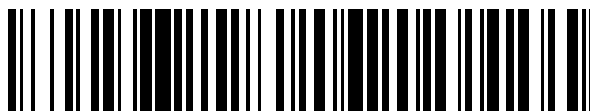


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 182**

51 Int. Cl.:

A23L 7/10 (2006.01)

A23L 7/104 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2009 PCT/US2009/048808**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2009 WO09158588**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2009 E 09771119 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 2293690**

54 Título: **Producción continua de harina de cereales y harina de cereales integrales para alimentos a base de cereales usando un acondicionamiento con alto contenido en sólidos**

30 Prioridad:

26.06.2008 US 75998 P

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

17.07.2020

73 Titular/es:

**INVESTIGACIÓN DE TECNOLOGIA AVANZADA,
S.A. DE C.V. (100.0%)**

**Ave Ruiz Cortines S/N Frente a Colonia la
Purísima Entre Gral. Bonifacio Salinas y
Carretera Miguel Aleman
Guadalupe, N.L. México C.P. 67110 , MX**

72 Inventor/es:

RUBIO, FELIPE, A.;
RUBIO, MANUEL, J.;
CONTRERAS, ROBERTO;
SOSA, FRANCISCO;
RAMIREZ, J. FERNANDO y
LOBEIRA MASSU, RODRIGO

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 774 182 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

Producción continua de harina de cereales y harina de cereales integrales para alimentos a base de cereales usando un acondicionamiento con alto contenido en sólidos

5

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

- 10 La presente invención se refiere a un procedimiento hidrotérmico para la fabricación de nuevas harinas de cereales a partir de cereales y pseudocereales. La invención se refiere además a la preparación de ingredientes a base de cereales y de alimentos funcionales para la producción de alimentos a base de cereales. La invención se refiere también a un procedimiento continuo de precocción por calor húmedo con un polvo de endoamilasa y xilanasas como ayuda para el tratamiento durante un acondicionamiento con alto contenido de sólidos. Este procedimiento se usa para la producción
- 15 de harina de masa de maíz pregelatinizada para harina de maíz integral instantánea y a base de maíz. Las harinas pueden usarse para la producción de alimentos a base de cereales.

2. Descripción de la técnica relacionada

- 20 Las observaciones de AACC International (2006) sobre la parte III del borrador de la Guía de la FDA sobre declaraciones de etiquetas de cereales integrales proporcionan:

- 1) Cereales y pseudocereales que, cuando se consumen en forma integral (incluido el salvado, el germen y el endospermo) se consideran cereales integrales. La composición general de macronutrientes (proporciones de hidratos de carbono, proteínas y grasas) es similar para: Trigo - que incluye espelta, emmer, farro, escaña, kamut y candeal; arroz - arroz africano, cebada, maíz - maíz y maíz palomero, centeno, avena, mijo, sorgo, teff, triticale, alpiste, lágrimas de Job, mijo - fonio, negro y asiático, amaranto (*Sánchez-Marroquín, 1980, Ramírez, 1983, 1987*), quinoa, trigo sarraceno - tartar y arroz salvaje.
- 2) El trigo bulgur mínimamente procesado y el maíz nixtamalizado también deben considerarse cereales integrales, a pesar de que se pierden pequeñas cantidades de grano cuando se usan los procedimientos de tratamiento tradicionales. Estos procedimientos se han seguido durante milenios y tanto el bulgur (patente de EE.UU. n° 3.132.948) como las harinas de masa de maíz (producto final de la nixtamalización industrial: 1993 en *fao.org*) se han considerado durante mucho tiempo cereales integrales y se cree que nutricionalmente funcionan como cereales integrales.
- 3) La harina de maíz en la que se ha eliminado todo el pericarpio no es de grano completo. Los productos de maíz nixtamalizado son un factor de contribución importante para la ingesta de cereales integrales de determinadas subculturas étnicas (por ejemplo, hispanas) y grupos de edad en Estados Unidos. Algunos procedimientos dejan una cantidad significativa de pericarpio, pero parte del salvado y los compuestos fenólicos se solubilizan en el agua residual alcalina y se pierden (*Sánchez, Ramírez y Contreras, 2005*)
- 4). Algunos autores (*Koh-Banerjee, 2004 y Jensen, 2004*) también analizaron los beneficios para la salud de consumir solo alimentos que contuvieran el 51% o más de cereales integrales en peso; el 25% o más de cereales integrales y alimentos que contuvieran cualquier cantidad de cereales integrales. La disminución observada en la reducción del riesgo no se vio afectada significativamente por el contenido de cereales integrales de los alimentos consumidos. Estos beneficios declarados por la FDA en términos de salud (1999 *cfsan.fda.gov*. Expediente n° 99P-2209 en la Guía de etiquetado de alimentos-Apéndice C: *Alimentos integrales y riesgo de enfermedad cardíaca y ciertos tipos de cáncer*) en el consumo de cereales integrales son independientes de la concentración de cereales integrales de la fuente de alimento cuando la ingesta total de cereales integrales es comparable. Las Guías dietéticas para estadounidenses de 2005 establecieron recomendaciones separadas para fibra (declaración nutricional de la etiqueta) y cereales integrales (declaración de propiedades saludables de la etiqueta), y cuando se refieren a fibra dietética (o fibra de cereal: un marcador de cumplimiento práctico), vitaminas, minerales y fitoquímicos/fitonutrientes (biomarcador fenólico potencial para el cereal integral) que puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y coronarias (ECV y EC): *Decker y col. 2002*). La mayoría de las regulaciones de declaración de contenido de nutrientes se aplican solo a aquellos macronutrientes/micronutrientes o sustancias dietéticas que tienen un valor diario establecido (valor de referencia basado en una ingesta de 2.000 calorías para niños > 4 años). Las declaraciones de propiedades saludables describen la relación entre un alimento, un componente alimentario o un ingrediente de suplemento dietético y la reducción del riesgo de una enfermedad o afección relacionada con la salud. Dichas declaraciones deben ser homologadas para asegurar la exactitud y la presentación no engañosa a los consumidores. Finalmente, las declaraciones de Estructura/Función han aparecido históricamente en las etiquetas de los alimentos convencionales y los suplementos dietéticos, así como en los medicamentos. Los alimentos funcionales deben mantenerse como alimentos si se demuestra satisfactoriamente que influyen de manera beneficiosa en una o más funciones objetivo en el organismo, de una manera que sea relevante para un mejor estado de salud y bienestar (declaración de tipo A en Europa) y/o reducción del riesgo de enfermedad (declaración de tipo B en Europa). No son «remedios curativos» para una salud óptima, sino parte de un patrón alimentario/dietético (*Ashwell, 2001 y Hu, 2003*).

Muy claramente, los cereales integrales no son iguales a la fibra, del mismo modo que la fibra no es igual a los cereales integrales (DHHS y USDA han recomendado desde 2005 comer al menos 3 onzas/día de cereales integrales, cereales, galletas saladas, arroz o pasta). Hoy en día, diariamente como parte de la dieta estadounidense se consume menos de 1 ración de alimentos integrales (principalmente de trigo, arroz y maíz). La fibra dietética se puede añadir fácilmente a los alimentos, lo que dificulta distinguir la contribución de los ingredientes de cereal integral completo y parcial al contenido total de fibra. Un informe de la OMS (2003) (Prevención integrada de enfermedades no transmisibles, cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer: Borrador para una estrategia global sobre dieta, actividad física y salud) recomendó una dieta que limite las grasas a entre el 15-30% de la ingesta total de energía y las grasas saturadas a menos del 10%. Los hidratos de carbono (cereales integrales) deben tener en cuenta los requisitos de volumen, entre el 55-75%, pero los azúcares libres deben mantenerse por debajo del 10%. La ingesta de proteínas debe permanecer alrededor del 10-15%. La mayoría de las enfermedades son causadas por un estilo de vida y una dieta incorrectos. Los hábitos actuales de alimentación enferman y debilitan a las personas, acortan su esperanza de vida y perjudican a su salud mental y espiritual (Know Thyself-prevention is better than cure and health is wealth: SSSB-Satvic, G.T. 1995).

La industria, las instituciones académicas y los organismos gubernamentales están investigando procedimientos para aumentar la ingesta de cereales integrales en la dieta estadounidense. La sustitución gradual de la harina integral en una amplia variedad de alimentos básicos (por ejemplo, alimentos de trigo corrientes con un contenido de harina del 20% al 85% y un tamaño de ración de 14-140 g: brownies, pasteles, galletas, galletas saladas, levadura de rosquilla, magdalenas, pasta, repostería, masa quebrada, pizza, pan blanco y tortillas de harina) de una manera que mantenga el sabor, la comodidad y la palatabilidad, podría ser un primer paso para aumentar el consumo de cereales integrales a la vez que se mantiene un producto aceptable para los consumidores (por ejemplo, documento WO2006/118778: Harinas de maíz pregel para alimentos a base de cereales).

Los principales alimentos a base de cereales incluyen aperitivos (43%), cereales para el desayuno (31%) y panes y panecillos con levadura (14%). Sin embargo, solo una de estas raciones es de cereal integral.

Se estima que el ocho por ciento de la población de los EE.UU. de 2 años o más consume al menos 3 raciones (o equivalentes en onzas) de cereales integrales al día (*MyPyramid.gov*). Si la ingesta no cambia, las modificaciones en la formulación añadiendo harina integral a los productos existentes aumentarían (50%) la cantidad de raciones de 16 g de cereales integrales al día de 2,2 a 3,3 (*Marquart y col., 2006*).

La Masa Flour and Wheat Milling Industry firmó un acuerdo federal (Secretaría de Salud de México) en 1999 para enriquecer, con vitaminas y minerales, harinas de cereales básicos como el maíz nixtamalizado para tortillas y el trigo refinado para tortillas de pan y harina (*insp.mx*). Aproximadamente el 66% de las marcas de harina de trigo (es decir, Selecta® y Monterrey®) y todas las marcas de harina de masa de maíz blanco (es decir, Maseca® vitaminada y Agroinsa®, Minsa®) fueron enriquecidas. Esto indica que al menos 30-40% del consumo de tortilla mexicana está enriquecido con niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico, óxido de hierro ferroso/reducido y/o zinc añadidos. Desde 1997 se han desarrollado otras harinas de masa de maíz y cereales integrales (es decir, primera y segunda generación de harinas básicas) para mejorar el contenido de micronutrientes y reducir el riesgo de malnutrición para la población (Ramírez y Sánchez-Marroquín, 2004), por ejemplo: Maseca® enriquecida (con 6% de harina de soja desgrasada), Maseca con amaranto™ (con 10-20% de amaranto integral), Maseca enfrijolada™ (con 10-15% de harina de frijol negro/rojo), Maseca 100% Natural™, Maíz amarillo con doble calcio™ y Maíz azul con doble calcio™ (maíz blanco, maíz amarillo y azul con el doble de calcio y vitaminas/minerales).

La producción de harinas de masa de maíz de alta calidad y maíz funcional se puede lograr mediante técnicas convencionales y modernas (molienda en seco y en húmedo) solo si el maíz orgánico (sin pesticidas antes/después de la cosecha) o de calidad alimentaria, usando buenas prácticas agrícolas (BPA), tiene las siguientes características: uniformidad en el tamaño y la dureza del grano, un bajo número de grietas por estrés y daños en el grano y facilidad de digestión y eliminación del pericarpio durante el procedimiento de precocción con agua de cal.

Las cinco clases generales de maíz (duro, palomero, harinoso, dentado y dulce) se basan en las características del grano. Una clasificación común de maíz basada en la calidad del endospermo y la producción comercial distingue los tipos: 1) dulce con <1% de vegetales procesados; 2) palomero con el 1% para confitería; 3) harinoso con el 12% para alimentos; 4) duro, con el 14%; y 5) dentado con el 73% para alimentos/forraje.

La proporción entre endospermo córneo (duro y translúcido) y harinoso (blando y opaco) puede tener en promedio de aproximadamente 1:1 a 2,4:1 de maíz dentado amarillo y blanco (*Pomeranz y col. 1984, González 1995 y Yuan y col. 1996*). Se sabe que el maíz de calidad alimentaria (EE.UU. n° 1 y 2: USFGC, 1996) debe cocinarse parcialmente antes de que se forme en los productos finales, de manera que se convierta en una nueva harina de maíz precocida. El maíz blanco y amarillo puede contener: el 11,0-11,5% de humedad, el 72,2-73,2% de almidón/polisacáridos sin almidón, el 9,8-10,5% de proteínas, el 3,7-4,6% de grasa y el 1,1-1,7% de ceniza. El grano dentado maduro (*Watson 1987; 1993 en*

fao.org) tiene cinco componentes separables, en peso seco: cubierta externa (0,8-1,1%), pericarpio (5,1-5,7%) y aleurona (2,0-3,0%), endospermo (78,3-81,9%) y germen (10,2-11,9%).

En los procedimientos de molienda en seco o en húmedo, el salvado separado incluye la capa de recubrimiento de pericarpio/semilla, la cubierta externa, la capa de aleurona y los fragmentos adheridos de endospermo almidonado (*Stone, 2006*). Un salvado de maíz nativo contenía asimismo fibra dietética (57-76%), almidón (4-22%), proteínas (5-8%) obtenidas del endospermo y la glucoproteína (*Saulnier y col. 1995 y Hromadkova y col. 1995*) y grasa (2-7%).

En el procedimiento de molienda en seco, el producto primario son fragmentos aislados de endospermo harinoso y córneo, que se recuperan mediante un procedimiento progresivo de molienda, tamizado (o clasificación) y aspiración. La molienda en seco se usa a menudo para referirse a uno de los siguientes procedimientos: a) desgerminación con templado; b) molienda a la piedra o sin desgerminación; y c) procedimiento de molienda en seco con etanol (es decir, modelo New SuperPro Designer®, USDA-ERRC, 2006). El procedimiento de desgerminación con templado puede separar los fragmentos de endospermo, germen y salvado para usos para alimentos y forraje.

