

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

**Uso de camote (*Ipomea batatas*) como ingrediente funcional en
productos horneados a base de cereales**

Proyectos de investigación y desarrollo

Ibeth Pamela Chávez Márquez

**María Gabriela Vernaza Leoro, Ph.D.
Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Quito, mayo del 2021

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Uso de camote (*Ipomea batatas*) como ingrediente funcional en
productos horneados a base de cereales**

Ibeth Pamela Chávez Márquez

Lucía Ramírez, Ph.D.
Directora del programa de Maestría
en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Eduardo Alba Cabrera, Dr.
Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Hugo Burgos, Ph.D.
Decano del Colegio de Posgrados-

Quito, mayo 2021

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Ibeth Pamela Chávez Márquez

00215109

1721085759

Quito, 6 de mayo del 2021

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Anita y Oswaldo por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera estudiantil y a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad por darme la oportunidad de ser parte de este programa de maestría.

A los profesores por brindar lo mejor de sí mismos en cada clase.

A mi tutora, Gabriela, por ayudarme en la elaboración de este trabajo.

A mis compañeros de la maestría, por compartir su tiempo y conocimiento conmigo. A más de ser excelentes profesionales, son excelentes amigos.

Y, a Pablo, por ser siempre un soporte emocional.

RESUMEN

El camote (*Ipomea batatas*) es un tubérculo rico en fibra dietética, minerales y compuestos funcionales como β -carotenos, polifenoles y antocianinas, por lo que es ideal para la suplementación nutricional de productos horneados a base de cereales. Sin embargo, la adición de su harina provoca cambios en el comportamiento reológico de la masa y por ende afectaciones en las características físicas y sensoriales de los productos finales. El objetivo de este *review* es proveer una comprensión global sobre los cambios que puede ocasionar la adición de harina de camote en las propiedades reológicas de las masas y en las características físico químicas y sensoriales de productos elaborados a base de cereales. Los cambios reológicos más notables son: el aumento de la capacidad de absorción de agua, la disminución de la estabilidad de la masa, la disminución de la extensibilidad, el aumento de la temperatura de gelatinización y el aumento de la retrogradación. El pan es el producto horneado más afectado con la adición de harina de camote, presenta volúmenes más bajos, colores más oscuros y una disminución en el sabor, mientras que el pastel es el más beneficiado, en el cual incluso se mejoran las características sensoriales con ciertos porcentajes de sustitución. Por lo tanto, es necesaria la determinación de un porcentaje de sustitución con harina de camote adecuado para cada producto que afecte de manera mínima sus propiedades físicas y organolépticas.

Palabras clave: camote, compuestos funcionales, productos horneados, comportamiento reológico, evaluación sensorial

ABSTRACT

Sweet potato (*Ipomea batatas*) is a tuber rich in dietary fiber, minerals and functional compounds such as β -carotene, polyphenols and anthocyanins, for these reasons sweet potato is a good option for nutritional supplementation of cereal based baked products. However, the sweet potato flour addition causes changes in the rheological behavior of the dough and so affectation in the final products physical and sensory characteristics. The objective of this review is to provide a global comprehension about the changes caused by the sweet potato flour addition in the dough rheological properties and in the physical and sensory characteristics of cereal based baked products. The most important rheological changes are: increase of water absorption capacity, decrease of dough stability, decrease of extensibility, increase of pasting temperature and increase of setback viscosity. Bread is the baked most affected product by the addition of sweet potato flour. With the addition of the sweet potato flour, bread volume gets lower, presents darker colors and a decrease in the flavor, while cake is the most benefited product, even some substitution percentages improve its sensory characteristics. Consequently, it is necessary the suitable substitution percentage of sweet potato flour for each product to affect minimally the physical and organoleptic properties.

Key words: sweet potato, functional compounds, bakery, rheological behavior, sensory evaluation

TABLA DE CONTENIDO

<i>RESUMEN</i>	7
<i>ABSTRACT</i>	8
<i>INTRODUCCIÓN</i>	12
<i>REVISIÓN DE LA LITERATURA</i>	14
Variedades de camote y caracterización físico – química	14
Procesamiento para obtención de harina de camote	15
Comportamiento reológico de la masa con harina de camote	17
Productos horneados a base de cereales desarrollados con harina de camote	25
Pan.	25
Galletas.	30
Pasteles.	35
Desafíos y Tendencias	38
<i>CONCLUSIONES</i>	40
<i>REFERENCIAS</i>	41

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Características físicas y sensoriales del pan con harina de camote.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2. Composición proximal de galletas con harina de camote.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 3. Características físicas y sensoriales de las galletas con harina de camote</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4. Composición proximal de pasteles con harina de camote.....</i>	<i>36</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Tajadas de pan preparados con diferentes masas</i>	28
---	----

INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomea batatas*) o patata dulce es un tubérculo amiláceo (Kolawole, Akinwande, & Ade-Omowaye, 2020) cultivado en regiones tropicales y subtropicales. En Asia y África se cultiva el 95 % de la producción mundial (Lu & Gao, 2011). Es el quinto cultivo más importante en el mundo después del arroz, trigo, maíz y yuca, se cultiva en más de 100 países para alimento o pienso animal (Monteros-Altamirano, Paredes, Buitrón-Bustamante, Tapia, & Peña, 2021). Es considerado un alimento de alto valor nutricional por el alto contenido de carbohidratos (25 -30%), mayor al que tienen otras raíces y tubérculos, fibra dietética, micronutrientes que incluyen a la vitamina C, B1, B2, B6, Mg, K, Fe, Cu, P, ácido pantoténico; fitonutrientes únicos como las batatinas, batatósidos, esporaminas y otros antioxidantes (Mitiku, Abera, Bussa, & Abera, 2018; Wang et al., 2020). Además se le atribuyen propiedades nutraceuticas para el tratamiento de la leucemia, anemia, hipertensión, diabetes, poder antitumoral y reparador de las afecciones del aprendizaje y memoria (Motato, Cevallos, Menendez, Anchundia, & Anchundia, 2016).

En los últimos años, el interés por el camote ha aumentado, por ser de ciclo corto, tener bajos costos de producción y ser versátil en color, sabor y textura, lo que ha permitido que cada vez sean mayores las aplicaciones en la industria alimenticia, como sustituto o complemento nutricional en la elaboración de productos (Azeem, Mu, & Zhang, 2020; Vidal, Zaucedo - Zuñiga, & Ramos- Garcia, 2018). La harina de camote se puede usar como acondicionador de la masa para pan, galletas y demás productos horneados (puede sustituir la harina de trigo hasta en un 20%), de la misma forma puede contribuir a la dulzura natural, color y sabor de los productos alimenticios procesados (Srivastava, 2012).

En los países en vías de desarrollo, el camote es un alimento importante en la dieta tradicional, por el alto contenido de fibra dietética, micronutrientes y fitoquímicos que en el trigo son insuficientes (Azeem et al., 2020). Esto ha dado pie a que se busque la introducción del camote en forma de harina en productos horneados a base de cereales para mejorar su perfil nutricional y darle un valor agregado al camote. Por ejemplo en Perú se obtiene harina de camote para la elaboración de alimentos panificados y fideos (Vidal et al., 2018). Mientras que en Ecuador, se tiene poco conocimiento de los procesos industriales a los cuales se le puede someter (Sacón, Bernal, Dueñas, Cobeña, & López, 2016).

Sin embargo, la incorporación de harinas no tradicionales en productos horneados puede influir en las propiedades tecnológicas y sensoriales (Martins, Pinho, & Ferreira, 2017). En este *review* se indican los principales cambios que puede ocasionar la adición de harina de camote en las propiedades reológicas de las masas y en las características físico químicas y sensoriales de los productos elaborados a base de cereales.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Variedades de camote y caracterización físico – química

Los camotes se clasifican como de pulpa suave o de pulpa firme. Las variedades de pulpa suave son dulces y tienen la pulpa de color naranja. Las variedades de pulpa firme tienen un color morado, amarillo o blanco. Los camotes en general son vegetales altamente nutritivos, ricos en calorías y compuestos bioactivos como β -carotenos, polifenoles, ácido ascórbico y fibra dietética (Kusumayanti, Handayani, & Santosa, 2015).

