

DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN LIBRE DE GLUTEN

Development of a gluten-free bread product

Pamela Miranda, Marcela Gaytán, Héctor Martínez

Universidad Autónoma de Querétaro

Autor de correspondencia
pame94miranda@hotmail.com

RESUMEN

La enfermedad celíaca es una enteropatía autoinmune genética, producida por la respuesta del cuerpo al gluten, y afecta al menos al 1% de la población mundial. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un producto de panificación sin gluten con harinas alternativas, proporcionando así una nueva opción para la comunidad celíaca. Mediante el uso de un diseño de mezcla, se llevó a cabo la optimización de la fórmula para la elaboración del pan y se propuso principalmente el uso de un aislado de proteína de soya con el objetivo de mejorar la textura y otras características del producto. Se evaluó la dureza, con ayuda de un texturómetro TA PLUS, como un factor determinante para la selección de la mejor fórmula, debido a que en los panes sin gluten este atributo es decisivo para la preferencia del consumidor y su aceptación sensorial.

La fórmula seleccionada quedó conformada con 64.59% de harina de camote, 18.84% de harina de sorgo y 16.57% de aislado de proteína de soya, adicionada con leche, huevo, sucralosa, sal y polvo de hornear por lo que se obtuvo un pan con sabor agradable, así como una dureza baja (<13 N) similar a la de los panes elaborados con harina de trigo. La prueba sensorial se realizó con una escala hedónica de nueve puntos, y así la fórmula seleccionada se ubicó en los niveles de gusto. La adición de aislado de soya y harina de camote permite la retención de humedad del alimento, proporcionando una textura más suave y un mayor contenido nutricional. El producto podría ser una alternativa para la población celíaca y el público en general.

Palabras clave: libre de gluten, panificación, cereales y tubérculos

ABSTRACT

Celiac disease is a genetic autoimmune enteropathy, produced by the body's response to gluten, affecting at least 1% of the world's population. The objective of the work was to

develop a gluten-free bread product using alternative flours providing a new option for the celiac community. The optimization of the formula for bread making was carried out through the use of a mixing design, the use of soy protein isolate is proposed in order to improve the texture and other characteristics of the product. The hardness was evaluated, using a TA PLUS texture analyser, as a determining factor for the selection of the best formula, because this attribute is decisive for consumer preference in gluten-free breads, as well as its sensorial acceptance.

The selected formula is conformed with 64.59% of sweet potato flour, 18.84% of sorghum flour and 16.57% of soy protein isolate enriched with milk, egg, sucralose, salt and baking powder; obtaining a bread with pleasant flavor, as well as a low hardness (<13 N) similar to wheat flour bread. The sensory test was performed with a hedonic scale of nine points, the selected formula was located in the taste levels. The addition of soybean isolate and sweet potato flour allows the moisture retention of the food, providing a smoother texture and a higher nutritional content. The product could be an alternative for the celiac population and the general public.

Keywords: gluten free, bakery, cereals and tubers

INTRODUCCIÓN

La enfermedad celíaca es una enteropatía autoinmune, producida por la respuesta del organismo al consumo de gluten, afecta por lo menos al 1% de la población global para la cual no existe una cura [1]. Dentro de las primeras alteraciones que provoca esta enfermedad se encuentra la afectación de la barrera de la mucosa intestinal [2], por lo cual se les recomienda a los pacientes como primera medida llevar una dieta libre de esta proteína [3]. Aunado a esto se ha observado que la población celíaca tiene una alta preferencia por los productos libres de azúcar [4]. El gluten se encuentra en el trigo y cereales como ceba-



da, espelta, kamut, centeno e híbridos como el triticale [6].

El consumo de panes libres de gluten cada vez es más frecuente dentro de la población, ya que no sólo la comunidad celíaca busca productos nuevos que cumplan con sus requerimientos, sino que la población en general los percibe como “más saludables” y es por ello que los incorpora con mayor frecuencia a su dieta [7]. La principal necesidad de la comunidad celíaca es la disponibilidad de productos adecuados a su restricción alimenticia que ofrezcan propiedades similares a las de los panes comerciales elaborados con harina de trigo [8].