En el norte de Sudamérica, sobre todo en Colombia y Venezuela, el maíz de calidad alimentaria se trata con tecnología de molienda en seco sin aguas residuales y se convierte en una harina precocida al vapor, desgerminada (patente de EE.UU. 3.212.904 y documento EP 1.142.488A2) o con extracción del salvado (documento EP 0.883.999A2 y patente de EE.UU. 6.326.045) para alimentos tradicionales de maíz. Su consumo tiene lugar principalmente en forma de «arepa», que es una torta gruesa, plana, sin levadura y horneada de forma ovoidal hecha de harina de maíz molido en seco. En otros países de Sudamérica, la masa de maíz (arepa y polenta) y la harina de maíz se usan para diferentes productos (mezclas de panqueques: empanada y cachapa), gachas (gachas finas o «coladas») y aperitivos.

Para recuperar el almidón mediante molienda en húmedo, los gránulos del interior de las células del endospermo deben liberarse de la matriz de proteínas (gluten) tratando el maíz (o el endospermo) con un agente alcalino o un agente reductor ácido (preferentemente dióxido de azufre o ácido láctico) en un procedimiento de remojo. La molienda en húmedo de maíz enzimática con proteasa, xilanasas y amilasas (patentes de EE.UU. n.º 6.566.125 y 6.899.910) no solo redujo la pérdida de sólidos sino también el tiempo de remojo, que representa el 21% del coste de capital/energía. Los refinadores de almidón de maíz podrían comenzar a implementar esta tecnología en los próximos 5 años (USDA, 2002).

Un maíz descascarillado (a 120 dólares/tonelada con 18 MM-Btu: 6,7 dólares EE.UU./MM-Btu) a través del refinado de molienda en húmedo puede producir: el 55% de almidón de alto valor (o el 58% de azúcares o el 15-30% de etanol seco), el 20% de pienso para animales (fibra/proteína), el 5% de harina de gluten (proteína), el 2% de aceite y el 18% de licor de maíz (sustrato de forraje o de fermentación). Otros productos de valor añadido y a base de cereales incluyen un aislado de proteína de maíz (tecnología micron-milling® de desgaste en húmedo en: *energeticsusa.com*) que puede tener aplicaciones novedosas en los crecientes mercados de alimentos nutritivos (68.500 millones de dólares/año) y de salud (18.500 millones de dólares/año).

Si bien los cereales orgánicos representan un mercado más pequeño que los mercados convencionales bien establecidos, la industria orgánica creció un 20% para alcanzar 10.800 millones en ventas al consumidor en Estados Unidos en 2003.

Una unidad de molienda en húmedo modular (por ejemplo, mini-biorrefinería: MBR: EnerGenetics International, Inc.) puede producir productos de alto valor a partir de una operación de etanol de combustible de bajo valor (33% de rendimiento: a 660 dólares/tonelada con >18 dólares EE.UU./MM-Btu). El maíz representa aproximadamente el 40% del coste total de producción de etanol (300 dólares/tonelada) y una energía de aproximadamente el 33% (gas o petróleo). Los fabricantes de etanol se benefician de un crédito fiscal sustancial: con un subsidio anual de 2.000 millones de dólares, vendieron más de 16.000 millones de litros de etanol en 2005 (valor de 11.400 millones de dólares y casi el 3% de todo el combustible de automóvil en volumen), y se espera que la producción crezca un 50% en 2007 (*sciam.com*).

La recuperación de energía y las energías renovables han suministrado más del 80% de las necesidades de energía en aumento en EE.UU. desde 1973 (0,25 dólares EE.UU./MM-Btu). No obstante, dados los altos precios actuales del gas natural (3,50 dólares EE.UU. en 2000 > 7 dólares EE.UU. durante 2006: *oilenergy.com*), no cabe esperar reducciones de precios sin programas e incentivos internacionales y nacionales concertados para alentar la adopción más rápida de energía eficiente y renovable (biocombustible), así como de gas natural. El éxito y la rentabilidad económica de este enfoque integrado se han producido mediante el rediseño o la mejora continua de los procedimientos: reducción/reciclaje/reventa de residuos, reducción del uso de energía y las emisiones (*Acee, 1997*).

La harina de maíz nixtamalizado (HMN) se produce mediante las etapas de precocción alcalina (calentamiento y remojo) del grano de maíz, lavado, molienda en húmedo del nixtamal y secado, para producir harina de masa de maíz. A escala industrial o comercial, las etapas del procedimiento de molienda y deshidratación son los principales factores de coste. Esta harina precocida se tamiza y se mezcla para diferentes aplicaciones de productos y, por lo general, se suplementa con aditivos antes de su envasado para alimentos comerciales de mesa o a base de tortilla y de maíz envasados. En una

operación comercial, la pérdida de sólidos de maíz se ha estimado en un 5-14% dependiendo del tipo de maíz (duro o blando) y de la intensidad del procedimiento de precocción, remojo (5-24 horas), lavado y secado (*Pflugfeder y col., 1988, Bressani, 1997 y Sahai y col., 2001*).

- 5 Los cambios bioquímicos más importantes durante la nixtamalización son: aumento en el nivel de calcio con una mejora en la proporción Ca-P; disminución de la fibra dietética insoluble y la proteína zeína; reducción de tiamina y riboflavina; reducción de la proporción entre leucina e isoleucina a la vez que se reduce el requisito de niacina; liberación de niacina a partir del salvado y el endospermo; y lixiviación industrial de ácido ferúlico (1.500 a 1.900 ppm: *Sánchez y col., 2005, documento WO 2004/110975*), insecticidas/fungicidas y micotoxinas (aflatoxina-B1 y fumonisina-B1) residuales en el licor
- 10 alcalino o «nejayote»; *Murphy y col., 2006 y Palencia y col., 2003*)

La producción de varios alimentos e ingredientes novedosos a través de la fermentación, también llamada biotratamiento, se ha producido desde los primeros registros de la conservación de los alimentos por el hombre. Los microorganismos y las enzimas se usan ampliamente para la conversión de sustratos de alimentos crudos (por ejemplo, granos de cereales

15 y leches) en una gran cantidad de productos fermentados (por ejemplo, pan de masa madre, maíz de masa madre/pozol y yogures). El principal resultado de una fermentación láctica es una dispersión de la proteína/zeína del endospermo y una mejora de la liberación de almidón durante la molienda posterior para la bebida de maíz con fermentación ácida o papillas («productos de maíz tipo yogur»: *Steinkraus, 2004*). La tecnología de biotratamiento se ha desarrollado

20 adicionalmente para la producción especializada de ingredientes alimentarios (por ejemplo, ácidos orgánicos, aminoácidos, vitaminas e hidrocoloides) o adyuvantes tecnológicos (enzimas: carbohidrasas - amilasa/xilanasas/celulasa/gluconasa/pululanasa o glicosil hidrolasas, hidrolasas - proteasas, lipasas/esterasas, isomerasas, oxidorreductasas, liasas, transferasas y ligasas). Los adyuvantes de tratamiento (aditivos directos secundarios) se usan para lograr un efecto técnico durante el tratamiento de alimentos, pero no están destinados a servir como un aditivo técnico o funcional en el alimento terminado (21 CFR 173). Las enzimas que sirven como adyuvantes de

25 tratamiento para aplicaciones de alimentos y forraje están disponibles en las siguientes empresas: Alltech, Amano, Danisco-Cultor-Genencor, Dyadic, EDC/EB, Gist-Brocades, Iogen, Novozymes, Old Mill, Primalco, Rhodia-Rhom y Valley Research. Todas las sustancias generalmente reconocidas como seguras (GRAS) hechas con tecnología de ADN recombinante deben cumplir con los requisitos reglamentarios propuestos en 21 CFR 170.36 (Nota GRAS).

30 El maíz comercial procesado adecuadamente para la harina de masa de maíz simplifica la producción de productos de tortilla, porque el cliente elimina las técnicas de gestión necesarias para el tratamiento de aguas residuales, asegurando, manipulando y procesando el maíz en masa para tortillas y aperitivos. Sin embargo, una harina de maíz pregelatinizada podría tener las siguientes limitaciones de calidad y coste: alto coste, falta de sabor/aroma y textura deficiente. A medida que el mercado de los aperitivos para maíz/tortillas (4.500 millones de dólares en ventas minoristas de aperitivos salados

35 populares en 2001) y los alimentos mexicanos continúan creciendo en todo el mundo se reducirá la diferencia de calidad y de precio entre la harina de masa de maíz industrial y la masa de maíz tradicional. Se estima que las ventas adicionales de aproximadamente 2.000 millones al año se pueden atribuir a procesadores y fabricantes de tortillas más pequeñas (documento US 2006193964). También se estima que los estadounidenses consumieron aproximadamente 85.000 millones de tortillas en 2000 (sin incluir los nachos).

40 Nuevas formulaciones de alimentos horneados (Maseca® amarillo regular: 60% y malla <60) y procesados (Maseca® blanco normal: 70% y malla <45) siguen en auge en forma de aperitivos de tortillas a base de maíz y raviolis® de harina de maíz preparados a partir de harinas de maíz nixtamalizado (patente de EE.UU. n° 6.491.959 y *Erempec, King y Ramírez, 1997*). Los alimentos de cereales de tercera generación (3G) incluyen las etapas de cocción por extrusión,

45 seguida de enfriamiento, mantenimiento y secado para preparar «gránulos de cereales» que se expanden al freírlos u hornearlos para producir alimentos a base de maíz nixtamalizado (nuevo aperitivo a base de masa de maíz en la patente de EE.UU. n° 5.120.559 con Maseca® blanco al 100%, y aperitivo reductor de la hipercolesterolemia en el documento US 2004/086547 con Maseca® amarillo regular). Otro ejemplo son los cereales para el desayuno hechos por cocción de granos o sémola integrales (trigo, cebada, centeno, avena, arroz o maíz), tratamiento del material del cereal con una

50 isoamilasa microbiana (adyuvante para el tratamiento de alimentos), templado (es decir, manteniendo un contenido de humedad del 20%-55% y 80°C), conformado, trituración y horneado o tostado de los alimentos a base de cereales (documentos CA 2015149 y CA2016950). La patente de EE.UU. n° 2.174.982 enseña un procedimiento para preparar alimentos de cereales triturados o en copos a partir de granos de cereales como trigo, centeno, maíz o avena. Otro procedimiento para preparar un cereal a partir de granos integrales consiste en romper la capa de salvado, opcionalmente

55 gelatinizar el almidón con calor y a continuación tratar el almidón gelatinizado con amilasas de un grano malteado. Después del templado (2 horas/60-70°C), el grano convertido se calentó para inactivar la enzima, se secó y se procesó para producir un producto tostado en forma de copos o granulado (patente de EE.UU. n° 2.289.416). Los almidones granulares de alta resistencia pueden prepararse con un porcentaje de humedad y temperatura insuficientes para destruir la naturaleza granular del almidón de cereales, y por digestión de las regiones amorfas usando una endoamilasa o un

60 reactivo químico (documento EP1088832A1). El tratamiento enzimático también puede llevarse a cabo con alto contenido de sólidos. En este procedimiento de conversión enzimática (documento EP0806434), el almidón, el agua (30-35%) y la amilasa se mezclan en una cantidad para producir una mezcla en polvo monofásica y la enzima se activa por calor. En la

producción de cereales para el desayuno (aperitivos de tercera generación) que incluye un periodo de retención para la retrogradación del almidón, la adición de una endoxilanasas (1-20 ppm) a las materias primas a base de cereales preacondicionados (20-50% de humedad) acelera la retrogradación y así permite un acortamiento de la etapa de templado (patente de EE.UU. n° 7.033.626).

5

Los nuevos alimentos horneados que contienen cereales integrales pueden ser aptos para llevar etiquetas con las siguientes u otras declaraciones relacionadas con la salud: a) «El desarrollo del cáncer depende de muchos factores. Comer una dieta baja en grasas y alta en productos de cereales, frutas y verduras que contengan fibra dietética puede reducir el riesgo de algunos tipos de cáncer» (21 CFR 101.76); y b) «El desarrollo de enfermedades cardíacas depende de muchos factores. Comer una dieta baja en grasas saturadas y colesterol y alta en frutas, verduras y productos de cereales que contienen fibra puede reducir los niveles de colesterol en sangre y reducir el riesgo de enfermedades cardíacas» (21 CFR 101.77 y 81: FDA/DHHS, 2004 y Jones, 2006).