La variedad del camote, así como el tipo de procesamiento influyen en su composición y específicamente en su poder antioxidante. Por ejemplo al camote morado se le asocia con una alta actividad antioxidante, por tener antocianinas, mientras que al naranja se le considera una buena fuente de vitamina A por tener β -carotenos (Kolawole et al., 2020). Algunos estudios han reportado que la variedad de camotes morados presentan actividad antioxidante de hasta 5 veces mayor a otras variedades, debido a la combinación de antocianinas acetiladas y ácidos fenólicos que resulta en un aumento del poder antioxidante, que es incluso comparable con la de frutas como las cerezas y vegetales como el repollo (Wang, Yang, Ferdinand, et al., 2020), en contraste con el camote blanco que presenta la capacidad antioxidante más baja entre las variedades de camotes morado, naranja, amarillo y blanco. Sin embargo, el camote morado es más sensible a los tratamientos térmicos disminuyendo significativamente su poder antioxidante (Tang, Cai, & Xu, 2015). Por otro lado, el camote naranja es conocido por ser rico en β -carotenos, pero a más de estos compuestos tiene polifenoles, fibra dietética y minerales (Azeem et al., 2020), además de resistir mejor a los tratamientos térmicos (Tang et al., 2015).

En una sola región no se pueden encontrar todas las variedades de camote, depende mucho del clima, del tipo de suelo y de la altitud. En Ecuador existen alrededor de 412 especies variadas por la coloración de la pulpa, siendo el de color morado el más consumido en las regiones Costa, Sierra y Amazonía (Motato et al., 2016). El cultivar morado de Ecuador (var. INIAP – ECU- morado), el cual crece a 2800 – 3600 msnm, mostró tener un contenido de antocianinas mayor que el camote morado de Carolina del Norte (EEUU) (var. Covington), que crece a 186 msnm. La razón para este fenómeno podría estar en la alta radiación UV y UVB de los lugares altos, a mayores altitudes se recibe mayor radiación haciendo que las plantas produzcan más pigmentos fotoprotectores que los endémicos de localidades con baja radiación (Pacheco, Hernández-Hernández, Moreno, & Villamiel, 2020).

Procesamiento para obtención de harina de camote

Para la elaboración de la harina se sigue un proceso general que consiste en corte, pretratamiento o blanqueo, secado en horno de convección y molienda hasta obtener una harina que pase por la malla 80 (177 μm). Existen ligeras modificaciones en estos pasos que buscan obtener la mejor calidad de la harina. Se sabe que el tipo de procesamiento determina las propiedades físico químicas que tendrá la harina, específicamente, la deshidratación por calor tiene como inconvenientes la pérdida nutricional y sensorial del producto final (Ahmed, Akter, & Eun, 2010b). Se ha encontrado, por ejemplo, que el secado de camote troceado en un horno de convección forzada a 60 °C por 12 horas reduce el contenido total de carotenoides hasta en un 30% y a los camotes morados les causa decoloración, este efecto se reduce considerablemente si se utiliza flujo de aire cruzado

(Ahmed et al., 2010b; Rodriguez-Amaya, Nutti, & Viana de Carvalho, 2011). El tipo de horno y la adición de pretratamientos ayudan a conservar el contenido de nutrientes. Una combinación de un pretratamiento con metabisulfito de sodio y secador rotativo logra retener las antocianinas de 1,8 a 3,8 veces, sin embargo no disminuye la pérdida de β -carotenos (Ruttarattanamongkol, Chittrakorn, Weerawatanakorn, & Dangpium, 2016). Tampoco los pretratamientos osmóticos con cloruro de sodio tienen efecto en la pérdida de β -carotenos (Clifford, Kingsley, Chika, & Chinyere, 2014). Diferente a las antocianinas, que incluso aumentan a determinadas temperaturas. El camote naranja sometido a las mismas condiciones que el camote morado mostró siempre una disminución de β -carotenos (Ruttarattanamongkol et al., 2016). El efecto positivo de la temperatura en las antocianinas también se observó en el trabajo de Charmongkolpradit, Somboon, Phatchana, Sang-Aroon, & Tanwanichkul (2021), quienes determinaron que en un rango de temperatura de 60 °C a 70 °C se obtienen los valores más altos de antocianinas en maíz morado. No obstante, en productos con sustitución de harina de camote morado, se observó una disminución de la capacidad antioxidante, debido a la interacción entre las antocianinas y la matriz del alimento, la cual puede servir como barrera al calor o inducir la degradación de antioxidantes (Curayag, Dizon, & Hurtada, 2019; Ioannou, Hafsa, Hamdi, Charbonnel, & Ghoul, 2012).

Por otro lado, Ahmed et al. (2010) investigaron el efecto que tienen los pretratamientos en las propiedades físico químicas de las harinas, encontraron que con la inmersión en una solución de bisulfito de sodio (NaHSO_3) al 0,5%, en un rango de temperatura de secado de 55°C a 65°C, se obtienen mejores harinas. Las mismas que mantienen su color, tienen valores más altos de luminosidad, de poder de hinchamiento y

mayor contenido de ácido ascórbico y de compuestos fenólicos. Además, establecieron que al secar los camotes con cáscara se consiguen harinas con mayor cantidad de compuestos funcionales, pero el aumento de la temperatura de deshidratación puede disminuirlos, excepto a los compuestos fenólicos. Por otro lado, el secado de camotes pelados trae como ventaja, la disminución de los índices de pardeamiento en temperaturas que no superen los 65 °C. En cuanto a la composición proximal, en este estudio, se consiguieron valores de 6,18 % a 8,67% de humedad, 0,59% a 1,27% de grasa, 3,28% a 3,69% de proteína y 3,41 a 3,91 % de cenizas.

Ngoma, Mashau, & Silungwe (2019) determinaron que con la adición de 1,44 mL/g de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) se obtienen harinas con mejores propiedades funcionales, capacidad de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento, que con el pretratamiento de 2,03 mL/g de ácido cítrico, excepto por la capacidad de absorción de agua, que es igual con ambos tratamientos. El contenido de humedad fue de 7,70% con el tratamiento de ácido, con el metabisulfito se obtuvo un valor de 5,54%, probablemente debido al efecto deshidratante de este compuesto. Sin embargo, el contenido de proteína de 2,54% a 2,84% obtenida con los dos tratamientos no presentó diferencia estadísticamente significativa. Con la adición de ácido cítrico la grasa disminuyó un 0,61%, posiblemente porque ocurrió oxidación.

Comportamiento reológico de la masa con harina de camote

La adición de harina de camote en productos a base de cereales afecta el comportamiento reológico de la masa. El entendimiento de estos cambios permite predecir

defectos en los productos horneados. Por ejemplo, valores bajos de poder de hinchamiento y de solubilidad ocasionan que la masa no incorpore aire. Una harina 100% de camote no contiene las proteínas formadoras del gluten, por lo que no puede proveer de una red que estabilice la retención del gas durante el horneado (Kusumayanti et al., 2015), es por esto que para cumplir con las demandas tecnológicas requeridas, se debe trabajar con mezclas con harina de trigo.

Los parámetros farinográficos se utilizan para determinar la calidad de la harina a través de las siguientes mediciones: absorción de agua (%), tiempo de desarrollo del gluten (min), índice de tolerancia al mezclado (UB) y estabilidad de la masa (min). El porcentaje o capacidad de absorción del agua aumenta gradualmente con el aumento de porcentaje de sustitución con harina de camote de 2,5 hasta 15 % (Lauková, Minarovičová, Karovičová, & Kohajdová, 2019; Nagib & Zidan 2019), debido al aumento de fibra, la cual incrementa la hidratación de la masa. De hecho, estudios anteriores han probado que valores de absorción de agua obtenidos de diferentes fibras se sobreponen, debido al gran número de grupos hidroxilo que existen en la estructura de la fibra, lo que permite que existan mayores interacciones del agua a través de los hidrógenos (Nagib & Zidan, 2019). Sin embargo Chikpah, Korese, Hensel, Sturm, & Pawelzik (2021), indicaron una reducción de la absorción de agua en mezclas con sustituciones del 10 al 60 %, y concluyeron que a mayor contenido de proteínas formadoras de gluten, mayor absorción de agua, y que la adición de harina de camote causa la dilución del gluten, explicando la menor absorción de agua.

El tiempo de desarrollo de la masa (TDM) indica el tiempo requerido para que la masa alcance la consistencia deseada o su altura máxima en 500 unidades Brabender (BU).

En mezclas con sustitución de 2,5 a 10% de harina de camote el TDM aumentó con el incremento de la cantidad de harina de camote. El TDM depende de la calidad del gluten, del tamaño de gránulo del almidón y del grado de daño del almidón (Lauková et al., 2019). Su incremento se debe a que la harina de camote incrementa el contenido de azúcar reduciendo la cantidad de agua libre requerida para la formación de la red de gluten (Chikpah et al., 2021). No obstante, Trejo-Gonza'lez, Loyo-Gonza'lez, & Mungui'a-Mazariegos (2014) y Nagib & Zidan (2019) obtuvieron tiempos de desarrollo menores que con la harina 100% trigo.

