

FORMULACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE CUCHARAS COMESTIBLES A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DERIVADOS DE LA TRANSFORMACIÓN DEL TRIGO (SALVADO Y SEMITA) Y SU MÉTODO DE OBTENCIÓN

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se encuentra en el campo de la industria de materiales biodegradables, como implementos para el consumo de productos alimentarios. Particularmente el desarrollo está dirigido a una formulación para la fabricación de
10 cucharas comestibles a partir de subproductos derivados de la transformación del trigo (salvado y semita) y el método de producción de la misma.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

15 El inminente aumento de producción de bienes en la economía circular debido a la creciente preocupación por el medioambiente ha resultado en la demanda de innovación y desarrollo de nuevos materiales biodegradables derivados de subproductos industriales. En consecuencia de ello, se ha lanzado al mercado un sinnúmero de alternativas ecológicas que no generan residuos contaminantes de degradación lenta en la sustitución
20 de utensilios o implementos tradicionalmente fabricados con materiales de origen artificial.

Entre dichas alternativas ecológicas se encuentra la industria de los biomateriales, como los destinados a emplearse para la manipulación y consumo de alimentos, en donde se
25 han descrito formulaciones biodegradables y comestibles que incluyen subproductos industriales. Estos se proponen, por ejemplo, como alternativa a utensilios plásticos de un solo uso que han sido utilizados por varios años, constituyendo una parte importante de los residuos plásticos contaminantes.

30 Por ejemplo, WO2021/148135 divulga la formulación y el método de obtención de dispositivos no plásticos biodegradables para el consumo de bienes comestibles empleando harina, salvado y semillas de trigo que pueden seleccionarse de trigo duro, blando / débil y combinaciones de estos, un agente espesante, un agente de levadura, un

aceite vegetal y agua entre otros aditivos que definen los niveles de gluten y algunas propiedades físicas.

Por otro lado, CN111296741 describe la creación de una materia prima alimentaria para la fabricación de cubiertos amigables con el medioambiente. El producto incorpora, aparte de la harina de trigo, queso, un agente espesante, un aditivo de proteína (solución nutritiva proteica), gelatina, manteca, huevos y leche en polvo. Estos ingredientes se mezclan y se les adiciona la mezcla proteica, se cocina al vapor, se desgasifica, se moldea y se cuece por segunda vez.

De otro modo, la solicitud WO2020/061653 está enfocada en recipientes biodegradables y comestibles para bebidas frías o calientes que puede ser consumidas durante y después del consumo de la bebida. En una modalidad, dicha mezcla incluye harina de trigo, salvado de avena, azúcar, grasa vegetal, alginatos, goma xantan y agua. Para obtener el envase se mezclan los ingredientes sólidos, se diluye la goma xantan en agua y se le agrega a la mezcla, se agrega la grasa vegetal después de mezclar y se sigue homogenizando hasta obtener una masa. Se introduce la masa a una jeringa dosificadora que llena los moldes y se cocina.

El presente desarrollo propone otra alternativa de formulaciones comestibles para la fabricación de cucharas a partir de subproductos derivados de la transformación del trigo (salvado y semita), que cumplen con los requisitos necesarios para su comercialización como los resultados en pruebas mecánicas (i.e. firmeza), perfil organoléptico, apariencia deseable para el consumidor y su método de obtención.

BREVE DESCRIPCIÓN

El presente desarrollo hace referencia a una formulación para la fabricación de cucharas comestibles (producto). Dicha formulación para la fabricación de cucharas comestibles comprende harina de trigo, salvado de trigo y semita de trigo, y un componente graso, opcionalmente comprende componentes adicionales como remolido de galleta, remolido de pasta, margarina, azúcar y esencias aromáticas. Más particularmente la formulación

para la fabricación de cucharas comestibles comprende harina de trigo hasta 85%, salvado de trigo hasta 30% y semita de trigo hasta 40%, y un componente graso hasta 20%.

5 Adicionalmente, se describe a continuación un método para la elaboración de dicha formulación para la fabricación de cucharas comestibles que comprende las etapas de obtención de una masa húmeda de harina, salvado y semita de trigo, un componente graso y agua, extrusión de la masa anterior hasta homogeneidad y compactación, y el moldeado por compresión de la masa en un molde con temperatura elevada y tiempo.

10 **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

Para efectos de este documento todos los porcentajes a continuación están en p/p, a no ser que se indique expresamente lo contrario. Se entiende por alrededor a una diferencia de al menos 5%.

15

Producto: Formulación para la fabricación de cucharas comestibles

El presente desarrollo corresponde a una formulación para la fabricación de cucharas comestibles. Se entiende por “formulación para la fabricación de cucharas comestibles ”
20 a un material biodegradable elaborado a partir de subproductos derivados de la transformación del trigo (salvado y semita). Se entiende por material biodegradable a un material capaz de ser degradado rápidamente por microorganismos en condiciones naturales (aerobias y/o anaerobias). Debido a sus materias primas este material biodegradable es apto para el consumo humano. La formulación del desarrollo
25 corresponde principalmente a subproductos derivados de la transformación del trigo (salvado y semita), del procesamiento de pastas y galletas, útiles por su naturaleza vegetal.

Dicha formulación comprende harina de trigo, salvado de trigo y semita de trigo, un componente graso y opcionalmente, otros aditivos que aportan cualidades organolépticas
30 mejoradas.

