

ALMIDÓN RESISTENTE OBTENIDO A PARTIR DE TUBÉRCULOS ANDINOS Y SU PROCESO DE OBTENCIÓN

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere al proceso de obtención y a una composición de almidón que contiene una proporción de almidón resistente tipo 3 mayor al 47% y de fibra dietaria mayor al 45% obtenidos a partir de *Canna Edulis* ó *Ipomoea batatas spp.*, caracterizado por una capacidad calorífica específica determinada por calorimetría diferencial de barrido DSC de 1,251 J/gK para el almidón resistente de *Ipomoea batatas spp.* y 0,314 J/gK para el almidón resistente de *Canna edulis spp.* y picos cristalográficos determinados por difracción de rayos X DRX en posición 2θ : 15,08 y 17,09 para el almidón resistente de *Canna Edulis* y en posición 2θ d 16,95, 19,66, 21,9, y 19,71 para el almidón resistente de *Ipomoea batatas spp* de intensidades mayores al 38%. Esta composición disminuye el índice glicémico y el colesterol total cuando se incluye en la dieta diaria.

Las propiedades de los almidones se pueden modificar mediante una variedad de métodos químicos, físicos y biotecnológicos adquiriendo propiedades específicas deseables para aplicaciones nutricionales, medicinales e industriales, incrementando considerablemente su valor y demanda en los mercados internacionales. Un tipo de almidón modificado es el almidón resistente AR¹ que debe su denominación al hecho de resistir el ataque de las enzimas digestivas.

Los almidones resistentes se clasifican en 5 tipos; el almidón resistente tipo 1 (AR1) que corresponde a almidón físicamente inaccesible presente en paredes

¹ El almidón resistente AR no es hidrolizado en el intestino delgado. (Thompson, 2000) y contiene mayor proporción de amilosa (polímero de glucosa de estructura lineal) que de amilopectina (polímero de glucosa de estructura ramificada) que el almidón nativo. (Moorthy, 2002).

celulares de plantas y granos (Shi y Maningant, 2013), el almidón resistente tipo 2 resistente debido a la naturaleza refractaria y el tamaño de gránulos de almidón de ciertas plantas (Leszczyński, 2004), el almidón resistente tipo 3 generado por la reasociación, o retrogradación, de moléculas de almidón posterior a la cocción que frecuentemente genera cristalinidad, el almidón resistente tipo 4 obtenido como resultado de diferentes clases de reacciones químicas (Englyst, 1994), y, el almidón resistente tipo 5 cuya resistencia enzimática se debe a la formación de complejos amilosa lípido (Becker, Hill, y Mitchell, 2001; Shi y Maningant, 2013).

El almidón resistente de la presente invención corresponde al almidón resistente tipo 3, el cual consiste en generado por la reasociación, o retrogradación, de moléculas de almidón posterior a la cocción u otra serie de procesos hidrotérmicos que frecuentemente generan cristalinidad. Se sabe que la extensión de la retrogradación es función del contenido de amilosa.

Sin embargo, en nuestro país la investigación y desarrollo en almidones modificados y específicamente en almidones resistentes, es escasa, principalmente por el desconocimiento de las propiedades y potencialidades de gran diversidad de fuentes disponibles. Los procesos de producción de almidones modificados como el almidón resistente (AR) y sus derivados, a partir de materias primas locales no convencionales (con ventajas competitivas), se presenta como un campo fértil de investigación con posibilidades de aprovechar y conservar nuestra agrobiodiversidad. (Malcolm, 2006).

Por lo anterior, este campo tecnológico de obtención de almidones modificados a partir de tubérculos y raíces tuberosas andinas subvaloradas, está por desarrollar especialmente para lograr procesos sencillos y económicos que puedan instaurarse en unidades agrícolas familiares productoras de materias primas propias de nuestra agrobiodiversidad de Colombia con potencial para la producción de almidón resistente (AR) con propiedades competitivas frente a los almidón resistente comerciales. Adicionalmente, se busca contribuir con la preservación de nuestra

agrobiodiversidad dado que estos cultivos por su creciente desuso están en grave riesgo de erosión genética.

Particularmente, la presente invención se refiere a un proceso hidrotérmico para la obtención de almidón resistente tipo 3 a partir de *Canna Edulis spp.* ó *Ipomoea batatas spp*, que comprende las etapas de extracción, obtención y purificación del almidón nativo de la especie; para luego llevarlo por secado hasta una humedad del 10 al 15%, pesar una cantidad de almidón nativo y formar una lechada al 10% por adición de agua, seguido de homogenización por agitación, adicionar una cantidad de enzima amiloglucosidasa, pululanasa o isoamilasa e incubar mediante calentamiento y agitación permanente, dejar estabilizar a temperatura ambiente, someter a presión de y temperatura en una autoclave. Dejar que se alcance la temperatura ambiente igual y colocar en refrigeración, repetir el ciclo de autoclavado-enfriamiento varias veces. Refrigerar por varios días, lavar y centrifugar varias veces con solución etanólica, filtrar, secar, moler, tamizar y empacar el producto.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Existen pocos estudios de investigación y procesos de conservación de cultivos de tubérculos y raíces tuberosas subvaloradas como el cubio (*Tropaeolum tuberosum*), la ibia (*Oxalis tuberosa*), la ruba (*Ullucos tuberosus*), la achira (*Canna Edulis*)ó la batata (*Ipomoea batatas*) que poseen propiedades nutricionales y medicinales aprovechadas por nuestros ancestros y algunos de ellos son recomendados para asociarlos con otras siembras por su función ecológica en los cultivos de repeler plagas (Tapia & Fries, 2007).