Los panes libres de gluten (GF) se caracterizan por el uso de harinas alternativas y sus combinaciones como harina de arroz, maíz, quinoa, sorgo, nueces, tubérculos y plátano, entre otras semillas [9], así como aditivos específicos para mejorarlos, dentro de los cuales se encuentran los almidones, proteínas, fibras, grasas, hidrocoloides y enzimas específicas [10]. Sin embargo, el desarrollo de un producto de panificación libre de gluten resulta un reto tecnológico por las características que aporta esta proteína dentro de la conformación de la estructura del pan y el desafío que implica su ausencia [11]. Entre las características de los GF están la baja calidad, mala textura, poco volumen y sensación pobre en boca [12]. Según el CODEX para que un pan se pueda clasificar como libre de gluten debe tener un máximo de 20 ppm de gluten dentro del producto [13]. Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un producto libre de gluten que sirva como alternativa para la comunidad celíaca y el público en general.

METODOLOGÍA

Harinas empleadas

La harina de camote que se empleó es marca ALNUBIO (México), y fue almacenada en frascos de plástico durante todo el proyecto.

Esta harina tiene una composición de 2.9% de grasa, 6.20% de proteína, 20.80% de fibra dietética, un 60% de carbohidratos, 25% de azúcares y sodio de 0.204%. De la misma manera, se utilizó sorgo rojo de la variedad GW 9320 (LA SEMILLERÍA, México), el cual se molió en un Pulvex 300 (PULVEX SA. DE CV., México) dentro de las instalaciones del CICATA (Querétaro, México). El tamaño de malla empleado fue de 100 µm, obteniendo una harina de sorgo fina.

Formulación y proceso de elaboración

Se desarrolló un diseño estadístico de mezclas con el fin de definir las proporciones de los principales insumos: harina de camote amarillo, harina de sorgo y aislado de proteína de soya. La combinación del aislado de proteína, así como las harinas de camote y sorgo, representa el 25.9% de la formulación del producto, sin embargo, para fines prácticos del diseño de mezclas se ajustó a 100%, por lo cual la suma de los insumos en cada uno de los experimentos representa 1.

Con el propósito de acotar aquellos posibles experimentos se establecieron límites. En el caso del aislado de proteína de soya, cuya función principal es incrementar el contenido de proteína, se fijó como un intervalo del 0-20%, debido a que en la literatura se reporta que en estos porcentajes es posible obtener un aporte proteico sin afectar las propiedades visco elásticas del pan [14].

Determinación de humedad

En crisoles a peso constante se colocaron 3 g de muestra para ser secados a 105 °C en la estufa. Una vez que la muestra obtuvo un peso constante se calculó el porcentaje de peso con base en la diferencia de peso de la muestra seca y la muestra húmeda [15].

Determinación de la dureza

Se llevó a cabo un análisis del perfil de textura empleando un texturómetro TA PLUS (LLYOD

INSTRUMENTS, UK) que está equipado con una sonda cilíndrica plana de aluminio de 50 mm de diámetro. Se comprimió al 40% en dos ciclos, con una velocidad de 1.7 mm/s y una fuerza de 0.05N [16].

Evaluación sensorial

Las muestras del producto fueron evaluadas sensorialmente por 50 panelistas estudiantes de pregrado, miembros de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus Centro Universitario. Todas las muestras fueron proporcionadas en platos color blanco a temperatura ambiente, empleando códigos de muestra de 3 cifras. Se les pidió a los panelistas evaluar varios parámetros de cada una de las muestras, los cuales fueron textura, sabor: dulce y agrado en general. Las muestras fueron calificadas en una escala hedónica de 1 a 9 puntos, siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Las puntuaciones fueron agrupadas y analizadas estadísticamente [17].

