

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TITULACIÓN POR EXAMEN PROFESIONAL

Trabajo Monográfico:

**“APLICACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS EN
EL DESARROLLO DE POSTRES INSTANTÁNEOS:
MAZAMORRAS”**

Presentado por:

JONATHAN MANUEL ROJAS AGURTO

Lima – Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“APLICACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS EN EL
DESARROLLO DE POSTRES INSTANTÁNEOS: MAZAMORRAS”**

Presentado por:

JONATHAN MANUEL ROJAS AGURTO

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

M.Sc. Walter F. Salas Valerio

PRESIDENTE

Mg.Sc. Fanny E. Ludeña Urquiza

MIEMBRO

Dra. Ana C. Aguilar Galvez

MIEMBRO

Dra. Indira M. Betallaluz Pallardel

ASESORA

Lima – Perú

2017

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. ALMIDONES.....	3
2.1.1. QUÍMICA DE LOS ALMIDONES	3
2.1.2. GELATINIZACIÓN Y LA FORMACIÓN DE GELES	4
2.1.3. RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN	7
2.2. ALMIDONES MODIFICADOS	8
2.2.1. PROCESOS DE MODIFICACIÓN	8
2.2.2. USO SEGURO DE ALMIDONES MODIFICADOS.....	12
2.3. USOS Y APLICACIONES DE LOS ALMIDONES.....	12
2.4. MAZAMORRA MORADA INSTANTANEA.....	15
2.4.1. DESCRIPCIÓN	15
2.4.2. PRINCIPALES INGREDIENTES	16
2.4.3. NORMATIVA APLICABLE.....	20
III. DESARROLLO DEL TEMA	21
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DEL CASO DE ESTUDIO	21
3.2. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.....	22
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS	22
3.3.2. MATERIAS PRIMAS:.....	23
3.3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS	23
3.4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL CASO DE ESTUDIO	24
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.4.1. pH DE PRODUCTO PREPARADO.....	29
3.4.2. CONSISTENCIA DE LAS MAZAMORRAS.....	30
3.4.3 VISCOSIDAD APARENTE	31
3.4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	35
3.4.5 REGISTRO DE IMÁGENES DEL PRODUCTO	37
IV. CONCLUSIONES.....	39
V. RECOMENDACIONES	40

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
VII. ANEXOS	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Tipos de almidón modificados y su preparación	10
Cuadro 2: Propiedades y algunas aplicaciones de los almidones modificados	13
Cuadro 3: Atributos sensoriales de los almidones	14
Cuadro 4: Formulaciones del producto patrón y de los tres tratamientos	25
Cuadro 5: Esquema del desarrollo del caso de estudio	28
Cuadro 6: pH de mazamorra a cuatro horas y a 28 horas de su preparación	29
Cuadro 7: Valores de la consistencia (cm) de las mazamorra instantáneas	30
Cuadro 8: Viscosidad aparente de las mazamorra a cuatro horas de su preparación....	32
Cuadro 9: Viscosidad aparente de las mazamorra a 28 horas de su preparación.....	34
Cuadro 10: Aspecto inicial y final de las mazamorra evaluadas	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de la gelatinización del almidón.....	6
Figura 2: Resultados del perfil de textura de las mazamorras instantáneas a cero horas de su preparación.....	35
Figura 3: Resultados del perfil de textura de las mazamorras instantáneas a cuatro horas de su preparación.....	36
Figura 4: Resultados del perfil de textura de las mazamorras instantáneas a 28 horas de su preparación.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MEDICIÓN DE LA CONSISTENCIA	44
ANEXO 2: MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD APARENTE	46
ANEXO 3: MEDICIÓN DEL PH	47
ANEXO 4: CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE MAZAMORRA.....	48
ANEXO 5: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE PERFIL DE TEXTURA	49

RESUMEN

Una de las principales propiedades tecnológicas de los almidones es la formación de geles, la cual es aprovechada para el desarrollo de postres instantáneos tipo mazamorra. Sin embargo, la retrogradación de las cadenas de amilosa y amilopectina presentes en su estructura representa una desventaja; por tal razón, la modificación química o física busca mejorar sus atributos y eliminar sus deficiencias. La presente monografía tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre las propiedades de los almidones, sus principales modificaciones y aplicaciones; y finalmente exponer un caso práctico sobre la aplicación de almidones modificados en una mazamorra instantánea para reducir los efectos negativos de la retrogradación luego de su almacenamiento a temperaturas de refrigeración. Se realizó una revisión bibliográfica para entender la retrogradación de los almidones presentes en la mazamorra instantánea y se seleccionó el fosfato de hidroxipropil dialmidón para reducir los efectos de la retrogradación. En el caso práctico, se evaluaron fosfatos de hidroxipropil dialmidón de diferente fuente: maíz céreo, maíz dent y papa, en reemplazo del almidón de maíz nativo. Se evaluó el pH, la consistencia, la viscosidad aparente y se realizó una evaluación sensorial de perfil de textura en tres tiempos (0, 4 y 28 horas). Se encontró que el pH de las mazamorras no varió luego del periodo de refrigeración, además la mazamorra con sustitución con almidón modificado de papa fue la que mostró mejores resultados, obteniéndose unos valores de consistencia y viscosidad de 5.5 cm/30 s y 7440 mPa.s, respectivamente; y un puntaje de 0.71 en una escala lineal no estructurada de 10 cm para el atributo de granulosidad (poco grumoso) en comparación del patrón que obtuvo una consistencia y viscosidad de 3.9 cm/30 s y 13 120 mPa.s, respectivamente; y un puntaje de 6.64 para el atributo de granulosidad (muy grumoso).

Palabras clave: Almidón nativo, almidón modificado, retrogradación, mazamorra.

ABSTRACT

One of the main technological properties of starches is the formation of gels, which is used for the development of instant desserts such as mazamorra (purple corn flavor pudding). However, retrogradation of the amylose and amylopectin chains present in its structure represents a disadvantage; for that reason, the chemical or physical modification seeks to improve its attributes and eliminate its deficiencies. The objective of this monograph was to carry out a bibliographic review on the starch's properties, their main modifications and applications; and finally to present a study case about the application of modified starches in an instant mazamorra dessert to reduce the negative effects of the retrogradation after its storage at refrigeration temperatures. The literature review was carried out to understand the starch's retrogradation present in the instant dessert and the hydroxypropyl dialmidon phosphate was selected to reduce the effects of retrogradation. In the study case, hydroxypropyl dialmidon phosphates from different sources were evaluated: waxy maize, dent corn and potato, replacing native maize starch. The pH, consistency and apparent viscosity were evaluated and a texture profile sensory evaluation was performed in three different moments (0, 4 and 28 hours). It was found that the pH of the instant mazamorra desserts did not change after the cooling period; in addition, the instant mazamorra dessert with substitution with modified potato starch showed the best results, obtaining values of consistency and viscosity of 5.5 cm/30 s and 7440 mPa.s, respectively; and a score of 0.71 on a 10 cm unstructured linear scale for the granularity attribute (little lumpy) in comparison to the standard that obtained a consistency and viscosity of 3.9 cm/30 s and 13 120 mPa.s, respectively; and a score of 6.64 for the attribute of granularity (very lumpy).

Keywords: Native starch, modified starch, retrogradation, instant mazamorra dessert.

I. INTRODUCCIÓN

Los almidones son carbohidratos de cadena larga con propiedades tecnológicas particulares, una de ellas es la de formar geles. La estructura del gel y su comportamiento puede variar por distintos factores como el pH del medio, la temperatura, la fuente del almidón, la relación amilosa/amilopectina, entre otros.

Los almidones nativos tienen la ventaja de ser de costo bajo y ser muy accesibles. Sin embargo, sus geles tienen algunas desventajas como la retrogradación en el tiempo, poca resistencia a la cizalla, inestabilidad a bajos pH, etc. Además, los almidones nativos proporcionan geles de poco cuerpo, cohesivos y gomosos cuando son calentados, y geles no deseables cuando se enfrían.

En el desarrollo de postres instantáneos, y sobre todo en las mazamoras instantáneas, la selección de los almidones para la formulación de productos es bastante importante. La funcionalidad del almidón está directamente relacionada con la gelatinización y las propiedades del gel formado, todas estas propiedades afectan la estabilidad de los productos donde se apliquen, la aceptación de los consumidores y la fiabilidad de la producción. Los postres instantáneos tipo mazamorra generalmente emplean almidones nativos en su formulación, lo que ocasiona que tengan un tiempo de vida corto por los cambios de textura debido a la retrogradación de sus cadenas de amilosa y amilopectina.

Ante las desventajas de los almidones nativos, la industria ha desarrollado procesos que permiten obtener almidones modificados para mejorar su desempeño y disminuir sus deficiencias. Los fosfatos de hidroxipopil dialmidon, por ejemplo, son almidones modificados que pueden ser usados en alimentos que tienen un pH ácido, que deben resistir altas temperaturas durante su procesamiento y que deben ser almacenados a temperaturas de refrigeración y congelación, sin ver alteraciones significativas en su textura.

Debido al corto tiempo de vida de la mazamorra instantánea preparada, existe una oportunidad de mejora en la formulación de dicho producto, por lo que evaluar la aplicación de almidones modificados en su formulación puede resultar una alternativa para lograr mantener las características de textura del postre por más tiempo.

Por lo antes mencionado, el presente trabajo monográfico tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre las propiedades de los almidones, sus principales modificaciones y aplicaciones; y finalmente exponer un caso práctico sobre la aplicación de almidones modificados en una mazamorra instantánea para reducir los efectos negativos de la retrogradación luego de su almacenamiento a temperaturas de refrigeración.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ALMIDONES

2.1.1. QUÍMICA DE LOS ALMIDONES

El almidón es la sustancia de reserva alimenticia predominante en las plantas, y proporciona el 70-80 por ciento de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de su hidrólisis constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual (Fennema, 2000).

