(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 809 898**

(51) Int. CI.:

A21D 6/00 (2006.01)
A21D 13/04 (2007.01)
A23L 7/10 (2006.01)
A21D 13/066 (2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2014 PCT/US2014/071584**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16099557**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2014 E 14828404 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3232793**

(54) Título: **Procedimiento para ahorrar agua y energía para elaborar trigo integral y harina de grano integral sin gluten**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2021

(73) Titular/es:

INVESTIGACION TECNICA AVANZADA S.A. DE C.V. (100.0%)
Ave. Ruiz Cortines 2002 Ote.
Col La Purisima N.L., C.P. 67110 , MX

(72) Inventor/es:

RUBIO, FELIPE A.;
RUBIO, MANUEL J. y
CONTRERAS M., ROBERTO

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

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

Procedimiento para ahorrar agua y energía para elaborar trigo integral y harina de grano integral sin gluten

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para ahorrar agua y energía para la producción continua de harina de grano integral sin gluten. Más particularmente, la presente invención preacondiciona el grano integral remojado con agua, y usa un tratamiento de blanqueo energéticamente eficiente con vapor saturado durante la fabricación de la harina de grano integral sin gluten para la preparación de productos de grano integral y alimentos horneados.

Descripción de la técnica relacionada

Todos los días, la persona promedio necesita consumir suficientes alimentos para proporcionar aproximadamente 2150 calorías dietéticas o Kcal (9 MJ) de energía. La cantidad variará en función de la edad, el tamaño y el nivel de actividad física. La disponibilidad promedio de alimentos en los países menos desarrollados es inferior a 2030 calorías por día per cápita, y es aproximadamente 2700 en los países en transición nutricional. Por el contrario, en los países desarrollados, es aproximadamente 3750 calorías y parte de este exceso ha dado lugar a altos niveles de obesidad y a enfermedades crónicas no contagiosas. A medida que las poblaciones se vuelven más urbanas y los ingresos aumentan, las dietas ricas en grasas, azúcares y proteínas animales sustituyen a las dietas más tradicionales que eran ricas en carbohidratos complejos y fibra. La cocina étnica (por ejemplo, mediterránea) y los cereales tradicionales únicos (amaranto, sorgo, arroz, maíz, trigo y legumbres (judías, lentejas, garbanzos) se están sustituyendo por comida rápida que aumentan su densidad energética. Elaborar pan es uno de los procedimientos más antiguos de procesamiento de cereales. Hoy en día, los panes planos siguen siendo los panes dominantes y son tanto sin levadura (tortilla de maíz y chapati de trigo) como con levadura mediante microorganismos (pan de trigo) o agentes químicos (tortilla de trigo). La harina se puede preparar a partir de semillas de gramíneas (cereal), legumbres y tubérculos.

Los costes totales relacionados con la energía como parte del coste de producción varían ampliamente para los productos alimenticios. Por ejemplo, en los Estados Unidos, los costes relacionados con la energía como proporción de la producción total de cultivos oscilaron entre aproximadamente un 10 % para la soja oleaginosa y aproximadamente un 31 % para los cereales de maíz. En la actualidad, las energías renovables cubren más de un 13 % de la demanda mundial de energía primaria. Casi la mitad de esta energía procede de fuentes tradicionales de biomasa usadas para el procesamiento de la cocción. Las estrategias orientadas a procedimientos pueden reducir los impactos medio ambientales con el diseño y fabricación de alimentos sostenibles.

Las tecnologías de procesamiento mínimo en la industria alimentaria están diseñadas para limitar el impacto en la calidad nutricional y sensorial mientras se conservan los alimentos sin aditivos. El tratamiento hidrotérmico, es decir, a alta temperatura y breve (HTST), es un procedimiento más suave destinado a gelatinizar parcialmente el almidón y modificar sus propiedades físicas sin destruir la estructura del gránulo mientras mejora su estabilidad bajo el procesamiento térmico y de cizallamiento. El tratamiento HTST se puede lograr con poca humedad (<35 %), incluso, a temperaturas por encima de la temperatura de gelatinización, lo que produce un gránulo más duro (propiedad elástica) después del tratamiento con calor húmedo (Jacobs *et al.*, 1998; Sair 1967). Se ha documentado la existencia de distribuciones de tamaños de partícula bimodales bien definidas en sistemas alimentarios debido a los procedimientos de desintegración y agregación que tienen mecanismos de desgrane (que producen un grupo de partículas de mayor tamaño) y mecanismos de erosión de la superficie (que producen un grupo de partículas de menor tamaño). El dominio de cualquiera de los mecanismos está determinado por las propiedades de la partícula y las características físicas del aparato de reducción de tamaño (es decir, el molino de impacto o el molino de fricción); cuanto más gruesa es la molienda, mayor es el modo de tamaño y más dura la fracción en distribuciones bimodales (Popplewell *et al.*, 1989; Aguilar *et al.*, 1991).

El blanqueo es un procedimiento térmico donde el grano o la semilla se calienta con el fin de inactivar enzimas, modificar la textura (almidón y proteína) y conservar el color, sabor y valor nutricional. El agua caliente y el vapor son medios de calentamiento usados comúnmente, pero también se ha usado gas caliente (calor seco). El calentamiento por infusión con vapor es un procedimiento de contacto directo donde se produce condensación en la superficie de un alimento fluido, a presión atmosférica. Este procedimiento requiere vapor atmosférico, alimentos bombeables y un dispositivo mecánico para facilitar el calentamiento y la condensación del vapor.

El coste por el uso de agua y su tratamiento medio ambiental puede afectar a la sostenibilidad en la expansión de las

plantas de procesamiento de cereales, en particular, en áreas donde el suministro de agua es escaso. Además, la tecnología de energía baja en carbono o sin carbono con emisiones reducidas relacionadas con la energía contribuirá a la estabilización de los niveles de concentración de los gases de efecto invernadero.

Los sistemas comerciales rotativos de cocina/refrigeradores y transportadores de tornillo, que usan agua caliente e inyección de vapor se han diseñado para mejorar la calidad del producto alimenticio blanqueado (por ejemplo, blanqueador MULTI-TURBULENT®, PPM Technologies Inc., Oregón, EE. UU.), conservación de energía y reducción de desechos (Lyco VAPOR FLOW® y Lyco PRESSURE FLOW®; Thomas Conveyor Co, Texas, EE. UU.) y los descritos en los documentos US 3778521, US 3910175, US 5289759, US 5327817, US 6263785 y US 7348036 y en EP 1061818 y W0 127922A1.El documento US 2007148318 describe un procedimiento para elaborar harina de maíz y harinas de maíz integrales a partir de simiente de maíz limpia. El documento US 6159519 describe un procedimiento para elaborar producto molido de grano integral.

Aunque los procedimientos descritos anteriormente pueden ser útiles para producir harina integral, todavía no estaba disponible en el campo, en el momento de la presente invención, un procedimiento para ahorrar energía para la producción continua de harina de grano integral y harina integral sin gluten usando un preacondicionamiento con agua y blanqueo eficiente con vapor saturado.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Por consiguiente, la presente invención proporciona una desviación de los procedimientos de la técnica anterior de procesamiento de simientes de grano de cereales integrales sin gluten en la producción de harina de grano integral sin gluten. El procedimiento implica el preacondicionamiento con agua y el blanqueo con vapor con una entrada de agua reducida, una demanda de energía reducida y emisiones de dióxido de carbono reducidas, pero también proporciona un alto rendimiento del producto final deseado.

También se describe el uso de un procedimiento industrial y un sistema blanqueador con vapor saturado para producir de forma continua fracciones de material grueso y fino que produzcan una harina de grano integral, por ejemplo, harina de trigo integral. Otro objeto de la invención es usar el procedimiento industrial y el sistema blanqueador con vapor saturado para producir de forma continua fracciones de material grueso y fino que produzcan harina de grano integral sin gluten.

Todavía otro objeto de la descripción es proporcionar harina integral sin gluten para productos de grano y alimentos horneados, donde la harina es uniforme y tiene propiedades bioquímicas y viscoelásticas mejoradas.

Los objetos y ventajas anteriores y otros de la invención se logran a través de un procedimiento continuo según las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se entenderá más completamente a partir de la descripción que sigue, tomada con referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es un diagrama de flujo que representa una realización que no es según la invención, que ilustra un procedimiento continuo para producir harina de trigo integral, y que representa esquemáticamente un aparato y sistema asociados.

La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra otra realización de la invención, que ilustra un procedimiento continuo para producir harina integral sin gluten, y que representa esquemáticamente un aparato y sistema asociados.

Las figuras 3A, 3B y 3C son gráficos que muestran el barrido de temperatura viscoelástico (componentes de elasticidad G' y viscosidad G" de 20 °C a 160 °C) de masa de aperitivo de trigo integral (3A) y masa de tortilla de trigo integral (3B) producidas con el procedimiento de la presente descripción frente a masa de trigo descascarada y desgerminada (3C).

Las figuras 4A y 4B son gráficos que muestran el barrido de temperatura viscoelástico (componentes de elasticidad G' y viscosidad G" de 20 °C a 160 °C) de masa integral sin gluten producida según la invención (4A) frente a masa de trigo integral (4B).

Las figuras 5A y 5B son farinógrafos y resultados de la absorción de agua de harina (viscosidad de la masa a 30 °C)

de harina de tortilla de trigo integral producida con el procedimiento de la presente descripción (5A) frente a harina de trigo descascarada y desgerminada convencional (5B).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

El presente procedimiento para producir harina de grano integral no está limitado y se puede aplicar a cualquier grano. El procedimiento se puede aplicar a cereales con gluten tales como el trigo (esp. *Triticum*, blando, semolero, duro y bulgur) y cebada (esp. *Hordeum*), pero también incluye centeno (esp. *Secale*) y avena (esp. *Avena*) dentro de su alcance. Otro grano pseudocereal adecuado incluye el trigo sarraceno (esp. *Fagopyrum*).