- Se entiende por harina de trigo a un polvo de tamaño de partícula entre 100 y 300 micras, o 150 a 250 micras, hecho a partir de la molienda trigo y que se emplea para consumo alimenticio. La harina de trigo se encuentra en la formulación para la fabricación de cucharas comestibles en una cantidad entre 1 y 99%, entre 5 y 90%, hasta 85%, entre 10 y 80%, o entre 10 y 30%, a partir del 5%, a partir del 10%, a partir del 15%, a partir del 20%, a partir del 25%, a partir del 30%, a partir del 35%, o a partir del 45% y hasta el 99%, hasta el 90%, hasta el 85%, hasta el 80%, hasta el 75%, hasta el 70%, o hasta el 65%. Preferiblemente entre el 10 y el 30%.
- 10 Se entiende por salvado de trigo, mogolla, afrecho o cascarilla al resultado de una parte de la molienda de los granos de trigo; particularmente, procede de las cinco capas más externas del grano, formadas por una primera capa exterior de envuelta o cutícula, la segunda o epicarpio, la tercera o endocarpio, la cuarta capa denominada testa y la quinta denominada aleurona. El salvado se encuentra en la formulación en una cantidad entre 0 y 99%, entre 0 y 90%, entre 0 y 80%, entre 1 y 30%, entre 2 y 30%, o entre 2 y 15%, hasta el 99%, hasta el 90%, hasta el 80%, hasta el 70%, hasta el 60%, o desde el 1%, desde el 2%, desde el 3%, desde el 5%, desde el 10%, desde el 20%, desde el 30%, o desde el 40%. Preferiblemente entre el 2 y el 15%. El salvado debe tener un tamaño de partícula entre 200 y 350µm o inferior a 350µm.
- 20 Se entiende por semita de trigo o harina de tercera a un subproducto del proceso de molienda del grano de trigo que proviene de la moltura del último cilindro liso del molino, luego de retirada la harina aprovechable, contiene harina y fibra alimentaria. La semita de trigo se encuentra en la formulación en una cantidad entre 1 y 99%, entre 5 y 90%, hasta 85%, entre 1 y 40%, entre 2 y 40%, entre 5 y 20%, o entre 5 y 15%, desde el 1%, desde el 2%, desde el 3%, desde el 4%, desde el 5%, desde el 8%, desde el 10%, o hasta el 99%, hasta el 90%, hasta el 85%, hasta el 80%, hasta el 70%, o hasta el 60%. Preferiblemente entre el 5 y el 15%.
- 25
- 30 Adicionalmente, la formulación comprende un componente graso. El componente graso corresponde a un ingrediente, preferiblemente en estado líquido que ayuda a incorporar los ingredientes sólidos o en polvo (harina, salvado, semita y componentes adicionales).

Entre otras cosas, el componente graso permite que al agregar la formulación a los moldes, esta no se pegue y por ende se no deforme o quiebre. El componente graso puede ser mantequilla, margarina o aceite vegetal. El componente graso se encuentra en la formulación en una cantidad hasta el 30%, hasta el 20%, hasta el 15%, hasta el 10%, entre 1 y 20%, entre 1 y 15%, entre 1 y 10%, o entre 2 y 8%. Preferiblemente entre el 1 y el 10%.

Además, la formulación comprende agua, esencialmente agua o un componente líquido que aumente la humedad de la mezcla. El agua se encuentra en la mezcla en una cantidad hasta el 50%, entre 1 y 40% o entre 5 y 30%. O la cantidad necesaria para que la mezcla de los componentes secos y el componente graso esté entre 10 y 40%, entre 20 y 40%, entre 25 y 30%, entre 32 y 37%, o inferior al 35%.

Opcionalmente la formulación comprende componentes adicionales. Los componentes adicionales corresponden a productos fabricados terminados, a partir de harina de trigo. Por ejemplo, los componentes adicionales se seleccionan entre pastas alimenticias, galletas, barquillos, conos enrollados, entre otros o combinaciones de los mismos. Preferiblemente, los componentes adicionales corresponden a una mezcla de pastas alimenticias y galletas. Más preferiblemente, pastas alimenticias y galletas molidas. Los componentes adicionales se encuentran en la formulación para la fabricación de cucharas comestibles en una cantidad hasta el 85%, entre 0 y 80%, entre 0 y 50%, o entre 15 y 55%, hasta el 90%, hasta el 80%, hasta el 75%, hasta el 70%, hasta el 65%, hasta el 60%, o hasta el 55%. Preferiblemente entre el 15 y el 55%. Los componentes adicionales deben tener un tamaño de partícula entre 200 y 350µm o inferior a 350 µm.

La formulación para la fabricación de cucharas comestibles comprende harina de trigo, salvado de trigo, semita de trigo y un componente graso.

La formulación para la fabricación de cucharas comestibles comprende harina de trigo hasta 85%, salvado de trigo hasta 30% y semita de trigo hasta 40%, y un componente graso hasta 20%. Opcionalmente comprende remolido de galleta, remolido de pasta, salvado, margarina, azúcar y esencia de vainilla.

La formulación para la fabricación de cucharas comestibles que comprende harina de trigo entre 10 y 85%; salvado de trigo entre 2 y 30%; semita de trigo entre 2 y 40%; un componente graso entre 1 y 20%, en donde el componente graso puede ser margarina o aceite vegetal.

La formulación para la fabricación de cucharas comestibles comprende harina de trigo entre 10 y 30%; salvado de trigo entre 2 y 15%; semita de trigo entre 5 y 20%; un componente graso entre 1 y 10%, y al menos un componente adicional que corresponde a una mezcla de pastas alimenticias y galletas entre 15 y 55%.

La formulación para la fabricación de cucharas comestibles puede también comprender aditivos como conservantes, estabilizantes, preservantes, edulcorantes, saborizantes, esencias, potencializadores de sabor, espesantes, o cualquier otro elemento que pueda facilitar el procesamiento, almacenamiento o características sensoriales de la formulación para la fabricación de cucharas comestibles.

Método para obtener una formulación para la fabricación de cucharas comestibles

El desarrollo también incluye la descripción de un método para obtener una formulación para la fabricación de cucharas comestibles que comprende mezclar las materias primas sólidas, obtener una masa húmeda, extruir la masa húmeda hasta obtener una mezcla húmeda, homogénea y compacta, y moldear por compresión en un molde. El mezclado de materias primas y la obtención de masa húmeda pueden darse en escala de laboratorio, escala piloto, semi industrial o industrial, las cuales están descritas a continuación.

