

**Propiedades físico-químicas y funcionales
del almidón de zapallo Cucurbita sp., y sus aplicaciones en la industria alimentaria**

Luisa Fernanda Ospina Castaño

Luisa Fernanda Osorio Quintero

Asesora

Magda Piedad Valdés Restrepo. Ph. D

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería-ECBTI

Programa Ingeniería de Alimentos

2025

Nota de aceptación

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD para optar al título de ingeniero de alimentos.

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, abril de 2025

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por darme la salud y haberme permitido llegar hasta este punto, por ser mi guía en los días y noches donde no tenía claridad para seguir adelante donde todo parecía oscuridad, fue mi sostén en este camino iluminándolo cada paso hacia la culminación de esta etapa.

A mis padres Eunice Castaño y Luis Carlos Ospina por sus oraciones y motivación para lograr el objetivo.

A mi Esposo Carlos Garcia Por su apoyo y acompañamiento siempre, su atención su cariño la paciencia para ayudarme en cada proceso de la Carrera por ser ese líder motivacional constante en todo este tiempo, por toda su ayuda en mi etapa de embarazo.

A mi hermana Adriana Ospina y mi cuñado Gregorio Villalba, por ser el consuelo y mi apoyo por estar pendiente a mis estudios y confiar en este proceso.

A Gilma Castaño, Ely Mesa, Sonia Mesa, Juan Fernando Quintero, porque desde el día que tuve la idea de estudiar siempre me apoyaron y creyeron en mí por ser esos consejeros constantes por todo su apoyo durante estos años por enseñarme que por más difícil que se ponga la situación uno siempre sale adelante.

A Narda Patricia Lozano por su cariño su apoyo profesional en todos estos años y su confianza en todos mis procesos personales y laborales.

A mi amiga y compañera de estudio Luisa Fernanda Osorio por su dedicación compromiso sabiduría y gran trabajo en equipo todo este tiempo tanto en la carrera como en la monografía.

A la universidad UNAD y los tutores por brindarme la oportunidad de pertenecer y realizar mi carrera profesional.

Luisa Fernanda Ospina Castaño

Inicialmente, agradezco a Dios por darme la salud y haberme permitido llegar hasta este punto. Él ha sido mi guía en los días y noches en los que no encontraba claridad para seguir adelante. Cuando todo parecía oscuridad, fue mi sostén, iluminando cada paso en el camino hacia la culminación de esta etapa.

Agradezco profundamente a doña Aleyda Chávez, quien ha sido como una madre para mí. Fue la primera persona que confió en mí y me dio ese pequeño empujón para empezar a estudiar. Gracias por tenerme siempre en sus oraciones y por brindarme esa motivación constante para alcanzar mi objetivo.

A Viviana Cruz y Carlos Andrés Escobar, gracias por ser ese apoyo incondicional que me impulsó a seguir, por no dejarme vencer, por estar siempre pendientes de mis estudios y confiar en este proceso. Sobre todo, gracias por hacerme creer que sí podía culminar este gran reto.

A Luz Elena Gómez y Bernarda Navia, gracias por su apoyo y acompañamiento permanente, por su atención y colaboración a lo largo de toda esta carrera.

A Maira Alejandra Mejía, Julián Andrés Velásquez, Nicol Ibarra, María Fernanda Arévalo, Santiago Chávez, Vanessa Hidalgo, Mayerlith Pinto y Yulys Julio: gracias por su constante apoyo, por creer en mí, por ser esos consejeros incansables, y por enseñarme que, por más difícil que se ponga la situación, siempre se puede salir adelante.

A la empresa Avidesa de Occidente (Mac Pollo), gracias por brindarme la oportunidad de comenzar mis estudios y darme las bases para ser una profesional.

A la empresa Frigorivalle, por permitirme culminar mis estudios y crecer tanto personal como laboralmente, mi más sincero agradecimiento.

A mi amiga y compañera de estudios, Luisa Fernanda Ospina, gracias por tu dedicación, compromiso, sabiduría y gran trabajo en equipo durante todo este tiempo, tanto en la carrera como en la monografía.

Y finalmente, a la Universidad UNAD y a los tutores, gracias por brindarme la oportunidad de pertenecer a esta institución y realizar mi carrera profesional.

Luisa Fernanda Osorio Quintero

Agradecimientos

Agradecemos inmensamente a Dios, la extraordinaria bendición de permitirnos poder culminar de manera exitosa la Carrera de Ingeniería de alimentos por darnos la oportunidad de hoy estar aquí que nos dio la sabiduría y fortaleza para llegar hasta donde hemos llegado, profesión que escogimos para seguir creciendo personal y profesionalmente para alcanzar cada uno de nuestros objetivos y seguir alcanzados los logros propuestos en nuestro proyecto de vida.

A cada uno de nuestros familiares quienes nos apoyaron a llegar a dar el paso del éxito. A cada uno de nuestros compañeros y amigos dentro y fuera de nuestro entorno universitario y social por su apoyo.

A la universidad UNAD por darnos la oportunidad de acogernos como estudiantes para prepararnos como profesionales exitosas.

A nuestra asesora Magda Piedad Valdés Restrepo Quien nos regaló un largo tiempo con sus orientaciones e indicaciones en este proyecto de termino de nuestra carrera, porque su dedicación y su valiosa guía fueron pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

A la tutora Ginna Alejandra Ordóñez Narváez quien fue la que nos invitó hacer parte de este semillero y de esta propuesta para realizar la investigación

A cada uno de los tutores que hicieron parte en todo lo largo de la carrera aportando sus conocimiento y dedicación para enriquecer nuestros conocimientos.

A cada uno de ustedes, nuestros más sinceros agradecimiento por su invaluable contribución en este viaje académico.

Resumen

El zapallo (*Cucurbita* sp.) es una hortaliza de alto valor nutricional, cuya pulpa anaranjada destaca por su alta digestibilidad y utilidad en la alimentación. Uno de sus componentes más prometedores para la industria alimentaria es el almidón, gracias a sus propiedades físico-químicas como la capacidad de absorción de agua, gelificación y estabilidad térmica, que lo convierten en un ingrediente funcional clave en el desarrollo de productos innovadores y sostenibles. Bajo esta premisa, surge la pregunta de investigación: ¿Qué propiedades físico-químicas y funcionales son aprovechadas con la adición de almidón de zapallo (*Cucurbita* sp.) en la elaboración de productos en la industria alimentaria?

Para abordar esta pregunta, se establecieron como objetivos identificar las propiedades del almidón de zapallo, analizar su utilidad en formulaciones industriales y evaluar su potencial para mejorar la calidad de los productos alimenticios. La metodología empleada fue de tipo teórico-descriptiva, usando una revisión bibliográfica selectiva y un análisis crítico de documentos relacionados con el almidón de zapallo y sus aplicaciones en la industria de alimentos.

Los resultados obtenidos resaltan que el almidón de zapallo presenta propiedades físico-químicas favorables, como una adecuada capacidad de retención de agua y estabilidad térmica, lo que lo convierte en un ingrediente ideal para diversas formulaciones. Además, sus propiedades funcionales, tales como la capacidad de gelificación y espesamiento, son claves para mejorar la textura y la cohesión en productos alimenticios, especialmente en alternativas libres de gluten.

Palabras clave: Innovación alimentaria, solubilidad, resistencia térmica, espesante, gelificante, estabilizante.

Abstract

Pumpkin (*Cucurbita* sp.) is a vegetable of high nutritional value, whose orange flesh stands out for its high digestibility and usefulness in food. One of its most promising components for the food industry is starch, thanks to its physicochemical properties such as water absorption capacity, gelation, and thermal stability, which make it a key functional ingredient in the development of innovative and sustainable products. Based on this premise, the research question arises: What physicochemical and functional properties are leveraged with the addition of pumpkin (*Cucurbita* sp.) starch in the production of products for the food industry?

To address this question, the objectives were to identify the properties of pumpkin starch, analyze its usefulness in industrial formulations, and evaluate its potential to improve the quality of food products. The methodology employed was theoretical and descriptive, using a selective bibliographic review and a critical analysis of documents related to pumpkin starch and its applications in the food industry. The results obtained highlight that pumpkin starch has favorable physicochemical properties, such as adequate water retention capacity and thermal stability, making it an ideal ingredient for various formulations. Furthermore, its functional properties, such as gelling and thickening properties, are key to improving the texture and cohesion of food products, especially gluten-free alternatives.

Keywords: Food innovation, solubility, thermal resistance, thickener, gelling agent, stabilizer.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Justificación	15
Planteamiento del Problema	17
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Metodología	20
Marco Teórico	21
Generalidades de la Familia Cucurbitaceae	21
Especies Domesticadas del Género Cucurbita	22
Características de la Especie Cucurbita Moschata	24
Almidón en Semillas de Cucurbita	26
Importancia de la Extracción y Uso del Almidón en la Industria de Alimentos	29
Propiedades Fisicoquímicas del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp.	32
Gelificación del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	33
Absorción de Agua del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	33
Empastamiento del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	34
Peso del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	35
Firmeza del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	36
Gomosidad del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	37
Textura del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	37
Temperatura de Pegado del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	38
Contenido de Materia Seca del Almidón de Zapallo <i>Cucurbita</i> sp	39

Humedad del Almidón de Zapallo Cucurbita sp	40
Proteínas en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	40
Grasas en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	41
Cenizas en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	42
Fósforo en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	42
Amilosa y Amilopectina en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	43
Pureza en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	44
Lípidos en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	45
Fibra en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	46
Calcio en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	47
Potasio en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	47
Carotenoides (β caroteno) en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	48
Sólidos Solubles Totales en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	49
Grados de Acidez en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp	49
Nivel de pH en el almidón de zapallo Cucurbita sp	50
Propiedades Funcionales del Almidón de Zapallo Cucurbita sp	52
Capacidad Espesante	52
Propiedad Estabilizante	53
Capacidad Gelificante	53
Retención de Agua	54
Comportamiento de Hinchamiento	55
Aplicaciones del Almidón de Zapallo de Cucurbita sp., como Materia Prima para la Industria de Alimentos	56
Conclusiones	60
Recomendaciones	61

Referencias Bibliográficas

Introducción

El zapallo, perteneciente al género *Cucurbita*, es una hortaliza conocida por su pulpa carnosa de color naranja, la cual constituye la parte del fruto más utilizada en procesos agroalimentarios, dado que su pulpa presenta una alta digestibilidad in vitro del 80%, lo que la convierte en una fuente nutritiva relevante en la dieta humana y animal (Ubaque et al., 2015). En el interior del fruto, se encuentran las semillas, que son valiosas tanto por su contenido de aceite como por su aporte nutricional; el rendimiento de extracción de aceite de estas semillas se estima en un 45%, de los cuales el 55% corresponde a ácidos grasos insaturados, destacándose el ácido linoleico con un 56%, composición que hace al zapallo un cultivo de gran importancia para la agroindustria, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la producción de alimentos balanceados (Rodríguez et al., 2018).

Las semillas del género *Cucurbita* son consideradas oleaginosas y poseen múltiples propiedades medicinales, alimenticias e industriales que las hacen particularmente valiosas, en tanto que, estas semillas pueden ser consumidas enteras, asadas, tostadas o molidas, y se destacan como el ingrediente principal en diversas salsas. Su importancia radica en su alto contenido de aceite, que puede alcanzar hasta un 39%, así como en su significativa proporción de proteína, que se estima en un 44% (Hernández & León, 1994; Ordoñez et al., 2014).

En particular, una variedad no mejorada de zapallo, como la *Cucurbita moschata*, puede producir en promedio 400 kg de semilla por hectárea, lo que se traduce en un rendimiento de 200 litros de extracto etéreo por hectárea; este extracto es apreciado por su calidad, tanto para aplicaciones comestibles como medicinales y agroindustriales (Ortiz et al., 2013; Ortiz et al., 2014). Así, se reafirma la importancia del zapallo y sus semillas en la cadena agroalimentaria, no solo por su valor nutricional, sino también por su contribución potencial a la salud y a diversas industrias (Villanueva et al., 2024).

Al considerar las propiedades de las semillas del zapallo, es esencial también dirigir la atención hacia los almidones nativos que se encuentran en las diferentes especies vegetales de *Cucurbita*, en la medida que estos almidones presentan características fundamentales, ya que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales están determinadamente influenciadas por sus estructuras granulares y moleculares (Singh y Kumar, 2021). En el contexto de la agroindustria y la elaboración de alimentos, es crucial evaluar ciertas propiedades almidonadas, entre las que destacan los procesos de gelatinización y retrogradación, así como propiedades funcionales que incluyen la solubilidad, el hinchamiento, la absorción de agua, la sinéresis y el comportamiento reológico de sus pastas y geles (Ortiz et al., 2022).

La tendencia actual es buscar fuentes no convencionales como alternativas para obtener almidones que exhiban diversas características fisicoquímicas, estructurales y funcionales, ampliando así la gama de usos en la industria, toda vez que, entre estas materias primas se encuentran los tubérculos, que desempeñan un papel significativo en el sistema alimentario global y contribuyen a satisfacer los requerimientos energéticos de más de 2 millones de personas en los países en vías de desarrollo, siendo la exploración de estas nuevas fuentes de extracción de almidones un fuerte potencial para el zapallo y otros cultivos, no solo por su valor nutricional, sino también por sus aplicaciones industriales diversas y sostenibles (Rodríguez et al., 2018).