Análisis estadístico

Para llevar a cabo el análisis estadístico se empleó Minitab 17 con el fin de analizar los datos del proyecto. Se realizó un diseño de mezclas mediante el programa estableciendo límites, posteriormente se verificó el ajuste de los resultados proporcionados y se llevó a cabo una optimización. Cabe mencionar que todas las determinaciones tuvieron 3 repeticiones. En el caso de las pruebas sensoriales, el desarrollo involucró 50 panelistas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elaboración y evaluación de las formulaciones

Dicho diseño fue elaborado al emplear Minitab 17 y el diseño de vértices extremos, debido a que se definieron límites dentro de las proporciones de los insumos a emplear [18]. El

paquete estadístico Minitab 17 arrojó un total de 9 formulaciones, de las cuales la fórmula 1 y 9 funcionan como controles para determinar el comportamiento de cada una de las harinas y facilitar la interpretación del efecto que tiene la interacción con el resto de los insumos.

Determinación esponjosidad

En la Tabla 1 se presentan los resultados de esponjosidad de los panes obtenidos de la mezcla de camote, sorgo y soya. Se observa que la formulación 3 (22.5% de harina de camote, 72.5% de harina de sorgo y 5% de aislado de soya) fue aquella que mostró una mayor altura seguida de la formulación 5 (62.5% de harina de camote, 22.5% de harina de sorgo y 15% de aislado de soya). Cabe mencionar que ambas contenían los tres elementos base. Hay una diferencia entre las formulaciones 1 y 9, que funcionan como controles, ya que en el caso de la formulación 1 elaborada solamente con harina de camote se observa la obtención de una altura baja a diferencia de la formulación 9, elaborada exclusivamente con harina de sorgo, en la que se obtuvo una mayor altura. Dichos resultados resultan similares a los reportados por Amandikwa *et al.* [16] donde se vislumbró que la altura del pan disminuía conforme se aumentaba el porcentaje de la harina de camote dentro de la formulación, lo cual se observa dentro de la Tabla con las formulaciones 6, 7, 5 y 3, variando las proporciones desde un 80% de harina de camote hasta un 22.5% y siendo la de mayor contenido de camote aquella con la menor altura. Sin embargo, siete de las formulaciones no presentaron diferencia significativa entre ellas.

En estudios previos realizados por Cardenas *et al.* [17] se distingue que panes de trigo elaborados con un 30% de harina de camote no reportan diferencia significativa respecto al pan de 100% trigo en cuanto a características sensoriales. Greene y Bovel-Benjamin [18] reportan que es posible la elaboración de panes con una sustitución del 65% de la harina por harina de camote. Por el tipo



de horneado, mediante un equipo especial para realizar cupcakes con un calentamiento por conducción, se logró favorecer la exposición de la mezcla a un calor más constante y estable en comparación con los que ofrecen los hornos de convección, lo que mejoró la capacidad de esponjar de los panes.

Las rebanadas colocadas en el papel milimétrico nos permiten observar la calidad de miga de cada una de las formulaciones y que las formulaciones 5, 6, 7 y 8 son aquellas que contienen una mayor cantidad de harina de camote, además de presentar poros de mayor tamaño que se encuentran distribuidos de manera irregular. En el caso de las rebanadas correspondientes a las formulaciones 9, 2 y 4 se presenta un menor número de poros, así como un tamaño menor, siendo éstas las fórmulas con un mayor contenido de harina de

sorgo. Marston *et al.* [19] reportan que el uso de harinas de sorgo sin un tratamiento térmico provoca la formación de geles débiles debido al lento y poco hinchamiento de los gránulos del almidón, lo cual afecta la calidad del poro en el pan, así como el volumen.

Análisis de color

Se obtuvieron los parámetros L^* , a^* y b^* de cada una de las muestras llevando a cabo las mediciones a 3 cm de la superficie. Los valores para L^* se pueden encontrar dentro de un intervalo de 0 a 100, siendo 0 totalmente translucido y 100 totalmente opaco, mientras que en el caso del parámetro a^* se tienen valores de entre -60 a 60 que van del color verde al rojo. Finalmente, el parámetro b^* va del -60 al 60, siendo éste del azul al amarillo.