Los almidones comerciales se obtienen de las semillas de cereales, particularmente de maíz, maíz céreo, maíz rico en amilosa, trigo, varios tipos de arroz, y de algunas raíces y tubérculos, como la papa, el camote y la yuca (Fennema, 2000).

Según Eliasson (2006), los polisacáridos amilosa y amilopectina son los componentes más abundantes y constituirán casi el 100 por ciento de un almidón típico. Las relaciones entre amilosa y amilopectina difieren entre almidones, pero los valores típicos para un almidón estándar son de 25 por ciento amilosa y 75 por ciento de amilopectina. En algunos almidones (como por ejemplo, maíz, cebada, arroz), existen genotipos con un aumento del contenido de amilopectina (variedades céreos o *waxy*) o un mayor contenido de amilosa (altos en amilosa o amilalmidones).

Respecto a la composición química del almidón, Badui (2006) afirma que la amilosa es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos alfa-(1,4), que establecen largas cadenas lineales. La amilosa tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa.

La amilosa puede presentarse como una hélice hidrófoba, permitiendo la formación de un complejo con ácidos grasos libres, componentes de ácidos grasos de glicéridos, algunos alcoholes y yodo (Thomas y Atwell, citados por Bertolini, 2010).

Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol, las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa (Badui, 2006).

El gránulo de almidón se compone de regiones concéntricas cristalinas y amorfas. La amilopectina se encuentra principalmente en la región cristalina y la amilosa en la amorfa. La región amorfa es más susceptible al ataque de ácidos y enzimas, y el agua entra inicialmente en esta región antes de la gelatinización (Phillips y Williams, 2009).

El tamaño y la forma del gránulo del almidón son característicos de cada especie botánica, esto se ha aprovechado en el desarrollo de diferentes métodos microscópicos para identificar el origen de los distintos almidones. En un mismo cereal se distinguen varios tipos de gránulos; en general, los que se encuentran en la zona más exterior del endospermo son poliédricos, mientras que los del interior son redondos (Badui, 2006).

Si bien se mencionó que la amilosa y amilopectina eran los componentes principales en el almidón, existen otros en menor proporción que también son importantes. Según Eliasson (2006), los componentes presentes además de la amilosa y amilopectina son usualmente descritos como "componentes menores" porque están en cantidades bajas. Así por ejemplo, el contenido típico de proteínas está por debajo del 0.5 por ciento y el contenido de lípidos en los almidones de cereales es usualmente alrededor del 1 por ciento.

Otro componente menor que puede estar presente en el almidón es el fósforo. Eliasson (2006) afirma que el almidón contiene dos tipos de fósforo en pequeñas cantidades: fosfatos esterificados y fosfolípidos. El éster de fosfato se encuentran exclusivamente en la amilopectina, especialmente en el carbono C-6, este enlace es más estable que el enlace α -glucosídico (1,4) contra la hidrólisis ácida.

2.1.2. GELATINIZACIÓN Y LA FORMACIÓN DE GELES

Aunque los gránulos de almidón se construyen a partir de polímeros que son hidrófilos, el propio gránulo no es soluble en agua debido a su estructura semicristalina y a los

enlaces puente de hidrógeno formados entre los hidroxilos presentes en los polímeros del almidón (Eliasson, 2006).

Sin embargo, la variación de la temperatura en una solución de almidón genera un cambio en sus propiedades. Bertolini (2010) afirma que cuando la temperatura del almidón alcanza los 60-70 °C, existe una pérdida de la organización molecular y, en consecuencia, una pérdida de su cristalinidad.

Bajo las situaciones descritas, empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los enlaces puente de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas (Badui, 2006).

En el proceso de absorción de agua, se da un aumento de la solubilidad del almidón y de la viscosidad, que son resultados de un cambio irreversible tal como el cambio de la estructura granular y semicristalina, lo que es observado como la pérdida de la birrefringencia (Bertolini, 2010).

Fennema (2000) afirma que durante la gelatinización se produce la lixiviación de la amilosa, sin embargo también puede producirse antes. La gelatinización total se produce normalmente dentro de un intervalo más o menos amplio de temperatura, siendo los gránulos más grandes los que primero gelatinizan.

Por otro lado, según Badui (2006), los gránulos tienen diferente composición y grado de cristalinidad, aunque provengan de la misma fuente botánica, lo que provoca que unos sean más resistentes que otros. Por esta razón, se llega a presentar una diferencia de 8 a 12 °C, teniendo como promedio 10 °C, entre la temperatura de gelatinización de los primeros gránulos y la de los últimos.

Pueden diferenciarse tres estados en el intervalo de la temperatura de gelatinización de los almidones. Según Fennema (2000), estos estados son: la temperatura de iniciación (primera observación de la pérdida de birrefringencia), la temperatura media y la temperatura final de la pérdida de birrefringencia (TFPB, que es la temperatura a la cual el último gránulo en el campo de observación pierde su birrefringencia).

La Figura 1 esquematiza el proceso de aumento de viscosidad de una solución de almidón cuando se aumenta su temperatura. Como se observa, los gránulos se hinchan y retienen un máximo de agua hasta que se rompen y producen una dispersión de moléculas de amilosa y amilopectina.

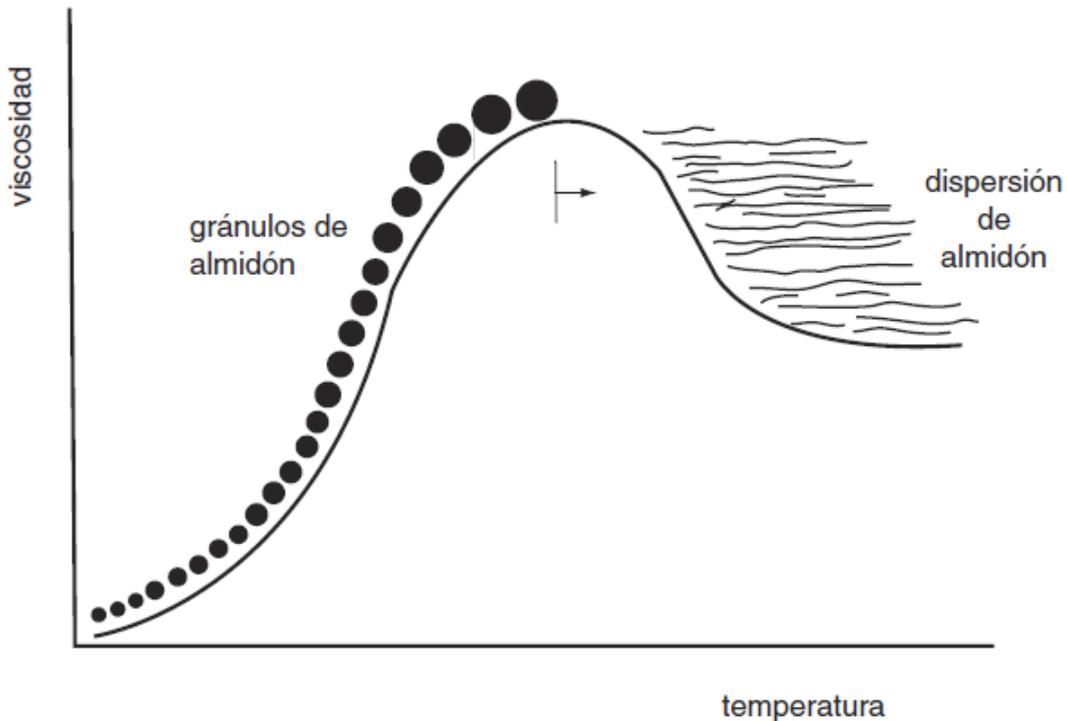


Figura 1: Proceso de la gelatinización del almidón

FUENTE: Badui (2006)

Para entender mejor la funcionalidad de los almidones, es importante entender la funcionalidad de sus dos principales componentes. Según Eliasson (2004), la amilopectina no forma geles en agua, por lo que es evidente que la capacidad formadora de gel del almidón se debe al componente de amilosa, debido a la formación de extensas redes de enlace de puente de hidrógeno con moléculas de agua, así como enlaces puente de hidrogeno intramoleculares.

Los geles de amilopectina son más suaves debido a un menor número de enlaces puente de hidrogeno, por ejemplo, en soluciones al 2 por ciento de concentración (p/p), se obtienen soluciones fluidas. Esto se debe a su estructura muy ramificada. La amilopectina es más fácilmente soluble en agua que la amilosa, pero la gelificación

ocurre solo en concentraciones superiores al 10 por ciento (p/p), donde las cadenas de amilopectina se enredan fuertemente, especialmente después del almacenamiento a 1 °C (Ring *et al.*; citado por Eliasson, 2004).

2.1.3. RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN

Cuando los geles de almidón se enfrían, las moléculas de almidón "amorfo" dispersadas sufren una reasociación lenta y forman una estructura apretada, este proceso es comúnmente llamado retrogradación (Halley y Averous, 2014).

Durante la retrogradación además ocurren otros cambios. Según Eliasson (2006), las propiedades reológicas cambiarán, como lo demuestra un aumento de la firmeza o rigidez, la pérdida de capacidad de retención de agua y la restauración de la cristalinidad que aumentan con el envejecimiento.

Por otro lado, Badui (2006) afirma que la retrogradación es un fenómeno que se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí por el enlace puente de hidrógeno a través de sus múltiples grupos hidroxilo; esto se puede efectuar por diversas rutas, según la concentración y de la temperatura del sistema.

La velocidad de la retrogradación depende de diversas variables, entre las cuales se encuentran: la relación molecular amilosa/amilopectina, las estructuras de las moléculas de amilosa y amilopectina; que vienen determinadas por la fuente botánica del almidón, la temperatura, la concentración de almidón; y por último, la presencia y concentración de otros ingredientes, como surfactantes y sales (Fennema, 2000).