Mezclado de materias primas y obtención de masa húmeda

En una modalidad preferida, se mezclan primero los componentes sólidos y luego se adicionan los componentes líquidos.

Escala laboratorio

Se mezclan primero las materias primas clasificadas como sólidas (por ejemplo salvado, semita, remolido de pasta, remolido de galleta, harina de trigo y azúcar) en proporciones de acuerdo con la formulación preferida, y mezclándolas durante entre 3 y 10 minutos, entre 4 y 7 minutos, o preferiblemente durante 5 minutos a una velocidad entre 70 y 100 rpm, entre 80 y 90 rpm o preferiblemente 85 rpm, o las condiciones de tiempo y velocidad necesarias para obtener una mezcla sustancialmente homogénea.

Posteriormente se pesa la cantidad adecuada de material graso según la formulación deseada, preferiblemente margarina en estado sólido y que luego es fundida hasta que la margarina alcance una temperatura entre 73 y 85 °C o preferiblemente entre 75 y 80 °C, o la temperatura necesaria para que esta se incorpore a las materias primas sólidas. Dicha fundición puede realizarse por ejemplo en baño maría o en horno. Opcionalmente, el material graso puede ser aceite vegetal.

La obtención de la masa húmeda se logra mezclando las materias primas líquidas (por ejemplo, agua y esencia de vainilla) a temperatura ambiente por ejemplo entre 20 y 40 segundos, entre 25 y 35 segundos o durante 30 segundos, mediante agitación manual, o el tiempo y la agitación necesarias para obtener una mezcla sustancialmente homogénea.

El 50% de la masa húmeda, se mezcla con la margarina previamente fundida con agitación entre 5 y 15 segundos, entre 8 y 12 segundos o preferiblemente durante 10 segundos, o el tiempo necesario para que esta se mezcle la masa húmeda con el componente graso.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se mezclan de forma paralela con la mezcla principal de sólidos y se mantiene el proceso entre 3 y 10 minutos, entre 4 y 7 minutos o preferiblemente durante 5 minutos a una velocidad entre 70 y 100 rpm, entre 80 y 90 rpm o preferiblemente 85 rpm, o las condiciones de tiempo y velocidad necesarias para garantizar una mezcla homogénea.

Escala Piloto

Las materias primas se ingresan a un contenedor teniendo en cuenta la formulación elegida para la obtención de cucharas. Con las materias primas sólidas en el contenedor se inicia el proceso de mezclado, por ejemplo, la máquina podría tener 2 direcciones de giro con el fin de lograr una mezcla homogénea. Se deja homogenizar la mezcla entre 1 y 10 minutos, entre 4 y 6 minutos o preferiblemente durante 5 minutos o el tiempo necesario de acuerdo con la cantidad de mezcla. Se adiciona los componentes líquidos y se mezclan por entre 1 y 10 minutos, entre 4 y 6 minutos o preferiblemente durante 5 minutos más o el tiempo necesario para lograr una mezcla homogénea de acuerdo con la cantidad de mezcla.

Extrusión de la masa húmeda

Con la mezcla anterior se alimenta una extrusora que preferiblemente se purga previamente con parte de la misma mezcla. Esta purga se realiza después de hacer limpieza y desinfección de la extrusora. Se entiende por purga a una mezcla utilizada para la limpieza de la camisa de la extrusora. Una vez purgada la máquina, se procede a alimentarla con la mezcla homogénea descrita en el paso anterior. La mezcla en la extrusora se realizará a una temperatura mayor a 70°C, mayor a 80°C, mayor a 85°C, mayor a 90°C, entre 70 y 100 °C, entre 75 y 95 °C, entre 80 y 90 °C, preferiblemente a 85 ±3°C, o la temperatura necesaria para obtener una mezcla homogénea apta para el moldeo por compresión. En esta etapa, las materias primas mezcladas, humectadas y homogenizadas, son alimentadas en el extrusor de tornillo sencillo a una velocidad de giro de tornillo entre 40 y 110 rpm y un perfil de temperatura entre 70 y 120 °C, entre 65 y 115 °C, o preferiblemente entre 60 y 110 °C desde la zona de alimentación hasta el dado. Durante el proceso de extrusión el material sufre un proceso de pregelatinización por efecto de la temperatura y presión ejercida por el tornillo y la camisa que lo contiene, de esta manera se logra cambiar parcialmente la estructura nativa del almidón presente y de esta forma modifica sus propiedades.

De la extrusora se obtiene un cordón de masa húmeda, homogénea y compacta que se corta desde 1cm, desde 3cm, desde 5 cm, desde 10cm, de los 15cm, entre 5 y 40 cm, entre 15 y 20 cm, entre 16 y 19 cm o preferiblemente entre 17 y 18 cm de longitud, o hasta

50cm, hasta 60cm, hasta 70cm, hasta 1m, hasta 2m, hasta 3m, o el tamaño que se pueda obtener de acuerdo al cordón, la preforma o el equipo, teniendo en cuenta la forma de la cuchara a fabricar.

- 5 Este cordón o preformase deja reposar por un tiempo entre 5 y 15 minutos, 4 y 13 minutos o preferiblemente entre 3 y 12 minutos o el tiempo necesario para que se estabilice su temperatura y humedad, luego se ubica sobre los moldes por compresión. El moldeo por compresión corresponde a un proceso en donde el material de moldeo es colocado en la cavidad del molde abierto. Opcionalmente se puede agregar mezcla extra en los sitios
- 10 donde lo requiera. El molde se cierra, se aplica calor y presión para forzar al material a entrar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantiene hasta que el material de moldeo se encuentre rígido. Es un método de alta presión, adecuado para el moldeo de piezas complejas, de alta resistencia con refuerzos de diferentes tipos de fibras biológicas. Además, es un método de bajo costo en
- 15 comparación con el moldeo por otros métodos tales como moldeo por transferencia y moldeo convencional, por otra parte, se desperdicia menos material.