La generación de valor de los cultivos de tubérculos y raíces tuberosas ancestrales, a partir de la aplicación de enfoques participativos y de una clara visión de la demanda, y el desarrollo de tecnología de transformación de esta agrobiodiversidad, es clave para la generación de ingresos y la sostenibilidad de los pequeños productores y se puede constituir en una importante alternativa alrededor

de la cual se generen estrategias productivas, con unidades agrícolas familiares como alternativa de conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad Andina.

El público en general tiene dietas basadas en un alto consumo de almidones y sus productos derivados, este tipo de dietas generan en la población, altas tasas de obesidad y problemas de diabetes.

El producto de esta invención es un almidón modificado y su proceso de obtención, puede ser empleado para todas las aplicaciones de los almidones, pero su elevado contenido de fibra dietaria genera sensación de saciedad en quienes lo consumen, disminuye la resistencia a la insulina por lo que puede ser consumido por diabéticos, disminuye los niveles de triglicéridos y glucosa en sangre y mejorar el sistema inmune intestinal. Este producto también puede ser comercializado como suplemento nutricional con propiedades medicinales y nutricionales.

Canna Edulis spp., es una planta perenne de 1,5 a 3 metros de altura perteneciente a la familia de las cannaceas, de rizoma carnoso y ramificado labrada por surcos transversales, que marcan la base de escamas que la cubren; de la parte inferior salen raicillas blancas y del ápice, donde hay numerosas yemas, brotan las hojas, el vástago floral y los tallos. Las hojas son anchas, de color verde o verde violáceo, con peciolo cortos y láminas elípticas, Los frutos son cápsulas de elipsoides a globosas de color castaño, con gran cantidad de semillas negras y muy duras (Hokche, Berry & Huber, 2008). Este cultivo se adapta a gran variedad de climas, se desarrolla en regiones con climas de 16C a 32C de temperatura y lluvias desde 250 hasta 4000 mm al año. El granizo y las heladas dañan al cultivo. La planta crece entre 0 y 2650 msnm, y requiere gran luminosidad para obtener buena producción de almidón (Rodríguez et al, 2003).

Ipomoea batatas spp., son plantas trepadoras perennes; con tallos postrados o volubles, algo suculentos pero también delgados y herbáceos, generalmente con raíces en los nudos, glabros o pubescentes. Hojas variables, enteras o dentadas. Frutos poco comunes, ovoides, semillas redondeadas café (Austin & Mc Donald,

2014). Los tubérculos presentan formas: redonda, ovalada, elíptica, oblonga con color de piel blanco, amarillo, anaranjado, rosado, morado oscuro (Huamán, 1992). Se cultiva al aire libre, es necesario dejar el terreno perfectamente mullido para facilitar la vegetación de la planta y el engrosamiento de los tubérculos. Los estiércoles frescos suelen producir una vegetación aérea exuberante, con raíces largas y bastas. Según la zona de cultivo, pueden variar las épocas de cultivo, pero en general se realiza durante los meses de abril y junio. En los climas más cálidos puede escogerse cualquier época, siempre durante la estación seca, aportando riegos abundantes.

Como se puede destacar a partir de la descripción básica de estas especies, se producen en condiciones climáticas y agronómicas muy comunes en nuestro país y sus tubérculos ó raíces tuberosas presentan una importante diversidad morfológica. Adicionalmente su resistencia a plagas por tratarse de cultivos rústicos en alta lo que hace que sus requerimientos de productos químicos para su cultivo sea baja o nula, resaltando el papel ecológico que pueden cumplir.

Dentro de las macromoléculas más abundantes en estos recursos, se encuentra almacenado en los amiloplastos el almidón, principal metabolito de las plantas constituido por gránulos de diversa complejidad, forma y tamaño (Campbell y Farrell, 2004).

Las propiedades de los almidones se pueden modificar mediante una variedad de métodos químicos, físicos y biotecnológicos adquiriendo propiedades específicas deseables para aplicaciones nutricionales, medicinales e industriales, incrementando considerablemente su valor y demanda en los mercados internacionales. Un tipo de almidón modificado es el almidón resistente AR² que debe su denominación al hecho de resistir el ataque de las enzimas digestivas.

² El almidón resistente AR no es hidrolizado en el intestino delgado. (Thompson, 2000) y contiene mayor proporción de amilosa (polímero de glucosa de estructura lineal) que de amilopectina (polímero de glucosa de estructura ramificada) que el almidón nativo. (Moorthy, 2002).

