UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIAS

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPESANTES Y VISCOSANTES DE TRES TIPOS DE ALMIDONES YUCA (*Manihot esculenta*), PAPA (*Solanum tuberosum*), ARROZ (*Oryza sativa*) UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA"

AUTOR

ÁNGEL EDUARDO MOINA LÓPEZ

ALEXANDRA NOEMI PUSAY LLAMUCA

DIRECTOR DE PROYECTO / TRABAJO

ANA LUCÍA CHAFLA MOINA, PH. D

Puyo – Ecuador

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

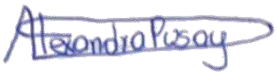
Quienes suscriben Ángel Eduardo Moina López con C.I 160073061-6 y Alexandra Noemi Pusay Llamuca con C.I 060368274-1, hacen constar que es autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: "ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPESANTES Y VISCOSANTES DE TRES TIPOS DE ALMIDONES YUCA (Manihot esculenta), PAPA (Solanum tuberosum), ARROZ (Oryza sativa) UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Ana Lucia Chafla Moina, PH. D. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 7 días del mes de julio del 2021



Ángel Eduardo Moina López

C.I: 160073061-6



Alexandra Noemi Pusay Llamuca

C.I: 060368274-1

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del Trabajo de Integración Curricular aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: “ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPESANTES Y VISCOSANTES DE TRES TIPOS DE ALMIDONES YUCA (Manihot esculenta), PAPA (Solanum tuberosum), ARROZ (Oryza sativa) UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”.

_____

MSc. Juan Elías González Rivera
Presidente del Tribunal

_____

MSc. Hiram Hernández Ramos
Miembro del tribunal

_____

MSc. Miguel Ángel Enríquez Estrella
Miembro del tribunal

Certificado No. 186-SAU-UEA-2021

Puyo, 20 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Ángel Eduardo Moina López, con C.I. 1600730616 y Alexandra Noemi Pusay Llamuca, con C.I. 0603682741, con el Tema: **"ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPESANTES Y VISCOSANTES DE TRES TIPOS DE ALMIDONES YUCA (Manihot esculenta), PAPA (Solanum tuberosum), ARROZ (Oryza sativa) UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.",** de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Directora de la investigación, Dra. C. Ana Lucia Chafla M., PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 8%, Informe generado con fecha 20 de julio de 2021 por parte de la directora conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR

©2021, Nombre del o los autores: Ángel Eduardo Moina López y Alexandra Noemi Pusay Llamuca.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Ángel Eduardo Moina López, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



ÁNGEL EDUARDO MOINA LÓPEZ

No. Cédula: 160073061-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Alexandra Noemi Pusay Llamuca, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



ALEXANDRA NOEMI PUSAY LLAMUCA

No. Cédula: 060368274-1

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a Dios por darme la sabiduría y fuerzas necesarias para cumplir con éxito el presente trabajo tan anhelado.

A mis padres y hermanos por su humildad, enseñanzas, comprensión y apoyo sin condiciones ni medidas.

También me gustaría agradecer a mi Tutora Ana Lucia Chafla por su esfuerzo, dedicación y tiempo quien con sus conocimientos, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como persona, por cada uno de sus consejos en mi vida estudiantil la cual me ha servido para poder formarme como un profesional de éxito.

Un agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formar parte como estudiante y lograr obtener una profesión.

A mi compañera del proyecto de integración curricular Alexandra y amigos que formaron parte de mi vida, motivándome a seguir adelante y nuca decaer por más difícil que sea nuestra situación por sus consejos para lograr cumplir con mi sueño de ser profesional.

Ángel Eduardo Moina López

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Antonio Pusay e Irma Llamuca por su apoyo condicional por siempre motivarme a seguir adelante por creer y confiar en mi desde el inicio de mi carrera y hasta llegar a la meta a pesar de las dificultades, por su amor y cariño que siempre me brindaron.

A mis hermanas Jessica y Gabriela pro su apoyo en esta etapa de mi carrera que siempre estuvieron conmigo en todo momento de mi vida y a mi hermanito Luis el que siempre estaba en mi motivación para poder cumplir mi meta.

A mi tutora Ana Lucia Chafla por ser nuestro motor de apoyo y su increíble paciencia y por motivarnos y siempre nos brindó sus conocimientos y sus experiencias para concretar el trabajo de investigación curricular.

A la Universidad Estatal Amazónica por haberme dado la oportunidad de continuar mis estudios y a mis docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustria quienes me brindaron sus conocimientos y experiencia, contribuyeron con nuestra formación.

A nuestros amigos en especial a Lenin y Ángel por su amistad su tiempo e incondicional apoyo que siempre estuvieron en la etapa de mi carrera compartiendo en mis momentos de alegría, tristezas y triunfos de mis estudios universitarios.

A mías Abuelitas, tíos y primos quienes siempre estuvieron pendientes de mí en este camino de mi carrera universitaria.

Alexandra Noemi Pusay Llamuca

DEDICATORIA

Sin duda hoy se la dedico a Dios quien supo guiarme en la vida y ha sido la fuente de todo mi entendimiento, demostrándome que no hay imposibles para poder cumplir nuestras metas, me ha enseñado a no derrumbarme ante las adversidades a no perder la dignidad ni desfallecer en el intento de poder cumplir el sueño de mis padres de verme todo un profesional.

A mis padres Leónidas y Ángela quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo en los momentos más difíciles de nuestras vidas, me ayudaron con los recursos necesarios para lograr estudiar la Universidad han sido un ejemplo a seguir llenos de amor, respeto y sobre todo de entrega ya que siempre han buscado lo mejor para mí, inculcándome como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos David, Beatriz, Laura, Roció, Lourdes por estar siempre presentes, acompañándome con su apoyo incondicional, durante todo este proceso. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi amiga Evelyn, esa persona que estuvo apoyándome en cada decisión que tomara esa persona que tuvo paciencia y entrega conmigo, a esa persona le dedico y agradezco, por todos eso momentos de dicha y felicidad, sin duda hoy puedo decir con alegría lo logramos.

Ángel Eduardo Moina López

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular está dedicado a Dios por brindarme durante todo este tiempo sabiduría, conocimiento y salud.

A mis padres Antonio e Irma quienes me han brindado todo su amor y apoyo en cada etapa de mi vida, inculcándome valores para seguir siempre por el camino correcto, para culminar mi carrera universitaria.

A mis hermanas Jessica y Gabriela por el apoyo incondicional que siempre estaban en todo momento apoyándome en la buenas y en las malas para no rendirme en las etapas de mi carrera. A mi hermano Luis por apoyarme y ser el pilar fundamental en mi vida.

Alexandra Noemi Pusay Llamuca

RESUMEN

Se realizó la revisión bibliográfica de las características espesantes y viscosantes de tres tipos de almidones yuca (Manihot esculenta), papa (Solanum tuberosum), arroz (Oryza sativa) utilizados en la industria alimenticia. La metodología empleada se realizó en base a la revisión de diferentes libros, páginas web confiables y artículos científicos con el propósito de recopilar los antecedentes para profundizar el tema. La investigación permitió verificar la utilización del almidón como aditivo espesante para mejorar la textura de los alimentos, determinándose que el 37% se utiliza en productos cárnicos, y con el 32% de fuentes en estudio fue el almidón de papa. El análisis de las propiedades funcionales permitió conocer que el almidón de papa presentó las mejores características funcionales en tamaño del gránulo de 28,7 ±14,0 µm, seguido por el almidón de yuca con 10,6 ±5,4 µm y arroz con 6,4+-2,1 µm, respecto al contenido de amilosa los valores promedios determinados fueron de 32 ± 11,1%, para el almidón de papa, 24,8 ± 3,2% para el almidón de arroz y el 23,3 ± 4,1% para el almidón de yuca, lo que demostró que el almidón de papa es conocido por proporcionar alta viscosidad relativa con un valor de 119 (RVU) y formar pastas y geles de buena consistencia con un índice de estabilidad de gel de 11,9 (RVU) además de presentar una alta claridad, propiedad ventajosa y deseada en aplicaciones alimentarias, sobre todo si se desea utilizar en la elaboración de sopas, pastas, postres, salsas y productos .

Palabras clave: almidón, propiedades funcionales, papa, yuca, gelificante

ABSTRACT

A bibliographic review of the thickening and viscosifying characteristics of three types of starches cassava (Manihot esculenta), potato (Solanum tuberosum), rice (Oryza sativa) used in the food industry was carried out, the methodology used was based on the review of different books, reliable web pages and scientific articles with the purpose of compiling the background to deepen the topic in. The research allowed verifying the use of starch as a thickening additive to improve the texture of foods, determining that 37% is used in meat products, and with 32% of sources under study was potato starch. The analysis of functional properties showed that potato starch presented the best functional characteristics in granule size of 28.7 ±14.0 µm, followed by cassava starch with 10.6 ±5.4 µm and rice with 6.4+-2.1 µm, regarding amylose content the average values determined were 32 ± 11.1%, for potato starch, 24.8 ± 3.2% for rice starch and 23.3 ± 4, 1% for cassava starch, which showed that potato starch is known to provide high relative viscosity with a value of 119 (RVU) and to form pastes and gels of good consistency with a gel stability index of 11.9 (RVU) in addition to presenting high clarity, an advantageous and desired property in food applications, especially if it is to be used in the preparation of soups, pastas, desserts, sauces and products.

Keywords: Starch, functional properties, potato, cassava, gelling agent

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN 1

1.1 Planteamiento del problema 3

1.2 Objetivos 3

1.2.1 Objetivo general: 3

1.2.2 Objetivos específicos: 3

1.3 Justificación 3

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5

2.1 Almidón. Definición y estructura 5

2.2 Propiedades Físicas y Funcionales del Almidón 6

2.3 Gelatinización 7

2.3.1 Gelificación 8

2.4 Producción del almidón y su rendimiento 9

2.5 Métodos de extracción del almidón 9

2.6 Aplicación del almidón en la industria alimenticia 9

2.7 Aplicación de almidón yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum)*, arroz (*Oryza sativa)* 10

2.8 Características organolépticas de los alimentos 11

2.9 Textura de los alimentos 12

CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 13

3.1 Tipo o Diseño de Investigación: 13

3.2 Métodos de Investigación: 13

3.2.1 Localización 13

3.2.2 Tipo de investigación 13

3.2.3 Esquema de trabajo 14

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 15

4.1 Revisión bibliográfica de los almidones de mayor utilización en la industria alimenticia.....15
4.2 Identificar las características funcionales de los almidones yuca, papa, y arroz. 18
4.2.1 Propiedades funcionales del almidón de arroz, papa y yuca 18
4.2.2 Tamaño del gránulo de almidón de arroz, papa y yuca 18
4.2.3 Temperatura de gelificación de almidón de arroz, papa y yuca 22
4.2.4 Retención de agua del almidón de arroz, papa y yuca.....25
4.2.5 Amilosa de almidón de arroz, papa y yuca.....28
4.2.6 Amilopectina de almidón de arroz, papa y yuca.....31
4.3 Evaluar las características espesantes y viscosantes de los almidones en estudio....34
4.3.*1* Características espesantes y viscosantes de los almidones de arroz, papa y yuca. 36
Conclusiones:.....38
Recomendaciones: 39
REFERENCIAS.....40
APENDICES Y/O ANEXOS 48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. *Forma, composición y propiedades de distintos gránulos de almidón.*.....7
Tabla 4-2 *Revisión bibliográfica de los almidones en la industria alimentaria* 15
Tabla 4-3 *Almidón como aditivo en la elaboración de productos*.....16
Tabla 4-4 *Fuente de almidón de mayo utilización en productos.*.....17
Tabla 4-5 *Propiedades funcionales del almidón de yuca papa y arroz.*.....35
Tabla 4-6 *La viscosidad máxima (RVU), índice de estabilidad de gel de los almidones de yuca papa y arroz.*.....36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 *Esquema de trabajo* 14
Figura 4-2: *Revisión bibliográfica de los almidones.* 15
Figura 4-3: *La utilización del almidón en la industria alimenticia.* 16
Figura 4-4: *Las aplicaciones de los productos.* 18
Figura 4-5 : *Tamaño del grano de almidón de arroz.* 19
Figura 4-6: *Tamaño del grano de almidón de papa.* 20
Figura 4-7: *Tamaño del grano de almidón de yuca.* 21
Figura 4-8: *Temperatura gelificación de almidón de arroz.* 22
Figura 4-9: *Temperatura gelificación de almidón de papa.* 23
Figura 4-10: *Temperatura gelificación de almidón de yuca* 24
Figura 4-11: *Retención de agua de almidón de arroz.* 26
Figura 4-12: *Retención de agua de almidón de papa.* 27
Figura 4-13: *Retención de agua de almidón de yuca.* 28
Figura 4-14: *Amilosa de almidón de yuca.* 29
Figura 4-15: *Amilosa de almidón de papa.* 30
Figura 4-16: *Amilosa de almidón de yuca.* 31
Figura 4-17: *Amilopectina de almidón de arroz.* 32
Figura 4-18: *Amilopectina de almidón de papa.* 33
Figura 4-19:*Amilopectina de almidón de yuca.* 34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.....48

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Para la industria de alimentos siempre será un gran reto la búsqueda de alternativas viables que le permitan obtener mayor crecimiento y rentabilidad, es por eso que la innovación en la industria alimentaria pretende ser una solución a la problemática del sector ya que su aplicación puede adaptarse tanto en el propio producto como en el proceso de fabricación. En cualquier caso, el fin de innovar será: poder ofrecer productos de calidad al consumidor y lograr una mayor diferenciación frente a la competencia (Valenzuela, A., & Valenzuela, R. 2015).

Los procesos de innovación en los alimentos se hacen evidentes en los atributos organolépticos, en mayor parte la textura, por ello, alcanzar una textura correcta juega un rol de enorme importancia en la selección y preferencia de los alimentos, y además es reconocida como el mayor atributo de su calidad, por encima de la apariencia, el sabor, el olor y la composición nutricional (Osorio *et al.* 2004).

La industria de alimentos emplea una gran variedad de aditivos como agentes de textura, la mayoría de ellos bastante tradicionales, estos aditivos también se han utilizado en funciones importantes de recomposición de textura y la estructura de los productos con reducción de azúcar, grasa y sodio. Además, son aditivos importantes para componer el perfil sensorial de los productos (Carduza *et al.* 2016).

Dentro de los aditivos alimentarios, los espesantes son utilizados en una amplia variedad de productos, en su mayoría se incorporan a los alimentos fluidos para incrementar la viscosidad, pueden actuar como estabilizantes de un alimento, es decir, como conservadores de la estructura del alimento, evitan que los alimentos se separen en distintas capas o fases y favorecen la formación de una emulsión (Mendoza & Tapia, 2018).

El almidón es muy utilizado en la industria alimentaria como aditivo espesante para algunos alimentos, su codificación es E406, este polisacárido contribuye en gran parte a las propiedades de textura de muchos alimentos, ya que actúa entre otras cosas como espesante y agente gelificante, proporciona propiedades funcionales como mayor claridad del gel , firmeza y elasticidad, alta estabilidad a la refrigeración y congelación y su potencial utilización en diferentes productos como: productos de confitería,

agentes espesantes y estabilizantes en sistemas alimenticios que necesiten ser refrigerados y congelados (Blair, 2012).