Durante este proceso se lleva a cabo la cocción de la mezcla y queda el producto listo para su empaque y distribución.

20

- La cocción en el molde se lleva a cabo a una temperatura mayor a 140°C, mayor a 150°C, entre 155 y 175 °C, entre 160 y 170 °C o preferiblemente a 165 °C +- 3°C y una presión mayor a 25psi, mayor a 30 psi, entre 30 y 50 psi, entre 35 y 45 psi o preferiblemente 40 psi +-3 psi o las condiciones requeridas para la cuchara fabricada. En el moldeo por
- 25 compresión se procesa el cordón sobre un molde hasta obtener la forma deseada de la cuchara por ejemplo por un tiempo entre 3 y 10 minutos.

- El moldeo por compresión se realiza de manera intermitente existiendo alivios que interrumpen el proceso. Para efectos de este documento entiéndase por alivio a la acción
- 30 de liberar el vapor de agua que se acumula cuando las muestras se encuentran presionadas en el molde, si esto no se realiza es probable que la presión alcanzada internamente fracture la matriz de la cuchara fabricada.

Los alivios se realizan a lo largo del proceso de moldeo, principalmente durante la parte inicial del proceso, como se describe a continuación: en el primer minuto se realizan 10 alivios durante los primeros 15 segundos, 5 alivios durante los siguientes 15 segundos, 5 alivios más en los siguientes 15 y solo 3 en los últimos 15 segundos; en el segundo minuto no se realizan alivios; en el tercer minuto se hace un alivio cada 30 segundos; y a partir del cuarto minuto se procede de manera ininterrumpida hasta completar un tiempo de entre 4 y 7 minutos o preferiblemente entre 4 y 5 minutos.

10 **EJEMPLOS**

Ejemplo 1. Formulación preliminar 1 Mezcla sólida

Se realizaron los siguientes ensayos para obtener las cantidades de cada una de las siguientes materias primas: Harina de trigo, semita, salvado y remolido de pasta (componente adicional), en donde el salvado se adicionó en su presentación original como hojuelas.

En la Tabla 1 se presentan las seis formulaciones a evaluar. A la mezcla A se le incorporó harina de trigo en la formulación y en las demás solo se varió la proporción de remolido de pasta, salvado y semita. La humedad con la cual se trabajaron las muestras fue en un rango entre 25% a 45%.

Tabla 1. Formulaciones preliminares 1 para establecer contenido de coproductos.

Materia prima	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)	F (%)
Harina de trigo	13	0	0	0	0	0
Remolido de pasta	14	80	35	45	45	30
Semita	30	60	30	25	15	20
Salvado	8	26	18	13	23	28

Para continuar con la evaluación de las mezclas del preliminar 1, moldear por compresión cada una de las seis formulaciones. Para esto las muestras homogenizadas, estabilizadas

por compresión en dos moldes para la obtención de las probetas, estos moldes cuentan con ranuras específicamente diseñadas para los ensayos de flexión, con grosores de 1,5 y 3 mm. Se decidió realizar los ensayos de esta manera con el fin de tener una matriz homogénea con un grosor determinado y observar su comportamiento ante la fuerza de flexión que se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo, pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.

Se pudo observar que las muestras con mayor cantidad de salvado se podían dispersar en la lámina de moldeo de forma granulada, a comparación con las muestras con menos contenido de salvado y la muestra A que contenía harina de trigo, esto permitió obtener una lámina uniforme y manejable, la cual se troqueló y se dispuso de cada corte en las perforaciones de la lámina de moldeo.

Las condiciones de operación de la máquina de moldeo fueron temperatura 150°C durante un tiempo de 5 minutos para cocción de las probetas.

Conforme los resultados de los análisis preliminares 1 se determinó:

- en las formulaciones el máximo contenido de salvado que se puede emplear es 18%;
- la humedad óptima para las formulaciones debe estar entre 30-35%;
- los espesores de trabajo que se podrían manejar en los moldes de moldeo por compresión deben ser de entre 1 y 20 mm;
- el salvado debe acondicionarse a un tamaño de partícula entre 200 y 450 micras de su presentación original (hojuela), de esta manera se podría evitar las grietas generadas, además se lograría una mayor homogeneidad de la mezcla y mayor firmeza de la matriz ya termoformada.

Ejemplo 2. Formulación preliminar 2 Mezcla sólida con componente graso y aditivos

Para este ensayo preliminar se tuvo en cuenta la formulación del Ejemplo 1 que presentó una mayor resistencia a la manipulación y estabilidad en una malteada la cual corresponde

a la mezcla A, además con el fin de lograr incorporar más salvado a la formulación, pero reforzando la matriz con otras fuentes de carbohidratos como lo es la incorporación de harina de trigo y remolido, se variaron las cantidades de otros ingredientes que hacen parte de la formulación, como se observa en la mezcla B (Tabla 2).

5

Tabla 2. Formulación preliminar 2.

Materia prima	A	B
	Proporción [%]	Proporción [%]
Harina de trigo	13	23
Remolido de pasta	14	23
Semita	30	20
Salvado	8	13
Margarina	15	10
Azúcar	20	10
Esencia de vainilla	0,1	1

Se realizó el proceso de moldeo compresión de las muestras que se formularon para el preliminar 2. Las muestras homogenizadas y estabilizadas fueron dispuestas en la máquina de moldeo en dos moldes para la obtención de las probetas, estos moldes cuentan con ranuras específicamente diseñadas para los ensayos de flexión, con un espesor entre 1,5 y 4 mm, se decidió realizar los ensayos de esta manera con el fin de tener una matriz homogénea con un grosor determinado y observar su comportamiento ante la fuerza de flexión y estabilidad en agua.

