

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Harinas sin gluten de origen vegetal para el desarrollo de productos alimentarios. Aplicaciones, propiedades nutricionales y características funcionales.

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIAS E
INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO/A: CONSTANZA GUIÑAZÚ FERNÁNDEZ

TUTOR/A ACADÉMICO: ANA MARÍA ALBORS SOROLLA
COTUTOR/A: EUGENIA MARTÍN ESPARZA

Curso Académico: 2019/20

VALENCIA, 25 de Noviembre de 2020

HARINAS SIN GLUTEN DE ORIGEN VEGETAL PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS. APLICACIONES, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES.

C. Guiñazú Fernández, A.M. Albors Sorolla ¹, M.E. Martín Esparza¹

RESUMEN

La tendencia del mercado alimentario en el ámbito de los productos sin gluten se encuentra en continuo crecimiento. Este desarrollo de nuevos productos “gluten-free” va acompañado por una demanda de productos más saludables y ecológicos. Este tipo de productos es demandado no solo por los pacientes celíacos sino por otros consumidores preocupados por dietas más saludables. Distintas empresas del sector de harinas ofrecen harinas libres de gluten preparadas a partir de cereales sin gluten y otras fuentes vegetales con el objetivo adicional de obtener mezclas con propiedades nutricionales y funcionales adecuadas para el desarrollo de distintos productos sin gluten. El objeto del presente trabajo es la realización de un estudio bibliográfico sobre este tipo de harinas ahondando en sus propiedades y características.

PALABRAS CLAVES: Harinas sin gluten, propiedades nutricionales, propiedades funcionales, aplicaciones

RESUM

La tendència del mercat alimentari en l'àmbit dels productes sense glúten es troba en continu creixement. Aquest desenvolupament de nous productes “gluten-free” va acompanyat per una demanda de productes més saludables i ecològics. Aquest tipus de productes és demandat no sols pels pacients celíacs sinó per altres consumidors preocupats per dietes més saludables. Diferents empreses del sector de farines ofereixen farines lliures de gluten preparades a partir de cereals sense glúten i altres fonts vegetals amb l'objectiu addicional d'obtenir mesclades amb propietats nutricionals i funcionals adequades per al desenvolupament de diferents productes sense glúten. L'objectiu del present treball és la realització d'un estudi bibliogràfic sobre aquest tipus de farines aprofundint en les seves propietats i característiques.

¹ Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Dpto. Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.

PARAULES CLAU: Farines sense gluten, propietats nutricionals, propietats funcionals, aplicacions

ABSTRACT

The trend of the food market in the field of gluten-free products is constantly growing. This development of new “gluten-free” products is accompanied by a demand for healthier and more ecological products. This type of product is demanded not only by celiac patients but also by other consumers concerned about healthier diets. Different companies in the flour sector offer gluten-free flours prepared from gluten-free cereals and other vegetable sources with the additional objective of obtaining mixtures with adequate nutritional and functional properties for the development of different gluten-free products. The purpose of this work is to carry out a bibliographic study on this type of flour, delving into its properties and characteristics.

KEY WORDS: Gluten-free flours, nutritional properties, functional properties, applications

INTRODUCCIÓN

El gluten es una proteína que se encuentra en la semilla de muchos cereales como son el trigo, cebada, centeno, triticale, espelta, algunas variedades de avena, así como sus híbridos y derivados (Molina-Rosell, 2013). Este complejo proteico se encuentra en gran abundancia en el trigo (Naqash et al., 2017) y está formado de gliadinas y glutamina (Díaz Marugán et al., 2013). Las gliadinas hidratadas contribuyen principalmente a la viscosidad y extensibilidad de las masas. Por otro lado, las glutaminas hidratadas dan cohesión y elasticidad a las masas, y son responsables de la fuerza de estas (Wieser, 2007).

Los celíacos son personas genéticamente susceptibles a la ingesta de gluten provocando una respuesta multisistémica con base autoinmune (Niewinski, 2008). La enfermedad celiaca es una de las enfermedades de por vida más comunes en el mundo, afectando, aproximadamente, a un 1% de la población general. (Lionetti et al., 2015). Actualmente, el único tratamiento disponible es llevar una dieta libre de gluten de por vida (Alvarez-Jubete et al., 2010). El seguimiento de esta dieta es deficiente en algunos aspectos nutricionales pudiendo llevar a los pacientes a desarrollar problemas de salud de carácter crónico (Wright y Martínez Portilla, 2020).

El desarrollo de productos sin gluten para celíacos es un trabajo exigente para los científicos de la alimentación. En la realidad, no se puede lograr una

eliminación completa del gluten debido a la contaminación cruzada, la naturaleza ubicua de la proteína en sí misma y las limitaciones sociales (Naqash et al., 2017). Según la Administración de Alimentos y Fármacos de los Estados Unidos y la norma internacional, la Comisión del Codex Alimentario, el término “sin gluten” o “libre de gluten” se define como el nivel permisible de gluten detectable hasta 20 ppm (Biesiekierski, 2017).

En EE.UU. el mercado de productos sin gluten aumentó de 1.310 millones de dólares en 2011 a 1.680 millones de dólares en 2015 (Witczak et al., 2016). Por otra parte, las ventas mundiales de productos libres de gluten alcanzaron los 4.630 millones de dólares en 2017 (Woomer y Adedeji, 2020), y previeron un aumento a una tasa de crecimiento anual compuesto del 10,4% entre 2015 y 2020 (El Khoury et al., 2018). Se estimó que las ventas alcanzarían los 6.200 millones de dólares en 2018, de los cuales el 59% comprendería a EE.UU., y se cree que incrementará a los 6.470 millones de dólares en 2023 (Woomer y Adedeji, 2020).