A la hora de elegir un almidón hay que considerar las propiedades funcionales como la resistencia al corte, la gelatinización, las texturas, solubilidad, pegajosidad, estabilidad del gel, inhabilidad por frío, entre otras. La mayor parte de las empresas comerciales estudian las características de los almidones competitivos en aplicaciones específicas (Hernández *et al.* 2008).

La obtención del almidón va desde extracciones artesanales hasta procesos tecnológicos, este aditivo natural se obtiene de granos de cereal, semillas, legumbres y tubérculos, siendo importante conocer su concentración en las diferentes materias primas para sugerir formas de aplicación. Sin embargo, precisar su contenido se torna difícil debido a factores como, diferentes estados de maduración del alimento, la gran cantidad de variedades naturales para cada especie, las pérdidas que ocurren durante la cocción y el almacenamiento (Goldring, 2004).

El Ecuador, importó al 2018 casi USD$ 3 millones en los distintos tipos de almidón para la industria, que se estima por sobre 2.200 TM de almidones, que por orden de importancia prima el de Maíz, el de Trigo, Yuca, Papa, la Inulina (tipo especial de almidón) y otros tipos de almidón como el arroz (BCE, 2019), los mismos que se utilizan como alimento para personas o animales después de un proceso mínimo, mientras que el resto es destinado a transformaciones industriales como aditivo (Vega y Bontoux, 2000).

A fin de aprovechar al máximo la utilización de este importante aditivo natural que se emplea en la industria alimenticia, la presente investigación tuvo como objetivo estudiar y comparar las características espesantes y viscosantes de tres tipos de almidones: yuca, papa y arroz, de esta manera se amplió la información sobre una correcta selección del mejor tipo de almidón, el mismo que proporciono mayores rendimientos, mejor textura y mayor aceptabilidad del producto alimenticio, lo que también impacto en potenciar la producción de la materia prima para una posterior industrialización y comercialización.

1.1 Planteamiento del problema

El problema se genera de una revisión bibliográfica sobre la utilización de los almidones en varios tipos de productos alimenticios como: cárnicos, bebidas, postres y en salsas.

Los almidones a pesar de estar constituidos estructuralmente por unidades glucosídicas, se diferencian en sus características físicas como el tamaño del gránulo, apariencia microscópica, hidratación, así como también por su composición química, principalmente en el contenido de amilosa y amilopectina, siendo la amilopectina la que proporciona características espesantes a los almidones y es de gran interés en el campo alimenticio.

Por tal razón la presente investigación se enfoca en la búsqueda de tres tipos de almidones que se utilizan como ingredientes para mejorar la textura de los alimentos, gracias a sus propiedades espesantes y viscosantes, de esta manera contribuir con el sector alimenticio en la elección del mejor tipo de almidón.

¿Qué almidón presenta la mayor característica espesante y viscosante para ofrecer un mejor rendimiento en textura y aceptabilidad en el producto alimenticio?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Estudiar las características espesantes y viscosantes de tres tipos de almidones yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum),* arroz (*Oryza sativa)* utilizados en la industria alimenticia.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica de los almidones de mayor utilización en la industria alimenticia.
- Identificar las características funcionales de los almidones yuca, papa y arroz.
- Evaluar las características espesantes y viscosantes de los almidones en estudio.

1.3 Justificación

En la actualidad los diversos tipos de espesantes más usados en diferentes productos agroindustriales por su constante cambio, como ocurre en la elaboración de productos cárnicos, lácteos, frutas y hortalizas que a menudo se adicionan con el propósito de resaltar las características organolépticas.

En la industria alimenticia existe una gran tendencia por la utilización de espesantes químicos como: caseinato de sodio, Alginato de Propilenglicol, Alginato sódico, goma xantana y otros agentes espesantes utilizados en helados, caramelos, quesos, yogurt, etc.

Sin embargo, la mayoría de los consumidores consideran que es muy importante que los productos sean naturales, aquellos libres de aditivos alimentarios sintéticos y conservantes; y que además sean saludables y ecológicos.

Dentro del grupo de aditivos más utilizados en la industria se encuentran los espesantes y viscosantes de origen natural como el almidón. Al ser abundante y accesible, el almidón representa una excelente materia prima para brindar textura y consistencia a los alimentos, sin aumentar su valor calórico.

Es necesario resaltar la importancia que asumió la investigación dentro del sector alimentario ya que gracias a la información se pretende compilar el mejor tipo de almidón que nos permitas determinar características de textura y sus propiedades espesantes y viscosantes.

La materia prima con mayor rendimiento y mejores propiedades funcionales en la obtención del almidón, se considera como un cultivo estratégico para el desarrollo de numerosas industrias, fortaleciendo al sector agroalimentario e industrial del país.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Almidón. Definición y estructura

Los almidones son las reservas energéticas de las plantas superiores y químicamente está constituido por unidades de glucosa. Está organizado en partículas discretas conocidas genéricamente con el nombre de gránulos. El tamaño y la morfología de los gránulos de almidón varían dependiendo de la fuente vegetal. Se pueden extraer a partir de varias fuentes comerciales, tales como cereales (maíz, trigo, arroz, avena, sorgo), tubérculos (patata), raíces (yuca, ñame) y las legumbres (garbanzos, soja, lentejas, frijoles) (Peroni, 2003; Huang, 2006).

De las calorías consumidas por los humanos, cerca del 70 al 80% provienen del almidón. Es la principal fuente de almacenamiento de energía en los vegetales, ya que se encuentra en grandes cantidades en las diversas variedades de plantas, como, por ejemplo, en los granos de cereales, los cuales contienen entre 60 y 75% de su peso seco de almidón, así como también, puede encontrarse en tubérculos, semillas de leguminosas y en algunas frutas y su concentración varía con el estado de madurez de los mismos (Thomas; Atwell, 1999).

Estructuralmente, el almidón consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Knutzon; Grove, 1994). Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Guan; Hanna, 2004).

Whistler, (1994) menciona que “El almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables.

2.2 Propiedades Físicas y Funcionales del Almidón

Los almidones nativos de las diferentes especies de vegetales tienen como característica fundamental que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales estarán influenciadas por sus estructuras granular y molecular (Wang; White, 1994a). Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles (Wang; White, 1994b).

Los gránulos de almidón se encuentran en un sistema polimérico semicristalino, donde la cristalinidad varía de 15 a 45% y es atribuida a las cadenas cortas lineales de la amilopectina, que forman dobles hélices organizadas en una estructura cristalina tridimensional (Zobel, 1988; Eerlingen; Delcour, 1995). Durante el proceso de gelatinización, el orden molecular dentro de los gránulos es destruido gradual e irreversiblemente, por esto la temperatura de gelatinización es característica para cada tipo de almidón y depende fundamentalmente de la transición vítrea de la fracción amorfa del almidón (Eerlingen; Delcour, 1995).

La utilización de almidón como componente se caracteriza por sus propiedades de acción con el agua, basadas tanto en el espesamiento y la gelificación, debido a la estructura de los gránulos, la amilopectina se une mediante enlaces de hidrógeno en las cuales las cadenas de amilosa y los gránulos de almidón se reflejan prácticamente insolubles en agua fría por lo que el calentamiento continuo hace perder birrefringencia a los gránulos, porque se hidratan (hasta un 40% de su peso) lo cual aumenta 30 veces su volumen. Mientras tanto la acción del calor nos proporciona energía necesaria donde ayudan a romper los débiles enlaces que existente entre las micelas cristalinas, permitiendo la solubilidad de la amilosa y que pueda incrementar su viscosidad (Talero, 2020).

El almidón está organizado en partículas discretas conocidas como gránulos cuya morfología, composición química y estructura o arreglo relativo de las macromoléculas en el estado sólido son característicos de cada especie (Tabla 2-1).

Tabla 2-1.

Forma, composición y propiedades de distintos gránulos de almidón.

Fuentes	Forma [a]	Diámetro (um)	Cristalinidad (%)	Temp. de gelificación (ºC)	Hinchamiento A 95 ºC	Amilosa		Amilopectina	
						Proporción (%)	DP_n	K_f [d]	DP^e_n
Cereales									
Trigo	I.p	2-38	36	53-65	21	26-31	2100	0.21	19-20
Centeno	I	12-40		57-70		28		0.74	26
Cebada	I	2-5		56-62		22-29	1850		26
Maíz	p	5-25	20-25	62-70	24	28	940	0.91	25-26
1.Amilaceo			39	67-87		52-80	1300	0.11	23
2. Céreo	p			63-72	64	0-1			20-22
Centeno		5-15		56-62		27	1300		20
Arroz	p	3-8	38	61-78	19	14-32		0.59	
1. Céreo				55-65	56	1			
Mijo	P. e	4-12		69-75[g]	22[g]				
Sorgo	P. e	4-24		69-75[g]	22[g]	21-34			
1. Céreo				68-74	49				
Leguminosas									
Judías (horsebean)	E.h	17-31		64-67		32-34	1800	1.03	23
Guisante (liso)	R(s)	5-10		57-70[h]		33-35	1300	1.66	26
Guisante(rugoso)	R(c)	30-40		57-70[h]		63-75	1100	0.91	27
Raíces y tubérculos									
Patata	E	15-100	25	58-66		23	3200	0.58	24
Mandoca	Semi e. e	5-35	38[f]	52-64		17		1.06	

Fuente: Según Belitz, 1992.
Realizado por: los autores.

[a]l: forma de lenteja; p: poliédrico; e: esférico; h: forma de huevo; s: sencillo; c: compuestos. º Peso del almidón hinchado referido a su peso seco; se ha perdida de los polisacáridos solubles. º Referido a la suma de amilosa y amilopectina, º mg yodo/100mLde almidón. º Grados de polimerización medio determinado por degradación de las ramificaciones con pululanasa o isoamilasa [f] Tapioca. º Sorgo. [h] Guisante. DP_n: Grado de polimerización promedio en número. K_f: constante de fijación de yodo.

2.3 Gelatinización

Bemiller y Whistler (2009) describen a la gelatinización como el colapso del orden molecular del gránulo de almidón, que se manifiesta en cambios irreversibles en las propiedades tales como hinchazón granular, fusión de los gránulos cristalinos (originando gránulos amorfos), pérdida de birrefringencia y solubilización del almidón.

La gelatinización en una escala macroscópica produce un engrosamiento y pérdida de opacidad (se debe tener en cuenta que la gelatinización es muy diferente de

la formación de gel (gelificación), en donde se crea un semisólido con estructura tridimensional a partir de un líquido y sólido, la cual puede ir acompañada por el aumento de turbidez (Bemiller y Whistler, 2009).

El colapso del orden molecular se produce cuando la temperatura del almidón inmerso en agua llega entre 60 y 70°C, donde los gránulos insolubles se ven afectados por la energía suministrada, lo que origina la pérdida de la organización molecular y en consecuencia la pérdida de su cristalinidad. En este proceso se da un aumento de la solubilización de almidón y la viscosidad, que son resultados de un cambio irreversible tal como la interrupción de la estructura granular y semicristalina, lo que es observado como la pérdida de la birrefringencia (Bertolini, 2010).

El proceso de gelatinización puede estar influenciada por diversos factores (tiempo, temperatura, humedad, almacenamiento y/o preparación del material), por ello se utilizan diferentes técnicas para su investigación como: punto final de birrefringencia, viscosidad, difracción de rayos-x, valoración azul del complejo amilosa/yodo, digestibilidad enzimática, resonancia magnética nuclear, calorimetría diferencial de barrido (DSC), entre otras (Biliaderis *et al*, 1980; Calceta y Suarez, 2001; Fukuoka *et al.,* 2001; Jacobs y Delcour, 1998; Ojeda *et al.,* 2000 citados por Tovar, 2008).

2.3.1 Gelificación

Es la disolución del almidón propiamente dicha, la cual engloba el resultado de varios procesos: hinchamiento del gránulo, exudación de componentes moleculares de los gránulos (principalmente amilosa) y la desintegración del gránulo (Bemiller y Whistler, 2009; Espinosa, 2008). Durante el hinchamiento de los gránulos, los puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón se disocian y son reemplazados con puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, lo cual incrementa la viscosidad.

La amilosa es el principal componente que lixivia el gránulo y la concentración de amilopectina solubilizada se va incrementando conforme la temperatura aumenta. En general, las propiedades de formación de pasta del almidón son afectadas por la concentración de almidón, velocidad de calentamiento y esfuerzo de corte aplicado, contenido de amilosa del almidón, estructura molecular de la amilopectina, tamaño del gránulo y contenido de componentes minoritarios (Srichuwong y Jane, 2007 citados por Espinoza, 2008).

La amilopectina es la principal responsable del hinchamiento y viscosidad de la pasta de almidón (Tester y Morrison, 1990 citados por Espinosa, 2008). Una vez logrado el máximo hinchamiento en los gránulos de almidón, algunos se rompen por la fase de enfriamiento se desnaturalizan, logrando que algunas moléculas de amilosa y amilopectina sean parte de la solución, esta nueva red se denomina gel (Bemiller y Whistler. 2009).

2.4 Producción del almidón y su rendimiento

En el Ecuador, durante el año 2011, se cosecharon 43 mil hectáreas de este cultivo, originando un volumen total de producción de 339 mil TM, con un rendimiento promedio de 7,8 TM/ha. Las mayores extensiones de cultivo corresponden a Carchi 107 mil TM, Cotopaxi 65 mil TM, Chimborazo 47 mil TM, Tungurahua 46 mil TM y pichincha 35 mil TM, siendo respectivamente el 31%,19%,14%,13,5%y 10% de la producción nacional.

Las proyecciones de la FAO para el 2005 indicaron que la producción de yuca aumentaría a casi 210 millones de toneladas y la tasa de crecimiento mundial sería de 2,2 por ciento. Este crecimiento no significa necesariamente un incremento en el comercio por lo que es necesario generar desde ya nuevos mercados con el desarrollo de productos innovadores y diferenciados, de mejor calidad y de mayor valor agregado, ampliando así la oferta de productos derivados de la yuca.

2.5 Métodos de extracción del almidón

El almidón se puede obtener de diversos métodos de extracción, ya que la materia prima es obtiene según el tipo de compuesto por el que estén formados, la obtención del almidón se realiza a partir de papa, yuca y arroz, también existen casos como la papa que presentan los gránulos de almidones libres en el interior de las células de tal forma que su extracción sea sumamente sencilla, en los cereales el almidón se encuentra en el endospermo en su matriz proteica y por ende su extracción es más complicada, por lo tanto se debe tomar en cuenta la extracción del almidón para obtener concentraciones como: proteínas, lípidos y minerales (Bonilla, 2019).

2.6 Aplicación del almidón en la industria alimenticia

Los almidones tienen una aplicación fundamental que se utilizan como materia prima importante o en forma de aditivos. Se emplean en diferentes tipos de alimentos

procesados como sopas, rellenos de fruta, salsas, productos a base de crema y productos congelados, sin embargo, cuando se congelan se forman cristales de hielo en su matriz alimentaria por tal razón causa un estrés físico a los productos al descongelarse y provoca el derretimiento de estos cristales de hielo que conducen al ablandamiento en la textura y pérdida de humedad afectando la calidad de los alimentos, cuyo proceso se denomina repercusión y se acelera por congelación y descongelación.