10

15

Las condiciones de operación de la máquina de moldeo fueron a una temperatura entre 120°C y 170°C durante un tiempo entre 2 y 7 minutos para cocción de las probetas. Para el siguiente ensayo donde se redujo la humedad, la temperatura se conservó entre 140°C y 150°C durante un tiempo entre 2 y 5 minutos.

20

Una vez realizados los respectivos análisis se pudo comprobar que la incorporación del salvado en un tamaño de partícula menor a 450 micras fue satisfactoria, se observó que

las probetas termoformadas presentaron menos irregularidades y fracturas, se mostraron más homogéneas y estables en las observaciones realizadas en malteadas.

También se pudo observar que era posible reducir el tiempo de cocción de 5 minutos a 4 minutos reduciendo el contenido de humedad de la muestra pasando de aproximadamente 37% a 32%.

Ejemplo 3. Formulación preliminar 3: Incorporación de remolido de galleta a la mezcla anterior

Con el fin de mejorar el sabor se decidió aprovechar los coproductos provenientes de la producción de galletas. Se plantearon nuevas formulaciones (B1, B2 y B3) incorporando remolido de galleta y disminuyendo la cantidad de harina de trigo. Las demás materias primas se mantuvieron constantes, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Formulación preliminar 3.

Materia prima	Mezcla B1 Proporción (%)	Mezcla B2 Proporción (%)	Mezcla B3 Proporción (%)
Harina de trigo	7	11,5	16
Remolido de pasta	23	23	23
Semita	20	20	20
Salvado	13	13	13
Margarina	10	10	10
Azúcar	10	10	10
Esencia de vainilla	1	1	1
Remolido de galleta	16	11,5	7

Todas las muestras de cada uno de los preliminares planteados se pesaron y se homogenizaron en una mezcladora, durante un tiempo de 5 minutos para el material particulado (harina de trigo, remolido de pasta, semita, salvado, azúcar, y remolido de galleta), y 5 minutos para incorporar las materias primas líquidas.

Las probetas obtenidas fueron observadas detalladamente con el fin de encontrar deformidades y grietas. Igualmente se realizaron algunas pruebas de percepción respecto al sabor. Se consideró que la muestra A del preliminar 2 (la cual no contenía remolido de galleta) era más neutra en comparación con la muestra B1 del preliminar 3 que presentaba un sabor dulce y aroma a vainilla.

Ejemplo 4. Preliminar 4: variación de la cantidad de harina de trigo

Una vez realizados los diferentes ensayos preliminares, se determinó la necesidad de disminuir la cantidad de inclusión de harina de trigo en la formulación, para ello se evaluaron los niveles de inclusión, para este ensayo se establecieron formulaciones donde se incluyó 0%, 5%, 10%, 15%, 20 y 30% de harina de trigo.

Se tomó una de las formulaciones ya estandarizadas de los ensayos preliminares de modo que al incluir la harina de trigo se cambie porcentualmente toda su formulación, principalmente los componentes que son coproductos de la industria de pastas y galletas. Otros componentes como margarina, azúcar y esencia de vainilla se mantuvieron estables debido a que estos son los que generan el sabor de la mezcla. La humedad se estableció en $27,5 \pm 1\%$ para todas las muestras.

Tabla 4.

Materia prima	Blanco	Mezcla	Mezcla	Mezcla	Mezcla	Mezcla
	0%	5%	10%	15%	20%	30%
	Proporción (%)	Proporción (%)	Proporción (%)	Proporción (%)	Proporción (%)	Proporción (%)
Harina de trigo	0	5	10	16	20	30
Remolido de pasta	25	23,5	22	20,5	18,9	15,9
Semita	29,5	27,7	25,9	24,1	22,3	18,8
Salvado	13	12,2	11,4	10,6	9,8	8,3
Margarina	5	5	5	5	5	5

Azúcar	11	11	11	11	11	11
Esencia de vainilla	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Remolido de galleta	15	14,1	13,2	12,3	11,4	9,5

Las formulaciones se trataron por separado en diferentes días, de manera que se pudiera realizar todo el proceso de homogenizado de materias primas, mezclado, humectación y homogenización de la muestra, extrusión, moldeo y medición de propiedades mecánicas para cada una de las muestras.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las mediciones realizadas a las muestras con diferentes porcentajes de inclusión de harina de trigo, se identificó que la muestras con el 20% de harina de trigo muestra un buen comportamiento con una firmeza de 17,3N, caso contrario con la muestra de 30% de harina de trigo, la muestra que contenía un 30% de harina de trigo y que fue moldeada a 180°C durante 4 minutos, mostró una firmeza de 16,7N, esto indica que es posible reducir el tiempo de moldeo incrementando la temperatura. Se recomienda moldear a temperaturas de 160°C y 170°C esto debido a que las muestras procesadas a 180°C tenían un sabor a sobre cocido, igualmente se recomienda ajustar los tiempos a 3 y 4 minutos con el fin de observar el efecto de la temperatura y el tiempo en las propiedades mecánicas de la cuchara comestible sin afectar el sabor.

Ejemplo 5. Preliminar 5: Harina de trigo 20% modificación en semita y componentes adicionales

Se realizó el preliminar 5 donde se tomó como referencia la formulación con 20% de harina de trigo debido a que presentó mejor sabor y características físicas y mecánicas en el ensayo anterior, aunque conservó el sabor astringente. Con el fin de no utilizar más harina de trigo se procedió a variar algunos de los coproductos, se decidió elaborar la formulación 20% de harina de trigo, pero con una variación en el remolido de galleta y la

semita, o inclusión de leche en polvo sustituyendo el azúcar como se puede observar en la Tabla 5.

Las condiciones de operación como se había planteado en ensayos anteriores se establecieron en 160°C y 4 minutos.