Entre los productos libres de gluten el 46% consistió en productos de panadería y confitería en 2018 en el mercado mundial (Witczak et al., 2016). España es el tercer país del mundo, por detrás de Estados Unidos y Brasil, en fabricar productos libres de gluten (Martinez, 2019). En 2019 el consumo de alimentos sin gluten alcanza un valor de mercado de 80 M€, un 13% más que el año anterior donde los productos de panificación suponen cerca del 40% del gasto. Le siguen las galletas, con el 21%, y las pastas alimenticias, con el 15% sobre el total de los productos demandados, mientras que destaca el consumo de cereales y la bollería que suponen un 13% y 11% (**Figura 1**) (Alimarket, 2019).

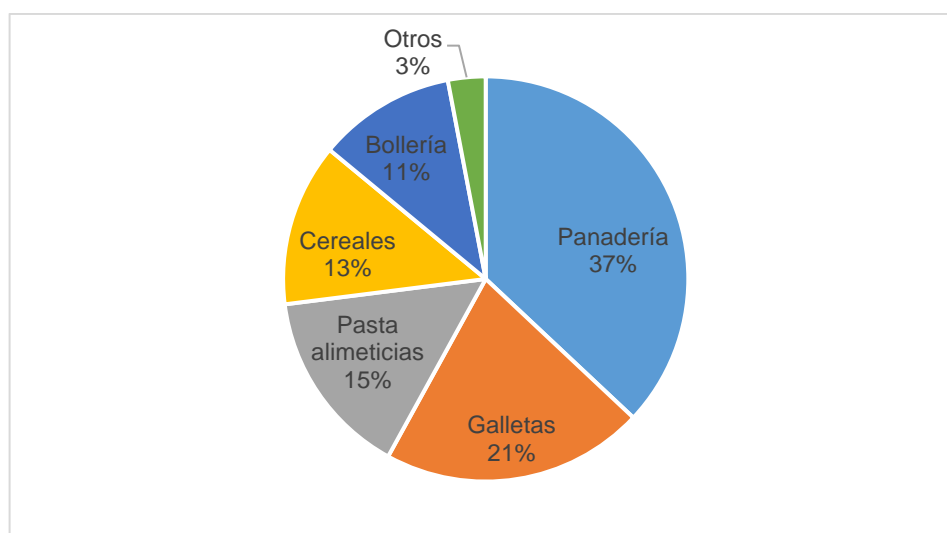


FIGURA 1. Principales categorías de productos sin gluten de 2019 (Fuente: Alimarket, 2019).

En la preparación de cualquier alimento, los ingredientes se consideran principalmente por sus propiedades físicas y funcionales, lo que dará a los productos finales la calidad deseada y simplificará la elaboración de los productos (Patil y Arya, 2017). Entre las propiedades funcionales podemos incluir la capacidad de absorción de agua y aceite, hinchamiento, gelificación, espumante y emulsionante (Adeleke y Odedeji, 2010); Dereje et al., 2020).

La sustitución del gluten representa el mayor reto tecnológico a la hora de producir productos de elevada calidad ya que aporta a la masa extensibilidad, elasticidad, cohesividad y contribuye a la capacidad de absorción de agua (Stantiall y Serventi, 2018) ya que las moléculas quedan atrapadas en la red hidratando las proteínas (Wieser, 2007)

El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica de las propiedades nutricionales y tecno-funcionales de las harinas sin gluten, y sus aplicaciones en la industria de la panadería-bollería.

HARINAS SIN GLUTEN

La naturaleza ofrece una variedad de cereales libres de toxicidad para los individuos intolerantes al gluten, entre los que se incluyen el arroz, el maíz, el sorgo, el mijo, el teff y posiblemente algunas variedades específicas de trigo. Además, los pseudocereales (quinoa y el amaranto), leguminosas (chachafruto, garbanzo, lenteja y alubias) y algunas hortalizas, tubérculos y fibras pueden emplearse como harinas seguras para el consumo de los celíacos (Rosell et al., 2014)

La mayoría de productos libres de gluten se elaboran con harina o almidón de arroz, un 46%, o maíz, 40%, mientras que el resto de harinas ocupan el 14%. La harina de arroz es la más comúnmente usada como harina sin gluten en la industria y en la investigación a causa de ser una fuente de nutrientes económica y de fácil acceso, y su color blanco, sabor neutro, alta digestibilidad y propiedades hipoalergénicas (**Figura 2**) (de Pablos Alcalde, 2018; Patil y Arya, 2017).