Según Eliasson (2004), la estabilidad de algunos geles puede mejorarse con la adición de amilopectina, ya que esta evita la asociación de las moléculas de amilosa que conllevan la liberación de moléculas de agua unidas por puente de hidrogeno. El cambio se acompaña de un aumento de la opacidad, así como de la formación de agua libre, esta última se denomina sinéresis.

Inicialmente, el contenido de amilosa ejerce una fuerte influencia sobre el proceso de retrogradación; una gran cantidad de amilosa se asocia con una fuerte tendencia a la

retrogradación. Mientras que la amilopectina y los materiales intermedios influyen en el proceso de retrogradación durante el almacenamiento bajo refrigeración (Alcázar-Alay y Meireles, 2015).

2.2. ALMIDONES MODIFICADOS

2.2.1. PROCESOS DE MODIFICACIÓN

Bertolini (2010) afirma que la modificación química o física de un almidón nativo, acentúa las características positivas y disminuye las cualidades indeseables, como la excesiva viscosidad a tan poca cantidad de sólidos (ocasiona falta de textura), la alta susceptibilidad a la retrogradación (opacidad del gel y la baja estabilidad a la congelación-descongelación) y sobre todo la falta de tolerancia al proceso (temperatura, acidez, pH, esfuerzo de corte, entre otras).

La mayoría de las modificaciones físicas del almidón se realizan con calentamiento y con cizallamiento mecánico. Las propiedades obtenidas a través de estos tipos de modificaciones varían según la temperatura de tratamiento, el tiempo de calentamiento, y el origen botánico del almidón, pero son especialmente afectados por el contenido de humedad de almidón durante el tratamiento (Bertolini, 2010).

Por otro lado, la modificación física del almidón puede realizarse sola o en conjunto con reacciones químicas, con el objetivo de cambiar la estructura granular y convertir el almidón nativo en un almidón soluble en agua fría o en un almidón cristalino de menor tamaño (Cui, 2005).

La modificación química, que industrialmente es la forma más común de mejora de las propiedades del almidón nativo o modificado físicamente, implica la reacción o el tratamiento del almidón con reactivos químicos para introducir nuevos grupos sustituyentes, realizar una escisión molecular, promover la oxidación o el reordenamiento molecular (Bertolini, 2010).

Según Cui (2005), la modificación química puede llevarse a cabo en tres estados del almidón:

- En suspensión, donde el almidón se dispersa en agua, la reacción química se lleva a cabo en medio acuoso hasta que las propiedades deseadas sean logradas. Después, la suspensión se filtra, se lava y se seca.
- En un gel, donde el almidón se gelatiniza con productos químicos con poca agua, se agita el gel, y cuando se completa la reacción, el almidón se seca.
- En estado sólido, donde el almidón seco es hidratado con productos químicos en una solución acuosa, se seca, y finalmente se hace reaccionar a alta temperatura (≥ 100 °C).

Ramos, citado por Vargas (2015) menciona que la modificación de almidón, se produce debido a que los grupos hidróxilo disponibles de la amilosa y amilopectina presentan reactividad específica en los alcoholes; es decir, pueden ser oxidados y reducidos, de tal forma que participan en la formación de nuevos enlaces. Estos grupos pueden formar sales y participar en la formación de éteres y ésteres; por lo tanto, las características químicas y estructurales de las 16 moléculas que componen al almidón se modifican, a su vez mejoran ciertas propiedades que no son deseables en el almidón nativo.

Según Fennema (2000), el almidón, como todos los carbohidratos, puede sufrir reacciones en sus diversos grupos hidroxilo. En los almidones modificados sólo unos pocos de sus grupos hidroxilo son modificados. Normalmente, los grupos éster y éter son introducidos con bajos valores de grado de sustitución.

El grado de sustitución (GS) se define como el número medio de grupos hidroxilo esterificados o eterificados por unidad de monosacárido. Los valores de GS son habitualmente < 0.1 , y se encuentran en general en el intervalo 0.002-0.2. Así, por lo tanto, existe como medio un grupo sustituyente por cada 5-500 unidades D-glucopiranosilo (Fennema, 2000).

En el Cuadro 1, se muestran los diferentes tipos de modificaciones, tanto físicas y químicas, que se pueden hacer en los almidones según los tratamientos desarrollados por la industria y la descripción de la preparación para cada caso.

Cuadro 1: Tipos de almidón modificados y su preparación

MODIFICACIÓN	TIPO	PREPARACIÓN
Física	Tratamiento de calor y humedad	Tratamiento de calor-humedad: calentamiento del almidón a una temperatura por encima de su punto de gelatinización con humedad insuficiente para causar gelatinización. Recocado: calentamiento de una suspensión de almidón granular a una temperatura por debajo de su punto de gelatinización por prolongados periodos de tiempo.
	Pregelatinización	Almidones hinchables en agua fría: preparados usando secado de tambor, cocción por rocío, proceso de extrusión con disolventes bases.
	Hidrólisis parcial ácida	Tratamiento con ácido clorhídrico o ácido ortofosfórico o ácido sulfúrico.
Conversión	Hidrólisis parcial enzimática	Tratamiento en una solución acuosa a una temperatura por debajo del punto de gelatinización con uno o más enzimas amilolíticas de grado alimentario.
	Tratamiento alcalino	Tratamiento con hidróxido de sodio o hidróxido de potasio.
	Oxidación / blanqueamiento	Tratamiento con ácido peracético y/o peróxido de hidrógeno, o hipoclorito de sodio o sodio clorito o dióxido de azufre, o permanganato de potasio o persulfato de amonio.
	Piro-conversión (Dextrinización)	Pirodextrinas: Preparado por el tostado acidificado del almidón seco.

<<Continuación>>

	Esterificación	Hidroxipropil almidón: esterificación con óxido de propileno.
	Esterificación	<p>Acetato de almidón: esterificación con anhídrido acético o acetato de vinilo.</p> <p>Adipato acetilado de dialmidón: esterificación con anhídrido acético y anhídrido adípico.</p> <p>Almidón octenilsuccinato de sodio: esterificación por anhídrido octenilsuccínico.</p>
Derivación	Reticulación (<i>Cross-linking</i>)	<p>Fosfato de monoalmidón: esterificación con ácido ortofosfórico o sodio o tripolifosfato de sodio.</p> <p>Fosfato de dialmidón: esterificación con trimetafosfato de sodio u oxiclورو de fósforo.</p> <p>Fosfato de dialmidón fosfatado: combinación de tratamientos para fosfato monoalmidón y fosfato de dialmidón.</p>
	Doble modificación	<p>Fosfato de dialmidón acetilado: esterificación con trimetafosfato de sodio u oxiclورو de fósforo combinado por esterificación con anhídrido acético o acetato de vinilo.</p> <p>Fosfato de hidroxipropil dialmidón: esterificación por trimetafosfato de sodio u oxiclورو fósforo combinado con esterificación por óxido de propileno.</p>

FUENTE: Singh y Kaur (2015).

2.2.2. USO SEGURO DE ALMIDONES MODIFICADOS

Los almidones modificados son considerados aditivos alimentarios seguros. Según JECFA (2001), estos son los 16 almidones modificados y los números SIN con los que se identifican:

- Dextrina, Almidón tostado: N° SIN 1400
- Almidón tratado con ácido: N° SIN 1401
- Almidón tratado con álcalis: N° SIN 1402
- Almidón blanqueado: N° SIN 1403
- Almidón oxidado: N° SIN 1404
- Almidón tratado con enzimas: N° SIN 1405
- Fosfato de monoalmidón: N° SIN 1410
- Fosfato de dialmidón: N° SIN 1412
- Fosfato de dialmidón fosfatado: N° SIN 1413
- Fosfato de dialmidón acetilado: N° SIN 1414
- Acetato de almidón: N° SIN 1420
- Adipato de dialmidón acetilado: N° SIN 1422
- Hidroxipropil almidón: N° SIN 1440
- Fosfato de hidroxipropil dialmidón: N° SIN 1442
- Almidón octenilsuccinato sódico: N° SIN 1450
- Almidón oxidado acetilado: N° SIN 1451

2.3. USOS Y APLICACIONES DE LOS ALMIDONES

Como ingrediente multifuncional y fácil de usar, los almidones se encuentran ampliamente aplicados en la industria de alimentos y bebidas. Para la selección del almidón, se deben de considerar las propiedades de los alimentos que se desean lograr, además de la interacción con otros ingredientes en la formulación y el método de fabricación. En el Cuadro 2 se presentan las principales propiedades y algunas de las aplicaciones de los almidones modificados.

Cuadro 2: Propiedades y algunas aplicaciones de los almidones modificados

TIPO	PROPIEDADES	APLICACIONES
Pregelatinización	Dispersión en agua fría.	Útil en comidas instantáneas.
Hidrolisis parcial ácida o enzimática	Polímeros de peso molecular reducido, viscosidad reducida.	Útil en confitería, batidos y revestimientos alimenticios.
Oxidación	Baja viscosidad, alta claridad y estabilidad a baja temperatura.	Útil como aglutinantes y formadores de película.
Piroconversión	Baja o alta solubilidad dependiendo de la conversión, baja viscosidad, alto en azúcares reductores.	Útil como material de recubrimiento, como sustitutos de grasa.
Eterificación	Mayor claridad del gel, mayor viscosidad, sinéresis reducida y estabilidad en congelación y descongelación.	Se utiliza en salsas, rellenos de pastel de frutas y pudines.
Esterificación	Baja temperatura de gelatinización y baja retrogradación, menor tendencia a formar geles y mayor claridad del gel.	Útil en alimentos refrigerados y congelados, como estabilizadores de emulsión y para la encapsulación.
Reticulación	Mayor estabilidad de los gránulos hacia la hinchazón, a la alta temperatura, al alto cizallamiento y a condiciones ácidas.	Se utilizan como texturizantes en sopas, salsas, en panadería y productos lácteos.
Doble modificación	Estabilidad frente a la degradación ácida, térmica y mecánica y con retrogradación retardada.	Útil en alimentos enlatados, alimentos refrigerados y congelados, aderezos de ensalada, pudines y salsas.