10

Un procedimiento de molienda o trituración implica dos mecanismos de rotura distintos, que son: a) fracturación (impacto/corte o compresión), una operación que produce partículas derivadas que tienen un tamaño aproximadamente del mismo orden que el de la partícula original y b) erosión superficial (abrasión/desgaste o rozamiento), otra operación que tiene como efecto la generación de partículas finas durante las fases iniciales. La existencia de estos fenómenos fue evidente a partir de la curva característica de distribución de tamaño bimodal y el cambio progresivo en el peso relativo de las poblaciones de partículas grandes y finas (Becker y col., 2001, Peleg y col., 1987 y Aguilar y Ramírez, 1991). El procedimiento de reducción de tamaño del molino de discos (abrasión) y el molino impulsor (impacto) son algo diferentes. Dentro del molino de discos, las partículas de maíz se rompen a lo largo de las líneas de debilidad por el impacto y las fuerzas de cizalla; normalmente las partículas resultantes no son muy pequeñas y existe poca uniformidad en el tamaño de partícula. Las partículas molidas con el molino impulsor son empujadas contra un anillo abrasivo por el impulsor giratorio de alta velocidad; por lo tanto, los fragmentos del material se desprenden del material en volumen. En granos de maíz en bruto (malla de EE.UU. 400 a 45 con 75% de almidón, 8% de proteínas, 5% de fibra dietética y 1% de grasa) que se molieron con molino impulsor, las partículas más grandes (malla >60: >250 µm) produjeron una menor viscosidad máxima (a 95°C) y con mayor tiempo máximo (a 95°C) que con los perfiles de partículas más pequeñas (Becker y col., 2001). También descubrieron que el molino impulsor causó algunos daños en el almidón junto con la desnaturalización de proteínas causada por el calor (con temperaturas ≤50°C). Este daño mecánico puede aumentar el grado de gelatinización con una viscosidad aparente más baja que los granos de maíz no molidos y molidos con disco. Se midió un mayor contenido de proteínas (3 veces o 2,4% frente a 0,7%) en las partículas del impulsor medias (malla 120 a 70: 170 µm de media) para lograr una viscosidad máxima más baja (a 95°C) que las partículas del disco medias no solo al diluir su contenido de almidón sino también al desnaturalizar sus proteínas de endospermo. La masa de maíz deshidratada preparada a partir de maíz blanco (molino de disco o piedra) produjo una viscosidad menor que el nixtamal (Martínez-Bustos y col., 2001). La adición de proteína de soja en harinas a base de maíz redujo la viscosidad máxima porque el almidón se diluyó en la mezcla de legumbres y maíz para tortilla enriquecida (Tonella y col., 1982) y tamal/arepa con harinas de maíz y amaranto tratadas con cal (Ramírez 1983 y Ramírez, Hernández y Steinkraus, 1984).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Se usó la harina de maíz LP Azteca Milling (Becker y col., 2001: marca Maseca® malla <60 con el 68% de almidón, el 9% de proteínas, el 8% de fibra dietética y el 4% de grasa) para preparar un semiproducto extrudido a partir de maíz, usando un procedimiento de extrusión termomecánica y las viscosidades máxima y final registradas fueron 5 y 10 veces menores que las de los granos nativos, respectivamente. La degradación del almidón en oligodextrinas puede aumentar a medida que aumenta la temperatura de extrusión y se reduce el nivel de humedad en el almidón. Las extrusoras de alimentos se pueden considerar dispositivos de cocción de alta temperatura y corta duración (<5 min), donde el almidón granulado (granos/harina) que tiene un contenido de humedad del 10-30% se comprime primero en una masa compacta y se convierte en una masa fundida, amorfa por la alta presión, el calor (60-135°C) y la cizalla mecánica durante el tratamiento. Una nueva extrusión (a 85-90°C) que usó harina de masa de maíz fina (Azteca Milling: Maseca® blanco con el 8% de fibra total) produjo un aperitivo con una estructura única similar a una galleta salada (rotura más rápida con la misma fuerza) y textura más crujiente (Chen y col., 2002 y patente de EE.UU. n° 5.120.559). No solo detectaron una mayor gelatinización parcial en la harina de masa de maíz (30-50%) atribuida al secado de masa (10-30%), sino también un granulado de semiproducto extrudido más viscoso y gelatinizado (> 90% de gelatinización) (listo para freír: 10-12% de agua) o nachos (listos para comer: 1-2%). Un nacho a base de maíz similar usó una harina de maíz pregelatinizada en una cantidad del 8 al 65% de la formulación de harina total (Maseca® Amarillo regular: con un grado de gelatinización del 20%-60%). También se puede producir un producto bajo en grasa y horneado (>5-15% de salvado) con una textura crujiente/tostada y no harinosa con sabor a tortilla (patente de EE. UU. n° 6.491.959).

Se usaron las primeras investigaciones de calor/humedad donde un exceso de suspensiones o suspensiones espesas de almidón con contenido de agua >30%) o donde el contenido de agua estaba por debajo del 30% (sin agua libre en pasta sólida) el tipo de humedad está claro (Stute, 1992). Sin embargo, en algunas investigaciones no está claro si se produjo un recocado (baja temperatura y larga duración: 50-65°C y > 10 h con >50% de agua) o un tratamiento de calor/humedad (alta temperatura y corta duración: 95-110°C y <2 h con 15-30% de agua). Las primeras curvas de viscosidad publicadas mostraron una viscosidad máxima más baja con una temperatura de gelatinización más alta

60

(temperatura de viscosidad máxima) y, dependiendo del grado de tratamiento hidrotérmico, en grados más bajos un retroceso mayor y en grados más altos, un retroceso menor. Un grado de gelatinización reducido (es decir, baja capacidad de hinchamiento) de los gránulos de almidón que conduce a un mayor retroceso (este efecto de recocido se usó para preparar un almidón de pudín o «almidón de patata pregelatinizado»; *Stute, 1992*), mientras que para mayores grados de modificación, la hinchazón se inhibe de tal manera que el retroceso es menor (este efecto de calor y humedad se usa para hacer «harinas de trigo integral pregelatinizadas parciales» o harinas instantáneas con un grado de gelatinización del 15% al 99%; *Messenger, 2002*). Los coloides hidratables que se adhieren por chorro de agua (bajo contenido de sólidos del 7% al 39% o alto contenido de humedad del 61-93%), como cereales, almidones y derivados de celulosa se pueden lograr de manera efectiva mediante inyección directa de vapor (vapor saturado a alta presión, que varía de 60 a 200 psi).

5 La mezcla de cocción a chorro de una pasta o suspensión de almidón de maíz (10-800 micrómetros) se calienta instantáneamente por encima de la temperatura de gelatinización/gelificación (temperatura de adhesión de 150°C durante 1 a 8 minutos) y mezcla vigorosamente la suspensión de gránulos en agua/vapor para hinchar rápidamente el almidón con el fin de lograr hidratación, disociación y dispersión de sus cadenas de polímeros para formar un sol fluido (*Perry, 2000*). Por el contrario, una extrusión de almidón de maíz o una cocción a vapor con almidón de maíz, seguida de secado

10 en tambor (150°C) con bajo contenido de agua (20%) a temperaturas elevadas (175°C y 140°C) produjeron almidón completamente fundido o molecularmente disperso/desorganizado. Los almidones de maíz extrudidos absorben agua a temperatura ambiente para formar pastas hechas de almidón soluble y endospermo hinchado con escasa degradación a las oligodextrinas (*Shogren y col. 1993*). Por lo tanto, los términos recocido (tratamiento de alta humedad por debajo de la temperatura de gelatinización) y calor-humedad o semiseco (tratamiento de baja humedad por encima de la temperatura

15 de gelatinización) describen cambios completamente diferentes dentro del gránulo de almidón.

Varios procedimientos para la producción industrial de masa de maíz incluyen: a) cocción tradicional (es decir, alta temperatura y larga duración); b) cocción por vapor acelerada (es decir, alta temperatura y corta duración); y c) cocción por extrusión con un contenido de humedad menor (es decir, a alta temperatura y de corta duración), con cocción con cal del grano de maíz integral o molido. La masa de maíz incluye el maíz cocido en su producto comercial húmedo (masa de maíz fresca) o seco (harina de masa de maíz o nixtamalizada) para tortillas y derivados.

25

Esto implica una cocción alcalina por ebullición (80-100°C) de maíz en agua (1-2% de cal). Se colocan los granos cocidos en remojo durante 12 horas o más y a continuación se lavan con agua para eliminar la cal y los sólidos solubles. Los granos lavados (nixtamal) se pueden moler en molinos de discos y la masa de maíz resultante (masa) es adecuada para preparar productos frescos.

30

La cocción al vapor del grano de maíz integral comienza con la inyección de vapor en una suspensión de maíz en agua de cal (proporción maíz/agua de 1:2-3 y 1-2% de cal sobre una base de maíz). Se inyecta vapor para gelatinizar parcialmente el almidón de maíz (a 70-95°C durante 20 a 100 minutos). El grano cocido con cal se deja en remojo durante toda la noche (> 10 h a 40°C de media) y a continuación se lava y se muele en disco para cortar, amasar y mezclar el nixtamal molido para formar masa de maíz. Su contenido de calcio aumenta principalmente en el pericarpio y el germen y, por lo tanto, estabiliza la oxidación de los lípidos (*Fernández-Muñoz y col., 2004*). Se añade agua adicional durante la molienda en disco para enfriar el molino y aumentar el nivel de humedad. Una etapa de secado seguida de molienda y tamizado producirá una harina de masa de maíz seca para tortillas y nachos.

35

40

Se aplicó un nuevo proceso enzimático (con una proteasa alcalina: 200-250 ppm) para nixtamalización de granos de cereales (patente de EE.UU. n° 6.428.828) al grano/harina de maíz para la producción de harinas de masa de maíz instantánea y para reducir los sólidos de las aguas residuales (3-12%). Otros cereales tratados fueron trigo, arroz, sorgo y mijo. Se han aplicado cuatro procedimientos de precocción a baja temperatura con pH neutro o alcalino al grano de maíz para la elaboración de harinas de maíz instantáneas para tortillas, arepas y aperitivos (patentes de EE.UU. n° 6.265.013, 6.638.554, 7.014.875 y US 2006/024407). Se usaron varias endoenzimas (xilanas, amilasas y proteasas) para efectuar una hidrólisis continua y parcial de heteroxilanos insolubles y paredes celulares de salvado almidonado y proteico en el grano de maíz.

45

50

Con cocción al vapor acelerada (patente MX 993.834 y patentes de EE. UU. n° 4.594.260 , 6.344.228 y 6.387.437), se inyecta vapor a presión en una suspensión acuosa (proporción maíz-agua de 1-1,5:0,3-1 y 0,3-1,5% de cal) en un intervalo general comprendido entre 1 y aproximadamente 25 psig (a 70-140°C) durante un periodo de tiempo de 1 a 40 minutos. El nixtamal se lava y se enfría a aproximadamente 80°C, y a continuación se pone en remojo durante aproximadamente 60-180 minutos. El nixtamal en remojo humedecido o semihúmedo es molido continuamente por impacto y secado instantáneamente, para producir una cocción parcial o pregelatinización. Esta trituración y deshidratación simultáneas con gases a no menos de 180°C produce inactivación enzimática (endógena y microbiana) junto con una esterilización por calor húmedo del producto (patente de EE. UU. n° 2.704.257).

55

Después de clasificar la harina de masa de maíz, el aumento en la absorción de agua (rendimiento) y la viscosidad máxima (viscoamilografía) dependerá de la distribución del tamaño de partículas. Estos procedimientos de la técnica anterior para la producción industrial de masa de maíz implican tiempos cortos de precocción y remojo con desechos solubles

60

(demanda química de oxígeno del 1,2-2,7%) y sólidos totales (~1,5-3,5%) más bajos. La cocción por extrusión (Bazúa y col., 1979, patente de EE. UU. n° 5.532.013 y 6.482.459) de una harina de maíz descascarillada o integral con un bajo contenido de humedad se ha probado por extrusión de una mezcla de masa/harina, con cal (proporción maíz/agua de 1:0,3-0,6 y 0,2-0,25% de agente alcalino en la harina) y agua en un dispositivo de cocción extrusor o un transportador de tornillo horizontal hasta que una masa homogénea o harina al vapor se calienta uniformemente durante 1 a 7 minutos a 60-130°C (> 20 psig). La masa o harina de maíz enfriada (40-70°C) se deshidrata adicionalmente en aire caliente, se muele y se tamiza para producir una harina de maíz parcialmente descascarillada o integral. El tostado de maíz (200-260°C, 5-12 minutos) puede despolimerizarse, mediante dextrinización, y disminuir el potencial de hinchamiento del almidón de maíz y cereal con bajo contenido de agua (9-10%). En las condiciones de baja humedad usadas en la extrusión, la gelatinización de los gránulos de almidón depende de una combinación de calor y condiciones mecánicas para proporcionar alimentos que sean blandos y fácilmente solubles en agua.

Se han publicado algunas solicitudes de patente (documento WO 2004008879 , patente de EE. UU. n° 6.516.710 , documento MX/PA/a/2001/012210 o documento US 2003/198725) para la preparación de harinas de maíz nixtamalizado e instantáneas mediante cocción/precocción con calor húmedo, con o sin producción de aguas residuales alcalinas, a diferencia de los procedimientos tradicionales de nixtamalización (PTN) mencionados anteriormente. Las innovaciones recientes relacionadas con los procedimientos de nixtamalización fraccionada (PNF) para obtener harinas de masa instantánea y de masa seca incluyen el uso de inyección de vapor durante un tiempo breve para calentar el maíz descascarillado/desgerminado (patente de EE. UU. n° 6.277.421) o fracciones de maíz (patente de EE.UU. n° 6.265.013, documento US 2006/177554, documento US2006/193964 y Cortes y col., 2006) de modo que sus fracciones de endospermo, germen y pericarpio se gelatinizaron y desnaturalizaron parcialmente.

Los documentos WO2004/019701, WO2006/047700 y US2007/148318 se refieren a la producción de una harina de maíz precocida y con extracción parcial del salvado, donde los granos de maíz integral se tratan con enzimas y no con el tratamiento enzimático de una fracción de molienda fina de granos de maíz.

Aunque los procedimientos de la técnica anterior descritos anteriormente son aptos para la cocción parcial o el remojo/acondicionamiento de maíz integral o roto con o sin endoenzimas como adyuvantes del tratamiento, en el momento de la invención seguía sin disponerse en el mercado de un procedimiento continuo que no solo use una precocción por calor húmedo y un tratamiento enzimático del maíz con extracción del salvado y de maíz integral molido con una cantidad mínima de agua y energía para producir una harina de maíz integral y parcial.