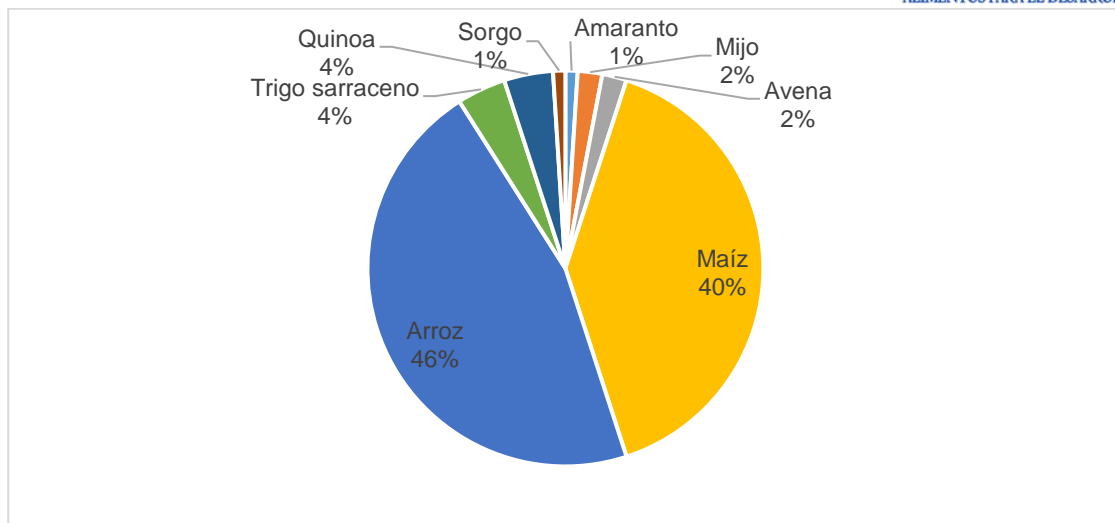


FIGURA 2. Harinas empleadas en la producción de productos sin gluten (Fuente: de Pablos Alcalde, 2018).

Existe el término “Harinas compuestas” para indicar todo tipo de producto obtenido por mezcla de distintas harinas que se pueden mezclar con otras materias primas de alto valor biológico, con la posibilidad de incluir la adición de proteína suplementaria de diversas fuentes (Umaña et al., 2013).

Propiedades nutricionales

La nutrición es uno de los puntos más importantes en la investigación de la tecnología alimentaria destinada a desarrollar alimentos sin gluten seguros (Rosell et al., 2014) ya que según el Codex Alimentario, los productos sin gluten que sustituyen alimentos básicos importantes (harina, pan pasta, etc.) deben aportar aproximadamente la misma cantidad de vitaminas y minerales que los originales (Hager et al., 2012).

En la **Tabla 1** podemos ver las diferentes composiciones de algunas harinas sin gluten y del trigo. El trigo posee el contenido de carbohidratos más alto entre todas las harinas a excepción de la harina de banana. La mayoría de los cereales sin gluten y el trigo sarraceno se aproximan al valor del trigo en cambio las legumbres, gran parte de los pseudocereales y otras harinas presenta valores mucho más bajo, sobre todo la harina de chía. Por otra parte, las harinas de legumbres, pseudocereales y de semilla de chía tienen un porcentaje muy alto de fibra en comparación al trigo. Algunos cereales tienen valores más cercanos, pero igualmente son más altos. En el caso de las proteínas, casi todas las harinas de cereales y algunas otras harinas (boniato y banana) presentan valores inferiores a la harina de trigo a diferencia del teff. Las de pseudocereales son parecidas mientras que las de legumbres son superiores. Finalmente, los porcentajes de grasas son similares entre todas las harinas excepto algunos casos donde sus porcentajes son más elevados como la soja, boniato y chía.

Las harinas de frutos secos (avellana y almendra) tiene unos valores aproximadamente de 50 veces el valor de la harina de trigo.

TABLA 1. Composición nutricional de la harina de trigo y harinas sin gluten

	Harinas	Carbohidratos (g/100g)	Fibra (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Referencias
Cereales	Trigo	81,3	3,5	13,40	1,2	(Costantini et al., 2014)
	Maíz	71,52	2,62	5,50	2,48	(Hager et al., 2012)
	Arroz	77,52	0,43	7,33	0,90	
	Sorgo	73,20	4,51	4,68	3,50	
	Teff	57,77	4,54	12,84	0,22	
	Mijo	79,2	-	13,84	4,20	(Joshi et al., 2015)
Pseudo-cereales	Amaranto	63,86	15,47	12,54	5,79	(Mir et al., 2018)
	Trigo sarraceno	65	13,86	15,17	2,93	
	Quinoa	65	16,49	12,87	3,91	
Legumbres	Garbanzo	50-60	13-17	17-21	4-6	(Aguilera Gutiérrez, 2009)
	Alubia	45-59	25-27	17-23	1-2	
	Lenteja	50-58	9-13	20-28	1-3	
	Guisante	46-50	14-18	20-26	1-3	
	Soja	26-29	9-13	38-42	17-20	
Otras	Banana	81,19	-	5,31	1,01	(Patil y Arya, 2017)
	Boniato	56,31	-	6,57	25,66	(Dereje et al., 2020)
	Avellana	20,27	-	14,54	63,96	(Joshi et al., 2015)
	Almendra	27,79	-	23,25	46,75	
	Chía	15,7	28,0	20,02	32,01	(Costantini et al., 2014)
	Chachafruto	80,26	0,96	11,90	0,42	(Silva Gama, 2020)

El uso de harinas compuesta supone una mejora nutricional con respecto a solo uno de los componentes. En los estudios de Costantini et al., 2014, el uso de una combinación de harina de trigo sarraceno y de chía mejoro el contenido de proteínas, fibra insoluble, minerales y ácidos grasos omega-3 en la elaboración de pan. También se vio un incremento del contenido de minerales, proteínas, grasas y carbohidratos en panes y galletas con el uso de una harina compuesta de arroz, almidón de maíz y amaranto (Witczak et al., 2016).