En lo que respecta al índice de tolerancia a la mezcla que indica la diferencia de altura entre el pico máximo y el pico que alcanza la masa después de 5 minutos de mezclado en la prueba farinográfica, la adición de harina de camote afectó significativamente este parámetro, llegando a aumentar hasta 3,6 veces en sustituciones del 10% (Lauková et al., 2019), debido a la dilución del gluten por el contenido de fibra (Sudha, Baskaran, & Leelavathi, 2007).

La estabilidad de la masa se define como el tiempo desde que la curva del farinograma alcanza 500 BU hasta el punto en que abandona esta línea. Es un valor que mide la tolerancia de la masa al mezclado, la cohesividad y la elasticidad de la masa. Al igual que el TDM, se relaciona con la calidad de la matriz proteica de gluten, la que se daña fácilmente con la incorporación de otros ingredientes, como sucede al añadir harina de camote que diluye el gluten y por tanto reduce la estabilidad de la masa (Lauková et al., 2019; Nagib et al., 2019), pero en porcentajes de sustitución mayores al 35 %, la estabilidad de la masa aumenta por el alto contenido de azúcares y de fibra del camote (Chikpah et al.,

2021). Resultado que coincide con el de otros estudios realizados con fibras de pera y manzana (Bchir, Rabetafika, Paquot, & Blecker, 2014), estas fibras interactúan con el agua y el gluten, interrumpiendo la matriz almidón – gluten (Xu, Li, Zhao, Wang, & Wang, 2021). El aumento de la estabilidad de la masa puede originarse en la dificultad de interpretar el farinograma cuando hay grandes cantidades de fibra, debido a que la señal del farinograma se vuelve ruidosa por la inconsistente hidratación de la masa durante el mezclado (Struck, Straube, Zahn, & Rohm, 2018).

En lo concerniente a los parámetros alveográficos, estos también se vieron afectados por la adición de harina de camote. Trejo-González, Loyo-González, & Mungui'a-Mazariegos (2014) y Liu, Yang, Zhao, & Zhang (2020) establecieron que los valores de tenacidad (P) y elasticidad (L) disminuyen, a diferencia de la relación P/L que puede llegar a incrementarse hasta 2,4 veces en sustituciones del 20%. Para Liu et al. (2020), la tenacidad (P) que representa la fuerza de la masa no fue influenciada significativamente por el aumento del porcentaje de sustitución, pero si mostró una tendencia a aumentar. La extensibilidad (L) que representa el potencial de la masa de estirarse y de retener el gas, presentó una reducción del 30% en sustituciones del 15% con harina de camote, debido al debilitamiento de la red de gluten. La relación P/L que provee información del equilibrio entre tenacidad y extensibilidad, aumenta su valor significativamente en sustituciones del 5 al 15%. Una posible causa de este comportamiento, es la fuerte interacción entre la fibra dietética y la proteína. Resultados similares encontraron Pasqualone et al. (2017) al añadir semolina y salvado a la harina de trigo para la elaboración de pan. Se explica que la afinidad de la fibra por el agua causa que la masa sea más compacta y menos extensible. En el caso del camote, puede ser un efecto combinado de la proteína de camote y de la

pectina que conducen a un mejoramiento en la estructura de la masa, resultando en un mayor valor de P/L. La energía de deformación disminuye hasta en un 54% para sustituciones del 10%, debido a la menor interacción entre la gliadina y glutenina, lo que lleva a una menor estabilidad de la masa (Liu et al., 2020).

Liu et al. (2020) estudiaron el efecto de la harina de trigo en las propiedades reológicas de la masa durante el proceso de fermentación a través de un reofermentómetro. Encontraron que la máxima altura de la masa (H_m), que refleja la capacidad de producción y retención de gas, se reduce al aumentar la cantidad de harina de camote, por la destrucción de la estructura de gluten y la consecuente reducción de la estabilidad, con lo que se puede predecir que se obtendrán productos de un menor volumen específico. Este resultado coincide con el trabajo realizado por Azeem et al. (2020), quienes además encontraron que si el tamaño de partícula de la harina de camote se reduce a 45 μm , la altura máxima H_m aumenta un 15% con respecto a la altura H_m que alcanza una mezcla 50% harina de camote – trigo de tamaño de partícula superior a 180 μm . Una explicación de este resultado es que el tamaño de partícula de 45 μm promueve la fermentación al fortalecer la estructura de gluten, mejora la viscoelasticidad, extensibilidad e impide que el gas se difunda en todas las direcciones. El tiempo de porosidad es un indicador de la capacidad de retención de gas, el cual se reduce al añadir harina de camote en porcentajes de sustitución del 5 al 15 %, mientras que la capacidad de producción de gas de la masa aumenta. Esto se debe a la mayor cantidad de glucosa y amilopectina que tiene el camote en comparación con la harina de trigo y por el contenido de almidón dañado que está disponible para que la enzima amilasa genere más glucosa para las levaduras (Liu et al., 2020). En harinas con tamaño de partícula más pequeños aparecen sitios activos que

permiten que el almidón se catalice rápidamente y sea más fácil de consumir por las levaduras (Azeem et al., 2020). Se requiere una cantidad adecuada de gránulos de almidón dañado para la fermentación, mientras mayor sea la cantidad de gránulos dañados, mayor será la actividad de la amilasa, pero si hay demasiados, el tamaño y la calidad del pan horneado se deteriora. La cantidad permisible se relaciona con el contenido de proteína de la harina. El óptimo permisible de gránulos dañados en la mezcla de harina de trigo – harina de camote está en el rango de 4,5 a 8 % (Lu & Gao, 2011).

En otro estudio se determinó las propiedades viscoelásticas como son: el módulo de almacenamiento o de elasticidad (G') y el módulo de pérdida o de viscosidad (G'') con un reómetro, y los autores determinaron que la sustitución de harina de trigo por harina de camote afecta el comportamiento viscoelástico, al disminuir los valores de G' en un 15% y de G'' en un 2,3% en mezclas con 20% de sustitución (Ndayishimiye et al., 2016). Esto significa que la masa se vuelve menos elástica y más rígida. Todas las masas elaboradas con sustitución de 50% de harina de camote con un tamaño de partícula de $45\mu\text{m}$ a $355\mu\text{m}$, presentaron valores de G' más altos que G'' indicando que son materiales que tienen más propiedades elásticas que viscosas. El tamaño de partícula de la harina de camote también afecta estas propiedades, las cuales aumentaron a medida que disminuyó el tamaño de partícula, debido probablemente a que tamaños más pequeños de partícula permiten una mayor liberación del almidón que resulta en un potenciador de la viscoelasticidad de la masa (Azeem et al., 2020).

Con respecto al almidón del camote, este se encuentra en una cantidad del 36,4 al 79,8% en la harina de camote, dependiendo de la variedad o cultivar (Aina, Falade,

Akingbala, & Titus, 2012; Lu & Gao, 2011). Los almidones de cada variedad de camote difieren en el contenido de amilosa, cenizas, fósforo, tamaño de gránulo y distribución del tamaño de partícula, factores que influyen en las propiedades de pasta y las propiedades reológicas del almidón (Abegunde, Mu, Chen, & Deng, 2013). Por ejemplo, las propiedades de gelatinización, retrogradación y poder de hinchamiento están influenciadas por la relación de amilosa y amilopectina (Correa, Pérez, Teresa, Villegas, & Marina, 2014). El contenido de amilosa en la harina de camote está en el rango de 8,5 % a 21,3% (Aina et al., 2012; Lu & Gao, 2011). Las variedades de camote que tienen más del 20% son apropiadas para la elaboración de pan si se usa harina de camote como materia prima (Lu & Gao, 2011), debido a que juega un papel en la formación del gel como material ligante que une a los gránulos hinchados intactos o fragmentados (Wang, Yang, Gao, et al., 2020), es decir tiene un impacto significativo en el volumen del pan y la textura.

La amilosa limita el movimiento de agua, reduce la capacidad de hinchamiento de los granos de almidón, reduce la absorción de agua de la masa, la flexibilidad y la extensibilidad durante la elaboración y horneado del pan. En cambio, la amilopectina tiene un rol diferente, por lo tanto, mientras más grande sea la relación amilopectina - amilosa, más ventajosa será el procesamiento de alimentos con alto contenido de gluten. El contenido de amilosa en el almidón de camote es menor al de la harina de trigo, es por esto que al formar mezclas harina de trigo con almidón de camote, las propiedades de pasta se optimizan y por ende la calidad del pan mejora (Lu & Gao, 2011).