De acuerdo con lo anterior, en el presente documento, se aborda la relevancia del almidón de zapallo del género *Cucurbita* sp., como una fuente no convencional de este polímero, destacando su potencial en la industria alimentaria, planteando objetivos claros y específicos que guían la investigación, comenzando por la identificación de las propiedades fisicoquímicas del almidón, que son fundamentales para entender su comportamiento y aplicabilidad en distintas formulaciones; igualmente, se examinan las propiedades funcionales del almidón, esenciales para la mejora de procesos industriales y la creación de

productos alimenticios de mayor calidad, para finalizar con el análisis de las diversas aplicaciones del almidón de zapallo como materia prima en el sector agroindustrial, enfatizando su versatilidad y contribución a la seguridad alimentaria, buscando con este estudio, ofrecer una visión integral sobre el potencial del almidón de zapallo, promoviendo su consideración en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficaces en la alimentación global.

Justificación

En la industria de alimentos, el zapallo del género *Cucurbita* sp., se presenta como un recurso excepcional, no solo por su riqueza en proteínas, minerales y otros nutrientes, sino también por ser un alimento completamente natural. Este versátil vegetal se destaca por su potencial innovador, dado que, además de su uso en el consumo humano, puede ser aplicado en diversas industrias, como la avícola, donde puede servir como un colorante natural para la alimentación de las aves, en lugar de utilizar colorantes sintéticos (Afonso y Ramón., 2022).

La constante búsqueda por desarrollar productos alimenticios que satisfagan las necesidades del consumidor actual ha llevado a los investigadores a explorar alternativas que no solo sean saludables, sino que también ofrezcan beneficios funcionales; en este sentido, el zapallo *Cucurbita* sp., se consolida como una opción ideal (Afonso y Ramón., 2022). Este estudio se enfoca en analizar las propiedades técnico-funcionales del almidón extraído de los frutos de zapallo, con el objetivo de aprovechar y maximizar el potencial de este cultivo andino en la industria alimentaria en Colombia, teniendo como propósito generar alternativas de consumo que se alineen con las tendencias contemporáneas, como productos libres de gluten y bajos en azúcar (Pérez, 2021; Afonso y Ramón., 2022).

El almidón de zapallo tiene propiedades que pueden mejorar la calidad de los productos alimenticios. Por ejemplo, su capacidad para esponjar la masa cárnica al incorporar agua facilita la retención de humedad y mejora la cohesión de las partículas de los ingredientes, mejorando así la textura y las características organolépticas de los productos cárnicos (Mendoza et al., 2019). Esta investigación es esencial, ya que plantea la necesidad de incrementar el uso del fruto de zapallo *Cucurbita* sp., en la industria alimentaria. Con su alto contenido en proteínas, minerales y vitaminas, así como su adaptabilidad a diversos tipos de suelo, el zapallo representa una oportunidad significativa para enriquecer la oferta nutricional (Pérez, 2021).

Desde la perspectiva de la formación profesional en ingeniería de alimentos, esta investigación aporta un valioso entendimiento sobre el aprovechamiento de recursos locales, fomenta la innovación en la formulación de productos sostenibles y saludables, y enfatiza la importancia de concientizar a la población sobre el uso de ingredientes naturales, tanto en la industria como en el hogar. Con ello, se busca preparar a los futuros ingenieros de alimentos para enfrentar retos contemporáneos en el desarrollo de soluciones alimentarias que no solo sean nutritivas, sino también responsables con el medio ambiente.

Planteamiento del Problema

En la actualidad, la industria alimentaria se enfrenta a la constante demanda de innovar con productos que no solo sean seguros y agradables al consumidor, sino que también aporten los nutrientes necesarios para una alimentación saludable. En este contexto, el zapallo del género *Cucurbita* sp., se presenta como una alternativa prometedora, dado su valor nutricional destacado. La pulpa de esta hortaliza es rica en carotenos, minerales y proteínas, lo que la convierte en un ingrediente atractivo para procesos agroindustriales diseñados para satisfacer las necesidades de los consumidores modernos, que buscan productos innovadores, libres de gluten y bajos en azúcar (Rodríguez et al., 2018; Ortiz et al., 2020; Ortiz et al., 2022).

La relevancia del zapallo en la tradición culinaria de Colombia es considerable, ya que este alimento no solo forma parte de diversas preparaciones gastronómicas, sino que también es reconocido por su significativo contenido de nutrientes, incluyendo vitaminas, minerales, fibra y componentes antioxidantes. Estos atributos mejoran su calidad nutricional y lo posicionan como un recurso valioso en la generación de productos alimenticios más saludables (Pérez, 2021).

Sin embargo, a pesar de sus múltiples beneficios, existe una oportunidad insuficientemente explorada en la industria alimentaria: el almidón de zapallo, por lo que focalizar la investigación en el almidón derivado de *Cucurbita* sp., en lugar de otras fuentes más comunes de almidón, puede ofrecer ventajas competitivas y sostenibles, particularmente debido a sus propiedades funcionales y su potencial para ser utilizado en una variedad de aplicaciones alimenticias y no alimenticias, considerando que el almidón es un componente clave en la formulación de productos, su extracción y caracterización desde el zapallo podría contribuir significativamente a nuevas formulaciones que respondan a la tendencia de productos saludables y nutritivos (Álvarez, 2019).

Esto plantea la necesidad de investigar a fondo el almidón de zapallo, explorando sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y su viabilidad en la industria alimentaria. Al hacerlo, no solo se reconoce el valor intrínseco de esta hortaliza, sino que también se avanza hacia la búsqueda de soluciones alimentarias innovadoras que satisfagan las exigencias tanto del mercado como de un público cada vez más consciente de la salud.

Conforme a lo anterior, el presente estudio se preguntó por: ¿Qué propiedades fisicoquímicas y funcionales son aprovechadas con la adición de almidón de zapallo *Cucurbita* sp., en la elaboración de productos en la industria alimentaria?

Objetivos

Objetivo General

Identificar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de zapallo *Cucurbita* sp., y sus aplicaciones en la industria alimentaria.

Objetivos Específicos

Identificar las propiedades fisicoquímicas del almidón de zapallo *Cucurbita* sp.

Identificar las propiedades funcionales del almidón de zapallo *Cucurbita* sp.

Analizar las aplicaciones del almidón de zapallo de *Cucurbita* sp., como materia prima para la industria alimentaria.

Metodología

La presente monografía es de tipo teórico-descriptivo. La ruta metodológica planteada comprende cuatro etapas fundamentales: búsqueda, organización, sistematización y análisis de documentos electrónicos, sin restricción de idioma, que se relacionan con las propiedades físico-químicas y funcionales del almidón de *Cucurbita* sp., y sus aplicaciones en la industria de alimentos. Para cumplir con los objetivos planteados, la investigación se centra en una revisión bibliográfica selectiva y en un análisis crítico profundo de los datos obtenidos en relación con los parámetros del estudio.

Para la localización de los documentos, se emplearon diversas fuentes documentales a través de internet, utilizando el buscador "Google Académico". En el análisis de los documentos, se establecieron criterios de selección que resultaron clave para la recolección de información durante el proceso de investigación. Entre estos criterios se destaca que los documentos son productos de investigaciones académicas, publicados en bases de datos y portales reconocidos como fidedignos y aportan a la construcción teórica, metodológica y técnica del estudio. Se priorizó la información con un alto nivel de validez, es decir, aquella que se presenta en formatos reconocidos y valorados en el ámbito académico, como libros, revistas, actas de congresos, reportes técnicos, normas y tesis.

Marco Teórico

Generalidades de la Familia Cucurbitaceae

El zapallo, *Cucurbita moschata*, es una hortaliza que pertenece a la familia Cucurbitaceae, la cual se caracteriza por su notable diversidad botánica, compuesta por aproximadamente 118 géneros y 825 especies. Dentro de estos géneros, *Citrulus*, *Cucumis*, *Sechium*, *Lagenaria*, *Luffa* y *Cucurbita* son los más relevantes, destacando *Cucurbita* como el más significativo (Rodríguez-Restrepo, 2023). Este género incluye las siguientes especies domesticadas: *Cucurbita argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouché, *C. maxima* Duchesne, *C. pepo* L. y *C. moschata* (Duchesne ex Lam) Duchesne ex Por, siendo esta última la que se extiende por la región más amplia de América tropical, abarcando desde México hasta Perú (Rodríguez et al., 2018).

Se considera que la mayoría de las variedades de zapallo en Colombia pertenecen a la especie *Cucurbita moschata*, la cual ha sido mejorada genéticamente para optimizar tanto la calidad de la pulpa como el rendimiento por hectárea (Valdés et al., 2013; Valdés et al., 2014a). A juzgar por los descubrimientos arqueológicos realizados en Mesoamérica, es probable que las especies domesticadas del género *Cucurbita* sean algunas de las plantas útiles más antiguas de América, encontrándose evidencias en Tehuacán, México, y en los Andes Centrales, específicamente en Huaca Prieta, Perú (Cartay, 1991).

Vallejo y Estrada (2004) han utilizado la forma del péndulo para distinguir entre las diferentes especies de *Cucurbita*. Whitaker y Davis (1962) presentaron varios criterios para la identificación de las especies cultivadas: *C. argyrosperma* se distingue por su pedúnculo de corcho duro, con un diámetro muy ensanchado y hojas sin espinas; *C. ficifolia* es una planta anual que produce semillas negras o morenas; *C. maxima* tiene tallos suaves y redondos, con un pedúnculo redondo que presenta tejido corchoso; sus hojas son redondas, con semillas y sin manchas blancas; *C. moschata* se caracteriza por tallos suaves y redondos, un pedúnculo

redondo con tejido corchoso, y hojas sin espinas pero con un vello suave y manchas blancas en la intersección de las nervaduras; finalmente, *C. pepo* presenta tallos angulares y duros, un pedúnculo pentaquinado (angular y acanalado) y hojas con espinas finas (Rodríguez et al., 2018).

Entre las especies cultivadas más relevantes del género *Cucurbita* se encuentran *C. argyrosperma* y *C. ficifolia*, cada una con peculiaridades que reflejan su adaptación a diferentes entornos y contextos culturales, cuya comprensión de sus orígenes, características morfológicas y composición química resulta esencial para potenciar su uso y promover la conservación de la biodiversidad agrícola, así como para mejorar la salud y el bienestar de las poblaciones que dependen de estas plantas (Vallejo y Estrada, 2004; Valdés et al., 2010). Estas especies se abordan a continuación.

Especies Domesticadas del Género *Cucurbita*

Cucurbita argyrosperma: Esta especie se divide en dos subespecies: *C. argyrosperma* y *C. sororia*, que se cultivan en diferentes rangos altitudinales, desde el nivel del mar hasta los 1,900 metros sobre el nivel del mar (msnm). Ambas subespecies se desarrollan preferentemente en zonas cálidas y secas, mostrando una escasa tolerancia a las temperaturas bajas (Valdés et al., 2014; Mendoza, 2019; Pantoja Portilla, 2023). En términos de diversidad, *C. argyrosperma* presenta una menor variabilidad en comparación con otras especies domesticadas, exhibiendo razas y variedades locales, así como algunos cultivares producidos en Estados Unidos. La subespecie *C. argyrosperma* incluye cuatro variedades: *argyrosperma*, *callicarpa*, *stenosperma*, y *palmieri*. Las tres primeras abarcan todos los tipos cultivados, mientras que la cuarta se relaciona con poblaciones silvestres (Valdés et al., 2010; Valdés et al., 2014).

Cucurbita ficifolia: El origen de esta especie aún es incierto; algunos investigadores la sitúan en Centroamérica o México, mientras que otros apuntan a los Andes como su posible

cuna. Sin embargo, las evidencias arqueológicas tienden a favorecer un origen suramericano (Valdés et al., 2010; Mendoza, 2019). *C. ficifolia* se distribuye a lo largo de las cordilleras de Suramérica, en altitudes que oscilan entre los 1,000 y 3,000 msnm (Valdés et al., 2010). Esta especie representa la menor diversidad dentro del género *Cucurbita* en comparación con las otras cuatro especies cultivadas, y hasta el momento no se han identificado cultivares comerciales. Las principales variaciones observadas se relacionan con la coloración y dimensiones de sus frutos y semillas, los cuales pueden variar desde frutos blancos a verdes, con diversos patrones de manchas o franjas blancas, y semillas que van de un color pardo claro a pardo oscuro o negro (Valdés et al., 2010).

Cucurbita máxima: Esta especie fue domesticada en América del Sur, con restos arqueológicos que datan de Perú hasta el norte de Argentina, relacionada estrechamente con *C. andreana* y *C. ecuadorensis*, siendo *C. andreana* el ancestro silvestre más probable; esta especie es conocida por su diversidad, incluyendo una amplia variedad de razas locales y cultivares que presentan hábitos rastreros y arbustivos, con frutos y semillas que varían significativamente en forma, tamaño y coloración; además, muestra diferentes niveles de resistencia a enfermedades, siendo cultivada en Suramérica y Estados Unidos, a altitudes que oscilan entre los 100 y 3,000 metros sobre el nivel del mar (Valdés et al., 2010).

Cucurbita moschata: Esta especie también es originaria de Suramérica, aunque no existe consenso sobre su área exacta de domesticación; se sugiere que el norte de Colombia podría ser un centro de origen (Mendoza, 2019). Restos arqueológicos datan de entre 4,900 y 3,500 a.C., encontrados en Centroamérica, Suramérica y el noreste de México (Lira, 1995). Existen dos hipótesis sobre su origen: la primera sostiene que se deriva de poblaciones de *C. lundeliana* debido a procesos de aislamiento y selección humana, mientras que la segunda propone que ambas especies comparten un ancestro común, aunque esta última ha sido criticada por la capacidad de *C. moschata* para producir híbridos fértiles con las especies

silvestres del grupo *C. argyrosperma* (Valdés, et al., 2014). La especie presenta gran variabilidad y distribución, siendo notable su éxito en condiciones de baja altitud y hasta los 2,300 msnm, en climas cálidos y húmedos (Vallejo y Estrada, 2004). Además, se han reportado dos variantes de color de semilla (blanco y café) que podrían indicar diferentes linajes evolutivos y patrones de distribución (Valdés et al., 2010).