Los componentes como las proteínas, los carbohidratos, el almidón, los lípidos, los minerales, las vitaminas y las enzimas pueden tener un efecto sobre las características de los sistemas de harina. El contenido de azúcares simples

afecta significativamente a la fermentación, mientras que los polisacáridos sin almidón se unen al agua y afectan a la reología de la masa. Los polímeros proteínicos también afectan a la ligazón del agua y al comportamiento de flujo de los sistemas de la harina (Witczak et al., 2016).

Propiedades tecno-funcionales

Las propiedades tecno-funcionales son propiedades físico-químicas que proporcionan información sobre cómo un ingrediente en particular (componentes como proteína, carbohidrato, etc.) podría comportarse en una matriz alimentaria (Aguilera Gutiérrez, 2009). A partir de ellas, se decide el tipo de producción y el uso de los ingredientes de los alimentos, y regulan el procesamiento y el almacenamiento de estos (Patil y Arya, 2017).

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (WAC)

La capacidad de absorción de agua es la capacidad que tiene la matriz de retener agua tras la aplicación de una fuerza externa, como el amasado o batido. Depende de la estructura de las proteínas y de la presencia de carbohidratos hidrofílicos. Esta característica proporciona un efecto de frescura y suavidad a productos horneados, por lo que, emplear harinas con una capacidad de absorción de agua alta podría ayudar a mantener una textura suave. (Aguilera Gutiérrez, 2009; Di Cairano et al., 2020; Torres Oblitas et al., 2018).

La harina de trigo tiene una WAC que oscila entre el 140 y 150% (Chandra, 2013; Chandra et al., 2015; Kaur et al., 2015). Los valores de WAC en cereales sin gluten son similares al de trigo, que van desde 118% (mijo) a 192% (arroz). El alto valor de WAC del arroz puede provenir de a su alto contenido en almidón ya que su estado físico repercute en esta característica (Torres Oblitas et al., 2018). Los pseudocereales presentan la misma pauta que los cereales sin gluten, valores entre 113% 157% de trigo sarraceno y quinoa.(Mir et al., 2018) Sus variaciones pueden deberse a las diferentes composiciones de proteínas y carbohidratos hidrofílicos. La capacidad de absorción de aguade las legumbres es más dispar, los valores más bajos son por concentraciones bajas de carbohidratos y los altos por altas concentraciones de proteínas, aunque también puede ser por el tipo de carbohidratos hidrofílicos y la estructura de las proteínas presentes Otras harinas como la de tubérculos presentan valores altos como la de harina de patata (752%) debido a un alto contenido de almidón, y valores más bajos al del trigo como la de boniato (114%) (Chandra, 2013; Dereje et al., 2020; Di Cairano et al., 2020; Kaur et al., 2015; Licenciada et al., 2009).

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ACEITE (OAC)

La capacidad de absorción de aceite es la habilidad que tiene un producto de unirse con el aceite. Esta se ve afectada por el tipo de proteína y la presencia de cadenas no polares (Di Cairano et al., 2020). Es importante en la elaboración de productos ya que mejora la sensación en boca y la retención de sabores en ellos (Kaur et al., 2015).

Las capacidades de absorción de aceite de los cereales sin gluten tienen valores similares al trigo (de 146% a 169%) %. La harina de arroz (de 124 a 165%) y el teff (163%) son las que poseen valores más altos mientras que la de mijo los más bajos (134%) En relación a las harinas de pseudocereales, diferentes estudios han obtenido valores bastante dispares en algún tipo de harina: en la harina de trigo de sarraceno se han obtenido valores que van desde el 106% al 180%, y en la de quinoa de 120% a 175%. Pero en la de amaranto se tuvieron valores más cercanos entre ellos, de 154% a 164% La capacidad de absorción de aceite de las harinas de legumbres van desde los 144% de las lentejas a los 171% de los garbanzos, y las de tubérculos van desde los 94,90% de los boniatos y 160% de las patatas. Las variaciones de los valores de capacidad de absorción de aceite son debidas al tipo de proteína de cada fuente ya que, al tener más presencia de cadenas laterales de aminoácidos no polares, que podría unirse a más cadenas laterales de hidrocarburos del aceite. (Chandra, 2013; Dereje et al., 2020; Di Cairano et al., 2020; Kaur et al., 2015; Mir et al., 2018).

CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (SC)

La capacidad de hinchamiento es la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua que viene dada por la capacidad del almidón para hincharse e ingerir agua. Depende del tamaño de partícula, las cantidades de carbohidratos, y de las uniones del agua con las proteínas solubles (Chandra et al., 2015, Dereje et al., 2020, Umaña et al., 2013).