El diagrama de flujo ilustrado en la figura 1 muestra un mezclador **1**, un preacondicionador **2** con un alimentador, un soplador **3**, una caldera **4**, un intercambiador de calor **5**, un blanqueador con vapor **6**, un acondicionador **7** con un alimentador, un molino **8**, un secador **9**, un molino **10** y un clasificador **11**.

Según una realización del procedimiento, el grano integral, que se ha liberado de material extraño mediante la limpieza en seco, se alimenta al mezclador **1**, donde se pulveriza completamente con agua durante de 3 a 6 minutos para humedecer uniformemente la superficie del grano. La humedad del grano se puede ajustar, por ejemplo, desde una humedad inicial del grano de un 10 % a un 15 %, o de un 12 % a un 13 %, a una humedad ajustada de un 15 % a un 30 %, preferentemente, de un 17 % a un 24 %, mientras se usa una relación entre grano y agua de 1,0:0,01 a 1,0:0,20, preferentemente, una relación de 1:0,06 a 1:0,10.

Según una realización, el grano integral limpio está intacto y no se ha sometido a ninguna acción física o choque físico (por ejemplo, machacado o aplastamiento) que induciría fisuras o grietas en el grano, antes de rociarlo con el agua.

Según una realización, el agua rociada sobre el grano puede contener un soluto, como una sal o un azúcar. En otra realización, el agua no contiene ningún soluto y consiste o consiste esencialmente en agua.

La simiente de grano húmeda se alimenta a continuación al preacondicionador **2**, donde la simiente empapada se templa durante de 10 a 60 minutos, preferentemente, de 20 a 40 minutos, a temperatura o temperaturas ambiente de 25 °C a 30 °C. El templado permite que el agua se transfiera uniformemente entre los granos y se adsorba e infunda en las capas exteriores del grano.

Después de completar la etapa de preacondicionamiento, la simiente de grano humedecida y templada se transfiere al blanqueador con vapor **6**, por ejemplo, un blanqueador con vapor industrial cuyo diseño es conocido *per se*, donde se suministra vapor saturado procedente de la caldera **4** al grano templado. El vapor se aplica al grano en todo el blanqueador, y esta etapa puede utilizar, por ejemplo, una cámara de cilindro rotativa o un sistema transportador de tornillo. Se genera vapor limpio a partir del agua en la caldera **4**, mediante la cual se suministra un combustible, tal como gas natural, y aire limpio desde el soplador **3.**

Según una realización, el vapor puede contener un soluto, como una sal o un azúcar. En otra realización, el vapor no contiene ningún soluto y consiste o consiste esencialmente en agua.

Esta etapa de blanqueo con vapor infunde efectivamente las superficies expuestas del grano constantemente al medio de tratamiento con vapor de agua de modo que la simiente se caliente e hidrate uniformemente con condensado de vapor. El blanqueo con vapor tiene lugar durante un periodo de tiempo de 1 a 20 minutos, preferentemente, durante de 5 a 10 minutos, y a una temperatura de 75 °C a 100 °C, preferentemente, de 85 °C a 98 °C. Esto afecta a la reabsorción de humedad del grano en un 4 % a un 15 % adicional, o de un 6 % a un 10 %, para una humedad final del grano de un 20 % a un 35 %, preferentemente, de un 26 % a un 30 %.

La presión absoluta del vapor es de 90 kPa a 120 kPa, preferentemente, de 93,8 kPa a 112,4 kPa, y se puede usar para controlar la temperatura del vapor saturado durante un periodo de tiempo deseado. Esta etapa de vaporización (es decir, blanqueo mínimamente procesado) en el intervalo de temperatura de casi ebullición provoca una gelatinización parcial de los gránulos de almidón de las capas más externas (es decir, el salvado o la cáscara) y una desnaturalización parcial de las capas internas (es decir, endosperma/germen) en el grano de cereal. Conservar los componentes de salvado y/o de la cáscara aumenta los micronutrientes y fitoquímicos en el grano integral resultante, lo que aumentará su valor nutritivo.

La simiente blanqueada e hidratada se pasa a continuación al acondicionador **7**, donde la simiente se templa durante de 20 a 90 minutos, preferentemente, de 40 a 60 minutos, y a una temperatura de 50 °C a 90 °C, preferentemente, de 65 °C a 85 °C, para provocar no solo un acondicionamiento a una humedad baja sino también una etapa de

enfriamiento. La simiente se puede enfriar, por ejemplo, ventilando el vapor de agua procedente de la superficie del grano.

A diferencia de los procedimientos de la técnica anterior, este acondicionamiento a una humedad baja mejora las siguientes etapas de molienda mecánica porque sigue habiendo una superficie exterior más dura en la simiente y su contenido de humedad es más uniforme. Durante el acondicionamiento a una humedad baja, el intervalo de humedad de la simiente puede disminuir, por ejemplo, de un 25 % a un 28 %. En este intervalo de humedad, el grano acondicionado y enfriado permanece lo suficientemente duro para molerlo de manera más eficiente que a una humedad más alta y un grano más elástico (es decir, más resistencia a la rotura), mientras que, por otro lado, el grano es lo suficientemente elástico para evitar una acumulación excesiva de partículas de "polvo" no deseadas, que son demasiado finas para elaborar harina integral adecuada para alimentos horneados.

La simiente acondicionada y enfriada se pasa a continuación a través del molino **8**, tal como un molino de impacto (es decir, un molino de martillo o un molino turbo) a una temperatura de 40 °C a 80 °C, preferentemente, de 50 °C a 70 °C. La molienda no solo desgrana el grano, sino que también lo erosiona en dos fracciones, a saber, un material de tamaño pequeño y un material de tamaño mayor. La operación de molienda produce preferentemente un material fino (erosión) que tiene una distribución de tamaño bimodal y un material más grueso (desgrane). El modo de tamaño pequeño (y la fracción más blanda) se conoce como el material de molienda fino, mientras que el modo de mayor tamaño (y la fracción más dura) se describe como el material de molienda grueso, según la distribución de tamaño bimodal. El material de molienda fino se puede usar para producir productos horneados (por ejemplo, tortilla o chapati), mientras que el material de molienda grueso se puede usar para la preparación de aperitivos (por ejemplo, patatas fritas o a la inglesa).

A continuación, el material molido se pasa a través del secador **9**, cuyo diseño es conocido *per se*, de modo que se mezcla con aire caliente limpio procedente del intercambiador de calor **5.** El aire limpio procedente del soplador **3** se calienta con el aire caliente residual procedente de la caldera **4** y el aire de escape ventilado (de 95 °C a 105 °C). De este modo, el material molido se seca a temperaturas de 100 °C a 200 °C, preferentemente, de 130 °C a 170 °C, durante un corto periodo de tiempo de menos de 5 segundos, preferentemente, de 0,5 a 1 segundo. El aire húmedo caliente se ventila (75-100 °C con de un 13 % a un 15 % de humedad). Todo el material molido se seca para producir un contenido de humedad de un 5 % a un 15 %, o de un 9 % a un 11 %, en función del tamaño de partícula bimodal deseado para los productos alimenticios horneados y/o aperitivos.

El material molido seco se dirige al clasificador **11** con pantallas de tamaño apropiado (por ejemplo, por debajo de 45 mesh y por encima de 230 mesh) donde el material de tamaño pequeño o molido fino se segrega como harina integral (de un 65 % a un 75 % del peso total del grano entrante). Preferentemente, el modo de tamaño grande o el material de molienda grueso (de un 25 % a un 35 % del peso total) se puede reciclar al molino **10** y, a partir de entonces, se puede moler además para reducir el tamaño o friccionar al modo de tamaño pequeño o material de molienda fino.

Las tablas 1 y 2 muestran una composición bioquímica y fisicoquímica típica para harina de trigo integral (WWF) para aperitivos y tortillas producida con el procedimiento de la presente descripción frente a la harina de trigo descascarada y desgerminada producida por procedimientos convencionales (SELECTA®) con un 10 % de humedad.

Tabla 1

Contenido bioquímico (g/100 g)			
Nutriente	WWF para aperitivos	WWF para tortillas	Selecta®
Agua	10,0	10,0	10,0
Proteína	11,5	9,8	13,6
Grasa	1,7	2,5	1,1
Ceniza	1,5	1,6	0,7
Calcio	0,035-0,045	0,035-0,045	0,020-0,035
Fibra dietética:	10,5	9,9	2,2
Fibra cruda	2,5	2,4	0,4
Gliadina			
(R-5 Elisa: límite de detección de 0,6 ppm)	(>70)	(>50)	(>100)

Contenido bioquímico (g/100 g)			
Nutriente	WWF para aperitivos	WWF para tortillas	Selecta®
Almidón	64,8	66,2	72,4
Calorías totales:	319	324	353

Tabla 2

Propiedades fisicoquímicas			
Propiedad	WWF para aperitivos	WWF para tortillas	Selecta®
Humedad (%)	10,0	10,0	10,0
Rendimiento (g-masa/1000 g)	1700-1850	2150-2170	1500-1600
Adhesividad	0,5	0,4	0,3
pH (11 % de sólidos)	6,0	6,0	6,0-6,5
Viscosidad aparente (RVA 4-14 % de sólidos)			
Máxima (cps/95 °C)	3270	6460	7640-8540
Final (cps/50 °C)	4170	7000	7160-8120
Distribución de tamaño de partícula (sobre %)	*Bimodal*	*Bimodal*	
35 (500 µ) mesh	0,0	0,0	0,0
45 (355 µ) mesh	0,2	0,0	0,0
60 (250 µ) mesh	*14,7*	0,6	0,0
80 (180 µ) mesh	11,5	9,2	4,0
100 (150 µ) mesh	7,6	*12,2*	2,7
200 (74 µ) mesh	18,0	9,4	31,9
230 (63 µ) mesh	*48,0*	*68,6*	61,4

Como se muestra en los resultados en la tabla 1, la harina de trigo integral (WWF) producida según una realización del presente procedimiento tiene más fibra dietética y fibra cruda, y menos proteínas y almidón, en comparación con la harina de trigo descascarada/desgerminada (SELECTA®). Además, el presente procedimiento proporciona un cambio funcional al WWF, al producir una distribución de tamaño de partícula bimodal (por ejemplo, modos: 150-250 micras y 63 micras) en comparación con la distribución de tamaño unimodal de la harina SELECTA® (modo: 63 micras), como se muestra en la tabla 2. Esto también proporciona una viscosidad aparente máxima que es menor en el WWF bimodal en comparación con la harina SELECTA® unimodal.

