

**Potencial de las harinas compuestas y su comportamiento reológico y sensorial
en panificación**

Nombre

Mabel Yurani Rodríguez Toro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería-ECBTI
Ingeniería de alimentos
Agosto 2022

**Potencial de las harinas compuestas y su comportamiento reológico y sensorial en
panificación**

Nombre

Mabel Yurani Rodríguez Toro

Monografía

Directora

Magda Piedad Valdés Restrepo. Ph.D

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería-ECBTI

Ingeniería de Alimentos

Agosto 2022

Dedicatoria

Este logro va dedicado primeramente a Dios por permitirme avanzar con la investigación y por ser mi fortaleza en momentos adversos, a mi madre y a mi familia por el apoyo incondicional, a mis tutores de la UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD por todas las enseñanzas académicas. Hoy puedo afirmar que con esfuerzo, dedicación y perseverancia se puede alcanzar cualquier objetivo.

Agradecimientos

Le agradezco primeramente a Dios por darme la vida, para luchar por lo que quiero ser, y por brindarme a lo largo de este camino personas con las fui construyendo esta bonita etapa de mi vida.

A mi madre, fuente de inspiración para conseguir y luchar día a día todos mis propósitos y sueños, ya que al ser la persona más importante en mi vida es a quien deseo demostrarle todos mis esfuerzos.

A mi hermana por su apoyo incondicional y por ser mi ejemplo a seguir, por enseñarme que si nos esforzamos y luchamos por lo que queremos lo podemos conseguir.

A mi directora y asesora de esta investigación, por orientarme académica y motivacionalmente, por su paciencia, dedicación y por contribuir a mi formación profesional.

Resumen

Hoy en día existe un interés creciente por los productos de panificación, con mejores propiedades nutritivas y mejor calidad. La mejora de los productos de panadería es excepcionalmente útil ya que el consumo de harina es muy significativo, por lo tanto, esta monografía revisa algunos aspectos relacionados con el potencial de las harinas compuestas y su comportamiento reológico y sensorial en productos de panificación a través de las investigaciones que se han hecho a nivel mundial, donde la harina de trigo es remplazada parcialmente por harinas vegetales o diferentes fuentes de insumos que dan un valor agregado a los productos. La investigación de estos productos innovadores es muy minuciosa, ya que el remplazo de la harina de trigo puede traer consigo diferentes cambios. Las cualidades finales del producto se ven comprometidas, tanto las propiedades reológicas como los atributos sensoriales son los que definen la calidad de un producto de panificación y por ende la aceptación del mismo por parte de los consumidores. Se sabe que la harina de trigo es la más empleada en panificación debido a sus componentes, sin embargo, en la actualidad también se utilizan harinas de otros granos, por ejemplo, de maíz, centeno, ahuyama, quinua, amaranto y otros. El desarrollo de productos elaborados con harina de trigo y otros cereales o vegetales son una opción para obtener productos de buena calidad asemejándose a la demanda por parte de los consumidores.

Palabras clave: Granos, cereales, legumbres, valor biológico, harinas compuestas, panificación, reología.

Abstract

Baking has developed and today there is a growing interest in good quality products with better nutritional properties. The improvement of bakery products is exceptionally useful since flour consumption is significant and huge, therefore, this monograph will review some aspects related to composite flours through the research that has been done worldwide where wheat flour is partially replaced by vegetable flours or different sources of inputs that give an added value to the products. The research of these innovative products is very thorough, since the replacement of wheat flour can bring about different changes in which the final qualities of the product are compromised, both rheological properties and sensory attributes are those that define the quality of a bakery product and therefore its acceptance by consumers. It is known that wheat flour is the most commonly used flour in baking due to its components; however, at present, flours from other grains are also used, for example, corn, rye, pumpkin, quinoa, amaranth and others. The development of products made with wheat flour and other cereals or vegetables is an option to obtain good quality products similar to consumer demand.

Key words: Grains, cereals, legumes, biological value, composite flours, baking, rheology.

Tabla de Contenido

Introducción	13
Planteamiento del problema.....	15
Justificación	17
Objetivos.....	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Marco Conceptual.....	20
Cereales	20
Legumbres	20
Productos de Panificación	21
Trigo	21
Amasado	21
Fermentación.....	22
Cocción.....	22
Harinas compuestas.....	22
Reología.....	23
Características sensoriales.....	24
Marco Teórico.....	25

Cereales Potenciales en Harinas Compuestas y Sustitución Parcial de Harina de Trigo	25
.....	25
<i>Harina de Trigo</i>	25
<i>Harina de Quinoa</i>	27
<i>Harina de Amaranto</i>	30
<i>Harina de Centeno</i>	31
<i>Harina de Triticale (Cereal Híbrido entre Trigo y Centeno)</i>	33
<i>Harina de Arroz</i>	35
<i>Harina de Avena</i>	37
<i>Harina de Maíz</i>	39
Legumbres, Tubérculos y Frutos Potenciales en Harinas Compuestas.....	41
<i>Harina de Ahuyama</i>	41
<i>Harina de Ñame</i>	43
<i>Harina de Jicama</i>	45
<i>Harina de Haba</i>	46
<i>Harina de Soya</i>	48
Componentes que Inciden el Comportamiento de la Sustitución Parcial del Trigo	51
Gluten	51
Almidón.....	54
Grasas	57

	9
Cenizas	58
Minerales	59
Humedad	59
Carbohidratos	60
Comportamiento Reológico de las Harinas Compuestas.....	61
Pruebas Reológicas.....	62
Equipos Usados para Medir la Reología de las Masas.....	63
<i>Farinografo</i>	63
<i>Equipo Mixolab de Chopin</i>	64
<i>Alveògrafo</i>	66
<i>El Alveo - Consistógrafo</i>	69
Calidad de las Masas	69
<i>Fuerza y Extensibilidad</i>	69
Propiedades Tecno-Funcionales.....	74
<i>Capacidad de Retención de Agua</i>	75
<i>La Capacidad de Hinchamiento</i>	76
<i>Capacidad Gelificante</i>	78
<i>Capacidad Espumante</i>	80
<i>Capacidad de Emulsificar</i>	81
<i>Tiempo de Desarrollo de la Masa</i>	82

Comportamiento sensorial de las harinas compuestas.....	83
Volumen Especifico	84
Color.....	85
Sabor.....	86
Olor.....	86
Textura.....	87
La Adhesividad.....	88
La Cohesividad.....	88
La Elasticidad	88
La masticabilidad	89
Aditivos para las Harinas Compuestas	90
Conclusiones.....	92
Recomendaciones	93
Referencias Bibliográficas.....	94

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Diferentes tipos de Fuerza para las Harinas</i>	71
Tabla 2 <i>Clasificación de la Harina según su Capacidad para Absorber Agua</i>	72
Tabla 3 <i>Clasificación del grado de hinchamiento en el alveografo</i>	78

Lista de figuras

Figura 1 <i>Harina y grano de trigo</i>	25
Figura 2 <i>Grano de Quinoa Chenopodium</i>	27
Figura 3 <i>Harina y grano de amaranto Amaranthus spp.</i>	30
Figura 4 <i>Harina y Grano de Centeno (Secale cereale L.)</i>	31
Figura 5 <i>Harina y grano de Triticale (Triticosecale)</i>	33
Figura 6 <i>Harina y Cultivo de Arroz Oryza sativa L</i>	35
Figura 7 <i>Grano de avena sativa</i>	37
Figura 8 <i>Harina y Grano de Maíz, Zea Mays</i>	39
Figura 9 <i>Cultivo de Ahuyama Cucurbita Maxima</i>	41
Figura 10 <i>Harina de ñame, Dioscorea sp</i>	43
Figura 11 <i>Tubèrculo de Jicama, Pachyrhizus Erosus</i>	45
Figura 12 <i>Harina y grano de haba, Vicia faba L</i>	46
Figura 13 <i>Grano de soya, Glycine max</i>	48
Figura 14 <i>Harinas empleadas en la produccion de productos in gluten</i>	53
Figura 15 <i>Alveógrafo</i>	67
Figura 16 <i>Características de las Masas en el Alveograma</i>	68

Introducción

Desde tiempos antiguos el pan ha sido uno de los componentes fundamentales de la dieta alimentaria del ser humano, la elaboración de pan con la aplicación de fermentación de las masas a partir de la levadura es uno de los procesos biotecnológicos más tradicionales por su antigüedad, ya que el trigo es un alimento básico de la humanidad y ahora mismo se podría decir que no hay país que no lo involucre en la alimentación diaria, ya sea en mayor o menor cantidad (Anticona, 2017). Así mismo, dentro del ámbito de la alimentación, los productos de panadería elaborados con harina de trigo son vistos como el alimento básico por excelencia (Quispe, 2020). El pan es un alimento excepcionalmente apetecido por la población, en este sentido es de vital importancia ofrecer nuevos tipos de harinas de diferentes cereales, lo que conlleva un alto beneficio nutricional al producto (Lozano, Esparza, y Sorolla, 2021). La mejora de los productos alimenticios que utilizan harinas compuestas ha generado un interés considerable, sobre todo en la producción de pan y pastelería (Cordero, et al., 2021).

La FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) propuso el reemplazo parcial de la harina de trigo por harinas sustitutas para incrementar la producción agrícola, disminuir las importaciones de las naciones poco desarrolladas y simultáneamente obtener un producto con mayor contenido nutricional. Y desde entonces hoy en día, la forma de hacer pan se ha ampliado con el avance de la industria de panificación y de tiendas de cadena. Además, la producción artesanal está igualmente en un periodo de extensión, desarrollo y evolución. La mejora de los productos sigue siendo inseparable de la globalización y las demandas (Quispe V. L., 2020). Según Freire (2019), el pan "Se trata de un producto preparado, resultante de la combinación de harina de trigo con algunas harinas como cebada,

soya, centeno arroz, maíz etc., con ingredientes como el agua, sal y con la presencia de agentes fermentativos".

Las harinas compuestas comprenden una fuente de innovación para la creación de alimentos, debido a que un gran número de la población se niega a consumir alimentos a base de harina, ya que presentan diferentes tipos de intolerancias con respecto a las prolaminas, que son la mayor parte de las proteínas del trigo (Andrade J. A., 2021). La obtención de fuentes de alimentos con el uso de las harinas compuestas puede mantener atributos similares a los productos hechos exclusivamente de harina de trigo; en cualquier caso, hay muchos más resultados positivos que se pueden lograr, entre ellos, impactos en los atributos sensoriales, propiedades reológicas, fisicoquímicas e incluso ventajas en cuanto a la salud debido a su contenido nutricional (Cordero, et al., 2021).

La escasa utilización de los diferentes cereales y las legumbres en la panificación puede ser atribuida a la falta de información sobre sus propiedades nutricionales. Las legumbres son una fuente importante de proteínas con un porcentaje del 18 y 32%, péptidos bioactivos y fibra, que se utilizan de forma recurrente como componentes en la industria alimentaria (Navarro 2014, citado en Cabrera y Fuenmayor 2020, pág. 90). Y los cereales son una fuente importante de energía en forma de carbohidratos y proteínas en un rango del 6 al 12%. Además, aportan minerales y nutrientes del tipo B.

Tanto las propiedades reológicas como los atributos sensoriales son los que van a contribuir en la calidad y aceptación del pan elaborado a partir de mezclas de harinas compuestas, es por ello que a través de numerosas investigaciones se pretende indagar en cuanto a el comportamiento de las materias primas, las masas y componentes de un producto de panificación.

Planteamiento del problema

Las harinas son el componente principal y esencial en panificación sobre todo la harina de trigo, hoy en día se ha logrado muy poco en la incorporación de nuevas harinas de diferentes tipos de cereales, legumbres y tubérculos o así mismo también poco se ha logrado en la sustitución parcial de la harina de trigo. Esto se debe a que la harina de trigo tiene componentes que se podría decir, que hasta el momento son ideales para hacer pan. La harina de trigo destaca por su gran fuente de carbohidratos complejos, así como en diferentes proteínas, lípidos, minerales esenciales y vitaminas. Entre las proteínas, la más destacada es el gluten, que tiene un valor muy alto ya que les proporciona mejor elasticidad a las masas, le da una mejor adaptabilidad al proceso de amasado, y permite que el producto de panificación (pan) sea más poroso y con un volumen más significativo (Bedón & Hernández, 2020). Teniendo en cuenta la cantidad de hidratos de carbono, la harina de trigo contiene un alto índice glucémico. (Bedón & Hernández, 2020). Este es un tema controversial ya que puede causar enfermedades en las personas que consumen productos que contengan trigo. Además de que en la actualidad el pan suele ser un alimento que se aparta de las dietas debido a su alto contenido de carbohidratos que puede causar problemas de sobrepeso si se consume en exceso. Y si a esto le sumamos uno de los factores y problemáticas más importantes a nivel mundial sobre la desnutrición, surge la necesidad de reemplazar parcialmente esta harina, para obtener productos con mejor contenido nutricional.

En este orden de ideas un producto que pueda reemplazar parcialmente la harina de trigo será más apto para la salud de las personas, pero se debe tener en cuenta que al reemplazar la harina de trigo se verán comprometidas las características finales del producto por lo cual este tema debe ser investigado. Hoy en día, las variedades de alimentos funcionales han tenido un impacto positivo en la industria alimentaria debido a que contribuye fundamentalmente a la salud

y más allá de esto también a la sostenibilidad, se considera que tanto algunos cereales, legumbres y tubérculos inusuales, pueden ofrecer ventajas extraordinarias y la participación de ellos en la fabricación de nuevos productos en panificación es posible. Hay poca exploración al respecto, sin embargo, la sustitución de la harina de trigo por harinas de cereales, legumbres y diferentes fuentes está todavía en proceso de avance, por lo que es importante concentrarse en lo siguiente:

¿Cómo se ve influenciado el comportamiento reológico y organoléptico de la sustitución parcial de harina de trigo en la masa para productos de panificación?

Justificación

Hoy en día, los tipos de legumbres y cereales han adquirido un interés considerable por su posible uso en panificación debido a su alto contenido en nutrientes, minerales, ácidos esenciales y fibra. En general, los productos de panificación no cumplen completamente con los requisitos nutritivos. Esto se debe a que el cereal más utilizado es el trigo, en parte porque es materia prima principal de algunas regiones y también por ser uno de los cereales primordiales en la industria alimentaria, sin tener en cuenta que hay otros cereales con un alto potencial y sobre todo con un alto contenido nutricional, tanto las legumbres como los cereales son una fuente de alto contenido en nutrientes, sus propiedades pueden ser una alternativa para innovar y mejorar en la industria de panificación, obteniendo así productos de mejor calidad y con alto valor nutricional.

Con esta investigación se pretende contribuir a toda la cadena de suministro de la industria panadera, ya que los especialistas en panadería querrán realmente suplir una parte de la harina de trigo, utilizando mezclas de harinas compuestas que adquieran atributos similares como la convencional. Asimismo, contribuir a la problemática de las importaciones de trigo en algunas regiones. Esto está relacionado con la insuficiencia de trigo como materia prima; en general, esto es un problema debido a que no existen las condiciones climáticas necesarias para producir este cereal, aparte de que la producción de esta harina es más costosa. Por ello es esencial concentrarse en las harinas compuestas ya que, suponiendo que la harina de trigo genera mayores costos, los gastos de producción pueden ser disminuidos, los productos obtenidos de diferentes harinas son de gasto moderado, por ejemplo, la harina de *Cucurbita moschata* es única ya que tiene un alto contenido de carotenos, provitamina A y tiene un costo de producción moderado, es igualmente un vegetal con alto potencial agro-alimentario. Con la utilización de las

harinas compuestas, se logra obtener productos de mejor calidad en cuanto a su contenido nutricional, propiedades organolépticas y probablemente reducir costos de producción.

Objetivos

Objetivo General

Indagar sobre el potencial de las harinas compuestas y su comportamiento reológico y sensorial en productos de panificación.

Objetivos Específicos

Recopilar información sobre las materias primas con potencial como harinas compuestas en panificación.

Identificar los componentes que inciden en la sustitución parcial de la harina de trigo.

Determinar el comportamiento reológico y sensorial de las harinas compuestas en panificación.

Marco Conceptual

Cereales

Los cereales son frutos naturales monospermos o granos, tienen una envoltura exterior que encierra un endospermo blando del que se obtiene la harina y el embrión incipiente. Los cereales abruman la creación agrícola mundial, dan la increíble masa de suplementos para el hombre y son un alimento básico importante. Los cereales son una fuente importante de energía en forma de carbohidratos y valiosas proteínas entre el 6 y el 12%. Además, aportan minerales y vitaminas de tipo B, en cantidades que dependen del proceso de elaboración y manipulación (Felipe, 2006).

El contenido en proteínas de los cereales es importante por dos razones: la primera es que las proteínas son un suplemento importante en nuestro plan alimenticio, por lo que el tipo y la cantidad son importantes desde el punto de vista de la salud. Además, la cantidad y el tipo de proteína deciden su utilización, por lo que el contenido de proteína es uno de los factores principales en la calidad de la harina para hornear (Felipe, 2006).