En el estado del arte se encuentra la patente española ES 2 170 340 T3, que hace referencia a una composición de almidón que contiene una alta proporción de almidón resistente que se caracteriza por una distribución específica de longitudes de las cadenas de la fracción de almidón resistente y por una temperatura específica de punto de fusión relativamente baja caracterizada por calorimetría diferencial de barrido DSC. Esta composición muestra además un patrón de fermentación específico que da como resultado un mayor nivel de butirato. Las materias primas referidas en dicha invención son: patata, trigo, tapioca, y almidón de maíz de alta amilosa. Este documento no hace referencia a almidón resistente tipo 3 como el obtenido mediante el procedimiento novedoso de la presente invención.

La patente estadounidense US 6468355 B1, se refiere a la fabricación de almidón resistente granular estable por hidrólisis ácida y tratamiento hidrotérmico. Se refiere a un producto granular estable de almidón resistente al 60% determinado por el método TDF. Este almidón resistente se prepara sometiendo un almidón nativo a hidrólisis ácida seguida de un tratamiento hidrotérmico el cual debe ser preferiblemente un tratamiento de humedad-calor. El RS granular estable producido, puede ser empleado para la formulación de productos bajos en grasa, altos en fibra y hacer tabletas y como un inhibidor de formación excesiva de cristales en productos congelados. El almidón obtenido fue caracterizado por DSC, contenido de RS por el método TDF. Este documento no menciona que el almidón nativo proviene de los tubérculos andinos empleados en la presente invención.

La patente PCT/BR2017/000148 presenta un método para producir almidón resistente tipo 3 y tipo 5 por extrusión termoplástica para su consumo directo en cereales para el desayuno o en forma de un ingrediente en polvo precocido y/o instantáneo para formulaciones alimenticias, que actúa como espesante, encapsulante, humectante o agente gelificante. El método de preparación del almidón resistente es completamente diferente al novedoso procedimiento de la presente invención.

De otra parte el documento CN102161706B hace referencia a una invención con un proceso de utilización de tubérculos de *Canna Ker* en particular a un pretratamiento por explosión de vapor: los tubérculos se lavan dentro de un tanque de explosión de vapor, llenado con vapor a alta temperatura y se permite que se desarrolle en el tanque la presión de explosión determinada por ejemplo 0,8 MPa por 2 minutos y rápidamente se abre la válvula de ventilación del tanque y se retorna rápidamente a la presión de explosión de vapor de *Canna*, el almidón se aísla por extracción con agua y después se tamiza y se realiza una hidrólisis por 4 horas con ácido clorhídrico e hidróxido de sodio y entonces sellado en un baño de agua hirviendo por 3 horas enfriada a temperatura ambiente. Filtrado y lavado a 4°C, enfriado por 24 horas, secado y tamizado sobre tamiz malla 80. Como se observa, el procedimiento de este documento presenta condiciones altas de temperatura y emplea hidróxido de sodio, que no son utilizadas en el procedimiento de preparación de almidón resistente de la presente invención.

La patente WO2012106708 A2 se refiere a métodos de preparar productos de papa mejorados con contenido de almidón resistente, específicamente se refiere a composiciones que comprenden productos de papa con contenido de almidón resistente que reducen los valores estimados de índice glicémico y métodos de preparar y usar estos productos de papa reforzados con contenido de almidón resistente. Los valores de índice glicémico son discutidos. Este documento hace referencia a almidón de papa, pero no menciona los tubérculos andinos utilizados en nuestra investigación.

De otra parte la patente US7081261 B2 hace referencia a un almidón resistente preparado por extensa desramificación de almidón con enzima isoamilasa. Este almidón resistente es usado en productos comestibles incluyendo suplementos nutricionales. En un ejemplo se describe la preparación de almidón resistente de maíz sometiendo una lechada de almidón de maíz a cocción por chorro (jet cooked) con vapor a 157°C y 80 psi (551 KPa). El almidón cocinado fue colocado en una tetera de reacción y luego fue enfriado a 55°C. El pH de la solución fue ajustada a 4 adicionando

una solución agua: HCl en proporción 3:1, posteriormente se adiciona isoamilosa al 0,2% peso a peso respecto al almidón para iniciar la reacción de desramificación. Después de 24 horas de reacción a pH 4 y 55 °C, el pH fue ajustado a 6 usando 3% de NaOH y la muestra fue calentada a 85 °C por 20 minutos para desnaturalizar la enzima. Entonces se suspende el calentamiento y la muestra fue enfriada a temperatura ambiente y cristalizada toda la noche 16 horas entonces se obtuvo una torta que fue filtrada y el producto fue secado con aire. En otro ejemplo se convierte en RS por este procedimiento diferentes almidones de maíz ceroso (de baja amilosa) comercial. El procedimiento de la presente invención emplea temperaturas más bajas y no utiliza NaOH ni HCl. Además, el método de este documento emplea la técnica de jet cooked.