Cucurbita pepo: Esta especie fue una de las primeras del género *Cucurbita* en ser domesticada, y sus restos más antiguos se han encontrado en México, específicamente en el Valle de Oaxaca, datando entre 8750 a.C. y 700 d.C. (Lira, 1995). Las especies silvestres más relacionadas con *C. pepo* son *C. fraterna* y *C. texana* (Valdés et al, 2010; Del Pino, 2016). Esta especie se divide en tres subespecies: la subespecie *pepo*, que incluye todos los cultivares comestibles y ornamentales, y las subespecies *texana* y *fraterna*, que corresponden a los ancestros silvestres del grupo (Del Pino, 2016).

C. pepo es la segunda especie mejor representada en los bancos de germoplasma de *Cucurbita*, en cuanto a especies cultivadas, sin embargo, sus parientes más cercanos (*C. fraterna* y *C. texana*) son muy escasos; esta especie crece en condiciones ecológicas bastante amplias, desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm, y es probablemente la que presenta mayor susceptibilidad a las enfermedades virales que afectan a las especies cultivadas de *Cucurbita*. La diversidad de *C. pepo* es comparable o, muy probablemente, superior a la de *C. maxima* (Valdés et al, 2010; Del Pino, 2016).

Características de la Especie *Cucurbita Moschata*

Como se ha dicho anteriormente, los registros arqueológicos indican que las especies del género *Cucurbita* han sido halladas en áreas de climas extremadamente fríos. Se han utilizado fragmentos de corteza, semillas y péndulos de los frutos como herramientas útiles en el diagnóstico. Sin embargo, es poco común encontrar frutos intactos, aunque ocasionalmente se han logrado descubrir (Del Pino, 2016).

El fruto de *C. moschata* es especialmente rico en carbohidratos, vitaminas, fósforo y fibra, asimismo, las semillas son abundantes en aceite y proteínas, y tanto las flores como las puntas de los tallos jugaron un papel crucial en el desarrollo de la agricultura y la alimentación del hombre prehispánico, al proporcionar abundantes alimentos que eran fáciles de propagar (Cartay, 1991). El ser humano domesticó las *Cucurbitas*, optando por las semillas en lugar de la pulpa (Estrella, 1990). Esta especie presenta una cavidad placentaria amplia llena de semillas y poca pulpa, que a menudo tiene un sabor amargo.

El principal campo de investigación en este género ha sido la identificación de sus formas ancestrales y el lugar de origen, aunque se conoce poco sobre las semillas como fuente de energía, a pesar de su alto contenido de extracto etéreo, es un hecho notable que los frutos exhiben una elevada cantidad de semillas, que oscilan entre 300 y 700 por fruto (Ortiz et al., 2013). Estas semillas tienen un contenido de grasa bruta que puede alcanzar hasta el 43%, clasificándolas como oleaginosas (Estrella, 1990), teniendo un contenido de aceite que varía entre el 30% y el 50%, dependiendo de la especie (Singh & Kumar, 2021; Valdés et al., 2010).

Especies como *C. moschata*, *C. maxima* y *C. pepo* presentan tonos de semillas que van desde el amarillo intenso hasta el naranja, lo que sugiere un alto contenido de carotenoides, principalmente α y β -caroteno, β -criptoxantina, luteína y zeaxantina (Azevedo y Rodríguez, 2007). Además, el color de las semillas de las *Cucurbita* varía entre blanco y café, lo que podría tener implicaciones evolutivas y de distribución geográfica (Valdés, 2010).

Con el tiempo, el ser humano ha evolucionado hacia la obtención de pulpas más nutritivas, mejorando características como el grosor de la pared, el color y el sabor. Recientemente, mediante métodos genéticos convencionales, se ha aumentado la cantidad de almidón, carotenos y proteínas en la pulpa del zapallo (Valdés et al., 2010).

Además de los aspectos mencionados, es importante destacar el papel indispensable de los almidones presentes en las semillas de *Cucurbita*. Estos carbohidratos de reserva no solo actúan como una fuente de energía vital para la germinación y el crecimiento de las plantas, sino que también representan una valiosa materia prima para diversas industrias. La versatilidad de los almidones de *Cucurbita* permite su utilización en la elaboración de productos alimenticios, como harinas y almidones modificados, que poseen aplicaciones en la gastronomía y la producción de alimentos procesados. Asimismo, la investigación sobre los almidones de *Cucurbita* podría contribuir al desarrollo de nuevas alternativas sostenibles en la producción agroalimentaria, promoviendo así su uso en la formulación de productos que respondan a las necesidades nutricionales y de salud de la población (Sajilata y Singhal, 2005).

Almidón en Semillas de Cucurbita

El almidón es un biopolímero fundamental compuesto por amilosa y amilopectina. Representa una de las principales fuentes de nutrición tanto para animales como para humanos y es una materia prima crucial para diversas industrias. Este biopolímero es abundante, modificable, biodegradable y de bajo costo, y se extrae de una variedad de fuentes naturales, como tubérculos, cereales, legumbres y frutos inmaduros. Al ser hidrolizado, el almidón puede generar productos de mayor valor comercial (Sajilata y Singhal, 2005).

El almidón es la sustancia de reserva alimenticia predominante en las plantas y proporciona entre el 70% y el 80% de las calorías consumidas por los seres humanos globalmente, tanto la fécula como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayoría de los carbohidratos digeribles en la dieta habitual (Sajilata y Singhal, 2005). La cantidad de fécula o almidón utilizada en la preparación de productos alimenticios, sin contar la que se encuentra presente en harinas utilizadas para pan y otros productos de panadería,

supera significativamente el consumo total de otros hidrocoloides alimentarios (Fennema, 2000).

El almidón se presenta en forma de gránulos, generalmente de forma irregular y redondeada, que varían en tamaño desde 2 hasta 100 μm ; estas características de forma y tamaño son específicas de cada especie vegetal y pueden ser utilizadas para identificar el origen de un almidón o harina (Corrigan et al., 2006). Estos gránulos están formados por moléculas de amilosa y/o amilopectina, dispuestas de manera radial, conteniendo regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas; las cadenas de amilopectina se agrupan en paralelo y forman dobles hélices, lo que da lugar a áreas cristalinas densas que se alternan con regiones amorfas. Además, la cristalinidad, que se produce por el ordenamiento de las cadenas de amilopectina, se observa también en los gránulos de almidón céreo, que carecen de amilosa; la mayoría de los almidones contienen entre un 20% y un 30% de amilosa, así como entre un 70% y un 80% de amilopectina (Corrigan et al., 2006).

La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas principalmente por enlaces α (1-4), aunque también pueden estar presentes enlaces α (1-6). Esta molécula no es soluble en agua, pero tiene la capacidad de formar micelas hidratadas gracias a su habilidad para enlazar moléculas vecinas mediante puentes de hidrógeno. Además, la amilosa genera una estructura helicoidal que, al interactuar con el yodo, puede desarrollar un color azul (Tasiguano et al., 2019). Por otro lado, la amilopectina es un polímero ramificado que contiene unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4), y en un 4-6% por enlaces α (1-6), localizándose estas ramificaciones aproximadamente cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y, al ser expuesta al yodo, produce un color violeta rojizo (Tasiguano et al., 2019).

Bello et al. (2010) señala que estos dos polímeros presentan diferentes propiedades físicas y químicas que afectan las características de los alimentos en los que se emplean. En

el caso del arroz, por ejemplo, un mayor contenido de amilosa resulta en granos menos pegajosos al cocerlos. Las propiedades de cada tipo de fécula dependen de la proporción de amilosa y amilopectina que contengan. La amilosa tiende a gelificar al calentarse y puede precipitar al enfriarse, fenómeno conocido como retrogradación. En contraste, la amilopectina, con su estructura ramificada, produce soluciones viscosas, pero no logra formar las redes moleculares típicas de los geles.

La relación entre amilosa y amilopectina varía según la planta, contribuyendo a las propiedades características durante la cocción y la formación de geles, estando estas propiedades vinculadas con factores como la forma, el tamaño, la distribución de tamaño, la composición y la cristalinidad de los gránulos (Ceballos et al., 2020). Así, la interacción entre amilosa y amilopectina no solo determina las características texturales de los alimentos, sino que también influye en su funcionalidad en diferentes aplicaciones culinarias y procesales.

La apariencia de los gránulos de almidón cambia al alcanzar una temperatura crítica específica para cada especie vegetal, conocida como temperatura de gelatinización. Este proceso genera una pasta, denominada engrudo, que se forma gradualmente cuando se mezcla almidón y agua y se calienta a la temperatura adecuada (Bello et al., 2010).

Los gránulos de almidón, debido a la fuerza de los enlaces de hidrógeno en las cadenas que los componen, son insolubles en agua fría; sin embargo, al aumentar la temperatura y alcanzar la etapa de gelatinización (que corresponde a la formación de pastas viscosas) los gránulos comienzan a absorber agua. Esta temperatura de gelatinización inicial varía según el tipo de almidón, situándose normalmente en un rango de 55 a 70°C (Bučko et al., 2015). La gelatinización total, que ocurre en un intervalo de temperatura específico, suele iniciar con los gránulos más grandes, que son los primeros en expandirse (Ceballos et al., 2020).

Este proceso de gelatinización se refleja en cambios visibles, como el aumento de translucidez y viscosidad, igualmente, la hinchazón de los gránulos dentro de las células puede contribuir a su ruptura; sin embargo, los cambios que experimentan los gránulos durante el procesamiento no se deben únicamente a la gelatinización del almidón, sino también a la actividad de las amilasas y la posterior hidrólisis del almidón en dextrinas y maltosas (Bučko et al., 2015).

Por otro lado, según Tasiguano et al. (2019), la gelatinización está influenciada por diversos factores, incluyendo el contenido de agua, la temperatura, la agitación, y la presencia de ácidos, azúcares, lípidos y proteínas. Estos elementos deben colaborar de manera sinérgica para alcanzar la máxima gelatinización. Las modificaciones en las propiedades físicas del almidón, consecuencia de estos tratamientos, dependen del origen botánico de cada tipo de almidón (Tasiguano et al., 2019).

Importancia de la Extracción y Uso del Almidón en la Industria de Alimentos

La extracción de almidón es un proceso crítico con implicaciones en diversas industrias, incluidas la alimentaria, la farmacéutica y la de bioplásticos, ya que este polímero es un componente clave de varios alimentos vegetales, como la papa, la calabaza, el ñame, la batata, el taro, la raíz de loto y la castaña de agua. Esta revisión no solo examina las técnicas actuales y los desafíos en la extracción de almidón, sino que también identifica oportunidades futuras. Se analizan métodos tradicionales, como la compresión y la molienda húmeda, junto con procesos más avanzados como la extracción asistida por microondas y los procesos enzimáticos, evaluando su eficiencia, ventajas y limitaciones (Ahmed et al., 2024). Las propiedades estructurales y fisicoquímicas del almidón impactan significativamente en la calidad de los alimentos vegetales, tanto en su estado cocido como procesado. Por lo tanto, comprender estas propiedades es fundamental para desentrañar los mecanismos que

determinan la calidad alimentaria durante el procesamiento, lo que es esencial para el desarrollo de productos o ingredientes vegetales almidonados (Ahmed et al., 2024).

El almidón influye en la textura, el sabor y el gusto de las verduras almidonadas; durante la cocción o el tratamiento térmico, el almidón en los tejidos sufre gelatinización, lo que resulta en cambios microestructurales y texturales en los alimentos; su textura se relaciona estrechamente con su contenido de almidón y sus propiedades (Ahmed et al., 2024). Además, las propiedades técnicas del almidón son determinantes en la selección de materias primas para formular productos almidonados (Rodríguez et al., 2018). Ahmed y colaboradores (2024) demostraron que la estructura de la amilosa influencia la resistencia y propiedades de expansión de los copos de patata al ser fritos; sus hallazgos indican que un nivel adecuado de amilosa de cadena intermedia es esencial para obtener una textura crujiente. La idoneidad de los copos de patata puede mejorarse mediante amilólisis controlada.

Asimismo, el almidón y sus modificaciones durante el procesamiento o almacenamiento pueden afectar las propiedades nutricionales y glucémicas de los alimentos vegetales almidonados, por ejemplo, la retrogradación del almidón de patata en un estudio, tras ser cocido y almacenado, aumentó su cristalinidad relativa, lo que a su vez redujo la digestibilidad del almidón en las muestras (Yuan et al., 2022).

En el caso de la calabaza, el almidón constituye hasta el 60% del peso seco de la pulpa (Rodríguez et al., 2018), lo que sugiere que sus propiedades son determinantes en la calidad de los productos basados en ella. Stevenson et al. (2005) aislaron y caracterizaron el almidón de la fruta de calabaza de invierno (*Cucurbita maxima*), encontrando un patrón de difracción de rayos X de tipo B y cristalinidad relativa que oscila entre 35% y 55,7%, con un contenido de amilosa que varía del 28,94% al 32,79% dependiendo de los cultivares (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

A pesar de su potencial, el almidón de calabaza ha sido poco estudiado en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y nutricionales. Przetaczek-Rożnowska (2017) indicó que las pastas de almidón de calabaza poseen una viscosidad final cuatro veces mayor que las de almidón de maíz, y que los geles de almidón de calabaza ofrecen texturas notablemente superiores en comparación con los geles de almidón de papa o maíz. Para mejorar la funcionalidad del almidón de calabaza, Przetaczek-Rożnowska (2017) estudió su fosforilación, concluyendo que el almidón fosforilado presenta una temperatura de pegado más baja y menor susceptibilidad a la retrogradación en comparación con los almidones no modificados.

