas, consiguiéndose en este tiempo la humedad deseada del producto, en este caso la fracción gruesa seca, 3,280 kg se obtiene con una humedad de 15,45% la cual se encuentra según el rango especificado en el numeral de variables de proceso. Dentro del proceso hay pérdidas de agua en las muestras, por lo que se halla esta cantidad con la ecuación 12.

10

Ecuación 1. Pérdida de agua en el proceso de secado

15

$$P_{agua} = P_i * M_s * (H_i - H_f)$$

Fuente: Alternativas Energéticas a Partir De La Caria De Azúcar Como
Suplemento En La Alimentación De Bovinos. Corpoica

20 Donde

P_i = Peso inicial de la muestra

M_s = Peso seco de la muestra

H_i = Humedad inicial

H_f = Humedad final

25

El peso seco de la muestra se determina por la ecuación 2, que determina el peso final de la muestra; despejando dicha ecuación, se obtiene los datos del peso seco de la muestra en la tabla 9.

30

Ecuación 2. Ecuación peso final de la muestra con respecto al peso seco de la muestra.

$$P_f = P_i - M_s * P_i(H_i - H_f)$$

Fuente: Alternativas Energéticas a Partir De La Caria De Azúcar Como
Suplemento En La Alimentación De Bovinos. Corpoica

35

Tabla 3. Peso seco de la muestra

Muestra	Peso seco de la muestra (Kg) M_s	Pérdida de agua (L)
Fracción gruesa de quinua	1,22	14,513

Ecuación 3. Porcentaje de pérdidas en el proceso

$$\%Pérdidas = 100 - \left(\frac{sumatoria (Kg) * 100}{10 Kg} \right)$$

5

Tabla 4. Porcentaje de pérdidas en el proceso

Peso seco de la fracción gruesa (Kg)	Peso seco del almidón (Kg)	Sumatoria (Kg)	Pérdidas en el proceso %
3,280	6,461	9,741	2,59

Por otra parte, la velocidad de pérdida de agua calculada se halló por la ecuación 4, a las diferentes temperaturas tomadas en las muestras de la fracción de quinua.

10

Ecuación 4. Calculo de la velocidad de secado

$$W = \frac{U(T - T_w)}{\lambda}$$

Fuente: Velocidad de secado. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.

Disponible de World Wide Web:

15 <http://epsem.upc.edu/~assecadordesolids/castella/fonaments%20energia.html>.

Siendo

U = *coeficiente de transicion de calor*

λ = *calor latente de vaporización*

20 $T_w = T$ = *temperatura del aire*

En los resultados de las velocidades para cada muestra, las variaciones se muestras en la tabla 10.

25 Tabla 5. Velocidad se secado para las diferentes muestras de fracción gruesa

Muestra	Velocidad de secado (m/s)
102	27,1508
201	25,5446
301	28,2092
402	27,9421
404	26,8245

Las variaciones de temperaturas entre las muestras evidencian que no hay cambio entre la fracción de una especie u otra. Tomando en cuenta una humedad final de máximo 16%, un tiempo de 3 horas y una temperatura no mayor a 100 °C se obtienen velocidades que no superan los 30 m/s. Esta velocidad de secado se obtuvo con datos
5 constantes de temperatura y tiempo, pero es de saber que en el proceso la velocidad disminuye a medida que aumenta la humedad en el aire.

El experto con habilidad en la materia entenderá que el grado de germinación de la semilla y el número de semillas germinadas, afecta el contenido de nutrientes del
10 producto final. Por lo tanto, la profundidad a la cual se sumergen las semillas, la temperatura del medio y la composición de los fitorreguladores afectan el grado de germinación y el número de semillas germinadas, por lo que las variaciones a estos parámetros también se encuentran dentro del alcance de la presente solicitud.