Debemos saber que el uso de almidón hoy en día es muy importante, debido a que se ha venido aplicando la elaboración de alimentos permitiéndose obtener diferentes propiedades tecnológicas como viscosidad, pegado, hinchamiento y la solubilidad se utiliza para la elaboración de alcohol, en la preparación de bebidas no alcohólicas y para dar pureza al alcohol etílico (Monica, 2016).

2.7 Aplicación de almidón yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum),* arroz (*Oryza sativa)*

Papa *(Solanum tuberosum)*

La aplicación de almidón de la papa se encuentra en varios alimentos industriales como en la producción de mermeladas, gelatinas y en confiterías; asimismo se pueden utilizar en productos como sopas, salsas y cremas, tenemos que tener en cuenta que los almidones con baja sinéresis son adecuados para su uso en sistemas alimentarios que pasan por procesos de refrigeración o congelación.

Yuca (*Manihot esculenta*)

El almidón de la yuca es muy utilizado en la industria alimentaria ya que se emplea en la elaboración de galletas, caramelos, agentes espesantes, bebidas fermentadas, jarabe de glucosa, fideos y macarrones, también en rellenos para carnes procesadas, espesante de sopas deshidratadas, condimentos, papillas y para la elaboración de harinas precocidas y mezclas instantáneas ya que estos alimentos procesados son muy consumidos por ser considerados como almidones naturales (M. Cobana, 2007).

Arroz *(Ortiga sativa)*

En la industria alimenticia el almidón de arroz tiene aplicaciones como revestimiento de azúcar especialmente en productos de confitería, elaboración de sopas y fideos, y como espesante los bajos contenidos de proteína hacen factibles a diversos usos en la preparación de jarabes glucosados, de la misma manera sus altas temperaturas de gelatinización, pueden utilizarse en productos que requieran altas temperaturas, como productos enlatados, alimentos para bebés, además los de mayor poder de hinchamiento requieren retener agua, como los productos cárnicos, embutidos, jaleas, etc. Y los de mayor claridad pueden aplicarse en productos de confitería por su firmeza y elasticidad, su alta estabilidad a la refrigeración y congelación de los almidones indican que podrían utilizarse como agentes espesantes y estabilizantes en sistemas alimenticios (Torres, 2015).

2.8 Características organolépticas de los alimentos

Aroma: esta característica es la más difícil de representar y viene dada por algunas sustancias anómalas presentes en el sustento. Por lo general o se obtienen a partir del procesamiento (mediante la adición de sustancias auxiliares, como olores falsos). En estas mezclas inestables, los elementos vegetales deben considerarse más lujosos, estos elementos también pueden ser el resultado auxiliar de reacciones enzimáticas, como la reacción de Maillard o la caramelización del azúcar.

Color: es una indicación de la respuesta integral que se produce después de ciertos procedimientos cálidos. Por ejemplo, la carne se vuelve negra cuando se cocina. Una gran cantidad de variedades de sombreado son típicas y no afectan la seguridad. Dependiendo de las condiciones externas, especialmente cuando está en contacto con el aire o la luz, la carne puede volverse de un rojo brillante a un tono más oscuro. En este caso, se ajustará la mioglobina y este tono le dará un tono oscuro típico. Cuando esto sucede, no quiere decir que nos hayamos dañado, sino que ya se ha producido la oxidación.

Sabor: distingue las papilas gustativas de la lengua identificando cinco sabores: corrosivo, picante, dulce, salado y umami (palabras japonesas). También puede analizar sabores instantáneos (por ejemplo, la corrosividad de los extractos de cítricos) y sabores moderados (por ejemplo, la acidez del ácido málico corrosivo) (existen en ciertos alimentos de suelo ácido, especialmente cuando no están listos) como uvas, manzanas o frutas).

Textura: es uno de los aspectos más destacados entre los alimentos y es fundamental para las frecuencias de los clientes. Esta propiedad puede usarse para evaluar estudios reológicos, que pueden enfocarse en verificar ángulos, como consistencia, espesor, dureza o firmeza. Durante el almacenamiento, algunos alimentos cambian su apariencia y superficie, por lo que la evaluación reológica se puede usar para predecir la seguridad del período de tiempo de uso real. Por ejemplo: el yogur helado que intenta evitar la formación de gemas, aunque no es peligroso para los compradores, puede ser motivo de despidos (Lagos, 2017).

2.9 Textura de los alimentos

La textura se puede considerar como una manifestación de las propiedades reológicas de los alimentos, principalmente está relacionada con la suavidad, el color y la apariencia visual son atributos importantes para recibir los alimentos. Por lo tanto, la evaluación de estas características es una forma de asegurar que los consumidores estén en términos de expectativas sensoriales, especialmente en panes, pasteles, tortas y bizcochos. Es importante porque afectan el procesamiento y la manipulación, los hábitos alimentarios, la vida útil y la aceptación de los alimentos por parte del consumidor (Atzingen, 2005).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo o Diseño de Investigación:

Para el desarrollo del presente trabajo de integración se realizó una investigación de carácter descriptivo, con un enfoque teórico, mediante la selección y recopilación de información relevante de diversos artículos científicos, libros, tesis, revistas científicas y Google académico a fin de recabar antecedentes en las características de gran interés sobre el objeto de estudio.

El presente trabajo no se realizó de manera experimental ya que por las condiciones sanitarias que está atravesando el país y el mundo hace que todos los trabajos de integración se realicen de manera bibliográficas, para así evitar que los estudiantes sean expuestos. De tal manera solo se obtienen información de los documentos obtenidos mediante internet.

3.2 Métodos de Investigación:

3.2.1 Localización

El proyecto "Estudio de las características espesantes y viscosantes de tres tipos de almidones yuca (manihot esculenta), papa (solanum tuberosum), arroz (oryza sativa) utilizados en la industria alimenticia" se desarrollará mediante reuniones vía online desde la comodidad de nuestros hogares.

3.2.2 Tipo de investigación

Para la obtención de la información se realizó la búsqueda en la literatura especializada relacionada a la interpretación y análisis del objeto de estudio mediante selección bibliográfica utilizando distintas plataformas de portales electrónicos como: Scielo, Google académico, documentos científicos, libros y tesis de estado de arte referente a las características del almidón y su empleo en la industria alimenticia. Posteriormente se realizó la selección de la información para el análisis y discusión de los resultados obtenidos por los diferentes autores, se emitió un criterio basado en fundamentos científicos para la selección del almidón que presentaron mejores propiedades viscosantes y espesantes a fin de sugerir su empleo en la industria de alimentos.

Se investigó en diferentes libros, tesis, artículos científicos a través de lluvias de ideas, comparando las ideas de los autores para así concretar un resumen específico mediante el método analítico y la técnica exploratoria de esta manera se permitió conocer el problema de la investigación y se elaboró el trabajo.

En la figura 3-1 se observa los pasos del esquema de trabajo realizado.

3.2.3 Esquema de trabajo

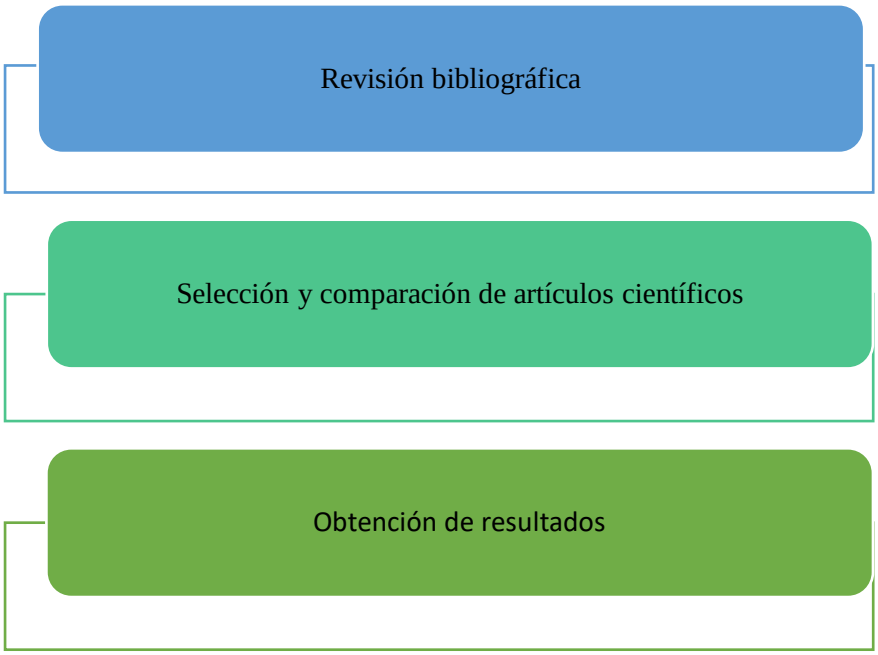


Figura 3-1 *Esquema de trabajo*
Fuente: Realizado por los autores.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Revisión bibliográfica de los almidones de mayor utilización en la industria alimenticia.

Se realizó una revisión bibliográfica de los almidones de mayor utilización en la industria alimenticia. En la tabla 4-2 se observa la distribución de las 79 fuentes bibliográficas consultadas.

Tabla 4-2

Revisión bibliográfica de los almidones en la industria alimentaria.

Fuentes bibliográficas	**# Artículos revisados**
Revistas Indexadas	41
Repositorio	15
Tesis	6
Libros	3
Artículos Científicos	14
Total	**79**

Realizado por: los autores.

En la figura 4-2 se observa la distribución de las 79 fuentes bibliográficas consultadas de diferentes bases de datos.

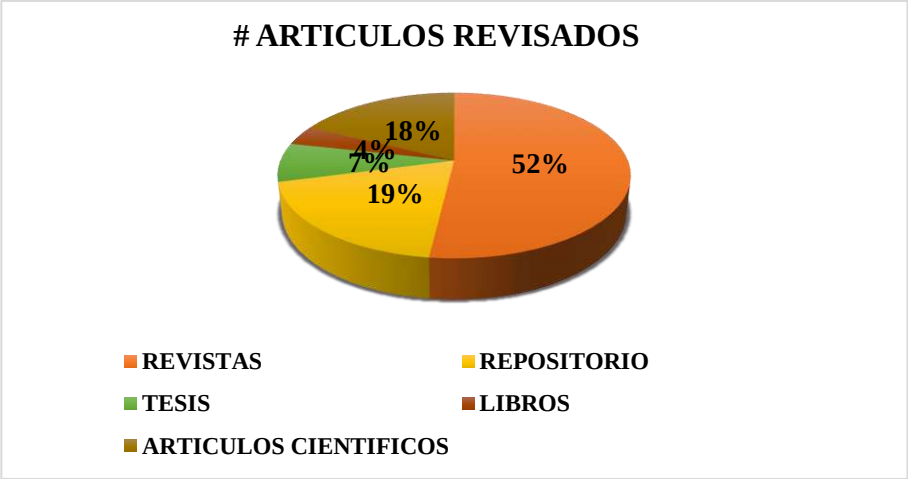


Figura 4-2: *Número de artículos revisados.*
Fuente: Realizado por los autores.

De la investigación realizada se consideró la búsqueda en revistas, repositorio, tesis, libros y artículos científicos de los cuales el 52% correspondió a revistas

indexadas, el 19% de la consulta fue de repositorios, el 18% a artículos científicos, el 7% a tesis y el 4% correspondió a libros de publicación en el área de alimentos.

En la tabla 4-3 se muestra los resultados obtenidos a partir de las fuentes bibliográficas consultadas, referente a la utilización del almidón como aditivo para mejorar la textura en los alimentos.

Tabla 4-3

Almidón como aditivo en la elaboración de productos alimenticios.

Productos	**# Artículos Revisados**
Pastas	4
Salsas	4
Cárnicos	8
Postres	6
Total	**22**

Realizado por: los autores.

En la Figura 4-3, se observa la distribución porcentual de la utilización del almidón como aditivo importante para mejorar la textura en alimentos evidenciándose que el 37% corresponde a la utilización del almidón en productos cárnicos, dentro de este grupo se encuentran las salchichas, chorizo, carne vegetal y mortadelas. Los estudios determinaron diferentes niveles de adición de almidón del 3% al 100% mejorando la textura como lo menciona (García-Reyes Parra, M.2015) (Torres-Rapelo, A. L.2014).

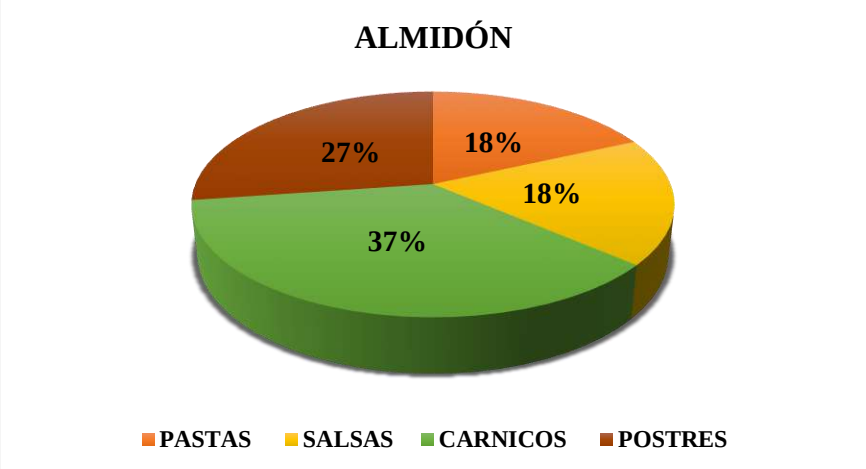


Figura 4-3: *La utilización del almidón en la industria alimenticia.*
Fuente: Realizado por los autores.

El 27% corresponde a la utilización del almidón en postres dentro de este grupo se encuentra los helado, queso, galletas y panadería. Se estudió los niveles de adición desde 7.44% al 70 % con el fin de mejorar la textura y aumentar la viscosidad, ya que absorbe grandes cantidades de agua de acuerdo con los investigadores (Pupo Argumedo, M. A. 2020). (Rodriguez Carbajo, P. 2015).

El 18% corresponde a la utilización del almidón en salsas, dentro de este grupo se encuentra los aderezos, salsa de ají, Salsa de kétchup y Salsas blancas donde se estudió los niveles de adición desde 0,5% hasta el 98% dentro del intervalo de las normativas legales, el factor de estudio en este caso fue el tiempo de gelificación y el grado de aceptabilidad en función de la textura, fluidez de llenado y sabor como lo menciona (Mashiant, J., & Gabriel, C. 2016). (Combat, J. C. M.,2020).

El 18% corresponde a la utilización del almidón en pastas donde se estudió los niveles de adición desde 3,79% al 30%, las investigaciones se orientaron a buscar diferencia significativa en el tiempo óptimo de cocción, pérdidas de peso y el porcentaje de hinchamiento de las pastas para mejorar la textura y reemplazar la materia prima (Casarrubias-Castillo, M. G., 2012). (Feijoo, J. L. C., Mora, 2018).

En la tabla 4-4 se evidencia un total de siete fuentes de almidon de mayor utilización como aditivo alimenticio recopiladas de las diferentes referencias bibliográficas.

Tabla 4-4

Fuente de almidón de mayor utilización en productos alimenticios.