El presente procedimiento para producir harina integral sin gluten no está limitado y se puede aplicar a cereales sin gluten tales como el sorgo (esp. *Sorghum*) y el arroz (esp. *Oryza*), pero también incluye pseudocereales como el amaranto (esp. *Amaranthus*) y quinoa (esp. *Chenopodium*) dentro de su alcance. Otras semillas adecuadas incluyen legumbres como judías (esp. *Phaseolus*), lentejas (esp. *Lens*), garbanzos (esp. *Cicer*) y combinaciones de los mismos. La figura 2 muestra un mezclador **1**; un preacondicionador **2** con un alimentador; un soplador **3**; una caldera **4**, un intercambiador de calor **5**, un blanqueador con vapor **6**; un acondicionador **7** con un alimentador; un molino **8**; un secador **9**; un molino **10**; y un clasificador **11**, según una realización de la invención, para producir harina integral sin gluten.

Según esta realización, el grano o semilla integral, que se ha liberado de material extraño mediante limpieza en seco, se alimenta al mezclador 1, donde se pulveriza completamente con agua durante de 1 a 5 minutos para humedecer

uniformemente la superficie del grano o semilla. La humedad del grano se ajusta, por ejemplo, empezando desde un 10 % a un 15 %, o de un 12 % a un 13 %, de un 15 % a un 30 %, preferentemente, de un 20% a un 24 %, mientras se usa una relación entre grano y agua de 1,0:0,04 a 1,0:0,2, preferentemente, de 1:0,08 a 1:0,10.

Según una realización, el grano o semilla integral limpio está intacto y no se ha sometido a ninguna acción física o choque físico (por ejemplo, machacado o aplastamiento) que induciría fisuras o grietas en el grano o semilla, antes de rociarlo con el agua.

Según una realización, el agua rociada sobre el grano o semilla puede contener un soluto, como una sal o un azúcar. En otra realización, el agua no contiene ningún soluto y consiste o consiste esencialmente en agua.

El grano o semilla húmedo se alimenta a continuación al preacondicionador **2**, donde la semilla empapada se templa durante de 10 a 90 minutos, preferentemente, de 20 a 60 minutos, a temperaturas ambiente de 25 °C a 30 °C. El templado permite que el agua se transfiera uniformemente entre las semillas y se adsorba e infunda en las capas exteriores de la semilla.

Después de completar la etapa de preacondicionamiento, el grano o semilla humedecido y templado se transfiere al blanqueador con vapor **6**, por ejemplo, un blanqueador con vapor industrial cuyo diseño es conocido *per se*, donde se suministra vapor saturado procedente de la caldera **4** a la semilla templada en todo el blanqueador (por ejemplo, una cámara de cilindro rotativa o un sistema transportador de tornillo). Se genera vapor limpio a partir del agua en la caldera **4**, mediante la cual se suministra un combustible, tal como gas natural, y aire limpio desde el soplador **3.** Esto infunde eficientemente cada superficie expuesta del grano constantemente al medio de tratamiento con vapor de agua de modo que la semilla se caliente e hidrate uniformemente con condensado de vapor. El blanqueo con vapor tiene lugar durante un periodo de tiempo de 1 a 20 minutos, preferentemente, durante de 5 a 15 minutos, y a una temperatura de 75 °C a 100 °C, preferentemente, de 85 °C a 98 °C. Esto provoca una reabsorción de humedad de un 4 % a un 15 %, o un 6 % a un 12 %, para producir un contenido final de humedad de un 25 % a un 38 %, preferentemente, de un 29 % a un 33 %.

La presión absoluta del vapor es de 90 kPa a 120 kPa, preferentemente, de 93,8 kPa a 112,4 kPa, y se puede usar para controlar la temperatura del vapor saturado durante un periodo de tiempo deseado. Esta etapa de vaporización (es decir, blanqueo mínimamente procesado) en el intervalo de temperatura de casi ebullición puede provocar una gelatinización parcial de los gránulos de almidón de las capas más externas (es decir, el salvado o la cáscara) y una desnaturalización parcial de las capas más internas (es decir, el endosperma/germen o cotiledón) en el grano de cereal o semilla de legumbre.

El grano o semilla blanqueado e hidratado se pasa a continuación al acondicionador **7**, donde se templa el grano/semilla durante de 15 a 90 minutos, preferentemente, de 30 a 60 minutos, y a una temperatura de 50 °C a 90 °C, preferentemente, de 65 °C a 85 °C, para provocar no solo un acondicionamiento a una humedad baja sino también una etapa de enfriamiento. El grano/semilla se puede enfriar, por ejemplo, ventilando el vapor de agua procedente de la superficie del grano/semilla.

A diferencia de los procedimientos de la técnica anterior, este acondicionamiento a una humedad baja mejora las siguientes etapas de molienda mecánica porque hay una superficie exterior más dura en el grano o semilla y su contenido de humedad es más uniforme. Durante el acondicionamiento a una humedad baja, el intervalo de humedad del grano/semilla puede disminuir, por ejemplo, de un 27 % a un 31 %. En este intervalo de humedad, el grano/semilla acondicionado y enfriado permanece lo suficientemente duro para molerlo de manera más eficiente que a una humedad más alta y un grano/semilla más elástico (es decir, más resistencia a la rotura), mientras que, por otro lado, el grano/semilla es lo suficientemente elástico para evitar una acumulación excesiva de partículas de "polvo", que son demasiado finas para elaborar harina integral adecuada para producir productos alimenticios horneados.

La simiente acondicionada y enfriada se pasa a través del molino **8**, tal como un molino de impacto (es decir, un molino de martillo o un molino turbo) a una temperatura de 40 °C a 80 °C, preferentemente, de 50 °C a 70 °C, que no solo se agrieta sino que también erosiona el grano/semilla en dos fracciones, a saber, un material de tamaño pequeño y un material de tamaño mayor. La operación de molienda produce preferentemente un material fino (erosión) que tiene una distribución de tamaño bimodal y un material más grueso (desgrane). El modo de tamaño pequeño (y la fracción más blanda) se conoce como el material de molienda fino, mientras que el modo de tamaño grande (y la fracción más dura) se describe como el material de molienda grueso, según una distribución del tamaño bimodal. El material de molienda fino se puede usar para producir productos horneados (por ejemplo, tortilla o chapati), mientras que el material grueso se puede usar para la preparación de aperitivos (por ejemplo, patatas fritas o a la inglesa).

A continuación, el material molido se pasa a través del secador **9**, cuyo diseño es conocido *per se*, de modo que se mezcla con aire caliente limpio procedente del intercambiador de calor **5.** El aire limpio procedente del soplador **3** se calienta con el aire caliente residual procedente de la caldera 4 y el aire de escape ventilado (de 95 °C a 105 °C). De este modo, el material molido se seca a temperaturas bajas de 100 °C a 220 °C, preferentemente, de 130 °C a 190 °C, durante un corto periodo de tiempo de menos de 5 segundos, preferentemente, de 0,5 a 1 segundo. El aire húmedo caliente se ventila (75-100 °C con de un 15 % a un 17 % de humedad). Todo el material integral, sin gluten, molido se seca para producir un contenido de humedad de un 5 % a un 15 %, o de un 9 % a un 11 %, en función del tamaño de partícula bimodal deseado para los productos alimenticios horneados y/o aperitivos.

El material molido seco se dirige al clasificador **11** con pantallas de tamaño apropiado (por ejemplo, por debajo de 35 mesh, por encima de mall 230) donde el material de tamaño pequeño o molido fino se segrega como harina integral (de un 65 % a un 75 % del peso total del grano entrante). Preferentemente, el modo de tamaño grande o el material de molienda grueso (de un 25 % a un 35 % del peso total) se recicla al molino **10** y, a partir de entonces, se puede moler además para reducir el tamaño o friccionar a un material de molienda fino de tamaño pequeño. Este material vuelto a moler se tamiza además a continuación.

Las tablas 3 y 4 muestran una composición bioquímica y fisicoquímica típica para harina integral sin gluten (WGFF) de judías y amaranto producida según invención frente a harina de trigo integral (WWF).