RESUMEN Y OBJETIVOS DE LA INVENCION

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar una desviación completa con respecto a los procedimientos de precocción de la técnica anterior de tratamiento térmico, mecánico y enzimático de granos de cereales tales como maíz, trigo, arroz, cebada, centeno, avena, sorgo, mijo, triticale, teff, amaranto, quinoa y trigo sarraceno para producir productos de tipo harina. El procedimiento puede incluir las etapas de proporcionar una fracción de molienda fina de grano de maíz, es decir, una fracción de maíz integral molido en húmedo compuesto por endospermo, germen y salvado de aleurona; combinar dicha fracción de molienda fina de grano de maíz con al menos una endoamilasa y endoxilanasas para producir una fracción con adición de enzimas; realizar una precocción con calor húmedo de dicha fracción con adición de enzimas para obtener una fracción con adición de enzimas previamente cocida; acondicionar con alto contenido de sólidos dicha fracción de enzima precocida añadida para hidrolizar parcialmente el endospermo amiláceo e hinchar los gránulos de almidón y salvado de aleurona para producir partículas de cereal de maíz acondicionadas enzimáticamente; y moler dichas partículas de grano de maíz acondicionadas para obtener harina. Otro objetivo de la presente invención es usar granos limpios y producir un maíz con extracción del salvado y maíz molido para efectuar una gelatinización controlada de almidón y desnaturalización de proteínas durante una precocción continua con calor húmedo.

Otro objetivo es producir estas harinas de maíz pregelatinizadas e instantáneas usando un acondicionamiento continuo con alto contenido de sólidos con una endoamilasa y endoxilanasas comercial que no solo es eficiente en agua y energía, sino también menos costosa que los procedimientos de la técnica anterior para la elaboración de harinas de maíz instantáneas y pregel. Se puede usar al menos una endoenzima GRAS como ayuda para el tratamiento.

Otro objetivo más es producir harina de masa de maíz para harina a base de maíz y harina de maíz integral para alimentos a base de cereales, donde dichos ingredientes a base de cereales y alimentos funcionales son relativamente uniformes en su contenido bioquímico y fitoquímico y en sus propiedades fisicoquímicas.

Los anteriores y otros objetivos y ventajas de la invención se logran mediante un nuevo procedimiento continuo aplicado a la producción de harinas de maíz instantáneas y pregel para alimentos a base de cereales, cuyas realizaciones comprenden las etapas consistentes en: humectar todo el grano limpio para preacondicionarlo; moler el grano humedecido para producir fracciones de molienda fina y gruesa; tamizar la molienda fina y aspirar de las dos fracciones de molienda

una fracción de salvado ligero para su uso, por ejemplo, como forraje para animales; volver a moler la molienda gruesa para eliminar más el salvado; mezclar la molienda fina tamizada con una endoamilasa y endoxilanasas como adyuvante de tratamiento para producir una molienda con enzimas añadidas; precocer por calor húmedo una corriente de partículas de maíz en otra corriente de vapor saturado para obtener una gelatinización parcial y desnaturalización de proteínas;

5 purgar el vapor residual y separar las partículas finas precocidas; proceder a un templado con alto contenido de sólidos de la molienda fina para digerir parcialmente las fracciones de endospermo y salvado de aleurona; secar con aire caliente la molienda fina acondicionada e inactivar con endoamilasa para una vida de almacenamiento prolongada mientras se extrae el aire caliente agotado; enfriar con aire limpio mientras se desperdicia el aire húmedo de la molienda fina seca; moler las partículas aglomeradas; tamizar y separar la molienda fina producida a partir de la molienda gruesa, mientras

10 que la fracción de molienda gruesa se vuelve a moler y tamizar la molienda fina para obtener una harina de maíz; y mezclar la harina fina con cal para obtener harina de masa de maíz y harina de maíz integral para alimentos a base de maíz y cereales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 Esta invención puede entenderse a partir de la descripción que se ofrece a continuación de realizaciones preferidas cuando se lee conjuntamente con los dibujos adjuntos.

La FIG. 1 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra el procedimiento continuo e industrial que usa un tratamiento enzimático y de baja humedad con un polvo de endoamilasa y endoxilanasas como ayuda para el tratamiento para la elaboración de una harina de masa de maíz y de maíz integral para alimentos a base de maíz y cereales.

La FIG. 2A muestra cromatogramas comparativos de patrones de arabinoxilano (A) y xilooligosacáridos de China-Kangwei (B) (XOS).

La FIG. 2B es un cromatograma HPAEC-PAD amplificado de muestra hidrolizada con 2-PMP (xilanasas; 1.000 ppm) que ilustra la producción enzimática de xilooligosacáridos lineales (DP: 5-8) en harina de maíz integral y harina de masa de maíz.

La FIG. 2C es un espectro ESI-MS que muestra la producción enzimática de xilooligosacáridos ramificados prebióticos (XOS) (DP: 5-7 oligómeros de glucurónico-arabino-xilosa (GAX) o xilooligosacáridos ácidos) en harina de maíz integral y harina de masa de maíz.

30 La FIG. 2D es un espectro ESI-MS de muestra hidrolizada con 2-PMP (Xilanasas: 1.000 ppm) que muestra la producción enzimática de xilooligosacáridos ramificados prebióticos (XOS) (DP: 5-7 oligómeros de glucurónico-arabino-xilosa o xilooligosacáridos ácidos) en harina de maíz integral y harina de masa de maíz.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

35 Con referencia en primer lugar a la FIG. 1, se representa, en forma de diagrama de flujo, una realización de la presente invención. Incluye un preacondicionador 1; un molino primario 2; un tamiz 3 con un aspirador asociado; un mezclador 4; un dispositivo industrial de precocción a baja humedad 5; un ciclón 6; un acondicionador con alto contenido de sólidos 7; un calentador 8; un secador 9 con un ventilador; un refrigerador 10 con un ventilador asociado; un molino secundario 11

40 y un clasificador 12.

Se suministra grano de maíz integral (por ejemplo, documento EE. UU. n.º 1 designación o calidad de valor mejorado), que se ha liberado del maíz roto y material extraño mediante limpieza en seco (cribado y aspiración), a un preacondicionador 1, donde el maíz limpio se rocía continuamente con agua durante aproximadamente 3 a 5 minutos

45 para humedecer y reblandecer uniformemente las fracciones de salvado (pericarpio y aleurona), germen y endospermo. La humedad del maíz se ajusta de aproximadamente el 10-12% a aproximadamente el 16-20% mientras se usa una proporción entre grano de maíz y agua de 1:0,12 a 1:0,24. El nuevo bioprocedimiento se refiere preferentemente al grano de maíz (*Zea mays* L.: blanco, amarillo y azul), pero también incluye otros granos de cereales (harináceas) y pseudocereales para alimentos e ingredientes a base de cereales dentro de su alcance. Otros cereales adecuados incluyen trigo (*Triticum* spp.), Arroz (*Oryza* spp.), Cebada (*Hordeum* spp.), Centeno (*Secale cereale* spp.), Avena (*Avena* spp.), Mijo (*Brachiaria* spp., *Pennisetum* spp., *Panicum* spp., *Setaria* spp., *Paspalum* spp., *Eleusine* spp. y *Echinochloa* spp.), Sorgo (*Sorghum* spp.), Teff (*Eragrostis* spp.), Triticale (*Phalaris arundinacea*), Trigo sarraceno (*Fagopyrum* spp.), Amaranto (*Amaranthus cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*).

55 El grano humedecido se pasa a través de un molino primario 2, que rompe y somete a abrasión el salvado del cereal, desprende el germen y desmenuza el grano en dos fracciones. La porción de gran tamaño de maíz roto se conoce como fracción de molienda gruesa («fracción de cola», y parte de la misma puede aislarse como granos de escamas grandes) compuesta por endospermo, germen y salvado de pericarpio, mientras que la porción de pequeño tamaño se describe como fracción de molienda fina compuesta por salvado de endospermo, germen y aleurona (también conocida como

60 «fracción transversal»).

Este maíz integral molido en húmedo así obtenido se dirige a continuación a un tamiz 3 con un aspirador asociado donde

se separan tres fracciones, que son la molienda más pequeña y fina que después se suministra a un mezclador 4, la molienda más gruesa (malla superior a 10-25) que se recicla en el molino primario 2 para su posterior molienda y el salvado ligero que se aísla con flujo de aire como un subproducto de maíz (que contiene del 10% al 16% de humedad). Esta fracción de salvado segregada y ligera (malla superior a 10-25) puede representar del 4% al 16% y del 1% al 3% del peso total del maíz limpio para producir una harina de maíz integral (masa) y parcial, respectivamente.

La molienda fina tamizada (que representa un promedio del 90% y 98% del peso total del maíz de entrada, respectivamente) se transporta además a un mezclador 4, donde se mezcla con una endoamilasa y una endoxilanasas, preferentemente en forma de polvo (actividad enzimática de 60°C a aproximadamente 80°C y pH de 6 a aproximadamente 9) para suministrar del 0,005% a aproximadamente el 0,10% en peso de ayuda para el tratamiento con el fin de producir una harina de masa de maíz y/o harina de maíz integral, respectivamente. Antes del mezclado, la enzima se puede mezclar con una porción de la harina de maíz como vehículo para formar la denominada premezcla enzimática. Es posible que la endoenzima pueda incluir un vehículo de calidad alimentaria o en polvo y uno de alfa-amilasa (EC 3.2.1.1) o amilasa desramificante (por ejemplo, EC 3.2.1.11, 33, 41 o 68) o endoamilasa de almidón granular (documentos DK200301568 y US 2006/147581; US 2004/043109 y patente de EE.UU. n° 6.890.572) o endoxilanasas (por ejemplo, EC 3.2.1.8, 32, 78, 99 o 136; endoxilanasas de feruloilato-arabinosilano/feraxano, patente de EE.UU. n° 4.954.447). En general, el polvo de endoamilasa y xilanasas se mezcla en una cantidad de hasta aproximadamente el 0,10%, preferentemente del 0,005% a aproximadamente el 0,10% en peso de la harina molida fina. Al menos una enzima se selecciona preferentemente de entre endoamilasas y endoxilanasas derivadas de microbios que se reconocen como sustancias GRAS y se usan como adyuvantes de tratamiento (21 CFR 170.36).

Después de completar la etapa de mezcla, la molienda fina con adición de enzimas (que contiene del 16% a aproximadamente el 20% de humedad) se transfiere a un dispositivo industrial de precocción a baja humedad 5, cuyo diseño es conocido de por sí, donde se inyecta vapor saturado a presión en un flujo de partículas finas de maíz a medida que se introducen en el dispositivo de precocción hidrotérmica (tubo venturi), calentando e hidratando instantáneamente las partículas finas a la temperatura deseada. La temperatura se controla ajustando la presión del vapor inyectado, y es preferentemente de aproximadamente 100°C a aproximadamente 170°C. La corriente de partículas finas se hidrata y dispersa adicionalmente a temperaturas elevadas (por ejemplo, de 70°C a 80°C) durante aproximadamente 0,2 segundos a aproximadamente 1 segundo, con el tiempo de permanencia ajustado por la velocidad de flujo de maíz a través del dispositivo de precocción hidrotérmica (tubo de mezcla venturi o tubo de flujo de baja presión). Preferentemente, la presión de vapor es de aproximadamente 15 psi a 90 psi para controlar la velocidad de flujo del vapor y garantizar que la temperatura de precocción se establezca para una velocidad de flujo de maíz fijada. De esta manera, la molienda fina precocida se incrementa hasta un contenido de humedad del 20% a aproximadamente el 25% (es decir, por encima de su temperatura de gelatinización y desnaturalización). El endospermo de almidón y aleurona no solo se gelatiniza parcialmente, sino que además las proteínas de germen y salvado de aleurona se solubilizan parcialmente usando esta técnica de precocción por calor húmedo. El tratamiento térmico (25 minutos a 115°C) de maíz dulce aumentó el nivel de oligosacáridos feruloilados solubilizados mientras que los glucósidos ligados insolubles disminuyeron con el tiempo y la temperatura (Dewanto y col., 2002).

La molienda fina precocida con vapor se pasa a continuación a un ciclón 6, donde el vapor residual (70°C a 75°C) se purga y se separa de la molienda fina precocida. Las partículas finas calentadas por humedad se mantienen en un acondicionador 7 con alto contenido de sólidos, donde la molienda fina se acondiciona enzimáticamente durante aproximadamente 15 a 45 minutos a entre 60°C y 70°C para lograr una absorción de humedad de entre el 1% y el 2% (es decir, por debajo de su temperatura de gelatinización). Una hidrólisis enzimática de las fracciones de endospermo amiláceo (polisacáridos de amilosa y amilopectina) y salvado de aleurona (arabinosilano, glucoproteína y oligosacáridos feruloilados/FAXX o ferulatos glicosilados, Kroon y col., 1997) promueve una difusión e hidratación uniformes de los gránulos almidonados porosos y de salvado. Esta etapa de acondicionamiento se lleva a cabo con un contenido de sólidos tan alto que la mezcla es una fase única sin agua libre visible y no requiere agitación durante la conversión enzimática. Como se muestra en la FIG. 2A, los cromatogramas comparativos de los patrones de Arabinosilano (A) y los xilooligosacáridos (XOS) de China-Kangwei (B) ilustran la producción enzimática de xilooligosacáridos lineales prebióticos (DP: 3-8 oligómeros de arabino-xilosa) en harina de maíz integral y harina de masa de maíz. La fibra insoluble es convertida por la endoxilanasas en fibra soluble y para hidrolizar arabinosilano a xilooligosacáridos lineales (DP: 3-8, la fig. 2B) y ramificados (DP: 5-7, la FIG. 2C y 2D).

Un fenómeno catalítico se denomina catálisis homogénea cuando al menos una endoenzima, gránulos de almidón y salvado y agua constituyen una sola fase con una biorreacción de primer orden como la ecuación cinética de Michaelis o Langmuir. Por lo tanto, la velocidad de una difusión simultánea de agua en el gránulo, donde experimenta una reacción irreversible, continúa a una velocidad proporcional a su concentración en el gránulo (Danckwerts, 1949). Esta etapa biocatalítica también reduce las barreras de calor y difusión y permite en el vapor condensado y la endoamilasa y endoxilanasas añadidas una digestión parcial mientras se producen dextrinas y oligómeros solubles a partir de fracciones de endospermo y salvado de aleurona, respectivamente. Una endozima puede disminuir la viscosidad máxima de las suspensiones de almidón al escindir no solo los polímeros de glucano sino también las oligodextrinas de la amilosa y la

amilopectina.