Fuente Almidón	**#Articulos Revisados**
Banano	2
Yuca	4
Maíz	5
Arroz	1
Papa	7
Ñame	2
Malanga	1
Total	**22**

Realizado por: los autores.

Para conocer la fuente de almidón de mayor utilización en los diferentes productos alimenticios mencionados anteriormente se determinó los siguientes resultados que se muestran en la figura 4-4.

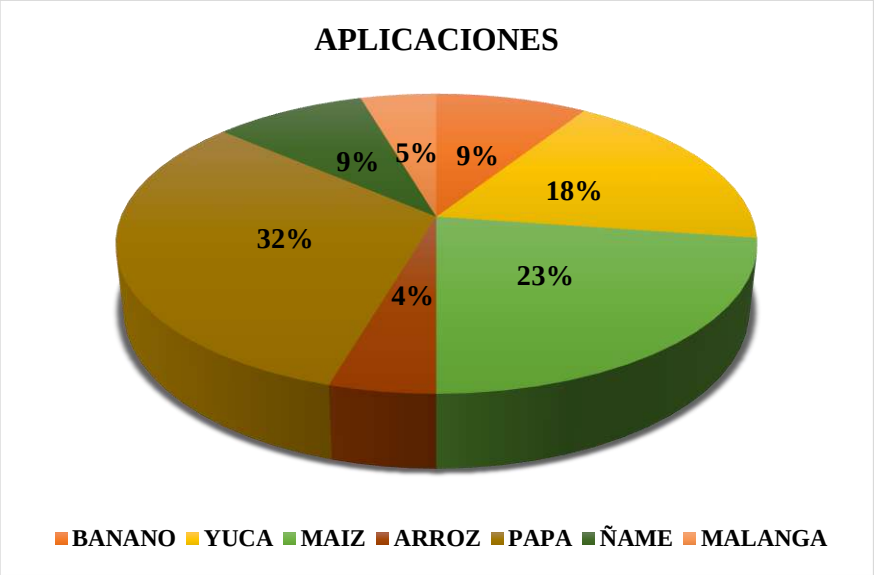


Figura 4-4: *Las aplicaciones de los productos.*
Fuente: Realizado por los autores.

Los datos obtenidos determinaron que el almidón de papa fue el de mayor utilización en los productos alimenticios con un 32% siendo considerado dentro de las referencias citadas como el de mayor fuente, seguido por el almidón de maíz con el 23%, yuca con el 18%, ñame y banano con el 9%, malanga con el 5% y el almidón de arroz con el 4%.

4.2 Identificar las características funcionales de los almidones yuca, papa, y arroz.

4.2.1 Propiedades funcionales del almidón de arroz, papa y yuca

Respecto a las propiedades funcionales que presentan los almidones en estudio, se ha identificado la importancia comercial por parte de las empresas alimentarias que se dedican a la búsqueda y estudio de las características de almidones competitivos en aplicaciones específicas, ya que no existe otro ingrediente natural que proporcione textura a una gran variedad de alimentos como sopas, cocidos, salsas, relleno para tartas o flanes, hasta su utilización en la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables (Zhao; Whistler, 1994).

4.2.2 Tamaño del gránulo de almidón de arroz, papa y yuca

Respecto a la granulometría del almidón, Kaur *et al*, (2002) manifiestan que el tamaño del gránulo es determinante en la textura, lo cual afecta la solubilidad y el poder

de hinchamiento granular debido a que las cadenas poliméricas quedan libres lo cual incrementa la formación de una única fase amorfa.

Aquino Cayro, F. J. (2018), en la caracterización fisicoquímica, reológica y tecnológica de almidón de dos variedades de arroz (oryza sativa) determinó que los gránulos de almidón mostraron en su gran mayoría formas poliédricas, con tamaños de 4,4 a 7,32 µm. Por su parte Rodríguez Torres, D. (2015) en su estudio del Potencial agroalimentario del almidón de arroz de tres variedades cultivadas en el departamento del Tolima obtuvo resultados para el tamaño del gránulo de almidón de 7,43, 7,23 y 9,43 µm. Del Juncal Guzmán, D. (2016) al emplear almidones modificados de arroz en microencapsulación de polifenoles para su incorporación en un yogur natural determinó la granulometría de los almidones en estudio tamaños de 3 a 6 µm.

Hoover (2001) manifiesta que la variación del tamaño de los gránulos de almidón varía desde 0,5 a 100 µm en dependencia de la especie. El valor promedio de los valores consultados fue de 6,4 µm con una desviación estándar de ± 2,41.

La importancia de la determinación del tamaño del gránulo de almidón, se debe a la relación que tiene con la solubilidad y la absorción de agua (Medina & Salas 2008), otra característica que relaciona el tamaño del grano es la digestibilidad, mientras más pequeños son los gránulos de almidón son más digestibles (G. Vargas; P. Martínez; C. Velezmoro, 2016).

En la figura 4-5 se observa la dispersión de los valores de referencia de la investigación realizada del grano de almidón de arroz.

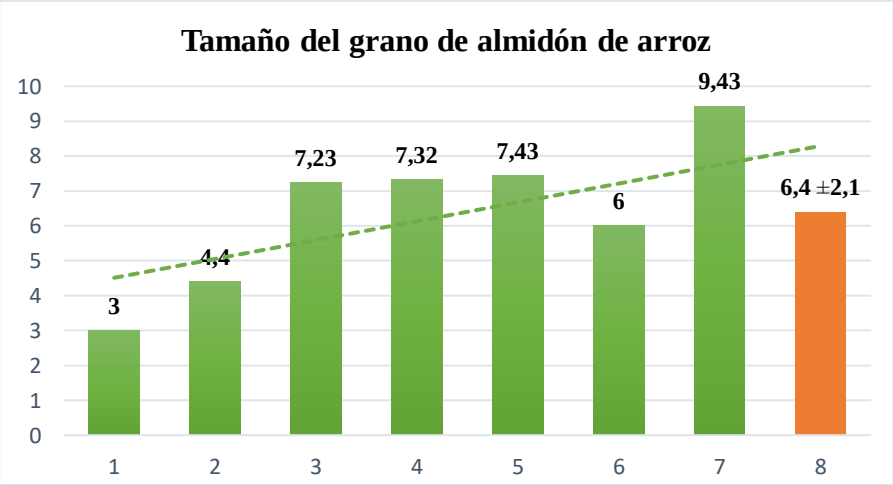


Figura 4-5: *Tamaño del grano de almidón de arroz.*
Fuente: Realizado por los autores.

Respecto al almidón de papa, Polanco, L. Z. (2014), menciona que la extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla el tamaño de los gránulos es de 20,05-35,09 µm. Alvis, A. (2008), en los análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas, obtuvo resultados para el tamaño del gránulo de almidón de 10,25 y 26,8 µm. Diaz Barrera, Y. (2015), determinó las propiedades físicas, químicas, tecno funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de papa nativa donde se determinó el tamaño de los gránulos de almidón que fue de 26,80-55,02 µm.

En la figura 4-6 se observa que en la determinación del almidón de papa existe mayor dispersión de los valores de referencia consultados.

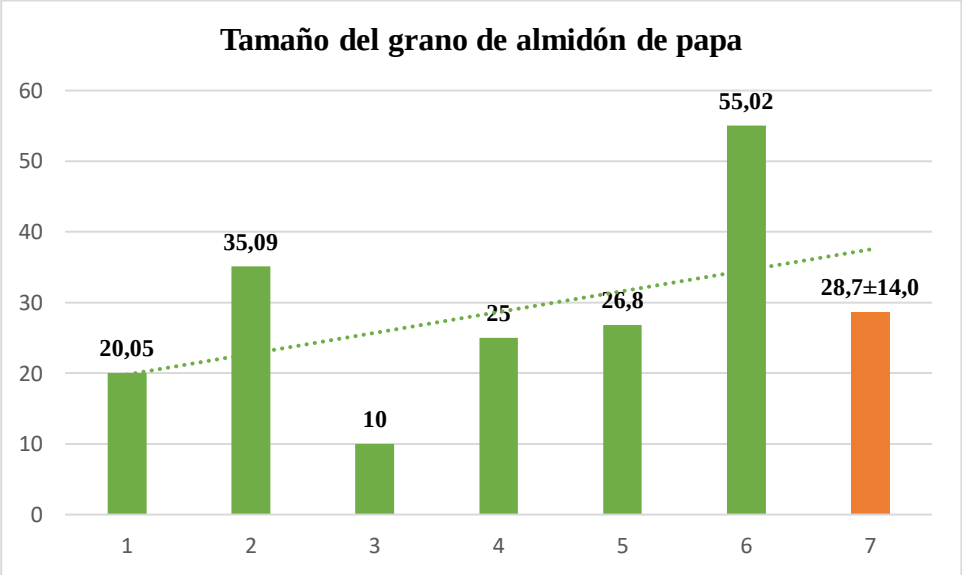


Figura 4-6: *Tamaño del grano de almidón de papa.*
Fuente: Realizado por los autores.

Liu et al., (2007) mencionan que su composición fisicoquímica tanto de la papa como del almidón cambia según las variedades cultivadas, zona de crecimiento, fertilización y el estado del ciclo de crecimiento de la planta. Singh y Kaur (2009), indican que, para el almidón de papa, el tamaño promedio del gránulo varía de 1 a 20 µm para los pequeños y de 20 a 110 µm para gránulos grandes. Esta variación en su estructura granular de almidones de diferentes cultivares es bastante alto en las papas si se compara con otras fuentes de almidón. Por lo general, los pequeños gránulos de almidón de papa son esféricos o de forma oval, pero los grandes son elipsoidales a

cúbicas o de forma irregular, debido a que la limitada disponibilidad de espacio en las células del tubérculo puede conducir una alteración en la forma del crecimiento del gránulo (Singh y Kaur, 2009). El valor promedio de los valores consultados fue de 28,7 µm con una desviación estándar de ± 14.

Para el almidón de yuca Hernández-Medina, M. (2008), indicó la caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, obteniendo resultados en el tamaño de los gránulos de almidones de 3-43 µm. Por otra parte, Antezana Mercado, C. (2019), en el estudio de la formulación de película de almidón de yuca con hidrocoloide de cushuro y su efecto en conservación del tomate, obteniendo resultados de la granulometría de los almidones de 6 y 17 µm. Vargas-Aguilar, P. (2013), por su parte menciona la extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, variedad ICA, como materia prima para la elaboración de películas comestibles donde se analizó y determinó la granulometría de los almidones en estudio tamaño de 4,35µm.

En la figura 4-7 se observa la dispersión de los valores de referencia de la investigación realizada del grano de almidón de yuca.

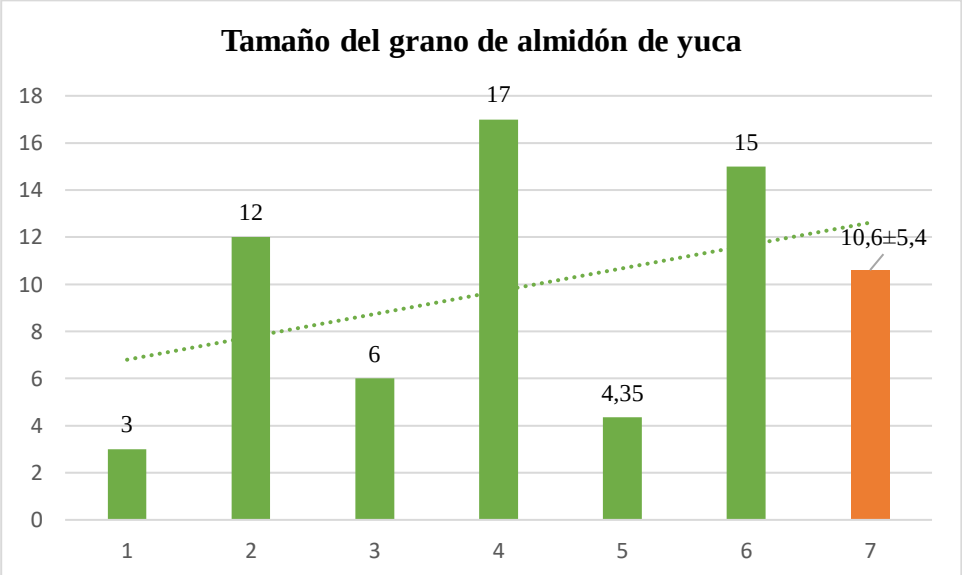


Figura 4-7: *Tamaño del grano de almidón de yuca.*
Fuente: Realizado por los autores.

Sívoli *et al,* (2012) mencionan la relevancia de la determinación del gránulo de almidón ya que de este dependerá la eficiencia como aditivo espesante, por tanto, la evaluación estructural del almidón de yuca predecirá propiedades funcionales específicas y de importancia para su aplicación lo que se concluye que el tamaño del

gránulo de almidón y su forma son propiedades muy importantes al momento de decidir qué tipo de almidón utilizar.

4.2.3 Temperatura de gelificación de almidón de arroz, papa y yuca

Con relación a la temperatura de gelatinización (Rached *et al.,* 2006) es una característica específica de cada almidón en particular y depende de diversos factores, tales como el tamaño de los gránulos, la relación amilosa/amilopectina y las fuerzas intra e intermoleculares, entre otras, la temperatura de gelatinización es un índice de ordenamiento intergranular y entre mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación de las moléculas en el interior del gránulo de almidón.

Aquino Cayro, F. J. (2018), indicó que para el almidón de arroz en sus dos variedades presentó temperaturas de gelatinización de, 82,33 – 87,67ºC. Rodríguez Torres, D. (2015), indica que las temperaturas del inicio de la gelatinización por discografía para las variedades F50, F60 y F473 fueron 66,93, 66,64 y 69,31°C. Por su parte Del Juncal Guzmán, D. (2016), menciona que los resultados obtenidos en este estudio, donde se muestra que el almidón nativo es menos cristalino por ende presenta valores de 50 a 70 °C de gelificación.

En la figura 4-8 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto a la temperatura de gelificación del almidón de arroz. El valor promedio de los valores consultados fue de 70,4 ºC con una desviación estándar de ± 2,3.

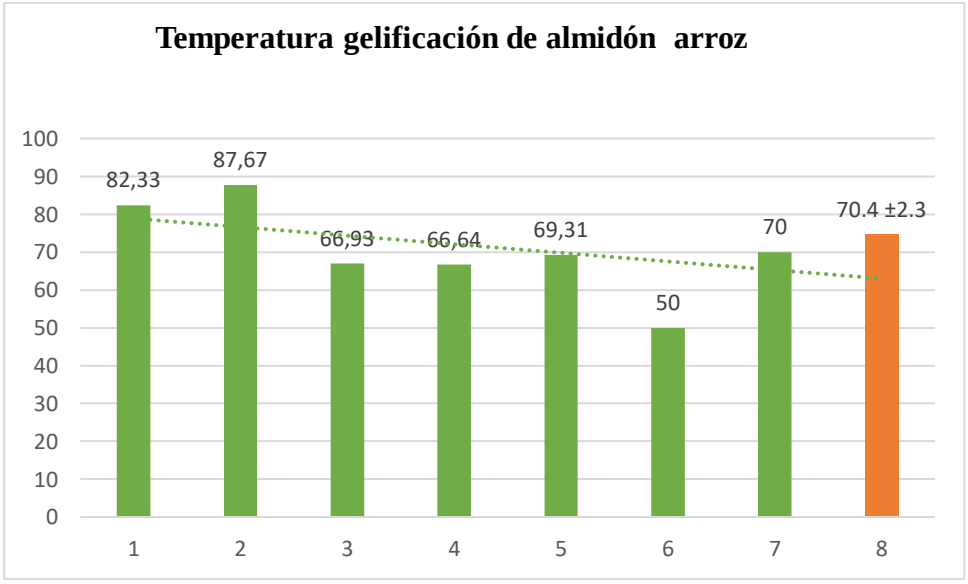


Figura 4-8: *Temperatura gelificación de almidón de arroz.*
Fuente: Realizado por los autores.