Tabla 3

Contenido bioquímico (g/100 g)			
Nutriente	WGFF de amaranto	WGFF de judías	WWF de trigo
Agua	10,0	10,0	10,0
Proteína	15,0	23,8	9,8-13,3
Grasa	5,5	0,9	1,8-2,5
Ceniza	2,6	3,5	1,6-1,7
Calcio	0,165-0,290	0,050-0,125	0,035-0,045
Fibra dietética:	9,4	15,2	9,9-10,8
Fibra cruda	3,1	3,8	2,4-2,6
Gliadina			
(R-5 Elisa: límite de detección de 0,6 ppm) (El contenido sin gluten es <20 ppm: código alimentario CX/NFSDU00/4)	(13)	(12)	(>50-70)
Almidón	57,5	46,6	66,2-62,4
Calorías totales:	334	289	324-317

Tabla 4

Propiedades fisicoquímicas			
Propiedad	WGFF de amaranto	WGFF de judías	WWF de trigo
Humedad (%)	10,0	10,0	10,0
Rendimiento (g-masa/1000 g)	1500 - 1950	2000 - 2250	1300-1600
Adhesividad	0,9	0,6	0,3
pH (11 % de sólidos)	6,0-6,5	6,0-6,5	6,0-6,5
Viscosidad aparente (RVA 4-14 % de sólidos)			
Máxima (cps/95 °C)	4310	2570	7640
Final (cps/50 °C)	3130	5250	7160

Propiedades fisicoquímicas			
Propiedad	WGFF de amaranto	WGFF de judías	WWF de trigo
Distribución de tamaño de partícula (sobre %)	*Bimodal*	*Bimodal*	*Bimodal*
35 (500 µ)	0,0	0,0	0,0
Malla 45 (355 µ)	0,0	0,2	0,2
Malla 60 (250 µ)	13,8	1,3	*14,7*
Malla 80 (180 µ)	*16,8*	*4,8*	11,5
Malla 100 (150 µ)	9,8	4,2	7,6
Malla 200 (74 µ)	*50,6*	*74,5*	18,0
Malla 230 (63 µ)	9,0	15,0	*48,0*

Como se muestra por los resultados en las tablas 3 y 4, la harina integral sin gluten (WGFF) producida a partir de judías y amaranto según las realizaciones del presente procedimiento genera un mayor rendimiento de masa en comparación con la harina de trigo integral (WWF) a pesar de que el WGFF tiene menos contenido de almidón. Por ejemplo, como se muestra en la tabla 4, el WGFF generó un rendimiento de masa de un 20 % a un 45 % (a 25 °C) en comparación con el WWF. Como se muestra en la tabla 3, la harina sin gluten contiene cantidades menores de gliadina (<13 ppm) que la harina de trigo (>50 ppm de gliadina). La gliadina es rica en prolina y glutamina y representa un componente importante del gluten. Mostrado también en la tabla 4, el presente procedimiento produce un WGFF que tiene una distribución de tamaño de partícula bimodal, y la viscosidad aparente máxima es menor en el WGFF que en el WWF.

La harina integral producida se puede volver a hidratar al mezclar la harina con agua, por ejemplo, a una relación de 1:0,7 a 1:1,15, para formar una masa de grano integral con un contenido de humedad de un 40 % a un 55 %, que tenga una propiedad firme (elástica) y cohesiva (viscosa), y con suficiente pegajosidad (propiedad de la superficie), por ejemplo, para una tortilla o chapati horneada (de un 30 % a un 40 % de contenido de humedad) o un producto de aperitivo deshidratado (de un 1,5 % a un 3 % de contenido de humedad).

Las figuras 3A, 3B y 3C muestran un barrido de temperatura viscoelástico de 20 °C a 160 °C de masa de aperitivo de trigo integral (3A) y masa de tortilla de trigo integral (3B) producidas según la presente descripción, frente a masa de trigo descascarada y desgerminada convencional (SELECTA®) (3C), con un contenido de humedad de un 55 %.

Cuando la harina de trigo integral se mezcló con agua, tanto los almidones como las proteínas se hidrataron, pero no se expandieron como en el horneado de la masa donde una proteína desnaturalizada se puede reticular con un almidón gelatinizado. En la masa de trigo integral preparada con la harina de trigo integral según la presente descripción, que tiene un módulo elástico (G') y viscoso (G") inferiores (3A y 3B), se demostró que la absorción de agua de la harina aumentó en comparación con la masa de trigo descascarada y desgerminada convencional (3C). Cuanto más fino sea el tamaño de partícula bimodal en la masa de harina de tortilla de trigo integral (3B), mayor será el módulo elástico y viscoso durante el intervalo de temperatura de gelatinización del almidón y desnaturalización de las proteínas (de 60 °C a 80 °C).

La harina integral sin gluten producida según la invención se puede volver a hidratar al mezclar la harina con agua, por ejemplo, a una relación de 1:0,9 a 1:1,25, para formar una masa de grano integral sin gluten (contenido de humedad de un 50 % a un 55 %), con una propiedad firme (elástica) y cohesiva (viscosa) y con suficiente pegajosidad (propiedad de la superficie), por ejemplo, para una tortilla o chapati horneada (de un 30 % a un 45% de contenido de humedad) o un producto de aperitivo de grano (de un 1,5 % a un 3 % de humedad).

Las figuras 4A y 4B muestran un barrido de temperatura viscoelástico de 20 °C a 160 °C de masa de amaranto integral sin gluten preparada según la presente invención (4A) frente a masa de trigo integral convencional (4B), con un 50 % de contenido de humedad. En la masa sin gluten, se encontró un módulo elástico (G') y viscoso (G") inferior con una absorción de agua de la harina más alta. Cuanto más grueso sea el tamaño de partícula bimodal en la masa de harina integral sin gluten (4A), inferior será el módulo elástico y viscoso durante el intervalo de temperatura de gelatinización del almidón y desnaturalización de las proteínas (de 60 °C a 70 °C).

Las figuras 5A y 5B son farinógrafos y resultados de la absorción de agua de la harina (viscosidad de la masa a 30 °C) para harina de tortilla de trigo integral producida según la descripción (5A) frente a la harina de trigo descascarada y desgerminada convencional (SELECTA®) (5B). La harina de trigo integral producida según el procedimiento de la descripción proporcionó un rendimiento y absorción de agua aumentados (99 % en p/p de agua) en comparación con la harina de trigo de SELECTA® descascarada y desgerminada (60 % en p/p de agua) para la misma viscosidad aparente de la masa (500 UF). La harina de trigo integral según la descripción tiene una absorción de agua aumentada con una reducción de un 60 % en el tiempo de estabilidad (de 6,8 a 2,8 minutos) sin afectar al rendimiento viscoelástico para mezclar masa y hornear tortilla.

Las etapas de preacondicionamiento con agua y blanqueo con vapor realizadas según las realizaciones del presente procedimiento permiten una reducción en la entrada de agua y una reducción en la demanda de energía en comparación con los procedimientos convencionales de blanqueo. Como se muestra en la tabla 5, el presente procedimiento proporciona al menos aproximadamente una reducción de un 25 % en la entrada de agua y, de manera realista, una reducción de un 40 % a un 60 % en la entrada de agua (es decir, de 0,20 a 0,45 metros cúbicos de agua por tonelada de harina integral). El presente procedimiento también proporciona al menos aproximadamente una reducción de un 25 % en la demanda de energía y, de manera realista, una reducción de un 40 % a un 60 % en la demanda de energía (es decir, 0,50 a 0,90 Mbtu o GJ/tonelada de harina integral), así como emisiones reducidas de dióxido de carbono (es decir, de 65 a 130 kg de CO_2/tonelada de harina integral) en comparación con los procedimientos convencionales de blanqueo que usan más agua no solo para el horneado sino también para lavar el grano. Un procedimiento convencional para elaborar harina gruesa de trigo descascarado es esencialmente el siguiente: el trigo limpio se empapa en agua, se hornea o se blanquea en agua, se seca, se enfría, se retira parcialmente el salvado y se agrieta (por ejemplo, la patente estadounidense n.º 3.778.521).

Tabla 5. Cuadro comparativo de agua, energía y aguas residuales

Concepto	Unidad (por tonelada de harina)	Blanqueado con agua (convencional)	Blanqueado con vapor	Ahorro (%)
Agua	M3	0,5 - 0,75	0,3	40-60
Energía	MBtu (gigajulio)	1,0 - 1,5	0,5 - 0,9	40-65
Aguas residuales	M3	0,3 - 0,6	0	100

De lo anterior, resultará evidente que es posible fabricar harina de grano integral, tal como harina de trigo integral y harina integral sin gluten, con blanqueo con vapor, usando un procedimiento continuo que es eficiente en agua y energía.

Debe entenderse que las realizaciones de esta invención ilustradas y descritas detalladamente en esta solicitud y con referencias publicadas son a modo de ilustración y no de limitación. Otros cambios y modificaciones son posibles y se presentarán por sí mismos a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para elaborar harina de grano integral sin gluten, que comprende realizar de forma continua y repetida las siguientes etapas:

- proporcionar una simiente de grano de cereal integral sin gluten limpia que incluye los componentes de endospermo, germen y salvado, o una semilla de legumbre integral sin gluten limpia que incluye los componentes de cotiledón y cáscara;
- mezclar el grano de cereal integral limpio o la semilla de legumbre integral con una solución acuosa para humedecer uniformemente la superficie de la simiente de grano/semilla de legumbre, dicha solución acuosa consiste en agua y al menos una de entre una sal y un azúcar;
- preacondicionar la simiente de grano/semilla de legumbre húmeda para provocar una adsorción de humedad, que comprende templar la simiente de grano/semilla de legumbre húmeda durante de 10 a 60 minutos a temperatura o temperaturas ambiente de 25 grados C a 30 grados C;
- blanquear la simiente de grano/semilla de legumbre preacondicionada en una atmósfera de vapor saturado para gelatinizar y desnaturalizar al menos parcialmente los componentes de la simiente de grano/semilla de legumbre y para hidratar con condensado de vapor la simiente de grano/semilla de legumbre blanqueada, donde el blanqueo tiene lugar durante un periodo de tiempo de 1 a 20 minutos a una temperatura de 75 grados C a 100 grados C y a una presión absoluta de vapor de 90 kPa a 120 kPa;
- acondicionar la simiente de grano/semilla de legumbre blanqueada e hidratada para estabilizar la simiente de grano/semilla de legumbre a un contenido de humedad deseado, que comprende templar la simiente de grano/semilla de legumbre blanqueada e hidratada durante de 20 a 90 minutos a una temperatura de 50 grados C a 90 grados C;
- moler la simiente de grano/semilla de legumbre acondicionada para producir una mezcla bimodal de un material de molienda grueso y un material de molienda fino;
- secar con aire caliente el material molido y enfriar el material;
- cribar y clasificar el material enfriado para separar y recuperar un material molido fino de tamaño inferior a de 500 µm a 63 µm, como harina de grano integral sin gluten, y para separar un material molido grueso de más de 500 µm.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el preacondicionamiento se realiza a un contenido de humedad de la simiente de grano/semilla de legumbre de entre un 20 % y un 24 %.