Tabla 5. Formulación preliminar 5

Materia prima	F1P (%)	F2P (%)	F3P (%)	F4P (%)
Harina de trigo	20	20	20	20
Remolido de pasta	22,68	22,68	22,68	22,68
Semita	11,34	18,15	11,34	18,15
Salvado	9,84	9,83	9,83	9,83
Margarina	5	5	5	5
Azúcar	12,7	12,7	9	9
Esencia de vainilla	0,2	0,2	0,2	0,2
Remolido de galleta	18,15	11,34	18,15	11,34
Leche en polvo	-	-	3,7	3,7

Para las muestras F3P y F4P, los resultados en comparación con las otras muestras de estudio no fueron los mejores, se identificó pérdida de firmeza, esto debido a la reducción de azúcar para la incorporación de leche en polvo, generó una reducción de la materia prima que sirve como aglutinante, por lo tanto, las F3P y F4P presentaron resultados desfavorables. Esto debido a que el azúcar a elevadas temperatura se carameliza y al enfriarse compacta los demás componentes de la formulación.

Ejemplo 6. Resultados panel sensorial y propiedades de resistencia

A partir de lo anterior, se definió trabajar con las cuatro formulaciones (ver Tabla 6) para someter al panel de expertos de la prueba sensorial y de esta manera lograr identificar con cual formulación se debía continuar trabajando el desarrollo.

Tabla 6. Formulaciones para obtención de cucharas comestibles a escala de laboratorio y panel sensorial.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Harina de trigo	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Remolido de galleta	18,15%	11,34%	18,15%	11,34%	18,15%	18,15%
Semita	11,34%	18,15%	11,34%	18,15%	11,34%	11,34%
Remolido de pastas	22,68%	22,68%	22,68%	22,68%	22,68%	24,68
Salvado	9,83%	9,83%	9,83%	9,83%	9,83%	7,83%
Margarina	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Azúcar	12,80%	12,80%	9,00%	9,00%	12,80%	12,80%
Leche en polvo	0	0	3,7%	3,7%	0	0
Esencia de vainilla	0,20%	0,20%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Total mezcla	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Conforme a las formulaciones planteadas en la Tabla 6, se procedió a evaluar cada formulación. El panel sensorial concluye que al tacto las cucharas F3 y F4 desprendían partículas de polvo, y visualmente se notaba opaca, en cuanto al sabor se percibía menos dulce y se fracturaban con facilidad. Las muestras F1 y F2 tenían un mejor sabor, muy similar a la galleta, con una textura crujiente.

- Las mediciones realizadas en propiedades de resistencia a la flexión al comparar los resultados obtenidos por las muestras F1, F2, F3 y F4 concluyen que la muestra F1 presenta una diferencia significativa con valores mucho más altos de resistencia a la flexión, seguido por la muestra F2, corroborando que la formulación definida para continuar el desarrollo es la F1.

Ejemplo 7. Propiedades físicas y mecánicas de una cuchara comestible obtenida a partir de la formulación para la fabricación de cucharas comestibles del Ejemplo 6

La cuchara comestible tiene una longitud de 20 cm, con un espesor aproximado de 5 ± 1 mm, posee un peso de 17 ± 1 g. La cuchara comestible tiene una humedad final de 1,7%

Tabla 7.

Propiedad	Método de ensayo	Valor
Fuerza máxima en flexión	ASTM D790-10	26,7 N
Deformación máxima en flexión	ASTM D790-10	0,57 mm
Temperatura de máxima degradación	ASTM E1131-08	$300 \pm 10^\circ\text{C}$
Temperatura de fusión	ASTM D3418-08	$170 \pm 10^\circ\text{C}$

Ejemplo 8. Método: mezclado de materias primas

- 10 Las materias primas clasificadas como sólidas (salvado, semita, remolido de pasta, remolido de galleta, harina de trigo y azúcar) se pesan juntas. La cantidad de cada una depende de la formulación planteada para la obtención de las cucharas. Paralelamente se debe iniciar con el pesaje de la margarina en estado sólido y de los líquidos. Cada grupo de materias primas debe pesarse separadamente y reservarse en su propio recipiente hasta
- 15 la siguiente etapa.

Posteriormente las materias primas pesadas, se deben mezclar. La primera es la mezcla de los sólidos, la cual debe realizarse durante 5 minutos a una velocidad de aproximadamente 85 rpm. Por otro lado, la margarina que se encuentra en estado sólido

20 se debe pesar y seguidamente fundir para ser usada en el procesamiento de las formulaciones, para esto se debe cambiar el estado sólido de la margarina a su estado líquido, a través de un proceso térmico a baño maría por inmersión en agua a $90^\circ\text{C} \pm 2$

durante alrededor de 2,5 minutos, hasta que la margarina alcance una temperatura de 75-80°C, la cual se debe mantener hasta que se realice el proceso de mezclado.

En cuanto a las materias primas líquidas (agua y esencia de vainilla) se mezclan a temperatura ambiente durante 30 segundos mediante agitación manual, el 50% de esta, se mezcla con la margarina previamente fundida con agitación durante 10 segundos. Una vez realizadas las operaciones anteriores, se mezclan de forma paralela con la mezcla principal de sólidos, se mantiene el proceso durante 5 minutos a una velocidad de 85 rpm.

10 *Moldeo por compresión a escala laboratorio*

En el equipo de moldeo por compresión se establecen las condiciones de temperatura del molde superior y del molde inferior, ambas a 165°C y la presión a 40psi. Una vez las placas alcancen la temperatura programada el pistón ascenderá automáticamente y se encuentra listo para el proceso de moldeo.