Legumbres

Las legumbres secas son semillas desecadas de plantas leguminosas que producen de una a doce semillas de distinto tamaño, forma y variedad de colores en una vaina, ya sea para su uso en el consumo humano o como alimento para animales. Las legumbres se consumen en todas partes, utilizándose en guisos, harinas, purés, acompañamientos, repostería etc (FAO, 2016). Estas son una de las principales fuentes de proteína de origen vegetal; además, tras su utilización, además contribuyen a la salud y el bienestar humano, ya que ayudan a disminuir los niveles de glucosa en sangre, ya que se consideran un alimento de bajo índice glucémico, favorecen el

bienestar óseo y contienen mezclas bioactivas con diversos beneficios, las legumbres son vistas como alimentos completos ya que contienen proteínas, carbohidratos, minerales, nutrientes, entre otras partes de la dieta (Marcos, Canseco, Oliart, & Ramirez, 2021)

Productos de Panificación

El pan es visto como uno de los más relevantes en la importancia de la alimentación y generalmente uno de los más demandados en el planeta (Freire, 2019). La idea de pan proviene de la palabra *panis*, un alimento que en su mayoría se produce con harina de trigo, levadura, agua y sal que pasa por un ciclo de maduración y es expuesto a altas temperaturas (Gómez, Caballero, & Maldonado, 2021).

Trigo

El trigo se encuentra dentro del grupo de los cereales, por lo general este no se consume de forma directa, sino que su grano se expone a un ciclo de procesamiento para obtener principalmente harina y otros tipos productos (Laborin, Heredia, & Granados, 2018).

Amasado

Su propósito es lograr la mezcla de los diferentes ingredientes y conseguir, a través del trabajo de batido, los atributos plásticos de la pasta o masa, así como su oxigenación ideal (Gómez, Caballero, & Maldonado, 2021).

Fermentación

Generalmente consiste en una maduración de alcohol realizada por levaduras que convierten los azúcares en etanol, productos secundarios y el desarrollo del CO₂, siendo este su principal objetivo, de modo que cuando se mantiene por la mezcla muy bien puede ser descompuesto, y para trabajar en el tipo de pan, esta actividad genere un esponjamiento y atribuya al sabor del pan como un resultado de los cambios que le generan los diferentes compuestos de la harina (Gómez, Caballero, & Maldonado, 2021).

Cocción

Su propósito es convertir la masa ya fermentada de manera que se convierta en pan, lo que incluye la evaporación del 100% de etanol suministrado durante la fermentación, la desaparición de una parte del agua presente en el pan mediante la evaporación, el coagula miento de las proteínas, el cambio del almidón en dextrinas y azúcar y el oscurecimiento de la cobertura. Por lo general el horneado se realiza a temperaturas que se encuentran en el rango de 220 y 260°C, aunque dentro de la mezcla, nunca se sobrepasan los 100°C (Gómez, Caballero, & Maldonado, 2021).

Harinas compuestas

Esta idea denominada harinas compuestas fue realizada por la FAO en 1964, cuando surgió la necesidad de proponer una alternativa para las poblaciones que carecían de la fabricación u obtención de trigo (Quispe L., 2020, pág. 30). Este término existe para señalar cualquier tipo de producto obtenido por el cruce de varias harinas a las que además se pueden integrar otros componentes que aporten un valor agregado, pensando además en integrar proteínas valiosas de diversas fuentes (Umaña, 2013 citado por Guiñazù, 2020, p.6).

Los productos de panificación obtenidos a partir del trigo, como las golosinas y las pastas, pueden prepararse a partir de diversos tipos de cereales o también pueden prepararse a partir de fuentes vegetales, y éstas posiblemente contengan harina de trigo (Andrade, 2021). Se obtienen a partir de granos, cereales o tubérculos como el arroz, el maíz, la soja, la yuca, la quinoa y otros productos feculentos como la patata (Andrade, 2021, pág. 9). También pueden utilizarse harinas de raíces, leguminosas y otras fuentes, normalmente como parte de combinaciones compuestas (Witczak, Ziobro, Juszczak, & Korus, 2015, pág. 48).

Existen dos tipos de harinas compuestas

Una que se conoce como harina de trigo diluida, en la que la harina de trigo es sustituida por varios tipos de harina hasta un 40%; y puede contener diversas fuentes (Quispe L. , 2020, pág. 31). Y la segunda, una integración de las harinas que no contengan trigo, y son creadas utilizando harinas de tubérculos y una proteína reforzante (Quispe L. , 2020, pág. 31)

Reología

Es una parte de la ciencia física caracterizada como la ciencia que se concentra en el desarrollo, el flujo y la deformación de la materia bajo circunstancias controladas o explícitas. La variedad de los procesos industriales actuales en el sector alimentario y debido a que hoy en día la calidad juega uno de los papeles más importantes, esto requiere una comprensión del trabajo y el comportamiento de los componentes de un alimento así mismo sus propiedades. (Miranda, y otros, 2021).

Características sensoriales

Las cualidades sensoriales de un alimento, aluden a preservar sus propiedades físicas que contribuyen a su reconocimiento para ser aceptado, la percepción y los sentidos junto con las propiedades que tiene un alimento determinaran los criterios de interés de un producto. Esto es importante debido a que está claramente relacionado con las inclinaciones, complacencia y la formación de lazos profundos que producen, la percepción del comprador (López & Arias, 2021)

Marco Teórico

Cereales Potenciales en Harinas Compuestas y Sustitución Parcial de Harina de Trigo

Harina de Trigo

Figura 1

Harina y Grano de trigo



Imagen tomada de:(<https://thumbs.dreamstime.com/b/granos-y-harina-del-trigo-en-fondo-del-campo-de-trigo-81521136.jpg>)

El trigo ocupa un lugar en la jerarquía de las gramíneas (*Poaceae*), siendo esta especie una de las más cultivadas y desarrolladas: *Triticum durum*, *T. compactum* (Sandoval, 2020, pág. 20). El trigo es uno de los granos fundamentales en el régimen alimenticio de una enorme parte del total de los habitantes, por lo tanto, afecta increíblemente el bienestar y la salubridad de la dieta de innumerables personas (Rodríguez C. R., 2021, pág. 17). A pesar de que la capacidad del trigo para crear rendimientos excepcionales en un amplio abanico de condiciones, es una de las razones de su prevalencia frente a otros cereales, la principal variable es la capacidad de las proteínas del

gluten para generar una mezcla visco-elástica, capacidad que se espera para formar pan con la incorporación de levadura específicamente (Rodríguez C. R., 2021).

La harina, sin prácticamente ningún otro calificativo, es generalmente percibida, como la proveniente del trigo, asumiendo que se involucran harinas provenientes de diferentes vegetales, deberán llamarse: con su calificativo harina de: harina de maíz, harina de centeno, etc, debe ser determinado especificando su procedencia (Leon, 2019, pág. 11). La harina se caracteriza por ser un producto molido que se obtiene del procesamiento del granulo de trigo, o de la combinación de trigo delicado y trigo duro, no menos del 80 por ciento, de crecimiento completo, sano, seco y limpio (Leon, 2019, pág. 11).

la harina de trigo por si sola abarca amplias categorías y es ideal para la elaboración de pan, en especial la harina dura es más extravagante en cuanto a su contenido de proteínas dentro de ellas se incluye el gluten, por esta razón se pueden obtener masas más pegajosas, versátiles y está preparada para retener burbujas de aire que se forman mediante un agente que se encargara de leudar en cuanto se eleva la masa (Rodríguez & Benavides, 2021). La harina derivada del trigo "delicada" contiene proteínas en menor proporción y menor versatilidad en su calidad, por esto se aplica mejor para pasteles y tartas débiles (Rodríguez & Benavides, 2021, pág. 18).

En cuanto al contenido de almidones en la harina de trigo se comprende dentro del rango de 65 a 75 por ciento, pero su beneficio saludable nutricional se debe a las proteínas del 9 al 14 por ciento, siendo las glutelinas y gliadinas las más significativas, incluso contiene grasas, azúcar y celulosa (Sandoval, 2020, pág. 25). La harina de trigo es la principal harina que puede generar gases, formar una mezcla cohesiva y dar productos livianos y airados después del proceso de horneado (Ballat, 2014 citado en Leon, 2019, pág. 11). Esto está relacionado con la disposición química que tiene el trigo, en particular las proteínas y su capacidad para formar la red glutélica

(Ballat, 2014 citado en Leon, 2019, pág. 11). La proteína es un componente decisivo en los atributos tecnológicos del trigo, tanto en cantidad como en calidad (Cerda, Cerda, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017, pág. 203).

El trigo se utiliza esencialmente en la producción de diversos subproductos de panificación, ya que tiene la capacidad de que en la fermentación se da un esponjamiento, propiedad que comparte en cierta medida el centeno, ya que otros granos no lo tienen (avena, sorgo, grano, maíz, arroz, etcétera) (Badui Dergal et al. 1993 citados en Cerda, Cerda, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017, pág. 203).

Harina de Quinoa

Figura 2

Grano de Quinoa Chenopodium



Imagen tomada de: <https://www.ecured.cu/images/1/1c/Aquinua.jpg>

La quinoa, (*Chenopodium quinoa Willd*) se caracteriza orgánicamente como un pseudocereal local de los Andes, contiene almidón integral, y es vista como una proteína vegetal necesaria siendo además una fuente libre de gluten (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020, pág. 1), la planta de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en la agricultura sudamericana tiene

una extraordinaria fluctuación hereditaria que permite su variación y desarrollo en circunstancias naturales desfavorables (Lozano, Esparza, & Sorolla, 2021, pág. 3). Su extraordinario potencial para oponerse a diversos tipos de estrés abiótico podría permitir su desarrollo incluso en terrenos periféricos no apropiados para los cereales (Lozano, Esparza, & Sorolla, 2021, pág. 3).

Últimamente, la utilización de la quinoa, un pseudocereal que ha adquirido gran importancia en el remplazo de otros cultivos de cereales, se ha expandido debido a su reconocimiento como alimento por su brillante perfil dietético y por aplicar impactos útiles en las personas dentro de los grupos de alto riesgo (Lozano, Esparza, & Sorolla, 2021). “La composición nutritiva es superior en comparación con los cereales comunes” (DEMIR, 2014 citado por Correa, 2017,p.20). “Es alta en los componentes que contienen aminoácidos esenciales y ácidos grasos insaturados” (DEMIR, 2014citado por Correa, 2017,p.20). Ácidos grasos esenciales como (lisina, histidina e isoleucina, metionina, triptófano, fenilalanina, valina) (Olguín & Veles, 2020).

El almidón situado en el perispermo se da en pequeños gránulos que contiene amilosa en un 20% gelatinizando en algún punto cercano de 55 y 65 °C, compuesto en azúcares libres de 6.2% contiene fibras: solventes en un 7.89%, insoluble en un 2.49% y dietética del 7.80%. (Olguín & Veles, 2020, pag.12).

La quinua, contiene proteínas de alto valor biológico, carbohidratos de bajo índice glucémico que aportan beneficios a la salud (Correa, 2017). Esencialmente por el contenido de almidón (50-60%), se considera un pseudocereal, y a pesar de que su contenido de grasa y proteína es mayor, se utiliza como grano (Olguín & Veles, 2020, pag.12).

El grano de quinua puede ser procesado para obtener harina, la cual puede ser integrada como una sustitución para obtener fuentes de alimentos saludables o prácticamente funcionales (Lozano, Esparza, & Sorolla, 2021, pág. 1). La harina de quinoa como sustituto incompleto de la harina de trigo y de diferentes granos es una opción para la creación de panes fortalecidos en el contenido nutricional, para trabajar la sustancia dietética del producto o para fomentar productos sin gluten (Rodríguez & Benavides, 2021). Según (Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021), en su investigación de caracterización fisicoquímica de panes con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y kiwicha, dicen que lograron elaborar pan tipo Bollo con una sustitución de 35% de harina de quinua y kiwicha y 65% de harina de trigo, las mejores calidades se adquirieron con sustituciones de 10 y 25%.

Por otro lado, como indican (Romo, Rosero, Folero, & Ceron, 2006 citados en Olguin & Vèles, 2020,p.12) se dice que su proteína está constituida principalmente por albúminas y globulinas solubles en agua o soluciones salinas débiles son llamadas sin gluten, razón que disminuye su utilización en panificación. Así mismo (Rodríguez & Benavides, 2021), en su investigación sobre el impacto de la harina de quinua en los atributos nutritivos y sensoriales, confirma que las propiedades mecánicas de la harina de quinua son inadecuadas en comparación con la harina de trigo, afectando las cualidades táctiles deseadas por el consumidor

Harina de Amaranto

Figura 3

Harina y Grano de Amaranto Amaranthus spp



Imagen tomada de: (https://st2.depositphotos.com/1005048/9355/i/600/depositphotos_93558264-stock-photo-flour-amaranth-in-clay-bowl.jpg)

Su nombre es *Amaranthus spp*, es una planta que ocupa un lugar en la familia de las Amarantáceas, de la variedad *Amarhantus* y está conformada por un racimo de espigas que contienen varias florecillas que albergan una pequeña semilla, cuya medida varía en el rango de 0,9 y 1,7 milímetros; dichas semillas son la parte principal de la planta (Quispe L. , 2020).

El amaranto es considerado un pseudocereal por sus atributos, cuyo beneficio saludable es alto por su mayor agrupación de proteínas y gran cantidad de minerales que las diferentes semillas (Quispe L. , 2020, pág. 15). La importancia de este, radica en que representa una oportunidad de mejora en el contenido alimenticio en la industria de la panificación (Quispe L. , 2020). Según (Quispe L. , 2020), es visto como un vegetal extremadamente completo, resalta por sus principales componentes de proteínas (16%), contiene aminoácidos, minerales y nutrientes

regulares: A, B, C, B1, B2, B3, el autor también dice que es buena fuente de ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo, carbohidratos, fibra y sales minerales.

La harina de amaranto se obtiene de la trituration de la semilla de amaranto (Quispe L. , 2020, pág. 25). Es ideal para ser utilizada en productos de pastelería (panes, pasteles, golosinas, etc.), panadería y heladería (Quispe L. , 2020, pág. 25). Teniendo en cuenta que los alimentos se elaboran ahora mismo con combinaciones de harina de trigo y amaranto en tasas de sustituciones parciales. De igual manera, existen productos con una amplia sustitución de harina de trigo por harina de amaranto (Quispe L. , 2020, pág. 16).

Harina de Centeno

Figura 4

Harina y Grano de Centeno (Secale cereale L.)



Imagen tomada de: (<https://m.media-amazon.com/images/I/51SglmCX+uL.jpg>)

El centeno, (*Secale cereale L.*) es un cereal ampliamente cultivado que se consume como pan en el norte de Europa y los principales productores son Rusia, Polonia, Alemania, Bielorrusia y Ucrania (Leon, 2019, pág. 14). Es una planta solida, de estación fría y seca, que se encuentra en la familia de las gramíneas (Leon, 2019, pág. 14). Está formada por el pericarpio,

una capa de células aleuronas, el endospermo y el microbio u organismo (Anticona, 2017, pág. 20). Su tono puede fluctuar desde el verdoso tenue hasta el amarillo tenue (Anticona, 2017, pág. 20).

El principal componente químico es la fibra de centeno (Leon, 2019). Los exámenes en curso han demostrado que el centeno tiene impactos útiles para la salud y fisiológicos más allá del impacto de la fibra dietética, por ejemplo, la capacidad de arrastre y la obstrucción (Anticona, 2017, pág. 21). Contiene más fibra que el trigo y diferentes cereales, la fibra habita en los divisores celulares de los tejidos como polímeros solubles en agua e insolubles en agua, esa parte de fibra junto con su organización y propiedades prácticas relacionadas para el bienestar o propiedades para la manipulación, por ejemplo, la fabricación de pan son las principales características en comparación con otros granos de cereales (Leon, 2019). Por otra parte, se dice que, al ser una harina sin gluten, no se pueden conseguir panes con mayor volumen (Anticona, 2017, pág. 23). Se hacen muchos tipos de productos horneados, incluido el pan de harina 100 % de centeno o una comida integral, pan de centeno y trigo que contiene al menos 50 % de centeno; trigo: pan de centeno que contiene al menos un 50 % de trigo y al menos un 10 % de centeno (Sapirstein & Bushuk, 2016 citados en Leon, 2019, pág. 15).

Harina de Triticale (Cereal Híbrido entre Trigo y Centeno)

Figura 5

Harina y Grano de Triticale (Triticosecale)



Imagen tomada de: (<https://delhipages.live/link?to=triticale-rye-wheat.jpg&lang=es&alt=https://cdn.britannica.com/69/160769-050-89642E12/Triticale-rye-wheat.jpg&source=triticale>)

Triticale x (Triticosecale Wittmack) es un cereal híbrido desarrollado con el cruzamiento de trigo (*Triticum* sp.) y centeno (*Secale cereale* L.) (Belović, y otros, 2020, pág. 8). El trigo se utiliza como progenitor femenino y el centeno como progenitor masculino (Belović, y otros, 2020, pág. 8). Combina la calidad del grano del trigo con la tolerancia a enfermedades y al medio ambiente del centeno (Zhu, 2018 citado en Belović, y otros, 2020, pág. 8). Las proteínas del triticale contienen un 28% de prolaminas y un 32% de glutelinas; la centralización de las glutelinas aumenta con la expansión de la fijación de proteínas en las harinas, mientras que la convergencia de las prolaminas disminuye (Edel, 2007 Citados en Anticon, 2017, p.23).