Recientemente, Yuan et al. (2022) evaluaron la digestibilidad in vitro de las harinas de calabaza y establecieron que esta puede estar influenciada por la estructura molecular y la distribución de los componentes de almidón y pectina. No obstante, el almidón de calabaza sigue siendo una fuente subexplotada, lo que indica la necesidad de una comprensión más profunda de sus diversos aspectos para optimizar su utilización en la industria alimentaria y contribuir al bienestar humano.

Propiedades Fisicoquímicas del Almidón de Zapallo *Cucurbita* sp.

En el contexto de la producción alimentaria, los biopolímeros de origen vegetal han venido cobrando especial importancia actualmente, el zapallo *Cucurbita* sp., como se ha dicho ha sido abordado por diferentes investigadores y profesionales de la industria alimentaria, de cuyo esfuerzo ha derivado múltiples aplicaciones tecnológicas y nutricionales. Como se mencionó en el marco teórico este polisacárido tiene características funcionales que pueden ser utilizadas como espesante, gelificante, estabilizante y agente estructurante en diversos tipos de alimentos procesados y en este sentido, se pretende describir en este apartado, de una manera exhaustiva, su composición física química, de tal manera que se pueda tener una aproximación profunda de sus propiedades. Esto permitirá organizar la información y comprender con mayor claridad el comportamiento de este almidón en los procesos de transformación y producción de alimentos.

En primer lugar, se abordarán las propiedades físicas vinculadas a la dinámica estructural del almidón, entre las que se encuentran su capacidad de gelificación, absorción de agua, empastamiento, peso, firmeza, gomosidad y textura; incluyendo entre ellas propiedades térmicas como la temperatura de pegado y el contenido de materia seca que afectan la estabilidad del almidón, frente a tratamientos térmicos industriales y domésticos.

En segundo lugar, se describirán las propiedades químicas, determinantes de la composición molecular y calidad nutricional del almidón, algunas de las cuales son: humedad, proteínas, grasas, cenizas, fósforo, así como las proporciones relativas de amilosa y amilopectina, cuya relación define el comportamiento reológico y de retrogradación del almidón. También se estudiarán indicadores de pureza, la presencia de lípidos, fibra dietaria, y elementos minerales como el calcio y el potasio. Además, se abordarán compuestos bioactivos como los carotenoides (en especial el β -caroteno), y propiedades fisicoquímicas

adicionales como los sólidos solubles, los grados de acidez y el valor de pH, que influyen en la estabilidad química del almidón durante su almacenamiento y procesamiento.

Gelificación del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El proceso de gelificación del almidón es fundamental en diversas aplicaciones alimentarias y se ve influenciado por varios factores, como el contenido de amilosa y amilopectina. La amilosa, que representa entre el 5% y el 35% del contenido total de almidón, juega un papel crucial en la formación de geles. En el caso del almidón de zapallo, se reporta un contenido de amilosa del 20.5%, lo que contribuye a su capacidad de formar geles estables y visiblemente claros, esenciales para aplicaciones en productos alimenticios que requieren una apariencia atractiva y una textura adecuada (Yuan et al., 2022).

La temperatura de gelatinización del almidón de zapallo, que oscila entre 60.6 °C y 73 °C, es considerablemente más baja que la requerida por otros almidones, como el de batata (Rodríguez et al., 2023). Este atributo facilita la absorción rápida de agua durante el proceso de cocción, promoviendo un hinchamiento efectivo del gránulo y una rápida formación de geles.

Tras el enfriamiento, la viscosidad del almidón de zapallo aumenta a 803 cP, lo cual sugiere que la pasta de almidón de zapallo es poco estable frente a procesos mecánicos de cizallamiento, lo que puede impactar su desempeño en aplicaciones industriales. Por otro lado, el almidón nativo de zapallo presenta una pasta rígida que no retrograda, asegurando su estabilidad durante el almacenamiento y el procesamiento (Ortíz et al., 2022).

Absorción de Agua del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

La capacidad de absorción de agua del almidón es un aspecto crucial que afecta su uso en diversas aplicaciones, especialmente en la industria alimentaria y farmacéutica. El índice de absorción de agua del almidón de zapallo está influenciado por varios factores,

incluida la morfología del gránulo, la proporción de amilopectina y la presencia de grupos hidrofílicos.

El índice de absorción de agua del almidón de zapallo puede explicarse por el tamaño de los gránulos de almidón, así como por la cantidad de grupos hidrofílicos que retienen agua. Según estudios previos, se ha observado que un mayor tamaño de gránulo se correlaciona con una mayor capacidad de absorción de agua, siendo los gránulos más pequeños los que tienden a presentar una mejor retención (Singh et al., 2003). Además, la presencia de grupos hidrofílicos en la estructura del almidón contribuye a esta capacidad, permitiendo que más agua se une al almidón durante el proceso de hidratación (Hernández et al., 2008).

En el caso del almidón de zapallo, a una temperatura de 69 °C, se ha medido que este tipo de almidón absorbe 2.31 veces su peso inicial en agua; esta alta capacidad de absorción es un indicador de su potencial para ser utilizado en aplicaciones donde se requiere una alta viscosidad y estabilidad, como en la formulación de productos alimenticios (Hernández et al., 2008).

Empastamiento del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El empastamiento del almidón se refiere al proceso de gelatinización en el cual los gránulos de almidón absorben agua, hinchan y eventualmente se desintegran al ser calentados. En el caso del almidón de zapallo, se ha reportado que la temperatura de empastamiento es notablemente inferior a la del almidón de batata, promediando alrededor de 73 °C (Ortiz et al., 2015). Esta característica es ventajosa, ya que indica que el almidón de zapallo requiere menos tiempo de cocción para que los gránulos absorban agua, se hinchen y gelatinicen.

Estudios han mostrado que el inicio de la gelatinización en el almidón de zapallo puede variar entre 60.6 °C y 63.5 °C, lo que también sugiere que se presenta un tiempo de

coCCIÓN más corto en comparación con otros almidones, permitiendo una pronta formación de una pasta gelatinosa (Stevenson et al., 2005). Este aspecto es favorable en aplicaciones industriales donde la eficiencia es crucial.

La viscosidad máxima (V_{max}) del almidón de zapallo ha sido reportada como baja, alcanzando valores de 664 centipoises (cP), en contraste con las viscosidades de almidones de otros cultivos, como el de papa, que oscilan entre 3521 y 4404 cP (González et al., 2018). Durante el empastamiento, cuando los gránulos de almidón se hinchan, la viscosidad aumenta hasta alcanzar un pico máximo; sin embargo, al romperse los gránulos, la viscosidad disminuye. Este comportamiento indica que el almidón de zapallo tiene un perfil de gelificación particular que podría impactar su funcionalidad en diversas aplicaciones (González et al., 2018).

Al ser enfriado, el almidón de zapallo aumenta su viscosidad a 803 cP, similar a lo reportado en estudios de otros cultivos, lo que indica que su pasta no es completamente estable frente a procesos mecánicos de cizallamiento (Valdés & Ortiz, 2014; Ortiz et al., 2015). Este comportamiento sugiere que, aunque el almidón nativo de zapallo presenta una pasta rígida, su estabilidad podría verse afectada por tratamientos mecánicos durante la manipulación o procesamiento.

Peso del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El peso de los tubérculos de zapallo, al igual que otras características físicas, se ha clasificado en tres categorías de calidad: A, B y C, según su peso específico. La categoría A corresponde a los tubérculos de mayor peso, que son los más adecuados para procesos agroindustriales en la elaboración de harinas y productos derivados. Por otro lado, las categorías B y C están destinadas a consumo en fresco (Vallejo et al., 2010).

Un aspecto significativo es que la tendencia del mercado se orienta hacia el consumo de raíces y tubérculos que tienen pesos livianos a medios, ya que estos representan un menor

aporte calórico y son de mayor digestibilidad; se identificó también que el promedio de materia seca de los clones de zapallo fue de 32.06%, lo cual está en concordancia con los informes previos donde las cantidades de materia seca en tubérculos de otros cultivos, como la batata, fueron reportadas en un 29.5% y 28.39% (Vallejo et al., 2010).

El rendimiento por hectárea para los clones de zapallo oscila entre 21.19 t/ha y 35.45 t/ha. Aunque esta variación es amplia, está de acuerdo con los datos obtenidos por Šlosár et al. (2016), que reportaron rendimientos de entre 32.76 t/ha y 39.30 t/ha para cultivares comerciales similares. Este rendimiento, junto con la consideración del peso y la materia seca, son elementos clave que pueden influir en la selección de variedades y en el manejo agronómico de cultivos de zapallo, así como en su comercialización y procesamiento.

Firmeza del Almidón de Zapallo *Cucurbita* sp

La firmeza del almidón de zapallo *Cucurbita* sp., se ve intensificada durante el proceso de gelatinización, que implica la ruptura de su estructura cristalina y la transformación en una solución viscosa. Este proceso ocurre cuando el almidón se calienta en presencia de agua, lo que permite que sus gránulos se desintegren y liberen almidón soluble. La temperatura de pegado, que se refiere a la temperatura a la cual el almidón comienza a descomponerse y formar una masa gelatinosa, puede variar entre 60 °C y 90 °C, dependiendo de las propiedades específicas del almidón y las condiciones de calentamiento aplicadas (Jayakody et al., 2007).

Adicionalmente, se ha observado que, a una temperatura de 69 °C, el almidón de zapallo tiene la capacidad de absorber hasta 2.31 veces su peso en agua al inicio del proceso de gelatinización. Este notable aumento en la absorción de agua subraya su capacidad para hincharse y es significativo para la formación de texturas deseadas en productos alimenticios (Donmez et al., 2021). Según Rodríguez et al. (2023), la interacción entre el almidón y el agua durante la gelatinización es fundamental para comprender su funcionalidad, lo que

resalta la importancia de estas propiedades en la formulación de productos alimenticios y en su relación con las características sensoriales y de textura.

Por lo tanto, el comportamiento del almidón de zapallo en términos de firmeza y capacidad de hidratación es crucial para determinar sus aplicaciones en la industria alimentaria y en otros productos que requieren propiedades funcionales específicas (Rodríguez et al., 2023).

Gomosidad del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

La gomosidad del almidón de zapallo se refiere a la capacidad de este almidón para formar mezclas viscosas y gomosas una vez que se ha gelificado (Jayakody et al., 2007). Este fenómeno es relevante en diversas aplicaciones, especialmente en la industria de alimentos, donde la textura es un factor crucial para la aceptación del consumidor. La gomosidad se ve influenciada por la concentración de amilosa y amilopectina en el almidón, así como por la temperatura de gelatinización, que puede variar entre 60 °C y 90 °C (Jayakody et al., 2007).

El almidón de zapallo, al tener un alto contenido de amilopectina, tiende a formar soluciones más viscosas y gomosas durante la cocción. Esta característica es ventajosa para aplicaciones que requieren una textura uniforme y una estabilidad durante el procesamiento (Jayakody et al., 2007). Según Rodríguez-Restrepo et al. (2023), la relación entre el almidón y otros ingredientes en formulaciones alimentarias puede afectar la textura, lo que destaca la importancia de estudiar las propiedades de gomosidad en el contexto de diferentes productos alimenticios. La capacidad de gomosidad del almidón de zapallo también puede alterar las propiedades sensoriales del producto final, haciendo que la comprensión de estas características sea esencial para optimizar recetas y procesos en la industria alimentaria.

Textura del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

La textura del almidón de zapallo (*Cucurbita* sp.) es fundamental para determinar su funcionalidad en aplicaciones alimentarias. Las propiedades texturales del almidón están

influenciadas por la relación entre amilosa y amilopectina, así como por su comportamiento durante el proceso de gelatinización. El almidón de zapallo, que presenta un alto contenido de amilopectina (79.5%) y un menor contenido de amilosa (20.5%), tiende a formar geles más suaves y cohesivos, lo que resulta favorable para productos de textura cremosa y consistente (Rodríguez et al., 2023).

La gelatinización de este almidón se inicia a temperaturas relativamente más bajas (alrededor de 60 °C), lo que implica un tiempo de cocción menor y una rápida absorción de agua. Esto no solo afecta la textura del almidón al volverse más pegajoso y gomoso, sino que también mejora la estabilidad de la pasta durante el enfriamiento (Stevenson et al., 2005). Al enfriarse, el almidón de zapallo puede presentar una viscosidad considerable, alcanzando valores de hasta 803 cP, lo cual es indicativo de su respuesta textural en productos alimenticios (Valdés & Ortiz, 2021; Ortiz et al., 2022).

Un estudio realizado sobre el almidón de zapallo reveló que su capacidad de formar gel y su comportamiento de retrogradación son claves para su uso en la industria alimentaria, ya que una textura adecuada es esencial para la aceptación del consumidor en productos como salsas y postres (Palomino, 2010). La textura también puede verse afectada por otros ingredientes en la formulación, por lo que es crucial optimizar las proporciones y condiciones de cocción (Bučko et al., 2015).

Temperatura de Pegado del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

La temperatura de pegado, también conocida como temperatura de gelatinización, es el punto en el cual se inicia la desintegración de los gránulos de almidón, formando una masa gelatinosa. Este proceso es crucial para determinar la textura y las propiedades funcionales del almidón en aplicaciones alimentarias. En el caso del almidón de zapallo, esta temperatura puede variar considerablemente, y se ha observado que oscila entre 60 °C y 90 °C,

dependiendo del tipo de almidón y las condiciones de calentamiento específicas (Stevenson et al., 2005; Valdés et al., 2010).