Según (Alvis *et. al* 2008) la temperatura de gelatinización en el almidón de arroz indica una estabilidad interna mayor en el gránulo de almidón, lo que se asocia con una menor presencia de amilosa y mayor presencia de regiones cristalinas dentro del gránulo que requieren menor temperatura de calentamiento.

Por su parte (Joly y Anderstein 2009) indican que los almidones pueden variar su temperatura de gelatinización según del cultivo que provengan. Una vez que los almidones alcanzan su temperatura de gelatinización el proceso es irreversible, además al dejar los almidones gelificados en un tiempo prolongado mantienen sus características. Un incremento en la presión o temperatura causa que el tiempo para gelatinización sea más rápido (Baks *et al.* 2007).

Respecto al almidón de papa, Polanco, L. Z. (2014), señaló que el análisis estadístico de la temperatura de gelatinización mostró diferencias significativas ($p<0,05$) entre los almidones de los Municipios y entre los clones promisorios con temperaturas de 62-74°C. Alvis, A. (2008), en el caso del almidón nativo de papa, esta temperatura de gelificación está en concordancia con los rangos reportados en la literatura para almidón nativo de papa de 66 ± 2°C. Diaz Barrera, Y. (2015), manifestó que las propiedades tecno-funcionales de temperatura de gelatinización tuvieron rango de 64,4 a 70,4 °C.

En la figura 4-9 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto a la temperatura de gelificación del almidón de papa. El valor promedio de los valores consultados fue de 67,1 ºC con una desviación estándar de ± 4,1.

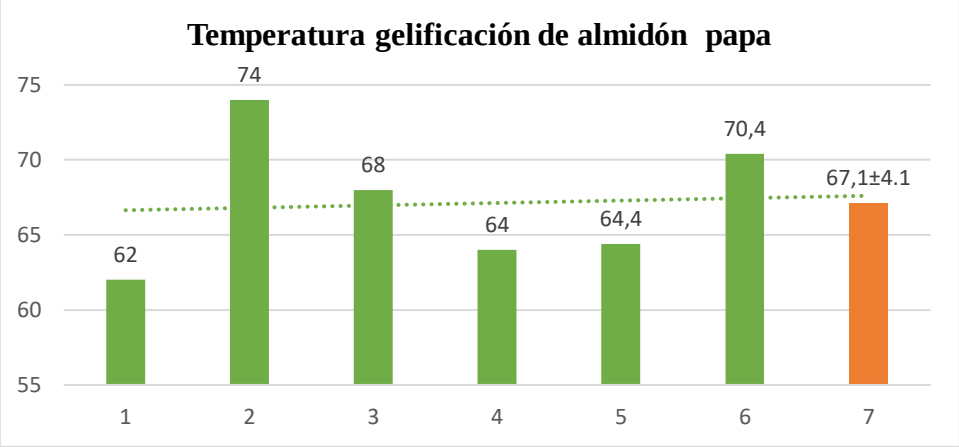


Figura 4-9: *Temperatura gelificación de almidón de papa.*
Fuente: Realizado por los autores.

Torres *et al.*, (2013) mencionan que la temperatura de gelatinización en raíces y tubérculos es menor que en cereales debido a que el gránulo de almidón absorbe rápidamente agua por el debilitamiento entre las fuerzas de atracción de las moléculas de amilosa y amilopectina, éste fenómeno relaciona con la concentración de amilosa y mayor presencia de regiones cristalinas dentro del gránulo lo que incide en la temperatura de calentamiento.

Los gránulos de almidón de papa al colocarlos en agua a temperaturas superiores de 60° C, sufre un proceso de hinchamiento, obteniendo una fracción soluble de amilosa en 15-30% y el resto de amilopectina, que es la fracción insoluble (Laguna, 1962).

Respecto al almidón de yuca, Hernández-Medina, M (2008), los valores encontrados para el almidón de yuca determinados en cinco variedades, encontraron valores de 54-78°C. Antezana Mercado, C. (2019), indicó que la temperatura de gelificación de almidón de yuca está en los rangos entre el 58,5-70.0°C. Vargas-Aguilar, P. (2013), constató que el almidón de yuca tiene una temperatura de gelatinización relativamente baja en comparación con otros almidones, la cual varía entre 62,5 – 63,2ºC.

En la figura 4-10 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto a la temperatura de gelificación del almidón de yuca. El valor promedio de los valores consultados fue de 64,4 ºC con una desviación estándar de ± 7,8.

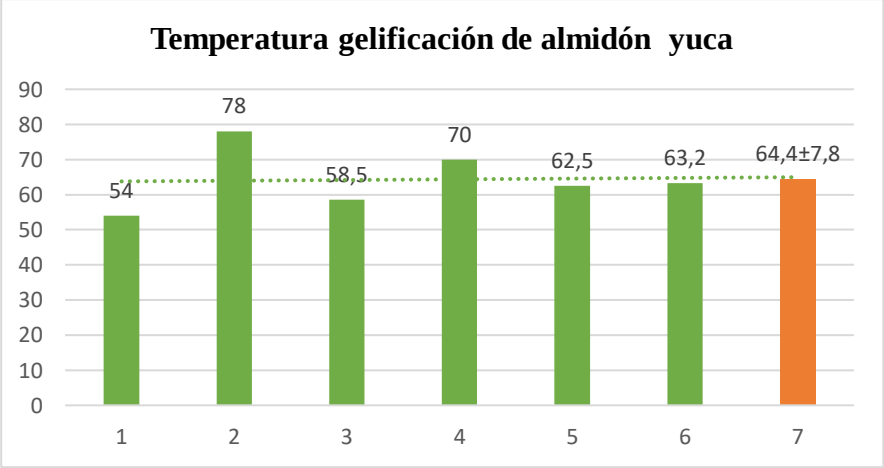


Figura 4-10: *Temperatura gelificación de almidón de yuca.*
Fuente: Realizado por los autores.

Los gránulos de almidón, aunque obtenidos de la misma especie, pero diferente variedad, tienen diferente relación amilosa/amilopectina y grado de cristalinidad, estas variaciones provocan que unos gránulos de almidón sean más resistentes a efectos de altas temperaturas que otros y lleguen a presentar una diferencia de hasta 10 °C para alcanzar la temperatura de gelificación (Acosta & Blanco, 2013).

4.2.4 Retención de agua del almidón de arroz, papa y yuca

Respecto a la retención de agua del almidón, (Bryant y Hamaker, 1997; Niba et al., 2001) manifiesta que, para determinar esta propiedad, se adicionó a un tubo de centrifuga 20mL de la dispersión de almidón al 1% (p/p), se agitaron y colocaron en baño de maría a 80°C durante 15 min, con agitación durante 5 y 10 minutos. Posteriormente, los tubos fueron centrifugados a 2300 rpm/15 min utilizando una centrifuga marca Wheaton, RMC, fueron pesados y la ganancia en peso fue utilizada para calcular la capacidad de retención de agua.

Aquino Cayro, F. J. (2018), indica que la variedad tinajones tratado con NaOH y Metabisulfito, presentaron mayor retención de agua de 5,43 – 8,63 g/g. Por otra parte, Rodríguez Torres, D. (2015), indico que el índice de absorción de agua, los almidones de las variedades F473, F50 y F60 presentaron diferencias significativas con valor de 7,58 a 9,61 g/g. Del Juncal Guzmán, D. (2016), comparo que para el almidón nativo de arroz y para los almidones modificados los valores obtenidos fueron de 2,4 g de g/g.

En la figura 4-11 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto a la retención de agua del almidón de arroz. El valor promedio de los valores consultados fue de 6,7 g de agua/g de almidón con una desviación estándar de ± 2,3.

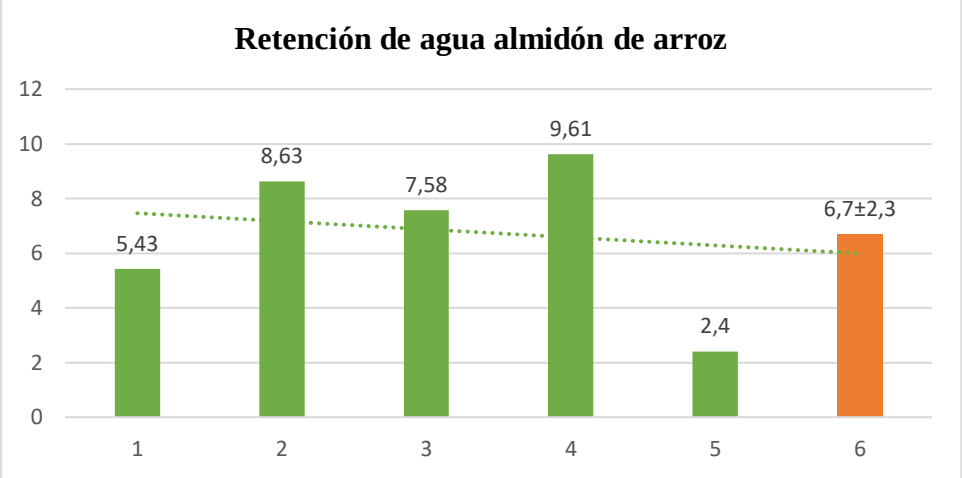


Figura 4-11: *Retención de agua de almidón de arroz.*
Fuente: Realizado por los autores.

Lazaridou *et al.* (2007) mencionan que la importancia de la determinación de retención de agua en el almidón de arroz radica en la naturaleza hidrófila del hidrocoloide, que conlleva a una mayor retención de agua y un aumento de la viscosidad del gel, produciendo una masa muy compacta y que al ser utilizado en el proceso de fabricación del pan presenta menor rendimiento ya que la masa crece muy poco en el proceso de leudado.

Respecto al almidón de papa, Polanco, L. Z. (2014), considero con mejor estabilidad aquellos almidones que presentaron menor retención de agua entre 5,83 ± 0,33g/g. Alvis, A. (2008), apreció una amplia diferencia significativa entre los almidones de ñame, yuca y papa, obteniendo un rango de detección de agua en los almidones de 2,97 ± 0,12g/g. Diaz Barrera, Y. (2015), alcanzo un índice de absorción de agua 6,33-10,278 g/g.

En la figura 4-12 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto a la retención de agua del almidón de papa. El valor promedio de los valores consultados fue de 4,8 g de agua/g de almidón con una desviación estándar de ± 2,5.

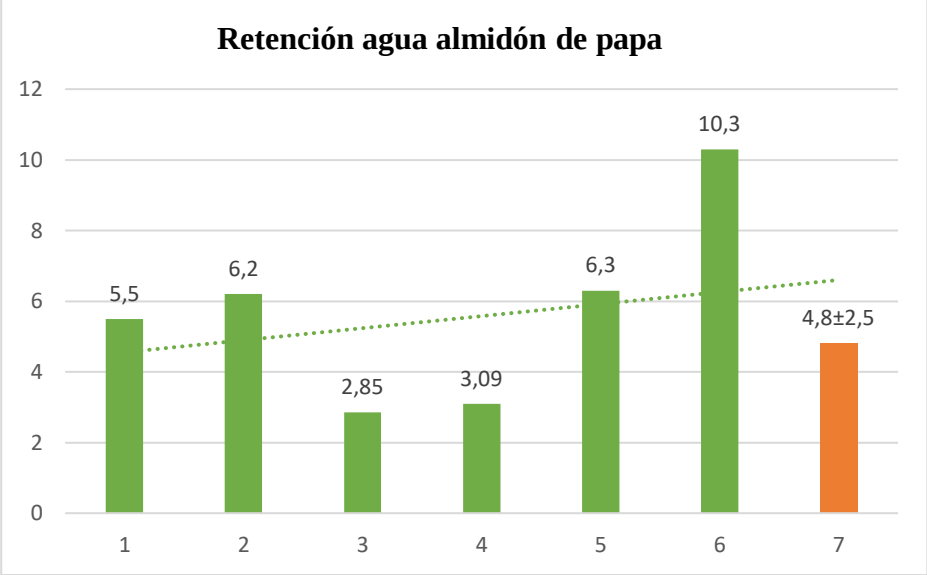


Figura 4-12: *Retención de agua de almidón de papa.*
Fuente: Realizado por los autores.

La CRA es un parámetro importante, ya que indica la capacidad que presenta el almidón para interactuar con el agua de solvatación y es una medida indirecta para determinar la consistencia de la dispersión formada (Crosbie, 1991). Los almidones que presentan mayor capacidad de retención de agua, proporcionan al gel mayor estabilidad y esto forma una pasta estable.

Respecto al almidón de yuca**,** Hernández-Medina, M. (2008), determinó que, el almidón de yuca fue el que presentó mayor capacidad de absorción de agua entre 27,18 g/g. Antezana Mercado, C. (2019), señaló que los resultados de porcentaje capacidad de retención de agua de las películas de almidón fueron 32,8g/g. Según Vargas-Aguilar, P. (2013), menciona que los resultados obtenidos del índice de absorción de agua se encuentran en los rangos de 10,9 g /g.

En la figura 4-13 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto a la retención de agua del almidón de yuca. El valor promedio de los valores consultados fue de 23,6 g de agua/g de almidón con una desviación estándar de ± 9,3.

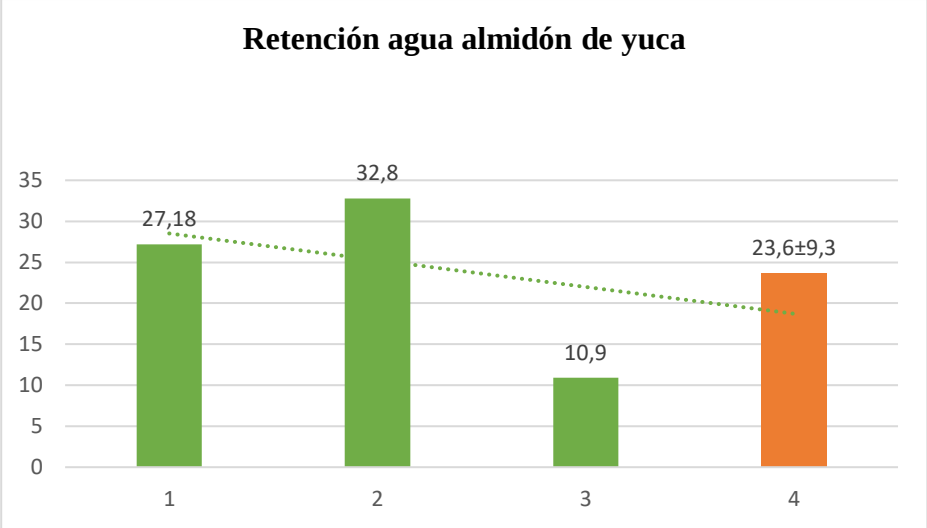


Figura 4-13: *Retención de agua de almidón de yuca.*
Fuente: Realizado por los autores.