La aplicación de triticale en la industria de alimentos y bebidas aún es limitada a pesar de las investigaciones que demostraron su idoneidad para la producción de alimentos (pan,

galletas, pasta) y bebidas (cerveza, licor) (Zhu, 2018 citado en Belović, y otros, 2020, pág. 9). No tiene fuerza para sus usos alimenticios como el trigo o el centeno y no ha tenido la opción de suplantarlos, como fuente rentable de almidón, el triticale puede tener un posible uso en los destilados y en la industria cervecera (Anticono, 2017, pág. 22). Sus aplicaciones en las industria panadera y la producción de pasta siguen siendo irrelevantes en este momento (Anticono, 2017, pág. 22). Una de las razones de la aplicación limitada del triticale en la industria panadera es su baja eficiencia de molienda en comparación con el trigo común, otras razones son la baja viscosidad y la pegajosidad de la masa, las malas propiedades reológicas y la baja fuerza del gluten (Belović, y otros, 2020).

A pesar de estas desventajas, algunos exámenes han demostrado que la harina de triticale puede ser razonable para hacer productos que no necesitan gluten fuerte en las harinas, como los cereales para el desayuno, diferentes pasteles, dulces y golosinas (Belović, y otros, 2020). No son apropiados para hacer pan que contenga levadura, excepto si la harina de triticale se mezcla en una medida de algo así como el 30% con una harina de trigo panadera eficiente (Mellado, 2008 citado en Anticono, 2017,p.23). Al igual que el trigo y el centeno, el triticale puede transformarse en diferentes tipos de harina utilizando rodillos de procesamiento (Anticono, 2017, pág. 22).

Según (Belović, y otros, 2020), en su estudio de aplicación potencial del triticale cultivar odysec para la producción de galletas concluye que, la apariencia de las galletas de harina de triticale refinada se evaluó como muy buena a excelente y su puntaje total fue el más alto entre todas las muestras, lo que indica que se puede utilizar en la producción de galletas, los puntajes de dureza y sensoriales para la estructura y la masticabilidad estuvieron en el rango obtenido para las galletas de harina de trigo.

Harina de Arroz

Figura 6

Harina y Cultivo de Arroz Oryza sativa L



Imagen tomada de:

(<https://previews.123rf.com/images/donot6/donot61702/donot6170200092/72430346-jasmine-arroz-en-un-taz%C3%B3n-y-saco-de-arpillera-en-la-mesa-de-madera-con-el-fondo-del-campo-de-arroz-d.jpg>)

El desarrollo del arroz *Oryza sativa L*, comenzó hace bastante tiempo en numerosos lugares húmedos de las selvas y subtrópicos, esta cosecha es un alimento básico para la mayor parte de la población total (Quimis & López, 2021, pág. 15). El arroz aporta un mayor número de calorías por hectárea que algún otro grano desarrollado (Quimis & López, 2021, pág. 15).

Es considerado por numerosas comunidades culinarias (en particular la cocina asiática) y por algunas partes de América Latina (Quimis & López, 2021, pág. 15). por sus partículas son considerados como cereales, son los segundos más generados en el planeta después del maíz y se han desarrollado desde tiempos antiguos (Quimis & López, 2021, pág. 15).

Como lo indican (Quimis & López, 2021), debido a su importancia, las propiedades nutritivas de este grano se han elevado a lo largo del tiempo, por la forma en que este grano da una alta sustancia calórica que no contienen las diferentes avenas. La harina de arroz contiene nutrientes, vitamina B, minerales, calcio, magnesio y zinc, proteínas y fibra (Mendoza, 2021, pág. 23).

El aporte que dan al cuerpo los cereales es de gran importancia, al igual se recomienda el consumo de estos granos integrales, puesto que no han sufrido algún tipo de refinamiento o proceso, por ello se valorará y aportarán con más nutrientes a los consumidores (Mendoza, 2021, pág. 23). El arroz integral a diferencia del arroz blanco esta únicamente descascarillado, este tipo de arroz se considera un alimento básico para la mayoría de la población ya que mantiene su capa externa fibrosa abundante en nutrientes (Cocinar Hoy, 2016 citado en Olguín & Vèles, 2020,p.21).

El arroz puede ser utilizado como: dulce, también en la elaboración de alcohol, y en la elaboración de harina que puede ser utilizada en panificación, golosinas, y rebozados de productos horneados (Perez Iglesia, 2018 citado en Quimis & López, 2021, pág. 15). Al hablar de la harina de arroz, hay que tener en cuenta que es un tipo de harina que no contiene gluten, por lo que es apropiada para la utilización de aquellas personas que no pueden consumir alimentos que contengan harina de trigo, debido a que pueden tener una poca tolerancia al gluten (Mendoza, 2021, pág. 16).

Según (Quimis & López, 2021), en su estudio titulado: Propuesta para la utilización de la harina de banano (*musa x paradisiaca*) y la harina de arroz (*oryza sativa*) en un pan nutritivo en cierta medida suplantando a la harina de trigo (*triticum*), dice que, de la cantidad de sustituciones la más idónea era la mitad de harina de trigo, por 25% de harina de arroz y 25% de

harina de banano, debido a que la harina de trigo es la responsable de dar la consistencia adecuada al pan, evitando que la harina de banano le dé una variedad grisácea totalmente observable, y evitando que la contextura seca de la harina de arroz prevalezca en el producto

Harina de Avena

Figura 7

Grano de avena sativa



Imagen tomada de: <https://c8.alamy.com/compe/jywfaa/los-granos-de-avena-en-boca-y-orejas-de-avena-en-la-mesa-con-el-campo-de-cereales-maduros-en-el-fondo-campo-dorado-en-el-atardecer-la-agricultura-y-el-concepto-de-cosecha-jywfaa.jpg>

La avena proviene de una planta herbácea que está dentro del grupo de las gramíneas, tiene alrededor de 1,5 metros de altura, sus flores se reúnen con espiguillas, lo que les da una estructura floral excepcionalmente característica, como lo indican los atributos morfológicos de la planta, se pueden reconocer varios tipos de avena. (Valencia, 2021, pág. 3). No obstante, las especies de avena más desarrolladas son: oscura (*avena strigosa*), amarilla (*avena bizantina*) y blanca (*avena sativa*) (Valencia, 2021, pág. 3). Entre las diferentes especies de avena existentes, la más reconocida es la sativa, este tipo de plantación no es extremadamente inmune al frío

extremo, por lo que crece mejor en ambientes mediterráneos, frescos y húmedos (Valencia, 2021, pág. 3).

De acuerdo a su composición, según (Valencia, 2021), la avena es rica en azúcares, los cuales son ingeridos gradualmente por el organismo, dando una sensación de saciedad al consumir una cantidad disminuida, razón por la cual se prescribe para la reducción de peso absteniéndose de comer y para controlar los casos de pesadez y malestar.

Los alimentos derivados de avena tienen dos tipos de fibra, la soluble y la insoluble. La primera facilita retardando al digerir el alimento, bloquea la retención de colesterol, por lo tanto, previene las enfermedades cardiovasculares (Valencia, 2021, pág. 5). La segunda es responsable de facilitar el movimiento gastrointestinal y de facilitar el flujo sanguíneo gracias a su contenido de grasa insaturada Omega-6 (Valencia, 2021, pág. 5).

Otra ventaja médica es que extiende las protecciones del cuerpo humano por su alto grado de beta-glucanos, estos son suplementos con una capacidad inmunoreguladora, es decir, aumentan la protección del cuerpo contra los microbios (Valencia, 2021, pág. 5).

Harina de Maíz

Figura 8

Cultivo y Grano de Maíz, Zea Mays



Imagen tomada de: <https://sicex.com/wp-content/uploads/2019/09/producto-harina-maiz.jpg>

El nombre científico del maíz es *Zea mays*, pertenece al grupo de los cereales, está dentro de la recolección de plantas *gramíneas* americanas, que se describe por tener largos y enormes tallos, cuya terminación se encuentran las espigas o mazorcas conocidas como inflorescencias femeninas, con sus semillas o granos de maíz organizados a lo largo del eje (Alcivar & García, 2021, pág. 27).

Las partes fundamentales del grano del maíz suelen ser diferentes debido a su composición química que presenta, la parte que es cubierta o seminal contiene fibra cruda en un porcentaje del 87%, celulosa en un 23%, lignina en un 0,1%, endospermo además de contener un nivel de almidón de 87%, 7% proteínas y sus grasas son crudas y su grasa es relativamente baja (Alcivar & García, 2021, pág. 29).

El maíz es considerado el alimento más importante que ha perdurado a través de los siglos, es común en la alimentación y cultura de Centroamérica (Alcivar & García, 2021, pág. 27)

La harina de maíz se extrae al procesar la parte interior o trozo del grano, que aborda la mayor parte del grano (peso), por ejemplo, alrededor del 75% del peso completo, y se compone básicamente de almidón y un complejo proteico llamado zeína (Alcivar & García, 2021, pág. 30). Además, se encuentra en la elaboración de panes integrales, así como en diferentes artículos de dulcería (Alcivar & García, 2021, pág. 27)

Como la harina de maíz no contiene las proteínas que componen el gluten, no tiene los atributos fundamentales para hacer subir la masa. En este sentido, se denomina harina no panificable y para su utilización es fundamental mezclarla con otras harinas (Alcivar & García, 2021).

Legumbres, Tubérculos y Frutos Potenciales en Harinas Compuestas

Es fundamental destacar que, la creación y desarrollo de las variedades de alimentos relacionados con la panificación, a base de harinas que se pueden obtener de diferentes fuentes vegetales en este caso se hace referencia a granos, también incluidas las raíces y hasta los llamados tubérculos, se puede aprovechar de estos vegetales alternativos, componentes importantes como las proteínas, los almidones, fibras, y minerales. (Flores & Asencios, 2021). Desde un punto de vista nutricional, las leguminosas representan un ingrediente enriquecedor de valor en la producción de alimentos, debido a la interacción del almidón con la fibra y la proteína (Laleg et al., 2016 citado en Giuberti & Gallo, 2018,p.55).

Harina de Ahuyama

Figura 9

Cultivo de Ahuyama Cucurbita Maxima



Imagen tomada de: (https://m.media-amazon.com/images/I/41KulK+mPPL._AC_.jpg)

El género *Cucurbita* comienza en América Central y del Sur, el progenitor silvestre de *Cucurbita moschata* aún no está claro, sin embargo, un estudio avanzado sobre las conexiones filogenéticas entre los taxones silvestres y formados de *Cucurbita*, en su mayor parte fundado en información de ADN, recomienda que probablemente se encuentre en los pantanos del norte de América del Sur (Rodríguez C. R., 2021, pág. 16). La ahuyama o calabaza es un fruto reconocible y pertenece a la familia de las cucurbitáceas y tiene una variedad de nuevos usos, situándose entre las variedades alimentarias más alentadoras por su beneficio saludable y nutricional (Ruco, Campo, Holmes, Paz, & Mosquera, 2022). Según (García, Cabrera, y Fuenmayor, 2020), la ahuyama (*Cucurbita moschata* D.) es una opción saludable y factible tecnológicamente para el desarrollo de harinas compuestas en panificación. Sobre todo por su riqueza en vitamina A, carbohidratos, fósforo y minerales, además, por tener el 45% de todos los carotenoides, el 66% de β -caroteno, el 33% de α -caroteno y el 44% de luteína (Ruco, Campo, Holmes, Paz, & Mosquera, 2022). El β -caroteno y el α -caroteno, son precedentes de la vitamina A, disoluble en grasa que es significativa para el desarrollo típico y el mejoramiento del cuerpo humano, son contenidos particularmente por las especies *Cucurbitas maxima* y *moschata* (Ruiz, 2019, pág. 19). Las semillas son un buen aporte de proteínas, nutrientes y minerales, contienen grasas insaturadas fundamentales de omega-3 y - 6, un complemento esencial para el bienestar de la mente (Rodríguez C. R., 2021, pág. 16).

Sin embargo, sus asombrosos atributos nutritivos, se ven afectados por el contenido de humedad del producto natural que ronda el 90%, lo que lo convierte en un producto natural perecedero, con nutrientes debilitados, donde la capacidad de vida de los productos para ser guardados por periodos de tiempo retrasados depende del nivel de materia seca y su relación con almidones y azúcares (Ruiz, 2019).

Según (García, Cabrera, & Fuenmayor, 2020), en su investigación sobre la Obtención y representación de harinas hechas de *Cucurbita moschata* D. junto con *Cajanus cajan* L. como fuentes selectivas de proteína y vitamina A, los resultados recomiendan que estas harinas se utilicen para la elaboración de refrescos, por ejemplo, coladas o gaseosas, en lugar de productos de panificación y postres, que obtuvieron un menor beneficio saludable a diferencia del pan, por otro lado (Rodríguez C. R., 2021) en su investigación de evaluación del nivel de reemplazo de la harina de trigo (*Triticum durum* L.) por la harina de loche (*Cucurbita moschata* Duch.) en la elaboración de pan, en cuanto a la aceptabilidad del pan de molde, se aprecia en los detalles que, con menor nivel de reemplazo fueron los más aceptados, esto es incidido por el diseño de pan que tienen los clientes peruanos, que no es realmente algo muy similar en ese marco del mundo.

Harina de Ñame

Figura 10

Harina de ñame, Dioscorea sp



Imagen tomada de: (<https://www.tuberculos.org/wp-content/uploads/2018/05/nameok-1200x900.jpg>)

El ñame (*Dioscorea sp.*) es un alimento característico de la localidad caribeña y es esencial para el régimen alimenticio diario de sus habitantes (Flórez, Castro, Altamar, & Machacón, 2020, pág. 196). En Colombia Forma parte de la familia de las Dioscoreáceas y es una planta anual de raíz tuberosa, con hojas cordadas, redondas y de forma cilíndrica (Asiyanbi & Simsek, 2020).

El beneficio saludable del ñame hace que sea un sustituto de la patata y la yuca, con el segundo lugar después de la patata en la capacidad de suministrar energía comestible, esto debido al alto contenido de almidón que se convierte en un rico suministro de carbohidratos, junto con una gran cantidad de fósforo y potasio al mismo tiempo (Montes et al. 2008 citado en Pupo, 2020, pág. 5).

Dentro del Ñame sobresale el almidón, que es apto para mantener valores de consistencia estables a altas temperaturas y bajos valores de pH (Flórez, Castro, Altamar, & Machacón, 2020, pág. 196). Para conocer los fines potenciales de una harina, es crucial darse cuenta de que las propiedades se ven afectadas por las composiciones de cada sustancia y las interacciones entre las partes, que influyen en su comportamiento durante la manipulación (Pupo, 2020, pág. 6). Entre estas propiedades están: el comportamiento reológico y la capacidad de fijación del agua (Pupo, 2020, pág. 6).

Según (Flórez, Castro, Altamar, & Machacón, 2020) en su investigación sobre la obtención de una combinación de harina panificable a partir de los tubérculos de yuca (*Arizona*) y batata (*Dioscórrea alta*), el contenido de amilosa para el ñame es del 28.50%, también reportan la temperatura de gelatinización con un porcentaje de 70. 8° C. El ñame tiene un alto contenido de humedad; por lo tanto, se procesa para obtener harinas secas con una vida útil más larga (Asiyanbi & Simsek, 2020). La harina de ñame se puede procesar en harina de ñame sin

fermentar que es de color blanco o harina de ñame fermentada que es marrón (Asiyanbi & Simsek, 2020).

Harina de Jicama

Figura 11

Tubérculo de Jicama, Pachyrhizus Erosus



Imagen Tomada de: <http://www.tuberculos.org/wp-content/uploads/2018/07/jicama.jpg>

La Jícama (*Pachyrhizus erosus*), es una planta herbácea perenne, de raíz globulosa, jugosa y dulce también conocida con los nombres de pelenga, a veces confundida con el yacón o nabo mexicano pero sus nombres científicos son diferentes, *Pachyrhizus erosus* es el nombre científico para jicama y *Smallanthus sonchifolius* para yacón; la jicama es distribuida a lo largo del continente sudamericano en la región andina (Narvaez, 2020). Esta base de productos naturales tuberosos tiene un lugar con la recolección de leguminosas, su exterior es amarillo, y su interior es blanco liso, con una superficie quebradiza como la de una papa cruda o una pera, además su sabor es dulce y apagado (Morales, 2018 citados en (Andrade, 2021,p.13).