De otra parte la patente US7081261 B2 y EP1362869 A1 hace referencia a un almidón resistente preparado por extensa desramificación de almidón con enzima isoamilasa. Este almidón resistente es usado en productos comestibles incluyendo suplementos nutricionales y caracterizado por DSC, NMR, digestión simulada. En un ejemplo se describe la preparación de almidón resistente de maíz sometiendo una lechada de almidón de maíz a cocción por chorro (jet cooked) con vapor a 157°C y 80 psi (551 KPa), el almidón cocinado fue colocado en una tetera de reacción y luego fue enfriado a 55°C. El pH de la solución fue ajustada a 4 usando NaOH y la muestra fue calentada a 85 °C por 20 minutos para desnaturalizar la enzima. Entonces se suspende el calentamiento y la muestra fue enfriada a temperatura ambiente y cristalizada toda la noche 16 horas entonces se obtuvo una torta que fue filtrada y el producto fue secado con aire. Este procedimiento emplea reactivos químicos con el NaOH y la técnica de jet cooked.

Finalmente, la patente US 7276126 B2 hace referencia a la producción de almidón resistente por extrusión a 200 rpm y presenta un proceso para producir almidón resistente a la acción de la alfa amilasa que comprende la extrusión de almidón alimentado a una temperatura entre 60°C y 220°C, el almidón empleado como materia prima del proceso puede estar sólido o como lechada al 50%. El proceso

opcionalmente puede incluir un paso adicional de calentamiento del almidón producido a una temperatura de al menos 90°C para incrementar la resistencia del producto a la alfa amilasa. Como se puede observar, es un método de producción complejo y que emplea temperaturas muy altas.

Se requiere un proceso sencillo y económico que pueda aplicarse a recursos propios de nuestra agrobiodiversidad para darles valor agregado al convertirlos en productos de alta demanda como el almidón resistente que genera con su consumo efectos nutricionales y sobre la salud intestinal como los siguientes: promoción de la liberación lenta y prolongada de insulina, estimulación del crecimiento y expresión genética de microbiota intestinal benéfica como los géneros *Bifidobacteria* y *Lactobacillus* (Lee, Kim, Choi y Moon, 2012), formación de mayor cantidad cecal de butirato (fuente energética de los enterocitos) generados por fermentación bacteriana (Bello, Agama, Sánchez y Paredes, 1999) (Annison, Illman y Topping, 2003) inhibición de daños genéticos causados por dietas altas en proteína (Okuma y Kishimoto, 2004), incremento de la oxidación de las grasas para generar energía (Gibson y Roberfroid, 1995; Rodríguez, 2013) y disminución de grasa corporal (Lefranc, Wils, Henry y Saniez, 2006, Gordon, 2007).

Teniendo en cuenta los efectos benéficos del AR antes descritos, así como el hecho de que su metabolización puede tardar entre 5 y 7 horas después del consumo, a diferencia de los carbohidratos normales que se digiere inmediatamente, reduciendo la glicemia posprandial e insulinemia aumentando el período de saciedad (Sharma, Yadav y Rikita, 2018), se pueden plantear algunas estrategias nutricionales entre las que se pueden mencionar:

- Su inclusión como parte de dietas para personas con hiperglicemia, diabetes, niveles elevados de colesterol LDL y triglicéridos en sangre, así como niveles elevados de grasa corporal por su poder saciante y sus efectos benéficos sobre el metabolismo de los lípidos, glucosa e insulina, y en general sobre la homeóstasis energética (Shi y Maningant, 2013).

- Su adición como ingrediente (prebiótico) en dietas y productos nutricionales especializados en la promoción de la salud intestinal para humanos y animales (Lee, Kim, Choi y Moon, 2012; (Annison, Illman y Topping, 2003).
- Su inclusión radical en dietas para animales reemplazando completamente a los demás carbohidratos para lograr la misma ganancia en peso y un producto final con menos de grasa corporal que con dietas tradicionales, con un menor consumo de alimento por el efecto saciante del AR (Cani et al, 2005; Delzenne et al, 2005) y una mejor eficiencia alimenticia (So et al, 2007).

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto principal de la presente invención es por un lado es ofrecer a la industria de alimentos humanos y pecuarios un almidón modificado que puede ser empleado en vez de los almidones tradicionales con evidentes ventajas nutricionales: es una fibra dietaria de bajo contenido calórico, genera saciedad, disminuye el índice glicémico y el nivel de triglicéridos en sangre entre otros.

El almidón resistente desarrollado, tiene un contenido elevado de fibra dietaria para emplear en suplementos nutricionales o en productos alimenticios basados en almidón sin afectar su sabor ó textura aportando beneficios para la salud intestinal a través de la fermentación de este almidón resistente en ácidos grasos de cadena corta en el colon promoviendo el sistema inmune intestinal, disminuir el índice glicémico postprandial y la respuesta insulémica, el colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) y la ingesta energética al generar sensación de saciedad.

De otra parte el desarrollo de un proceso que respecto del estado del arte anterior; emplea por una parte la desramificación de las cadenas de amilopectina para generar más porcentaje de amilosa favoreciendo el porcentaje de retrogradación del almidón nativo y por tanto el porcentaje de almidón resistente en la composición al aplicar el subsecuente proceso hidrotérmico propuesto. Este método es más sencillo

y económico que el Jet cooked y más ecológico al emplear solamente enzimas biológicas y someter el almidón a diferentes presiones y temperatura que los descritos en el arte anterior, en los que emplean reactivos químicos como el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio.