Los parámetros del RVA (Rapid Visco Analyzer) sirven para observar los cambios de viscosidad del almidón y conocer las propiedades de pasta. Para el aislamiento del

almidón del camote, se usan soluciones alcalinas para remover la superficie proteica del almidón y estas son metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) al 0,5%, hidróxido de sodio (NaOH) al 0,2% o ambas, e incluso solo agua para camotes con bajo contenido proteico (Kringel, El Halal, Zavareze, & Dias, 2020). La viscosidad máxima, la viscosidad mínima, viscosidad de caída, viscosidad final, la temperatura de gelatinización y la retrogradación (setback viscosity) del almidón de camote tienen valores más altos que los de la harina de trigo (Lu & Gao, 2011). La viscosidad mínima (breakdown viscosity) es una medida de la resistencia del almidón al calor y al esfuerzo cortante (shear), mientras más bajo sea el valor, mayor es la resistencia del almidón al esfuerzo cortante. Los almidones que tienen altas viscosidades máximas y baja retrogradación son usadas como espesantes o agentes coagulantes (Abegunde et al., 2013).

La retrogradación es un indicador de la estabilidad de la pasta cocinada y es un parámetro importante que permite predecir el tiempo de almacenamiento de un producto (Ayo-Omogie, 2020). En general, los almidones de raíces y tubérculos gelatinizan a temperaturas relativamente bajas, con hinchamiento rápido y uniforme de los gránulos. También exhiben un perfil de viscosidad alto y una alta claridad de pasta comparado con el almidón de los cereales, pero tienen mayor facilidad a retrogradar (Zaidul, Norulaini, Omar, Yamauchi, & Noda, 2007). Por otra parte, la adición de azúcares disminuye la retrogradación en el orden estaquiosa > rafinosa > sacarosa (Zhou, Zhang, Chen, & Chen, 2017). En definitiva, al mezclar la harina de trigo con almidones de tubérculos aumenta la viscosidad máxima que permite una mayor expansión de la masa durante la elaboración del pan, pero se debe regular la cantidad a colocar por la tendencia de los almidones de tubérculos a retrogradar (Monthe et al., 2019).

Productos horneados a base de cereales desarrollados con harina de camote

Pan.

El pan es un producto horneado que se hace a base de cereales que tienen las proteínas formadoras de gluten, principalmente trigo, responsables de formar una red tridimensional impermeable capaz de retener dióxido de carbono y estirarse bajo su presión para formar la estructura de panal característicos del pan (Monthe et al., 2019). La hidratación de la harina durante el mezclado es imprescindible para el desarrollo del gluten, en esta etapa empieza la aireación y la formación de la red que retiene las burbujas de aire por la inflación del dióxido de carbono, producto de la fermentación de las levaduras (Cauvain, 2003). Es por esto que el éxito en la elaboración de pan, depende de la cantidad, calidad, tipo y propiedades viscoelásticas de las proteínas formadoras de gluten (Mitiku, Abera, Bussa, & Abera, 2018).

Sin embargo, el camote no tiene proteínas que formen gluten, su proteína principal es la esporamina (Hathorn, Biswas, Gichuhi, & Bovell-Benjamin, 2008), por lo que añadir harina de camote a la formulación del pan para mejorar su perfil nutricional y obtener un producto de características similares al pan de trigo constituye un desafío tecnológico (Mitiku et al., 2018).

La composición química del producto final varía en función del porcentaje de sustitución, Mitiku et al. (2018) encontraron que a mayor porcentaje de harina de camote mayor es la cantidad de carbohidratos, de fibra, de micronutrientes (Fe, Zn, P), de carotenoides totales, de taninos y fitatos, estos últimos en cantidades muy pequeñas que no

afectan la absorción de nutrientes. La humedad, al igual que en el trabajo de Hathorn et al. (2008) también aumenta, lo que sugiere una menor evaporación de agua y es por esto que se obtienen panes de mayor masa (Nzamwita, Duodu, & Minnaar, 2017).

Por otro lado, el porcentaje de proteína y de grasa disminuyen debido al menor contenido de estos nutrientes por parte del camote (Mitiku et al., 2018).

En lo que respecta al contenido de compuestos funcionales, solo se menciona a los β -carotenos, debido a que la mayoría de los trabajos se han realizado con el camote naranja. Los resultados indican que con el reemplazo por harina de camote se puede obtener panes con β -carotenos en concentraciones desde 2434,6 $\mu\text{g}/100\text{g}$ para una sustitución del 10%, hasta 8760 $\mu\text{g}/100\text{g}$ para una sustitución del 65% (Hathorn et al. 2008; Nzamwita et al., 2017). Debe señalarse que la cantidad de β -carotenos aquí reportada es mucho menor a la que se encuentra en el camote sin procesar o en la harina. Se produce una degradación de los β -carotenos por la exposición a la alta temperatura del horneado, y también en el proceso de formación del gluten, en el que se incorpora agua y oxígeno, lo que conduce a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados por las lipoxigenasas endógenas de la harina de trigo y por tanto la oxidación de los carotenoides (Nzamwita et al., 2017).

Con relación a las características físicas del pan (Tabla 1), se observa que al aumentar el porcentaje de sustitución se pueden tener algunos efectos negativos en las características físicas y sensoriales del pan, lo que limita severamente la aplicación de harina de camote en alimentos fermentados. El aumento de la masa y la disminución del volumen están ocasionados, por la gran capacidad de retención de agua de los polisacáridos

del camote (fibra) que provoca que se evapore en menor cantidad el agua y que pueden deshidratar parcialmente la red de gluten durante el mezclado, bloqueando la formación de la misma (Yin et al., 2021). En vista de que el volumen es un factor importante en el pan, los autores sugieren no utilizar un porcentaje de sustitución mayor al 15%, utilizar aditivos como gluten vital, hidrocoloides, ácido ascórbico e inclusive el uso de masa madre (Hathorn et al., 2008; Rodriguez – Amaya et al., 2011; Yin et al., 2021).

Tabla 1

Características físicas y sensoriales del pan con harina de camote

Objetivo de la investigación	% Sustitución	Características físicas		Referencia	Observaciones
Investigar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de camote	5, 10, 15, 20, 25	↑ masa ↓ Volumen ↓ volumen específico	Evaluación Sensorial ↓ Color ↓ Textura ↓ sabor ↓ aceptación general	(Mitiku et al., 2018)	Para la evaluación sensorial se usó escala hedónica de 9 puntos
Determinar la estabilidad de los β-carotenos durante el horneado de panes elaborados con mezcla de harina de camote naranja y trigo	10, 20, 30	↑ masa	Color: ↓ L* ↑ a* ↑ b* ↑ Croma ↓ ángulo de tono	(Nzamwita et al., 2017)	Se añadió gluten vital, el equivalente al que se perdió por la adición de camote
Mejorar las características del pan a través de un método de mezclado de dos etapas	30, 50	↓ volumen específico	Textura: ↑ dureza ↓ cohesividad ↑ gomosidad ↓ elasticidad ↑ masticabilidad	(Yin et al., 2021)	
Evaluar el efecto de la adición de estimuladores del desarrollo del gluten	50, 65		Color: ↓ L* ↓ a* ↓ b*	(Hathorn et al., 2008)	

Un método interesante para aumentar el volumen específico del pan es el mezclado en dos etapas propuesto por Yin et al. (2021). En este método se optimiza la distribución de agua en la masa final y se evita la competencia por el agua entre la harina de trigo y la de

camote. De esta manera, se consiguió una mejora en el volumen del 30,97% para sustituciones del 50% (Figura 1).

Asimismo el porcentaje de sustitución influyó en las características de textura. La dureza aumenta cuando se coloca mayor cantidad de harina de camote, esto se relaciona negativamente con el volumen específico. La elasticidad disminuyó como consecuencia del debilitamiento de la red de gluten y aumentó la masticabilidad indicando que a mayor cantidad de harina de camote, el pan se vuelve gomoso (Yin et al., 2021). Sin embargo, la textura no presentó diferencia significativa en la evaluación sensorial en sustituciones de hasta el 25%, mientras que el sabor y color que recibieron calificaciones menores a las del control (Mitiku et al., 2018).