Tabla 1. Efecto de la concentración de camote, sorgo y proteína en la esponjosidad (Altura) de un producto de panificación

Camote (%)	Sorgo (%)	Soya (%)	Altura (cm)
1	0	0	2.44 ± 0.21 ^{ab}
0.225	0.625	0.15	2.5 ± 0.12 ^{ab}
0.225	0.725	0.05	2.72 ± 0.11 ^{ab}
0	0.8	0.2	2.60 ± 0.14 ^{ab}
0.625	0.225	0.15	2.68 ± 0.13 ^a
0.8	0	0.2	2.14 ± 0.09 ^{ab}
0.725	0.225	0.05	2.36 ± 0.17 ^a
0.45	0.45	0.1	2.62 ± 0.13 ^c
0	1	0	2.58 ± 0.11 ^{bc}

T^{a-d} Diferentes letras indican diferencias significativas entre las medias (P < 0.05)



Figura 1. Rebanadas obtenidas de las formulaciones
*Orden de izquierda a derecha: fórmula 9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8

En la Tabla 2 se presentan los resultados de cada una de las muestras donde, en el caso del parámetro L*, referente a la luminosidad, se consiguió un valor bajo al ser oscuras las muestras. En el caso de los parámetros a* y b* se obtuvieron valores relativamente pequeños y positivos, los cuales dentro del diagrama de cromaticidad se encuentran en una combinación del rojo y amarillo. Turkut *et al.* [10] reportan para un producto de panificación elaborado con quinoa valores L* superiores a los obtenidos en la presente investigación. Las diferencias se pueden deber a que el camote tiene un color café-naranja, lo que contribuye a tener valores de L bajos (L=100 corresponde al color blanco). Se puede distinguir en la Tabla 2 que las formulaciones adicionadas con mayor concentración de harina de camote tienen los valores más bajos de L.

Dentro de la Figura 2, se puede apreciar un color ligeramente rosado respecto aquellas formulaciones con un alto contenido de harina de sorgo (fórmula 9, 2 y 3), a diferencia de las formulaciones ricas en harina de camote que resultaron tener un color un tanto café similar al de los panes comerciales con harina de trigo. La harina de sorgo por sí sola presenta un color rosado claro que le proporciona al pan, mientras que la harina de camote presenta un color amarillento anaranjado que llega a proporcionarle al pan un color café ligeramente verde seco. El tiempo de cocción es muy corto de manera que el camote evita que se prolonguen las reacciones de Maillard y caramelización en los azúcares [20], lo cual podría proporcionar un calor más oscuro al pan.

Tabla 2. Efecto de la concentración de camote, sorgo y proteína en los parámetros del color de un producto de panificación

Formulación	Camote	Sorgo	Soya	L*	a*	b*
1	1	0	0	19.54 ± 0.76d	10.43 ± 0.38fg	6.70 ± 0.56b
2	0.225	0.625	0.15	20.59 ± 0.65abc	11.24 ± 0.24bcd	7.40 ± 0.39 ^a
3	0.225	0.725	0.05	20.46 ± 0.27abcd	11.58 ± 0.35ab	7.70 ± 0.25 ^a
4	0	0.8	0.2	21.29 ± 0.54 ^a	11.48 ± 0.24abc	7.74 ± 0.33 ^a
5	0.625	0.225	0.15	19.77 ± 0.44cd	10.66 ± 0.30efg	7.14 ± 0.33ab
6	0.8	0	0.2	20.50 ± 0.85abc	10.78 ± 0.27def	7.34 ± 0.59ab
7	0.725	0.225	0.05	20.19 ± 0.39bcd	10.20 ± 0.22g	7.20 ± 0.29ab
8	0.45	0.45	0.1	20.70 ± 0.39abc	10.97 ± 0.52cde	7.69 ± 0.42 ^a
9	0	1	0	20.82 ± 0.44ab	11.89 ± 0.25 ^a	7.45 ± 0.24 ^a

*a-d Diferentes letras indican diferencias significativas entre las medias (P < 0.05)



Figura 2. Superficies de los panes obtenidos de las mezclas de harinas libres de gluten.
*Orden de izquierda a derecha: fórmula 9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8