El índice de retención de agua es una medida indirecta del grado de almidón gelatinizado por la cocción (Bressani y Estrada-Ligorria, 1994).

La capacidad de retención de agua depende de la especie botánica, encontrándose diferencias en las variedades de yuca, también se relaciona la variabilidad al daño que puede sufrir la estructura celular de una muestra, lo que aumenta la posibilidad de ausencia de vías para la entrada de agua, con espacios intercelulares menos definidos que restringen la difusión del agua (Hernández-Medina *et al.*, 2008).

4.2.5 Amilosa de almidón de arroz, papa y yuca

Con relación a la amilosa Según (Knutzon & Grove, 1994) mencionan que es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes en la molécula, no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal.

Aquino Cayro, F. J. (2018), observó que la variedad de almidón denominada Tinajones tuvo una mayor presencia de amilosa siendo más notorio con tratamiento de metabisulfito (27,80%) y el menor contenido para la variedad IR 43 tratada con NaOH (23,10%). Rodríguez Torres, D. (2015), determinó las propiedades para cinco variedades de arroz cuyo contenido de amilosa osciló entre de 21,40, 21,53 y 23,01%. Del Juncal Guzmán, D. (2016), determino que el almidón de arroz nativo obtuvo unidades de glucosa que constituye entre 25-30 %.

En la figura 4-14 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto al contenido de amilosa del almidón de arroz. El valor promedio de los valores de amilosa consultados fue de 24,8% con una desviación estándar de ± 3,2.

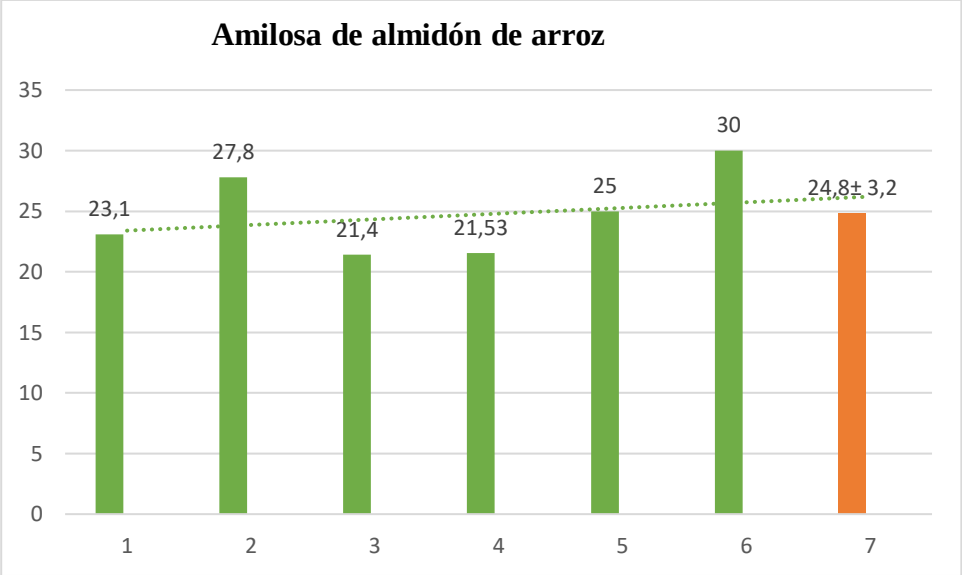


Figura 4-14: Amilosa de almidón de yuca**.**
Fuente: Realizado por los autores.

La determinación de amilosa es un parámetro muy importante porque influye en propiedades como la gelatinización, retrogradación, solubilidad y sobre todo en la textura (Xie *et al.*, 2009), por lo que la identificación del contenido de amilosa es un aspecto importante para la caracterización y uso de los distintos almidones (Jansen et al., 2011).

Respecto al almidón de papa, Polanco, L. Z. (2014), manifestó que los almidones nativos de los Municipios de Sibaté y de Granada presentan una alta desviación estándar, donde obtuvieron un amplio rango en los porcentajes de amilosa entre 14,05-49,0%. Alvis, A. (2008), observó que las características favorecen la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis el contenido de amilosa en almidón fue del 24,00 ± 0,00%. Diaz Barrera, Y. (2015), habla del contenido del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD, estuvo rangos de 32,687-40,267 %.

En la figura 4-15 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto al contenido de amilosa del almidón de papa. El valor promedio de los valores de amilosa consultados fue de 32% con una desviación estándar de ± 11,1.

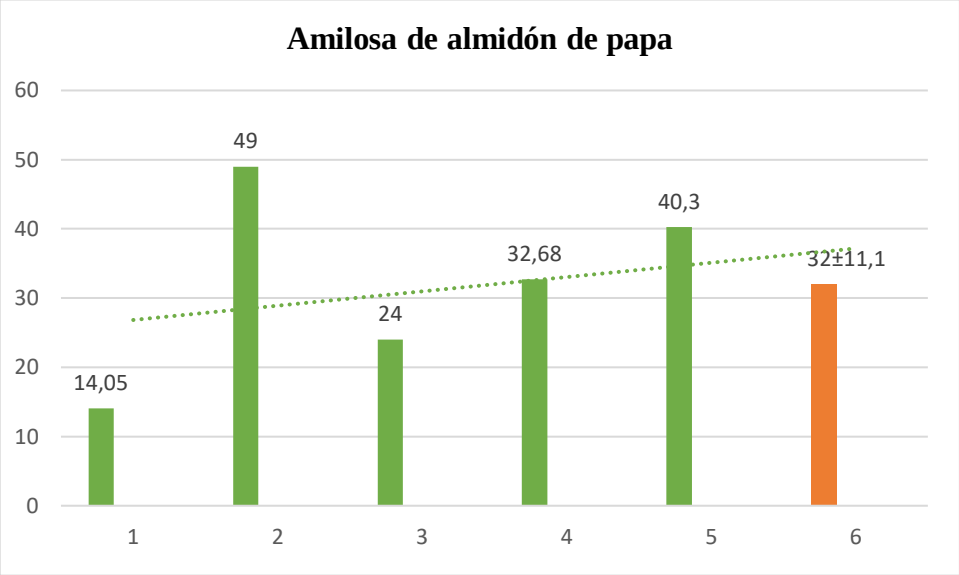


Figura 4-15: *Amilosa de almidón de papa.*
Fuente: Realizado por los autores.

El contenido de amilosa y su relación con amilopectina componentes mayoritarios del grano de almidón, proporcionan propiedades funcionales y reológicas. En los distintos cultivos amiláceos esta relación suele ser constante, sin embargo, su variación depende de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad (Aristizábal y Sánchez, 2007). El contenido de amilosa está asociado al proceso de gelificación que generan texturas gelatinosas que aumentan su rigidez dependiendo de la proporción amilosa/amilopectina (Taggart, 2004). Según Aristizábal y Sánchez (2007), el valor del contenido de amilosa en un almidón es el factor fundamental para la calidad de los alimentos terminados, pues valores altos en de la misma favorecen una mayor solubilidad, mayor viscosidad, mejor claridad del engrudo y mayor tendencia a la retrogradación de los geles.

Respecto al almidón de yuca, Hernández-Medina, M. (2008), analizó el contenido de amilosa para el makal, camote, yuca y sagú determinando valores de 17,00%. Antezana Mercado, C. (2019) con resultados en la obtención de las películas de almidón de yuca con hidrocoloide de cushuro, entre el 22,674 ± 0,08%. Vargas-Aguilar, P. (2013), mencionó que el contenido de amilosa también juega un papel importante en la digestibilidad de los alimentos, ya que algunos estudios han determinado que los almidones con un bajo contenido de amilosa son de más fácil digestión que aquellos con un alto contenido entre 31%.

En la figura 4-16 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto al contenido de amilosa del almidón de yuca. El valor promedio de los valores de amilosa consultados fue de 23,2% con una desviación estándar de ± 4,1.

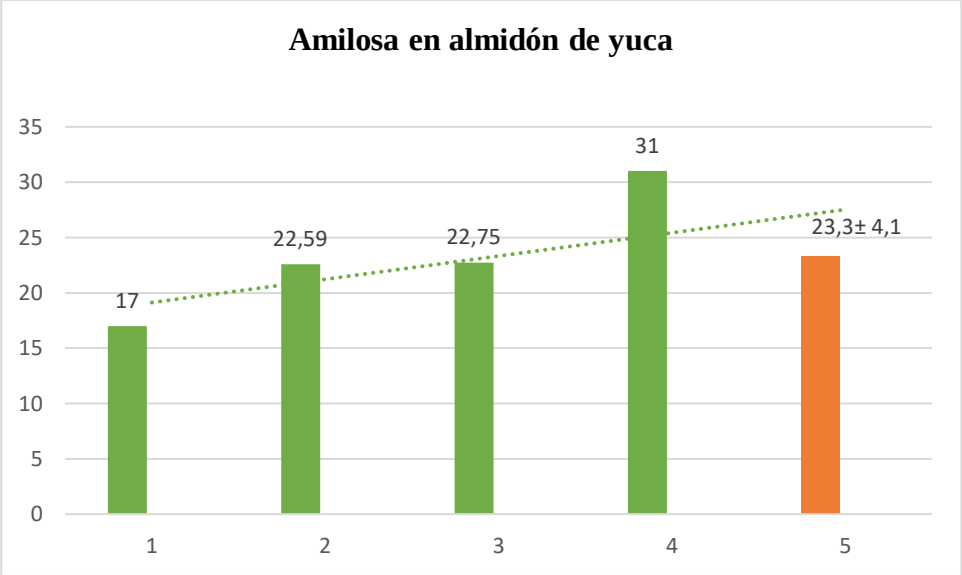


Figura 4-16: *Amilosa de almidón de yuca.*
Fuente: Realizado por los autores.

Riley *et al.,* (2006) manifiestan la importancia del contenido de amilosa en la digestibilidad de los alimentos, esto se debe a que los almidones con un bajo contenido de amilosa son de fácil digestión que aquellos con un alto contenido.

4.2.6 Amilopectina de almidón de arroz, papa y yuca

Con relación a la amilopectina (Guan; Hanna, 2004), menciona que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). Cuyas ramificaciones están localizadas aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa sin embargo la amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta.

Aquino Cayro, F. J. (2018), observó que el almidón de arroz de variedad IR 43 presentó mayor contenido de amilopectina siendo más notorio con tratamiento de NaOH (76.90%) y el menor contenido para la variedad tinajones tratada con metabisulfito en 72,2 – 76,9%. Rodríguez Torres, D. (2015), determinó el contenido de amilopectina, en almidones de arroz con valores de 29,2 ± 1,9%. Del Juncal Guzmán, D. (2016), encontró resultados en la utilización de almidones modificados de arroz

mediante secado por aspersión en la incorporación en un yogur natural, teniendo en cuenta que la amilopectina se encuentra entre 15-30%.

En la figura 4-17 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto al contenido de amilopectina en el almidón de arroz, se observa una mayor dispersión de los datos analizados. El valor promedio de los valores consultados fue 42,1% de amilopectina con una desviación estándar de ± 23,6.

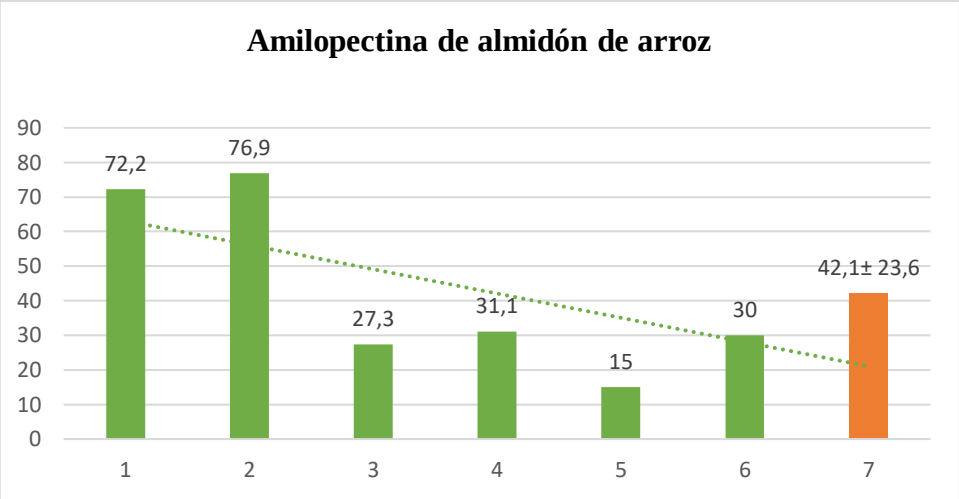


Figura 4-17: *Amilopectina de almidón de arroz.*
Fuente: Realizado por los autores.

El arroz es utilizado como materia prima para la elaboración de harina como potencial ingrediente sustituto de la harina de trigo en la panificación ya que la fracción de amilosa/amilopectina es una característica que determina el uso de las harinas en la elaboración del pan. El contenido de la fracción amilosa-amilopectina en el arroz es uno de estos factores que determinan la calidad sensorial y tecnológica del arroz que se consume.

Respecto al almidón de papa, Polanco, L. Z. (2014), determinaron que los almidones nativos de los Municipios de Sibaté y de Granada tienen una alta desviación estándar, de amilopectina lo que proporciona las características propias para cada almidón obteniendo un rango entre 51,0-85.95%. Alvis, A. (2008), en la determinación de la viscosidad de las pastas se encontró que la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse, el valor encontrado fue de 24,0 %. Diaz Barrera, Y. (2015) determinaron contenidos de amilopectina en cuatro variedades de papa nativa y obtuvieron valores entre 59,733-67,313 %.

En la figura 4-18 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto al contenido de amilopectina en el almidón de papa. Al igual que en el almidón de arroz se evidencia una amplia variabilidad de los datos analizados. El valor promedio de los valores consultados fue 57,6% de amilopectina con una desviación estándar de ± 18,6.

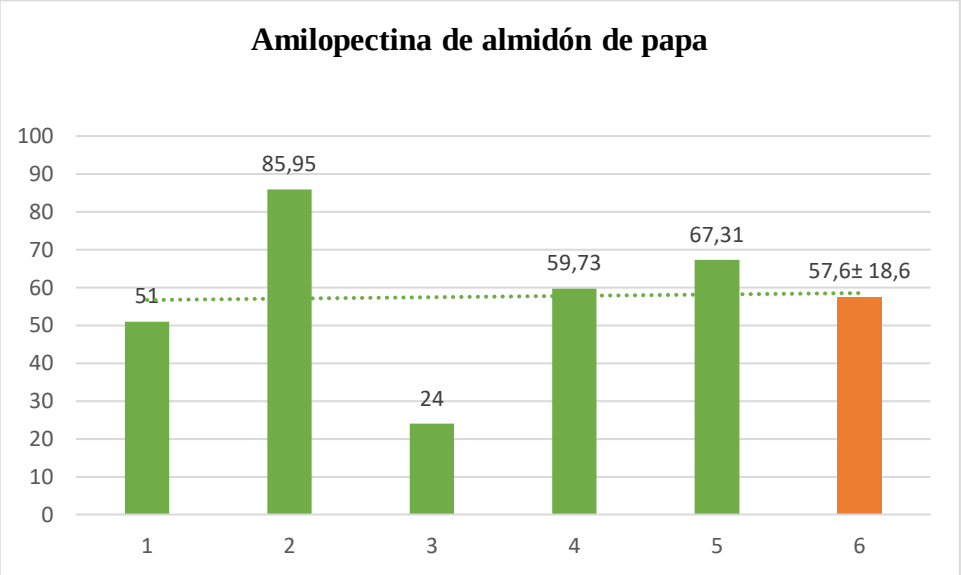


Figura 4-18: *Amilopectina de almidón de papa.*
Fuente: Realizado por los autores.