3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, donde la etapa de blanqueo comprende utilizar vapor saturado a una presión absoluta de 93,8 kPa a 112,4 kPa e hidratar dicha simiente de grano/semilla de legumbre preacondicionada durante de 5 a 15 minutos a un contenido de humedad de un 29 % a un 33 %.

4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde la etapa de acondicionamiento comprende enfriar la simiente de grano/semilla de legumbre durante de 30 a 60 minutos para estabilizar el contenido de humedad a un intervalo de un 27 % a un 31 %.

5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además volver a moler el material molido grueso separado para una reducción de tamaño posterior.

6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el procedimiento proporciona una reducción de un 40 % a un 60 % en la entrada de agua y la demanda de energía en comparación con el blanqueo convencional.

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde la etapa de acondicionamiento comprende enfriar la simiente de grano/semilla de legumbre ventilando con vapor de agua procedente de la simiente de grano/semilla de legumbre acondicionada.

8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde el material molido fino tiene una distribución de tamaño de partícula bimodal.

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende además rehidratar dicha harina integral sin gluten mezclando la harina con agua en una cantidad de una relación entre agua y harina de 1:0,9 a 1:1,25 para formar una masa de grano integral.

10. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la simiente de grano de cereal integral proporcionada o

la semilla de legumbre integral está intacta y no se ha sometido a ninguna acción física o choque físico que induzca fisuras o grietas en el grano.

11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde la harina de grano integral sin gluten se prepara a partir de semillas de legumbre integrales.

12. El procedimiento de la reivindicación 11, donde la harina de grano integral sin gluten se prepara a partir de semillas de legumbre integrales seleccionadas de entre el grupo que consiste en judías, lentejas, garbanzos y combinaciones de los mismos.

13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde la harina de grano integral sin gluten se prepara a partir de simientes de grano de cereales integrales seleccionadas de entre el grupo que consiste en sorgo, arroz, amaranto, quinoa y combinaciones de los mismos.

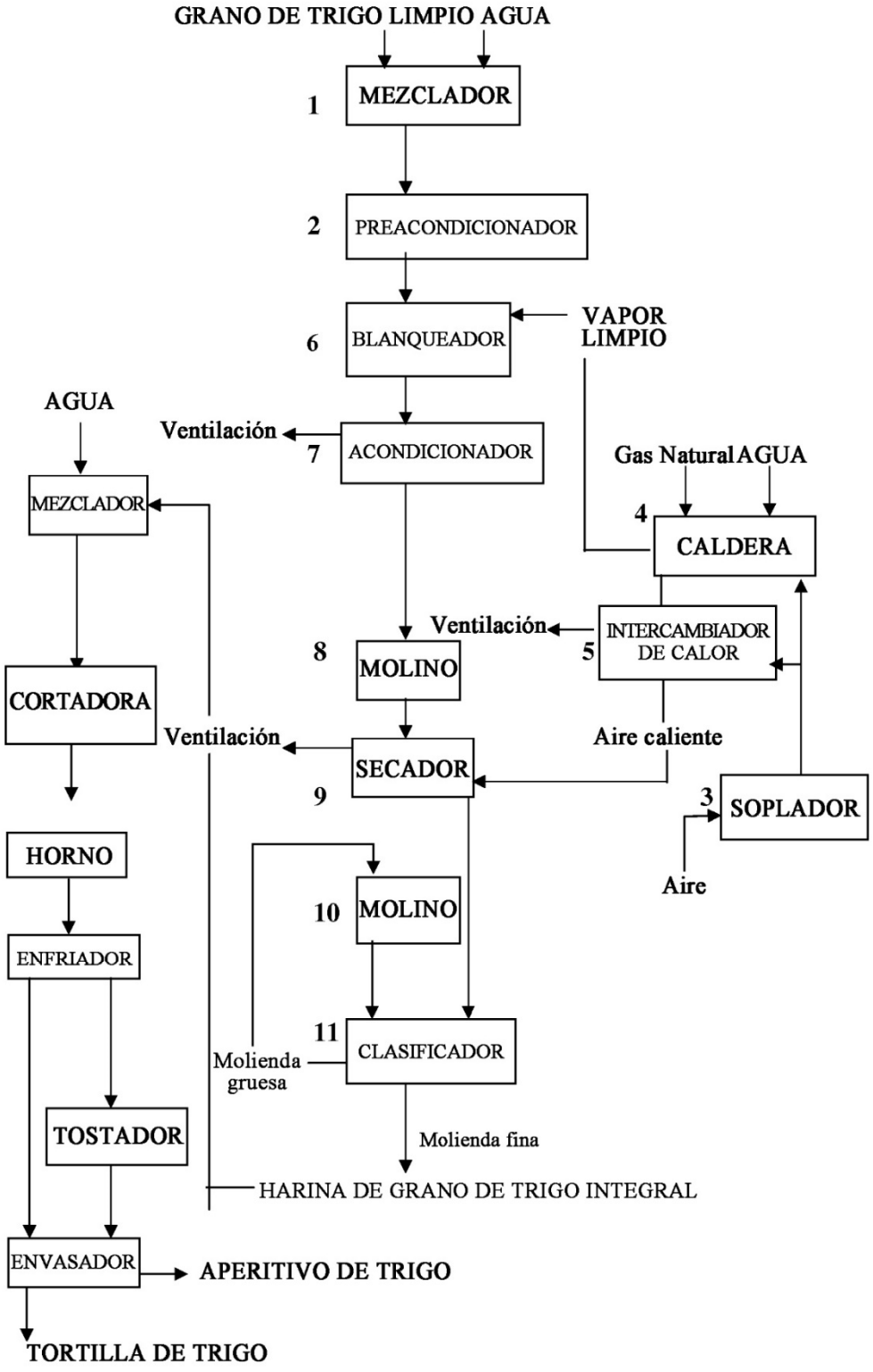
GRANO DE TRIGO LIMPIO AGUA
1
MEZCLADOR
2
PREACONDICIONADOR
6
BLANQUEADOR
VAPOR LIMPIO
AGUA
Ventilación
7
ACONDICIONADOR
Gas Natural AGUA
MEZCLADOR
4
CALDERA
Ventilación
8
MOLINO
5
INTERCAMBIADOR DE CALOR
CORTADORA
Ventilación
Aire caliente
SECADOR
9
3
SOPLADOR
HORNO
10
MOLINO
Aire
ENFRIADOR
11
CLASIFICADOR
Molienda gruesa
TOSTADOR
Molienda fina
HARINA DE GRANO DE TRIGO INTEGRAL
ENVASADOR
APERITIVO DE TRIGO
TORTILLA DE TRIGO

FIGURA 1

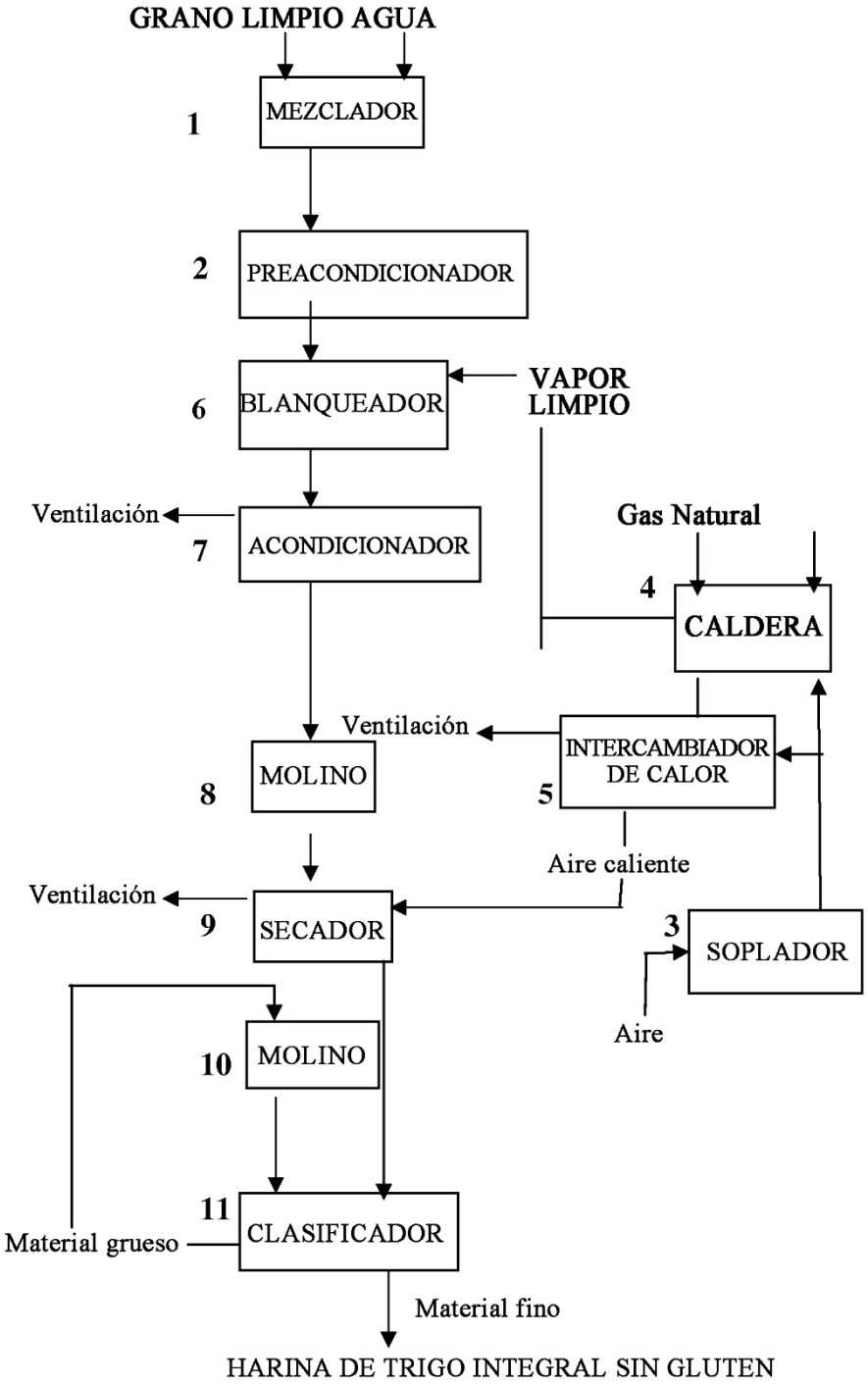
GRANO LIMPIO AGUA
1
MEZCLADOR
2
PREACONDICIONADOR
6
BLANQUEADOR
VAPOR LIMPIO
Ventilación
7
ACONDICIONADOR
Gas Natural
4
CALDERA
Ventilación
8
MOLINO
5
INTERCAMBIADOR DE CALOR
Aire caliente
Ventilación
9
SECADOR
3
SOPLADOR
Aire
10
MOLINO
11
CLASIFICADOR
Material grueso
Material fino
HARINA DE TRIGO INTEGRAL SIN GLUTEN