Análisis de textura

Dentro de la Tabla 3 se pueden distinguir los resultados obtenidos de dureza para cada una de las formulaciones, de forma particular, se observa que la formulación 7 fue aquella que presentó una menor dureza, seguida de la formulación 5, siendo éstas las que poseían los tres componentes base dentro de la formulación además de que la segunda mostró un mayor contenido de proteína con respecto a la primera. Ambas formulaciones presentaron una gran cantidad de harina de camote, de manera que se le puede atribuir a ésta su suavidad, ya que en el caso de la formulación 1 al ser cien por ciento de harina de camote se observa una dureza baja. Además se vislumbró la influencia de la soya dentro de la formulación, ya que se logró una mejor retención de la humedad por parte de la proteína, ayudando de esta manera a la textura. Dentro del estudio de Amandikwa *et al.* [16] se observó que, a mayor porcentaje de harina de camote empleada, la humedad dentro del pan aumentaba estando directamente relacionada con la textura [11], y que la incorporación del aislado de proteína permite la obtención de una mejor textura, debido al alto contenido de proteínas que permite la formación de una red al promover la retención de agua y como consecuencia la mejora de la textura del pan [8].

Por otro lado, los resultados obtenidos son muy similares a los reportados por Turkut *et al.* [10] donde se elaboraron distintas formulaciones de pan a base de arroz, quinoa y trigo sarraceno adicionado con almidón de papa y goma xantana, siendo el intervalo de dureza reportado de 16.4 a 35 N. En el caso de los productos similares que se encuentran en el mercado se tienen entre las mantecadas elaboradas con harina de trigo durezas entre 8 y 12 N. Por otro lado un pan tipo de barra libre de gluten elaborado con harina de arroz que se comercializa actualmente en el mercado posee una dureza de 12N, cabe mencionar que éste en su mayoría se encuentra conformado por almidones.

Optimización de la fórmula

Los resultados obtenidos de las formulaciones fueron introducidos fijando una dureza objetivo de 13N o menos. Se obtuvo una formulación compuesta por 64.59% de harina de camote, 18.84% de harina de sorgo y 16.57% de aislado de proteína de soya.

La fórmula optimizada fue comparada con un control elaborado con harina de trigo integral, para ellos se evaluaron los parámetros de humedad, actividad de agua y dureza como se muestran en la Tabla 4. Se llevó a cabo un análisis ANOVA, con el fin de evaluar si existía

Tabla 3. Efecto de la concentración de camote, sorgo y proteína en la dureza de un producto de panificación

Formulación	Camote	Sorgo	Soya	Dureza (N)
1	1	0	0	15.03 ± 1.93c
2	0.225	0.625	0.15	25.01 ± 3.75b
3	0.225	0.725	0.05	23.65 ± 4.97b
4	0	0.8	0.2	33.766 ± 1.01 ^a
5	0.625	0.225	0.15	13.55 ± 2.68c
6	0.8	0	0.2	16.58 ± 4.58bc
7	0.725	0.225	0.05	12.85 ± 2.26c
8	0.45	0.45	0.1	18.26 ± 0.86bc
9	0	1	0	24.15 ± 1.53b

*a-d Diferentes letras indican diferencias significativas entre las medias (P < 0.05)

diferencia significativa entre las muestras con respecto a los parámetros evaluados, donde se distinguió que en el caso de la dureza las muestras tienen diferencia, sin embargo, al observar los valores obtenidos se hace evidente la dureza conseguida por el pan libre de gluten que resulta ser muy cercana a la del pan con trigo sin la necesidad de la adición de gomas o almidones. Ambas formulaciones presentan desviaciones estándar muy similares, indicando que el equipo empleado trabaja de manera constante. Los valores obtenidos respecto a la humedad y actividad de agua para ambas formulaciones resultaron muy cercanas a los valores obtenidos por N.M. Machado Alencar *et al.* [4] donde se trabajó con panes libres de gluten elaborados a base de harina de amaranto y quinoa.

Tabla 4. Resultados obtenidos de la fórmula optimizada vs el control

Parámetro	Fórmula optimizada	Control
Humedad	47.19 ± 2.26 %	46.22 ± 1.11 %
Actividad de Agua	0.97 ± 0.005	0.98 ± 0.004
Dureza	13.97 ± 0.81 N	12.18 ± 0.84 N

La formulación optimizada permite obtener una muy buena textura sin la adición de aditivos además de contener un 16.57% de aislado de proteína de soya, lo que proporciona un alto contenido en proteína. En general las características del pan resultaron ser muy similares a las del control seleccionado.