Al alcanzar aproximadamente 60 °C, los gránulos de almidón comienzan a descomponerse, lo que resulta en una masa más compacta que adquiere una consistencia viscosa. Este comportamiento es esencial, ya que una temperatura de pegado más baja permite una gelatinización más eficiente, lo que se traduce en un menor tiempo de cocción y una rápida absorción del agua por parte del almidón. Estas características hacen que el almidón de zapallo sea preferido en diversas aplicaciones culinarias, ya que mejora la calidad y la textura de los productos alimenticios (Stevenson et al., 2005).

Contenido de Materia Seca del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El contenido de materia seca en el almidón de zapallo es un factor importante que influye en sus propiedades fisicoquímicas y su aplicabilidad en la industria alimentaria. En un estudio realizado con diez clones de zapallo, se encontró que el contenido promedio de materia seca era del 32.06%. Este porcentaje se encuentra en línea con los datos de otros estudios que reportan contenidos similares en tubérculos de otras variedades. Por ejemplo, Álvarez (2019) reporta contenidos de materia seca en batata de 29.5% y 28.39%, respectivamente.

Un contenido adecuado de materia seca es crucial, ya que influye en la textura, el sabor y la digestibilidad de los productos elaborados a partir del almidón de zapallo. Los rendimientos en materia seca pueden oscilar entre 21.19 y 35.45 toneladas por hectárea, lo que sugiere variabilidad en la calidad de los diferentes clones analizados. Esta variación es relevante para los productores, ya que elegir cultivares con un alto contenido de materia seca puede resultar en productos más nutritivos y de mejor calidad (Šlosár et al., 2016).

La materia seca se considera un indicador de calidad en la producción de almidón, y su contenido es determinante para la eficacia en los procesos de extracción y su posterior utilización en diversas aplicaciones culinarias e industriales.

Humedad del Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El contenido de humedad es un parámetro crítico que afecta la calidad y la estabilidad del almidón de zapallo. En el caso del almidón extraído de zapallo, se reporta un contenido de humedad del 11.29%, lo cual se considera aceptable dentro de los lineamientos establecidos por Corrigan et al. (2006) quienes indican que el contenido de humedad de los almidones típicamente varía entre el 6% y el 16%, niveles de humedad superiores a este rango pueden propiciar el daño microbiano y, por ende, un deterioro en la calidad del almidón.

La humedad no solo afecta la estabilidad del almidón, sino que también influye en sus propiedades funcionales, incluyendo la capacidad de hinchamiento y la textura de la pasta de almidón. En este contexto, se ha encontrado que la calidad del almidón puede verse más afectada por el contenido de fósforo en la ceniza que por otros componentes, y este, a su vez, puede influir en el comportamiento del almidón, aumentando su claridad y viscosidad al generar repulsión iónica entre sus moléculas (Nepote et al., 2006). Por lo tanto, controlar el contenido de humedad es esencial para asegurar la calidad del almidón de zapallo durante su almacenamiento y uso posterior.

Proteínas en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El contenido de proteínas en el almidón de zapallo es un factor relevante que contribuye a su valor nutricional. En la literatura especializada se encontró que el porcentaje promedio de proteína en el almidón de zapallo fue del 0.29%. Este contenido es similar a los reportados en estudios anteriores sobre otras variedades de tubérculos; por ejemplo, Araujo et al. (2004) reportan valores de proteínas en el almidón de diversas especies que son igualmente bajos (0.25% - 0.30%).

La proteína en el almidón de zapallo es significativa debido a su aporte de aminoácidos esenciales, destacándose la lisina, un aminoácido que a menudo se encuentra en cantidades limitadas en otros cereales y granos. Según Martí (2011), el contenido de proteínas en el almidón de la batata es de 1.63%, lo que es considerablemente más alto que el observado en el almidón de zapallo. Sin embargo, la baja cantidad de proteínas en el almidón de zapallo sugiere que este almidón se puede considerar principalmente como una fuente de carbohidratos.

Además, se ha identificado que la calidad y funcionalidad del almidón pueden verse afectadas por el contenido de proteínas, ya que pueden contribuir a la formación de geles y a la textura de los productos alimenticios elaborados a partir de este almidón (Badui, 2001). Por lo tanto, entender el contenido y la calidad de las proteínas en el almidón de zapallo es esencial para mejorar su utilización en diversas aplicaciones alimentarias.

Grasas en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El contenido de grasas en el almidón de zapallo también es un aspecto importante a considerar en su perfil nutricional. En los análisis realizados, se reportó un contenido promedio de grasa del 0.21%, lo que es relativamente bajo y comparable a las observaciones de Araujo et al. (2004), quienes encontraron valores similares en diversas especies de tubérculos. Comparando estos datos con los reportados por Martí (2011), donde el contenido de grasa en la batata fue de 0.60%, es evidente que el almidón de zapallo tiene un menor contenido de grasas.

La baja proporción de grasas en el almidón de zapallo contribuye a su utilidad principal como fuente de carbohidratos; sin embargo, la calidad de las grasas presentes, así como su perfil de ácidos grasos, puede ser relevante para evaluar su impacto en la salud. La presencia de grasas esenciales puede aumentar el valor nutricional del almidón, evitando patologías relacionadas con deficiencias alimenticias (Peñaranda et al., 2008).

Es pertinente mencionar que un contenido bajo de grasas puede ser ventajoso en aplicaciones alimentarias, ya que reduce el riesgo de oxidación y mejora la estabilidad del producto durante el almacenamiento (Vallejo et al., 2010). Además, el bajo contenido de grasa en el almidón de zapallo permite su uso en dietas donde se busca limitar la ingesta de grasas, como en productos diseñados para la pérdida de peso.

Cenizas en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El contenido de cenizas en el almidón de zapallo se ha reportado entre un 3.46% y un 4.80%. Estos valores son superiores a los encontrados en estudios previos, como los reportados por Vallejo et al. (2010) quienes señalaron un contenido promedio de cenizas de 1.53%. Comparativamente, González et al. (2015) reportaron un contenido de cenizas de 1.24% en batata roja y de 0.15% en almidón de otras variedades.

La composición de cenizas, que incluye minerales como calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro y fósforo, es fundamental para evaluar la calidad del almidón. Badui (2001) indica que la presencia de estos minerales, aunque en pequeñas cantidades, puede influir en las propiedades funcionales del almidón. Esto se debe a que el contenido de fósforo, en particular, puede afectar el comportamiento del almidón al generar repulsión iónica, lo que debilita las fuerzas asociativas entre las moléculas. Esto resulta en un incremento del poder de hinchamiento y de la claridad de la pasta de almidón (Nepote et al., 2006).

Se sugiere que el fibrocemento en el almidón, junto con el contenido de cenizas, podría jugar un papel en la estabilización de productos alimenticios a base de zapallo, mejorando así su calidad y funcionalidad.

Fósforo en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El contenido de fósforo en el almidón de zapallo se ha reportado entre un 0.06% y un 0.1%. Este fósforo se encuentra principalmente en forma de grupos éster fosfatos que son componentes de las moléculas de amilopectina. Según Jobling (2004, como se cita en

Rodríguez et al., 2023), la importancia de la fosforilación en los almidones es notable, ya que los monoésteres de fosfato pueden mejorar la claridad y la viscosidad de las pastas de almidón, además de reducir la tasa de gelatinización y retrogradación.

Además, el contenido de fósforo juega un rol crucial en las propiedades funcionales del almidón. Se ha constatado que la repulsión iónica que genera el fósforo debilita las fuerzas asociativas entre las moléculas de almidón, lo que aumenta el poder de hinchamiento y la claridad de la pasta. Esto es confirmado por los estudios de Riley et al. (2006), quienes destacan que la presencia de fósforo resulta decisiva en el comportamiento del almidón durante procesos de cocción y elaboración de productos alimenticios.

Por lo tanto, el fósforo no solo es importante desde un punto de vista nutricional, sino que también influye en la calidad y funcionalidad del almidón de zapallo en aplicaciones alimentarias.

Amilosa y Amilopectina en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El almidón es un polisacárido que se compone principalmente de dos fracciones: amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal formado por unidades de glucosa unidas por enlaces α -(1,4). Generalmente, su contenido en los almidones naturales varía entre el 5% y el 35%. Este componente tiene un impacto significativo en las propiedades del almidón, especialmente en lo que respecta a la gelatinización, retrogradación y textura de los productos alimentarios (Divid, 2020).

En el caso específico del almidón de zapallo, se ha determinado que presenta un contenido de amilosa del 20.5%, mientras que la amilopectina constituye un 79.5%. La amilopectina es un polímero ramificado que se compone de unidades de glucosa, conectadas por enlaces α -(1,4) y ramificaciones que ocurren a través de enlaces α -(1,6), aproximadamente cada 25-30 unidades. Este polisacárido es responsable de casi el 75% de la composición de los almidones más comunes y su estructura ramificada le proporciona

características que permiten un mayor hinchamiento y una viscosidad más estable (Yuan et al., 2022).

La predominancia de la amilopectina en el almidón de zapallo es crucial, ya que esta fracción proporciona estabilidad en la viscosidad a lo largo del tiempo, facilitando la formación de geles y contribuyendo a una textura más suave en productos alimentarios. Además, el elevado contenido de amilopectina permite una notable capacidad de retención de agua, lo cual es esencial para el máximo hinchamiento de los gránulos de almidón. Los estudios han mostrado que el índice de adsorción de agua (IAA) del almidón de zapallo se sitúa en 2.31, lo que indica una excelente capacidad de absorción, importante para aplicaciones en las que se requiere una textura húmeda y estabilizada (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

Las proporciones específicas de amilosa y amilopectina en el almidón de zapallo son determinantes en su rendimiento en diversas aplicaciones, desde la industria alimentaria hasta la producción de bioplásticos. Un mayor contenido de amilosa tiende a generar geles y películas más firmes, preferidos en la formulación de bioplásticos, mientras que una mayor proporción de amilopectina es favorable para obtener geles más claros y suaves, ideales para productos alimenticios (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

Pureza en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

La pureza del almidón es un parámetro crucial que influye directamente en sus propiedades funcionales y, por ende, en su utilidad en aplicaciones alimentarias e industriales. El almidón se considera puro cuando contiene bajo niveles de impurezas, como proteínas, grasas, cenizas y humedad, todos los cuales pueden afectar negativamente sus características funcionales, como la viscosidad, la capacidad de gelificación y la estabilidad durante el almacenamiento (Yuan et al., 2022).

Los valores obtenidos para la pureza del almidón de zapallo son notablemente altos. En estudios previos, se ha reportado que la pureza del almidón aislado del ñame congo fue del 99.29%, indicando una calidad alta y promoviendo su estabilidad y funcionalidad (Badui, 2001). Este nivel de pureza es importante porque, como apuntan Tasiguano et al. (2019) la calidad del almidón puede verse comprometida por la presencia de impurezas, que no solo afectan su comportamiento reológico, sino también su desempeño en diversos procesos de transformación.

Además, el contenido de humedad en el almidón de zapallo se reportó en 11.29%, un valor que se encuentra dentro del rango aceptable (6-16%) para almidones. Esto es relevante, ya que un contenido demasiado alto de humedad puede facilitar el crecimiento microbiano y la posterior degradación del almidón, comprometiendo su calidad (Bello et al., 2010).

La pureza del almidón de zapallo también implica la composición mineral, que incluye elementos como calcio, magnesio, potasio y fósforo, entre otros. La presencia de estos minerales puede afectar las propiedades funcionales del almidón, siendo el fósforo un componente que también se ha señalado como influyente en la claridad y la viscosidad de las pastas de almidón (Divid, 2020).

Lípidos en el Almidón de Zapallo *Cucurbita* sp

Los lípidos en el almidón de zapallo (*Cucurbita* sp.) son un componente significativo que influye tanto en su valor nutricional como en sus propiedades funcionales. En general, se ha reportado que el contenido promedio de lípidos en los tubérculos de zapallo es de 2.02%. Este nivel de lípidos es superior al que se observa en otros tubérculos; por ejemplo, Martí (2011) encontraron un contenido graso de solo 0.60% en sus estudios. Esta diferencia sugiere que el almidón de zapallo puede ofrecer beneficios adicionales en términos de calidad nutricional en comparación con otros alimentos de origen vegetal.

Además de su valor nutricional, los lípidos desempeñan un papel crucial en la interacción con el almidón, particularmente cuando se trata de propiedades como la gelatinización y la retrogradación. Específicamente, los fosfolípidos presentes en el almidón pueden influir en la viscosidad de las pastas de almidón y en la estabilidad de las emulsiones que se generan a partir de éste (Tasiguano et al., 2019). Esto implica que el contenido lipídico no solo afecta la textura del producto, sino también su comportamiento durante los procesos de cocción y almacenamiento.

Asimismo, los lípidos contribuyen a la percepción del sabor y a la textura cremosa de los productos alimenticios elaborados con almidón de zapallo. Esta característica puede aumentar la aceptación entre los consumidores, ya que un sabor y una textura agradables son factores decisivos en la elección de alimentos. Por otro lado, un contenido moderado de lípidos también puede mejorar la estabilidad del almidón durante el almacenamiento, protegiéndolo de procesos oxidativos que podrían comprometer su calidad y funcionalidad.

Así las cosas, los lípidos en el almidón de zapallo no solo contribuyen a su perfil nutricional, sino que también juegan un papel fundamental en sus propiedades físico-químicas. Por lo tanto, comprender la composición lipídica y sus efectos es esencial para optimizar los usos del almidón de zapallo en la alimentación.

Fibra en el Almidón de Zapallo *Cucurbita sp*

La fibra en el almidón de zapallo *Cucurbita sp.*, es un componente importante, ya que se considera un tipo de carbohidrato que no se digiere ni se absorbe por el cuerpo humano. En este sentido, se hace una distinción entre la fibra y el almidón resistente; mientras que la fibra actúa generalmente como un prebiótico, el almidón resistente también se comporta de manera similar a la fibra soluble, aunque se diferencia en su composición. La fibra se encuentra en todo el grano y puede clasificarse en formas solubles e insolubles, lo que afecta tanto su funcionalidad como su biodisponibilidad (Cedeño et al., 2023).