De esta manera, el proceso propuesto por sus características puede instaurarse en unidades agrícolas familiares productoras de materias primas alternativas a las tradicionales propias de la agrobiodiversidad andina como *Canna Edulis spp.* o *Ipomoea batatas spp.*, con potencial para la producción de este almidón.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

La Figura 1 ilustra un diagrama que define las etapas de obtención del almidón resistente según el proceso de la presente invención.

La figura 2 ilustra la calorimetría diferencial de barrido y capacidad calorífica del almidón resistente tipo 3 de *Canna Edulis spp.*

La figura 3 ilustra la calorimetría diferencial de barrido y capacidad calorífica del almidón resistente tipo 3 de *Ipomoea batatas spp.*

La Figura 4 ilustra el espectro infrarrojo (FTIR) del almidón resistente de *Canna Edulis spp*

La Figura 5 ilustra el espectro infrarrojo (FTIR) del almidón nativo de *Canna Edulis spp*

La Figura 6 ilustra el espectro infrarrojo (FTIR) del almidón resistente de *Ipomoea batatas spp.*

La Figura 7 ilustra el espectro infrarrojo (FTIR) de almidón nativo de *Ipomoea batatas spp.*

La Figura 8 ilustra el difractograma de rayos X (DRX) del almidón resistente de *Canna Edulis spp*

La Figura 9 ilustra el difractograma de rayos X (DRX) del almidón resistente de *Ipomoea batatas spp*

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un almidón resistente tipo 3 obtenido a partir de *Canna Edulis spp. o Ipomoea batatas spp.*, y su proceso de obtención mediante hidrólisis enzimática y tratamiento hidrotérmico.

Según la presente invención, el almidón resistente con base es obtenido a partir de *Canna Edulis spp. o Ipomoea batatas spp*, por un proceso de hidrólisis enzimática y posterior tratamiento hidrotérmico desarrollado específicamente para este fin. El almidón resistente desarrollado cuenta con propiedades fisicoquímicas, funcionales y de digestibilidad competitivas frente a los almidones resistentes comerciales.

Particularmente, la presente invención se refiere a un proceso de hidrólisis enzimática y posterior tratamiento hidrotérmico para la obtención de almidón resistente tipo 3 a partir de *Canna Edulis spp. o Ipomoea batatas spp.*, que de acuerdo con la Figura 1, comprende:

- i. un primer paso de preparación de una suspensión al 10% de almidón nativo de *Canna edulis spp.ó Ipomoea batatas, spp.*;
- ii. un segundo paso de hidrólisis enzimática con amiloglucosidasa, isoamilasa o pululanasa donde se agrega a la suspensión obtenida en el paso anterior *i*, una cantidad de enzima entre 2,5 % p/p y 3,2 % p/p bajo agitación continua entre 45°C y 50°C entre 4 y 5 horas para amiloglucosidasa, entre 2,7% p/p y 3,3% p/p bajo agitación continua entre 38°C y 42°C entre 7 y 8 horas para isoamilasa, y, entre 2,3% p/p y 2,7 % p/p bajo agitación continua entre 58°C y 62°C entre 4

- y 6 horas para pululanasa, donde la agitación se realiza en un baño maría seguido de estabilización térmica al ambiente;
- iii. un tercer paso de autoclavado a una presión entre 30 Psi (206,9 KPa) y 50 Psi (344,83 KPa), a una temperatura entre 120°C y 140°C por un periodo de 60 a 240 minutos. Dejar en reposo hasta que alcance la temperatura ambiente;
 - iv. un cuarto paso que consiste en colocar la suspensión en refrigeración entre 0°C y 4°C por 24 horas; y,
 - v. un quinto paso en el que se repite el ciclo de autoclavado-enfriamiento de dos a cuatro veces más. Al terminar el último ciclo de autoclavado, dejar en refrigeración por 5 a 7 días retirar la suspensión del refrigerador y dejar en reposo hasta que alcance la temperatura ambiente.

Así para la presente invención se obtiene la suspensión del almidón resistente tipo 3.

Posteriormente, la suspensión del almidón resistente tipo 3 obtenida, se somete a una serie de lavados y centrifugados con solución etanólica entre el 50% y el 70% seguido de decantación y paso del sobrenadante sobre una malla de muselina para recuperar el almidón que se encuentre con un tamaño de partícula fino.

De igual forma se procede al secado del almidón obtenido entre 30°C y 40 °C en horno de secado o por secado natural hasta obtener una humedad menor al 15%, y, finalmente a molienda y tamizado a través de malla 2 mm.

Según la presente invención, el almidón resistente tipo 3 con base en tubérculos y raíces tuberosas andinas subvaloradas es obtenido por un tratamiento que incluye una etapa de hidrólisis enzimática seguido de un proceso hidrotérmico desarrollado específicamente para este fin.

El almidón resistente tipo 3 desarrollado según la presente invención, cuenta con propiedades fisicoquímicas, funcionales y de digestibilidad competitivas frente a los almidones resistentes comerciales tales como mayor resistencia a los procesos

térmicos que sus almidones nativos correspondientes, un contenido de volátiles entre el 31 y el 51% menor, rango más estrechos de temperatura gelatinización lo que hace ventajoso su empleo en la industria de alimentos por facilitar su procesamiento sin perder propiedades.