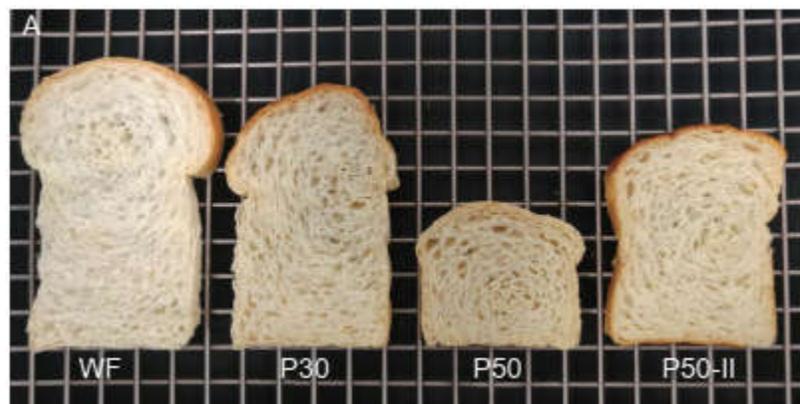


Figura 1. Tajadas de pan preparados con diferentes masas

WF, (pan de 100% harina de trigo); P30 (pan con 30% de harina de camote (base seca)); P50 (pan con 50% de harina de camote (base seca)); P50-II, contenido igual a P50, pero elaborado con el método de mezclado de dos etapas (Yin et al., 2021)

En cuanto al color, se encontró que una mayor cantidad de camote disminuye los valores L^* (luminosidad). Este parámetro permite predecir el contenido de β -carotenos del pan u otros productos horneados si no se usan colorantes. Valores altos de L^* indican un bajo contenido de β -carotenos (Nzamwita et al., 2017). Se considera oscuro a un L^* igual a 50 y claro a un valor L^* de 70, 60 es un L^* óptimo en un pan con 100 % de harina de trigo. El aumento de harina de camote en el pan y el uso de un potenciador de gluten (mezcla de gluten vital, leche en polvo, pectina, ácido ascórbico, canela, gelatina y lecitina) oscurecen el color del pan, presentando valores de L^* entre 58,54 a 61,42, lo cual es aceptable (Hathorn et al., 2008).

Finalmente, los valores de a^* y b^* aumentaron, ya que a mayor sustitución con harina de camote, aumenta el contenido de carotenos aumentando las tonalidades del rojo y amarillo. Esta suposición coincide con los resultados de Nzamwita et al. (2017), pero no con los de Hathorn et al. (2008) donde solo aumentan a^* y b^* cuando a más de añadir harina de camote, se coloca almidón de camote y un potenciador de gluten. En productos elaborados con masa madre y con fermentaciones largas como el método esponja, la adición de camote trae efectos positivos que incluyen un color amarillo más intenso de la corteza y la presencia de nuevos compuestos volátiles que podrían contribuir a reducir o eliminar los aditivos de color y aroma en los alimentos (Aparecida Pereira et al., 2019).

Galletas.

Al sustituir la harina de trigo por la de camote en la elaboración de galletas, la composición proximal de las mismas se ve afectada según el porcentaje de sustitución (Tabla 2).

Tabla 2

Composición proximal de galletas elaboradas con harina de camote

Objetivo de la investigación	% sustitución	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Referencia
Investigar la composición nutricional y la aceptabilidad de galletas elaboradas con camote naranja enriquecidas con un hongo comestible	100 %	13,00 ± 0,58 (15,33 ± 0,30)	5,66 ± 0,09 (9,48 ± 0,06)	1,90 ± 0,08 (1,01 ± 0,03)	67,22 ± 0,56 (62,47 ± 0,50)	9,93 ± 0,04 (10,44 ± 0,06)	2,29 ± 0,06 (1,27 ± 0,04)	(Kolawole et al., 2020)
Evaluar la calidad de galletas elaboradas con harina de camote	20, 40, 60, 80, 100%	1,343 - 1,369 (1,329) *En base seca	-	2,71 - 8,50 (1,94)	-	6,06 - 4,02 (8,50)	2,83 - 3,15 (2,82)	(Srivastava, 2012)

En negrita y en paréntesis, se encuentra el valor del control (100% harina de trigo)

Aunque los valores obtenidos entre estudios no son comparables, ya sea porque son diferentes tipos de galletas, hay variaciones en los demás ingredientes o simplemente porque están reportados unos en base seca y en otros no se especifica, se puede notar tendencias. Por ejemplo, en el trabajo de Kolawole et al. (2020), el porcentaje de humedad de las galletas con sustitución completa de harina de camote fue menor a las de trigo, debido al menor contenido de agua que tiene el camote. Estos resultados se contradicen con los de Srivastava (2012), cuyos valores de humedad son más altos que el control y aumentaron ligeramente con el porcentaje de sustitución, este comportamiento se le atribuye a la mayor capacidad de absorción de agua de la harina de camote, pero estadísticamente estas diferencias no son significativas. La cantidad de proteínas en las

galletas con 100 % harina de camote, en el trabajo de Kolawale et al. (2020), disminuyó un 15% porque se encuentran en menor porcentaje en el camote que en el trigo. Por esta razón, se sugiere combinar a la harina de camote con fuentes de proteína como leguminosas u hongos para aumentar el contenido proteico. El porcentaje de grasa disminuyó en ambos estudios, en el de Srivastava (2021) es evidente que el aumento de la cantidad de harina de camote provocó la disminución del contenido de grasa en las galletas. Por otro lado, el porcentaje de cenizas, de carbohidratos y de fibra aumentaron. En el caso de las cenizas se debe a la adición de grasas externas para la elaboración de las galletas, mientras que el aumento de carbohidratos y fibra se explica por la composición nutricional de la harina de camote (Kolawale et al., 2020; Srivastava, 2021).

Con respecto al contenido de minerales y vitaminas, Kolwale et al., 2020 determinaron que en las galletas con 100 % de harina de camote, no se afecta la cantidad de vitaminas hidrosolubles a excepción de la tiamina. Mientras que el contenido de Ca y K fue mayor en 52% y 400% respectivamente, a las de trigo. De igual forma el contenido de Fe se incrementó en 17% y el de Zn en 30%, en general en ambas galletas el contenido de estos dos minerales fue muy bajo (Kolawole et al., 2020).

Con referencia a las características físicas (Tabla 3), se puede notar que los parámetros diámetro, altura y volumen disminuyeron, al contrario del factor de expansión (relación diámetro – altura) y de la densidad (relación masa – volumen, AACCC 1983) que incrementaron al aumentar el porcentaje de sustitución de 2 a 100% (Srivastava, 2012). La disminución del diámetro y la altura se debe a la mayor capacidad de retención de agua del camote. La disminución del volumen y el aumento de la densidad de forma lineal, se debe

al alto contenido de fibra de la harina de camote (Srivastava, 2012). Esto puede tener un impacto negativo en la decisión de compra, ya que los consumidores podrían preferir galletas con mayor altura que las más delgadas y livianas por el mismo precio (Kolawole et al., 2020).

Tabla 3

Características físicas y sensoriales de las galletas con harina de camote

Objetivo de la investigación	% Sustitución	Propiedades de las galletas			Evaluación sensorial	Referencia
		Características físicas	Textura	Color		
Evaluación de la calidad de galletas (cookies y crackers) enriquecidas con harina de camote	2,5, 5, 7,5 10	↓ Volumen ↑ factor de expansión	↓ Dureza ↓ Fracturabilidad en galletas crackers, ↑ ligeramente en cookies	↓ L* en crackers ↑ L* en cookies ↑ b* a* crackers > a* cookies ↑ Croma	↓ Gusto y sabor ↓ Textura Aceptación general mayor al control con sustituciones de 2,5 a 5 % en cookies , con 7,5 % en crackers Prueba descriptiva	(Lauková et al., 2019)
Evaluar la calidad de galletas elaboradas con harina de camote	20, 40, 60, 80, 100	↓ Altura ↓ Volumen ↑ Factor de expansión ↑ Densidad	-	-	↓ color ↓ gusto ↓ sabor ↓ Textura Aceptación general (sustitución 40%) Escala hedónica de 9 puntos	(Srivastava, 2012)
Investigar el efecto del tamaño de partícula de la harina de camote naranja en las características físicas sensoriales y nutricionales de galletas	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	↓ Altura ↑ Diámetro ↑ Factor de expansión ↓ Volumen	↑ Dureza ↑ Fracturabilidad	↓ L* ↑ a* ↑ b* ↑ Croma	↓ color ↓ aroma ↓ frescura ↓ sabor ↓ Aceptación general Escala hedónica de 9 puntos	(Korese et al., 2021)

El valor bajo del factor de expansión en las galletas de control (100% trigo) indica una mayor viscosidad de la masa que minimiza su expansión (Korese, Chikpah, Hensel,

Pawelzik, & Sturm, 2021). También indica que las moléculas del almidón están altamente unidas con los gránulos, lo que limita el poder de hinchamiento durante el horneado. Al enfriarse, el almidón forma un gel rígido, la masa se hace menos viscosa y en consecuencia tiende a expandirse más, aumentando su diámetro (Lauková et al., 2019).

Con relación a las características de textura, la dureza es la propiedad que llama más la atención en los productos horneados porque se asocia con productos frescos. Se observó que al aumentar el porcentaje de sustitución, en un rango de 2 a 10%, disminuye la dureza. En general, las galletas muy duras no son aceptadas, deben tener una adecuada dureza, es decir la suficiente para mantener su forma durante la transportación, pero fáciles de fracturar cuando se mastican en la boca. La fracturabilidad disminuyó en las galletas crackers y aumentó en las galletas cookies en porcentajes de sustitución del 2,5% al 10 % (Lauková et al., 2019). Por el contrario, Zhu & Sun, 2019, observaron que la adición gradual de harina de camote provoca cambios en la dureza de una manera no lineal, razón por la cual Korese et al. (2021) observaron un aumento en la dureza de las galletas hasta un 70% de sustitución y luego una disminución, ocasionada por el aumento en el contenido de humedad que también causó cambios en la fracturabilidad.