Análisis sensorial

Se empleó la fórmula optimizada (64.59% de harina de camote, 18.84% de harina de sorgo y 16.57% de aislado de proteína de soya), con tres niveles de edulcorante. Se llevó a cabo la prueba sensorial con una población de 50 estudiantes universitarios y, posteriormente, un análisis de Kruskal Wallis ($\alpha=0.05$), con

el fin de analizar los datos obtenidos por los panelistas donde se vislumbró que no existía diferencia para los atributos evaluados. Los resultados se presentan a continuación en la Tabla 5. A pesar de no presentar diferencia significativa dentro del análisis las observaciones para las formulaciones remarcaban un menor agrado por la formulación 356 y 928 en general, haciendo referencia a sabores muy tenues o muy intensos en cada una de las formulaciones respectivamente.

Tabla 5. Análisis de Kruskal Wallis aplicado a los resultados obtenidos del análisis sensorial del producto optimizado

Atributo	Valor de P
Textura	0.918
Sabor: dulce	0.237
Agrado	0.658

En cuanto a las medias obtenidas para cada uno de los atributos como se muestra en la gráfica (véase Figura 3) los valores son muy cercanos, encontrándose entre el 6-6.8 de puntuación ubicada en la zona conformada entre “me gusta levemente” y “me gusta”, siendo la muestra 245 aquella que presentó el puntaje más alto para todos los atributos. La formulación seleccionada 245 fue aquella que mostró una concentración de edulcorante medio (6.79% de los insu-mos secos). Como estrategia para aumentar la aceptación de los panelistas se considera aumentar la concentración de bicarbonato de sodio con el fin de obtener una textura aún más esponjosa además de la adición de esencia de naranja con el fin de lograr un sabor más agradable que compita con la nota marcada por la harina de camote. Cabe mencionar que el sabor del camote no resultó del todo identificado por los panelistas de manera que una estrategia para lograr la aceptación del consumidor sería proporcionarle mayor información acerca del camote con el fin de promover una mejor identificación de su sabor.



Figura 3. Gráfica de araña para las muestras evaluadas

CONCLUSIONES

Es posible el desarrollo de un producto libre de gluten con características muy similares a las de los panes elaborados con harina de trigo, empleando harina de camote amarillo y sorgo, y adicionando aislado de proteína de soya. Se optimizó la formulación del pan con una composición de 64.59% de harina de camote, 18.84% de harina de sorgo y 16.57% de aislado de proteína de soya, obteniendo un pan libre de gluten con características sensoriales y fisicoquímicas aceptables por el consumidor, así como una mejor textura que la de los que se encuentran actualmente en el mercado, sin la adición de aditivos. El uso de aislado de soya permitió una mayor retención de agua proporcionando una mejor textura, además de un aumento en el contenido proteínico respecto a los productos similares del mercado. Esta investigación abre la oportunidad del uso de harinas alternativas para la elaboración de productos de panificación para la comunidad celíaca.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por su apoyo durante toda esta investigación. A la Universidad Autónoma de Querétaro por el apoyo proporcionado a lo largo del posgrado.