Por otro lado, es importante señalar que el almidón resistente, que se encuentra en el zapallo, tiene propiedades que favorecen la salud digestiva al actuar como prebiótico, alimentando a las bacterias benéficas en el intestino. Este tipo de fibra ofrece varios beneficios, incluido el potencial para mejorar la salud intestinal, regular el azúcar en sangre y contribuir a la saciedad. La inclusión de almidón resistente en la dieta puede tener efectos positivos en la salud metabólica de las personas, lo que subraya la relevancia del zapallo como una fuente de fibra dietética (Cedeño et al., 2023).

Calcio en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El calcio en el zapallo (*Cucurbita sp.*) juega un papel significativo en diversos procesos bioquímicos y fisiológicos. Este mineral se relaciona con la formación de quelatos, lo que puede influir en la digestibilidad del almidón y en la absorción de humedad (Badui, 2001). La interacción entre el calcio y el almidón es crucial, ya que puede afectar la estructura y funcionalidad del almidón en productos alimenticios.

Además, el calcio es un mineral esencial que contribuye a la salud ósea y tiene un impacto en la contracción muscular, así como en la transmisión neuromuscular. Por lo tanto, la inclusión de zapallo en la dieta puede ofrecer beneficios nutricionales adicionales, ya que no solo proporciona almidón y fibra, sino también este importante mineral. Es fundamental considerar la calidad y cantidad de calcio presente en los alimentos, ya que una ingesta adecuada de este mineral es esencial para mantener un óptimo estado de salud. En consecuencia, los productos derivados del zapallo pueden ser una valiosa adición a la alimentación, especialmente en dietas que buscan incrementar la ingesta de calcio (Cedeño et al., 2023).

Potasio en el Almidón de Zapallo Cucurbita sp

El estudio sobre las propiedades fisicoquímicas del almidón de zapallo (*Cucurbita sp.*) menciona que el potasio desempeña un papel importante en diversas funciones biológicas

y fisiológicas de la planta. Aunque el documento no proporciona muchos detalles específicos sobre el contenido de potasio en el zapallo, este mineral es conocido por su relevancia en la regulación del balance hídrico, la activación de enzimas y la transmisión de impulsos eléctricos en las células vegetales.

El magnesio, que a menudo se encuentra en conjunto con potasio en el contexto de nutrición vegetal, también es crucial para la fotosíntesis y la síntesis de clorofila, lo que, en consecuencia, podría influir en la productividad y calidad de la calabaza. La interacción entre estos minerales puede afectar las propiedades físicas y químicas del almidón, evidenciando su importancia en la formulación de productos alimenticios a base de zapallo (Tasiguano et al., 2019).

Carotenoides (β caroteno) en el Almidón de Zapallo *Cucurbita sp*

El contenido de carotenoides, especialmente el β -caroteno, en el zapallo *Cucurbita sp.*, es significativo y se relaciona con múltiples beneficios para la salud. Los carotenoides son compuestos que no solo proporcionan color a las frutas y verduras, sino que también actúan como antioxidantes en el cuerpo humano, ayudando a proteger contra el daño oxidativo. En estudios realizados, se ha observado que los niveles de carotenoides varían dependiendo del genotipo y las condiciones de cultivo. Por ejemplo, se encontró que en algunas cepas de *Cucurbita moschata*, el contenido de β -caroteno varió significativamente, alcanzando hasta 404,98 $\mu\text{g/g}$ en una muestra, lo que resalta el potencial del zapallo como fuente de provitamina A (Carvalho et al., 2012).

Además, se ha observado que los niveles de carotenoides pueden verse afectados por factores agronómicos, como el manejo del cultivo y las condiciones ambientales, sugiriendo que las prácticas agrícolas pueden optimizarse para aumentar el contenido de estos compuestos beneficiosos (Ortiz et al., 2015). Esto no solo mejoraría la calidad nutricional del zapallo, sino que también podría influir en su aceptación en el mercado.

Sólidos Solubles Totales en el Almidón de Zapallo *Cucurbita* sp

Los sólidos solubles totales (SST) en el zapallo *Cucurbita* sp., son un componente crucial que contribuye a su calidad sensorial y nutricional. Los SST reflejan el contenido de azúcares, ácidos orgánicos y otros compuestos solubles en agua, actuando como un indicador clave del sabor y la dulzura del fruto. En general, un mayor contenido de sólidos solubles se asocia con un mejor sabor y una calidad sensorial superior en los productos alimenticios (Carvalho et al., 2012).

En el caso específico del zapallo, se ha reportado que los niveles de SST pueden variar considerablemente dependiendo del genotipo, las condiciones de crecimiento y las prácticas de manejo agronómico. Por ejemplo, en diferentes variedades de zapallo, los sólidos solubles totales pueden fluctuar entre valores que van desde el 4.6% hasta el 6.5% según las condiciones de cultivo (Bello et al., 2010). Esto sugiere que los genotipos que muestran un mayor contenido de sólidos solubles podrían ser preferidos tanto por los consumidores como por los productores.

Además, la relación entre los sólidos solubles y el pH también es un aspecto relevante, ya que un pH adecuado puede influir en la percepción del sabor. Un balance entre el contenido de sólidos solubles y la acidez contribuye a la palatabilidad del zapallo, afectando su aceptación en el mercado y su uso en productos alimenticios.

Un manejo agronómico adecuado que promueva un incremento en la acumulación de sólidos solubles no solo beneficiará la calidad del zapallo, sino que también ofrecerá ventajas nutricionales al consumidor, dada la importancia de estos compuestos en la dieta.

Grados de Acidez en el Almidón de Zapallo *Cucurbita* sp

Los grados de acidez en el zapallo son un parámetro importante que afecta su calidad sensorial, así como su estabilidad durante el almacenamiento y procesamiento. La acidez se refiere principalmente al contenido de ácidos orgánicos presentes en el fruto, como el ácido

cítrico y el ácido málico, que influyen en el sabor y la preservación del producto (Álvarez, 2019).

Un nivel adecuado de acidez puede mejorar la palatabilidad del zapallo, haciéndolo más sabroso y atractivo para los consumidores. Sin embargo, un exceso de acidez puede ser percibido como desagradable, mientras que un contenido muy bajo puede restarle frescura y sabor al producto. El pH del zapallo suele encontrarse en un rango entre 5.5 y 6.5, lo que indica una acidez moderada que es favorable para el consumo y la elaboración de productos derivados (Ubaque et al., 2015).

El control de los grados de acidez es crucial durante el cultivo y las prácticas de manejo agronómico. Factores como la fertilización, la irrigación y la madurez del fruto en el momento de la cosecha pueden influir en los niveles de acidez y sólidos solubles, determinando así la calidad final del zapallo (Ubaque et al., 2015). Por lo tanto, la interacción entre la altura de los sólidos solubles y la acidez es vital para optimizar la calidad sensorial del zapallo y su aceptación en el mercado.

Nivel de pH en el almidón de zapallo *Cucurbita* sp

El pH del zapallo *Cucurbita* sp., generalmente se encuentra en un rango de 5.5 a 6.5. Este nivel de pH indica una acidez moderada, que es favorable para el sabor y la calidad del zapallo. Un pH en este rango permite una percepción equilibrada entre la acidez y los azúcares presentes, lo que contribuye a su atractivo sensorial e influencia en su vida útil durante el almacenamiento.

La acidez y el pH del zapallo pueden variar según diferentes factores, como las condiciones de crecimiento, la variedad específica de zapallo y el manejo agronómico. Por ejemplo, un manejo adecuado de nutrientes y riego puede influir en la acumulación de ácidos orgánicos, afectando así el pH y la calidad del fruto (Ubaque et al., 2015).

Un pH equilibrado es crucial no solo para la calidad sensorial del zapallo, sino también para su procesamiento en la industria alimentaria, donde se busca mantener la estabilidad y la seguridad del producto.

Propiedades Funcionales del Almidón de Zapallo *Cucurbita* sp

El almidón de zapallo *Cucurbita* sp., posee una variedad de propiedades funcionales que lo posicionan como un aditivo versátil y útil en la industria alimentaria, considerando su capacidad como espesante, estabilizante, gelificante, agente de retención de agua y su comportamiento de hinchamiento le confieren un papel crucial en la mejora de la textura, estabilidad y calidad de los productos elaborados. A continuación, se presenta una descripción aterrizada sobre estas propiedades, teniendo en cuenta la investigación de De Escalada (2006) y otros autores con el fin de proporcionar una base sólida para comprender y conocer los posibles beneficios de estas propiedades en el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

Capacidad Espesante

Una de las funciones tecnológicas más reconocidas del almidón de zapallo es su capacidad para actuar como espesante, mejorando la viscosidad y estructura de productos alimentarios. Cuando se calienta en presencia de agua, los gránulos de almidón gelatinizan, liberando sus componentes y generando una matriz con alta viscosidad. Rodríguez et al. (2023) reportan que el almidón de zapallo alcanza una viscosidad máxima de 664 cP, lo que confirma su gran potencial para espesar líquidos en productos como salsas, sopas, cremas o rellenos.

Además de su aplicación en productos líquidos, se ha demostrado que este almidón es funcional también en matrices sólidas, especialmente en la panificación. Ptitchkina et al. (1998) encontraron que la incorporación de almidón de zapallo en la formulación de panes de trigo incrementa significativamente el volumen del pan, mejorando también su textura y aceptabilidad sensorial. Este efecto se relaciona con su capacidad para formar redes cohesivas con el agua durante el horneado.

De Escalada (2006) refuerza este hallazgo al señalar que “la estructura molecular del almidón, compuesta por numerosas regiones hidroxiladas, facilita la formación de enlaces de hidrógeno con el agua, lo cual promueve la gelatinización y el aumento de viscosidad al ser cocido” (p. 130). Esta propiedad lo hace comparable e incluso superior a almidones más convencionales en cuanto a comportamiento espesante.

Propiedad Estabilizante

El almidón de zapallo también presenta un excelente desempeño como estabilizante en sistemas alimentarios complejos, especialmente en emulsiones. Su capacidad para formar estructuras tridimensionales permite mantener en suspensión componentes inmiscibles, minimizando la separación de fases. Esto resulta especialmente útil en productos como mayonesas, aderezos, salsas y batidos (Ortiz et al., 2013).

Xu y Siegenthaler (1997) observaron que el almidón natural es capaz de reforzar la estabilidad de emulsiones, en parte por su acción sobre la viscosidad del medio y su capacidad de formar una matriz que encapsula las gotas de grasa o partículas. El almidón de zapallo, en particular, debido a su alta proporción de amilopectina (79.5 %), exhibe una retención eficiente del agua y una gran capacidad para generar sistemas cohesivos (Rodríguez et al., 2023).

De Escalada (2006) indica que esta propiedad es fundamental en la industria, pues “asegura la estabilidad física del producto y mejora la experiencia del consumidor, especialmente en productos de vida útil extendida o sometidos a refrigeración” (p. 121). Por lo tanto, su función estabilizante lo convierte en una alternativa eficaz frente a otros agentes más costosos o artificiales.

Capacidad Gelificante

Además de espesar y estabilizar, el almidón de zapallo posee la capacidad de actuar como un gelificante natural. Esta propiedad consiste en formar una estructura sólida o

semisólida al enfriarse, después del proceso de gelatinización. Rodríguez et al. (2023) destacan que, al ser enfriado, el almidón alcanza una viscosidad de 803 cP, lo que refleja la formación de geles estables, densos y consistentes.

Chun y Youn (1998) describen que los geles derivados del almidón de zapallo no solo tienen buena capacidad de retención de agua, sino que también muestran estabilidad térmica, lo que es útil en la formulación de postres, mermeladas, productos lácteos, rellenos de pastelería y suplementos nutricionales. Estos geles ofrecen una textura cremosa y homogénea, altamente valorada por los consumidores.

Asimismo, De Escalada (2006) subraya que esta propiedad es clave en la producción de productos lácteos estructurados, gelatinas vegetales y confitería, donde se busca una textura atractiva y una apariencia brillante que aporte valor sensorial al producto.

Retención de Agua

El almidón de zapallo también se distingue por su excelente capacidad de retención de agua (CRA). Esta característica contribuye a mantener la humedad interna de los alimentos, evitando la desecación durante su almacenamiento o exposición al aire. Según Rodríguez et al. (2023), este almidón presenta un índice de absorción de agua de 2.31 a 69 °C, lo que indica que puede retener más del doble de su peso en agua.

Apriyanto, Compart y Fettke (2022) explican que esta propiedad está estrechamente relacionada con la presencia de amilopectina y la morfología de los gránulos de almidón, que determinan el grado de hidratación durante el procesamiento térmico. Esta retención mejora la textura de la miga en panes, la jugosidad en productos cárnicos y la estabilidad en productos horneados. Ptitchkina et al. (1998) también relacionan esta propiedad con la prolongación de la frescura en productos panificados.

De Escalada (2006) menciona que la mejora en la calidad de la miga y el volumen del pan es un efecto directo de esta capacidad, ya que “el almidón actúa como regulador hídrico

en la matriz alimentaria” (p. 122). Esta característica funcional también contribuye a prolongar la vida útil de los alimentos, al reducir la pérdida de humedad por evaporación.

Comportamiento de Hinchamiento

El almidón de zapallo también exhibe un destacado comportamiento de hinchamiento, es decir, la expansión de los gránulos al ser expuestos al calor y al agua. Esta propiedad es clave para la formación de estructuras suaves, esponjosas y aireadas, particularmente en la panificación. Valdés et al. (2010) documentaron que la viscosidad del almidón aumenta significativamente durante el calentamiento, fenómeno asociado directamente con el hinchamiento de los gránulos.