Posteriormente, la molienda fina precocida acondicionada se pasa a través de un secador 9 con un ventilador, cuyo diseño es conocido de por sí, de tal manera que se mezcla con aire caliente procedente de un calentador 8 por lo que se genera un combustible, como gas natural, y aire limpio usados para la combustión. De este modo, el material acondicionado se seca rápidamente a una temperatura alta de 120°C a 190°C durante un corto periodo de tiempo de 0,5 a 2 segundos con el aire caliente residual purgado (60°C a aproximadamente 80°C con del 15% al 18% de humedad). La etapa de esterilización por calor húmedo provoca la desnaturalización de la endoenzima junto con la estabilización de los lípidos para una vida de almacenamiento prolongada (por ejemplo, más de 3 meses) y confiere a la harina un aroma típico «tostado». La harina de maíz se seca para producir un contenido de humedad del 13% a aproximadamente el 15%, dependiendo del tamaño de partícula deseado. Si se desea, la harina de maíz integral se puede pregelatinizar aún más con calor hasta un 9% al 13% de humedad para hacer que la harina instantánea se use como ingrediente a base de cereales en los alimentos.

El aire caliente cargado de humedad se elimina del material de maíz seco tratado con enzimas a través de un refrigerador 10 con un ventilador asociado, lo que reduce aún más el contenido de humedad con aire limpio ambiental, de aproximadamente el 9-15% a aproximadamente el 7-12%, dependiendo de la vida de almacenamiento deseada de la harina de maíz parcial (10-12%) o integral (7-9%). Durante las etapas de precocción por calor húmedo/templado con alto contenido de sólidos, secado y enfriamiento, se producirá un cierto grado de aglomeración de partículas y las partículas de maíz más grandes deben volverse a mezclar para lograr una especificación uniforme del producto.

Después de una extracción adicional de la humedad, el material seco y enfriado se suministra a un molino secundario 11, donde el material aglomerado se muele en dos fracciones, que son un molido fino («transversal») y un molido grueso («sobrecargas»).

El material de molienda se dirige a un clasificador 12 con pantallas de tamaño adecuado (por ejemplo, de malla 25 a 120) donde la molienda fina se segrega como harina de maíz y la molienda gruesa se recicla de nuevo en el molino secundario 11 y a continuación se vuelve a moler. La nueva molienda se tamiza adicionalmente para producir una harina de maíz homogénea para el maíz integral parcial (malla inferior a 25 a 120) o integral (malla inferior a 40 a 120), respectivamente.

La harina de maíz puede mezclarse con cal de calidad alimentaria o en polvo añadida en una cantidad de hasta aproximadamente el 0,20%, preferentemente hasta el 0,10% en peso de cal. Si se desea, la harina de maíz homogénea se puede mezclar adicionalmente con cal de calidad alimentaria o en polvo en una cantidad de aproximadamente el 0,10% al 0,20% en peso, y de aproximadamente el 0,02% al 0,10% (en peso basado en la harina) para producir una harina de maíz integral parcial (masa de maíz) e integral, respectivamente.

La siguiente tabla proporciona un contenido bioquímico y fitoquímico de harinas integrales y parciales: maíz integral para alimentos de cereales (malla <40 a 120) y masa de maíz para alimentos de maíz (malla <25 a 120). Maíz en bruto molido (malla <25 a 80) usado para harina.

Tabla 1. Contenido bio/fitoquímico (g/100 g): * Nuevas harinas de cereales			
Nutriente	*Maíz integral	*Masa de maíz	Maíz en bruto
Agua	8,0	11,0	11,0
Proteínas	7,8	8,6	7,5
Grasa	3,3	4,0	3,8
Ceniza	1,3	1,4	1,2
Calcio	0,030-0,060	0,10-0,16	0,01-0,025
Fibra dietética: (Fibra soluble)	11,0 (1,1)	9,0 (0,5)	12,0 (0,2)
Fibra en bruto	2,0	1,5	2,3
Niacina: mg	20	15	25
Ácido transferúlico: mg (TEAC: µmol equivalente de Trolox o análogo hidrofílico de vitamina E)	1.400 (2.000)	800 (500)	1.600 (1.000)
Almidón	68,6	66,0	64,5

Tabla 1. Contenido bio/fitoquímico (g/100 g): * Nuevas harinas de cereales			
Nutriente	*Maíz integral	*Masa de maíz	Maíz en bruto
Calorías totales:	326	323	312

Las harinas de maíz integral y de masa de maíz (parcial-entera) contienen gránulos del endospermo, el germen junto con fracciones de salvado de pericarpio y salvado de aleurona que producen fracciones grandes (malla 25 a 60) y pequeñas (malla <120) de una distribución de tamaño bimodal. Además, existe una ganancia potencial en el rendimiento de harina de cereal del 98% y el 90% del peso total de los productos precocidos de baja humedad en comparación con los procedimientos continuos de harina de maíz y masa de maíz que pueden producir del 65-85% (desgerminado) al 88-95% (con extracción del salvado), respectivamente (patentes de EE.UU. n° 6.326.045 y 6.516.710; patentes de EE.UU. n° 6.344.228 y 6.387.437). El grano de maíz es molido o nixtamalizado con lo que pierde algo de salvado durante la molienda en seco o la cocción en húmedo.

Si el cereal ha sido procesado (por ejemplo, roto, triturado, enrollado, extrudido, ligeramente perlado y/o cocido), el producto alimentario integral debe suministrar aproximadamente las mismas partes esenciales y nutrientes presentes en la semilla original del cereal. Por lo tanto, las nuevas harinas producidas por el presente procedimiento tienen, en promedio, un mayor valor nutricional en comparación con las harinas convencionales, con una composición con más grasa (2-3 veces), fibra dietética (1,5-3 veces: junto con el antioxidante ferúlico como biomarcador dietético de la ingesta de cereales integrales, 2-3 veces) y proteínas (1-1,5 veces) que las harinas molidas en seco comerciales (con extracción del salvado o desgerminadas) usadas en alimentos a base de maíz (INCAP, 1961 y FAO, 1993).

Se encontró un contenido de niacina similar (15-20 ppm) después de la precocción de baja humedad en comparación con la nixtamalización tradicional (Bressani, 1997) o tratamiento de harina de masa de maíz (13-17 ppm). La pelagra se debe a un mayor requerimiento de niacina con una alta proporción de leucina:isoleucina y una baja ingesta de triptófano (precursor de niacina) en las dietas a base de maíz. La precocción con bajo contenido de humedad (20-25% de humedad) que usa una adición baja en endoenzimas y baja en cal (0,005% y 0,1-0,2%, respectivamente) no solo ayuda a evitar la oxidación de lípidos en las fracciones de germen/salvado, sino que también aumenta su contenido de calcio. Si se produjo una harina de masa de maíz (1.000-1.600 ppm) y se presentó una solicitud de declaración de nutrientes (cfsan.fda.gov), se estima que una ración de tortilla suministraría entre el 15% y el 25% del requerimiento diario de calcio (160-260 mg/ración/día: 30 gramos o 0,6 oz de harina de masa de maíz: USDA-SR16 para ración de tortilla de maíz de 7 pulgadas con el 45% de humedad).

La Ley de Modernización de la FDA, admitiendo que no tenía ni tiempo ni recursos, dictaminó en 1997 que las empresas podían hacer sus propias declaraciones GRAS bajo su responsabilidad y a continuación enviar una notificación a la FDA para su posible aprobación (GRAE o generalmente recomendado como eficaz). Pueden necesitarse de 2 a 5 años para que una empresa obtenga una declaración de propiedades saludables de la FDA en el etiquetado de alimentos o suplementos dietéticos ((a) Declaraciones de estructura/función, o equivalente europeo de tipo A, (b) Acuerdo científico significativo - SSA y (c) Declaraciones de propiedades saludables homologadas, o tipo B).

En este procedimiento, el nuevo precocido con bajo contenido en humedad produce una reducción del 40% al 80% en el consumo de agua y energía con los correspondientes costes ambientales mínimos, en comparación con los procedimientos industriales de harina de masa de maíz recientes (patentes de EE.UU. n° 6.516.710 y 6.344.228, MX/PA/a/2001/012210 o US2003/198725).

La siguiente tabla muestra las propiedades fisicoquímicas de las harinas de maíz integral e integral parcial: maíz integral para alimentos de cereales (malla <40 a 120) y masa de maíz para alimentos de maíz (malla <25-100). Maíz en bruto molido (malla <25-80) usado para harina.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas: * Nuevas harinas de cereal			
Propiedad	*Maíz integral	*Masa de maíz	Maíz en bruto
Humedad(%):	8,0	11,0	11,0
Rendimiento (masa g/100 g)	1.600-1.900	1.900-2.400	1.300-1.500
Adhesividad	0,6	0,5	0,0
pH (11% de sólidos)	6,4	6,9	6,1
Viscosidad aparente (RVA-4/14% de sólidos):			
Máximo (cps/95°C)	1.100	3.400	3.500

Propiedad	*Maíz integral	*Masa de maíz	Maíz en bruto
Intermedio (cps/95°C)	700	2.400	3.200
Final (cps/50°C)	1.800	5.600	7.400
Temp. adhesión (°C)	80	78	74
Tiempo máximo (min/95°C)	5,6-6,0	5,0-5,5	6,1-7,0

Las harinas integrales de maíz y masa de maíz (integral parcial) pueden incluir partículas gruesas (malla 25 a 60) y finas (malla <120). Los gránulos de gran tamaño son fragmentos de salvado de pericarpio, endospermo y germen. Los pequeños son en su mayoría fragmentos de endospermo almidonado, germen y salvado de aleurona. Por lo tanto, una distribución de tamaño bimodal y una composición bioquímica afectan no solo a las propiedades fisicoquímicas (viscosidad aparente y adhesividad) de una masa de maíz, sino también a su rendimiento (absorción de agua) para los alimentos de cereales. Las harinas de masa de maíz comerciales para las mismas aplicaciones (aperitivos y tortillas) pueden tener diferentes propiedades físicas, químicas y de adhesión. La harina gruesa nixtamalizada (malla >20) tenía una viscosidad máxima baja y la harina fina (malla <100) mostró una viscosidad máxima alta, lo que sugiere que la harina gruesa (para aperitivos) se hidrata más lentamente y desarrolla menos viscosidad (Gómez y col., 1991).

En este procedimiento, el rendimiento de la harina de masa de maíz es mayor que la harina de maíz integral y la harina en bruto, ya que tanto el precocido de baja humedad como los tratamientos térmicos provocan principalmente una gelatinización parcial del almidón y una desnaturalización de proteínas. Sin embargo, su viscosidad máxima de masa de maíz era menor que la harina en bruto pero mayor que la viscosidad máxima de maíz que refleja un bajo grado de modificación del almidón para una harina pregel. Por otro lado, se detectó un alto grado de modificación para una harina instantánea no solo por su bajo rendimiento, sino también por su viscosidad máxima baja que muestra efectos de precocción de baja humedad y de tratamiento enzimático con alto contenido de sólidos.

EJEMPLO 1

Preparación de alimentos a base de maíz usando una harina de masa de maíz pregel como ingrediente a base de cereales:

La harina de masa de maíz pregel e integral parcial hecha a partir del procedimiento presentado se puede rehidratar con agua tibia de una proporción en peso de 1:0,9 a aproximadamente 1:1,4 para una masa de alto rendimiento (del 50% al 60% de humedad final) usada en la preparación de aperitivos industriales y alimentos comerciales horneados con tortillas.

La harina de masa de maíz contenía en promedio aproximadamente el 9% de fibra dietética (0,5% de fibra soluble o xilooligosacáridos ácidos lineales (DP: 3-8, fig. 2B) y ramificados de bajo peso molecular (DP: 5-7, FIG. 2C y FIG. 2D) con un grado de polimerización de los oligosacáridos, DP: 3-8, fig. 2B) y un contenido transferílico de 800 ppm (o expresado como 500 TE o μmol equivalente de trolox/100 g), que era el 50% más bajo que la harina de maíz en bruto (1.600 ppm y 1.000 TE). Wu y col. (2004) y el USDA (noviembre de 2007) midieron antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos (capacidad total de absorción de radicales ORAC-oxígeno como μmol TE/100 g y productos fenólicos totales-TP como equivalentes de mg-ácido gálico/100 g) de alimentos comunes como: nachos con contenido en grasa reducido (1.704 y 304), maíz dulce amarillo (728 y 211), copos de maíz-General Mills (2.359 y 842), maíz palomero-Pop secret (1.743 y 117), harina de maíz azul (684 y 77), pan integral (1.421 y 171), salvado de avena-Quaker (1.886 y 163), salvado de arroz en bruto (24.287 y 667) y frijol negro (8.040 y 880). Se cree que los compuestos fenólicos representan una parte importante de la capacidad antioxidante en muchas plantas (frutas, verduras, frutos secos, cereales y especias). El ferúlico fue el antioxidante fenólico predominante y se eliminó con el salvado de maíz junto con niacina (disminución del 40%) durante la molienda para obtener harina de masa de maíz. Es posible que tuviera lugar una pérdida del 10%-40% de ferúlicos durante la hidrólisis con lejía (1-4 h/2 N:Adom y Liu, 2002) y una pérdida superior al 93% durante la cocción con cal (1 h de cocción, 15 h de remojo con 0,75% p/v: Martínez-Bustos y col. 2001).

Esta harina integral parcial pregel tenía un mayor contenido ferúlico que el maíz amarillo molido en seco (209 ppm) y harinas de cereales con extracción del salvado similares (trigo, avena y arroz moreno: 59, 55 y 63 ppm: Sosulski y col., 1982). El contenido fenólico total se ha relacionado directamente con la actividad antioxidante total y una alta correlación entre el contenido fenólico y ferúlico para los extractos ligados refleja la contribución principal del ferúlico a los ácidos fenólicos totales en cereales, frutas y verduras (es decir, derivados de ácidos hidroxicinámico-ferúlico/cafeico e hidroxibenzoico-protocatecuico/gálico, antocianidinas, flavonas, flavanonas y flava-o/noles).