La harina de trigo tiene una capacidad de hinchamiento del 17,60%. La harina de arroz tiene unos valores parecidos, 15,20%. Los resultados obtenidos a la capacidad de hinchamiento de harinas de legumbres oscilan entre 1-2,5 %, pero al pasar por un proceso posterior como la cocción aumenta la capacidad de hinchamientos ya que se ve favorecida por procesamientos, métodos u operaciones de la unidad (Aguilera Gutiérrez, 2009). Los tubérculos, patata y boniato, poseen una capacidad e hinchamiento más del doble de la del trigo con unos valores del 42,90% y 34 a 36,7 % respectivamente. Esta diferencia puede deberse al estado físico del almidón en la matriz (Chandra, 2013; Dereje et al., 2020). Harinas compuestas como la de garbanzo-chufa (50:50) presenta una

capacidad de hinchamiento de casi el doble que el trigo (33%) (Llavata Cabrero, 2019)

CAPACIDAD GELIFICANTE (GC)

La capacidad de gelificación es la capacidad de formación de una estructura gel por el hinchamiento del almidón después de la ruptura e hidratación del granulo en presencia de calor (de Pablos Alcalde, 2018). Esta viene definida por la mínima concentración de harina a la cual tiene lugar la gelificación, y cuanto más baja es, mejor capacidad gelificante tiene (Aguilera Gutiérrez, 2009). Varía según las modificaciones en la proporción de los diferentes constituyentes que componen a la harina como lípidos, proteínas y carbohidratos (Adeleke y Odedeji, 2010).

La concentración mínima para que se de la gelificación de harina de trigo va desde el 8% al 14,68% Algunos de estos valores son superiores a los de la harina de arroz (6%-18%), así pues, se requiere menos cantidad de harina de arroz que de trigo para que la gelificación debido al alto contenido de almidón (Chandra, 2013; Joshi et al., 2015). Otras harinas de cereales, como la de mijo (18%) o la de trigo sarraceno (32%), tienen valores más alto que la del trigo (Joshi et al., 2015; Kaur et al., 2015). Puede deberse estas contienen un alto contenido de proteínas y almidón, y la capacidad de gelificación de las harinas se ve influida por la competencia física por el agua entre la gelificación de las proteínas y la gelatinización del almidón (Chandra, 2013). Por lo contrario, las harinas de legumbre tienen casi los mismos valores (guisantes 8%, lenteja 8%, alubias 12%, garbanzo 12% y soja 16%) (Aguilera Gutiérrez, 2009; Joshi et al., 2015). La harina de patata tiene un valor bastante bajo, un 6% ya que al igual que la de arroz contiene más cantidad de almidón (Chandra, 2013).

CAPACIDAD ESPUMANTE (FC)

La capacidad espumante se refiere a la cantidad de área interfacial que crean las proteínas. Las harinas con una alta capacidad de espumante forman grandes burbujas de aire rodeadas de una película de proteínas disminuyendo la estabilidad de la espuma debido a que podrían ser más fáciles de colapsar (Chandra et al., 2015). Depende de las propiedades activas de la superficie de su proteína (Singh y Sharma, 2017).

La harina de trigo tiene una capacidad espumante del 12,92% mientras que harinas de cereales como el teff y arroz, y pseudocereales como el amaranto, trigo sarraceno y quinoa tiene unos valores bastante menores que la de trigo. Por otro lado, la legumbre tiene unos valores muy superiores a la del trigo, por ejemplo, la harina de garbanzo presenta unos valores entre el 23% y el 40%, la

de lenteja un 40% y la de alubias un 40%. Esto es resultado de la alta cantidad de proteína que hay en las harinas ya que existe más material de interfase que crea una película cohesiva continua alrededor de las burbujas de aire en la espuma (Chandra, 2013)

CAPACIDAD EMULSIONANTE (EC)

La capacidad emulsionante es la capacidad de las proteínas de formar y estabilizar una dispersión de una fase oleosa en un medio acuoso. Son varios los factores que la afectan, tales como pH, tamaño de gota, carga neta, tensión interfacial, viscosidad y la conformación de la proteína (Aguilera Gutiérrez, 2009).

La capacidad de formar emulsiones de la harina de trigo es del 43,88%, valor muy cercana a las de otros cereales sin gluten como el arroz (41,48%) (Chandra, 2013). Las harinas de pseudocereales también tienen una alta capacidad emulsionante (Collar y Angioloni, 2014) como el trigo sarraceno (46%) (Kaur et al., 2015). En cambio, la legumbre posee valores muy dispares entre sí. Por ejemplo, la harina de lenteja tiene un valor de 47%, superior a la del trigo, mientras que la de garbanzo tiene una capacidad emulsionante del 2% al 22% y la de alubias del 2%. Estas variaciones pueden deberse al tipo de proteínas y su solubilidad y a la cantidad de fibra (Aguilera Gutiérrez, 2009).

La **Tabla 2** contiene una recopilación de las propiedades funcionales de las harinas que hemos comentado anteriormente.

TABLA 2. Resumen de las propiedades funcionales de las harinas sin gluten

	Harinas	WAC (%)	OAC (%)	SC	CG (%)	FC (%)	EC (%)
Cereales	Trigo	140-150	146-169	17,60	8-14,68	12,92	43,88
	Arroz	192	124-165	15,20	6-18	-	41,48
	Teff	-	163	-	-	-	-
	Mijo	118	134	-	18	-	-
Pseudo-cereales	Amaranto	-	154-164	-	-	-	-
	Trigo sarraceno	113	106-180	-	32	-	46
	Quinoa	157	120-175	-	-	-	-
Legumbres	Garbanzo	100-220	171	2	12	23-40	12-22
	Alubia	220-270	-	2	12	40	2
	Lenteja	180	144	2,2	8	40	47
	Soja	-	-	-	16	-	-
Otras	Boniato	114	94,90	34-36,7	-	-	-
	Patata	752	160	42,90	6	-	-

Fuentes: (Aguilera Gutiérrez, 2009; Chandra, 2013; Chandra et al., 2015; Dereje et al., 2020; Di Cairano et al., 2020; Joshi et al., 2015; Kaur et al., 2015; Mir et al., 2018; Torres Oblitas et al., 2018)

APLICACIONES DE HARINAS SIN GLUTEN EN EL ÁMBITO DE LA ALIMENTACIÓN HUMANA

La utilización y el consumo de harinas sin gluten en la industria alimentaria se ha expandido debido al aumento de población que requiere seguir una dieta estricta por temas de salud o que buscan una dieta más sana, y se espera que esta tendencia continúe en el futuro (Woomer y Adedeji, 2020).