En el almidón de papa, la amilopectina se encuentra entre el 70% y 80% en peso, independiente del tamaño de los gránulos. Estas características hacen que el almidón de papa sea una fuente valiosa para la obtención de biopolímeros funcionales para la ciencia de los alimentos y de los materiales (Blennow *et al.*, 2003; Singh y Kaur, 2009).

Respecto al almidón de yuca, Hernández-Medina, M. (2008), indica que el contenido de amilopectina, que presentó el almidón de yuca con mayor poder de hinchamiento, con 83,00%. Antezana Mercado, C. (2019), demostró que en la formulación de película de almidón de yuca (manihot esculenta) con hidrocoloide de cushuro, alcanzando un rango de 78,492 ± 0,05%. Según Vargas-Aguilar, P. (2013), se encontró también, que el contenido de amilopectina en el almidón de yuca esta entre 69,36%.

En la figura 4-19 se muestra la variación de los datos obtenidos de los diferentes estudios respecto al contenido de amilopectina en el almidón de yuca. En el almidón de yuca se evidencia menor variabilidad que en el almidón de arroz y papa. El valor

promedio de los valores consultados fue 77,3% de amilopectina con una desviación estándar de ± 4.

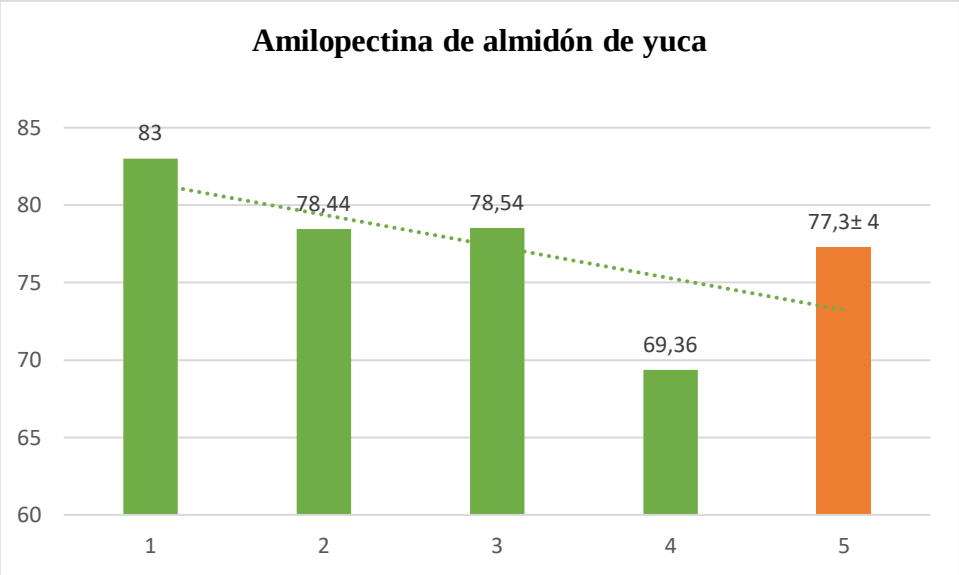


Figura 4-19: *Amilopectina de almidón de yuca.*
Fuente: Realizado por los autores.

Los almidones con un porcentaje alto de amilopectina espesarán en una mezcla, pero no formarán un gel porque, a diferencia de la amilosa, las moléculas de amilopectina no se asocian y forman enlaces químicos (Vargas & Hernandez, 2012).

En consideración a lo señalado por Riley *et al.* (2006), en relación a la clasifican de los almidones por sus estructuras, se señalan que las estructura tipo A son las aquellas que tienen menor contenido de amilosa y mayor contenido de amilopectina, el tipo B un mayor contenido de amilosa y menor contenido de amilopectina y C un contenido intermedio.

4.3 Evaluar las características espesantes y viscosantes de los almidones en estudio.

La evaluación de las características espesantes y viscosantes de los almidones en estudio tiene gran importancia ya que según Cruz *et al*., (2016); Shevkani *et al*., (2017) el almidón es considerado una fuente económica muy utilizada en la preparación de alimentos debido a que proporcionan características organolépticas y propiedades de textura en muchos alimentos, y es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales como espesante, estabilizante coloidal, agente gelificante, agente de relleno y agente de retención de agua. Estas características funcionales dependen principalmente del contenido y proporción de amilosa y amilopectina, distribución del tamaño del

gránulo, concentración de almidón y temperatura de gelificación entre otras (Cruz *et al.,* 2016; Shevkani *et al.,* 2017) que fueron los parámetros analizados en la presente investigación.

En la tabla 4-5 se muestra los promedios determinados de la revisión bibliográfica de las propiedades funcionales de los almidones de: arroz, papa y yuca.

Tabla 4-5

Propiedades funcionales del almidón de yuca papa y arroz.

Propiedades Funcionales	**Arroz**	**Papa**	**Yuca**
Retención De Agua (G/G)	6,7 ±2,3	4,8 ±2.5	23,6 ±9,3
T. De Gelificación (ºC)	70,4 ±2,3	67,1 ±4,1	64.4 ±7,8
Amilosa (%)	24,8 ± 3,2	32 ± 11,1	23,3 ± 4,1
Amilopectina (%)	42,1 ± 23,6	57,6±18,6	77,3 ± 4
Tamaño del Granulo (µm)	6,4+-2,1	28,7±14,0	10,6 ±5,4

Fuente: ALVIS, A. (2008).
Realizado por: los autores.

Para la retención de agua el almidón de yuca fue el que presentó el mayor valor seguido por el almidón de arroz y papa. En la temperatura de gelificación el almidón de arroz alcanzó mayor valor, para el porcentaje de amilosa, el almidón de papa obtuvo el mayor valor, así como el mayor tamaño del gránulo, sin embargo, el contenido de amilopectina fue mayor en la yuca.

Los almidones con un porcentaje alto de amilopectina espesaran en una mezcla, pero no formaran un gel porque, a diferencia de la amilosa que proporciona elasticidad a mayores contenidos de amilosa es mayor la propiedad elástica (Bello-Pérez y Paredes-Lopez, 1994; Kyung y Yoo, 2014), lo cual tiene relación con los resultados, ya que los almidones de papa y yuca tuvieron mayores contenidos en amilosa. Y en cuanto a poder espesante el almidón de yuca presentó mayor contenido de amilopectina. La determinación del gránulo de almidón proporción información acerca de la eficiencia como aditivo espesante, por tanto, la evaluación estructural del almidón predecirá propiedades funcionales específicas y de importancia para su aplicación lo que se concluye que el tamaño del gránulo de almidón fue mayor en el almidón de papa.

Otro parámetro importante a considerar fue la temperatura de gelificación ya que como menciona (Torres *et al.*, 2013) que la temperatura de gelatinización en raíces y tubérculos es menor que en cereales debido a que el gránulo de almidón absorbe rápidamente agua por el debilitamiento entre las fuerzas de atracción de las moléculas de amilosa y amilopectina, lo que concuerda con los datos obtenidos para el almidón de arroz que fue el de mayor temperatura.

4.3.*1* Características espesantes y viscosantes de los almidones de arroz, papa y yuca.

Para la determinación de la viscosidad y la estabilidad del gel, se consideró la búsqueda de autores que emplearon similares metodología como el caso del RVA (Rapid Visco Analyzer), que se obtuvo para cada caso: la viscosidad relativa (RVU) en función de su temperatura y el tiempo del experimento, los índices de estabilidad de gel (o setback) dados en RVU, siendo estas variables registradas automáticamente en una computadora acoplada al RVA (D.Infante, *et al,* 2010; Alvis *et al.* 2008).

En la tabla 4-6 se muestran los resultados obtenidos de los almidones nativos de arroz, papa y yuca.

Tabla 4-6

La viscosidad máxima (RVU), índice de estabilidad de gel de los almidones de yuca papa y arroz.

Almidones	Viscosidad Máxima (RVU)	Índice De Estabilidad De Gel (RVU)
Arroz	45	9
Papa	119	11
Yuca	63	15

Fuente: ALVIS, A. (2008).
Realizado por: los autores.

Este comportamiento se explica por la relación entre el contenido de amilosa/amilopectina en los diferentes almidones de arroz, papa y yuca y el tamaño del gránulo. La viscosidad máxima en los almidones fue el de papa, así como el mayor índice de estabilidad de gel coincidiendo con la relación existente entre el contenido de amilosa/amilopectina y el tamaño del granulo presente en el almidón de papa.

La alta viscosidad de los almidones de papa en comparación con los almidones de yuca y arroz puede presentar ventajas o desventajas competitivas, dependiendo del tipo de aplicación que se vaya a desarrollar. Si se desea utilizar en sopas o alimentos líquidos espesos, lo ideal es trabajar con almidones de alta viscosidad. Si se desarrollan alimentos fluidos sería importante trabajar con almidones de baja viscosidad (Alvis *et al*. 2008).

Esta investigación se corrobora con lo mencionado por (Pardo *et al.,* 2013) quienes manifiestan que el almidón de papa es un insumo importante en la elaboración de alimentos siendo materia prima en esta industria por sus características de baja temperatura de gelatinización, baja tendencia a retrogradarse, resistencia a la degradación enzimática, bajo contenido residual de grasas y proteínas (< 0.5% de los gránulos). Adicionalmente, no tiene sabor a cereal y posee una alta viscosidad y capacidad para enlazarse con agua, características que son directamente atribuidas a su estructura.

Bergthaller (2004) explica que cadenas de amilosa de más de 1000 unidades de glucosa tienden a formar geles en lugar de cristalizar (solidificarse) y adicionalmente reporta que el almidón de papa es bien conocido por proporcionar alta viscosidad y formar pastas y geles de buena consistencia. Este comportamiento de pastas y geles suele estar acompañado de una alta claridad, propiedad ventajosa y deseada en aplicaciones alimentarias, donde la claridad es especialmente deseada.

Conclusiones:

- Mediante revisión bibliográfica se pudo verificar la utilización del almidón como aditivo espesante para mejorar la textura de los alimentos, determinándose que del total de las fuentes bibliográficas el 37% fue para el empleo en productos cárnicos y el almidón de mayor aplicación en las diferentes investigaciones fue el de papa con el 32% para mejorar la textura en la elaboración de dichos productos.
- La determinación de las propiedades funcionales de los almidones de arroz, papa y yuca, permitieron conocer la relación del contenido de amilosa y amilopectina, tamaño del gránulo, retención de agua y temperatura de gelificación con las características espesantes y viscosantes de los almidones lo que se determinó que el almidón de papa presentó las mejores características funcionales.
- Se pudo demostrar que el almidón de papa es conocido por proporcionar alta viscosidad y formar pastas y geles de buena consistencia además de presentar una alta claridad, propiedad ventajosa y deseada en aplicaciones alimentarias, sobre todo si se desea utilizar en la elaboración de sopas o alimentos líquidos.

Recomendaciones:

- Difundir la investigación acerca de la importancia de las características espesantes y viscosantes de tres tipos de almidones yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum*), arroz (*Oryza sativa*) utilizados en la industria alimenticia.
- Validar las propiedades funcionales, características espesantes y viscosantes de los almidones en estudios mediante su aplicación en prototipos alimentarios y/o no alimentarios.
- Buscar nuevas fuentes de almidones a partir de materias primas que no son tradicionales a fin de proporcionar valor agregado a los cultivos.
- Realizar una caracterización de las propiedades funcionales de los almidones nativos frente a los almidones modificados y su empleo en la industria alimenticia.

REFERENCIAS

Acosta Delgado, A. P., & Blanco Santander, C. (2013). Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).

Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica*, *19*(1), 19-28.

Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada-Mendoza, M. (2008). Información tecnológica, 19(1), 19-28. [2] Chandi, G.K., Sogi, D.S. (2007). Journal of Food Engineering 79: 592-597

Antezana Mercado, C. A., & Herrera Leo, R. M. Formulación de película de almidón de yuca (manihot esculenta) con hidrocoloide de cushuro (nostoc sphaericum) y su efecto en conservación del tomate (solanum lycopersicum). *SUNEDU*.

Aquino Cayro, F. J. (2018). Caracterización fisicoquímica, reológica y tecnológica de almidón de dos variedades de arroz (oryza sativa) ir 43 y tinajones, extraídos con naoh y metabisulfito de sodio, procedente de la Provincia Pacasmayo–Departamento La Libertad.

Aristizábal, J. y T. Sánchez, Guía Técnica para la Producción y Análisis de Almidón de Yuca., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia (2007)

Atzingen, M. C. (2005). Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. *redalyc. org*, *4*(5), 3. obtenido de file:///c:/users/jessica/downloads/72450403.pdf

Baks , T., Bruins, M., Janssen , A., & Boom, R. (2007). Effect of Pressure and Temperature on the Gelatinization of Starch at Various Starch Concentrations. Food and Bioprocess Engineering Group, Wageningen University and Research.

Belitz, G. 1992. Química de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. Segunda edición. Pág. 337-340.

Bello-Perez, L.A.; Paredes-Lopez, O. 1994. Starch and Amylopectin-Rheological Behavior of Gels. Starch/Starke 46(11): 411-413.

Bemiller, J. y Whistler, R. 2009. Starch: Chemistry and technology. Third Edition. Editorial Academic Press, Burlington, MA. USA. 879 p.

Bemiller, J. y Whistler, R. 2009. Starch: Chemistry and technology. Third Edition. Editorial Academic Press, Burlington, MA. USA. 879 p

Bergthaller, W., Developments in Potato Starches; en Starch in Food de Eliasson A. Woodhead Publishing Limited, pp. 373-402. Cambridge, England (2004)

Bertolini, A. 2010. Starches: Characterization, properties and Applications. First Edition. Editorial CRC Press: Taylor & Francis group. USA. 276 p.

Biliaderis CG, Maurice TJ y Vose JR. 1980**.** Starch gelatinization phenomena studied by differencial scanning calorimetry. *J Food Sci*. 45: 1660-1680.

Blair, G. H. (24 De Octubre de 2012). Desarrollo de productos con alto contenido de almidón para la industria de alimentos. researchgate, primera edición(1), 35-36.

Blennow, A.; Bay-Smidt, A. M.; Leonhardt, P.; Bandsholm, O.; y Madsen, H. M. 2003. Starch paste stickiness is a relevant native starch selection criterion for wet-end paper manufacturing. Starch 55:381 – 389.