Una vez las placas alcancen la temperatura programada (165°C) se ubican las proformas obtenidas previamente en el proceso de extrusión. Se ubican las proformas de diámetro 11mm y 17 mm a lo largo en el molde inferior. En este momento se baja la placa superior para distribuir el material y completar los espacios faltantes. En la segunda fase de alimentación de los moldes, se adiciona un cordón de 5 cm o dos trozos de 3 cm esto con el fin de completar la sección cóncava de la cuchara, la cual requiere más material para cubrir el volumen. Las muestras se moldean bajando la placa superior y se continúa el procedimiento con sus respectivos alivios los cuales se describen en la tabla:

Tabla 8. Distribución de alivios

Tiempo de proceso (min)	Tiempo (s)	Número de alivios
1	15	10
	15	5
	15	5
	15	3

2	60	0
3	30	1
	30	1
4	60	0

Cuando se habla de alivios se refiere a la acción de liberar el vapor de agua que se acumula cuando las muestras se encuentran presionadas en el molde, si esto no se realiza es probable que la presión alcanzada internamente fracture la matriz de la cuchara.

5

Una vez se ha alcanzado el tiempo establecido de 4 minutos se sube el molde y se retiran las cucharas, se ubican en una bandeja para que se enfríen y evitar que se deformen. Finalmente se empaacan y se almacenan, debido a que es un producto comestible se deberá tener en cuenta la normativa vigente para el procesamiento de alimentos, al igual que el empaque adecuado y el rotulado.

10

Ejemplo 9. *Proceso de obtención de cucharas comestibles a escala piloto.*

Mezclado: Se desinfecta adecuadamente la máquina de mezclado y se ingresan al contenedor las materias primas teniendo en cuenta la formulación establecida para la obtención de las cucharas comestibles. Con las materias primas incorporadas en el contenedor se inicia el proceso de mezclado, la máquina cuenta con 2 direcciones de giro con el fin de lograr que la mezcla quede homogénea. Después de 5 minutos se adiciona los componentes líquidos y se mezcla durante 5 minutos más.

15

20

Extrusión: El proceso al igual que el anterior comienza realizando la limpieza del equipo, se recomienda usar la misma mezcla como material de purga con un porcentaje de humedad de 27% esto con el fin de pasar material por un tiempo determinado con el fin de extraer material residual y contaminado.

25

Una vez que las condiciones de temperatura del equipo han alcanzado el óptimo se inicia el proceso de alimentación del equipo pasando inicialmente el material de purga por al menos 5 minutos. Con ayuda de un rodillo se empuja el material para poder llenar por completo la camisa del extrusor y obtener un material homogéneo y constante.

5

Después de 5 minutos de pasar el material de purga se comienza a recoger el producto extruido y se corta en longitudes de 18cm a 20 cm aproximadamente.

Moldeo por compresión: La máquina de moldeo por compresión igualmente se limpia y desinfecta adecuadamente, especialmente los moldes de las cucharas. Una vez el equipo haya alcanzado la temperatura adecuada se ingresa el material extruido en cada cavidad para poder realizar la operación de moldeo.

Cuando las cavidades se hayan completado se libera el seguro y se da inicio a la operación de la máquina de moldeo.

15

Pasados un minuto y treinta segundos se comienza a alimentar la segunda máquina de moldeo, esto permitiendo trabajar de manera alterna en cada máquina, el proceso es el mismo y por último se da inicio a la operación.

20

De esta manera, la máquina número uno completa los 4 minutos correspondientes del proceso y libera las cucharas, estas se extraen con ayuda de un dispositivo, se limpia el molde y se alimenta nuevamente con el material extruido, se da inicio al proceso, se pasa a la siguiente máquina y se repite la operación. Las cucharas en las siguientes operaciones se limpian retirando los sobrantes y se empacan.

25

Una modalidad en donde las materias primas son ingresadas al proceso a unas condiciones de pregelatinización que se realiza por extrusión de tornillo sencillo. Se logró establecer que el proceso de pre gelatinización de las materias primas antes del proceso de moldeo por compresión juega un papel importante en las propiedades mecánicas de la matriz moldeada final, tanto en forma de probetas como en el prototipo de cuchara comestible.

30

A su vez, se logró demostrar que la pregelatinización mediante un proceso de extrusión permite aumentar significativamente las propiedades mecánicas de las cucharas.

Ejemplo 10. *Resistencia a diferentes condiciones de almacenamiento*

5

Tabla 9. Resultados resistencia en condiciones de almacenamiento 1 (Temperatura $18\pm4^{\circ}\text{C}$ y humedad $50\pm5\%$).

Condiciones almacenamiento 1	Fuerza máxima (N)			
Tipo de empaque primario	Día 8	Día 15	Día 23	Día 30
Celulosa	12	8,7	6,7	6,3
Papel (polietileno con carbonato)	11	8,8	6,7	4,7
Polipropileno	24	22,5	21,8	21

Tabla 10. Resultados resistencia en condiciones de almacenamiento 1 (Temperatura $25\pm4^{\circ}\text{C}$ y humedad $55\pm5\%$).

10

Condiciones almacenamiento 2	Fuerza máxima (N)			
Tipo de empaque primario	Día 8	Día 15	Día 23	Día 30
Celulosa	8,9	6,3	4,2	2,5
Papel (polietileno con carbonato)	8,8	4,7	4,3	3,6
Polipropileno	24,5	19,4	19,2	17,3

Análisis fisicoquímico cuchara comestible

Tabla 11. Resultados de los prototipos de las formulaciones F1 y F6

Análisis	Unidad	F1	F6
Humedad y materia volátil	g/100g	5,3	5,8
Cenizas	g/100g	1,38	1,38
Grasa total	g/100g	9,06	10,44
Proteína total (%N x 6,25)	g/100g	10,52	10,46
Carbohidratos totales	g/100g	73,74	71,92
Fibra dietaria total	g/100g	9,89	9,76

Calorías totales	Kcal/100g	398,8	401,96
------------------	-----------	-------	--------

Tabla 12. Resultados análisis microbiológico del prototipo final.