Como se ha comentado anteriormente, los productos de panadería, galletas y bollería forman parte de los productos sin gluten más consumidos por la población («El consumo de alimentos sin gluten sigue creciendo a doble dígito», 2019). A pesar de los recientes avances en la formulación de productos de calidad sin gluten, sigue representando un importante desafío tecnológico (Alvarez-Jubete et al., 2010).

Pan

La elaboración del pan sin gluten elimina esencialmente el ingrediente más crucial para la estructura y calidad del producto (El Khoury et al., 2018). Los panes sin gluten tienen características de corteza y miga inferiores a las del pan a base de trigo, debido a los defectos causados durante la fermentación. Incluso con la adición de hidrocoloides/gomas, normalmente tienen menos expansión y retención de gas, lo que produce un pan denso y de bajo volumen, y a menudo da lugar a una textura y sensación de boca pobres (Woomer y Adedeji, 2020).

En la **Tabla 2** tenemos una recopilación de diferentes formulaciones de panes sin gluten. Podemos observar la diversidad de formulaciones que se han estudiado a lo largo de los años, y las diferentes repercusiones que tienen en el producto final. Algunos de los ingredientes añadidos mejoran no solo las propiedades reológicas y funcionales, sino que también las propiedades organolépticas de los panes que se encuentran en el umbral de aceptación de los catadores.

TABLA 3. Harinas sin gluten empleadas en elaboraciones de pan y sus efectos.

Harinas	Otros ingredientes	Efectos	Referencias
Arroz	Harina de castaña	Mejora la uniformidad de la estructura del pan.	(Demirkesen et al., 2013)
Trigo sarraceno	Harina de chía	Aumenta el contenido nutricional del pan en proteínas, fibra, minerales y ácidos grasos.	(Costantini et al., 2014)
Maíz Almidón de patata	Harina de bellota	Aumenta el contenido nutricional del pan en proteínas, fibra y minerales. Mejora el volumen y las características de la corteza.	(Korus et al., 2015)
Maíz	Goma xantana	Incrementa el volumen y mejora la textura suave del pan.	(Aurica But, 2015)
Arroz Almidón de trigo sin gluten	Plátano verde	Mejora las características funcionales y el contenido de almidón resistente y produce un oscurecimiento deseable de la corteza y la miga del pan.	(Witczak et al., 2016)
Chufa	-	Mejora de la composición nutricional. Producto similar al original, con buenas características reológicas. Miga más oscura y porosa.	(Juliá Medina, 2016)
Arroz Patata Trigo de sarraceno	Quinoa	Mejora las propiedades tecnológicas, aumentó gradualmente la viscosidad. No hubo efectos negativos en las propiedades sensoriales.	(Turkut et al., 2016)
Arroz Patata	Goma xantana Goma de tara	Mejoro el volumen específico, la relación A/H y la aceptación de los consumidores habituales.	(Vera Rodríguez, 2017)
Arroz	Harina de chía/albaca morada	Generación de un efecto favorable en la textura de la miga de pan. Aumento de la capacidad de hinchamiento.	(Ziemichód et al., 2019)

Galletas

El desarrollo de la red de gluten en las galletas es relativamente limitado, y se busca un cierto punto de desarrollo en galletas dulce y semidulces mientras que en galletas de masa corta y alta proporción de grasa y azúcar dependen más principalmente de la gelatinización del almidón (Xu et al., 2020).

Los artículos agrupados en la **Tabla 4** han estudiado diferentes formulaciones de harinas sin gluten para la elaboración de galletas. Estas son muy diferentes entre sí, pero todas demuestran obtener un producto final con mejoras de color, reología y composición nutricional.

TABLA 4. Harinas sin gluten empleadas en elaboraciones de galletas y sus efectos.

Harinas	Otros ingredientes	Efectos	Referencias
Quinoa Almidón de maíz	-	Buena aceptabilidad sensorial e intención de compra satisfactoria.	(Brito et al., 2015)
Chufa	-	Cambios en las propiedades reológicas. Incremento del contenido de fibra.	(Raga Soriano, 2015)
Arroz Maíz Patata	Harina de frambuesa	Reducción de las pérdidas de cocción y el grosor de las galletas. Mejora de la elasticidad de la masa.	(Šarić et al., 2019)
Garbanzo	-	Aumento las propiedades nutricionales y de la dureza. Mejora del olor y color que provocó una mayor aceptabilidad de los panelistas.	(Roig Seguí, 2020)
Amaranto Arroz	Chachafruto	Galletas con valores nutricionales altos y acetadas por los panelistas. Mejora de la hidratación de las masas.	(Silva Gama, 2020)

Bollería-Pastelería

Los bizcochos, magdalenas, etc. se caracterizan por su esponjosidad y volumen que depende de las burbujas de gas incorporadas mayoritariamente en el mezclado. El volumen también depende en gran medida de la temperatura de gelatinización del almidón, cuanto más alta hay mejor expansión de la masa (Xu et al., 2020).