La jícama contiene una medida importante de carbohidratos, fibra, ácido L-ascórbico, es baja en sodio, un alimento óptimo para las personas que llevan un plan nutricional estricto

(Bonete, Urquizo, Guevara y Yáñez 2016 citados en Andrade, 2021,p.15). La harina de jícama tiene un nivel de humedad de 5,77 %, mientras que la proteína bruta tiene un nivel de 0,88 %, el concentrado etéreo 0,67 %, los residuos 4,26 %, la fibra no refinada 0,76 %, los almidones 87,66 % (Andrade, 2021, pàg.45).

Harina de Haba

Figura 12

Harina y grano de haba, Vicia faba L



Imagen tomada de: (<https://energygreen.pe/wp-content/uploads/harina-de-habas.png>)

El haba (*Vicia faba L.*) es un grupo vegetal subcosmopolita, posiblemente, iniciado en el Cercano Oriente o Asia Menor, a partir de progenitores oscuros (Duc, 2015 citado en Alvares, Salazar, Sañudo, & Betancourth, 2021, pág. 2). Tiene un lugar con la familia Fabaceae, que es la más significativa del grupo Fabales, considerado el tercer grupo de las Angiospermas, en cuanto a número de especies y, en segundo lugar, en importancia monetaria (De la Rosa & Fajardo, 2016 citados en Alvares, Salazar, Sañudo, & Betancourth, 2021, pág. 2). El uso más reconocido es como alimento humano en las naciones no industriales ya que generalmente son baratos en contraste con los artículos cárnicos (Tapia, Espinoza, Ruiz, & Salazar, 2021, pág. 1137). En todo caso, el valor natural de las habas se ve impactado negativamente por la presencia de factores

hostiles a la salud como inhibidores de tripsina, taninos densos, corrosivo fítico, saponinas, lectinas y factores activadores del favismo (Tapia, Espinoza, Ruiz, & Salazar, 2021, pág. 1137).

Según (Revilla, 2015 citado en Tapia, Espinoza, Ruiz, & Salazar, 2021, pág. 1137), el fin de estos enemigos de los suplementos es importante para el uso viable de los vegetales alimenticios en la sustentación humana, ciertas variables como los inhibidores de la tripsina, las hemaglutininas y los taninos densos son destruidos a través de la manipulación térmica (burbujeo, cocción, autoclave o cocción por expulsión) o eliminados por medio de pretratamientos como el descascarillado, el salpicado, la germinación, el envejecimiento y la suplementación con diferentes sintéticos y catalizadores.

Los granos de habas expansivos son leguminosos, estos están dentro de una especie de envoltura, las cuales contienen dentro del rango de 1 y 4 granos, estos son de tamaño medio y semiformales (Perugachi, 2017, citados en Andrade J. A., 2021,p.15). Son abundantes en proteínas, grasas, carbohidratos, refuerzos celulares, fibra, nutrientes y minerales (Multari, Stewart, & Russell, 2015 citados enTapia, Espinoza, Ruiz, & Salazar, 2021, pág. 1135).

La harina de haba es conocida por sus propiedades nutritivas, sobre todo en los países donde la proteína de animales es escasa y costosa, ya que es rica en proteínas y azúcares (Mero y Cruz, 2018, citados en Andrade J. A., 2021,p.15)

Harina de Soya

Figura 13

Grano de soya, Glycine max



Imagen tomada de: (<https://panorama-agro.com/wp-content/uploads/2017/10/Portada-soya-2f.jpg>)

La soja cuyo nombre lógico es *Glycine max* ocupa un lugar en la familia de las Fabaceae o familia vegetal, es trabajada por sus semillas de mediano contenido de aceite y alta proteína, considerada como una planta anual cuya recolección requiere 120 días posteriores a la siembra (Cortez et al, 2014 citado en Morán, Mejía, & Beltrán, 2019, pág. 6). La soja es el manantial más abundante de proteínas vegetales, que además de ser de excelente calidad, tiene una sustancia suficiente de aminoácidos fundamentales que abordan importantes ventajas sobre todo en la salud (Sandoval, 2020, pág. 41). Según (García et al, 2017 citado en Morán, Mejía, & Beltrán, 2019, pág. 6), la soja tiene entre el 38 y el 40% de proteínas, el 18% de grasas, en su mayoría poliinsaturadas y su principio vegetal no contiene colesterol, el 15% de azúcares, el 15% de fibra y el 14% de humedad, suministra la mayoría de los aminoácidos para el organismo, es igualmente rica en potasio y es una fuente decente de magnesio, fósforo, hierro, calcio, manganeso, fosfatos y abruma algunos nutrientes como los nutrientes E y B6.

La soja ha encontrado una aplicación extraordinaria en prácticamente todos los marcos alimentarios, incluida la panificación, ya que la harina y las proteínas de soja contribuyen al beneficio dietético de las golosinas, los panes, los pasteles y otros alimentos derivados de panadería (Sandoval, 2020, pág. 41). Según (Paucar, Salvador, Guillén, & Mori, 2016), en muchas investigaciones, la harina de soja se ha utilizado como un sustituto fraccional de la harina de trigo para la creación de pan cambiando las cualidades técnicas, sus atributos sensoriales y sobre todo sus atributos nutricionales. Los granos de *Glycine max* L (soja) son una fuente extremadamente abundante de proteínas vegetales, ácidos grasos esenciales y aminoácidos, lo que hace que sea una ventaja saludable para las personas, ya que ayuda a combatir el hambre, disminuye los niveles de colesterol en la sangre y contiene antioxidantes de manera natural, 2020, pág. 42).

La harina de soja es un tipo de harina que se obtiene de la soja entera molida, se utiliza en la cocina de dulces y panes, tiene un alto nivel de proteínas, no contiene básicamente almidón por lo que se utiliza para la producción de alimentos dietéticos (Sandoval, 2020). De acuerdo con (Mayela et al., (2017) citado en Morán, Mejía, & Beltrán, 2019, pág. 12), expresa que la harina de soja tiene un promedio de la mitad de la proteína contra el 15% de la proteína de la harina de trigo, en cuanto al contexto de la proteína la harina de soja no contiene el gluten, la harina de trigo contiene el gluten, en la sustancia de la grasa, las medidas inconsistentes del aceite de soja se sacan de la harina de soja para hacer las harinas con varias propiedades útiles, con la grasa pura sin la expulsión del aceite con el sabor rico, sin embargo con el tiempo corto de la utilidad real.

Según (Sandoval, 2020), en su investigación sobre el impacto de la sustitución de manera parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* por harina de hoja de moringa *Moringa oleifera* y

harina de soja *Glycine max* en la creación de galletas dulces, dice que tasas de sustitución del 9 al 11% de harina de soja actúan favorablemente sobre las cualidades sensoriales de la galletas, mientras que tasas inferiores al 4% de sustitución de harina de moringa muestran consecuencias adversas sobre estas propiedades.

Componentes que Inciden el Comportamiento de la Sustitución Parcial del Trigo

Los componentes del trigo, de otros cereales y pseudocereales tienen una función en cada una de las características del producto final (Rodríguez & Benavides, 2021, pág. 3).

Gluten

El gluten de trigo (*Triticum aestivum* L.) El gluten de trigo (*Triticum aestivum* L.) está constituido por polipéptidos, divididos en subunidades de glutenina de bajo peso molecular (G-BPM), alto peso molecular (G-APM) y gliadinas (prolaminas); estas proteínas están bajo control hereditario, que al interactuar forman la estructura del gluten y expresan propiedades químicas y físicas de extraordinario interés en la elaboración de diversas variedades de alimentos (Leon, 2019).

Gliadinas: son proteínas monoméricas responsables de la consistencia del gluten, que constituyen el 33% de las proteínas de la harina (León, 2019). Gluteninas: a las gluteninas, especialmente a las de alto peso subatómico, se les atribuye la capacidad de otorgar propiedades viscoelásticas a la masa (Leon, 2019).

Las proteínas son fuentes de aminoácidos, sin embargo, debido a su naturaleza polimérica, su presencia afecta a las cualidades reológicas del alimento, que lo hacen más agradable al consumidor (Cherry 1998 citado en Cerda, Cerda, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017, pág. 202). Una proteína puede tener una alta calidad saludable (nutricional) pero luego no tener propiedades que puedan ser requeridas en un alimento determinado (Cerda, Cerda, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017, pág. 202)

En panificación “el gluten es una proteína de tipo compuesta cuyo objetivo es actuar como adhesivo y aglutinar la harina para la elaboración de productos como pan y galletas” (Olgún & Veles, 2020, pag.9). Al momento en el que el gluten se mezcla con la levadura este le

confiere mediante la fermentación la capacidad de leudar, y así obtener elasticidad y pegajosidad en el proceso de amasado cuando se mezcla la harina y el agua (Olguín & Veles, 2020, pag.9), este es uno de los factores a tener en cuenta ya que si se sustituye de manera parcial el trigo se verá comprometida la aceptación de los productos (Olguín & Veles, 2020,p.10).

Las harinas de pseudocereales (p. Ej., Quinoa, amaranto y trigo sarraceno) y de cereales alternativos (p. Ej., Sorgo y téff) están surgiendo actualmente como alternativas a las harinas tradicionales sin gluten y se han utilizado como componentes en diferentes niveles de inclusión en la producción de varios alimentos sin gluten (Mandala & Kapsokafalou, 2011 citados en Giuberti & Gallo, 2018, p.54).

La naturaleza ofrece un amplio grupo de cereales sin gluten para las personas que presenten intolerancias al consumirlo, se encuentran el arroz, el maíz, el sorgo, el mijo, el teff y tal vez algunos tipos de trigo (Guiñazù C. F., 2020, pág. 20). La harina de arroz es la harina sin gluten más utilizada en la industria debido a su contenido nutricional, por su economía y es más accesible, también por su tono blanco, su sabor neutral, su mayor digestibilidad y sus propiedades hipoalergénicas (Guiñazù C. F., 2020, pág. 5). También se consideran el almidón de trigo y la harina de avena, siempre que se suministren en condiciones que garanticen la ausencia total de gluten (Pablos, 2018, pág. 3).

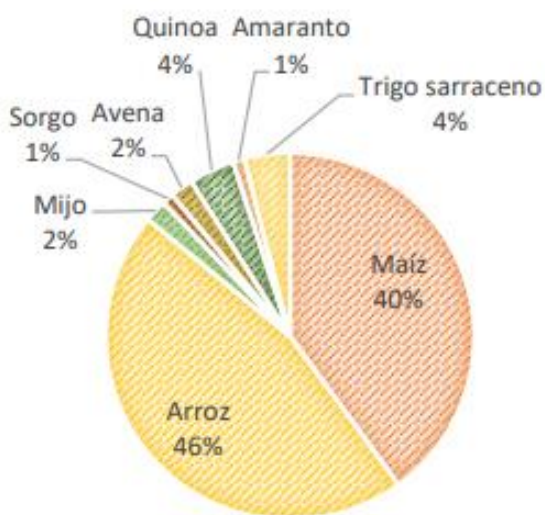
Figura 14*Harinas Empleadas en la Producción de Productos sin Gluten*

Imagen reproducida de Harinas empleadas en la producción de productos sin gluten, Fuente: (Pablos, 2018).

Generalmente se destacan por los componentes: ácidos fenólicos, líganos y también por los flavonoides todas las variedades de harinas que no contienen gluten estos componentes resultan ser favorables para la salud de las personas (Pablos, 2018, pág. 4).

El gluten tiene una capacidad de hinchamiento que le confiere a la masa la capacidad de formarse y ser trabajada con mayor facilidad, retener gases y elasticidad (Anticona, 2017, pág. 26). La proteína va a variar en la cantidad dependiendo de la clase de harina (Anticona, 2017, pág. 26). La cantidad de proteína se verá influenciada tanto por la cosecha y su tiempo como la extracción del mismo y por ende si el contenido de proteína se ve implicado también la cantidad de gluten (Anticona, 2017, pág. 26). Si el contenido de proteína es más del 30% se les considera

gran fuente de gluten, y a las que su contenido es menor se les llama bajas en gluten (Anticono, 2017, pág. 26).

La diferencia de las harinas obtenidas a partir de legumbres y pseudocereales radica en el contenido de fibra, su contenido es superior al del trigo, y en algunos casos que algunos cereales podrían estar alcanzando su valor no lo superan, (Guiñazù C. F., 2020, pág. 6). Los pseudocereales son similares pero las legumbres son muy superiores, por ultimo los indices de grasas son iguales en la mayoría de las harinas con excepcion de la chia, la soja y el boniato que tienen porcentajes mas altos. (Guiñazù C. F., 2020, pág. 6).

Almidón

Como componente principal, el almidón tiene un impacto directo en las propiedades de la harina, comenzando por su apariencia física (Witczak, Ziobro, Juszczak, & Korus, 2015, pág. 46). Su presencia en las harinas afecta significativamente las características nutricionales de los productos (Witczak, Ziobro, Juszczak, & Korus, 2015, pág. 46). El tipo de almidón va influir en la microestructura, la reología de las masas, actividad y retención del agua y también en estructura y naturaleza final de los productos (Witczak, Ziobro, Juszczak, & Korus, 2015, pág. 50). Propiedades tales como tamaño de gránulo, hinchamiento y solubilidad en agua, pegado y gelificación (Witczak, Ziobro, Juszczak, & Korus, 2015, pág. 50).

El almidón es un polisacárido, que no es soluble en el agua fría, pero con la ampliación de la temperatura sufre un ligero aumento de su grano (Anticono, 2017), está compuesto por dos tipos de cadena: Amilosa, polímero de cadena recta y Amilopectina, polímero de cadena propagada (Anticono, 2017, pág. 27).

Junto al almidón, existen catalizadores que degradarán el 10% del almidón a azúcares simples, son las alfa y beta amilasa (Anticono, 2017, pág. 27). Estas proteínas descompondrán

(degradación del almidón) el almidón en dextrina, maltosa y glucosa que actuarán como alimento para las levaduras y a su vez estas transforman la glucosa en gas carbónico dando paso a la fermentación (Quispe L. , 2020, pág. 27).

Las propiedades de los almidones como la cristalinidad, la gelatinización, el contenido de amilosa, el tamaño, la recristalización de la amilopeptina, influyen en los límites de la calidad, por ejemplo, la porosidad, el volumen, el fraguado de los restos, la estructura exterior, la maduración del pan y las propiedades reológicas de la masa que decidirán la textura y estructura (Eliasson, 2003 citado en Rodríguez & Benavides, 2021, p.3).

Gelatinización

Dentro del rango de temperatura 60 - 70 °C ocurre la gelatinización del almidón mediante el calentamiento y la hidratación a medida que aumenta la temperatura el agua en ebullición ingresa al gránulo de almidón solubilizando la amilosa, este gránulo se agranda y expande su volumen donde los átomos de amilosa salen irreversiblemente llamando a este fenómeno lixiviación (Veyna, Castañeda, & Chávez, 2016 citados en Arias & Vallejo, 2020, pág. 16).

El aumento de energía necesaria para la gelatinización del almidón de las harinas compuestas puede afectar el procesamiento de la tortilla y los tiempos de cocción (Asiyanbi & Simsek, 2020).

Retrogradación

La retrogradación se da cuando los átomos de amilosa y amilopeptina del almidón se rediseñan a un expreso translúcido, esto sucede después de la gelatinización cuando sucede el enfriamiento (Veyna, Castañeda, & Chávez, 2016 citados en Arias & Vallejo, 2020, pág. 16). Se relaciona con la maduración del pan durante el horneado del mismo, en este ciclo parte de la

amilosa se esparce fuera del gránulo y sucede la retrogradación al enfriarse, teniendo en cuenta que la maduración ocurre por el acopio de cadenas de amilopectina dentro del gránulo posterior a haber perdido parte de la amilosa (Veyna, Castañeda, & Chávez, 2016 citados en Arias & Vallejo, 2020, pág. 16).

Volumen de Hinchamiento (VH):

El VH es la capacidad que tienen los almidones de hidratarse, es una medida del daño sufrido durante el proceso de la molienda (Olguín & Veles, 2020). Se define como el aumento del volumen de los gránulos del almidón al tener contacto con el agua (Arias & Vallejo, 2020, pág. 31).

Según (Otegbayo, Lana, & Ibitoye, 2010 citados en Arias & Vallejo, 2020, pág. 31), los almidones con un volumen de hinchamiento alto tienen la desventaja de ser menos resistentes a fuerzas de cizallamiento, pero tienen la ventaja de cocinarse mejor, a diferencia de los que tienen un volumen de hinchamiento bajo, estos tienen mayor estabilidad a los ácidos fuertes y son resistentes a fuerzas de cizallamiento.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Una propiedad se caracteriza como la cantidad de agua que un alimento puede retener en su composición, esto se debe a la relación con los espacios de hidrógeno, las proteínas, los andamios de disulfuro, las bases y los ácidos presentes (Arias & Vallejo, 2020). El almidón es insoluble en agua fría; sin embargo, puede retener agua, la CRA alude a la suma agregada de agua retenida por un gel de almidón bajo circunstancias caracterizadas (Pupo, 2020, pág. 9). El agua se adhiere a la capa externa de los gránulos de almidón, parte de ella se presenta a través de las roturas y lleva al gránulo a expandirse (Pupo, 2020, pág. 9).