Se estima que el consumo per cápita de tortillas de maíz en México y América Central es de aproximadamente 240 gramos/día (8 tortillas o 150 gramos de harina), lo que representa al menos un 20% de la ingesta diaria de calorías y

calcio (AACC, 2001 y SSA, 2005). Por lo tanto, una tortilla de harina de masa de maíz proporcionará aproximadamente 1,5 gramos de fibra/ración y raciones de tres tortillas (50 gramos o 1,8 onzas de harina de maíz: USDA-SR16 para tortillas de maíz de 7 pulgadas con un contenido de humedad $\geq 45\%$) suministrarían al menos el 18% del valor diario de fibra de la FDA (25 gramos: *cfsan.fda.gov*). Una harina de maíz comercial nixtamalizada (Maseca® regular) puede contener entre 5 el 7-9% de fibra dietética y el 6-8% de fibra insoluble (Bressani, 1997 y patente de EE.UU. n° 6.764.699).

Sin embargo, la FDA especifica los productos de cereales integrales como aquellos que cumplen el criterio del 51%-61% de definición de cereales integrales en peso en trigo (12,5% de fibra), cebada (10% de fibra), avena (11% de fibra), arroz blanco y arroz moreno (1,8% y 3,5%). Las especificaciones para la harina de maíz nixtamalizado (masa de maíz) y la 10 harina de maíz integral ($>7,3\%$) también están en trámite (Anderson 2004, AACC, 2005, 2006). La pirámide de la guía alimentaria (2005) sugiere comer la mitad de los cereales integrales (6 onzas o raciones de cereales/día con 4,5 tazas de frutas y verduras/día para una dieta de 2.000 calorías): *Mypyramid.gov*. Además, un menor consumo de alimentos con alto contenido energético (alto contenido de grasas/proteínas y alto contenido de azúcar o almidón) y refrescos (alto contenido de azúcar libre) también reducirá las calorías diarias totales para mantener un peso saludable.

15 Un salvado de maíz industrial tratado con cal (Maseca®: $>50\%$ de fibra, $>3\%$ de fibra soluble, $>2\%$ de grasa, >5.000 ppm de ferúlico y >500 ppm de sitosterol) contenía el 4-5% de materia insaponificable con un contenido total de esteroides de 880 ppm y esto representa aproximadamente el 50% del contenido de germen de maíz molido en seco (Arbokem, 2000). Al menos el 40% de los fitoesteroides del salvado de maíz nixtamalizado se esterificaron lo que representa >350 ppm, que 20 era similar a un salvado de maíz molido en seco con 450 ppm de ésteres de acilo grasos (con 4.200 ppm de ferúlicos: Yadev y col., 2006). El aceite de fibra de maíz tiene tres fitoesteroides naturales, como el esteroide libre (es decir, el β -sitosterol puede interferir con la absorción de colesterol), el éster de ferulato de esteroide y el éster de acilo graso de esteroide. Se ha descubierto que estos esteroides reducen el colesterol sérico en la sangre y pueden usarse como nutracéuticos (patente de EE.UU. n° 6.677.469). Oryzanol, una mezcla de ésteres de ferulato de ferilo se extrae de la 25 materia insaponificable (UM) del refinado de aceite de salvado de arroz (2.570 ppm: 822 ppm de equivalente ferúlico). Este subproducto de salvado industrial es principalmente una mezcla de esteroides y γ -orizanol (43% y 28% en UM) y el salvado de arroz estabilizado (21% de fibra, 22,4% de grasa con el 4,1% de UM) puede comercializarse como ingrediente de alimentos saludables (>4 dólares/k: Kahlon y col., 2004).

30 Los fenoles dietéticos predominantes en los granos de cereales son los ácidos fenólicos y el ácido ferúlico está presente en las paredes celulares localizadas en las fracciones de salvado de aleurona y pericarpio. El salvado de maíz Plate y col., 2005, Andreasen y col., 2001 y Stone, 2006) es una de las mejores fuentes de ferúlico (31.000 ppm y 5.000 de diferúlico) en comparación con el arroz (9.000 ppm), el trigo (4.500-6.600 ppm y 1.000 de diferúlico/salvado; 18.500 ppm de ferúlico/aleurona) y la cebada (1.400).

35 EJEMPLO 2

Preparación de alimentos a base de cereales usando una harina instantánea de maíz integral como ingrediente alimentario funcional y a base de cereales:

40 La harina instantánea e integral obtenida del procedimiento mencionado anteriormente se puede mezclar uniformemente con del 29% al 49% en peso de harina de cereal para aumentar su formulación de ingredientes de aproximadamente el 70% a aproximadamente el 80% de fibra dietética y del 800% a aproximadamente al 1.400% de antioxidantes fenólicos. La harina integral se puede rehidratar con agua tibia de una proporción en peso de 1:0,6 a aproximadamente 1:0,9 para 45 una masa de maíz de bajo rendimiento (del 40% al 50% de humedad final) usada en la preparación de nuevos productos a base de trigo y a base de cereales.

Además, una sustitución de harina integral (es decir, pan plano) proporcionará de 0,98 a 1,36 gramos de fibra/ración adicionales y tres raciones de tortilla de harina (52 gramos o 1,9 oz de harina integral: USDA-SR16 para un pan de trigo 50 integral con $\leq 38\%$ de contenido de humedad) proporcionarían aproximadamente del 12% al 16% del valor diario de fibra de la FDA (*cfsan.fda.gov*).

El Sello de Cereales Integrales se puso en marcha en 2005 y los sellos de la Fase I Original llevaban impresas las palabras «Fuente buena» para productos con el 50% o más de contenido de cereal integral y «Fuente excelente» para productos 55 con el 100% de cereal integral. Un año y medio después, se lanzó la Fase II para alimentos integrales con sellos que indicaban un cereal integral con $>50\%$ o el 100% de contenido de cereal integral por ración/asignación etiquetada (*wholegrainscouncil.org*).

La harina integral instantánea tenía aproximadamente el 11% de fibra dietética (1,1% de fibra soluble) y xilooligosacáridos 60 lineales de bajo peso molecular con un grado de polimerización (DP) de 3-8 (Figura 2B), y/o xilooligosacáridos ramificados (XOS ácido) con un grado de polimerización (DP) de 5-7 (figura 2C y figura 2D), y un contenido transferúlico de aproximadamente 1.400 ppm. Este resultado fue ligeramente inferior al del maíz en bruto (1.600 ppm) lo que indica una

degradación por calor del 10-15%. Sin embargo, su actividad antioxidante fue significativamente mayor (2.000 TE) que el maíz en bruto (1.000 TE) y la harina de masa de maíz (500 TE), lo que indica un aumento de la hidrólisis enzimática (100%), que solubilizó el ferúlico de los ferulato-oligosacáridos en las fracciones de salvado de aleurona y salvado de pericarpio. Esta harina integral instantánea tenía un contenido ferúlico similar al del maíz amarillo molido en laboratorio (1.760 ppm) pero un contenido más alto que otras harinas integrales (trigo, avena y arroz moreno): 650, 360 y 300 ppm: *Adom y Liu, 2002*). Las partículas de salvado dietéticas no se rompen durante la molienda. Debido a que no son susceptibles de digestión enzimática en el intestino delgado, los nutrientes no están disponibles hasta que llegan al intestino grueso. Los compuestos fenólicos ligados insolubles (5.000 ppm de ferúlico) pueden ser digeridos por medios microbianos (40%) en el colon. El grado de solubilización de los oligosacáridos ferulolilados (50%) fue mayor que la solubilización general de los polisacáridos de salvado de trigo (*Kroon y col., 1997*). Estos ácidos fenólicos ligados, principalmente en los β -glucósidos (como los xilooligosacáridos con un grado de polimerización ≥ 3 , por ejemplo, como se muestra en las Figuras 2B-2D), no pueden ser digeridos por enzimas humanas y podrían sobrevivir a la digestión del estómago y el intestino delgado para llegar al colon, proporcionando salud inmunitaria (documento EP1733730) y manteniendo la salud gastrointestinal. La Federation of American Societies for Experimental Biology (FASEB, 1987 y American Dietetic Association, 2007: *foodproductdesign.com*) recomienda una ingesta de fibra que sea el 66-75% insoluble y el 25-34% soluble, una proporción que representa los tipos que se encuentran en una dieta normal y mixta de alimentos (frutas, verduras y cereales integrales: 20-35 g/día).

Aproximadamente el 69% del ácido ferúlico presente en el maíz dulce amarillo corresponde a glucósidos ligados insolubles (1.700 ppm en seco), siendo el ferúlico el principal compuesto esterificado en cadenas laterales de heteroxilanos (700-1.500 ppm de maíz blanco comercial, 1.600-1.800 ppm de maíz negro/azul y 1.000-1.800 ppm de maíz amarillo comercial). Dewanto y col. (2002) han mostrado que el tratamiento térmico del maíz dulce (a 115°C durante 25 minutos) elevó significativamente la actividad antioxidante total en el 44% y aumentó el contenido fitoquímico de ácido ferúlico en un 550% (liberado de los ésteres solubles y los glucósidos) y los compuestos fenólicos totales en el 54%. Por lo tanto, debido a la solubilización de los compuestos fenólicos, el tratamiento térmico mejoró la actividad antioxidante del maíz dulce a pesar de su significativa pérdida de vitamina C del 25%. El ácido ferúlico estuvo presente principalmente en la forma ligada. Las formas libres, conjugadas o esterificadas solubles e insolubles o glicosiladas estaban en una proporción de 0,1:1:100. Los flavonoides y el ácido ferúlico contribuyen a los compuestos fenólicos totales en el maíz, el trigo, la avena y el arroz. La contribución del ferúlico ligado a los compuestos fenólicos ligados fue del 76% en maíz, el 61% en trigo, el 43% en avena integral y el 47% en arroz integral (*Adom y Liu, 2002*). Una forma práctica de usar ferulatos ligados y fitofenoles como biomarcadores dietéticos analíticos para el consumo de cereales integrales y extractos de plantas ricas en polifenoles (es decir, pycnogenol®) puede requerir varios años para desarrollarse (*Virgill y col. 2000 y AACCC, 2006*).

Los productos de cereales integrales retienen tanto el salvado como el germen al proporcionar ácidos fenólicos antioxidantes (trans/cis ferúlico, diferúlico, p-cumárico y cafeico) y ácido fítico que actúan de forma independiente/sinérgica con la fibra dietética para reducir el riesgo (30% con 3 raciones/día) de enfermedades cardiovasculares/coronarias (ECV/EC), cáncer de colon y diabetes tipo II (*Miller y col., 2000, Decker y col., 2002, Ou y col., 2004 y Jones, 2006*). Varios estudios epidemiológicos han definido consistentemente los cereales integrales como aquellos alimentos que comprenden más del 25% de contenido de cereales integrales o salvado en peso (Liu, 2003). La Iniciativa de Información de Salud del Consumidor de 2003 de la FDA para una mejor nutrición establece el uso de declaraciones de propiedades saludables homologadas cuando existe una evidencia clara de una relación entre un alimento, un componente alimentario o un suplemento dietético y un riesgo reducido de una enfermedad o afección relacionada con la salud (*cfsan.fda.gov*). Los intentos de desarrollar procedimientos para evaluar la actividad contra especies reactivas de oxígeno (ROS) para nuevas declaraciones de propiedades saludables están plenamente justificados por su implicación en la patogénesis de varias enfermedades crónicas y enfermedades relacionadas con la edad. Sin embargo, las dietas modernas (carne roja, lácteos/mantequilla con alto contenido de grasa, cereales refinados) también contienen prooxidantes, como hierro/cobre, peróxido de hidrógeno, hemo, peróxidos/aldehídos lipídicos. Estos prooxidantes afectan al aparato gastrointestinal al inducir cáncer de estómago, de colon y de recto.