La **Tabla 5** presenta algunos de los estudios que sean realizado estos últimos años en productos de bollería-pastelería. Podemos observar diferentes harinas en las formulaciones, pero la de arroz está presente en la mayoría. Esto puede deberse a que posee un alto contenido en almidón y su sabor neutro. Además, en los efectos demostrados se destacan los referentes a la textura y volumen de estos productos.



TABLA 5. Harinas sin gluten en elaboraciones de bollería-pastelería y sus efectos

Producto	Harinas	Otros ingredientes	Efectos	Referencias
Pastel	Arroz			
	Almidón de tapioca	Almidón resistente	Incremento del volumen específico del pastel.	(Tsatsaragkou et al., 2015)
Bizcocho	Trigo sarraceno	Hidrocoloides	Mejora las propiedades funcionales y la aceptabilidad de los panelistas.	(Kaur et al., 2015)
	Arroz Garbanzo	Gomas de xantana	Incremento del volumen específico, el grosor y las propiedades elásticas de la masa.	(Benkadri et al., 2018)
	Maíz (Almidón)	Harina de cascara de banana	Incremento del valor nutricional y la aceptación. Textura suave y húmeda.	(Torres Oblitas et al., 2018)
Magdalena	Arroz			
	Quinoa	-	Aumento la densidad, firmeza, masticabilidad y elasticidad de las magdalenas. Modificación de las propiedades sensoriales.	(Miranda-Villa et al., 2019)
	Arroz			
	Sorgo	-	Obtención de productos con las mismas características físicas, texturales, sensoriales y nutricionales que el producto original.	(Nieto Mazzocco, 2019)
	Amaranto	Fructanos tipo agavinas	Productos bajos en grasa y azúcar sin cambios en las propiedades físicas. Mejor aceptación.	

CONCLUSIONES

El mercado de productos sin gluten se expande cada año a causa del aumento de consumidores, y se prevé que continúe en aumento los próximos años. Dentro de este mercado hemos podido comprobar que algunos de los productos más consumidos son panes, galletas y bollería.

En esta revisión hemos podido verificar la cantidad considerable de harinas sin gluten de origen vegetal que existen, y que cada una posee unas propiedades nutricionales y funcionales (capacidad de absorción de agua, de aceite, gelificante, etc.) propias.

Las propiedades organolépticas, como la textura y el volumen, dependen en gran medida de las propiedades funcionales de las harinas y estas dependen del comportamiento de los componentes nutricionales de la harina, sobre todo de las proteínas, por lo que, en la elección de ingredientes para una formulación se deberá estudiar el comportamiento de estas ya que como hemos visto cada harina tiene una composición y un comportamiento diferente.

Con los estudios recopilados, hemos podido observar las diferentes formulaciones y combinaciones de harinas para cada tipo de producto en los últimos años y sus efectos demostrados de diferentes lugares. Todos estos estudios nos proporcionan una base para futuros estudios en la aplicación de estas harinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adeleke, R. O., & Odedeji, J. O. (2010). Functional properties of wheat and sweet potato flour blends. *Pakistan Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.3923/pjn.2010.535.538>
- Aguilera Gutiérrez, Y. (2009). HARINAS DE LEGUMINOSAS DESHIDRATADAS: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Alimarket, 2019. El consumo de alimentos sin gluten sigue creciendo a doble dígito [en línea]. URL <https://www.alimarket.es/alimentacion/noticia/302471/el-consumo-de-alimentos-sin-gluten-sigue-creciendo-a-doble-digito> (accedido 11.21.20).
- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230(3), 437-445. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
- Aurica But, C. (2015). Obtención de panes libres de gluten: efecto estructural de distintos hidrocoloides sobre masas panarias de maíz. Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Benkadri, S., Salvador, A., Zidoune, M. N., & Sanz, T. (2018). Gluten-free biscuits based on composite rice–chickpea flour and xanthan gum. *Food Science and Technology International*. <https://doi.org/10.1177/1082013218779323>
- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*, 32, 78-81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>
- Brito, I. L., de Souza, E. L., Felex, S. S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F., & Magnani, M. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)-based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1659-1>
- Chandra, S. (2013). Assessment of functional properties of different flours. *African Journal of Agricultural Research*, 8(38), 4849-4852. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.6905>
- Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3681-3688. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>
- Collar, C., & Angioloni, A. (2014). Pseudocereals and teff in complex breadmaking matrices: Impact on lipid dynamics. *Journal of Cereal Science*, 59(2), 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.12.008>
- Costantini, L., Lukšič, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L., & Merendino, N. (2014). Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food Chemistry*, 165, 232-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.095>
- de Pablos Alcalde, S. (2018). Estudio De La Mejora De La Funcionalidad De Harinas Y Almidones Sin Gluten Mediante Tratamientos Físicos Innovadores. Universidad de Valladolid, Palencia, España.
- Demirkesen, I., Sumnu, G., & Sahin, S. (2013). Image Analysis of Gluten-free Breads Prepared with Chestnut and Rice Flour and Baked in Different Ovens. *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0850-5>