Índice de Solubilidad (ISA)

Es un rasgo único de cada tipo de almidón muestra la alteración del almidón debido a los polisacáridos que existen en el gránulo a la vista de la excesiva presencia de agua. La solubilidad es generada por un aumento de la temperatura y la expansión del gránulo, a través de estos conduce a enlaces intergranulares también llamado el nivel de afiliación, que es la unión entre los polímeros de glucosa (amilosa y amilopectina) que tienen un lugar con el almidón (Conzuelo, Rincon, & Padilla, 2014 citados en Arias & Vallejo, 2020, pag.32).

Índice de Absorción de Agua (IAA)

Es un rasgo de cada almidón demuestra la absorción de agua; depende de algunos factores, por ejemplo, el tamaño de los gránulos, la conexión entre amilosa - amilopectina, así como las fuerzas intramoleculares e intermoleculares (Arias & Vallejo, 2020). Un incremento de Índice de Absorción de agua durante la cocción permite obtener pan suave y disminuir el endurecimiento (Arendt & Bello, 2018 citados en Arias & Vallejo, 2020, pag.32).

Grasas

El término grasa se utiliza para aludir a los lípidos de consistencia fuerte o semisólida a temperatura ambiente y a los lípidos de consistencia fluida como los aceites a una temperatura similar (Quispe K. R., 2019, pág. 9). Todos los lípidos tienen la propiedad normal de ser disolubles en disolventes naturales (metanol, etanol, CH_3CO , cloroformo, éter, benceno) e insolubles en agua (Quispe K. R., 2019, pág. 9). En los alimentos, los lípidos asumen una parte importante, ya que influyen directamente en las cualidades organolépticas de los alimentos, especialmente en el sabor apariencia y textura (Quispe K. R., 2019, pág. 9). Las grasas de la harina provienen de las acumulaciones de los alojamientos como residuos dentro de las

envolturas y las partículas del microorganismo o germen. La sustancia grasa depende del nivel de extracción de la harina (Anticona, 2017, pág. 27) es fundamental tener en cuenta que parte de estos materiales se desvanecen durante la maduración de la harina y se transforman en grasas insaturadas que ajustan la naturaleza de la harina (Quispe L. , 2020, pág. 28), cuanto más alta sea la sustancia grasa más efectivamente se pudrirá (Anticona, 2017, pág. 27).

Según (Vásquez 2016 citado en Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021, pág. 81) especifica que el % de grasa en el pan se incrementará a medida que aumente el % de sustitución; en el proceso de obtención del pan, en general se utiliza entre el 11 y el 15% de grasa dependiendo del tipo de pan. De la misma manera, (Flores & Asencios, 2021) centran su atención en la utilización de combinaciones dobles de harina de trigo, en cierta medida subrogada con harina de sachapapa morada (*Dioscorea trifida* L.), dicen que los resultados adquiridos en cuanto a la sustancia grasa, presentan niveles por debajo de lo estipulado dentro de la norma sanitaria, pero esto podría estar relacionado con el grado de sustitución de la harina de trigo por la harina de sachapapa morada.

Cenizas

Cuantificar las cenizas en los alimentos determinara el contenido total de minerales, materia inorgánica y microelementos que satisfacen capacidades metabólicas significativas en nuestro organismo, es igualmente característico de las contaminaciones potenciales, permite distinguir contaminaciones metálicas concebibles en los alimentos durante el proceso de creación y almacenamiento (Zumbado, 2002 citado en Quispe K. R., 2019, pág. 9). a expansión del % de cenizas en el pan es un resultado constructivo ya que la cantidad de la misma muestra la sustancia de los minerales, entre ellos están: calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, cobre, manganeso, zinc (Pilataxi, 2013 citado en Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021, pág. 82).

Minerales

Según (Quispe L. , 2020), los minerales provienen de la parte exterior del grano que están incorporados dentro de la harina como lo son el potasio, magnesio, calcio entre otros, para cuantificar la cantidad de estos componentes, en las harinas se aplica la incineración en donde a través de la proporción o porcentaje de cenizas (minerales) se establece que, cuanto menor sea el porcentaje tendrá mayor pureza la harina. Para (Flores & Asencios, 2021, pág. 29) la sustancia mineral de una harina aumenta a medida que se aprovecha todo el grano, es decir, por ejemplo, cuando se extraen las harinas integrales, se obtiene un contenido de minerales en gran proporción.

Humedad

El contenido de humedad en un alimento demuestra la solidez del mismo, ya que existe una relación entre el contenido de agua en los alimentos y su capacidad de desintegración (Quispe K. R., 2019, pág. 6). El contenido de agua puede impactar directamente en la superficie del alimento, incluyendo su firmeza y aceptación (Olguín & Veles, 2020, pag.27). El contenido de humedad influye en su conservación, y su cambio es visto como una técnica o procedimiento de conservación (Olguín & Veles, 2020, pag.27).

Según (Flores & Asencios, 2021), en su estudio sobre la utilización de combinaciones dobles de harina de trigo, hasta cierto punto subrogada con harina de sachapapa morada (*Dioscorea trifida* L.) dice que diferentes autores confirman que el contenido de humedad aumenta debido al tamaño de la partícula, ya que, hipotéticamente, cuanto más pequeña es la partícula, más simple se expande la hidratación debido a la superficie de contacto, sin embargo, sus resultados fueron distintos, ya que la humedad experimenta ligeras reducciones dependiendo

de la sustitución, por lo que se puede deducir que la harina de sachapapa morada tiene niveles de fibra más bajos que las diferentes harinas evaluadas por diferentes autores.

Carbohidratos

Estos son componentes relacionados con la presencia de almidones en los tubérculos y cereales (Flores & Asencios, 2021, pág. 28). El porcentaje de carbohidratos en el pan disminuirá en general a medida que aumente el porcentaje de sustitución (Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021, pág. 83). Así mismo (Flores & Asencios, 2021) afirman que el nivel de carbohidratos en los productos de panadería se sitúa en el 66,8%, dicen que los índices podrían estar relacionados con el tipo de sustancia natural utilizada y además expresan que, a medida que aumenta la sustitución, disminuye el nivel de carbohidratos.

Comportamiento Reológico de las Harinas Compuestas

La información sobre las propiedades reológicas es útil para evaluar los impactos primarios de la combinación de varias harinas en las propiedades del pan (Sarria, Hurtado, & Camacho, 2019).

En un alimento existen propiedades reológicas que son la capacidad elástica y viscoelástica relacionada con la deformación creada por el esfuerzo, esta se caracteriza como una potencia aplicada sobre el área, se representa en Pa (N/m²) (Arias & Vallejo, 2020, pág. 17). Las propiedades reológicas asumen un papel significativo en la calidad del producto terminado, su aseguramiento es importante para prever la forma de comportamiento de los distintos tipos de harina durante el proceso de producción, y además impactan en la naturaleza del resultado final (Quispe L. , 2020). Entre las principales propiedades reológicas de las harinas se encuentran: la elasticidad, cohesión, extensibilidad, consistencia y plasticidad (Pérez & García, 2013 citados en Arias & Vallejo, 2020, pág. 17).

En cuanto a la masa su consistencia está directamente relacionada con su contenido en agua y, por tanto, con su rendimiento panario (Anticona, 2017, pág. 20). La interacción de los estados sólido y líquido de la materia influirán significativamente en las propiedades físicas de la masa (Anticona, 2017, pág. 20). De este modo, la mezcla presenta una plasticidad que une las cualidades de los dos líquidos y los sólidos, una elasticidad que es un rasgo de los sólidos y viscosidad que es un rasgo de los líquidos (Anticona, 2017, pág. 20).

Las condiciones generales de manipulación y el resultado final obtenido pueden ser similares a los producidos con trigo solo, pero también pueden surgir contrastes, incluidos los atributos reológicos (Vásquez, Verdú, Islas, Barat y Grau, 2016 citados en Andrade, 2021, p.11).

La reología exacta de la masa está determinada por la elección de la harina / almidón y la composición de los hidrocoloides, y ambos factores influyen en el procesamiento mecánico y el comportamiento de la fermentación (Witczak, Ziobro, Juszcak, & Korus, 2015).

la fermentación en las fuentes de alimentos suele ser una combinación de almidones, grasas, proteínas, etc., que sufren cambios simultáneos bajo la actividad de varios tipos de fermentos (Anticono, 2017, pág. 28). Los panes sin gluten tienen calidades inferiores comparadas con las del pan a base de trigo como por ejemplo los atributos de la miga y la corteza del pan son inferiores, debido a las deformaciones provocadas en el tiempo de fermentación (Guiñazú C. , 2020, pág. 12).

Los propósitos de la fermentación son el desarrollo del CO₂, para que al ser retenido por la mezcla se provoque un esponjamiento, y atribuir el mejoramiento de sabor del pan por los cambios sufridos por los componentes de la harina (Anticono, 2017, pág. 34).

Pruebas Reológicas

La realización del examen reológico en las harinas o mezclas de harinas asume una parte importante en la naturaleza del alimento o producto que se va a adquirir, estas propiedades reológicas de la mezcla prevén la forma de comportamiento de varios tipos de harina durante el sistema de panificación a través de pruebas reológicas (Quispe L. , 2020). Las pruebas reológicas se utilizan para decidir la utilidad de las harinas, significan concentrarse en las propiedades reales del gluten hidratado, formado después de la elaboración (Anticono, 2017, pág. 20). Según (Calaveras 2004 citado en Anticono, 2017,P.20), cuando el tiempo de desarrollo es demasiado largo, más de 4 o 5 minutos, la extensibilidad y elasticidad desaparecen y las mezclas se vuelven resistentes introduciendo problemas durante el sistema de cocción. El tiempo de desarrollo se ve afectado por el contenido de proteína, cuanto mayor sea el contenido de proteína, y hasta una

restricción específica del 13%, más limitado será el tiempo de desarrollo y tolerancia (Anticona, 2017, pág. 20)

Por ejemplo, una masa con un tiempo de desarrollo extremadamente corto (1 min 30 s), será menos elástica, más extensible y menos estable que una mezcla con un tiempo de avance más prolongado. (Anticona, 2017, pág. 20). En general, a medida que aumenta el tiempo de desarrollo, disminuye la extensibilidad y aumenta su estabilidad, versatilidad y resistencia al trabajo de amasado (Anticona, 2017, pág. 20).

Equipos Usados para Medir la Reología de las Masas

Farinografo

Este se utiliza para medir la naturaleza panadera de la harina haciendo referencia a la calidad de la misma, estima la consistencia de la masa a través de la fuerza requerida para mezclarla a una velocidad constante y la ingesta de agua requerida para alcanzar esta consistencia (Quispe L. , 2020, pág. 32). Los parámetros son:

Retención de agua: se refiere a la cantidad de agua esperada para llegar a una consistencia de 500 unidades farinográficas en la elaboración, está directamente relacionada con la cantidad de pan que se puede entregar por kilo de harina, y depende de la cantidad y naturaleza del gluten, y de la dureza del endospermo (Quispe L. , 2020).

Periodo de mejora y desarrollo de la masa: Es el tiempo que se espera para llegar a la consistencia más extrema en una harina muy fuerte, este período puede ser sorprendentemente largo y es concebible que esta realidad esté conectada con la gran cantidad de gluten o también con la velocidad de retención de agua por parte de éste (Quaglia, 1991 citado por Quispe, 2020, p.32)

Estabilidad: Esta se caracteriza como el tiempo que transcurre entre el momento en que el punto de referencia, interesadamente, capta la línea de 500UB (tiempo de aparición) y el momento en que el borde superior del punto se aleja de la línea de 500UB (tiempo de despegue) (Repo-Carrasco, Julio, & Encina, 1998 citados en Quispe, 2020, p.32).

Debilitamiento de la masa: Atiende a la distinción entre la mayor consistencia y la que se adquiere después de 10-20 minutos: a mayor valor, mayor fragilidad de la harina (Quaglia, 1991 citado en Quispe, 2020, p. 33)

Según (Quispe L. , 2020). la calidad de la harina puede evaluarse mediante la disposición adjunta

- Gran calidad: se establece el debilitamiento de masa entre los rangos de 30 y 50 unidades y fuerza de al menos 7 minutos.

- Calidad discreta: se establece el debilitamiento de masa entre los rangos de 50 y 70 unidades farinográficas y resistencia de al menos 5 minutos.

- Calidad regular: se establece el debilitamiento de masa entre los rangos de entre 70 y 130 unidades farinográficas y fiabilidad de al menos 3 minutos.

- Calidad inferior: se establece el debilitamiento de masa entre los rangos de más de 130 unidades farinográficas y fiabilidad de menos de 2 minutos.

Equipo Mixolab de Chopin

Es uno de los equipos que se enfoca en la evaluación de las cualidades reológicas de las harinas, específicamente en el amasado y en la cocción, permitiendo la seleccionar la harina más óptima para obtener un producto final de calidad (Arias & Vallejo, 2020, pág. 18).

Sus parámetros son:

Temperatura constante y desarrollo: En este parámetro se decide la fuerza de retención de agua en las harinas y se miden las cualidades de las mezclas durante la manipulación (tiempo de avance, estabilidad de la masa y potencia asimilada) (Chopin Technologies, 2015).

Proteínas y su debilitamiento; la consistencia de la mezcla tiende a disminuir si aumenta la temperatura, el nivel de este debilitamiento depende de las proteínas y la calidad que estas tengan (Chopin Technologies, 2015).

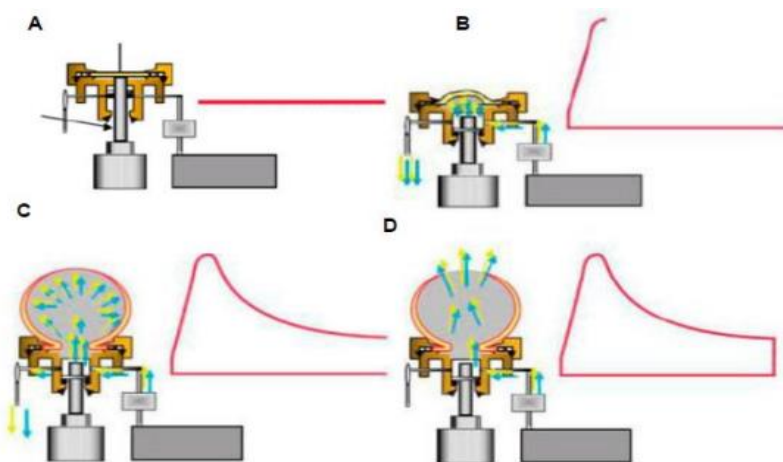
El almidón y gelatinización: después del tiempo y la temperatura las peculiaridades relacionadas con la gelatinización del almidón se vuelven abrumadoras, debido a la expansión de la consistencia, esto también depende de la naturaleza del almidón y de las sustancias añadidas (Chopin Technologies, 2015)

La acción de la amilasa: Está relacionada con la consistencia al final del proceso, y depende en gran medida de la acción de la amilasa endógena o añadida, la consistencia se corresponde a la inversa y proporcionalmente con el movimiento de la amilasa, por ejemplo, cuanto más grande sea la disminución de la consistencia, mayor será el movimiento de la amilasa (Chopin Technologies, 2015).

La retrogradación del almidón después del enfriamiento: Si el almidón disminuye, la consistencia del producto terminado aumenta, ciertas sustancias añadidas influyen en la actividad de esta particularidad restringiendo su importancia, aplazando en consecuencia la maduración y salvaguardando una flexibilidad más prominente del producto terminado (Chopin Technologies, 2015)

Alveógrafo

El alveógrafo es el instrumento utilizado para medir una parte de las propiedades de la harina. El objetivo principal de la evaluación alveográfica es cuantificar las propiedades reológicas de la mezcla, es decir, su capacidad para soportar la extensión durante el sistema de amasado, recrea la forma de comportamiento de la masa, ya que en su interior se enmarca un número ilimitado de alvéolos debido al desarrollo del dióxido de carbono durante el envejecimiento del pan (Quispe L. , 2020).

Figura 15*Alveógrafo*

Nota: A: Posición de partida, B: La masa ofrece resistencia a la presión del aire, C: La masa se deforma en una burbuja (extensibilidad), D: Rotura de la burbuja. Imagen reproducida de Alveógrafo de Chopin. Fuente: (Revista Virtual Pro, 2011 citado por Freire, 2019)

Utilizado para decidir la funcionalidad de la masa arroja una curva con las resultantes de la (L) extensibilidad, (W) fuerza de la masa, la (P) tenacidad y la (P/L) que es la proporción entre ambas llamada equilibrio (Hernández & Majem, 2015 citados en Olguin & Vèles, 2020,p.18)

W: La fuerza de la masa se expresa en hercios (Hz) y la capacidad de la misma para deformarse se expresa en centímetros cuadrados (cm^2). (Toaquiza, 2011 citado en Olguin & Vèles, 2020,p.18).