El ácido ferúlico es un antioxidante fenólico conocido, ya que es un eliminador eficaz de radicales libres (un ensayo de eliminación de radicales ABTS mostró un valor IC₅₀ o un valor de inhibición del 50% de 3,3 ppm para ferúlico y 1,5 ppm y gálico como control positivo: informe de prueba analítica Intasa-Chromadex™, 2006). Kikuzaki y col. (2002) publicaron previamente los efectos de inhibición y aumento de radicales DPPH de ferúlico, orizanol (ferulato de esterilo), BHT, α -tocoferol (Trolox) y ácido gálico (27%, <21%, <29%, <42%, <76%). Una prueba TEAC se definió como la concentración de solución Trolox con capacidad antioxidante equivalente a una concentración 1 mM del compuesto (*Rice-Evans y col., 1996*). Se encontraron valores crecientes similares para α -tocoferol (Trolox) y ácidos cafeico, ferúlico y gálico (1,0, <1,3, <1,9, <3,0). También refleja la capacidad de los antioxidantes donadores de hidrógeno para eliminar el radical ABTS. Sin embargo, Davalos y col. (2004) usaron una prueba diferente de ORAC-FL (capacidad de absorbanza de radicales de oxígeno) que describió los equivalentes de μ mol de trolox por μ mol de compuesto puro: BHA (sintético), ferúlico y protocatecuico (similar al gálico) con valores crecientes de 2,4, 4,5 y 6,7, respectivamente. Este último ensayo se ha aplicado en gran medida para evaluar la capacidad de eliminación de radicales libres de plasma humano, proteínas, ADN, compuestos antioxidantes puros y nuevos antioxidantes de extractos de plantas y alimentos (*Prior y col., 1999*). Algunos

- ejemplos de harinas y alimentos integrales generalmente aceptados son: amaranto, cebada, arroz moreno y de color, trigo sarraceno, bulgur, maíz (dulce y palomero) y harina de maíz integral, emmer/farro, grano, kamut y espelta, avena y avena integral, quinoa, sorgo, triticale, centeno integral, trigo integral o partido, semillas de trigo y arroz silvestre. Una nueva aleurona de trigo (GrainWise™: 6.600 µmol TE/100 g: 46% de fibra) puede mejorar el contenido de antioxidantes de una harina de trigo (con una adición del 20%) con 1.320 TE. Un cereal de trigo integral contenía 2.900 TE, mientras que el salvado y el germen comerciales tenían 8.500 y 5.000 TE (el ensayo DPPH definió TE como µmol equivalente de trolox/100 gramos, Miller y col. 2000). El pan integral tenía un 2.000 TE superior en comparación con el pan blanco de 1.200 TE.
- 10 Las harinas integrales contenían una mayor concentración de ácido ferúlico (después de una hidrólisis enzimática alcalina: *Gámez y Sánchez 2006*) que sus harinas refinadas industrialmente: a) trigo integral con 280-840 ppm (Selecta saludable®: harina de trigo integral y Nutri® integral) y trigo refinado con 35-60 ppm (*Sosulski y col., 1982*); y b) arroz integral con 450 ppm (Arroz SOS® integral) y arroz moreno molido/arroz molido (310-70 ppm: *Zhou y col., 2004*). Por lo tanto, la industria alimentaria funcional tiene la oportunidad de proporcionar una base funcional (riesgo reducido de daño oxidativo con polifenoles, incluidos los ácidos fenólicos/ferúlico, p-cumárico y protocatecuico) como defensa contra especies oxidativas reactivas: declaración de estructura/función o de salud homologada en lugar de una declaración basada en el producto, manteniendo su estabilidad de tiempo de almacenamiento (>3 meses). Un desafío es hacer que estos alimentos a base de cereales (junto con dietas bajas en grasa/colesterol) sean más atractivos que los cereales refinados y comunicar a la población sus atributos más saludables.
- 15 20 antioxidante en la dieta y riesgo reducido de enfermedad debe cumplir con las bases científicas en las cuales se sustentan los compuestos fenólicos ligados y biomarcadores ferúlicos para sus declaraciones de propiedades saludables.

Se ha informado de que los ferúlicos podrían proteger a las lipoproteínas de baja densidad y a los lípidos del daño oxidativo, mostrar propiedades antiinflamatorias e inhibir la carcinogénesis in vitro (inhibición o proliferación de células de cáncer de colon Caco-2 y de mama MCF-7 por ácido ferúlico (Sigma-Aldrich®)-EC₅₀ de 130 a 390 ppm-, extractos de harina de maíz integral-EC₅₀ de 350 a 550 ppm- y extracto de salvado de maíz- EC₅₀ de 250 a 400 ppm-: informe de prueba analítica Intasa-ITESM®, 2006). La incidencia de cáncer de colon se ha atribuido a la dieta con alto contenido en grasas/bajo contenido en fibra que se deriva de un estilo de vida de consumo de cereal refinado y cómodo, al tiempo que pierde los beneficios de la absorción de carcinógenos, la dilución de ácidos biliares, la reducción de la mutagenicidad y el aumento del volumen de las heces. Un estudio dietético de 4 años (25 g/día de galletas de trigo con el 30% de salvado) mostró un aumento significativo en los tumores de adenoma colorrectal. Sin embargo, el consumo de *Lactobacillus casei shirota* (30.000 millones de células/3 g/día: Yakult®) redujo los nuevos tumores (*Ishikawa y col., 2005*). Un nuevo cereal probiótico (Kashi® Vive™: *kashi.com*) se preparó con fibra de 8 cereales (harina de maíz/leche en polvo) y probióticos (*L. acidophilus*, *L. casei*: 1.000 millones de células por ración de 55 g).

35 En Estados Unidos, el ácido ferúlico actualmente no es aceptado por GRAS y carece de la aprobación de la FDA o FEMA. Por lo tanto, no puede usarse como aditivo alimentario, cosmético o farmacéutico. Además, en Estados Unidos, Japón (antioxidante alimentario) y la mayoría de los países europeos, se seleccionan numerosas esencias medicinales y extractos naturales de hierbas, café, vainilla, frijoles (es decir, extracto en bruto de cáscara de frijol negro con 1.000 ppm de fenoles como gálico, 58 µmol-TE/g, valor 2,5 ORAC y EC₅₀ de 120 a 130 ppm: documento US 2006024394), especias y productos botánicos novedosos (es decir, extracto de corteza de pino con 1.800 ppm de ácido ferúlico: patente de EE.UU. n° 4.698.360) por su alto contenido de ácido ferúlico y otros compuestos fenólicos y se añaden a un alimento como una mezcla de antioxidantes según las condiciones de la FDA. No se han comunicado efectos secundarios agudos o crónicos de la ingestión o aplicaciones tópicas de ferulatos. Por lo tanto, es probable que la creciente evidencia de sus beneficios para la salud (es decir, represor del crecimiento tumoral y modulador enzimático) inspire futuros ensayos clínicos y un cambio en su estado de la FDA en los próximos 5 a 10 años (*Graf, 1992*). La inhibición antioxidante de los radicales libres proporciona dos efectos profilácticos o de mejora: 1) supresión de la formación de radicales y 2) eliminación de radicales e inhibición del daño del ADN que podría conducir al inicio/propagación de células cancerosas u oxidación de lípidos, lo que conduce a enfermedades cardiovasculares-aterosclerosis y coronarias. Aproximadamente el 35% de las muertes por cáncer en los EE.UU. están relacionadas con la dieta y el aumento de la ingesta de fibra en la dieta reducirá algunas formas de cáncer y enfermedades coronarias, diabetes tipo II y diverticulitis de las paredes del colon (TDF: Medallion®, 2007).

Por lo tanto, esta harina integral se puede usar como ingrediente multifuncional y a base de cereales durante la fabricación estándar de gluten reducido (trigo blando/duro, cebada, centeno y avena) y alimentos a base de cereales como: barras (fruta), repostería, galletas, galletas saladas, aperitivos horneados (desayuno, salados, 3G: semiproductos y gránulos), pan plano (pita), tortilla de harina (tortilla de mesa, chapati, roti, naan), productos de panadería (pan, roscos, pizza/masa quebrada, rosquillas saladas, donut, empanados), panecillos para tostar, magdalenas, empanadas, gofres/panqueques (crepes franceses, bannocks escoceses, flapjacks estadounidenses y blinis rusos), bulgur/pilaf, pasta/raviolis, bolas de masa, fideos, gachas (una bebida de gachas finas: kenkey-Ghana-, ogi-Nigeria-, uji-Kenia y mageu-Sudáfrica).

A partir de lo anterior, será evidente que es posible fabricar harinas de maíz pregelatinizadas e instantáneas con un

procedimiento continuo eficiente y novedoso que comprende una precocción por calor húmedo y un tratamiento enzimático con alto contenido de sólidos que proporciona harina de masa de maíz para harina de maíz integral y a base de maíz para alimentos de cereales, donde se habrían producido pérdidas de algunos de los nutrientes bioquímicos y fitoquímicos, agua y energía si no lo impidieran las características de la presente invención.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1.Un procedimiento para preparar harina, que comprende:
- (i) combinación de una fracción de maíz integral molido en húmedo compuesta por endospermo, germen y salvado de aleurona con al menos una enzima seleccionada de entre el grupo que consiste en una endoamilasa y endoxilanasas, para producir una fracción con adición de enzimas;
- 10 (ii) precocción con calor húmedo de dicha fracción con adición de enzimas para obtener una fracción con adición de enzimas precocida;
- (iii) acondicionamiento con alto contenido de sólidos de dicha fracción con adición de enzimas precocida para hidrolizar parcialmente el endospermo almidonado y los gránulos de salvado de aleurona para producir xilooligosacáridos ácidos en partículas de grano de maíz acondicionadas enzimáticamente; y
- 15 (iv) molienda de dichas partículas de grano de maíz acondicionadas para obtener harina.
- 2.El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha al menos una enzima se mezcla en una cantidad de hasta el 0,10% en peso de la fracción de maíz integral molido en húmedo.
- 20 3.El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además el tamizado de dicha harina de la etapa (iv) con una malla de 25 a 120 para obtener una harina de maíz pregel.
- 4.El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además el tamizado de dicha harina de la etapa (iv) con una malla de 40 a 120 para obtener una harina de maíz integral instantánea.
- 25 5.El procedimiento según la reivindicación 3, que comprende además una etapa de mezclado de dicha harina de maíz pregel con del 0,1% al 0,2% en peso de cal para obtener una harina de masa de maíz.
6. El procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además una etapa de mezclado de dicha harina instantánea de maíz integral con hasta el 0,1% en peso de cal para obtener harina de maíz integral.
- 30 7.El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha etapa de precocción por calor húmedo (ii) comprende la cocción de una corriente de dicha fracción con adición de enzimas a una temperatura de 100°C a 170°C para efectuar una gelatinización de almidón parcial y una desnaturalización de proteínas.
- 35 8. El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha etapa de precocción por calor húmedo (ii) comprende además una etapa de inyección de vapor saturado a presión en una corriente de dicha fracción con adición de enzimas a medida que dicha fracción con adición de enzimas entra en el dispositivo de precocción, calentamiento e hidratación de dicha fracción con adición de enzimas a un contenido de humedad del 20% al 25% durante 0,2 a 1
- 40 segundos.
9. El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha fracción de maíz integral molido en húmedo se obtiene mediante suministro de grano limpio, preacondicionamiento de dicho grano limpio con agua pulverizada para producir cereal integral humedecido, molienda de dicho cereal integral humedecido por abrasión de las porciones de salvado desprendidas del mismo y molienda en húmedo de dicho cereal integral humedecido en dos fracciones, siendo una primera fracción la fracción de maíz integral molido en húmedo compuesto por endospermo, germen y salvado de aleurona, y estando una segunda fracción compuesta por endospermo, germen y salvado de pericarpio.
- 45 10. El procedimiento según la reivindicación 9, que comprende además el tamizado y la aspiración de dichas fracciones primera y segunda antes de dicha etapa de combinación (i).
11. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de purga de dicha fracción con adición de enzimas precocida antes de dicha etapa de acondicionamiento con alto contenido de sólidos (iii).
- 55 12. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además secado al aire caliente de dichas partículas de grano de maíz acondicionadas enzimáticamente para producir más gelatinización y actividad de endoenzima antes de inactivar dicha endoenzima y moler dichas partículas de grano de maíz acondicionadas.
13. El procedimiento según la reivindicación 9, que comprende además una etapa de nueva molienda de la
- 60 segunda fracción.
14. El procedimiento según la reivindicación 5, que comprende además:

rehidratación de dicha harina de maíz pregel con agua tibia en una relación en peso comprendida en un intervalo de 1:0,9 a 1:1,4 para formar una masa de maíz; y
preparación de al menos un alimento a base de maíz con dicha masa.

5

15. El procedimiento según la reivindicación 6, que comprende además:

mezclado de dicha harina instantánea de maíz integral con harina de cereal del 29% al 49% en peso, para producir una harina de cereal integral;

10

fabricación de al menos un alimento a base de cereales usando la harina integral como ingrediente de alimento funcional y a base de cereales.

16. El procedimiento según la reivindicación 15, donde la harina integral se selecciona de entre el grupo que consiste en trigo candeal, trigo duro, trigo blando, trigo rojo, arroz, arroz moreno, maíz blanco, maíz amarillo, maíz azul, maíz de calidad proteica, cebada, centeno, avena, mijo, sorgo, sorgo rojo, sorgo morado, teff, triticale, trigo sarraceno, amaranto y quinoa.

17. El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha al menos una enzima está en forma de polvo.

20

18. Un procedimiento de elaboración de harina, que comprende:

(i) preacondicionamiento de un grano de maíz limpio con agua pulverizada para producir grano de maíz integral humedecido;

25 (ii) molienda de dicho grano de maíz integral humedecido mediante abrasión de las porciones de salvado desprendidas y molienda del grano de maíz integral humedecido en dos fracciones, una primera fracción compuesta por endospermo, germen y salvado de aleurona y una segunda fracción compuesta por endospermo, germen y salvado de pericarpio;

(iii) tamizado y aspiración de dicha primera fracción y dicha segunda fracción;

(iv) nueva molienda de dicha segunda fracción;

30 (v) mezclado de dicha primera fracción tamizada y aspirada con un polvo que comprende al menos una enzima seleccionada de entre el grupo que consiste en endoamilasa y endoxilanasas para producir una fracción con adición de enzimas;

(vi) precocción con calor húmedo de dicha fracción con adición de enzimas inyectando una corriente de vapor saturado para producir una fracción con adición de enzimas precocida al vapor;

35 (vii) purga de dicha fracción con adición de enzimas precocida al vapor;