En cuanto al color, se debe recordar que es uno de los parámetros de calidad más importantes en el producto alimenticio. Los alimentos con alto contenido de fibra expuestos a altas temperaturas se oscurecen por el pardeamiento no enzimático (Lauková et al., 2019). Se esperaría que las galletas de camote presenten un color más oscuro por su contenido mayor de azúcar y por las reacciones de Maillard (Kolawole et al., 2020). Sin embargo, esto parece depender del tipo de galleta, de acuerdo con los resultados de Lauková et al.

(2019), las galletas crackers fueron más oscuras (disminuye L^*) y las galletas cookies fueron más claras al aumentar el porcentaje de sustitución. Los valores de a^* y b^* aumentaron con el porcentaje de sustitución con harina de camote, este cambio se asocia con los β -carotenos y otros pigmentos que tiene la harina de camote (Korese et al., 2021). En definitiva, la adición de harina de camote afecta significativamente el color de las galletas, estos posibles cambios pueden limitar su aplicación potencial en alimentos (Lauková et al., 2019).

Acerca de las características sensoriales, como color, sabor, textura y aceptación general, las de las galletas de trigo superaron a las de camote, a excepción del parámetro de sensaciones bucales según Kolawole et al. (2020). Para Lauková et. al (2019) el sabor disminuyó a medida que aumentó la sustitución de harina de camote de 2,5 a 10%, debido al sabor típico y a la caramelización del azúcar libre del camote durante el horneado. A pesar de esto, las galletas cookies con las sustituciones de 2,5 y 5% obtuvieron mayor aceptación general que el control, en las galletas crackers la mayor aceptación general corresponde a la sustitución de 7,5% que iguala al control. Srivastava (2012) indica que las galletas con sustitución del 40% alcanzaron los mayores valores en los parámetros de color, sabor, textura y aceptación general pero no superaron al control.

Finalmente, se encontró que el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante aumentaron con el nivel de sustitución de la harina de camote. En galletas con sustitución del 30% con harina de camote naranja, el contenido de β -carotenos aumentó 1953 veces respecto al control, los polifenoles totales y la capacidad antioxidante se duplicaron (Korese et al., 2021).

Pasteles.

La sustitución con harina de camote afectó la composición proximal en los pasteles (Tabla 4). En sustituciones de 20 a 100%, la humedad disminuyó hasta un 10% con la sustitución del 100% (Agu, Yunana, & Jideani, 2021). En pasteles con sustitución del 5 al 15% , se observó el mismo comportamiento, además de una disminución de humedad al aumentar el tiempo de almacenamiento (Nagib & Zidan, 2019). Sin embargo, estos resultados se contradicen con los obtenidos por otros autores. El Tayeb, Abdelhay, & Salem (2015) obtuvieron un aumento de humedad del 6,84% y 9,17% para pasteles con 30% de sustitución con harina de camote blanco y naranja respectivamente. Mientras que Okori & Onyeneke (2012) obtuvieron un aumento de humedad del 13% en pasteles con sustitución del 50% de harina de camote naranja, con respecto al control 100% harina de trigo. Estas variaciones en los resultados pueden deberse al método y a la fórmula usada para la elaboración del pastel (Okorie & Onyeneke, 2012). Una formulación alta en huevos puede contribuir al aumento de agua, ya que en su mayor parte contienen agua (Agu et al., 2021).

En pasteles con sustituciones de 20 a 80% la cantidad de proteína no varió significativamente, pero en pasteles con 100% harina de camote, la proteína disminuyó un 5,71% (Agu et al., 2021), resultados similares obtuvieron El Tayeb et al. (2015) y Okorie & Onyeneke (2012).

En relación a la fibra, no se evidenció que aumente por la adición de harina de camote. Agu et al. (2012) no encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra de los pasteles con sustitución de 20 a 100% de harina de camote y el control (100 % harina

de trigo), mientras que Okori & Onyeneke (2012) no encontraron fibra cruda en las muestras analizadas.

Tabla 4

. Composición proximal de pasteles con harina de camote

Objetivo de la investigación	% sustitución	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Referencia
Determinar las propiedades físicas, químicas y sensoriales de pasteles de camote blanco y naranja	10, 20, 30% camote blanco	23,01 – 23,54 (21,84)	7,30 – 6,65 (8,68)	0,83 – 0,67 (0,66)	43,67 – 42,91 (43,27)	20,11 – 15,71 (21,9)	3,65 – 3,52 (3,65)	(El Tayeb et al., 2015)
	10, 20, 30% camote naranja	27,11 – 28,13 (21,84)	6,22 – 4,54 (8,68)	0,65 – 0,79 (0,66)	42,13 – 40,04 (43,27)	14,00 – 16,62 (21,9)	3,89 – 3,90 (3,65)	
Evaluar las propiedades de calidad de pasteles con una mezcla de harina de camote local y harina de trigo	10, 20, 30, 40, 50%	26,01 – 27,22 (23,99)	6,64 – 5,83 (6,85)	-	44,76 – 40,40 (47,25)	20,59 – 22,50 (20,02)	0,90 – 1,04 (0,89)	(Okorie & Onyeneke, 2012)
Establecer la aceptación de snacks de camote de pulpa amarilla y harina de trigo	20, 40, 60, 80, 100%	13,12 – 12,06 (13,40)	11,10 – 10,88 (11,54)	1,69 – 1,81 (1,92)	51,19 – 50,48 (49,95)	20,36 – 20,91 (20,31)	2,55 – 3,87 (2,89)	(Agu et al., 2021)

En negrita y en paréntesis, se encuentra el valor del control (100% harina de trigo)

En cuanto a la evaluación sensorial, no se encontraron diferencias significativas en el color, apariencia, sabor, esponjosidad, sensación en boca y aceptación general en los pasteles con sustitución de 20 y 40 %, mientras que el reemplazo de 100 % con harina de camote obtuvo los valores más bajos en todos los parámetros evaluados (Agu et al., 2021). Los pasteles con 30% de sustitución con harina de camote blanco obtuvieron los puntajes más bajos en textura, color sabor y olor, los más altos los obtuvieron los de sustitución de 20% con harina de camote naranja (El Tayeb et al., 2015).

Con respecto a las propiedades físicas, se pudieron notar diferencias, como el aumento de altura, volumen y peso específico en porcentajes de sustitución del 10 al 30%, debido al mayor contenido de humedad de los pasteles por la mayor capacidad de absorción de agua de la fibra. El incremento de altura, volumen y volumen específico se alcanzó con harina de camote blanco, los cuales aumentaron 5,4 %, 5,4% y 37 % respectivamente (El Tayeb et al., 2015). Sin embargo, se ha observado que la mayoría de pasteles con fibra presentan un descenso en el volumen y altura, ya que se produce una disminución en la capacidad de retención de gases. Pero, al parecer el volumen de los pasteles depende de la naturaleza y de la cantidad de la fibra añadida (Aydogdu, Sumnu, & Sahin, 2018). Concretamente, la adición de avena en pocas cantidades mejora el volumen de los pasteles. La explicación de este fenómeno se encuentra en la viscosidad, esta debe ser la adecuada para que la masa pueda retener el aire incorporado durante el mezclado y el producido por el polvo de hornear durante el horneado. De tal forma que un pequeño incremento de la viscosidad de la masa ayuda a retener gases y como consecuencia aumenta el volumen. Por el contrario un excesivo aumento de la viscosidad puede impedir la expansión y por tanto disminuir el volumen (Gómez, Moraleja, Oliete, Ruiz, & Caballero, 2010).

Las propiedades de textura como dureza, masticabilidad y cohesividad de los pasteles con sustitución de harina de camote de 10% a 30% mejoraron y son comparables con las del control (100% harina de trigo) (El Tayeb et al., 2015). Estudios previos han demostrado que la adición de fibra aumenta la dureza de los pasteles, pero este parámetro está relacionado con el volumen. Un mayor volumen significa mayor cantidad de aire atrapado que disminuye la dureza de los pasteles (Gularte, de la Hera, Gómez, & Rosell, 2012).

En síntesis, la sustitución con harina de camote hasta el 30% en base panadera se recomienda en la elaboración de pasteles porque mejora sus atributos sensoriales (Okorie & Onyeneke, 2012), a más de convertir a los pasteles en una alternativa de buena palatabilidad y relativamente bajo costo para la suplementación de nutrientes (Netto Rangel et al., 2011).