REFERENCIAS

- [1] M. J. Martínez-Estes, J. Nørgaard, M. Brohée, R. Haraszi, A. Maquet y G. O'Connor, "Defining the wheat gluten peptide fingerprint via a discovery and targeted proteomics approach," *Journal of Proteomics*, vol. 147, pp. 156-168, 2016. doi:10.1016/j.jprot.2016.03.015.
- [2] M. Malalgoda y S. Simsek, "Celiac disease and cereal proteins," *Food Hydrocolloids*, vol. 68, pp. 108-113, 2017. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.09.024. [Online] Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.024>
- [3] Bromilow, S., L. A. Gethings, M. Buckley, M. Bromley, P. R. Shewry, J. I. Langridge, and E. N. Clare Mills, "A curated gluten protein sequence database to support development of proteomics methods for determination of gluten in gluten-free foods," *Journal of Proteomics*, vol. 163, pp. 67-75, 2017. doi:10.1016/j.jprot.2017.03.026. [Online] Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2017.03.026>
- [4] N. M. Machado Alencar, C. J. Steel, I. D. Alvim, E. C. de Moraes, and H. M. Andre Bolini, "Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 62, pp. 1011-1018, 2015 doi:10.1016/j.lwt.2015.02.029.
- [5] L. S. Sciarini, P. D. Ribotta, A. E. León, and G. T. Pérez, "Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality," *Journal of Food Engineering*, vol. 111, pp. 590-597, 2012. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.03.011. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.011>
- [6] Blanco, C. A., F. Ronda, B. Pérez, and V. Pando, "Improving gluten-free bread quality by enrichment with acidic food additives," *Food Chemistry*, vol. 127, pp. 1204-1209, 2011. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.127. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.127>
- [7] Capriles, V. D., F. G. dos Santos, and J. A. G. Arêas, "Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds,"

Journal of Cereal Science, vol. 67, pp. 83-91, 2016. doi:10.1016/j.jcs.2015.08.005.

[8] Naqash, F., A. Gani, A. Gani, and F. A. Masoodi, "Gluten-free baking: Combating the challenges - A review," Trends in Food Science & Technology. Vol. 66, pp. 98-107, 2017. doi:10.1016/j.tifs.2017.06.004. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>

[9] Mohammadi, M., N. Sadeghnia, M. H. Azizi, T. R. Neyestani, and A. M. Mortazavian, "Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC," Journal of Industrial and Engineering Chemistry, vol. 20, pp. 1812-1818, 2014. doi:10.1016/j.jiec.2013.08.035. [Online] Available : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.035>

[10] Turkut, G. M., H. Cakmak, S. Kumcuoglu, and S. Tavman, "Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality," Journal of Cereal Science, vol. 69, pp. 174-181, 2016. doi:10.1016/j.jcs.2016.03.005. [Online] Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>

[11] M. G. B. Cadioli, M. A. B. Rodas, M. L. Garbelotti, E. Marciano, and M. S. Taipina, "Development and Nutritional Composition and Sensory Comparison Between Acceptance and Bread Traditional High Soy Protein and Soluble Prebiotic Fiber," Procedia Food Science, vol. 1, no. Icef 11, pp. 1980-1986, 2011.

[12] AOAC, 1998. AOAC Official Methods of Analysis. Method 991.43, Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, Maryland, 1998.

[13] D. Elgeti et al., "Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour," Journal of Cereal Science, vol. 59, no. 1, pp. 41-47, 2014.

[14] N. S. Eshak, "Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber," Annals of Agricultural Sciences, vol. 61, no. 2, pp. 229-235, 2016.

[15] A. A. Ortega-Pérez, D. C. Bustamante-Rua, M. O. Gutiérrez-Rôa, D. F. Correa-Espinal, "Mixture experiments in industrial formula-

tions," Dyna, vol. 82, no. 189, pp. 149-156, 2015.

[16] C. Amandikwa, M. O. Iwe, A. Uzomah, and A. I. Olawuni, "Physico-chemical properties of wheat-yam flour composite bread," Nigerian Food Journal, vol. 33, no. 1, pp. 12-17, 2015

[17] H. Cardenas, J. Kalinowski, Z. Human, G. Scott, "Nutritional evaluation of sweet potato cultivars Ipomea batata (L.) Lam used in bread as a partial substitute of wheat flour," Archivos Latinoamericanos de Nutrición, vol. 43, pp. 304-9, 1993.

[18] J. L. Greene and A. G. Bovel-Benjamin, "Macroscopic and sensory evaluation of bread supplemented with sweet potato flour," Journal of Food Science, vol 69, pp. 167-173, 2004.

[19] K. Martson, H. Khouryieh and F. Aramouni, "Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake," LWT-Food Science and Technology, vol. 65, pp. 637-644, 2016.

[20] E. Purlis, "Bread baking: Technological considerations based on process modelling and simulation," Journal of Food Engineering, vol. 103, no. 1, pp. 92-102, 2011.