Análisis	Método	Especificación	Resultado
Recuento total de aerobios mesófilos UFC/g-mL	AOAC 966.23 ED 21:2019	1000 (m) – 5000 (M)	<10 (+-1UFC**)
Recuento de mohos y levaduras UFC/g-mL	ISO 21527-1:2008	50 (m) - 500 (M)	<10 (+-1UFC**)
Recuento de coliformes totales UFC/g-mL	ISO 4832:2006	<10	<10 (+-1UFC**)
Recuento de <i>Escherichia coli</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1: 2000	<10	<10 (+-1UFC**)
Recuento de estafilococo coagulasa positiva UFC/g-mL	UNE EN ISO 7932: 2005	<100	<100 (+-1UFC**)
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1: 2000	100 Max	<100 (+-1UFC**)
Recuento de estafilococo coagulasa positiva UFC/g-mL	Automatizado	Ausencia	Ausencia

- 5 Conforme con los resultados obtenidos se identificó que a medida que pasa el tiempo en almacenamiento, las cucharas pierden resistencia con los tres tipos de empaques primarios evaluados, como se evidencia en ambas condiciones de almacenamiento (ver

tabla 11 y 12). También se puede identificar que la temperatura y humedad influyen en la resistencia de las cucharas, a mayor temperatura y humedad la resistencia es menor, lo que se observa en los resultados al compararlos a nivel general.

- 5 En cuanto al tipo de empaque primario con los resultados se infiere que el empaque con polipropileno permite conservar más las propiedades de resistencia de las cucharas respecto al de celulosa y polietileno con carbonato de calcio. Esto se debe a la barrera del empaque, es de mencionar que la bolsa tipo papel (polietileno con carbonato de calcio) no tuvo gran barrera porque este tipo de empaque era abierto en uno de los orificios,
- 10 mientras que los otros dos eran completamente sellados.

Los análisis microbiológicos realizados al prototipo de cuchara comestible permitieron establecer que no hubo presencia de contaminación por microorganismos en ninguna etapa del proceso, ni durante la manipulación.

15

Se realizaron diferentes análisis fisicoquímicos logrando consolidar la tabla nutricional del prototipo de cuchara comestible.

- Los ensayos de vida útil de los prototipos de cucharas comestibles con los tres empaques primarios evaluados permitieron establecer que es necesario durante el almacenamiento emplear empaques secundarios o terciarios para garantizar las propiedades de resistencia de los prototipos.
- 20

- Los ensayos de transporte realizados con los empaques secundarios y terciarios permitieron establecer los empaques más apropiados para tener en cuenta en procesos posteriores de transporte y almacenamiento de los prototipos de cucharas comestibles.
- 25

- El empaque primario debe estar sellado completamente cubriendo el prototipo para evitar la proliferación de microorganismos a causa de la humedad de las condiciones de almacenamiento. Además, para minimizar que se disminuya la resistencia mecánica de las cucharas.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Una formulación para la fabricación de cucharas comestibles que comprende:
 - a. harina de trigo entre 5 y 85%;
 - 5 b. salvado de trigo entre 2 y 30%;
 - c. semita de trigo entre 2 y 40%;
 - d. un componente graso entre 1 y 20%en donde el componente graso puede ser margarina o aceite vegetal.
- 10 2. La formulación para la fabricación de cucharas comestibles de la Reivindicación 1, que además comprende agua entre 25 y 40%.
3. La formulación para la fabricación de cucharas comestibles de la Reivindicación 1, que opcionalmente comprende un componente adicional preparado a partir de harina
15 de trigo entre 0 y 80%.
4. La formulación para la fabricación de cucharas comestibles de la Reivindicación 3, en donde el componente adicional se selecciona entre pastas alimenticias, galletas, barquillos, conos enrollados o combinaciones de los mismos.
20
5. La formulación para la fabricación de cucharas comestibles de acuerdo con la Reivindicación 1 que comprende:
 - a. harina de trigo entre 10 y 30%;
 - b. salvado de trigo entre 2 y 15%;
 - 25 c. semita de trigo entre 5 y 20%;
 - d. al menos un producto fabricado/terminado a partir de harina de trigo es que corresponde a una mezcla de pastas alimenticias y galletas entre 15 y 55%.
6. Un método para obtener una formulación para la fabricación de cucharas
30 comestibles que comprende:
 - a. obtener una masa húmeda de harina de trigo, salvado de trigo, semita de trigo, un componente graso y agua de acuerdo con la Reivindicación 1;

b. extruir la masa húmeda de la etapa (a) hasta obtener una mezcla húmeda, homogénea y compacta; y

c. moldear por compresión la mezcla húmeda homogénea y compacta de la etapa anterior en un molde a una temperatura 120°C a 190°C hasta su cocción.

5

7. El método de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde en la etapa a) se mezclan primero los componentes sólidos y luego se adicionan los componentes líquidos.

8. El método de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde en la etapa b) la mezcla húmeda, homogénea y compacta se obtiene en forma de cordón con un diámetro entre 14 y 16mm.

9. El método de acuerdo con la Reivindicación 8, en donde en el moldeo por compresión de la etapa c) se procesa el cordón sobre un molde por un tiempo entre 3 y 10 minutos hasta obtener la forma de cuchara deseada.

RESUMEN

El presente desarrollo describe la formulación y el método de fabricación de una formulación para la fabricación de cucharas comestibles biodegradables a partir de subproductos derivados de la transformación del trigo (salvado y semita). Este desarrollo emplea subproductos de procesos industriales actuales, lo que le permite que parte de sus materias primas sean de bajo costo, dándole una gran ventaja sobre los tradicionales utensilios desechables producidos a partir de fuentes no renovables. Los cucharas obtenidos tienen propiedades mecánicas deseables (en términos de resistencia mecánica, resistencia a la flexión y firmeza), un agradable sabor y tacto, no presentan contaminación por microorganismos en ninguna etapa del proceso ni durante su manipulación,