Esta invención se refiere al proceso de obtención y a una composición de almidón que contiene una proporción de almidón resistente mayor al 47% y un elevado contenido de fibra dietaria mayor al 45% impartiendo a los productos que se fabriquen con este almidón la capacidad de generar beneficios para la salud propios de la fibra dietaria tales como mejorar la salud intestinal a través de su fermentación en productos a los que se les atribuye efectos anticancerígenos como los ácidos grasos de cadena corta, poder ser consumidos por diabéticos y poderse emplear en dietas para adelgazar por disminuir el apetito al generar sensación de saciedad.

Según la presente invención, a partir del proceso de hidrólisis enzimática seguido de tratamiento hidrotérmico arriba descrito, el almidón resistente obtenido de acuerdo a los resultados reportados por el Laboratorio de Difractometría de rayos X del Departamento de Física de la Universidad Nacional sede Bogotá, dentro del “*Reporte De Ensayo De Caracterización De Material Mediante Difracción De Rx*” en relación al almidón nativo de *Canna Edulis spp.* y *Ipomoea batatas spp.*, respecto al almidón resistente tipo 3 de *Canna edulis spp.* y *Ipomoea batatas spp.*, según la presente invención, cuyo extracto presentamos en las tablas siguientes de manera ilustrativa, la invención proporciona un almidón resistente tipo 3 cuyo análisis de Calorimetría Diferencia de Barrido (DSC) según el *Informe de Ensayo* código FA006001, de la *Universidad Nacional*, presenta un rango de temperatura de gelificación entre 57,40°C y 66,33°C y una capacidad calorífica específica entre 0,314 J/gK y 1,251 J/gK, determinados mediante la técnica de calorimetría diferencial por barrido según las figuras 2 y 3.

En la figura 2 correspondiente al *Informe de Ensayo* código FA006001, de la *Universidad Nacional*, se define específicamente para el almidón resistente tipo 3

obtenido a partir de *Canna Edulis spp*, una capacidad calorífica específica de 0,314 J/gK, a partir de una temperatura inicial de gelatinización en 51,25°C y finalización de 65,83°C con una temperatura pico de 59,88°C típica. Mientras que en la figura 3 del *Informe de Ensayo* código FA006001, de la *Universidad Nacional*, se define específicamente para el almidón resistente tipo 3 obtenido a partir de *Ipomoea batatas spp* una capacidad calorífica específica 1,251 J/gK a partir de temperatura inicial de gelatinización de 73,64°C: y final de 88,87°C con una temperatura pico de 80,57°C.

A continuación en la tabla 1, se presentan los datos obtenidos por calorimetría diferencial de barrido (DSC) tanto para los almidones nativos como resistentes tipo 3 obtenidos a partir de *Canna edulis spp* e *Ipomoea batatas spp*.

Tabla 1. Resultados de Calorimetría Diferencia de Barrido (DSC)

Descripción	T inicial de gelatinización (C°)	T pico de gelatinización (C°)	T Final de gelatinización (C°)	ΔC_p J/gK
<i>Almidón Nativo de Canna Edulis spp. (001B)</i>	58.57	65.17	73.41	0.680
<i>Almidón Resistente de Canna Edulis spp (001H)</i>	51.25	65.83	59.88	0,314
<i>Almidón Nativo Ipomoea batatas (001E)</i>	48.11	67.42	61.06	0.674
<i>Almidón Resistente de Ipomoea batatas (001C)</i>	73.64	80.57	88.87	1.251

Los análisis de termo gravimetría (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC) muestran que los almidón resistente tipo 3 desarrollados con base en la

presente invención, presentan mayor resistencia a los procesos térmicos que sus almidones nativos correspondientes, un contenido de volátiles entre el 31 y el 51% menor, temperatura pico de gelatinización más elevada (13°C más alta para el almidón resistente tipo 3 obtenido de *Ipomoea batatas* spp. respecto del almidón nativo de esta especie) lo que hace ventajoso su empleo en la industria de alimentos para aplicaciones que requieran emplear temperaturas más elevadas.

Los espectros infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) del almidón resistente tipo 3 de *Canna edulis* spp., se presenta en la figura 4 se compara frente al gráfico del almidón nativo de *Canna edulis* spp., de la figura 5 realizados por el Laboratorio Instrumental de Alta Complejidad de la Universidad de La Salle en Bogotá.

Los espectros infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) del almidón resistente tipo 3 de *Ipomoea batatas* spp se presenta en la figura 6 se compara con el espectro del almidón nativo de *Ipomoea batatas* spp., de la figura 7 realizados por el Laboratorio Instrumental de Alta Complejidad de la Universidad de La Salle en Bogotá.

El análisis de los espectros infrarrojo del almidón resistente de la presente invención según los gráficos de las figuras 4 y 6, presentan un valor de la relación de las bandas $1047\text{ cm}^{-1}/1022\text{ cm}^{-1}$ mayor y $1022\text{ cm}^{-1}/995\text{ cm}^{-1}$ menor respecto de los almidones nativos de las figuras 5 y 7, que evidencian retrogradación estructural en los almidones resistentes de *Canna edulis* spp. e *Ipomoea batatas* spp. De otra parte se presentan bandas en los alrededores de 3290 , 2926 y 1241 cm^{-1} correspondientes a vibraciones de estiramiento de múltiples grupos -OH y -CH vibración del enlace -OH , bandas entre 1365 y 1413 cm^{-1} correspondientes a vibraciones de enlace C-H , bandas en 1000 cm^{-1} correspondiente a enlaces C-O-H asociados con las estructura del almidón.