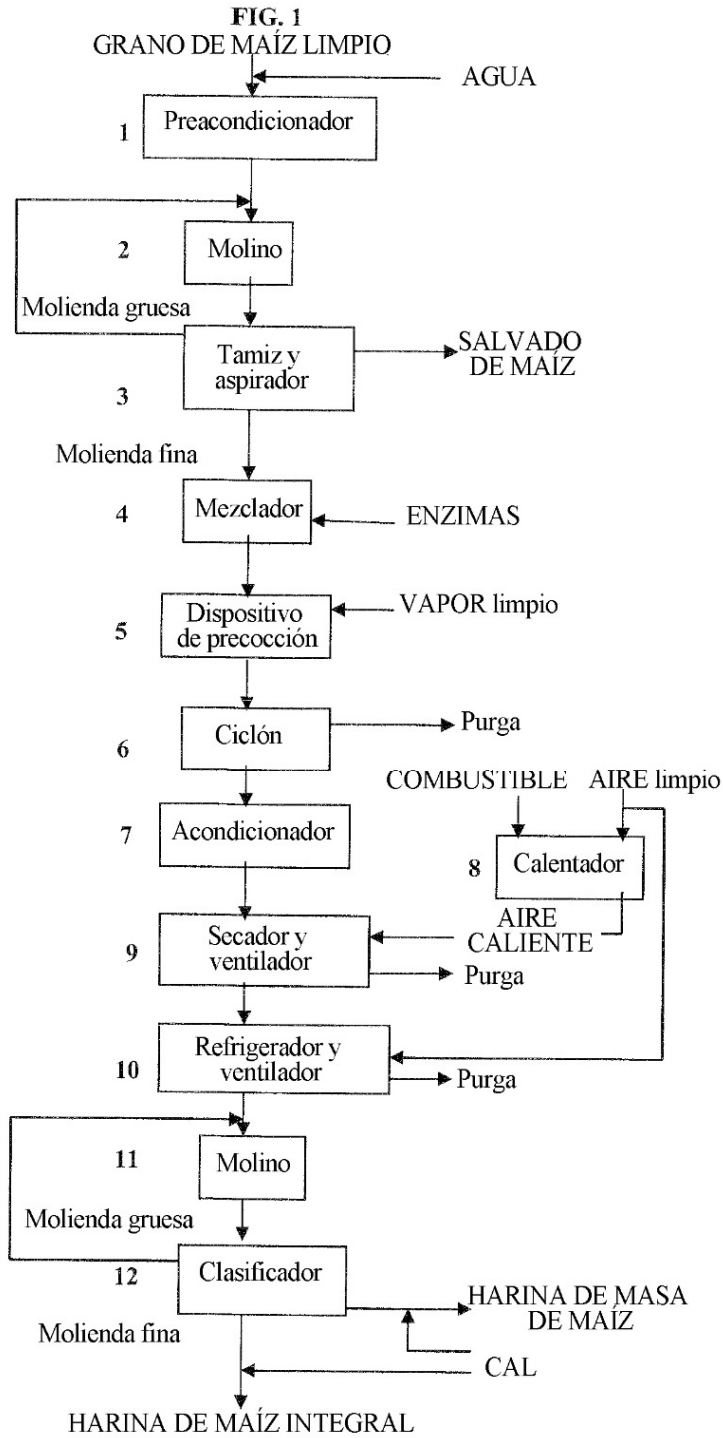
(viii) acondicionamiento con alto contenido de sólidos de dicha fracción con adición de enzimas precocida al vapor para hidrolizar parcialmente el endospermo almidonado y los gránulos de salvado de aleurona del mismo, produciendo xilooligosacáridos ácidos en partículas de grano de maíz acondicionadas enzimáticamente;

(ix) secado con aire caliente de dichas partículas de grano de maíz acondicionadas enzimáticamente, produciendo

40 partículas de grano de maíz seco;

(x) enfriamiento y secado adicional de dichas partículas secas de grano de maíz con aire limpio mientras se purga el aire húmedo; y

(xi) molienda de dichas partículas de grano de maíz enfriadas y secas para obtener una harina.



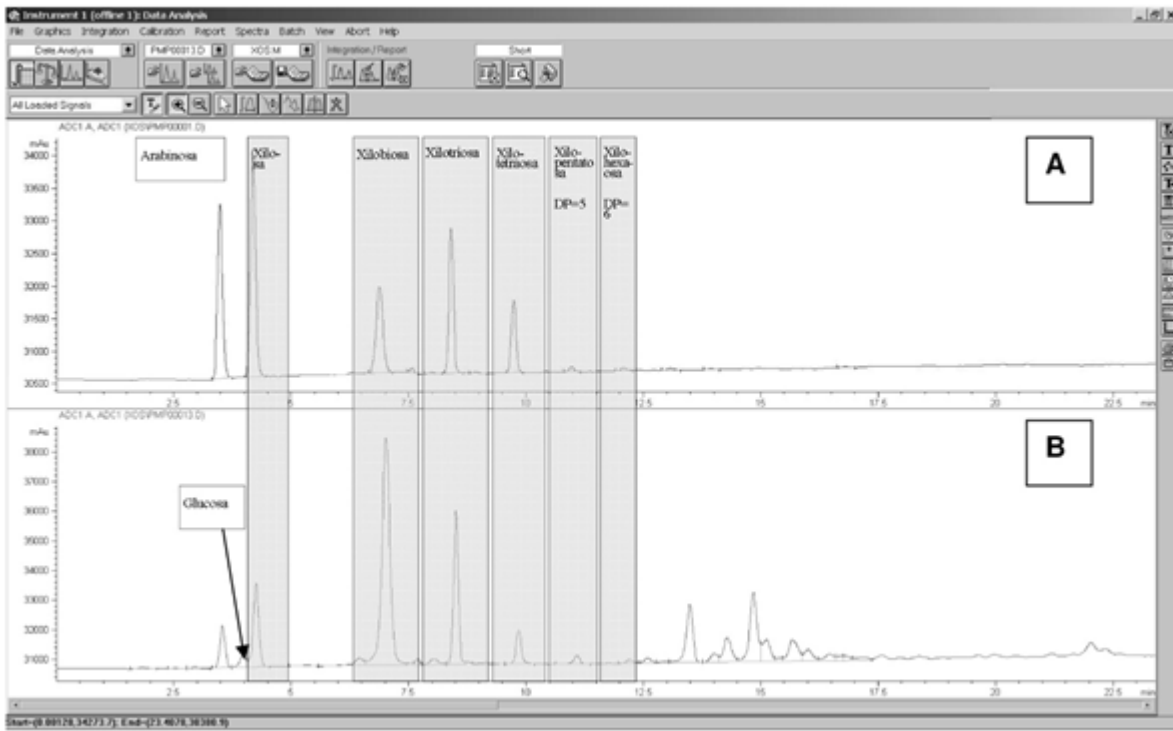


Fig2A.

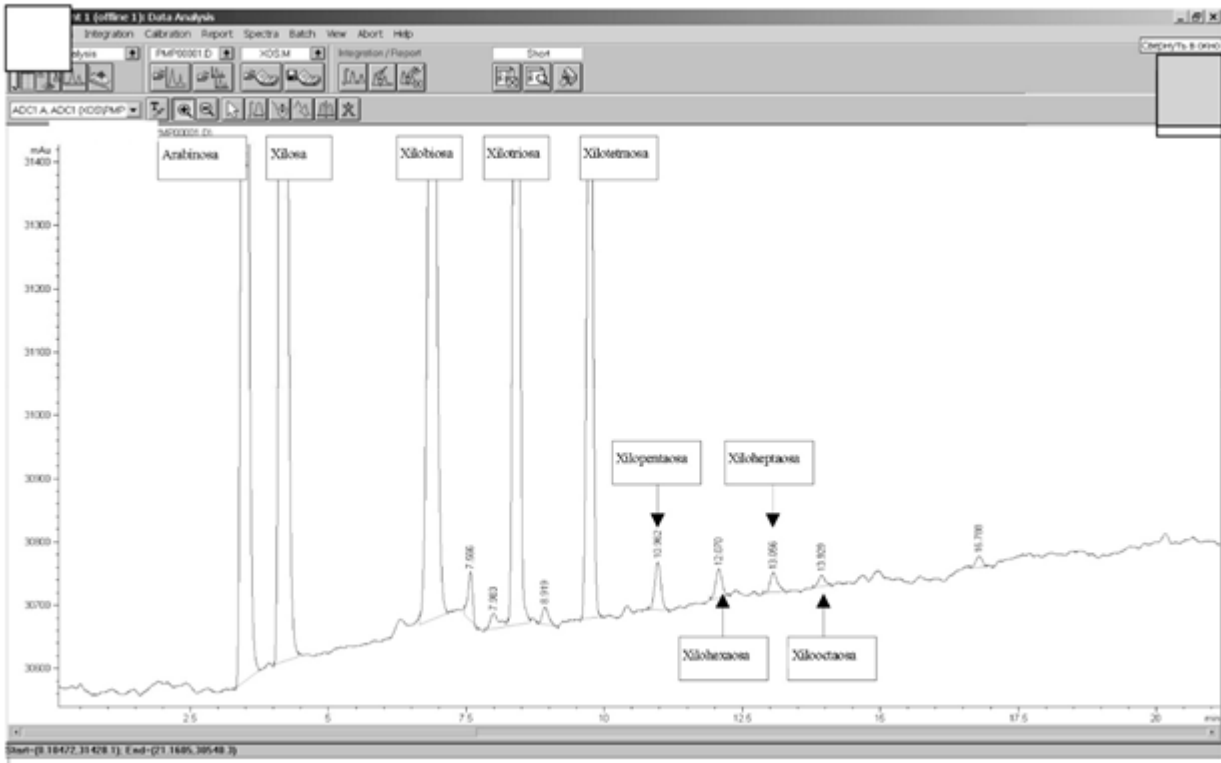


Fig 2B.

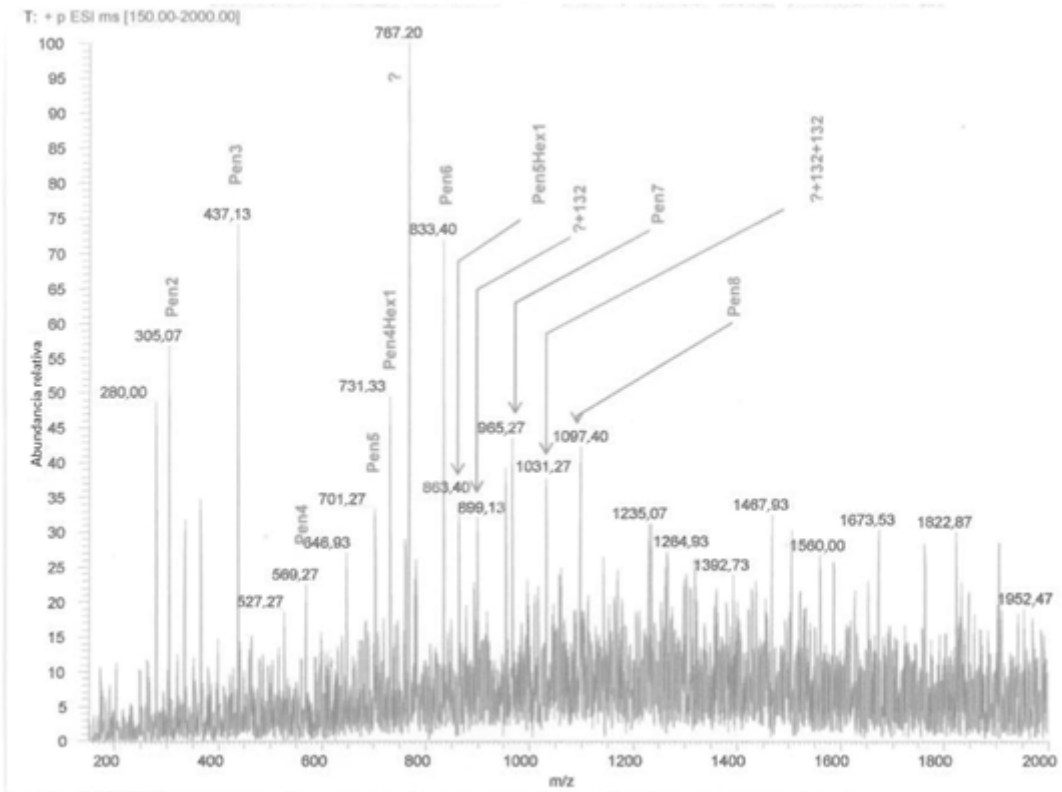


Fig 2C.

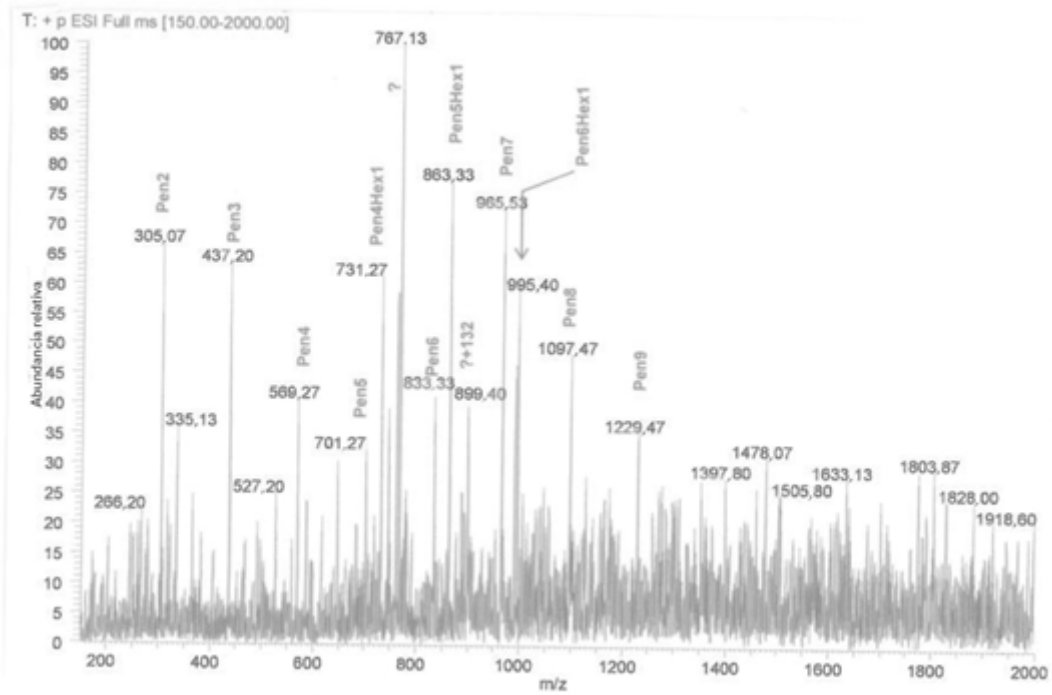


Fig 2D.