FUENTE: Singh y Kaur (2015).

Tanto los almidones nativos como los almidones modificados tienen muchas posibles aplicaciones en los alimentos, que incluyen las siguientes: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente antienviejimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante (Fennema, 2000).

En el desarrollo de postres instantáneos, los almidones cumplen una función importante ya que no solo modifican la textura sino que pueden aportar otros atributos sensoriales al producto. En el Cuadro 3, se muestra algunas descripciones sensoriales claves junto con ejemplos de cómo se pueden lograr tales atributos, que se deben de tomar en cuenta en el uso de los almidones en alimentos.

Cuadro 3: Atributos sensoriales de los almidones

CLASIFICACIÓN	ATRIBUTOS
Estructura	<p>Cohesivo: almidones nativos y altos en amilopectina o almidones sobre cocidos.</p> <p>Cuchareable: almidones reticulados, estabilizados o térmicamente inhibidos.</p> <p>Formador de gel: por la amilosa contenida en los almidones.</p>
Sensación bucal	Con revestimiento bucal: almidones hidroxipropilados.
Sabor	Realzador de sabor: almidones modificados de yuca o almidones térmicamente inhibidos.
Apariencia	<p>Transparente: óptima cocción y almidones altos en amilopectina.</p> <p>Opaco: almidones altos en amilosa.</p> <p>Liso: almidones reticulados, estabilizados o térmicamente inhibidos.</p> <p>Pulposo: almidones con molienda gruesa y pregelatinizados.</p> <p>Brillante: almidones hidroxipropilados, almidón de maíz céreo o de yuca.</p>

FUENTE: Eliasson (2004).

Como se mencionó antes, se pueden realizar más de una modificación para lograr funcionalidades diversas, como por ejemplo, lograr almidones que aporten textura y sean solubles en frío. Tales almidones se preparan mediante reticulación de un almidón nativo, seguido de un secado/cocción en secador de tambor y una molienda para obtener un tamaño específico (Cui, 2005).

Para productos como las mazamoras instantáneas, que tienen un pH ácido y que luego de su preparación pueden ser almacenadas a temperaturas de refrigeración, los almidones reticulados y eterificados pueden ser los adecuados para contrarrestar estos factores, respectivamente. Otra opción, es emplear un almidón con más de una modificación química que contribuya a minimizar los efectos causados por la temperatura y el bajo pH.

El tratamiento de reticulación estabiliza y refuerza el almidón granulado mediante la adición de enlaces, intra e intermoleculares, al azar en el gránulo. Geles de almidones reticulados tienen menos probabilidades de romperse con tiempos de cocción prolongados, aumento de la acidez o severo cizallamiento (Singh y Kaur, 2016).

Para mejorar aún más las propiedades y usos de los almidones, la doble modificación química ha sido introducida con el fin de optimizar la funcionalidad de los almidones. Generalmente, la doble modificación busca una combinación de factores químicos y físicos o químicos y enzimáticos, pero específicamente las modificaciones químicas implican el uso de dos tipos de modificación (por ejemplo acetilación y oxidación, reticulación y acetilación, reticulación e hidroxipropilación). La doble modificación es ampliamente utilizados en la industria alimentaria para obtener almidones con propiedades emulsionantes, aglutinantes y espesantes (Omodunbi y Temitope, 2014).

2.4. MAZAMORRA MORADA INSTANTANEA

2.4.1. DESCRIPCIÓN

La mazamorra es un postre popular de varios países latinoamericanos. La denominación proviene de la culinaria española, aunque se considera proveniente de las variadas tradiciones culinarias de las culturas indígenas precolombinas en las regiones donde se consume. La mazamorra es preparada de diferentes formas y con distintos ingredientes, dependiendo del país en el que se consume (Arteaga *et al.*, 2015).

La mazamorra morada en Perú es un postre del resultado del cocimiento del maíz morado, frutas, hierbas aromáticas, especias, azúcar, almidón de camote, de consistencia densa y textura gelatinosa (Espejo, 2007).

La mazamorra morada instantánea es un producto que asemeja las características del postre casero en cuanto color, sabor y textura; pero con una preparación mucho más rápida. En el mercado existen productos instantáneos en polvo o productos listos envasados en caliente.

2.4.2. PRINCIPALES INGREDIENTES

La mazamorra instantánea en polvo es un producto que básicamente se compone de almidón de papa y almidón de maíz principalmente, azúcar, ácido fumárico, edulcorantes artificiales o naturales no calóricos, saborizantes y colorantes.

A continuación, se enlistan los principales ingredientes y aditivos empleados en la formulación de los postres instantáneos tipo mazamorra, detallando sus características y funciones en el producto:

a. Almidones

Generalmente, en la formulación de este tipo de productos se emplea almidón de papa y almidón de maíz como agentes espesantes. Su uso puede realizarse en conjunto o de forma individual, sin embargo los geles obtenidos tendrán características diferentes. Según Phillips y Williams (2009), durante el proceso de gelificación, las soluciones al 5 por ciento de almidón de maíz forman geles opacos mientras que el almidón de papa forma geles claros y cohesivos.

Otra razón por la que se emplean en conjunto ambos almidones es la reducción de costos de la formulación, ya que generalmente el costo del almidón de maíz suele ser más bajo que el costo del almidón de papa. Esto se explica básicamente por las altas cantidades de agua que se requiere en el procesamiento de tubérculos y raíces en la extracción del almidón. Según Bertolini (2010), debido a su menor contenido de humedad, los cereales tienen un tiempo de vida en anaquel más largo y la extracción de su almidón es más fácil y rápido que en raíces y tubérculos. En la extracción de almidones de tubérculos hay grandes consumos de agua en las etapas de molienda,

decantación y lavado y estas grandes cantidades de agua se convierten en aguas residuales, que deben ser tratadas antes de ser liberadas al medio ambiente.

Por otro lado, Röper y Elvers, citados por Bertolini (2010), afirman que el maíz es la principal fuente de almidón en el mundo, seguida por la yuca, la papa y el trigo. Más del 70 por ciento del almidón producido en el mundo proviene del maíz. Sin embargo, el almidón de raíces y de tubérculos muestra propiedades reológicas y físicas particulares, tales como un gel transparente, alta viscosidad y menor retrogradación. Estos atributos son requeridos en la formulación de productos específicos, como es el caso de los postres instantáneos tipo mazamorra.

b. Azúcar

La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructuosa. No posee extremo reductor libre, por lo que es considerado un azúcar no reductor. Existen dos fuentes principales de sacarosa comercial: la caña de azúcar y la remolacha (Fennema 2000).

La cantidad de azúcar presente en los postres tipo mazamorra juega un papel importante durante la cocción de los almidones. Phillips y Williams (2009) afirma que en los sistemas de alto contenido de sólidos o con alto °Brix la presencia de sólidos solubles en agua, en particular los azúcares, pueden tener un efecto perjudicial sobre la hidratación del almidón; compitiendo por el agua necesaria para la hidratación. Así los azúcares pueden aumentar la temperatura de gelatinización del almidón, lo que hace más difícil cocinarlo y lograr la funcionalidad deseada.

Las propiedades reológicas de un gel de almidón-agua-azúcar son diferentes a las de un gel de almidón-agua. Según Eliasson (2006), se ha determinado que la viscosidad aparente de las suspensiones de almidón gelatinizado incrementa con el incremento de la concentración de sacarosa hasta cierto valor, y luego la viscosidad decrece.

c. Ácido fumárico

El ácido fumárico es el isómero del ácido maléico, ambos de fórmula empírica $C_4H_4O_4$ y peso molecular de 116.07 g/mol, variando su estructura molecular en el espacio. Se encuentra en frutas de forma natural y comercialmente se obtiene por isomeración del

ácido maléico, por oxidación del furfural o por un proceso de fermentación mediante especies de *Rhizopus* spp. sobre melazas (Cubero *et al.*, 2002).

Se puede encontrar en forma de cristales incoloros solubles en agua fría al 0.5 por ciento y en agua caliente al 10 por ciento, también es soluble en etanol al 6 por ciento e insoluble en aceites (Cubero *et al.*, 2002).

El ácido cítrico y tartárico son higroscópicos, mientras que el ácido fumárico no lo es. (Sortwell, 2004). Por esta razón se prefiere su uso en este tipo de productos, ya que el almidón de papa presenta humedades hasta de 18 por ciento (Alexander; citado Eliasson, 2004); lo cual puede generar problemas de compactación de los componentes presentes en la mezcla de mazamorra instantánea, como es el caso de algunos los ácidos orgánicos.

Adicionalmente, el ácido fumárico además de impartir sabor ácido, ayuda a resaltar el sabor presente en la formula, sobre todo las notas frutales. Según Fennema (2000), una de las funciones es intensificar la percepción del sabor de los agentes aromatizantes.

d. Edulcorantes

La mazamorra instantánea generalmente tiene un reemplazo parcial del azúcar por edulcorantes artificiales con el fin de lograr reducir el peso neto, lo que conlleva a una reducción del costo de producto.