Particularmente, según la presente invención se obtiene un almidón resistente tipo 3 de *Canna edulis* spp. con espectro infrarrojo con una relación de bandas $1047\text{ cm}^{-1}/1022\text{ cm}^{-1}$ de 1,17 respecto de la relación 1,06 del almidón nativo de *Canna edulis* spp correspondiente a la estructura de retrodegradación generada por el

proceso de obtención, y un almidón resistente tipo 3 de *Ipomoea batatas* spp. con una relación de bandas 1047 cm^{-1} /1022 cm^{-1} de 1,17 respecto de la relación 1,06 del almidón nativo de 1,19 respecto de la relación 1,11 del almidón nativo de *Ipomoea batatas* spp., correspondiente a la estructura de retrodegradación generada por el proceso de obtención.

Igualmente, el análisis cristalográfico (DRX) de almidón resistente de *Ipomoea batatas* spp., del estudio de la Universidad Nacional muestra que desaparecen los picos cristalográficos de intensidad mayor a 76% en 2θ 15 y 18 presentes en el almidón nativo spp., que junto con las bandas 2θ en 23 de intensidad 52,42% determinan un patrón cristalográfico tipo A. Es así como el análisis cristalográfico de *Ipomoea batatas* spp., presenta picos cristalográficos de intensidades mayores al 38% en posición 2θ 16,95, 19,66, 21,9, y 19,71. En cuanto al almidón resistente de *Canna edulis* spp., se presentan picos cristalográficos de intensidad 38,9% en posición 2θ 15,08, 100% en posición 2θ 17,09, mientras que de estos solo parece el pico de intensidad 100% en posición 2θ 17,18 en el difractograma del almidón nativo de *Canna edulis* spp.

En las tablas 2 a 5 se presentan tabulados los datos de los difractogramas de rayos C para las muestra de almidones nativos y resistentes tipo 3 obtenidos a partir de *Canna edulis* spp e *Ipomoea batatas*.

Tabla 2. Datos de DRX de almidón resistente de *Canna edulis* spp

Pos. (°2Th.)	Altura (Height cts)	FWHM Left (°2Th.)	Espaciado (d-spacing Å)	Rel. Int (%)
14,11(8)	865(339)	1,01(8)	6,27344	9,58
14,14(8)	433(339)	1,01(8)	6,27344	4,79
14(4722)	0(98)	0(14179)	6,14364	0,00
14(4722)	0(98)	0(14179)	6,14364	0,00
15,08(9)	3513(126)	2,2(1)	5,86864	38,90
15,12(9)	1757(126)	2,2(1)	5,86864	19,45
17,097(6)	9032(444)	1,31(4)	5,18198	100,00
17,140(6)	4516(444)	1,31(4)	5,18198	50,00
19,53(4)	2840(201)	2,8(4)	4,54107	31,45
19,58(4)	1420(201)	2,8(4)	4,54107	15,72
22,25(2)	3740(356)	1,6(1)	3,99308	41,41
22,30(2)	1870(356)	1,6(1)	3,99308	20,70
24,02(2)	3255(110)	1,41(3)	3,70216	36,04
24,08(2)	1627(110)	1,41(3)	3,70216	18,02
26,06(3)	672(65)	1,05(7)	3,41591	7,44
26,13(3)	336(65)	1,05(7)	3,41591	3,72
30,88(6)	785(84)	2,1(1)	2,89339	8,69
30,96(6)	392(84)	2,1(1)	2,89339	4,34
34,3(2)	1546(460)	3,0(4)	2,61478	17,11
34,4(2)	773(460)	3,0(4)	2,61478	8,56
38,3(5)	1052(898)	4(1)	2,34748	11,65
38,4(5)	526(898)	4(1)	2,34748	5,82
46,3(1)	1371(31)	12,1(2)	1,95900	15,18
46,4(1)	686(31)	12,1(2)	1,95900	7,59

Tabla 3. Datos de DRX de almidón nativo de *Canna edulis* spp

Pos. (°2Th.)	Altura (Height cts)	FWHM Left (°2Th.)	Espaciado (d- spacing Å)	Rel. Int (%)
14,82(2)	3240(62)	2,33(5)	5,97113	42,77
14,86(2)	1620(62)	2,33(5)	5,97113	21,38
17,186(4)	7577(77)	1,43(2)	5,15538	100,00
17,229(4)	3788(77)	1,43(2)	5,15538	50,00
19,68(2)	2011(91)	1,9(1)	4,50787	26,54
19,73(2)	1005(91)	1,9(1)	4,50787	13,27
22,29(1)	3488(78)	2,09(9)	3,98578	46,03
22,34(1)	1744(78)	2,09(9)	3,98578	23,02
24,110(9)	2195(108)	1,22(6)	3,68823	28,98
24,171(9)	1098(108)	1,22(6)	3,68823	14,49
34,36(2)	1044(26)	2,87(5)	2,60797	13,78
34,45(2)	522(26)	2,87(5)	2,60797	6,89
38,43(3)	609(30)	2,45(8)	2,34069	8,04
38,53(3)	305(30)	2,45(8)	2,34069	4,02
45,8(1)	724(40)	12,7(4)	1,98023	9,55
45,9(1)	362(40)	12,7(4)	1,98024	4,77