L: La extensibilidad estima la longitud de la mezcla y viene dada en milímetros (mm), dando una idea del límite de retención del gas presente en el envejecimiento (Toaquiza, 2011 citado en Olguin & Vèles, 2020,p.18).

P: La tenacidad se expresa adicionalmente en (mm) y está directamente relacionada con la retención de agua, por ejemplo, en el caso de que una masa sea más persistente, ósea con mayor tenacidad requerirá más agua (Toaquiza, 2011 citado en Olgüin & Vèles, 2020,p.18).

P/L: la proporción de extensibilidad y tenacidad juntas es vista como el balance de harina, se obtendrá el resultado al multiplicar el coeficiente de relación por la tenacidad, por la extensibilidad y todo esto se divide por la tenacidad (Toaquiza, 2011 citado en Olgüin & Vèles, 2020,p.18).

Acorde con (Toaquiza, 2011 citado en Olgüin & Vèles, 2020,p.18), se considera que la harina es razonable para la panificación cuando tiene un valor de W: en algún lugar en el rango de 140 y 160, P/L: en algún lugar en el rango de 0,5 y 0,6. En el caso de los productos fermentados y horneados, W: entre 180 y 200

Figura 16

Características de las Masas en el Alveograma



Imagen reproducida de: Características de las masas en el alveograma. Fuente: (Espinoza, 1981 citado en Quispe, 2020, p. 37).

El Alveo - Consistógrafo

El Consistógrafo unido al Alveógrafo proporciona la ventaja de un examen total y centralizado de las características plásticas de las masas antes de la cocción específicamente se centra en el hinchamiento, el amasado y su deformación manifestada como burbuja de aire ((Chopin 2013 citado en Anticono, 2017,p.21). Decide cuánta agua hay que añadir para conseguir una consistencia buscada, caracteriza los trigos para determinar sus aplicaciones (proporción de retención de agua, dureza, extensibilidad, flexibilidad y fuerza de cocción de la harina) (Chopin 2013 citado en Anticono, 2017,p.21).

En el alveógrafo se determina una curva denominada alveograma, que aborda, gráfica y matemáticamente, la fuerza y las características reales de la harina, a través de las propiedades que lo acompañan (Anticono, 2017, pág. 21). Tenacidad, Extensibilidad, Relación entre tenacidad y extensibilidad y fuerza panadera (Anticono, 2017, pág. 21).

Calidad de las Masas

Fuerza y Extensibilidad

Es la fuerza y la obstrucción que tiene la mezcla en el momento de la panificación, que dependerá de las asociaciones de proteínas, almidón y productos químicos (Olguín & Vèles,2020). la fuerza y resistencia panadera demuestra el trabajo que se espera para dar forma a una lámina de mezcla movida por el aire hasta que se rompa (calaveras, 2004 citado en Anticono, 2017,p.21). En el momento en que una harina de trigo se hidrata y se expone a la manipulación para enmarcar una masa de hornear, los cambios bioquímicos primarios ocurren en las proteínas que se reordenan a la misma vez que las fibrillas y los cuerpos de proteína se ajustan hacia el poder aplicado por el amasado (Anticono, 2017).

Según (Cordero, y otros, 2021) dice que, la fuerza de la masa puede ser un componente decisivo en la calidad de un producto de panificación, la ausencia de esta o la sobreabundancia de la misma puede causar problemas en la naturaleza de los productos de pastelería, elementos significativos que pueden impactar esta variable son la cantidad y la naturaleza del gluten presente en las harinas, así como las condiciones del proceso de amasado.

Lo que decide si una harina es fuerte o floja, son las cantidades de la proteína denominada gluten. (Anticona, 2017, pág. 27).

La harina con mayor fuerza es rica en gluten, puede retener mucha agua, dando mejor consistencia a las masas, se obtiene panes de buena textura, apariencia agradable y mayor volumen (Anticona, 2017, pág. 27).

Las harinas con menor fuerza o flojas son pobres en gluten, retienen poca agua, no tiene buena consistencia es decir la masa es muy floja y con propensión a fluir durante la fermentación, dando panes bajos e inadecuadamente terminados. No son razonables para hacer pan, sin embargo, si aplica para otros productos de panadería como por ejemplo las galletas (Anticona, 2017, pág. 27).

Existen diferentes tipos de clasificaciones para la fuerza de la harina, esto va a depender de cada país, la más encontrada en los países de Sudamérica es la más conocida como la numeración con el uso de los ceros. En la tabla número 1 se pueden observar la clasificación de la harina en diferentes tipos de fuerza y su posible uso.

Tabla 1*Diferentes tipos de Fuerza para las Harinas*

Fuerza Panadera	Clasificacion	Posibles Usos
	Numeracion con 0	
Harina con mayor fuerza	0	Masa con mayor elasticidad y de consistencia
Harina de fuerza media	00	Combinacion de harina fuerte y floja, para un amasado moderado en este caso puede ser utilizada para pizzas o productos similares
Harina de fuerza	000	Ideal para conservar la forma del producto Contiene gluten en menor proporsion, aplica para masas con
Harina floja	0000	menor consistencia y masas con poca grasa pueden ser usadas para hacer bizcochos o similares

Fuente: Adaptado de: (Garcés & Byron, 2019) y (Zapata, 2021)

Realizado por: (Rodriguez, 2022)

Tabla 2*Clasificación de la Harina según su Capacidad para Absorber Agua*

Tipo de harina	W(Fuerza panadera)	Capacidad de absorcion
Harina con mayor fuerza	310	90%
Harina de fuerza media	160 a 250	65-75%
Harina de fuerza	250 a 310	65-75%
Harina floja	90 a 160	50%

Fuente: Adaptado de: (Quispe V. L., 2020)

Realizado por: (Rodriguez, 2022)

En donde:

Tipo de harina: hace referencia a la fuerza

W: es el tipo de fuerza que clasifica a la harina

Capacidad de absorcion: Hace refrencia a la capacidad de absorber su peso en agua, entre mayor sea este valor, mayor sera la fuerza de la harina .

Los atributos a nivel industrial de masa como la fuerza, la extensibilidad, y la naturaleza del resultado final obtenido del trigo, se puede identificar incompletamente mediante la cantidad de proteína, los impactos significativos en las gluteninas de alto peso sub-atómico y de bajo peso atómico, además de las gliadinas, son partes de la proteína localizadas en los cereales, sea como sea, la alta carga sub-atómica de las gluteninas no es sólo la justificación detrás de la presencia de la extensibilidad (Kieffer 1998, citado en Cordero, y otros, 2021). Estos mismos autores señalan que la forma en que las proteínas del gluten sean increíblemente fuertes se debe

principalmente a su capacidad de enlazar el hidrógeno entre las cadenas laterales de la amida perteneciente al aminoácido glutamina

Según (Nazate, 2019), en su investigación sobre el impacto de la harina de patata *Solanum tuberosum* y la harina de garbanzo *Cicer arietinum* en las cualidades primarias y atributos sensoriales de un pan bajo en gluten dice que se demostró que la consideración de la mezcla de harinas crea contraste en la fuerza de presión de las mezclas de pan, contrastado con la masa hecha con 100 por ciento de harina de trigo, se vio en las masas de pan una reducción en la fuerza de presión como el nivel de reemplazo ampliado, se tiende a notar que esto se atribuye principalmente a la expansión en el contenido de fibra y proteínas no formadoras de gluten en la masa (Nazate, 2019, pág. 48). Es esencial añadir que el debilitamiento de la mezcla es un resultado de las proteínas vegetales que provienen de la sustitución de las proteínas del gluten por las proteínas vegetales no conformadoras del gluten causan un impacto de debilitamiento y posteriormente debilitan el rebozado (Nazate, 2019, pág. 48).

Propiedades Tecno-Funcionales

Se caracteriza por ser la cantidad de agua en la estructura de un alimento y la capacidad de retenerla, esto se debe a la comunicación con los espacios de hidrógeno, proteínas, extensiones de disulfuro, ácidos presentes y bases (Arias & Vallejo, 2020). Esta propiedad es básicamente la capacidad que al aplicar una fuerza de amasado dentro de la matriz logre retener el agua (Guiñazù C. F., 2020). La proteína en la harina retiene alrededor de 1,3 veces su peso en agua, este valor es un indicador de la importancia de los componentes para establecer la absorción de agua en la harina (Cerde, Cerde, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017).

Utilizar harinas que proporcionen una alta absorción de agua puede ayudar positivamente a la textura final del alimento brindándole mayor suavidad (Guiñazù C. F., 2020). Según (Cerde, Cerde, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017), dice que la absorción de agua para el trigo es mayor, ya que es una harina de fuerza debido a la cantidad y la naturaleza de las proteínas y el gluten que contiene. Haciendo referencia a la absorción de algunos tipos de cereales y legumbres, la proteína que contiene la quinua tiende a absorber una cantidad de agua considerable, pero este comportamiento se debe a su alto contenido de aminoácidos hidrosolubles, que en relación con la humedad ambiental y el agua tienden a hidratarse (Cerde, Cerde, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017, pág. 211). La hidratación depende del contenido de proteínas hidrosolubles por ejemplo la cebada, el maíz y la papa tienen una menor hidratación y todo esto se debe a que estos son bajos en este tipo de proteínas y también la insuficiencia de la proteína gluten, ya que el trigo sobresale por las prolaminas y glutaminas a diferencia de las otras harinas poco convencionales. (Cerde, Cerde, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017).

Según (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020), en su estudio de enriquecimiento de proteínas y lípidos de la *quinua* (*cv. Titicaca*) por fraccionamiento seco, dice que en general, al

reducir el tamaño de la partícula del grano, la capacidad de absorción de la harina va a aumentar, ya que a mayor área superficial se potencia la interacción con el agua, pero sus resultados fueron opuestos, y probablemente fue debido a que, en su caso, las fracciones de mayor tamaño tenían el mayor contenido de proteína (fracción media) o almidón (fracción gruesa), que afectan notablemente el valor de absorción de agua.

Es importante tener en cuenta que, el almidón dañado podría ser otra razón para el aumento de absorción de agua en harinas, estudios relacionados dan indicios de que la absorción de agua puede estar relacionada con la composición de las partículas y su tamaño (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020, pág. 10).

En cuanto a las sustituciones de harinas compuestas. La absorción de agua se verá afectada con el porcentaje de sustitución, por ejemplo, para las sustituciones del 15% la absorción tiende a aumentar (Henaó y Aristizábal 2009 citados por Peña & Quintero, 2019,p.2).

Capacidad de Retención de Agua

El límite de retención de agua de una harina contribuye a la calidad del pan, al tiempo de conservación y al rendimiento en producción (Olguín & Vèles, 2020, pág. 20). Algunos elementos influyen en este límite: principalmente la calidad y cantidad del gluten y el almidón, también contenido de fibra (Cerda, Cerda, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017, pág. 207). Según (Arias & Vallejo, 2020 citados en Olguín & Vèles, 2020,p.45), señalan que un valor alto de este parámetro es un indicador de mejor cocción (Torres, 2018 citado en Guiñazù, 2020,p.8).

Según (Holguín y Vélez, 2020), en su investigación de sustitución de harina de trigo mezclada con harina de arroz integral y quinua dice que los valores límite de retención de agua detallados abordan una distinción insignificante entre las formulaciones con el tratamiento de

control que es la muestra de harina de trigo. Por otro lado (Cerda, Cerda, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017), en su investigación de sustitutos de trigo en la producción de pan evalúa la proteína de las harinas de quinua, trigo, cebada, maíz y papa, dice que en cuanto al nivel de límite de retención de agua, ninguno de los tratamientos se encontró dentro de los límites establecidos por el método ya que para su uso en panificación la técnica establece un valor por debajo de 57, este valor es influenciado por todas las partes de la harina como la grasa, la proteína, cenizas, fibra y la humedad.

La Capacidad de Hinchamiento

Es básicamente la propiedad que tiene un producto de panificación para incrementar su volumen a la vista de la presencia de agua abundante, viene dado por la capacidad del almidón para hincharse en la presencia de agua (Guiñazú C. , 2020, pág. 9). También puede servir como interpretación o medida del daño que sufrido durante el proceso de molienda (Olguín & Vèles, 2020). Los gránulos de almidón, cuando se calientan en agua, se gelatinizan y se produce una modificación molecular, provocando daños a la cristalinidad y la capacidad de unión al agua aumenta (Sarria, Hurtado, & Camacho, 2019).

Esta propiedad es una de las más importantes debido a que lo que se busca es que las masas o pastas aumenten su volumen después de haber tenido su proceso de cocción que se da mediante la absorción de agua (Sarria, Hurtado, & Camacho, 2019).

Según (Lei et al, 2008 citado en Cordero, y otros, 2021), el espesor inicial o viscosidad está relacionado con una mezcla de la velocidad en la que se rompen y se hinchan los gránulos de almidón, si se da una alta capacidad de hinchamiento se obtendrá una alta viscosidad inicial, pasando a el espesor final este puede incrementar, debido a que durante el enfriamiento se da la

formación de un gel que se genera por una Re asociación de moléculas de almidón (Lei et al, 2008 citado en Cordero, y otros, 2021). El tratamiento térmico aplicado en la elaboración del pan influirá sobre la viscosidad en la harina de pan, por lo tanto, cuanto mayor sea el tratamiento hidrotermal, menor será la capacidad de las harinas para aumentar su viscosidad debido a la cantidad de gránulos de almidón no estructurados (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022).

Las propiedades antes mencionadas son la consecuencia de una complicada asociación entre las harinas y el agua, que se ve afectada por la temperatura y el tiempo, y que se ve modificada regularmente por la propia harina al cambiar el tiempo o la temperatura de las distintas etapas (Cordero, y otros, 2021).

Según (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022).Las diferencias en la viscosidad de las harinas se deben al daño del almidón en el proceso de molienda, lo que reduce la capacidad del almidón para aumentar la viscosidad tras la gelatinización y la posterior retrogradación

El almidón, una vez gelatinizado, también forma un gel en el proceso de retrogradación, por lo tanto, en general, valores más bajos de concentración mínima de gelificación en las harinas significan una buena capacidad de gelificación de la proteína, una buena capacidad de hinchamiento y gelificación del almidón o ambas (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020, pág. 8).

Tabla 3*Clasificación del grado de hinchamiento en el alveografo*

Clasificación	Coefficiente de Dilatación
Muy baja	Menor de 16
Limitada	18 a 20
Normal	20 a 23
Elevada	23 a 26
Excesiva	Mayor de 26

Fuente: (Quispe V. L., 2020)

Realizado por: (Rodríguez, 2022)

Capacidad Gelificante

Según (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020), el valor de la capacidad gelificante va a depender de la interacción y el contenido de los componentes como lo son: los lípidos, los carbohidratos y las proteínas. Se da después del rompimiento, hidratación e hinchamiento del granulo de almidón expuesto al calor obteniendo así la capacidad de formar una estructura de gelificación, es decir formando un gel (Pablos, 2018). Esto se debe a que, el almidón se va a gelatinizar a través de la exposición de calor al igual que durante el horneado. Posteriormente, en los dos casos, el almidón que asimila el agua es básicamente almidón gelatinizado (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022, pág. 5).

El aumento de la temperatura de empastado de las partículas más gruesas resulta de su compacidad estructural, lo que puede ser un factor limitante para la introducción de agua en la parte interna de la partícula, necesaria para la gelatinización del almidón (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022, pág. 6) Así, partículas más gruesas, compactas y duras con menor

superficie de absorción de agua pueden retrasar o minimizar los fenómenos de gelatinización, ya que el análisis se realiza en un marco de tiempo limitado y ajustado (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022, pág. 6). Según (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020) en su estudio de enriquecimiento de proteínas y lípidos de la quinua (*cv. Titicaca*) por fraccionamiento seco. Tecnofuncional, térmico y propiedades reológicas de las fracciones de molienda, dice que, las harinas panificables tienen altos niveles de almidón gelatinizado y una mayor capacidad de hidratación en frío que la harina de trigo (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022).

Según (Guerra, Fernandez, Gallego, & Gomez, 2022), en su investigación sobre las consecuencias del tamaño de las partículas sobre las propiedades de la harina panificable desperdiciada, y además en función de la investigación de diferentes autores dice que, el impacto del tamaño de las partículas en la conducta de gelatinización depende no solo de la superficie sino también de la integridad del almidón.

El almidón, una vez gelatinizado, también forma un gel en el proceso de retrogradación, por lo tanto, en general, valores más bajos de concentración mínima de gelificación en las harinas significan una buena capacidad de gelificación de la proteína, una buena capacidad de hinchamiento y gelificación del almidón o ambas (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020, pág. 8)

Para que se forme la gelatinización en la harina de trigo esta tiene que tener una mínima concentración entre los porcentajes de 8 y 14,68.

Existen diferentes harinas de cereales que tienen mayor porcentaje de concentración como son la del trigo sarraceno con un porcentaje de 32 y el mijo con 18.

Entre las harinas de las plantas o legumbres no existe mucha diferencia, se encuentran porcentajes similares entre ellas como, por ejemplo, soja 16, garbanzo 12, lenteja 8 albumias 12 y guisantes 8.