Existe una gama amplia de edulcorantes no nutritivos que pueden ser empleados en la elaboración de las mazamoras instantáneas. Aldama, citado por Jordán (2012), indica que los edulcorantes no nutritivos satisfacen nuestra apetencia por el dulce sin aportar calorías. Los edulcorantes artificiales tienen características comunes: son muy bajos en calorías, aportan poco o ningún nutriente al organismo y tienen una potente capacidad de endulzar, hasta cientos de veces la del azúcar, por lo que confieren la dulzura requerida con una cantidad insignificante pero difieren en cuanto a su aporte de calorías, poder endulzante, la sensación que dejan en la boca, la duración del sabor y solubilidad.

En el mercado local, los más usados para estos tipos de productos suelen ser el Aspartame y Acesulfame K (edulcorantes artificiales):

- Acesulfame K

Este edulcorante es la sal potásica del 6-metil-1,2,3-oxatiazin-4(3H)-ona-2,2-dioxido. Según Cubero *et al.* (2002), industrialmente se puede conseguir la síntesis de este componente por vía: Condensación de fluorosulfonilisocianuro con acetoacetato de *tert*-butilo o con propilo o a partir de acetoacetamida, de síntesis más sencilla.

El acesulfame k ofrece un poder edulcorante de 130-200. Es muy soluble en agua a temperatura ambiente 270 g/L y aumenta con la temperatura, llegando a ser 1000 g/L a 100 °C. Este edulcorante es muy estable en soluciones acuosas en un amplio rango de pH y temperatura; además ofrece un dulzor que se percibe muy rápidamente pero también decae con facilidad (Cubero *et al.*, 2002).

- Aspartame

Es un edulcorante compuesto por el N-L-alfa-aspartil-L-fenilalanina-1002Dmetil éster. El aspartame tiene un poder edulcorante entre 120-200, sin residual. Es sinérgico con otros edulcorantes y presenta la particularidad de potenciar sabores a frutas ácidas (Cubero *et al.*, 2002).

Multón (2000) afirma que la solubilidad del aspartame en el agua es bastante débil, alrededor de 60 g/L a 20 °C. Por otro lado, que Cubero *et al.* (2002) menciona que su solubilidad depende del pH, en su punto isoeléctrico (5.2) es poco soluble en agua, alrededor de 1 por ciento pero la solubilidad aumenta cuando se aleja de este valor de pH ya sea acidificando el medio o aumentando el pH. Para potenciar su solubilidad en agua, se recurre a la forma de sal soluble.

e. Saborizantes:

Debido a que generalmente los postres instantáneos tipo mazamorra no emplean extractos en su composición, estos suelen tener saborizantes que permiten lograr el perfil del sabor casero. En este tipo de productos, suelen usarse saborizantes naturales o artificiales a extracto de maíz morado con notas a canela y clavo y jugo de piña, manzana y membrillo.

f. Colorantes:

Según Cubero *et al.* (2002), los colorantes naturales son extraídos de alguna fuente de origen animal o vegetal mientras que los colorantes artificiales son pigmentos obtenidos por síntesis química. Estos últimos, puede ser de dos clases: síntesis de moléculas nuevas o síntesis de moléculas iguales a las que se encuentran en el medio natural.

Las mazamoras instantáneas, al no contener extractos de maíz morado requieren de colorantes para lograr la tonalidad típica del postre casero. Los colorantes empleados en el mercado local son del tipo sintéticos, generalmente se usa el colorante azul brillante (SIN 133) y colorante rojo allura (SIN 129).

2.4.3. NORMATIVA APLICABLE

Según la FAO (2017) las mazamoras instantáneas están categorizadas como “Postres a base de cereales y almidón” (N° de categoría de alimento 06.5). En esta categoría se agrupan los postres que contienen como ingrediente principal cereales, almidón o granos.

Ejemplos de productos de esta categoría son: el pudín de arroz, el pudín de sémola, el pudín de tapioca, las bolas de harina de arroz (dango), un postre de pasta de harina de trigo fermentada con levadura y cocida al vapor (musipan) y un pudín a base de almidón (namagashi) que se consume como postre. La mazamorra instantánea en polvo por contener básicamente un almidón de papa y almidón de maíz, entraría en esta categoría.

Por otro lado, para el control microbiológico de los postres instantáneos tipo mazamorra morada, según MINSA (2008), en el Perú se debe de considerar la categoría IV.4 Mezclas en seco que requieren cocción (pudines, flanes, otros) de la Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01) que tiene como base legal el Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, aprobado por Decreto Supremo N° 007-98-SA.

III. DESARROLLO DEL TEMA

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DEL CASO DE ESTUDIO

Los postres instantáneos tienen la característica de ser prácticos, es decir, de rápida preparación y fáciles de poder hacer. Sin embargo, deben de tener las características sensoriales muy semejantes a las del postre casero para que sean aceptados por el consumidor. Esto ocurre, por ejemplo, en la preparación de mazamoras instantáneas; donde el sabor y la textura influyen en su percepción de naturalidad y finalmente en la aceptación del producto. Aquí, el reto está en lograr que el producto preparado tenga una textura no tan gomosa y consistente, y que sea ligeramente viscosa y elástica, para que pueda ser cuchareada sin problemas. Adicionalmente, debe soportar bajos valores de pH, manteniendo las propiedades recién señaladas, para lograr el sabor característico del postre casero.

Generalmente, las mazamoras instantáneas son consumidas en su totalidad una vez preparadas, sin embargo, existe una parte de los consumidores que suele guardar el producto en refrigeración para comerlo al día siguiente. Luego de este periodo de almacenamiento a bajas temperaturas, se observa que el producto se vuelve más opaco, gana mucha consistencia y tiene una textura grumosa. Estos cambios están asociados a la retrogradación de los almidones nativos presentes en su composición, lo que representa un problema ya que acorta el tiempo de vida del producto preparado.

Estos cambios en la mazamorra se evidencian luego de que el producto es refrigerado, por lo que mejorar la estabilidad del producto luego del periodo de refrigeración representa una oportunidad.

Según Singh y Kaur, (2015), los almidones con doble modificación, como el fosfato de hidroxipropil dialmidón, presentan estabilidad frente a la degradación ácida, térmica y mecánica y retrogradación retardada durante el almacenamiento; por lo que suelen usarse en alimentos enlatados, alimentos refrigerados y congelados, ensalada aderezos, pudines y salsas. Por lo antes mencionado, este tipo de almidones serían los

recomendados para mejorar el desempeño de los postres como las mazamoras que pasan por periodos de refrigeración y que tienen pH ácido.

3.2. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

En base a la problemática planteada y la revisión bibliográfica, se plantea la siguiente hipótesis:

El reemplazo del almidón de maíz por el fosfato de hidroxipropil dialmidón (almidón modificado) reduce los efectos negativos de la retrogradación de los almidones nativos en la mazamorra instantánea.

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales empleados en la preparación de las muestras fueron los siguientes:

- Materiales de vidrio diversos (vasos beaker de 100, 200 y 1000 ml, baguetas, placas Petri)
- Bolsas Ziploc de polietileno
- Olla de teflón con capacidad de 2 L
- Currara de palo
- Vasos descartables de 3 onzas

Los equipos empleados en la evaluación de las muestras fueron los siguientes:

- Balanza analítica. Explorer OHAUS® Corporation. USA
- Cocina casera con suministro de gas de 4 hornillas LG
- Termómetro digital HANNA
- Potenciómetro SevenCompact™ S220 marca Mettler Toledo, Suiza.
- Refrigeradora-Congeladora. General Electric®. China
- Consistómetro Bostwick marca ANAME. España.
- Viscosímetro Brookfield modelo RVDV-II+ Pro. USA.
- Cámara Canon modelo réflex EOS T6

3.3.2. MATERIAS PRIMAS:

Las muestras empleadas en las formulaciones fueron las siguientes:

- Base de mazamorra instantánea sin almidones (mezcla de azúcar, ácido fumárico, mix de edulcorantes, mix de colorantes y saborizante).
- Almidón de papa
- Almidón de maíz
- Fosfato de hidroxipropil dialmidón a base de maíz céreo
- Fosfato de hidroxipropil dialmidón a base de maíz dent
- Fosfato de hidroxipropil dialmidón a base de papa

3.3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

a. Medición de la consistencia

Se empleó el consistómetro Bostwick, el cual mide la distancia recorrida por una cantidad definida de producto sobre una superficie plana paralela al suelo en un intervalo de tiempo de 30 segundos. Los resultados son expresados en centímetros. Los pasos seguidos en la medición se detallan en el Anexo 1.

b. Medición de la viscosidad aparente

La viscosidad aparente fue medida tomando como referencia la metodología seguida por Bello-Pérez *et al.* (2002) con modificaciones. La viscosidad aparente se midió con un viscosímetro Brookfield modelo RVDV-II +Pro, USA; para ello se empleó un *spindle* número 4 para la medición a las cuatro horas luego de la preparación y el número 5 para la medición a las 28 horas luego de la preparación. Se registraron los valores de viscosidad aparente obtenidos empleando la velocidad de 1, 2, 5, 7.5, 10, 15 y 20 rpm a 20 °C en cada caso. Los pasos seguidos se detallan en el Anexo 2.

c. Medición del pH

Se midió el pH de las muestras de mazamoras preparadas de acuerdo a la formulación establecida haciendo uso de un potenciómetro modelo SevenCompact™ S220 marca Mettler Toledo, Suiza. Los pasos seguidos en la medición se detallan en el Anexo 3.

d. Evaluación sensorial

Se realizó la prueba descriptiva de perfil de textura, que tiene como objetivo describir la calidad de un producto en función a la intensidad de los descriptores de textura identificados en la mazamorra instantánea, empleando una escala lineal no estructurada de 10 cm. La evaluación sensorial fue realizada exclusivamente por un panel entrenado conformado por ocho participantes, los cuales llevaron un entrenamiento previo para reconocer las principales características de la mazamorra instantánea. Las características evaluadas fueron: brillo, gomosidad, sensación bucal (*mouthfeel*), granulosis (grumos) y elasticidad.