FIGURA 2

Barrido de temperatura viscolástico de pasta de aperitivo de trigo integral a 1 Hz o 1/s, un 1 % de amplitud de deformación y un 55 % de humedad

G' = componente elástico en Pa

G'' = componente viscoso en Pa

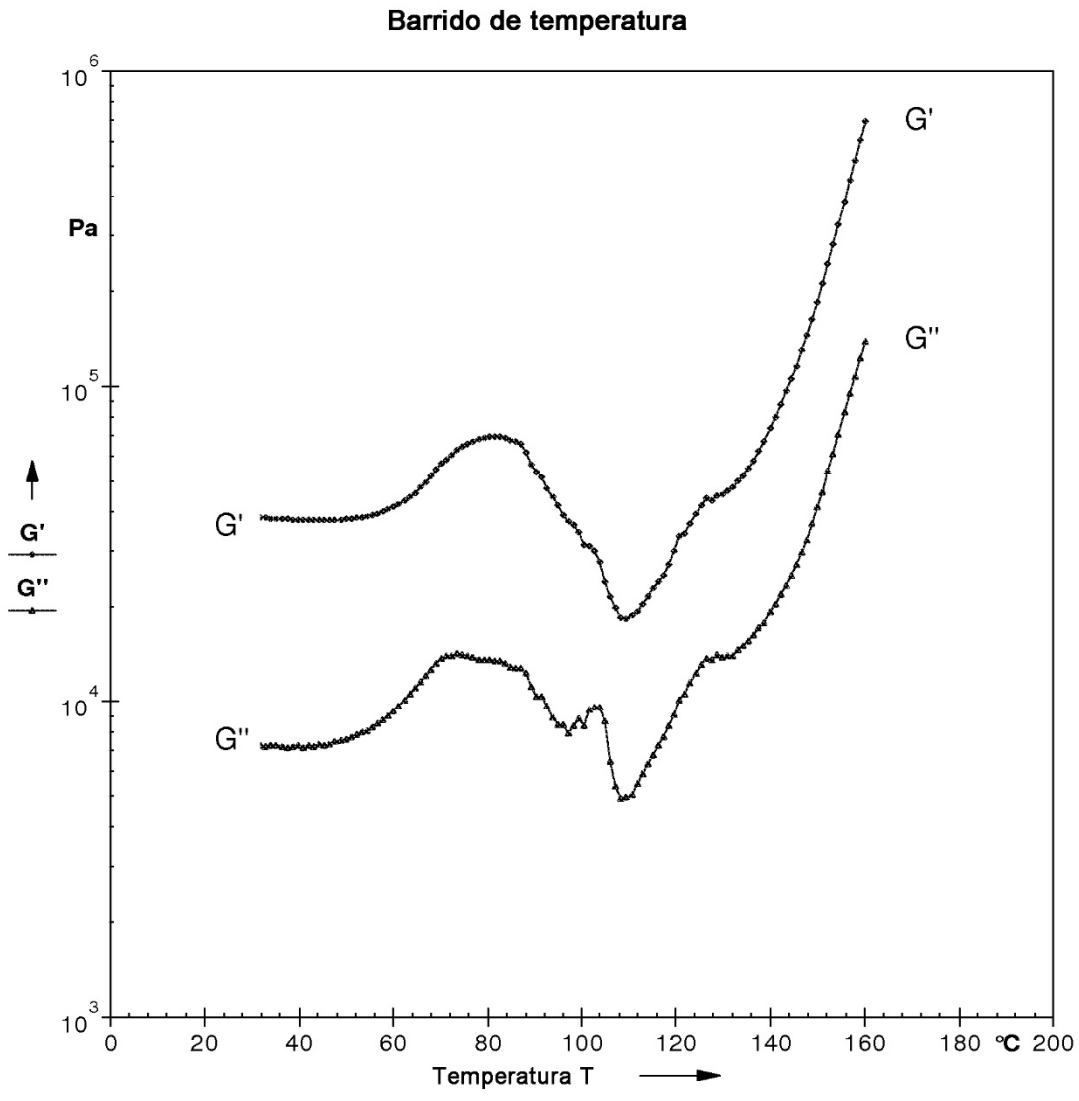

FIGURA 3A

Barrido de temperatura viscolástico de pasta de tortilla de trigo integral a 1 Hz o 1/s, un 1 % de amplitud de deformación y un 55 % de humedad

G' = componente elástico en Pa

G" = componente viscoso en Pa

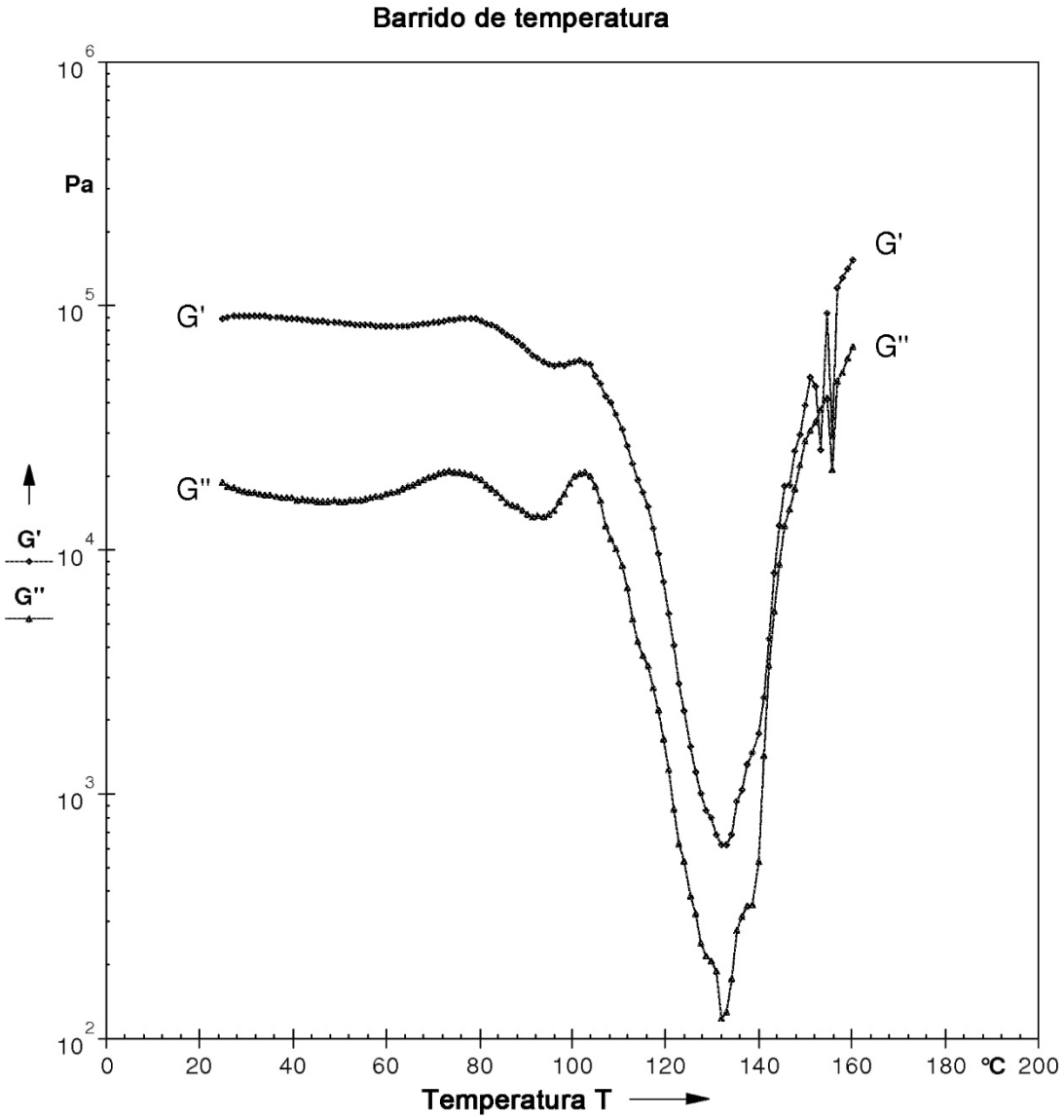

FIGURA 3B

Barrido de temperatura viscolástico de pasta de trigo Selecta® a 1 Hz o 1/s, un 1 % de amplitud de deformación y un 55 % de humedad