Bonilla, V. N. (2019). "extracción y análisis comparativo de las características del almidón de malanga (xanthosoma saggitifolium), yuca (manihot esculenta) y papa china (colocasia esculenta)". 16. obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5485/1/unach-ec-ing.agro-ind-2019-0004.pdf

Bressani, R. Y L. Estrada Ligorria. 1994. Effect Of Lime Cooking Of Grain Amaranth On Selected Chemical Components And Its Protein Quality. J. Agric. Food Chem. 42(9):1998-2001.

Bryant, C. M. y Hamaker, B. R. (1997). Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. Cereal Chemistry, 74(2): 171-175.

Calceta-Resio A y Suarez C. 2001. Gelatinization kinetics of amaranth starch. *J Food Sci Technol*. 36: 441-448.

Casarrubias-Castillo, M. G., Méndez-Montealvo, G., Rodríguez-Ambriz, S. L., Sánchez-Rivera, M. M., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Diferencias estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales. *Agrociencia*, *46*(5), 455-466.

Combat, J. C. M., Mendoza, M. P., García, B. D. C. Á., & Díaz, M. L. A. (2020). Formulación de mayonesa baja en grasa usando almidón de maíz modificado. *Memorias*.

Crosbie, G. B. (1991). The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. Journal of Cereal Science, 13: 145-150.

Cruz, G.; Ribotta P.; Ferrero, C., Iturriaga L. 2016. Physicochemical and rheological characterization of Andean tuber starches: Potato (Solanum tuberosum ssp. Andigenum), Oca (Oxalis tuberosa Molina) and Papalisa (Ullucus tuberosus Caldas). Starch/Stärke 68(11-12): 1084–1094.

Del Juncal Guzmán, D. (2016). Microencapsulación de polifenoles contenidos en jugo de zapote negro (Diospyros dgyna jacq.) utilizando almidones modificados de arroz mediante secado por aspersión para su incorporación en un yogur natural.

Diaz Barrera, Y. (2015). Determinación de la spropiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de solanum tuberosum ssp. andigenum (papa nativa).

Eerlingen, R. C.; Delcour, J. A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. Journal of Cereal Science, v. 22, n. 2, p. 129-138, 1995.

Espinosa, V. 2008. Estudios Estructurales de almidón de fuentes no convencionales: Mango (Mangifera indica L.) y plátano (Musa paradisiaca L.). Tesis para optar el grado de Maestría en Ciencia en Desarrollo de Productos Bióticos. Centro de Desarrollo de Productos bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, México.

Feijoo, J. L. C., Mora, E. O. E. M., Calderon, C. E. S., & Torres, R. D. (2018). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo-almidón de banano. *Cumbres*, *4*(1), 63-73.

Fukuoka M, Ohta K y Patinaba H. 2002**.** Determination of the terminal extent of starch gelatinization in a limited water system by DSC. *J Food Eng.* 53: 39-42.

García-Reyes Parra, M. (2015). Elaboración de salchichas de pollo, bajas en grasa y ricas en fibra y omega-3.

Goldring J. Resistant starch: Safe intakes and legal status, J. AOAC Int 2004; 87: 733-739.

Guan, J., & Hanna, M. A. (2004). Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*, *5*(6), 2329-2339.

Hernández, Marilyn; Torruco, Juan Gabriel; Chel, Luis y Betancur, David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 28 (3). 2008: 718 – 726.

Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, *28*, 718-726.

Hoover, R.; Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review, Carboh. polym.: 45(3), 253-267(2001).

Jacobs H y Delcour JA. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *J Agric Food Chem*. 46 (8): 2985-2905.

Joly G, Anderstein B. 2009. Starches. In: Tarté R. Ingredients in meat products. New York (EE.UU): Editorial Springer New York. p. 25-55.

Knutzon, C. A.; Grove, M. J. Rapid method for estimation of amylose in maize starches. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 469, 1994. LII, C.; SHAO

Knutzon, C. A.; Grove, M. J. Rapid Method For Estimation Of Amylose In Maize Starches. Cereal Chemistry, V. 71, N. 5, P. 469, 1994.

Kyung, J-S.; Yoo, B. 2014. Rheological properties of azuki bean starch pastes in steady and dynamic shear. Starch/Stärke 66: 802–808.

L. Kaur, N. Singh and N. Singh Sodhi. “Some properties of potatoes and their starches II. Morphological, thermal and rheological properties of starches”. Food Chemistry, No. 79, 2002, pp. 183- 192.

Lagos, J. A. (2017). Calidad y características organolépticas de los alimentos. *Hominen*, 60-61. Obtenido de https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/une/3860/monograf%c3%8da%20-%20aguilar%20lagos.pdf?sequence=1

Laguna, J. (1962). Bioquímica (Fournier). México.

Lazaridou, A.; Duta, D.; Papageorgiou, M.; Belc, N.; Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. J. Food Eng. 79(3):1033- 1047.

Liu, Q.; Tarn, R.; Lynch, D.; Skjodt, N. 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. Food Chemistry 105: 897–907.

M. Cobana, A. R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *boliviana de química, 24*(1), 1. obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf

Mashiant, J., & Gabriel, C. (2016). *Obtención de Salsa Picante de Tabasco (Capsicum Frutescens) Utilizando Almidón de Yuca (Manihot Esculenta) y de Chontaduro (Bactris Gasipaes) Como Espesante* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).

Medina y Salas. (27 de mayo de 2008). Caracterización morfológica del gránulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. (U. d. Andes, Ed.) Revista de Ingeniería(2), 55-62.

Monica, P. (Marzo de 2016). Diversificación de los Almidones de Yuca y sus Posibles Usos en la Industria Alimentaria. *Revista Politécnica , 37*(2), 2. Obtenido de file:///C:/Users/Jessica/Downloads/Diversificacion_de_los_Almidones_de_Yuca_y_sus_Posibles_Usos_en_la_Industria_Alimentaria.pdf.

Niba, L., Bokanga, M. M., Jackson, F. L., Schlimme, D. S. y Li, B. W. (2001). Physicochemical properties y starch granular characteristics of flour from various

Manihot esculenta (Cassava) genotypes. Journal of Food Science, 67(5): 1701-1705.

Ojeda CA, Tolaba MP y Suarez C. 2000. Modeling starch gelatinization kinetics of milled rice flour. *Cereal Chem*. 77 (2): 145-147.

Pardo, Oscar, Castañeda, Julio, Ortiz, César. Caracterización estructural y térmica de almidones provenietes de diferentes variedades de papa. Revista Universidad Nacional de Colombia [en línea]. Diciembre 2013, vol. 62, no 4. [Fecha de consulta: 5 Mayo 2017]. Disponible en: http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/37126/4 5140

Peroni, F.H.G. 2003. Características estruturais e físico-químicas de amidas obtidos de deferentes fontes botánicas. Sao José do Rio Preto, 2003. Disserta<; ao (Mestrado em Egenharia e Ciencia de Alimentos). Universidade Estadual Paulista "Julio de MesquitaFilho".

Polanco, L. Z. (2014). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (Solanum tuberosum, Grupo Phureja). *Revista Latinoamericana de la papa*, *18*(1), 1-24.

Pupo Argumedo, M. A. (2020). Modificación enzimática de harinas y almidones de ñame (criollo, espino, y diamante) cultivado en el departamento de Sucre.

Rached, L., Vizcarrondo, C., Rincón, A. & Padilla, F. (2006). Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscorea trifida), variedades blanco y morado. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 56(4). Obtenido desde: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222006000400010&script=sci_arttext.

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.

Rodriguez Carbajo, P. (2015). Elaboración de galletas sin gluten con mezclas de harina de arroz-almidón-proteína.

Rodríguez Torres, D. (2015). Potencial agroalimentario del almidón de arroz de tres variedades cultivadas en el departamento del Tolima.

Shevkani, K.; Singh, N.; Bajaj, R.; Kaur, A. 2017. Wheat starch production, structure, functionality and applications—a review. International Journal of Food Science and Technology 58: 38-58.

Sívoli, L., E. Pérez Y P. Rodríguez (2012). Análisis estructural del almidón nativo de yuca (Manihot esculenta C.) empleando técnicas morfométricas, químicas, térmicas y reológicas. Fac. Agron. (LUZ). 2012, 29: 293-313.

Taggart, P., Starch as an Ingredient: Manufacture and Applications; en Starch in Food de Eliasson A. Woodhead Publishing Limited, pp. 253-270. Cambridge, England (2004)

Talero, S. S. (2020). Evaluación tecnológica del almidón de cubio modificado para su aplicación en un producto cárnico tipo hamburguesa. 23. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1718&context=ing_alimentos.

Thomas, H. D.; Atwell, W. A. Starches. Practical guides for the food industry. American Association of Cereal Chemist. St. Paul Minnesota, USA: Egan Press, 1999. p. 1-87.

Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (Colocasia esculenta) El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos . Su funcionalidad depende del peso mole. Ciencias e Ingeniería Al Día, 8(2), 29–38

Torres-Rapelo, A. L., Montero-Castillo, P. I. E. D. A. D., & Julio-González, L. C. (2014). Utilization of taro starch (colocasia esculenta l.) in the elaboration of frankfurt sausages. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *12*(2), 97-105.

Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Functional properties of potato (Solanum tuberosum) starch and its chemical modification by acetylation. Scientia Agropecuaria, 7, 223-230.

Vargas, P., y Hernández, D. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. Tecnología en Marcha, 26(1), 37-45.

Vargas-Aguilar, P., & Hernández-Villalobos, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista Tecnología en Marcha*, *26*(1), ág-37.

Valenzuela, A., & Valenzuela, R. (2015). La innovación en la industria de alimentos: Historia de algunas innovaciones y de sus innovadores. Revista chilena de nutrición, 42(4), 404-408.

Wang, L. Z.; White, P. J. Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lipid content. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 443-450, 1994a.

Wang, L. Z.; White, P. J. Structure and properties of amylose, amylopectin and Intermediate materials of oat starches. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 263-268, 1994b.

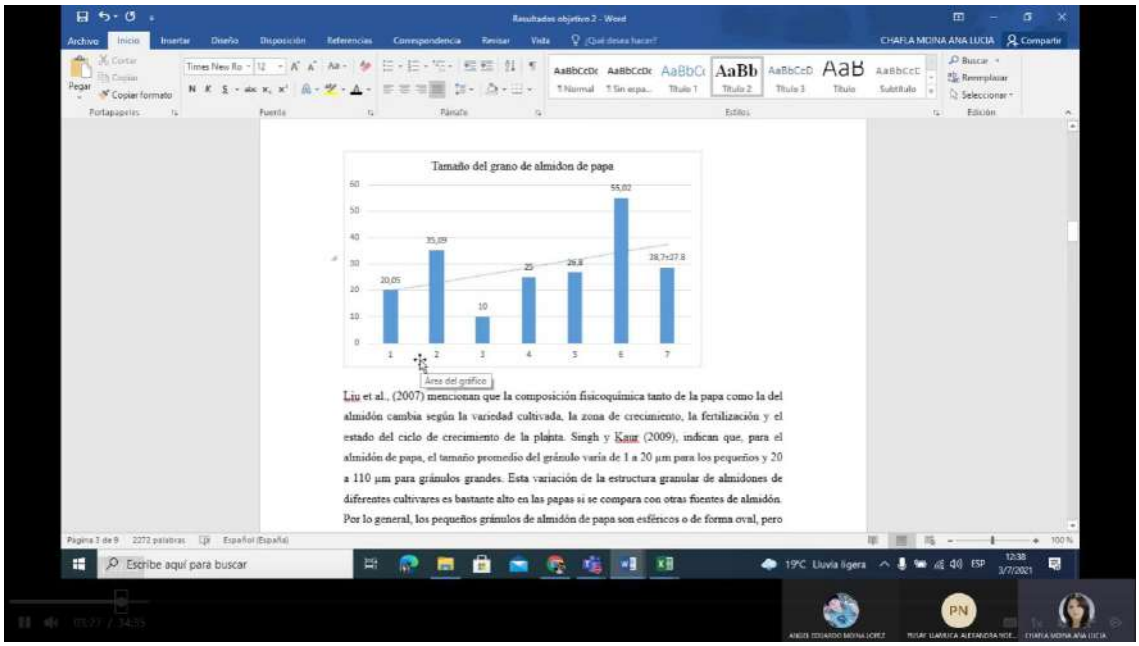
Xie, F., Long, L., Su, B., Liu, P., Wang, J., Liu, H., et al. (2009). Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. Journal of Cereal Science, 49, 371–377.

Zhao, J.; Wistler, R. L. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. Food Technology, v. 48, n. 7, p. 104-105, 1994.

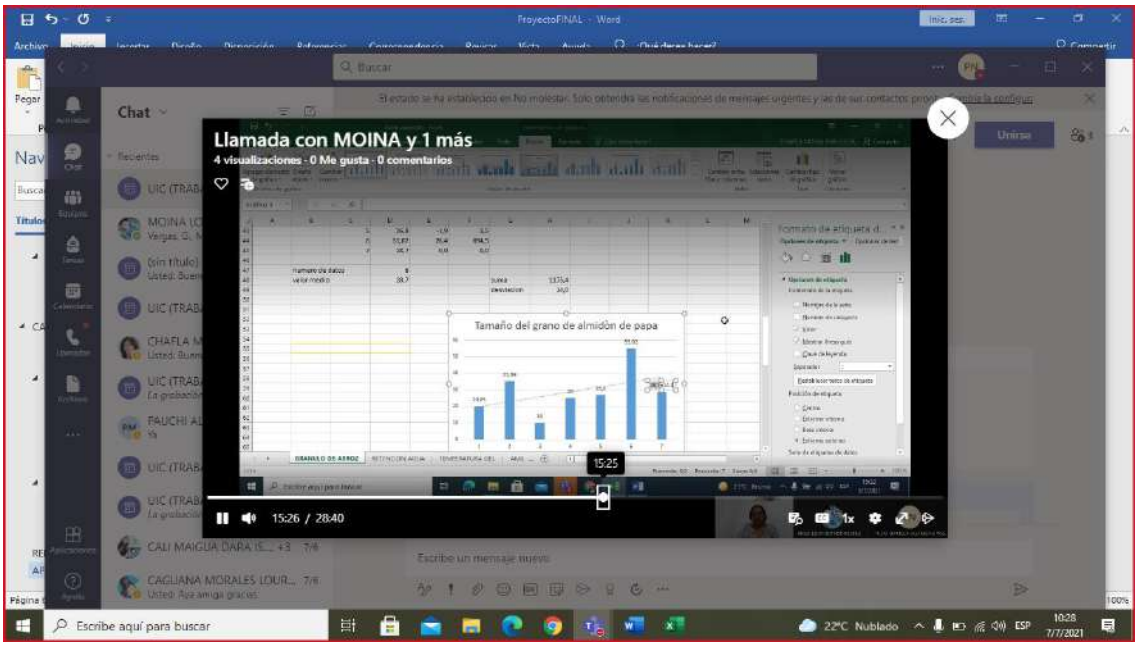
Zobel, H. F. Molecules to granules: A comprehensive starch review. Starch/Stärke, v. 40, n. 2, p. 41-50, 1988.

APENDICES Y/O ANEXOS

Anexo 1



Anexo 1. Análisis de resultados
Realizado por los autores autor.



Anexo 2. Análisis de resultados
Realizado por los autores autor.