Desafíos y Tendencias

Dentro de los objetivos del desarrollo sostenible están la seguridad alimentaria y la salud (ONU, 2021). Con el fin de cumplir dichos objetivos, ha aumentado la tendencia a aprovechar los cultivos propios de cada región, alargando su vida útil o añadiéndolos en productos de consumo masivo. El camote, por sus características nutricionales, puede ser una alternativa para la escasez alimentaria en países en vías de desarrollo (Vidal et al., 2018). El reemplazo parcial de harina de trigo por harina de otros cultivos como raíces o tubérculos es una estrategia potencial para superar la escasez de trigo, en países como Etiopía, ocasionado por el incremento del precio de trigo en el mercado internacional (Mitiku et al., 2018). En Ecuador, el camote contribuye a la seguridad alimentaria combatiendo la malnutrición en áreas marginales. Sus bajos costos de producción hacen que este tubérculo sea apropiado para extensiones pequeñas, específicamente zonas de Manabí, Guayas y Los Ríos (INIAP, 2020). En las naciones industrializadas, el consumo de camote está progresivamente disminuyendo, por tanto el desarrollo de productos de camote procesados es una forma de expandir el consumo (Ahmed, Akter, & Eun, 2010a).

Por otra parte, los productos horneados a base de cereales son vistos en su mayoría como alimentos poco saludables, por el alto contenido de grasas y azúcares, que han contribuido a los problemas de obesidad en niños y jóvenes (Torres, 2009). Y aunque la mayoría de sus consumidores están conscientes de los efectos en su salud, están acostumbrados a determinados sabores y texturas que les otorgan placer a la vez que sacian su hambre. Así que se les hace muy difícil cambiar a productos más saludables que no tengan el sabor y textura a los que están habituados (Schlinkert, Gillebaart, Benjamins, Poelman, & de Ridder, 2020).

En cambio los consumidores que buscan alternativas con mejores perfiles nutricionales como el pan con sustitución parcial con harina de camote, esperan panes grandes con un sabor característico fuerte a camote (Okello et al., 2021). Esto constituye un problema, porque grandes cantidades de harina de camote en el pan afectan negativamente sus características físicas y sensoriales.

Otro desafío es el de mantener los efectos positivos de los compuestos funcionales durante el procesamiento de los productos horneados a base de cereales. La adición de polifenoles aumenta la actividad antioxidante, pueden inhibir la formación de acrilamida generada durante el proceso térmico y disminuir el nivel postprandial de glucosa. Sin embargo, pueden causar un impacto negativo en el color, sabor y textura de los productos horneados, a más de la reducción de la biodisponibilidad de los polifenoles agregados,

puesto que la mayoría de ellos son muy reactivos y sensibles al calor (Ou, Wang, Zheng, & Ou, 2019)

CONCLUSIONES

La adición de harina de camote mejora el perfil nutricional y la capacidad antioxidante de los productos horneados a base de harina de trigo, pero les causa cambios en las características físicas y sensoriales. Entre los cambios más importantes están la disminución del volumen, variaciones en la textura, especialmente la dureza, y afectaciones al color. La gravedad de estas variaciones depende del porcentaje de sustitución y del producto. El producto más afectado es el pan, debido a que la harina de camote, por su alto contenido de fibra diluye el gluten, disminuyendo así la capacidad de la masa de retener dióxido de carbono y de estirarse. Por otro lado, los pasteles son los productos que mayor porcentaje de sustitución con harina de camote pueden soportar sin mayor afectación en sus propiedades físicas y sensoriales. De hecho, determinados porcentajes de sustitución mejoran las características sensoriales.

En general, se puede asegurar que el camote es una buena alternativa para enriquecer nutricionalmente a los productos horneados de trigo, y así cumplir con la demanda del mercado de snacks más saludables. El desafío está en encontrar la combinación de harina de camote-harina de trigo adecuada que no provoque mayores cambios sensoriales y que pueda competir con los productos tradicionales.

REFERENCIAS

- Abegunde, O. K., Mu, T. H., Chen, J. W., & Deng, F. M. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.03.005>
- Agu, H. O., Yunana, R., & Jideani, A. I. O. (2021). Development and acceptability of snacks from yellow-fleshed sweet potato and wheat flours. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), 0–2. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14851>
- Ahmed, M., Akter, M. S., & Eun, J. B. (2010a). Impact of α -amylase and maltodextrin on physicochemical, functional and antioxidant capacity of spray-dried purple sweet potato flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(3), 494–502. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3845>
- Ahmed, M., Akter, M. S., & Eun, J. B. (2010b). Peeling, drying temperatures, and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. *Food Chemistry*, 121(1), 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.015>
- Aina, A. J., Falade, K. O., Akingbala, J. O., & Titus, P. (2012). Physicochemical Properties of Caribbean Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) Starches. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 576–583. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0316-6>
- Aparecida Pereira, A. P., Pedrosa Silva Clerici, M. T., Schmiele, M., Gioia Júnior, L. C., Nojima, M. A., Steel, C. J., ... Nabeshima, E. H. (2019). Orange-fleshed sweet potato flour as a precursor of aroma and color of sourdough panettones. *Lwt*, 101(October 2018), 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.091>
- Aydogdu, A., Sumnu, G., & Sahin, S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 667–677. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2976-y>
- Ayo-Omogie, H. N. (2020). Gluten-Reduced Sweet Potato-Wheat Bread: Influence of Fermented Sweet Potato Flour Addition on Bread Quality and Dough Rheology. *Journal of Culinary Science and Technology*, 00(00), 1–27. <https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1738297>
- Azeem, M., Mu, T. H., & Zhang, M. (2020). Influence of particle size distribution of orange-fleshed sweet potato flour on dough rheology and simulated gastrointestinal digestion of sweet potato-wheat bread. *Lwt*, 131(January), 109690. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109690>
- Bchir, B., Rabetafika, H. N., Paquot, M., & Blecker, C. (2014). Effect of Pear, Apple and Date Fibres from Cooked Fruit By-products on Dough Performance and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4), 1114–1127. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1148-y>
- Cauvain, S. (2003). *Breadmaking: an overview*. *Bread Making*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781855737129.8>

- Charmongkolpradit, S., Somboon, T., Phatchana, R., Sang-Aroon, W., & Tanwanichkul, B. (2021). Influence of drying temperature on anthocyanin and moisture contents in purple waxy corn kernel using a tunnel dryer. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25(February). <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100886>
- Chikpah, S. K., Korese, J. K., Hensel, O., Sturm, B., & Pawelzik, E. (2021). Rheological properties of dough and bread quality characteristics as influenced by the proportion of wheat flour substitution with orange - fleshed sweet potato and baking conditions. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111515>
- Clifford, I. O., Kingsley, E., Chika, C. O., & Chinyere, I. I. (2014). Effects of Osmotic Dewatering and Oven Drying on β -Carotene Content of Sliced Light Yellow-Fleshed Sweet Potato (*Ipomea batatas* L.). *Nigerian Food Journal*, 32(2), 25–32. [https://doi.org/10.1016/s0189-7241\(15\)30114-4](https://doi.org/10.1016/s0189-7241(15)30114-4)
- Correa, M., Pérez, C., Teresa, A., Villegas, D., & Marina, A. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*, 26(2), 182–188.
- Curayag, Q. A. L., Dizon, E. I., & Hurtada, W. A. (2019). Antioxidant activity, chemical and nutritional properties of raw and processed purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). *Cogent Food & Agriculture*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1662930>
- El Tayeb, T. S., Abdelhay, H. M., & Salem, E. A. (2015). Chemical, Physical and Sensory Properties of Sweet Potato Cake. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 93(1), 101–115. <https://doi.org/10.21608/ejar.2015.152780>
- Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E., & Caballero, P. A. (2010). Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 43(1), 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.026>
- Gularte, M. A., de la Hera, E., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT - Food Science and Technology*, 48(2), 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.015>
- Hathorn, C. S., Biswas, M. A., Gichuhi, P. N., & Bovell-Benjamin, A. C. (2008). Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT - Food Science and Technology*, 41(5), 803–815. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.06.020>
- INIAP. (2020). Camote, un alimento con gran potencial para combatir la desnutrición. Retrieved from <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/camote-un-alimento-con-gran-potencial-para-combatir-la-desnutricion/>
- Ioannou, I., Hafsa, I., Hamdi, S., Charbonnel, C., & Ghoul, M. (2012). Review of the effects of food processing and formulation on flavonol and anthocyanin behaviour. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 208–217. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.006>
- Kolawole, F. L., Akinwande, B. A., & Ade-Omowaye, B. I. O. (2020). Physicochemical