G' = componente elástico en Pa

G'' = componente viscoso en Pa

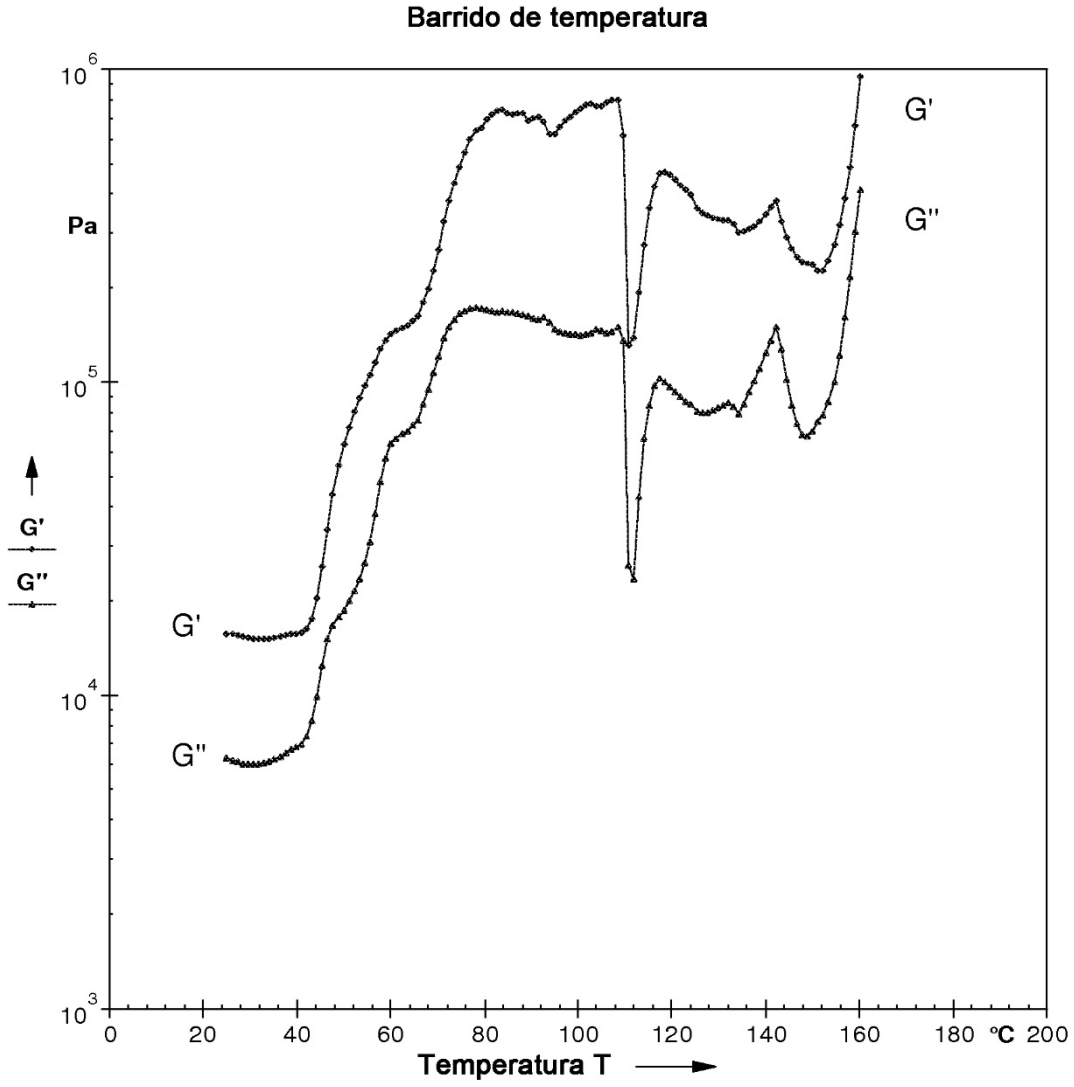

FIGURA 3C

Barrido de temperatura viscolástico de pasta de amaranto integral (sin gluten) a 1 Hz o 1/s, un 1 % de amplitud de deformación y un 50 % de humedad

G' = componente elástico en Pa

G" = componente viscoso en Pa

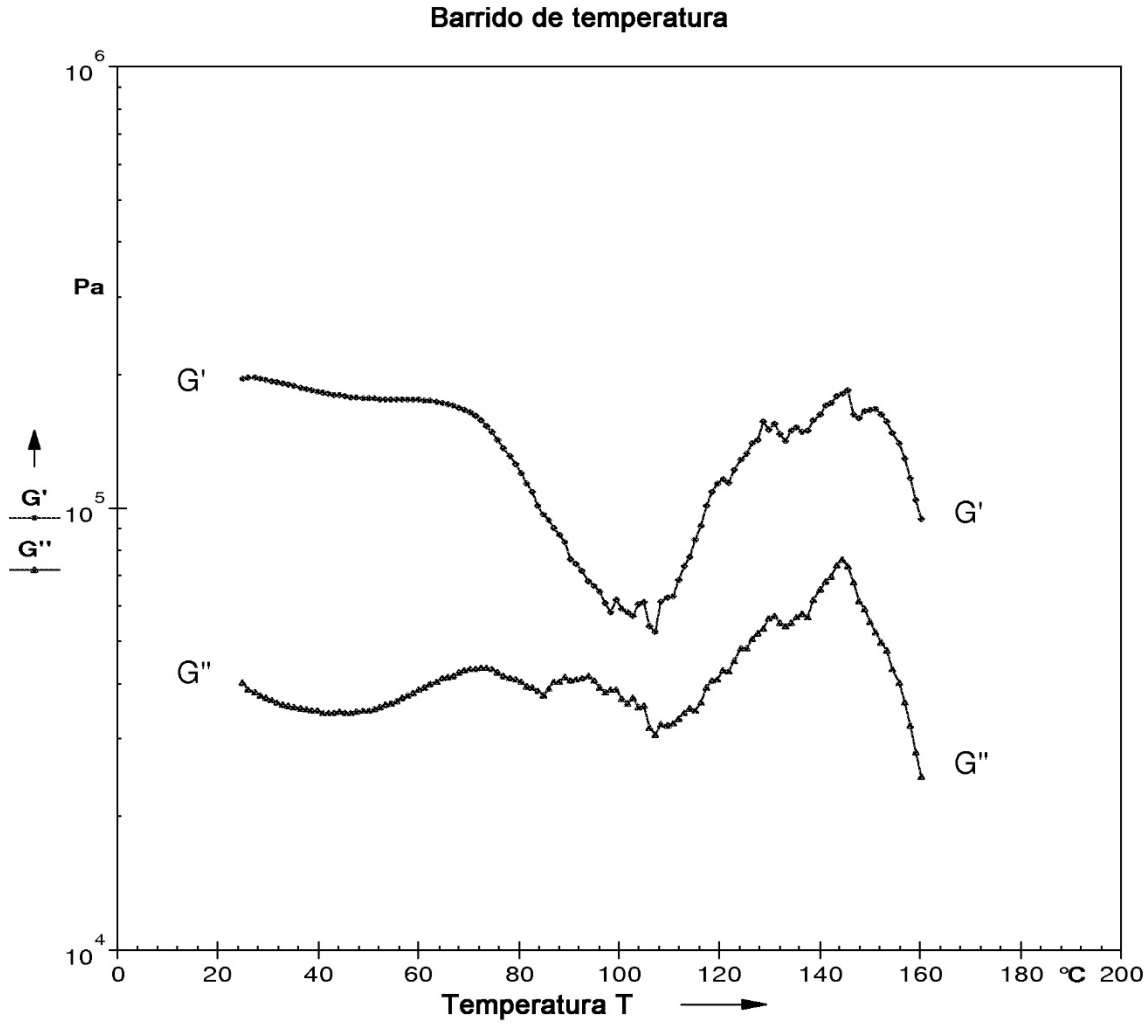

FIGURA 4A

Barrido de temperatura viscolástico de pasta de trigo integral a 1 Hz o 1/s, un 1 % de amplitud de deformación y un 50 % de humedad