Según De Escalada (2006), este hinchamiento genera una estructura porosa en la miga del pan, lo que incrementa su volumen y mejora la percepción sensorial del consumidor. Además, este comportamiento permite incorporar aire de manera eficiente durante el mezclado y horneado, contribuyendo a una mejor textura y a una menor densidad del producto final.

Xu y Siegenthaler (1997) indican que el comportamiento de hinchamiento influye no solo en la textura, sino también en la aceptación sensorial global, ya que determina características como elasticidad, jugosidad y apariencia. Por ello, esta propiedad resulta esencial en productos horneados, postres aireados, cereales expandibles y formulaciones instantáneas.

Así las cosas, las propiedades funcionales del almidón de zapallo *Cucurbita* sp., lo convierten en un ingrediente versátil, eficiente y natural, con un alto potencial de aplicación en la industria de alimentos. Su capacidad para espesar, estabilizar, formar geles, retener agua y expandirse ante el calor, lo posiciona como una alternativa sostenible frente a almidones modificados o sintéticos, lo cual se abordará a continuación.

Aplicaciones del Almidón de Zapallo de *Cucurbita* sp., como Materia Prima para la Industria de Alimentos

El almidón de zapallo, derivado principalmente de especies como *Cucurbita moschata*, ha emergido como una materia prima de creciente interés en la industria alimentaria, debido a su amplia gama de propiedades funcionales, nutricionales y tecnológicas. Este ingrediente natural, tradicionalmente poco explotado, ha captado la atención de investigadores y profesionales por su capacidad de adaptarse a diversas formulaciones alimentarias, contribuyendo tanto a la calidad sensorial de los productos como a su perfil nutricional. En un contexto donde se valora cada vez más el uso de ingredientes limpios, funcionales y sostenibles, el almidón de zapallo ofrece ventajas competitivas frente a otras fuentes de almidón más convencionales como el maíz, la papa o la yuca.

Una de las principales razones de su atractivo radica en su comportamiento funcional como espesante, gelificante, estabilizante, emulsionante y texturizante. Su composición, rica en amilopectina, le permite alcanzar una viscosidad máxima de 664 centipoises en condiciones de calor, mientras que, al enfriarse, puede llegar a 803 cP, lo que facilita la formación de geles estables y firmes, especialmente útiles en postres, mermeladas y productos lácteos estructurados (Rodríguez et al., 2023; Valdés et al., 2010). Esta característica también explica su capacidad para mejorar la textura y la cohesión de los ingredientes en matrices alimentarias complejas, tal como se ha evidenciado en formulaciones de panadería y repostería. A su vez, su índice de absorción de agua, medido en 2.31 veces su peso inicial, favorece la retención de humedad en productos horneados y cárnicos, lo que se traduce en una mayor jugosidad y frescura del producto final (Rodríguez et al., 2023).

En la panificación, por ejemplo, su incorporación no solo contribuye a una miga más esponjosa y aireada, sino que también mejora la estructura en productos libres de gluten,

aspecto clave en un mercado donde cada vez más consumidores buscan alternativas aptas para celíacos o personas con sensibilidad al gluten (Pérez, 2021; Ortega et al., 2021). Esta capacidad funcional se explica en parte por su comportamiento de hinchamiento, que al ser calentado permite la expansión de los gránulos de almidón, generando una textura ligera sin necesidad de aditivos artificiales. De hecho, estudios como los de Ptitchkina et al. (1998) han demostrado que su uso en productos horneados mejora significativamente su aceptabilidad sensorial, al proporcionar mayor suavidad y volumen.

Por otra parte, su funcionalidad no se limita a matrices farináceas. En productos cárnicos y vegetarianos, el almidón de zapallo actúa como aglutinante y agente de retención de agua, mejorando la cohesión y textura en hamburguesas, embutidos y sustitutos vegetales de la carne (Mendoza, 2019). Esta cualidad resulta especialmente útil en el desarrollo de alimentos alternativos para consumidores que siguen dietas basadas en plantas. Asimismo, su capacidad emulsionante ha sido aprovechada en la formulación de salsas, aderezos y productos de conveniencia, donde ayuda a estabilizar mezclas complejas y prolongar su vida útil al prevenir la separación de fases (Xu & Siegenthaler, 1997). En consecuencia, este almidón puede integrarse de forma eficaz en una amplia variedad de alimentos industrializados, respondiendo a las exigencias tanto de los fabricantes como de los consumidores.

Desde el punto de vista nutricional, el almidón de zapallo ofrece beneficios adicionales. Su contenido de fibra dietética lo convierte en un ingrediente valioso para mejorar la calidad nutricional de productos procesados, ayudando a compensar carencias frecuentes en la dieta moderna (Guillon & Champ, 2000). La fibra contribuye a la salud intestinal, la regulación de la glucemia y el control del apetito, lo que refuerza su inclusión en alimentos funcionales. Además, este almidón posee alta digestibilidad, lo que lo hace adecuado para su consumo por personas con dificultades digestivas, incluyendo niños,

adultos mayores o personas convalecientes (Silva et al., 2019). Este rasgo también lo distingue de otros almidones más resistentes, como los derivados de papa o cereales, ampliando su rango de aplicabilidad en formulaciones clínicas o de alto valor nutricional.

También hay que considerar su aporte en compuestos bioactivos, dado que el zapallo, del cual se extrae este almidón, es una fuente rica en carotenoides, especialmente β -caroteno, precursor de la vitamina A y reconocido por sus propiedades antioxidantes (Azevedo y Rodríguez, 2007). Su uso en formulaciones alimentarias no solo mejora el perfil nutricional, sino que también puede aportar coloración natural, contribuyendo al reemplazo de aditivos sintéticos, en línea con las tendencias de consumo actual. Además, desde una perspectiva tecnológica, esta pigmentación natural puede utilizarse estratégicamente en productos destinados a nichos específicos, como alimentos infantiles, deportivos o gourmet.

A pesar de sus múltiples ventajas, el aprovechamiento del almidón de zapallo también plantea algunos desafíos. Entre ellos, se encuentra la variabilidad en la calidad del almidón extraído, que puede depender de la variedad genética del zapallo, las condiciones agronómicas del cultivo y los métodos de extracción y secado. Según Soriano et al. (2022), estas variaciones pueden afectar parámetros como la viscosidad, la gelatinización o la pureza, lo que limita la estandarización de sus aplicaciones industriales. Por ello, es fundamental avanzar en investigaciones orientadas a establecer protocolos de extracción y modificación que garanticen la reproducibilidad y calidad del almidón, facilitando su inserción en procesos a gran escala.

Un aspecto adicional que fortalece el valor estratégico del almidón de zapallo es su potencial contribución a la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. A diferencia de cultivos tradicionales de almidón como el maíz, la papa o la yuca, el zapallo es una planta de bajo requerimiento hídrico y nutricional, adaptable a diversas condiciones agroclimáticas y con menor huella de carbono (Valdés et al., 2010). Esta ventaja se ve potenciada cuando se

utilizan subproductos del procesamiento del zapallo, como las semillas o la pulpa residual, para la obtención de almidón, reduciendo el desperdicio agrícola y favoreciendo un modelo de economía circular (De Escalada, 2006). Esta doble funcionalidad, como insumo tecnológico y estrategia ambiental, refuerza su atractivo para empresas que buscan alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.

Así las cosas, el almidón de zapallo *Cucurbita* sp., se presenta como un ingrediente clave para la innovación alimentaria contemporánea. Su diversidad de aplicaciones, su perfil nutricional y su impacto positivo en la sostenibilidad hacen que este almidón no solo cumpla con las exigencias del mercado, sino que también contribuya a la transformación estructural de los sistemas alimentarios hacia modelos más saludables, funcionales y responsables. De tal manera, su consolidación como materia prima industrial no solo depende de sus propiedades intrínsecas, ya ampliamente documentadas, sino también del fortalecimiento de cadenas de valor, del desarrollo de tecnologías apropiadas y del impulso a políticas que promuevan el aprovechamiento integral de recursos locales y subutilizados.

Conclusiones

El estudio teórico-descriptivo sobre las propiedades físico-químicas y funcionales del almidón de zapallo *Cucurbita* sp., ha revelado la importancia de este biopolímero en la industria alimentaria, destacando no solo sus características intrínsecas, sino también su aplicabilidad en la formulación de productos alimenticios innovadores y saludables. A través de un análisis profundo, se identificaron diferentes aspectos que hacen del almidón de zapallo una opción valiosa para el desarrollo de nuevos productos en el sector.

Las propiedades físico-químicas del almidón de zapallo son fundamentales para entender su comportamiento en los procesos alimentarios. Se ha encontrado que el almidón de zapallo presenta características como un tamaño de grano adecuado y una estructura óptima que le permiten tener una buena solubilidad y resistencia térmica. Estas propiedades son esenciales durante la cocción y en la elaboración de productos alimenticios, pues influyen directamente en la digestibilidad y la asimilación de nutrientes por parte de los consumidores.

Por su lado, las propiedades funcionales del almidón de zapallo, lo posicionan como un aditivo versátil en la industria alimentaria, algunas de las cuales son: espesante, gelificante y estabilizante, por ejemplo, su habilidad para retener agua es crucial para la elaboración de productos cárnicos, ya que contribuye a mantener la jugosidad y la textura deseada.

Finalmente, las aplicaciones del almidón de zapallo en la industria de alimentos son vastas y diversificadas. Este almidón se puede incorporar en productos libres de gluten, que están ganando popularidad debido a la creciente demanda por alternativas saludables. Además, su rentabilidad y disponibilidad hacen del zapallo *Cucurbita* sp., una materia prima accesible para los productores.

Recomendaciones

Se recomienda fomentar la investigación continua sobre el almidón de zapallo *Cucurbita* sp., para profundizar en sus propiedades y potenciales aplicaciones en la industria alimentaria. La exploración de sus características físico-químicas y funcionales podría revelar nuevas formas de utilizar este biopolímero en diversos sectores, como la panadería, la producción de salsas y el desarrollo de alimentos preparados.

Promover la colaboración entre la academia y la industria para implementar tecnologías que permitan un procesamiento eficiente del almidón de zapallo. Esta relación podría facilitar la transferencia de conocimientos y tecnologías que optimicen la extracción y utilización del almidón, asegurando su calidad y funcionalidad.

Incentivar a los productores locales a cultivar zapallo como una alternativa rentable y sostenible, mediante políticas públicas que apoyen la producción y comercialización de este cultivo, se podría aumentar su presencia en el mercado y, a su vez, contribuir a la seguridad alimentaria.

Referencias Bibliográficas

- Afonso, A., y Ramón, F. (2022). La variedad vegetal y la protección de la biodiversidad. *Rev.Bio.Agro*, 20(2). 142-152. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v20n2/1692-3561-bsaa-20-02-142.pdf>
- Ahmed, S., Rehman, H., y Ahmed, N. (2024). Potato starch extraction: Techniques, challenges, and future opportunities. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 13. 512-524. https://www.researchgate.net/publication/383610698_Potato_starch_extraction_Techniques_challenges_and_future_opportunities
- Álvarez, J. (2019). *Efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas de zapallo (Cucúrbita moschata Duch Var. Bolo verde) fresco y mínimamente procesado*. (tesis de doctorado). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69561/1057572791.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer – Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, 318, 111223. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111223>
- Araujo, A. A., Oliveira, D. C., & Quirino, T. A. (2004). Composição química e potencialidade do uso da batata-doce em produtos alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6), 1900-1906.
- Azevedo-Meleiro, C., y Rodríguez-Amaya, D. (2007). Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among Cucurbita moschata, Cucurbita maxima and Cucurbita pepo. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4027–4033. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17444652/>
- Badui, S. (2001). *Ciencia y tecnología de los alimentos*. 1ª ed. México: Limusa.

- Bello, L., Agama, E., Zamudio, P., Mendez, G., y Rodríguez, S. (2010). Effect of low and high acetylation degree in the morphological, physicochemical and structural characteristics of barley starch. *LWT Food Sci Technol*, 43(9): 1434-1440.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643810001349#:~:text=Barley%20starch%20was%20acetylated%20at%20two%20levels%20%28low,of%20the%20resultant%20acetylated%20barley%20starch%20were%20determined.>
- Bučko, S., Katona, J., Popovic, L., y Vastag, Z. (2015). Functional properties of pumpkin (Cucurbita pepo) seed protein isolate and hydrolysate. *Journal of the Serbian Chemical Society* 81(00):81-81.
https://www.researchgate.net/publication/283037539_Functional_properties_of_pumpkin_Cucurbita_pepo_seed_protein_isolate_and_hydrolysate
- Cartay, R. 1991. *Historia de la alimentación del Nuevo Mundo*. San Cristóbal, Venezuela, Ed. futuro. 2 vol. <https://archive.org/details/cartay-r.-historia-de-la-alimentacion-del-nuevo-mundo-ocr-1992/mode/1up>
- Carvalho, L., Gomes, P., Godoy, R. d., Pacheco, S., Monte, P. F., Carvalho, J. V., . . . Ramos, S. R. (2012). Total, carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (Cucurbita moschata Duch): A preliminary study. *Food Research International*, 47(2), 337–340.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911004881>
- Ceballos, J., Pérez, A., y Díaz, R. (2020). Functional properties of starch extracted from pumpkin (Cucurbita sp.) seeds. *Food Science and Technology*, 45(3), 412–420.
- Cedeño, X., López, A., Cedeño, J. (2023). Tecnología en Alimentos: Tendencias. *Pol. Con. (Edición núm. 80)* 8(4). 2861-2871.
<https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/5449/13415>

- Chun, H., & Youn, D. (1998). Properties of pumpkin starch as a gelling agent. *Journal of Food Science*, 63(2), 218–223.
- Corrigan, V., Hedderley, D., y Hurst, P. (2006). Assessment of objective texture measurements for characterising and predicting the sensory quality of squash (*Cucurbita maxima*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34(4), 369-379.
https://www.academia.edu/96692231/Assessment_of_objective_texture_measurements_for_characterising_and_predicting_the_sensory_quality_of_squash_Cucurbita_maxima
- De Escalada Pla, M. F. (2006). Caracterización, procesamiento y optimización del aprovechamiento industrial de la calabacita *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret (Tesis de maestría). Universidad de Buenos Aires.
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4091_DeEscaladaPla.pdf
- Del Pino, M. (2016). Cultivo y manejo de cucurbitáceas: parte especial: zapallos y zapallitos. *Horticultura y Floricultura- FCAYF- UNLP*.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/60755/mod_folder/content/0/Guia%20de%20cucurbitaceas%202016.pdf
- Divid, M. G. (2020). The influence of amylose content on the properties of starches in food applications. *Food Chemistry*, 310, 125711.
- Donmez, D., Pinho, L., Patel, B., Desam, P., Campanella, O. (2021). Characterization of starch–water interactions and their effects on two key functional properties: starch gelatinization and retrogradation. *Current Opinion in Food Science*, 39. 103-109.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799321000011>
- Estrella, E. (1990). *El pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador*. Quito, Ecuador, Ed. Abya-Yala, 3a edición.