Posteriormente, se tuvo una reunión antes de la evaluación para definir los alimentos anclas que serían usados en la escala. En la evaluación se usó de la cartilla que se visualiza en el Anexo 4 y los resultados fueron esquematizados en un gráfico radial.

e. Registro de imágenes

Se registraron las imágenes del aspecto de las mazamoras para lo cual se empleó una cámara Canon modelo Reflex EOS T6 para capturar las imágenes del producto preparado en un vaso de plástico transparente de 3 onzas sobre una superficie blanca, a las mismas condiciones de temperatura y luz, al tiempo cero y a las 28 horas de la preparación.

3.4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL CASO DE ESTUDIO

A continuación se desarrolla la metodología empleada en el caso de estudio dividido en dos etapas: (a) elaboración de la mazamorra morada instantánea y (b) el acondicionamiento del producto preparado para su evaluación.

a. Elaboración de la mazamorra morada

Se prepararon las mezclas de mazamorra instantánea en polvo a nivel laboratorio, reemplazando la cantidad de almidón de maíz por el almidón modificado en una relación 1:1. Las formulaciones del producto patrón y de los tratamientos se muestran en el Cuadro 4, considerando el volumen final de producto preparado que se desea.

Cuadro 4: Formulaciones del producto patrón y de los tres tratamientos

INGREDIENTES	PORCENTAJE (P/V)			
	P	T 1	T2	T3
Almidón de papa	4.00	4.00	4.00	4.00
Almidón de maíz	1.00	-	-	-
Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz céreo)	-	1.00	-	-
Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz dent)	-	-	1.00	-
Fosfato de hidroxipropil dialmidón (papa)	-	-	-	1.00
Azúcar blanca	8.15	8.15	8.15	8.15
Colorante mix (rojo allura, azul brillante)				
Ácido Fumárico				
Acesulfame K				
Aspartame				
Sabor a chicha morada				

Las muestras fueron preparadas según las indicaciones señaladas en la etiqueta del producto. De esta forma, se simuló la preparación que sigue el consumidor, obteniéndose el producto como normalmente es consumido. De esta manera, la evaluación se realizó en el producto preparado que es donde ocurren los cambios descritos anteriormente.

Cabe señalar que el método de preparación de las muestras señalado por Bello-Pérez *et al.* (2002) para la evaluación de la viscosidad aparente difiere al usado, ya que en el mismo se indica preparar una solución de almidón al 5 por ciento (p/v) en agua destilada y colocarla en un baño de agua hirviendo (100 °C) con agitación constante por 30 minutos y posteriormente, enfriar el gel obtenido a temperatura ambiente. Sin embargo, esta metodología es empleada para evaluar almidones puros; en el caso del presente trabajo, el objetivo fue evaluar el comportamiento de un producto final como

es la mazamorra instantánea. La cual lleva ácido fumárico en su composición, por lo que el efecto de la temperatura alta, el tiempo prolongado de cocción y el pH ácido podrían generar efectos combinados sobre los parámetros evaluados.

A continuación se detalla el procedimiento que se realizó para la preparación de la mazamorra instantánea:

- Pesar la cantidad de insumos según el porcentaje correspondiente considerando 2000 ml de producto terminado. Homogenizar la mezcla.
- Disolver el producto en 750 ml de agua a temperatura ambiente.
- Poner a calentar 1250 ml de agua en la cocina. Una vez el agua empiece hervir a 100 °C, agregar la primera mezcla y agitar constantemente.
- Seguir calentando el producto y mantener a 100 °C por un minuto.
- Retirar la muestra de la cocina y vaciarla en recipientes de vidrio de 100 ml para la medición de la consistencia y pH, en vasos de 500 ml para la medición de la viscosidad aparente y en vasos de plástico de 3 onzas para la evaluación sensorial.

b. Acondicionamiento de las muestras

El acondicionamiento de las muestra se realizó considerando los tres tiempos en las que fueron evaluadas (a 0, 4 y 28 horas luego de su preparación). El procedimiento realizado se detalla a continuación:

- Para la evaluación al tiempo cero:
 - Dejar enfriar la mazamorra instantánea al medio ambiente (20 °C) hasta que su temperatura descienda a 50 °C.
 - Retirar la película de mazamorra gelificada de la superficie, que se forma al enfriarse el producto, ya que esto podría distorsionar los resultados.
 - Realizar las evaluaciones.
- Para la evaluación a cuatro horas de la preparación:
 - Dejar enfriar la mazamorra instantánea a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas y hasta que su temperatura descienda a 20 °C.

- Retirar la película de mazamorra gelificada de la superficie y realizar las evaluaciones.
- Para la evaluación a 28 horas de la preparación:
 - Dejar enfriar la mazamorra instantánea a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas, luego llevar a refrigeración (5 °C) por 20 horas, finalmente sacar de la refrigeradora y dejar a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas hasta llegar a una temperatura final de 20 °C.
 - Retirar la película de mazamorra gelificada de la superficie.
 - Realizar las evaluaciones.

c. Esquema del desarrollo del caso

El esquema de la evaluación con los pasos seguidos para abordar caso de estudio se muestra en el Cuadro 5.

En la evaluación se consideró los tiempos en que normalmente es consumido el producto luego de su preparación. Idealmente, el producto se prepara por las tardes (16 h) y es consumido tibio (50 °C), puede ser consumido nuevamente en la cena, a las 20 h (cuatro horas luego de su preparación) y finalmente el producto restante es comúnmente almacenado en una refrigeradora (a 5 °C) para ser consumido al día siguiente.

Para el caso práctico del estudio se consideró un tiempo total de 20 horas en refrigeración y cuatro horas de temperado a temperatura ambiente, que es lo que comúnmente hace el consumidor para poder volver a comer el producto.

Por lo tanto, el diseño de las evaluaciones para abordar el caso práctico se basó en evaluar tres tipos de fosfato de hidroxipropil dialmidón de diferente fuente: de papa, de maíz dent y de maíz céreo en la fórmula de mazamorra instantánea, reemplazando la cantidad total de almidón de maíz. Se midió el pH, la consistencia, la viscosidad aparente y se hizo una evaluación sensorial de los principales atributos de la mazamorra instantánea. Las evaluaciones se realizaron en diferentes tiempos: cuando el producto está recién preparado a 50 °C (tiempo cero), a 20 °C luego de cuatro horas expuesto a temperatura ambiente (tiempo de cuatro horas) y finalmente luego de pasar por el periodo de refrigeración a 5 °C y temperado a 20 °C (tiempo de 28 horas).

Cuadro 5: Esquema del desarrollo del caso de estudio

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3
	Caracterización de la mazamorra instantánea a cero horas de su preparación a 50 °C	Caracterización de la mazamorra instantánea a cuatro horas de su preparación a 20 °C	Caracterización de la mazamorra instantánea a 28 horas de su preparación a 20 °C (20 horas a 5 °C y cuatro horas a 20 °C).
Tratamientos	<p>Fórmula patrón y almidones modificados:</p> <p>T1: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz céreo)</p> <p>T2: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz dent)</p> <p>T3: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (papa)</p>	<p>Fórmula patrón y almidones modificados:</p> <p>T1: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz céreo)</p> <p>T2: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz dent)</p> <p>T3: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (papa)</p>	<p>Fórmula patrón y almidones modificados:</p> <p>T1: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz céreo)</p> <p>T2: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (maíz dent)</p> <p>T3: Fosfato de hidroxipropil dialmidón (papa)</p>
Medición de la respuesta	Consistencia, perfil de textura e imágenes.	Consistencia, viscosidad aparente, perfil de textura y pH.	Consistencia, viscosidad aparente, perfil de textura, pH e imágenes.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. pH DE PRODUCTO PREPARADO

Se midió el pH de los tratamientos y del patrón a las 4 y 28 horas de su preparación con el objetivo de evaluar el comportamiento en el tiempo. Los valores de pH obtenidos se observan en el Cuadro 6.

El pH inicial obtenido en las muestras se encuentran entre 3.22 a 3.27, lo que coloca al producto dentro de los productos considerados como ácidos. Estos valores se encuentran por debajo de lo obtenido por Jordán (2012) para mazamoras preparadas a partir de concentrados de maíz y acidificadas con zumo de limón con sustitución parcial de azúcar y almidón por sucralosa y carragenina, respectivamente (pH = 3.4).

Luego del periodo de evaluación se observó que no existe variación del pH de las mazamoras (patrón y tratamientos) en función de las horas, ni en el patrón ni en los tres tratamientos sometidos a evaluación.

Jordán (2012) afirma que en su evaluación de estabilidad de mazamoras con sustitución parcial de azúcar y almidón almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración no se evidenciaron variaciones del pH en función del tiempo; sin embargo, notó que los valores promedios del pH de las muestras en refrigeración tienden a ser menores en comparación al de las muestras a temperatura ambiente.

Cuadro 6: pH de mazamoras a cuatro horas y a 28 horas de su preparación

MUESTRA	pH	
	A 4 HORAS	A 28 HORAS
Patrón	3.23	3.24
T1	3.20	3.22
T2	3.27	3.25
T3	3.22	3.26

Los cambios en el valor de pH son importantes para entender el comportamiento y los cambios producidos en el producto, por ejemplo, en la viscosidad de la mazamorra. Según Phillips y Williams (2009), la viscosidad puede variar significativamente en función del pH, no sólo para el almidón nativo sino también para el almidón modificado; el ácido ocasiona que el gránulo de almidón se hinche más fácilmente y, en condiciones extremas de pH (por ejemplo, pH 2.5), la cocción puede conducir a una ruptura prematura de los gránulos junto con una caída de la viscosidad.

En el caso de los postres tipo mazamorra, el valor de pH tan bajo es requerido para acentuar las notas del sabor a chicha morada y frutas. Por lo que, este factor es importante en la selección del almidón nativo o modificado que se quiera usar (Phillips y Williams, 2009).