- properties of novel cookies produced from orange-fleshed sweet potato cookies enriched with sclerotium of edible mushroom (*Pleurotus tuberregium*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(2), 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.09.001>
- Korese, J. K., Chikpah, S. K., Hensel, O., Pawelzik, E., & Sturm, B. (2021). Effect of orange-fleshed sweet potato flour particle size and degree of wheat flour substitution on physical, nutritional, textural and sensory properties of cookies. *European Food Research and Technology*, 247(4), 889–905. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03672-z>
- Kringel, D. H., El Halal, S. L. M., Zavareze, E. D. R., & Dias, A. R. G. (2020). Methods for the extraction of roots, tubers, pulses, pseudocereals, and other unconventional starches sources: A review. *Starch - Stärke*, 72(11–12), 1900234. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.201900234>
- Kusumayanti, H., Handayani, N. A., & Santosa, H. (2015). Swelling Power and Water Solubility of Cassava and Sweet Potatoes Flour. *Procedia Environmental Sciences*, 23(Ictcred 2014), 164–167. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.025>
- Lauková, M., Minarovičová, L., Karovičová, J., & Kohajdová, Z. (2019). Quality evaluation of sweet potato powder-enriched cereal products. *Food Science and Technology International*, 25(6), 523–532. <https://doi.org/10.1177/1082013219842711>
- Liu, X., Yang, L., Zhao, S., & Zhang, H. (2020). Characterization of the dough rheological and steamed bread fortified with extruded purple sweet potato flour. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 765–776. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1733600>
- Lu, G., & Gao, Q. (2011). *Use of Sweet Potato in Bread and Flour Fortification. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10037-6>
- Martins, Z. E., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 106–128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
- Mitiku, D. H., Abera, S., Bussa, N., & Abera, T. (2018). Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour. *British Food Journal*, 120(8), 1764–1775. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2018-0015>
- Monteros-Altamirano, A., Paredes, D., Buitrón-Bustamante, J., Tapia, C., & Peña, G. (2021). Genetic diversity of sweet potatoes [*Ipomoea batatas* (L) Lam.] in Ecuador. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(1), 307–320. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00987-4>
- Monthe, O. C., Grosmaire, L., Nguimbou, R. M., Dahdouh, L., Ricci, J., Tran, T., & Ndjouenkeu, R. (2019). Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. *Lwt*, 101(March 2018), 575–582. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.051>

- Motato, N., Cevallos, L., Menendez, J., Anchundia, C., & Anchundia, M. (2016). “Alternativas de siembra del camote (*Ipomoea batatas* L.) para el cantón Jaramillo, provincia de Manabí.” *Revista Espamciencia*, 7(1), 7–14. Retrieved from <http://investigacion.espam.edu.ec/index.php/Revista/article/view/193/161>
- Nagib, R. M., & Zidan, N. S. (2019). Fortification of Cake with Sweet Potato and Beetroot Flour as Natural Antioxidant During Storage. *Alexandria Science Exchange Journal*, 40(4), 754–766. <https://doi.org/10.21608/asejaiqsae.2019.70264>
- Ndayishimiye, J. B., Huang, W. N., Wang, F., Chen, Y. zheng, Letsididi, R., Rayas-Duarte, P., ... Tang, X. juan. (2016). Rheological and functional properties of composite sweet potato – wheat dough as affected by transglutaminase and ascorbic acid. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1178–1188. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2004-z>
- Netto Rangel, C., Moreira da Silva, E. M., Salvador, L., Figueiredo, R., Watanabe, E., Carvalho da Silva, J. B., ... Regini Nutti, M. (2011). Sensory evaluation of cakes prepared with orange-fleshed sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.). *Perspectivas En Nutrición Humanautrición Humana*, 13(2), 203–211.
- Ngoma, K., Mashau, M. E., & Silungwe, H. (2019). Physicochemical and Functional Properties of Chemically Pretreated Ndou Sweet Potato Flour. *International Journal of Food Science*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4158213>
- Nzamwita, M., Duodu, K. G., & Minnaar, A. (2017). Stability of β -carotene during baking of orange-fleshed sweet potato-wheat composite bread and estimated contribution to vitamin A requirements. *Food Chemistry*, 228, 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.133>
- Okello, J. J., Shiundu, F. M., Mwendu, J., Lagerkvist, C. J., Nyikal, R. A., Muoki, P., ... Heck, S. (2021). Quality and psychosocial factors influencing purchase of orange-fleshed sweet potato bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1432–1446. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14822>
- Okorie, S. U., & Onyeneke, E. . (2012). Production and Quality Evaluation of Baked Cake. *Natural and Applied Sciences*, 3(2), 171–177. Retrieved from www.savap.org.pk/www.journals.savap.org.pk
- ONU. (2021). Hambre y Seguridad Alimentaria. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Ou, J., Wang, M., Zheng, J., & Ou, S. (2019). Positive and negative effects of polyphenol incorporation in baked foods. *Food Chemistry*, 284(September 2018), 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.096>
- Pacheco, M. T., Hernández-Hernández, O., Moreno, F. J., & Villamiel, M. (2020). Andean tubers grown in Ecuador: New sources of functional ingredients. *Food Bioscience*, 35(November 2018), 100601. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100601>
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Centomani, I., Paradiso, V. M., Minervini, D., Caponio, F., & Summo, C. (2017). Bread making aptitude of mixtures of re-milled semolina and

- selected durum wheat milling by-products. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.032>
- Rodriguez-Amaya, D. B., Nutti, M. R., & Viana de Carvalho, J. L. (2011). Carotenoids of Sweet Potato, Cassava, and Maize and Their Use in Bread and Flour Fortification. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, 301–311. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10028-5>
- Ruttarattanamongkol, K., Chittrakorn, S., Weerawatanakorn, M., & Dangpium, N. (2016). Effect of drying conditions on properties, pigments and antioxidant activity retentions of pretreated orange and purple - fleshed sweet potato flours. *Food Science and Technology*, 53(4), 1811–1822.
- Sacón, E., Bernal, I., Dueñas, A., Cobeña, G., & López, N. (2016). Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Teconología Química*, XXXVI(3), 457.
- Schlinkert, C., Gillebaart, M., Benjamins, J., Poelman, M., & de Ridder, D. (2020). The snack that has it all: People's associations with ideal snacks. *Appetite*, 152(April), 104722. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104722>
- Srivastava, S. (2012). Preparation and Quality Evaluation of Flour and Biscuit from Sweet Potato. *Journal of Food Processing & Technology*, 03(12). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000192>
- Struck, S., Straube, D., Zahn, S., & Rohm, H. (2018). Interaction of wheat macromolecules and berry pomace in model dough: Rheology and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 223, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.011>
- Sudha, M. L., Baskaran, V., & Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104(2), 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.016>
- Tang, Y., Cai, W., & Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Science and Human Wellness*, 4(3), 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.07.003>
- Torres, E. R. (2009). En el mundo de los snacks. *Industria Alimenticia*, 16–24.
- Trejo-González, A. S., Loyo-González, A. G., & Mungui'a-Mazariegos, M. R. (2014). Evaluation of bread made from composite wheat-sweet potato flours. *International Food Research Journal*, 21(4), 1683–1688.
- Vidal, A. R., Zaucedo - Zuñiga, A. L., & Ramos- García, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2), 1–188.
- Wang, H., Yang, Q., Ferdinand, U., Gong, X., Qu, Y., Gao, W., ... Liu, M. (2020). Isolation and characterization of starch from light yellow, orange, and purple sweet potatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160, 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.259>

- Wang, H., Yang, Q., Gao, L., Gong, X., Qu, Y., & Feng, B. (2020). Functional and physicochemical properties of flours and starches from different tuber crops. *International Journal of Biological Macromolecules*, *148*, 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.146>
- Xu, J., Li, Y., Zhao, Y., Wang, D., & Wang, W. (2021). Influence of antioxidant dietary fiber on dough properties and bread qualities: A review. *Journal of Functional Foods*, *80*, 104434. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104434>
- Yin, J., Cheng, L., Hong, Y., Li, Z. feng, Li, C. ming, Ban, X. feng, & Gu, Z. biao. (2021). Use of two-stage dough mixing process in improving water distribution of dough and qualities of bread made from wheat–potato flour. *Journal of Integrative Agriculture*, *20*(1), 300–310. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63433-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63433-5)
- Zaidul, I. S. M., Norulaini, N. A. N., Omar, A. K. M., Yamauchi, H., & Noda, T. (2007). RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. *Carbohydrate Polymers*, *69*(4), 784–791. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.02.021>
- Zhou, D. N., Zhang, B., Chen, B., & Chen, H. Q. (2017). Effects of oligosaccharides on pasting, thermal and rheological properties of sweet potato starch. *Food Chemistry*, *230*, 516–523. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.088>
- Zhu, F., & Sun, J. (2019). Physicochemical and sensory properties of steamed bread fortified with purple sweet potato flour. *Food Bioscience*, *30*(May), 100411. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.04.012>