G' = componente elástico en Pa

G'' = componente viscoso en Pa

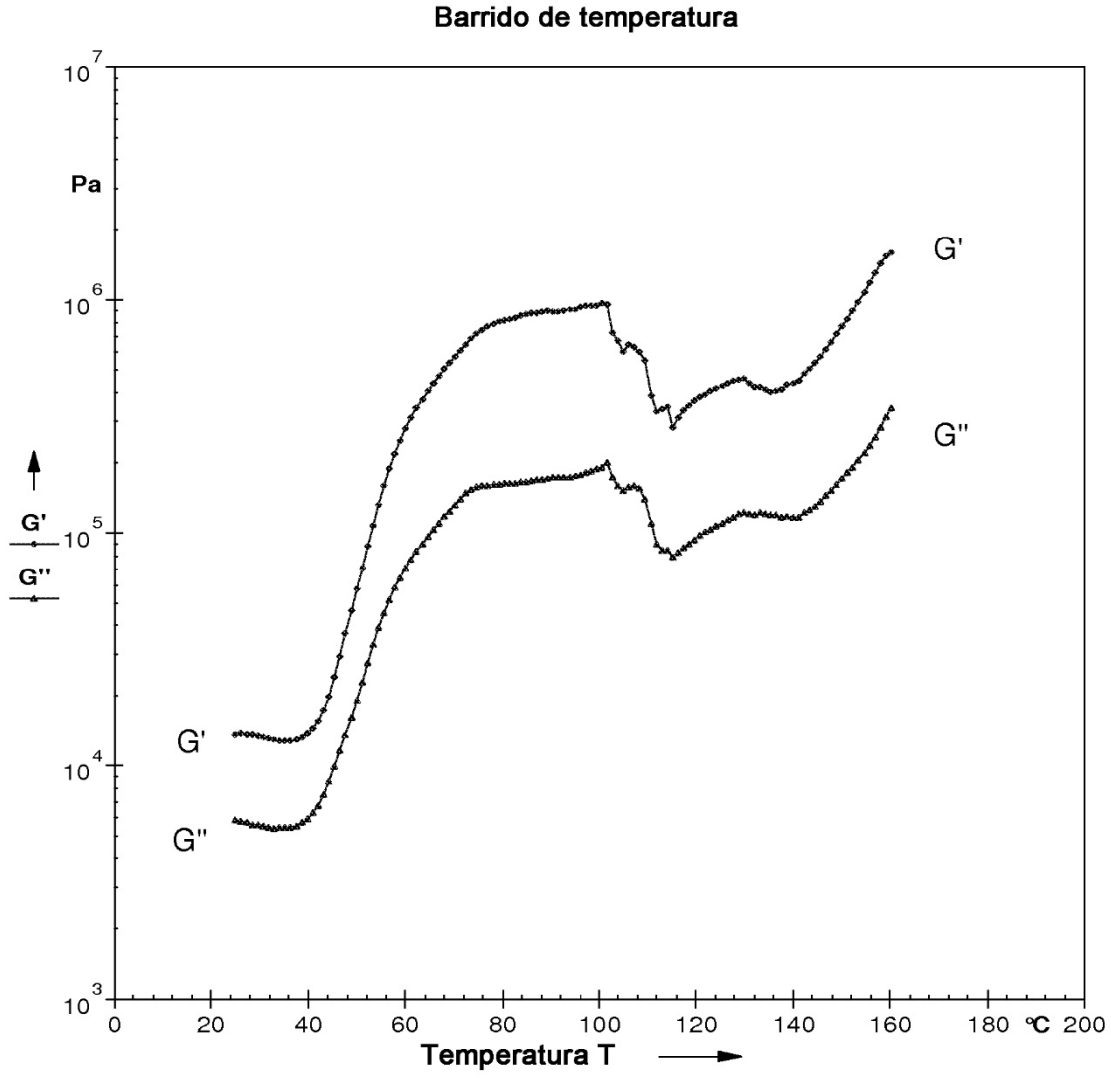

FIGURA 4B

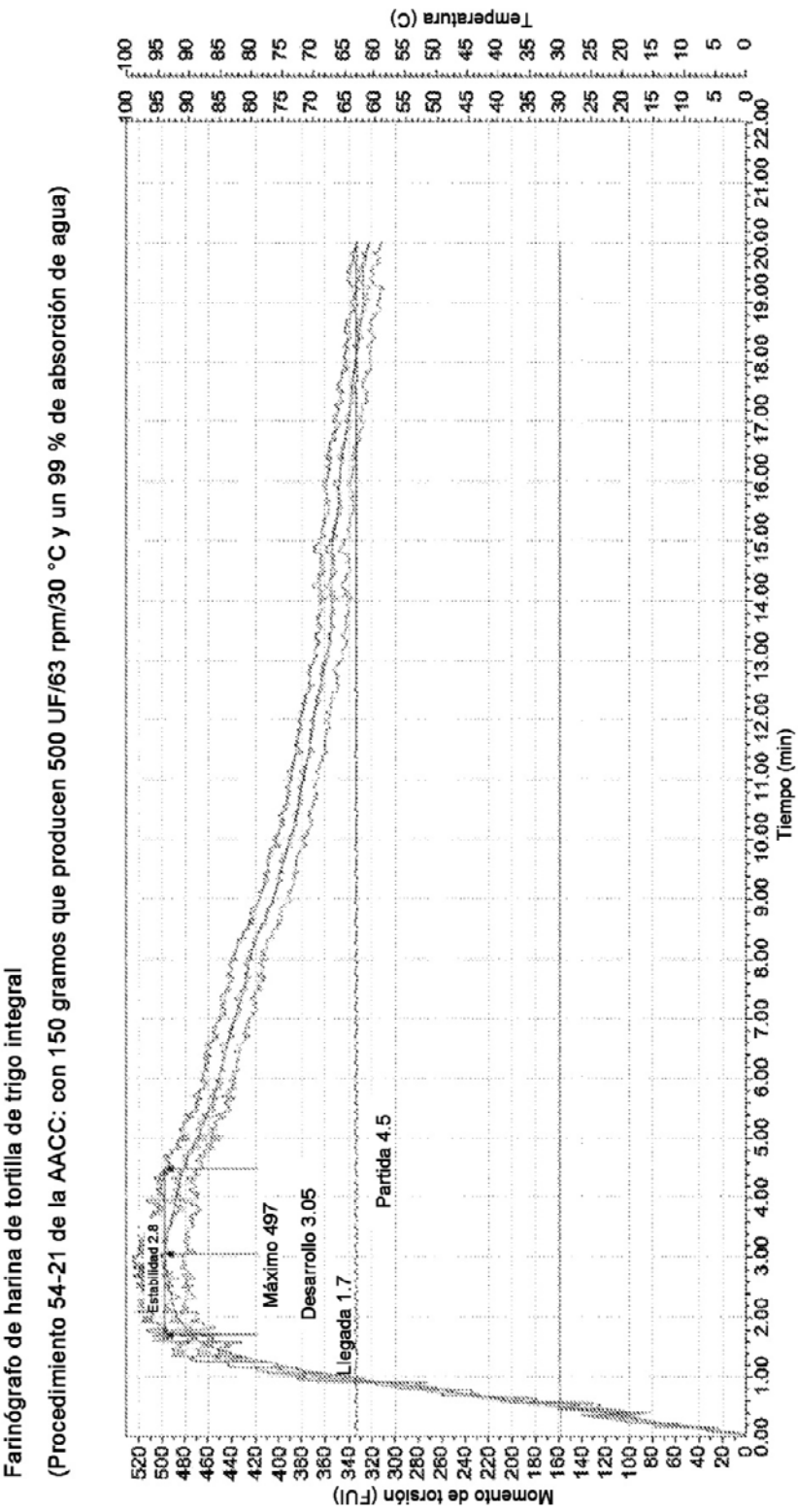
Farinógrafo de harina de tortilla de trigo integral
(Procedimiento 54-21 de la AACC: con 150 gramos que producen 500 UF/63 rpm/30 °C y un 99 % de absorción de agua)
Momento de torsión (FUI)
Tiempo (min)
Temperatura (C)
Estabilidad 2.8
Máximo 497
Desarrollo 3.05
Llegada 1.7
Partida 4.5

FIGURA 5A

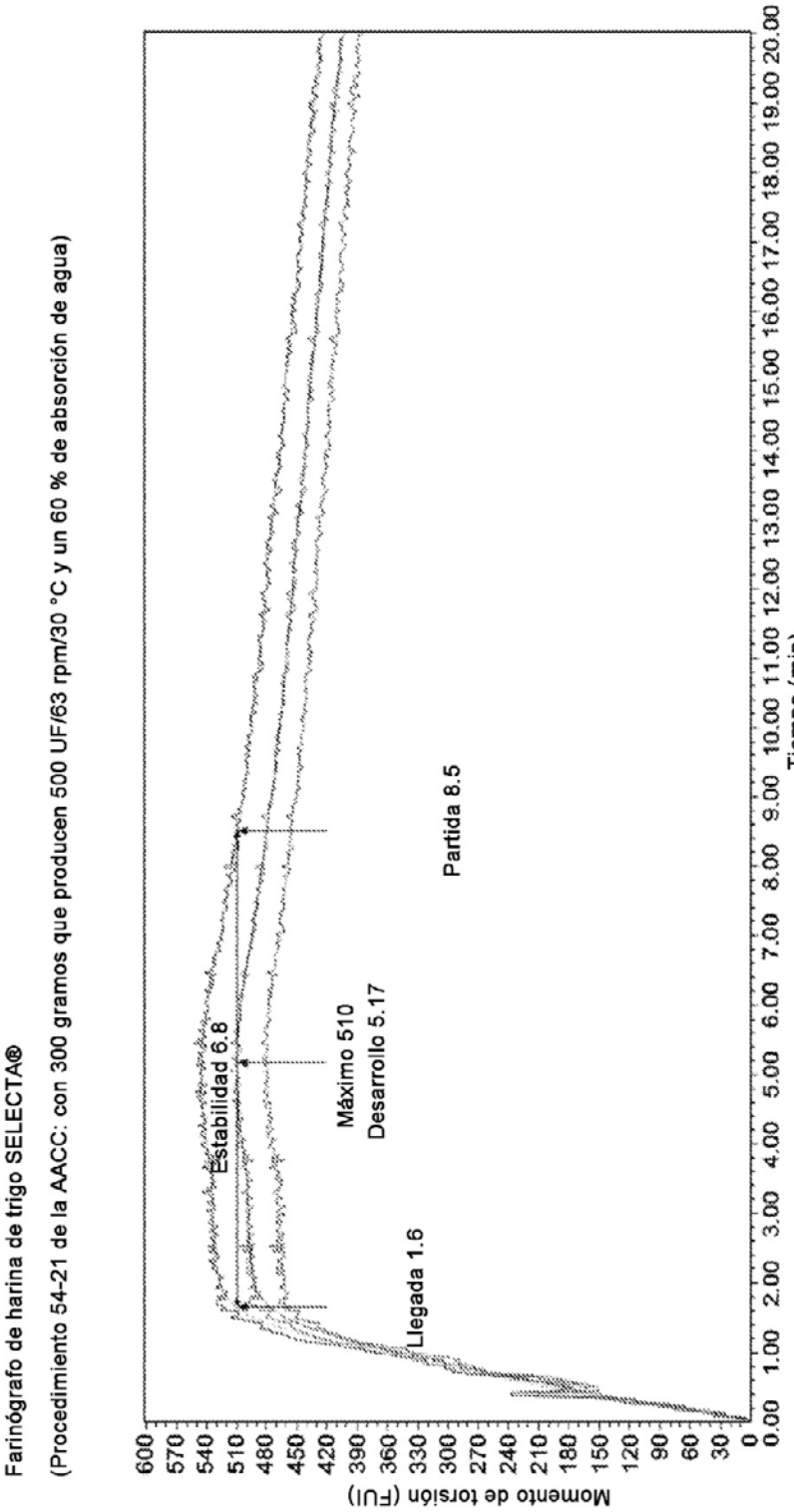
Farinógrafo de harina de trigo SELECTA®
(Procedimiento 54-21 de la AACC: con 300 gramos que producen 500 UF/63 rpm/30 °C y un 60 % de absorción de agua)
Momento de torsión (FUI)
Tiempo (min)
Estabilidad 6.8
Máximo 510
Desarrollo 5.17
Llegada 1.6
Partida 8.5

FIGURA 5B