3.4.2. CONSISTENCIA DE LAS MAZAMORRAS

Se evaluó la consistencia de los tratamientos y del patrón empleando un consistómetro Botswick en tres tiempos diferentes para ver el comportamiento de la mazamorra bajo las situaciones antes descritas. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Valores de la consistencia (cm) de las mazamorras instantáneas

MUESTRA	CERO HORAS	CUATRO HORAS	28 HORAS
Patrón	12.4 ± 0.2	9.6 ± 0.2	3.9 ± 0.2
T1	13.9 ± 0.2	10.3 ± 0.4	5.1 ± 0.5
T2	11.1 ± 0.2	7.6 ± 0.2	4.9 ± 0.2
T3	13.1 ± 0.2	10.3	5.5

Al tiempo cero, la mazamorra con almidón modificado a base de maíz céreo (T1) en promedio presenta un valor de 13.9 cm recorridos en 30 segundos, por el otro lado, la mazamorra con almidón modificado a base de maíz dent (T2) presenta un valor promedio de 11.1 cm recorridos en 30 segundos. Esto quiere decir que, el almidón modificado a base maíz dent aporta mayor consistencia al producto que el almidón modificado de maíz céreo. El producto patrón obtuvo una consistencia intermedia, con

12.4 cm recorridos en 30 segundos. Según Phillips y Williams (2009), el almidón de maíz céreo no contiene amilosa permitiendo de este modo que los gránulos se hinchen libremente a un pico de viscosidad, para que finalmente se produzca, no un gel, sino una espesa dispersión de amilopectina coloidal.

Luego de cuatro horas a temperatura ambiente, las mazamoras terminan de gelificar, evidenciándose el aumento de la consistencia en comparación a la medición inicial. Sin embargo, se observa que la mazamorra instantánea del T2 sigue siendo la más consistente y los demás tratamientos tienen consistencia similar.

Los valores de consistencia obtenidos por Jordán (2012) para una mazamorra estándar elaborada solo con almidón de papa nativo al 7.7 por ciento (p/v) y una mazamorra con sustitución parcial con almidón de papa nativo al 6.8 por ciento (p/v) con carragenina iota al 0.29 por ciento (p/v), fueron de 5.6 y 8.6 cm, respectivamente. Estos valores están por encima de lo obtenido en las mediciones a cuatro horas de preparación, posiblemente por la menor cantidad de almidones en las fórmulas de las mazamoras instantáneas.

Al final de la evaluación, el producto más consistente fue el producto patrón, recorriendo 3.9 cm en 30 segundos. Entre las mazamoras con almidones modificados, en promedio, la mazamorra con almidón modificado a base de papa (T3) es el producto menos consistente (5.5 cm en 30 segundos).

3.4.3 VISCOSIDAD APARENTE

La viscosidad aparente se midió empleando el equipo Bookfield RVDV-II+ Pro a diferentes velocidades. En los Cuadros 8 y 9 se observan los valores de la viscosidad aparente obtenida de la muestra patrón y de los tres tratamientos. Como se observa, en las cuatro mazamoras, en los dos tiempos de evaluación (4 y 28 horas), a medida que se incrementa la velocidad de medición la viscosidad aparente disminuye. Es decir, todas las mazamoras mostraron un comportamiento no newtoniano. Según Jordán (2012), la mazamorra morada con sustitución parcial de azúcar y almidón tiene un comportamiento no newtoniano del tipo pseudoplástico. Resultados similares se obtuvieron en los estudios realizados por Bello-Pérez *et al.* (2002) en almidón de

plátano nativo y modificado, por Martínez *et al.* (2015) en almidones de diferentes variedades de papa y por Vargas (2015) en almidón de papa nativo y modificado.

Fennema (1993) afirma que el comportamiento pseudoplástico de los geles de almidón indica una ruptura continua y una reorganización de la estructura, dando como resultado una disminución a la resistencia de flujo, esto sucede debido a que los gránulos hinchados son fácilmente desintegrados mediante la agitación.

Las investigaciones consultadas (Bello-Pérez *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2005 y Vargas, 2015) reportan valores de viscosidad aparente medidas con una velocidad de 7 rpm, por lo que se seleccionaran los valores obtenidos con la velocidad 7.5 rpm (velocidad determinada en el equipo) para poder discutir los resultados de forma más objetiva. Como se observa en el Cuadro 8, la mazamorra con almidón modificado a base de maíz dent (15 200 mPa.s) obtuvo el valor más alto a comparación del patrón. Siendo similares los valores obtenidos entre el patrón (10 053 mPa.s) y la mazamorra con almidón modificado a base de maíz céreo (9973 mPa.s).

Cuadro 8: Viscosidad aparente de las mazamorras a cuatro horas de su preparación

RPM	Patrón	T1	T2	T3
	mPa.s	mPa.s	mPa.s	mPa.s
1	33 800	28 400	53 200	22 800
2	21 800	18 800	33 500	16 600
5	12 820	11 920	19 160	10 320
7.5	10 053	9973	15 200	8693
10	8500	8543	13 020	7620
15	6960	7347	10 693	6440
20	6020	6590	9280	5690

Vemos que la diferencia del contenido de amilopectina, entre el almidón de maíz dent y céreo, finalmente influye en la reología del gel formado. Respecto a esto, Perez y Bertoft, citados por Omodunbi y Temitope (2014), afirman que la amilosa tiene una alta tendencia a retrogradar y produce geles duros y películas fuertes; en contraste, la amilopectina cuando se dispersa en agua, es más estable y produce geles blandos y películas débiles. Esto explica porque la mazamorra que emplea el almidón modificado a base de maíz céreo tiene menor viscosidad que la que emplea almidón modificado a base de maíz dent, el gel formado junto con el almidón de papa es más suave y menos viscoso. Según Eliasson (2006), los almidones de maíz céreo contienen cantidades pequeñas de amilosa, entre 1.4 a 2.7 por ciento, siendo la amilopectina el componente principal.

Por otro lado, la mazamorra con almidón modificado a base papa (8693 mPa.s) fue la menos viscosa. Estos valores son similares a lo reportado por Martinez *et al.* (2015) para almidón de papa nativo de la variedad Solischa (9107 ± 2295 mPa.s), sin embargo se encuentran muy por debajo del resto de las variedades evaluadas en el mismo estudio, donde el máximo valor obtenido fue de $33\ 080 \pm 960$ mPa.s para la variedad Combe. Esto puede explicarse básicamente por el bajo pH de la mazamorra.

En el Cuadro 9 se observan los valores de viscosidad aparente de las muestras luego del almacenamiento a 5 °C por 24 horas y posteriormente a 20 °C por cuatro horas. Los resultados no guardan la misma tendencia de los resultados obtenidos en las primeras cuatro horas del producto preparado.

Como se aprecia, a la medición de 7.5 rpm, el producto patrón obtuvo el valor más alto de viscosidad aparente (13 120 mPa.s), mientras que los tratamientos disminuyeron su valor versus la primera medición. Esto quiere decir que el producto patrón aumenta su viscosidad aparente durante su almacenamiento mientras que la viscosidad aparente de las mazamorras con almidones modificados suele disminuir, comparado con la medición a las cuatro horas de la preparación.

Los resultados de la viscosidad aparente guardan relación con los resultados obtenidos en la medición de la consistencia. El patrón, al final de la evaluación, es la mazamorra más viscosa y la más consistente a comparación de los tratamientos con almidones modificados. Esto puede ser explicado por el efecto de la retrogradación de los

almidones nativos presentes en la formulación. Según Swinkels; citado por Halley y Averous (2014), algunos efectos de la retrogradación de los geles o soluciones de almidón nativos son el aumento de la viscosidad, precipitación de partículas de almidón insolubles, formación de geles y sinéresis de agua del gel.

Cuadro 9: Viscosidad aparente de las mazamoras a 28 horas de su preparación

RPM	Patrón	T1	T2	T3
	mPa.s	mPa.s	mPa.s	mPa.s
1	43 600	32 200	30 600	23 200
2	28 100	19 700	19 300	15 700
5	16 160	11 040	10 920	9240
7.5	13 120	8867	8513	7440
10	11 900	7540	7260	6380
15	9987	6160	5813	5040
20	8130	5290	4970	4340

El efecto de la retrogradación de los almidones se ven en un corto tiempo ya que la temperatura de almacenamiento es muy baja. Según Eliasson (2006), la retrogradación es muy afectada por la temperatura de almacenamiento, ya que el almacenamiento de geles de almidón 45 a 50 por ciento de contenido de agua a bajas temperaturas pero por encima de la temperatura de transición vítrea ($T_g = -5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) aumenta la retrogradación en comparación con almacenamiento a temperatura ambiente, especialmente durante los primeros días de almacenamiento.

Por otro lado, la retrogradación se da en diferentes intensidades, una de las causas están relacionada con la fuente botánica del almidón. Los almidones de cereales generalmente tienen la desventaja de tener menor resistencia frente a la retrogradación, comparados con otros almidones, como el de papa y tapioca (Eliasson, 2004). En el caso de la mazamorra instantánea patrón, el almidón de maíz podría estar retrogradando de forma

más rápida y generando mayores impactos negativos sobre el producto preparado, ya que el almidón de papa suele ser más estable. Respecto a esto, Fennema (2000) afirma que el enfriamiento de los geles de almidón de maíz caliente resulta en la formación de un gel rígido y firme.

La mazamorra con almidón modificado de papa finalmente fue el que tuvo una menor viscosidad aparente al final de la evaluación (7440 mPa.s) en comparación con los otros dos tratamientos. Según Alcázar-Alay y Meireles (2015), las características del almidón nativo y las fuentes botánicas del almidón son factores críticos que rigen el comportamiento y las características del gel de almidón modificado en su aplicación.