Capacidad Espumante

Esta propiedad alude a la cantidad de zona interfacial formada por las proteínas (Guiñazù C. F., 2020, pág. 10). Está fundamentalmente relacionado con las proteínas, que estructuran una fuerte capa pegajosa y persistente en torno a las burbujas de aire de la espuma (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020, pág. 9).

Una alta estabilidad de la espuma sugiere que las proteínas nativas solubles en la fase continua (agua) son muy tensioactivas en las harinas, la muy baja estabilidad a la formación de espuma de la fracción media podría explicarse por su alto contenido en lípidos (Solaesa, Vilanueva, Vela, & Ronda, 2020, pág. 9).

La capacidad para formar espuma del trigo tiene un porcentaje de 12,92. A diferencia de la harina de trigo otros tipos de cereales como lo son el arroz y el teff e incluso también pseudocereales de los que hacen parte la quina y el trigo sarraceno son inferiores en la capacidad espumante teniendo valores muy bajos (Guiñazù C. F., 2020, pág. 10). Comparando las harinas de legumbres y la harina de trigo, estas presentan valores más altos como ejemplo, el porcentaje de la harina de garbanzo presenta valores de 23 y 40 (Guiñazù C. F., 2020, pág. 10).

Capacidad de Emulsificar

Esta propiedad es la capacidad de las proteínas para dar forma y equilibrar la dispersión de una fase oleaginosa en un medio líquido como el agua (Guiñazù C. F., 2020, pág. 11).

La harina de trigo tiene un porcentaje de 43,88 en su capacidad de emulsión (Guiñazù C. F., 2020, pág. 11).

Los pseudocereales son considerados con una alta capacidad de emulsión similar a la del trigo (Collar y Angioloni, 2014 citados en Guiñazù C. F., 2020,p.11).

Por el contrario los porcentajes entre las legumbres son muy variantes, algunas pueden ser superiores a la del trigo, como lo es la harina de lenteja con un porcentaje de 47, otras pueden ser muy inferiores a la del trigo como por ejemplo la harina de garbanzo que tiene un porcentaje de 2 al 22 (Guiñazù C. , 2020, pág. 11).

El gluten está relacionado con la sedimentación, las harinas con mayor contenido de esta proteína producen mayores valores de sedimentación todo esto se debe a la capacidad de absorber agua y también a su capacidad de hinchamiento. (Vàzques, Perez, Picazo, & Cruz, 2021). Al intentar suplantar la harina de trigo con alguna otra sustancia natural que no enmarca el gluten, se generan enormes dificultades reológicas; la idoneidad de la mezcla de panificación se ve impactada y en consecuencia la naturaleza de los productos terminados (Peña & Quintero, 2019).

Al mezclar el agua con la harina y formar una masa, esta va a presentar una variación en sus características que van a depender las propiedades ingredientes y estructura de sus componentes, para alcanzar masas que cuenten con los atributos viscoelásticos del gluten

(fuerza, tiempo óptimo para amasado y la capacidad de tolerar el sobre amasado (López, 2007 citado en Olguín & Vèles, 2020,p.1).

Tiempo de Desarrollo de la Masa

Por lo general este es mas alto que el de la harina convencional debido a que en esta se relaciona con el tiempo en el que avanza el gluten por lo cual se deduce que entre mejor se muele la harina se tendra un mayor tiempo de desarrollo (Peña & Quintero, 2019).” El incremento de este valor puede atribuirse a la difícil formación de las mezclas para enmarcar masas viscoelásticas y por ende esto va a generar en el amasado un aumento de tiempo requerido para absorber el agua y formar la red (Lascano (2010), citado en Peña & Quintero, 2019,p.24).

Comportamiento sensorial de las harinas compuestas

La evaluación sensorial es un mecanismo para estimar la naturaleza de un alimento mediante la evaluación de sus cualidades organolépticas (Espinosa, 2011 citado en Arias & Vallejo, 2020, pág. 28). Los sentidos como la vista, el olfato, el oído, el gusto y el tacto, permiten decidir la aceptación de un alimento que fue previamente formulado y procesado (Andrade, 2021).

Mediante este examen se puede conocer la preferencia de los consumidores, criterio que importa en la formulación, desarrollo y comercialización de un producto (Espinosa, 2011 citado en Arias & Vallejo, 2020, pág. 28). Además, Según (Valderrama, 2003 citado en Anticon, 2017, p.40), la información obtenida por el análisis sensorial permite reconocer la sustitución de nuevos ingredientes y la aceptación de los mismos.

Los análisis sensoriales son básicamente la representación e investigación del reconocimiento o rechazo de un alimento por parte del probador o cliente, indicado por las sensaciones experimentadas desde el momento en que es observado y después de ser probado (Flores & Acuña, 2019, pág. 20). Es importante considerar que estos discernimientos dependen esencialmente del individuo, de la realidad y el espacio en el que se encuentre (Flores & Acuña, 2019, pág. 20). Es por lo cual, no hay específicamente unos parámetros establecidos de cómo debería hacerse un estudio sensorial, aunque se logre describir las mejores propiedades del pan, cada estudio se realiza de forma diferente los cuales muchas veces no son muy comparables (Aragón, Ruiz, & Palma, 2020). El porcentaje de sustitución en la incorporación de diferentes tipos de harina por lo general en su mayoría va incidir significativamente en los atributos sensoriales del producto terminado. Según (Ponce, 2018) en su estudio de sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cascara de plátano dice que, a la vez que se aumenta el

porcentaje de sustitución la aceptación de las características sensoriales del pan tiende a disminuir.

Volumen Especifico

De manera general, se podría decir que los panes más voluminosos requieren harinas con fuerza es decir con altos contenidos de proteínas alrededor del 13 por ciento con alto contenido de gluten, para así de esta manera lograr retener el gas que se genera en la fermentación (Zapata, 2021). Este parámetro se ve impactado por la cantidad y calidad de proteínas aptas para enmarcar un gluten con grandes cualidades viscoelásticas y mezclas fuertes para encerrar el aire creado durante la interacción de la fermentación (Cordero, y otros, 2021). De la misma manera (Callejo 2002 citado en Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021), hace referencia a que la variedad del volumen particular del pan se debe al aumento de proteínas en la masa, además el grado de sustitución impactará directamente en algunas otras cualidades propias del pan como el peso y la textura.

Según (Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021) en su estudio sobre las características físicas y químicas del pan sustituyendo parcialmente a la harina de trigo por harina de quinua y kiwicha, dice que el volumen particular del pan no presentó una gran distinción entre los tres tratamientos ya que, del 100 por ciento, el 35% es sustitución de harina de kiwicha y Quinua geminada, sin embargo asumiendo que lo contrastamos con el pan hecho exclusivamente con harina de trigo, si existe una variedad significativa ya que presenta mayor cantidad de gluten.

Color

unos de los atributos más importantes para el reconocimiento o el descarte de un producto es el color. también se pueden reconocer las características del color mediante pruebas colorimétricas (Nazate, 2019). Un pan de buena calidad debe tener un color y buena apariencia de la corteza, su color cambia desde naranja claro hasta un dorado oscuro, llegando a algunos colores en donde la pronunciación del oscurecimiento es mayor, que se da dependiendo de alta la temperatura del horneado (Zapata, 2021)

El color del pan según (Paucar, Salvador, Guillén, & Mori, 2016), si se hace énfasis en la corteza, el color es una carta de prólogo para el comprador, una corteza muy oscura podría provocar el descarte del pan, unas cuantas investigaciones garantizan que el aumento de la fijación de la proteína en las mezclas de panadería aumenta el tono brillante del pan en el exterior, también dice que el color de la harina compuesta, puede variar con la cantidad de pigmentación y el tamaño de las partículas y en general si comparamos los que no contienen gluten la mayoría tienen un color más claro que los que si contienen gluten como lo es el trigo.

(Nazate, 2019), en su investigación sobre el impacto de la sustitución harina de trigo por harina de patata, afirma que es evidente que la sustitución de esta mezcla afecta al color del pan, existe una propensión a oscurecer a medida que aumenta el nivel de harina de garbanzo que, aunque es mínima marcara la diferencia, en cuanto a la luminosidad, se vio que el tratamiento de control (trigo) tiene una tasa más alta (98. 23%), mientras que para los diferentes tratamientos este parámetro disminuye a medida que el nivel de sustitución de la harina de garbanzo disminuye, por lo que las cualidades no son uniformes en contraste con el trigo. De la misma manera, Según (Vàzques, Perez, Picazo, & Cruz, 2021), en su estudio de sustitución de harina de

trigo en panificación dice que, en términos de color, la luminosidad del pan disminuyó con un mayor contenido de amaranto.

Se puede interpretar que nivel de sustitución del trigo se verá reflejado en el color del pan, quizá unos más que otros debido a la diferencia de los componentes de la harina de suplantación (carbohidratos y proteína) , por ejemplo (Adeyeye, y otros, 2018) en su estudio de parámetros de aceptación y calidad de pan con harina de trigo y arroz, dice que, la corteza se oscurecía más a medida que se aumentaba el porcentaje de sustitución con harina de arroz, el color de la muestra de control fue mucho más clara frente a las otras muestras que tienden a oscurecer con el mayor porcentaje de sustitución.

Sabor

Por lo general, las sustancias e ingredientes involucrados influirán en este atributo de sabor, aunque un pan de calidad tendrá pronunciamiento a un sabor único de fermentación, que es característico a la nuez dulce los panes que contienen levadura tendrán un toque de acidez, por el contrario, si no se usa la fermentación con levaduras como por ejemplo la utilización de masa madre tendrán un sabor ácido mucho más fuerte (Zapata, 2021). El sabor del pan se evalúa por separado debido a que este va a variar tanto en la miga como en la corteza por lo general la corteza tiene a tener un sabor más agradable debido a la diferencia de compuestos, el sabor de la miga tiende a ser ácido, salado o dulce, el sabor de la corteza tiende a ser astringente, amargo, dulce o tostado (Aragón, Ruiz, & Palma, 2020)

Olor

Según (Espinosa 2012 citado en Flores & Acuña, 2019) afirma que esta propiedad, es vista como una de las más difíciles de caracterizar y describir, está dada por diversas sustancias

que son volátiles en los alimentos, ya sea de forma natural o provenientes de su manipulación a través de sustancias añadidas a los alimentos, como los aromatizantes. Se valoran los olores de la corteza y también de la miga, así como el olor que aparece al romper el pan, para evaluar esta propiedad es muy importante tener en cuenta que se debe evaluar el pan a una temperatura medianamente tibia para evitar la pérdida de los compuestos volátiles (Aragón, Ruiz, & Palma, 2020).

Textura

Esta propiedad se evalúa mediante exámenes reológicos, que se centran en la investigación de factores como la consistencia, el grosor, la dureza o la solidez (Flores & Acuña, 2019). Según (Aragón, Ruiz, & Palma, 2020), los atributos de la textura para evaluar la aceptabilidad de un producto de panificación comienzan por la dureza tanto de la corteza como de la miga, la cohesividad de la miga identificando el grado de deformación antes de que se rompa, la adherencia de la miga a través del paladar y finalmente la masticabilidad. La dureza se caracteriza por ser la mayor potencia o fuerza durante el ciclo de compresión y sería lo que podría compararse o deducirse con el mordisco primario. (Freire, 2019). Según (Vàzques, Perez, Picazo, & Cruz, 2021)

La Adhesividad

Físicamente es el trabajo requerido para rebasar las fuerzas atractivas que se generan entre dos superficies, que son la superficie del alimento y la superficie de contacto con ese alimento (Pèrez, 2013). Es el trabajo que se espera para eliminar un material de la superficie; se estima en gramos por segundo ($g*s$) y la definición instrumental es la región negativa para la presión principal. (Freire, 2019). Según (Vàzques, Perez, Picazo, & Cruz, 2021). Y sensorialmente es la fuerza necesaria para separar el alimento que se adhiere particularmente en el paladar de la boca (Pèrez, 2013).

La Cohesividad

Se estima como la proporción del desmoronamiento de un material por impacto mecánico. (Freire, 2019). La cohesividad varía según el nivel de composición. Tanto el nivel del agua como el contenido de fibra en gran proporción pueden influir y hacer que los productos de panificación sean más cohesivos y duros (Vàzques, Perez, Picazo, & Cruz, 2021). Sensorialmente la cohesividad es el grado en el que se comprime una sustancia o alimento por los dientes antes de que esta se rompa (Pèrez, 2013).

La Elasticidad

Físicamente es la velocidad en la que una sustancia que fue deformado logra volver a su condición inicial después de la fuerza a la que fue sometido (Pèrez, 2013). Está relacionada con la cantidad de fibra presente en los alimentos, lo que también influye en la novedad y la circulación del aire a través de los productos es decir si los productos están aireados y frescos (Bedón M. , 2020), y está relacionada con el límite de recuperación de la estructura de la miga después de la presión principal (Freire, 2019). Según (Vàzques, Perez, Picazo, & Cruz, 2021).

Sensorialmente la elasticidad es el grado en el que una sustancia o alimento vuelve a su forma original después de ser comprimido entre los dientes (Pèrez, 2013).

La masticabilidad

Es básicamente la energía que se requiere para comer o mascar un producto sólido (Freire, 2019). Es la energía necesaria aplicada, hasta que este producto pueda ser engullido, se aplica para medir alimentos con cohesividad, dureza y elasticidad (Pèrez, 2013). Sensorialmente es evaluada mediante el tiempo necesario para masticar la muestra mediante la aplicación de una fuerza a velocidad constante y así lograr la consistencia adecuada para tragar el alimento (Pèrez, 2013).

Aditivos para las Harinas Compuestas

Intentar suplantar la harina de trigo con alguna otra sustancia natural que no forme gluten crea enormes dificultades reológicas; la razonabilidad de la mezcla de panificación se ve impactada y posteriormente la naturaleza de los productos terminados (Peña & Quintero, 2019, pág. 22). Este problema se puede solucionar mediante la utilización de hidrocoloides que ayudan a solventar las deficiencias que tienen las masas cuando se disminuye el contenido de trigo en el mismo (Peña & Quintero, 2019, pág. 22).

(Peña & Quintero, 2019), han llevado a cabo investigaciones con panes delicados utilizando varias combinaciones de harina compuesta de yuca y trigo dice que, a causa de la harina de yuca, sin presencia de la xantana, se debilitó la muestra, esto significa que los hidrocoloides han intervenido e incidido de alguna forma en el comportamiento de la muestra.

El hidrocoloide de xantana hace razonable el reemplazo parcial de la harina de trigo por la harina de yuca, cuando se contrasta con estudios relacionados y resultados anteriores (Peña & Quintero, 2019, pág. 26). La mejora a través de la recreación permite certificar que los niveles de sustitución, añadiendo el hidrocoloide de xantana, pueden llegar hasta el 40,01 % para lograr una mezcla que copie las cualidades farinográficas de la masa de harina de trigo para la elaboración de pan (Peña y Quintero, (Peña & Quintero, 2019, pág. 26)

Según (Paucar, Salvador, Guillén, & Mori, 2016), para conseguir productos con la textura esperada, es conveniente depender de la utilización de sustancias añadidas para trabajar acorde con este parámetro, ya que al suplantar en cierta medida la harina de trigo por otro tipo de harina, la viscosidad y la elasticidad en las masas no es algo similar y puede no ser extremadamente satisfactorio para el comprador.

(Peña & Quintero, 2019), en su estudio dicen que, en todas las formulaciones se obtuvo altos valores de estabilidad. Estos autores dicen que hay una relación proporcional en cuanto a la reducción del gluten con el porcentaje de harina de yuca, lo cual significa que a mayor sustitución menor estabilidad, en este caso los valores altos de estabilidad, se deben a la presencia del hidrocoloide xantán

Conclusiones

Se logro identificar a través de numerosos estudios los diferentes componentes de las harinas y como es su comportamiento funcional para poder prever posibles cambios que se pueden presentar en la sustitución de la harina de trigo debido a la interacción de sus componentes.

Al intentar sustituir parcialmente o completamente la harina de trigo, se verán implicadas las propiedades reológicas y sensoriales del producto terminado de panificación debido a que la harina de trigo es única en sus componentes especialmente en las proteínas formadoras de gluten que le confieren al pan características únicas. Esto no quiere decir que la harina de trigo no se pueda sustituir, pero si es importante analizar el porcentaje de sustitución debido a que las harinas de otros cereales y oleaginosas van a variar el contenido de sus componentes y por ende afectar las propiedades tecno - funcionales del producto. Se pudo afirmar y contrastar a través de los diferentes estudios analizados en esta investigación que es posible la sustitución parcial de harina de trigo especialmente para el mejoramiento del contenido nutricional sin afectar la calidad sensorial den pan.

Existen variedades de harinas de diferentes cereales, leguminosas, y tubérculos que son potenciales en la industria alimentaria y hoy en día apetecidas por la instaría panadera debido a que son una fuente de nutrientes, algunas tienen un gran contenido de carbohidratos y siendo también muchas de ellas fuente de energía.