Tabla 4. Datos de DRX de almidón resistente de *Ipomoea batatas* spp

Pos. (°2Th.)	Altura (Height cts)	FWHM Left (°2Th.)	Espaciado (d- spacing Å)	Rel. Int (%)
14,14(2)	624(123)	0,71(8)	6,25837	9,68
14,18(2)	312(123)	0,71(8)	6,25837	4,84
15,03(5)	2514(70)	2,30(5)	5,88883	39,02
15,07(5)	1257(70)	2,30(5)	5,88883	19,51
17,147(4)	6444(107)	1,29(1)	5,16703	100,00
17,190(4)	3222(107)	1,29(1)	5,16703	50,00
19,58(2)	2491(58)	2,56(9)	4,52940	38,65
19,63(2)	1245(58)	2,56(9)	4,52940	19,32
22,079(8)	1783(132)	0,90(3)	4,02269	27,68
22,135(8)	892(132)	0,90(3)	4,02269	13,84
23,47(3)	2830(60)	3,82(5)	3,78735	43,92
23,53(3)	1415(60)	3,82(5)	3,78734	21,96
34,446(3)	591(30)	0,82(1)	2,60158	9,17
34,50(7)	1265(22)	10,3(3)	2,59788	19,63
34,534(3)	295(30)	0,82(1)	2,60158	4,58
34,58(7)	633(22)	10,3(3)	2,59788	9,82
38,78(1)	471(29)	0,95(8)	2,32037	7,31
38,88(1)	236(29)	0,95(8)	2,32037	3,66
46,37(9)	1022(30)	10,7(2)	1,95640	15,86
46,50(9)	511(30)	10,7(2)	1,95640	7,93

Tabla 5. Datos de DRX de almidón nativo de *Ipomoea batatas* spp

Pos. (°2Th.)	Altura (Height cts)	FWHM Left (°2Th.)	Espaciado (d-spacing Å)	Rel. Int (%)
11,42(2)	588(80)	0,61(5)	7,74077	7,78
11,45(2)	294(80)	0,61(5)	7,74076	3,89
15,200(7)	5761(99)	1,46(2)	5,82441	76,19
15,238(7)	2881(99)	1,46(2)	5,82441	38,10
17,09(2)	7561(273)	1,19(3)	5,18385	100,00
17,13(2)	3781(273)	1,19(3)	5,18385	50,00
18,16(2)	5956(703)	1,14(7)	4,88214	78,76
18,20(2)	2978(703)	1,14(7)	4,88214	39,38
19,9(1)	2425(162)	3(1)	4,45888	32,07
19,9(1)	1212(162)	3(1)	4,45888	16,03
22,0(3)	982(980)	1(1)	4,03560	12,99
22,1(3)	491(980)	1(1)	4,03560	6,50
23,09(7)	3732(1814)	1,3(2)	3,84949	49,35
23,14(7)	1866(1814)	1,3(2)	3,84949	24,68
23,8(4)	3964(946)	2,2(4)	3,74260	52,42
23,8(4)	1982(946)	2,2(4)	3,74260	26,21
26,51(2)	873(79)	1,00(6)	3,35954	11,54
26,58(2)	436(79)	1,00(6)	3,35954	5,77
30,58(3)	742(70)	1,8(1)	2,92077	9,82
30,66(3)	371(70)	1,8(1)	2,92077	4,91
33,47(4)	1941(32)	5,4(1)	2,67525	25,67
33,55(4)	970(32)	5,4(1)	2,67525	12,83
38,49(2)	1186(61)	2,8(2)	2,33723	15,69
38,59(2)	593(61)	2,8(2)	2,33723	7,84
43,20(8)	778(45)	5,0(3)	2,09235	10,29
43,32(8)	389(45)	5,0(3)	2,09235	5,14
47,97(9)	1020(38)	6,6(1)	1,89515	13,49
48,09(9)	510(38)	6,6(1)	1,89515	6,75

El almidón resistente de la invención presenta contenido de altos volátiles inferiores al 11% y además presenta un contenido de fibra dietaria mayor al 47% y almidón resistente superior al 48% determinado por el método AOAC 2002.02 (AOAC Official Methods of Analysis - AOAC International).

El rendimiento del producto final del almidón resistente tipo complejo amilosa lípido (tipo 5) según la presente invención, obtenido por el proceso propuesto a partir

del almidón nativo fue de alrededor de 83% para *Ipomoea batatas* L., 87% para *Canna edulis* k. Respecto del contenido de almidón resistente en el producto final determinado por el método AOAC 2002.02 (AOAC Official Methods of Analysis - AOAC International) es superior al 48% para *Ipomoea batatas* L, al 49% para *Canna edulis* k.