- Dereje, B., Girma, A., Mamo, D., & Chalchisa, T. (2020). Functional properties of sweet potato flour and its role in product development: a review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1639-1662. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1818776>
- Di Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M. C., Marti, A., Cela, N., & Galgano, F. (2020). Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *Lwt*, 133(June), 109860. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109860>
- Díaz Marugán, V., Magallares García, L., Fernández Caamaño, B., Alcolea Sánchez, A., Alonso Canal, L., Polanco Allué, I., ... I, P. A. (2013). ¿ Puede ser el gluten perjudicial en pacientes no celíacos? *Evidencias en Pediatría*, 9:1, 1-5.
- El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S., & Joye, I. J. (2018). A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 10(10), 1-25. <https://doi.org/10.3390/nu10101410>
- Hager, A. S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 239-247. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.005>
- Joshi, A. U., Liu, C., & Sathe, S. K. (2015). Functional properties of select seed flours. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 325-331. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.038>
- Juliá Medina, M. (2016). Características Reológicas, Estructurales Y Sensoriales De Panes Elaborados a Base De Harina De Chufa Resumen. Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España.
- Kaur, M., Sandhu, K. S., Arora, A. P., & Sharma, A. (2015). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 628-632. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.039>
- Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., & Juszczak, L. (2015). The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2417-y>
- Lionetti, E., Gatti, S., Pulvirenti, A., & Catassi, C. (2015). Celiac disease from a global perspective. *Best Practice and Research: Clinical Gastroenterology*, 29(3), 365-379. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2015.05.004>
- Llavata Cabrero, B. (2019). EFECTO DE LA ADICIÓN DE FENOGRECO EN PASTA FRESCA SIN GLUTEN: PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, ACEPTACIÓN SENSORIAL E ÍNDICE GLICÉMICO. Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España.
- Martinez, N., 2019. Así ha evolucionado el sector de la alimentación para celíacos [en línea]. Hablemos Empres. URL <https://hablemosdeempresas.com/empresa/sector-alimentacion-celíacos/> (accedido 11.21.20).
- Mir, N. A., Riar, C. S., & Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 75(September 2016), 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.016>
- Miranda-Villa, P. P., Mufari, J. R., Bergesse, A. E., & Calandri, E. L. (2019). Effects of Whole and Malted Quinoa Flour Addition on Gluten-Free Muffins Quality. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14413>

- Molina-Rosell, C. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*, 447-461. <https://doi.org/10.3926/oms.27>
- Naqash, F., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
- Nieto Mazzocco, E. (2019). Efecto del uso de fructanos tipo agavinas como sustituto parcial de grasa y azúcar en productos panificables a base de harinas libres de gluten. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
- Niewinski, M. M. (2008). Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(4), 661-672. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.01.011>
- Patil, S. P., & Arya, S. S. (2017). Nutritional, functional, phytochemical and structural characterization of gluten-free flours. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1284-1294. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9506-5>
- Raga Soriano, A. (2015). Influencia de la harina de chufa y el maltitol en la caracterización fisicoquímica y sensorial de galletas. Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Roig Seguí, J. (2020). Influencia de la harina de garbanzo sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de crackers sin gluten. Universitat politècnica de valència, Valencia, España.
- Rosell, C. M., Barro, F., Sousa, C., & Mena, M. C. (2014). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 354-364. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.001>
- Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., & Škrobot, D. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of Texture Studies*. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12374>
- Silva Gama, G. (2020). Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto de panadería libre de gluten. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Singh, A., & Sharma, S. (2017). Bioactive components and functional properties of biologically activated cereal grains: A bibliographic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 3051-3071. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1085828>
- Stantiall, S. E., & Serventi, L. (2018). Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(4), 427-436. <https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1378626>
- Torres Oblitas, K., Sancho, A. M., & Gozzi, M. S. (2018). Vista de Caracterización físico-química de harina obtenida a partir de cáscaras de banana (*Musa paradisiaca*) y su aceptabilidad en budines sin gluten. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(2), 22-29.
- Tsatsaragkou, K., Papantoniou, M., & Mandala, I. (2015). Rheological, Physical, and Sensory Attributes of Gluten-Free Rice Cakes Containing Resistant Starch. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12766>
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>

- Umaña, J., Alvarez, C., Lopera, S. M., & Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. *Alimentos Hoy Revista de la asociación Colombiana de Ciencia y tecnología de alimentos*, 22(29), 33-46.
- Vera Rodríguez, D. J. (2017). Elaboración de pan de molde sin gluten embolsado a base de harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de papa (*Solanum tuberosum*) y uso de Hidrocoloides. Callao, Perú.
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115-119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., & Korus, J. (2016). Starch and starch derivatives in gluten-free systems - A review. *Journal of Cereal Science*, 67, 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.007>
- Woomer, J. S., & Adedeji, A. A. (2020). Current applications of gluten-free grains—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1-11. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1713724>
- Wright, R. A., & Martinez Portilla, K. A. (2020). La dieta libre de gluten , ¿ se diferencia de la alimentación general ? Estudio comparativo entre niños celíacos y no celíacos. *DIAETA*, 38(170), 26-32.
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 103(April), 200-213. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017>
- Ziemichód, A., Wójcik, M., & Różyło, R. (2019). *Ocimum tenuiflorum* seeds and *Salvia hispanica* seeds: mineral and amino acid composition, physical properties, and use in gluten-free bread. *CYTA - Journal of Food*, 17(1), 804-813. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1658645>