Nuestro país es rico en biodiversidad por ello, al emplear estos nuevos productos se logra también fortalecer el aprovechamiento de gran variedad de vegetales que son diversos en el país y en el mundo. Plantas como la ahuyama y otras tiene un alto contenido de nutrientes que son beneficiosos para el organismo y contribuye a la prevención de enfermedades.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones o formulaciones sobre la sustitución de trigo en la industria panadera, sobre todo en panificación, se recomienda investigar la fuente de suplantación en cuanto a sus componentes, al tipo de almidón y contenido del mismo, el contenido de gluten y hacer rigurosas pruebas reológicas en la masa para poder prever los cambios indeseados en el producto final.

Referencias Bibliográficas

- Adeyeye, S. A., Bolaji, O. T., Abegunde, T. A., Adebayo, O. A., Tihamiyu, H. K., & Idowu, A. (2018). Quality Characteristics and Consumer Acceptance of Bread from Wheat and Rice Composite Flour. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 07(2), 488-495. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.7.2.18>
- Alcivar, D. P., & García, D. A. (2021). *Desarrollo de pasta tipo Spaghetti y Lasagna, sustituyendo harina de trigo por harina de chía (Salvia Hispánica) y harina de maíz (Zea Mays)*. [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54175>
- Alvares, S. D., Salazar, G. C., Sañudo, S. B., & Betancourth, G. C. (julio de 2021). Evaluación fenotípica de semillas de haba (*Vicia faba* L.) colectadas en Nariño-Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 24(2), 1-9. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1874>
- Andrade, J. A. (2021). *Desarrollo de tortilla con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de jícama (Smallanthus sonchifolius) y cáscara de haba (Vicia faba)*. [Trabajo de titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16137>
- Anticona, A. I. (2017). *Comparación físico-química y reológica de harinas: trigo (Triticum aestivum), centeno (Secale cereale) y triticale (x Triticosecale) en elaboración de pan*. [Trabajo de Tesis, Universidad Agraria La Molina (Perú)]. Repositorio Latinoamericano

Universidad Nacional Agraria La Molina Perú.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1370384>

Aragón, G. F., Ruiz, R. A., & Palma, L. M. (2020, 10 y 11 de Noviembre). Componentes volátiles del pan y desarrollo de un panel de cata específico. *Dailnet*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7912300>

Arias, G., & Vallejo, M. (2020). *Desarrollo de masas panificables precocidas congeladas sustituyendo parcialmente la harina de trigo con harina de centeno y arroz integral*.

[Trabajo de Tesis, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50328>

Asiyanbi, T., & Simsek, S. (2020). Quality and Storage Characteristics of Hot Press Tortilla Prepared from Yam-Wheat Composite Flour. *Food and Nutrition Sciences*. 11. 235-254.

<https://doi.org/10.4236/fns.2020.114018>

Astete, V. K. (2019). *Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum L.) por la mezcla de harina de Sachapapa Morada (Dioscorea trifida L.) y harina de soya (Glycine max L.) en la elaboración de panes en Pucallpa*. [Trabajo de Tesis, Universidad Nacional de Ucayali Pucallpa Perú]. Repositorio Institucional la Investigación a tu servicio.

<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4251>

Bedón, M. (2020). *Efecto del reemplazamiento parcial de harina de trigo por harina de amaranto en las propiedades fisicoquímicas de una torta sin azúcar*. [Trabajo de Grado, Universidad de los Andes Colombia]. Repositorio Institucional Seneca.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/48962>

- Belović M., Torbica A., Škrobot D., Tomić J., Čabarkapa I., Tivančev D., Štatkić S., Acín V., Kukurová K. (2020). Potential application of triticale cultivar —Odisejll for the production of cookies. *Ratar. Povrt.*, 57 (1), 8-13.
<https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1821-3944/2020/1821-39442001008B.pdf>
- Cerda, L., Cerda, V., Pilamala, A., Moreno, C., & Pérez, A. (2017). Proteína de harinas de maíz, cebada, quinua, trigo nacional y papa: características y funcionalidad como sustitutos de la proteína de harina de trigo importado en la producción de pan y fideos. *Dialnet*. 6(3), 201-216. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413712>
- KPM. (2015). Choping Technologies. <https://chopin.fr/es/quienes-somos.html>
- Cordero, F. D., Granados, N. M., Islas, R. A., Verdú, A. S., Ramírez, W. B., & Vásquez, L. F. (2021). Utilización de fibra de avena con diferente tamaño de partícula en panificación: efecto reológico y textural. *Scielo*. 11(01). 161-173.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000100161&script=sci_arttext
- Correa, B. (2017). *Sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (chenopodium quinoa willd) para elaboración de pan de molde*. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Digital de la UTMACH.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11159>
- Elías, J. W., García, C. E., Pérez, R., & Yauris, C. R. (2021). Caracterización Físicoquímica de Pan con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Quinua (chenopodium quinoa willd) y Kiwicha (amaranthus caudatus l.) Germinadas. *Instituto de Formación e Innovación y Formación Científica*, 2(2). 69-83. <https://doi.org/10.47192/rcs.v2i2.64>

Estrada, H. H., Restrepo, C. E., & Iglesias, M. A. (2018). Aceptabilidad Sensorial de Productos de Panadería y Repostería con Incorporación de Frutas y Hortalizas Deshidratadas como Ingredientes Funcionales. *SciELO*. 29(4), 13-20. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400013>

Organización de las Naciones Unidas FAO. (2016). *Legumbres. Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf>

Felipe, D. R. (2006). *Manual Del Ingeniero De Alimentos* (primera ed.). Colombia: Grupo Latino Ltda. <https://pdfcoffee.com/manual-del-ingeniero-alimentos-digi-6-pdf-free.html>

Flores, F. J., & Acuña, O. J. (2019). *Sustitución parcial de la harina de trigo (triticum spp) por harina sucedánea de sachapapa morada (dioscorea trifida) en la elaboración de pan*. [Trabajo de Tesis, Universidad Intercultural de la Amazonia]. Repositorio UNIA. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/214>

Flores, F. J., & Asencios, T. V. (2021). Sustitución parcial de la harina de trigo (triticum spp.) por harina sucedánea de sachapapa morada (dioscorea trifida l.) en la elaboración de pan comercial mediante el método directo. *UNHEVAL*, 2(1). 23-31. <https://rii.revistadeingenieriaeinnovacion-fiisunheval.com/ojs/index.php/rii/article/view/33>

Flórez, C. E., Castro, E. Y., Altamar, P. T., & Machacón, Z. A. (2020). Obtención de una mezcla de harinas panificable a partir de tubérculos yuca (Arizona) y ñame (Dioscorea Alta) cultivados en el departamento del Atlántico. *Revista GIPAMA*. 1(1). 195-202. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3218>

- Freire, V. (2019). *Elaboración de panes con sustitución parcial de harina de trigo con fuentes alternativas de proteínas*. [Trabajo de Master, Universitat Politècnica de Valencia].
Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/117674>
- Garcés, H., & Byron, F. (2019). *Obtención de harina de mashua (Tropaeolum Tuberosum) y oca (Oxalis Tuberosa) mediante deshidratación para la elaboración de pastas artesanales*. [Trabajo de Titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dirección de Bibliotecas y Recursos para el aprendizaje y la Investigación.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11786>
- García, Y. E., Cabrera, D., & Fuenmayor, C. A. (2020). Obtención y caracterización de harinas compuestas de Cucurbita moschata D. y Cajanus cajan L. como fuentes alternativas de proteína y vitamina A. *Acta Agronómica*, 69(2). 89-96.
<https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.80412>
- Giuberti, G., & Gallo, A. (2018). Reducing the glycaemic index and increasing the slowly digestible starch content in gluten-free cereal-based foods: a review. *Food Science + Technology*, 53(1). 50 - 60. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13552>
- Gómez, R. K., Caballero, P. L., & Maldonado, O. y. (2021). Mejora De Un Proceso Productivo De Elaboración De Pan. *RIINN*. <https://doi.org/10.21897/23460466.2646>
- Guerra, O. P., Fernández, P. J., Gallego, C., & Gómez, M. (2022). Effects of particle size in wasted bread flour properties. *Institute of Food Science and Technology*, 57(8). 4782-4791. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15656>
- Guiñazù, C. (2020). *Harinas sin gluten de origen vegetal para el desarrollo de productos alimentarios. Aplicaciones, propiedades nutricionales y características funcionales*.

- [Trabajo Fin de Master, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/157885>
- Laborin, E. F., Heredia, S. N., & Granados, N. M. (2018). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harinas de vaina de Mezquite (*Prosopis* spp.) para panificación. *redalyc*. <https://www.redalyc.org/journal/813/81357541014/>
- Leon, K. D. (2019). *Determinación de gluten en harina compuesta de trigo, cebada y centeno destinada para la obtención de piezas de pan*. [Trabajo de titulación. Universidad Técnica de Machala, UTMACH]. Repositorio Digital de la UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13587>
- López, M. M., & Arias, G. S. (2021). Usos, propiedades nutricionales y evaluación sensorial del amaranto, quinua y subproductos de uva y café. *Ingeniería y competitividad, revista científica y tecnológica*. 24(1). 2-15. <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i1.11000>
- Lozano, N. V., Esparza, E. M., & Sorolla, A. A. (2021). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua*. [Trabajo de Master, Universitat Politècnica de Valencia]. Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/175400>
- Marcos, M. D., Canseco, N. H., Oliart, R. R., & Ramírez, H. A. (2021). Presence of antinutritional factors in legumes. *Journal of Innovative Engineering*, 5(17), 6-13. doi:10.35429/JOIE.2021.17.5.6.13
- Mendoza, J. P. (2021). La utilización de Harina de arroz y Kefir de leche, en productos de Panificación. [Trabajo de Tesis, Universidad Hemisferios]. Repositorio Dspace. <http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/1345>

Miranda, Z. W., Espinoza, V. D., Sánchez, C. M., Minchán, V. H., Ticona, Y. J., Mendoza, S. J., & Rodríguez, K. J. (2021). *Reología y viscosidad de alimentos*. Saves Editorial.

<https://savezeditorial.com/index.php/savez/article/view/18>

Morán, C. I., Mejía, G. A., & Beltrán, C. F. (2019). Industrialización del cultivo de soya.

Edumet.net. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/industrializacion-cultivo-soya.html#:~:text=Gracias%20al%20proceso%20del%20grano,leche%20y%20harina%20de%20soya.>

Narváez, G. V. (2020). *Producción de harina de jícama (smallanthus sonchifolius) para la formulación de galletas enriquecida con harina de quínoa (chenopodium quinoa willd)*.

[Trabajo de Titulación, Universidad Agraria del Ecuador].

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/NARVAEZ%20GONZALEZ%20VALERIA%20LEONELA.pdf>

Nazate, N. L. (2019). *Influencia de la harina de papa solanum tuberosum y harina de garbanzo cicer arietinum sobre las características estructurales y sensoriales de un pan bajo en gluten*. [Trabajo de Tesis, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital

Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9161>

Olguín, D. H., & Veles, N. N. (2020). *Evaluación fisicoquímica, sensoriales y reológicas por la sustitución parcial de harina de trigo con harina de quínoa y harina arroz integral precocido en productos de panadería*. [Trabajo de Titulación, Universidad de

Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54770>

- Pablos, A. S. (2018). *Estudio de la mejora de la funcionalidad de harinas y almidones sin gluten mediante tratamientos físicos innovadores*. [Trabajo de Tesis, Universidad de Valladolid]. Bibliotecas Universitarias de Castilla y León.
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/31505>
- Paucar, L. M., Salvador, R., Guillén, J., & Mori, S. (2016 de mayo de 2016). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia Agropecuaria*. 7(2). 121-132. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.05>
- Peña, W., & Quintero, N. (2019). Modelamiento de respuestas farinográficas de masas de harinas compuestas yuca-trigo adicionadas del hidrocoloide xantan. *Revista Cien. Tecn. Agrollanía*. 18. 21.28. <https://biblat.unam.mx/hevila/Agrollania/2019/vol18/3.pdf>
- Pérez, C. Y. (2013). *Análisis comparativo de propiedades, textura y estabilidad de mayonesas comerciales*. [Trabajo fin de Master, Universidad de Oviedo]. Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/19089>
- Ponce, R. F. (2018). *Características fisicoquímicas, sensoriales y bioactivas del pan de trigo sustituido parcialmente con harina de cáscara de plátano (musa paradisiaca l.)*. [Trabajo de Tesis Doctoral, Universidad Nacional Federico Villareal]. Red de Repositorios de acceso abierto a la ciencia.
https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_3670d8e32983f232104dd37e24f1c955/Details
- Pupo, A. M. (2020). *Modificación enzimática de harinas y almidones de ñame (criollo, espino, y diamante) cultivado en el departamento de Sucre*. [Tesis de Trabajo de Grado,

- Universidad de Córdoba]. Repositorio Universidad de Córdoba.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2981>
- Quimis, J. D., & López, A. V. (2021). *Propuesta para la utilización de harina de banano (Musa x Paradisiaca) y harina de arroz (Oryza sativa) en un pan nutritivo sustituyendo parcialmente la harina de trigo (Triticum)*. [Trabajo de Tesis, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54162>
- Quispe, K. R. (2019). *Estimación de la incertidumbre en la determinación de humedad, ceniza, grasa y proteína en mezcla de harinas (alimento de reconstitución instantánea)*. [Trabajo de Tesis, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional – UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4571>
- Quispe, L. (2020). *Sustitución adecuada de harina de trigo por harina de amaranto, con fines panificables, en función a las cualidades reológicas de la masa*. [Trabajo de Tesis, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25311>
- Rodríguez, C. R. (2021). *Evaluación del grado de sustitución de la harina de trigo (Triticum durum L.) por harina de loche (Cucurbita moschata Duch.) en la elaboración de pan de molde*. [Trabajo de Tesis, Universidad Señor de SIPAN]. Repositorio Institucional Universidad de SIPAN. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8220>
- Rodríguez, I., & Benavides, R. (2021). Efecto De La Harina De Quinoa En Las Características Nutricionales Y Sensoriales De Productos De Panificación- Revisión. *Working Papers ECBTI*. 2(1), 2-10. <https://doi.org/10.22490/ECBTI.4788>

- Ruco, C., Campo, S., Holmes, Paz, S. P., & Mosquera, S. A. (2022). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de ahuyama (*Cucurbita moschata*) troceada en fresco con recubrimiento y polietileno. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. 20(1), 207-220.
<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1943>
- Ruiz, C. J. (2019). *Efecto del secado sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y tecnofuncionales de la harina de semilla de auyama (cucúrbita máxima) cultivada en el municipio de Dabeiba, Antioquia y sus características bromatológicas*. [Trabajo de Grado, Universidad de Sucre]. Repositorio Institucional Universidad de Sucre].
<https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/1032>
- Sandoval, M. D. (2020). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de hojas de moringa (*moringa oleífera*) y harina de soya (*glycine max*) en elaboración de galletas dulces*. [Trabajo de Tesis, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional Digital Universidad Nacional del Santa.
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3697>
- Sarria, S. D., Hurtado, H. D., & Camacho, T. J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro. *Scielo*. 30(5), 3-10.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Solaesa, A. g., Vilanueva, M., Vela, A. J., & Ronda, F. (2020). Protein and lipid enrichment of quinoa (cv.Titicaca) by dry fractionation. Techno-functional, thermal and rheological properties of milling fractions. *ScienceDirect*. 105.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105770>

- Suárez, P. W. (2022). Comparativo entre distintas masas madre de panadería, teniendo en cuenta el sustrato de elaboración, rendimiento y eficacia en la elaboración de panes artesanales. [Trabajo de Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional de la UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/49805>
- Taipe, C., Espinoza, G., Ruiz, A., & Salazar, E. (2021). Principios metodológicos fundamentales para las mezclas alimenticias instantáneas con harina de haba, quinoa y maíz. *Polo del Conocimiento*. 6(5), 1128-1154.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016908>
- Valencia, P. C. (2021). *Ingeniería básica de una planta de producción de 8460 t/año de harina de avena*. [Trabajo Fin de Grado, Universidad De Sevilla]. Depósito de Investigación Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle//11441/116372>
- Vázquez, P., Pérez, E., Picazo, C., & Cruz, M. (2021). Efecto de la sustitución de la harina de trigo y el contenido de harina de amaranto reventada sobre las propiedades reológicas, fisicoquímicas y de textura de las tortillas de harina compuestas de trigo-avena-quinua-amaranto prensadas en caliente. *CyTA-Journal Of Food*. 19(1). 571-578.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1937323>
- Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., & Korus, J. (2016). Almidón y derivados del almidón en sistemas sin gluten – Una revisión. *Journal Of Cereal Science*. 67, 46-57.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.007>
- Zapata, S. W. (2021). *Elaboración de productos de panadería artesanal y gourmet*.
<https://ode.medellindigital.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/7.-Elaboracio%CC%81n-de-productos-de-panaderi%CC%81a-artesanal-y-gourmet.pdf>