- González Torres, B., Robles García, M. A., Padilla Frausto, J.J., Gutiérrez Lomelí, M, Barrera Rodríguez, A., Navarro Villarruel, C. L., Rodríguez Félix, F., y Del Toro Sánchez, C. L. (2018). Preparación y caracterización de almidón modificado para elaborar a futuro biopelículas para productos hortofrutícolas. *XX Congreso Internacional de Inocuidad de Alimentos*. Jalisco, México. Universidad de Sonora.
https://www.researchgate.net/publication/330382124_Preparacion_y_caracterizacion_de_almidon_modificado_para_elaborar_a_futuro_biopeliculas_para_productos_hortofruticolas
- González, A. G., Martínez, A., & Pulido, M. (2015). Estudio de la composición mineral en la batata roja. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(4), 485-494.
- Guillon, F., y Champ, M. (2000). Carbohydrate-based ingredients for the nutrition of health: Fibers and other bioactive compound Azevedo s. *Trends in Food Science & Technology*, 11(2), 97–110.
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28, 718-726.
<https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es>
- Jayakody, L., Gidley, M. J., & Kaur, L. (2007). Starch–water interactions in the gelatinization process. *Food Hydrocolloids*, 21(5-6), 1014-1020.
- Lira, R. (1995). *Estudios taxonómicos y ecogeografía de las Cucurbitaceas Latinoamericanas de importancia*. UNAM, México e IPGRI.
https://www.researchgate.net/publication/48214811_Estudios_taxonomicos_y_eco geograficos_de_las_Cucurbitaceae_Latinoamericanas_de_importancia_economica
- Martí, A. (2011). Composición química de los tubérculos. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 2008-2014.

- Mendoza, F. (2019). *Valoración del fruto de cucúrbita moschata como fuente de carotenoide natural, su efecto alimenticio sobre el rendimiento productivo en pollos de engorde gallus sp, y aceptación organoléptica de las aves por parte del consumidor humano.* (tesis de doctorado). Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76327/2025-Freddy%20Alain%20Mendoza%20Rivadeneira.pdf>
- Mendoza, F., Barre, R., Vargas, P., y Zambrano, L. (2019). Harina integral de zapallo (cucúrbita moschata) para alimento alternativo en la producción avícola. *CIENCIAMATRIA* 5(9), 668-679.
https://www.researchgate.net/publication/341608263_Harina_integral_de_zapallo_cucurbita_moschata_para_alimento_alternativo_en_la_produccion_avicola
- Nepote, V., Mestrallet, M., Grosso, N. (2006). Oxidative stability in fried-salted peanuts elaborated with high-oleic and regular peanuts from Argentina. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(8). 900-909. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01135.x>
- Ordoñez, N. G. A.; Ortiz G. S.; Valdes, R. M. P.; Vallejo, C. F. A. 2014. Selección de introducciones de *Cucurbita* por contenido de aceite en semillas. *Acta Agronómica* Vol. 63; No. 2. Abril-junio del 2014. 170-175.
- Ortega, L., Moreno, A., & Ramírez, J. (2021). The role of starches in improving the quality of baked products. *Journal of Food Quality*, 1–9.
- Ortiz, G.S.; Vallejo C. F. A.; Baena G. D.; Estrada, S. E. I. Valdés, R. M. P. 2013. Zapallo para consumo en fresco y fines agroindustriales: investigación y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca, mayo de 2013. 250 páginas. ISBN 978-958-761-509-8.

- Ortiz, G.S.; Bastidas, B. L. V.; Ordoñez, N. G. A.; Valdés, R.M.P.; Baena G. D.; Vallejo C. F. A. 2014. Inbreeding and Gene Action in Butternut Squash (*Cucurbita moschata*) Seed Starch Content. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* Vol 67; No. 1. 7169-7175. 2014.
- Ortiz-López, J.J.; Ramírez-Lasso, M.F.; Rodríguez-Restrepo, R.A.; Valdés-Restrepo, M.P.; Ortiz-Grisales, S. 2022. Concentración de azúcares, almidón y carotenos en zapallo (*Cucurbita moschata*) en dos ambientes-post cosecha. *Revista Aglala*, 13(1), 85-94. Publicado 2022-06-30. <https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/2082>
- Ortiz, S., Valdés, P., Vallejo, F., y Baena, D. (2015). Genetic correlations and path analysis in butternut squash *Cucurbita moschata* Duch. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 68(1). 7399-7409. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/47827/49345>
- Ortiz, G.S.; Valdés, R.M.P.; Vallejo C. F. A. 2020. Efecto de la endocría sobre habilidad combinatoria del rendimiento y calidad en zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. Vol. 23 Núm. 1. Enero-Junio, 2020. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1176>
- Palomino, C., Molina, Y., y Pérez, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta*(L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium*(L.) Schott. *Rev. Fac. Agron.* 36 (2), 58 –66. https://www.researchgate.net/profile/Elevina-Perez-Sira/publication/230800798_Physical_and_chemical_characterization_of_flour_and_starches_of_tubers_of_Colocasia_esculenta_L_Schott_and_Xanthosoma_sagittifolium_L_Schott/links/0fcfd5048b36e3c0fd000000/Physical-and-chemical-characterization-of-flour-and-starches-of-tubers-of-Colocasia-esculenta-L-Schott-and-Xanthosoma-sagittifolium-L-Schott.pdf

Peñaranda, O. I., Perilla, J. E., y Algecira, N. A. (2008). Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. *Ingeniería e Investigación*, 28(3), 47-52.

<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n3/v28n3a06.pdf>

Pérez, G. M. (2021). *Caracterización química en pulpa de ahuyama (cucurbita moschata duch.), garbanzo (cicer arietinum l.), frijol caupi (vigna unguiculata l.) y grano de habichuela (phaseolus vulgaris) como materias primas potenciales en productos deshidratados*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/39267/gmperezro.pdf?sequence=1>

Przetaczek-Rożnowska, E. (2017). Characterization of starches from various cultivars of pumpkin (*Cucurbita* sp.). *International Journal of Biological Macromolecules*, 101.

536-542. <https://www.sciencedirect.com/getaccess/pii/S0141813016325478/purchase>

Ptitchkina, L., Aree, R., y Reppich, M. (1998). Estudio sobre propiedades del almidón en productos horneados. *Journal of Cereal Chemistry Studies*.

Riley, C., Wheatley, A. & Asemota, H. (2006). Physicochemical characterization of starches from jamaican yams (*Dioscorea* spp.): Potential for pharmaceutical exploitations.

European Journal of Scientific Research 15 (2): 207-219.

https://www.researchgate.net/publication/285818994_Physicochemical_characterization_of_starches_from_Jamaican_yams_Dioscorea_SPP_Potential_for_pharmaceutical_exploitations

Rodríguez, R., Valdés, M., Ortiz, J., y Ortiz, S. (2023). Carotenogénesis y pigmentos en *Cucurbita* spp. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 26(1). 2218.

<http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2218>

- Rodríguez, R.R., Valdés, M.P., Ortiz, S., y Tafur, H. (2023). Morphological and physiological response of butternut squash (*Cucurbita moschata* Duchesne) to soil moisture regimen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.10.006>
- Rodríguez, R.R.A.; Valdés, R.M.P.; Ortiz, G.S. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Rev. Colombiana Ciencia Animal* 10(1):86-97.
http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972018000100086
- Sajilata, M. G., y Singhal, R. S. (2005). Specialty starches for snack foods. *Carbohydrate polymers*, 59(2), 131-151.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861704003054>
- Silva, L., Costa, T., & Ferreira, B. (2019). Nutritional and functional properties of pumpkin starch. *International Journal of Food Science*. 1–8.
- Singh, A., y Kumar, V. (2021). Nutritional, phytochemical, and antimicrobial attributes of seeds and kernels of different pumpkin cultivars. *Food Frontiers*. 3(1), 182-193.
<https://doi.org/10.1002/fft2.117>
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., y Gill, B. S. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food chemistry*, 81(2), 219-231.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814602004168>
- Šlosár, M., Jeseňák, K., & Duvall, I. (2016). Yield performance and dry matter content of sweet potato cultivars. *Agricultural Science and Technology*, 8(2), 85-90.
- Soriano, A., López, M., & Díaz, W. (2022). Variability in the quality of starch extracted from different varieties of *Cucurbita*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(5), 1934–1941.

- Stevenson, D. G., Yoo, S. H., Hurst, W. J., & Jane, J. L. (2005). Characterization of starches from *Cucurbita maxima* D. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7638-7645.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861704003650#:~:text=Structures%20and%20physicochemical%20properties%20of%20starch%20isolated%20from,with%20diameters%20of%201.5%E2%80%932.5%2C%206%E2%80%938%2C%20and%2011%E2%80%9313%20%CE%BCm>
- Tasiguano, B., Villareal, C., Schmiele, M., y Vernaza, M. (2019). Efecto del tiempo de Cocción del Zapallo (*Cucurbita maxima*) y la adición de Glucosa Oxidasa en el Aumento de Almidón Resistente del Pan de Molde. *Información Tecnológica*, 30(3). 167-178. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n3/0718-0764-infotec-30-03-00167.pdf>
- Ubaque, C.C.; Orozco, L.V.; Ortiz, G.S.; Valdés, R.M.P.; Vallejo C.F.A. (2015). Sustitución del maíz por harina integral de zapallo en la nutrición de pollos de engorde. *Rev. U.D.C.A act. & div. cient.* 18 (1), 137-146.
http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000100016
- Valdés, M.; Ortiz, S.; Baena, D; Vallejo, F. (2010). Evaluación de poblaciones de zapallo (*Cucurbita moschata*) por caracteres de importancia agroindustrial. *Acta Agronómica* 59 (1):91–96. http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122010000100011
- Valdés, R.M.P.; Ortiz, G.S.; Vallejo C. F. A.; Baena G.D. (2013). Phenotypic stability of traits associated with fruit quality in butternut squash (*Cucurbita moschata* Duch.). *Agronomía Colombiana*. Vol.31 No. 2. 147 - 152.
- Valdés, R.M.P., Ortiz, G.S., & Vallejo, C.F.A. (2014). Efectos heteróticos para el carácter extracto etéreo en la semilla de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. *Revista UDCA Act. Div. Cient.* 17(2), 371-379.

- Valdés, R.M.P.; Ortiz, G.S.; Vallejo C. F. A.; Baena G. D. (2014^a). Variabilidad en frutos y semillas de *Cucurbita moschata* Duch. y *Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia* L.H. Bailey Merrick & D.M. Bates. *Acta Agronómica*. Vol 63; No. 2. p 282-293.
- Valdés, R.M.P. (2014). Capítulo 10: Recursos genéticos de zapallo *Cucurbita* sp. pp. 253-270. In: Hidalgo, H.R. and C.F.A. Vallejo (eds.). Bases para el estudio de recursos genéticos de especies cultivadas. Editorial Feriva S.A., Cali, Colombia.
- Valdés, R. M. P.; Ortiz, G.S. (2021). Calidad de forraje y almidón en 10 clones de batata *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 24(2):e1580.
<http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1580>
- Vallejo, F., Baena, D., Ortiz, S., Estrada, E., Tobar, D. (2010). Unapal-Dorado, nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca para consumo en fresco. *ACTA AGRONÓMICA*. 59 (2), 127-134.
https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/16271/17184
- Vallejo, F., y Estrada, E. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. ISBN: 958-8095-28.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17559>
- Villanueva, C., Carpio, M., Quispe, E., Aguilar, J., y Sotomayor, A. (2024). Propuesta técnica – económica para la producción de harina a partir de la valorización de semillas de zapallo (*Curcubita* ssp). *Revista Ciencias Pedagógicas E Innovación*, 12(2), 1-23.
<https://incyt.upse.edu.ec/pedagogia/revistas/index.php/rcpi/article/view/787>
- Whitaker, J., y Davis, G. (1962). *Cucurbits: botany, cultivation and utilization*. New York, Interscience. <https://archive.org/details/cucurbitsbotanyc0000thom/page/n1/mode/lup>

Xu, S., y Siegenthaler, P. (1997). The effect of processing on the nutritional quality of pumpkin and its derivatives. *Food Research International*, 30(7), 603–610.

Yuan, T., Ye, F., Chen, T., Li, M., Zhao, G. (2022). Food hydrocolloids: Composition and properties of starches from different cultivars of pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Food Hydrocolloids*, 124, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107115>