3.4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó la evaluación sensorial para registrar los atributos de las mazamoras al inicio de su preparación y durante su almacenamiento. Encontrándose que el patrón fue el que más cambios mostró, sobre todo en su característica de granulosis. (Anexo 5).

En la Figura 2 se observa que, en la primera evaluación a las cero horas de la preparación no se evidencian grandes diferencias entre el patrón y los tratamientos a nivel sensorial. Las muestras presentaron similares resultados en cuando a las características de brillo, gomosis, granulosis.

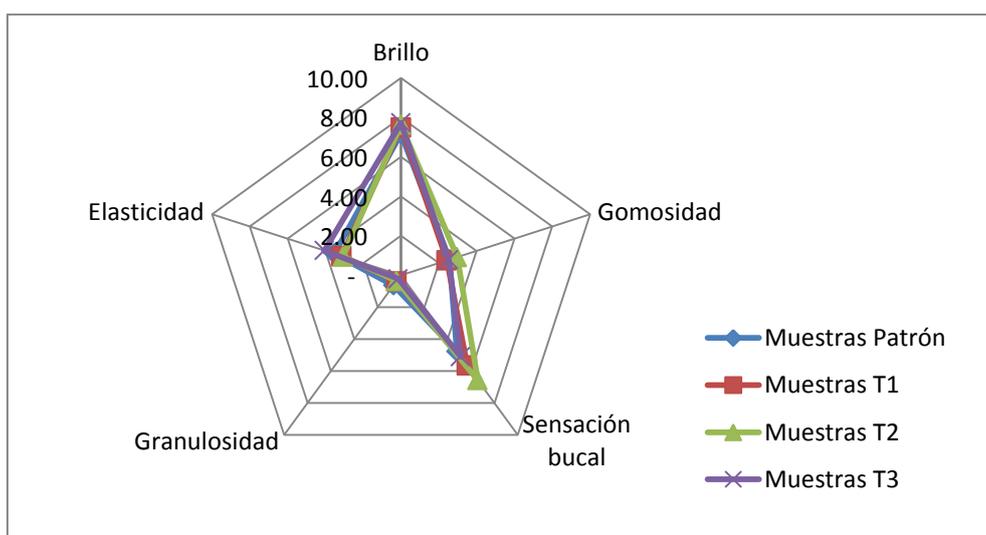


Figura 2: Resultados del perfil de textura de las mazamoras instantáneas a cero horas de su preparación

Por otro lado, la muestra de mazamorra con almidón modificado a base de maíz dent fue percibida con mayor sensación bucal, respecto a los demás tratamientos y el patrón.

A las cuatro horas luego de la preparación se empiezan a ver algunas diferencias entre el patrón y los tratamientos evaluados. En la Figura 3 se esquematiza el gráfico radial obtenido en la evaluación de las mazamoras a las cuatro horas de preparación a 20 °C, aquí se observa que el patrón es la muestra que presenta mayor granulosidad a comparación de los tratamientos, esto se puede explicar por la retrogradación de los almidones nativos que ocurre durante el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente.

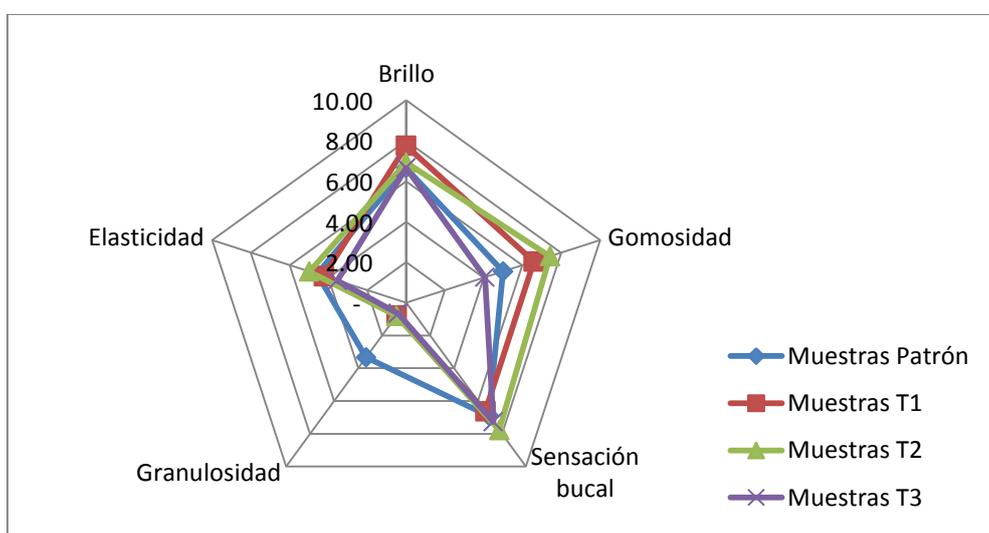


Figura 3: Resultados del perfil de textura de las mazamoras instantáneas a cuatro horas de su preparación

Por otro lado, la mazamorra con almidón modificado a base de maíz dent nuevamente fue percibida como la más gomosa y con mayor sensación bucal. Esto puede ser explicado por el tipo de almidones modificados usados. Según Phillips y Williams (2009), una de las características sensoriales de los almidones modificados con hidroxipropil es que pueden aumentar la sensación bucal del alimento en el que se apliquen.

Como se ve en la Figura 4, a las 28 horas de evaluación, luego del periodo de refrigeración, todas las muestras presentaron una disminución en la característica de elasticidad (valores menores a 1). Además, se observa que el producto patrón es el más

granuloso (mayor presencia de grumos), mientras que la muestra menos granulosa fue la mazamorra con almidón modificado a base de papa (menor presencia de grumos). Finalmente, la muestra con almidón modificado a base de maíz dent se mantiene como la muestra con mayor sensación bucal pero también es la más gomosa, esta última características no es precisamente lo que se busca en un postre del tipo mazamoras, ya que no es característico del postre casero.

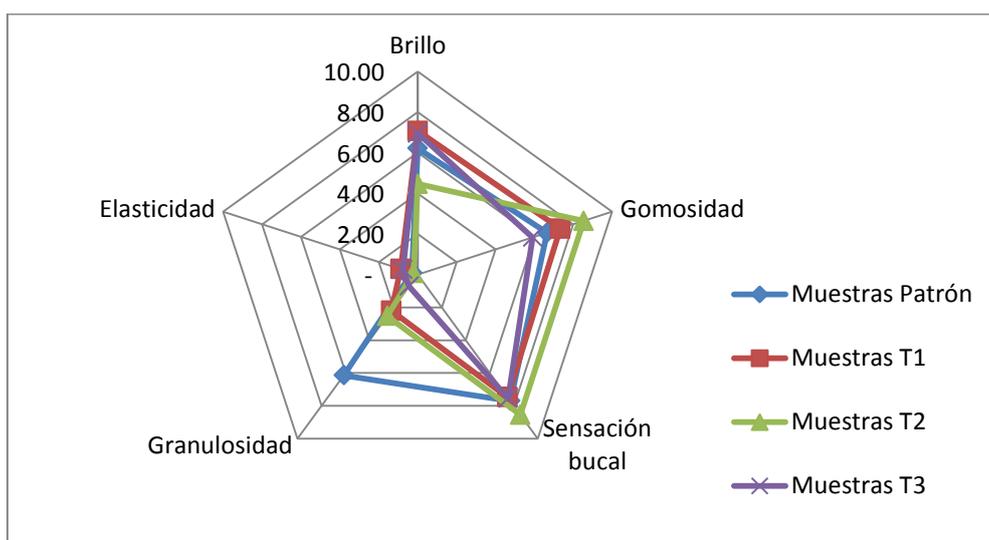


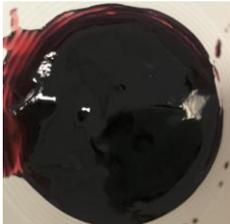
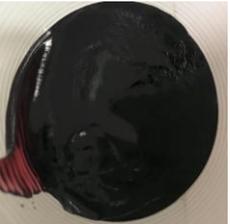
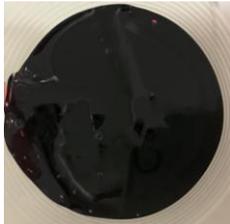
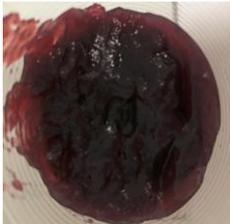
Figura 4: Resultados del perfil de textura de las mazamoras instantáneas a 28 horas de su preparación

3.4.5 REGISTRO DE IMÁGENES DEL PRODUCTO

Como se observa en el Cuadro 10, al inicio de la evaluación (cero horas) las mazamoras no muestran presencia de grumos, sin embargo al final (a 28 horas), el patrón y los tratamientos 2 y 3 mostraron una textura granulosa y ligeramente opaca, mientras que el T3 muestra una textura poco granulosa.

La granulosidad elevada y disminución del brillo del producto patrón se explica por el comportamiento de los almidones nativos durante la retrogradación. Según Halley y Averous (2014), la cadena de eventos de la retrogradación de las soluciones de almidón puede causar aumento de la viscosidad, desarrollo de opacidad y turbidez, precipitación de partículas de almidones insolubles.

Cuadro 10: Aspecto inicial y final de las mazamorras evaluadas

Horas	Producto patrón	Mazamorra con Fosfato de hidroxipropil dialmidón a base de maíz céreo (T1)	Mazamorra con Fosfato de hidroxipropil dialmidón a base de maíz dent (T2)	Mazamorra con Fosfato de hidroxipropil dialmidón a base papa (T3)
cero horas				
28 horas				

Estos resultados están relacionados con los tipos de geles que forman las diferentes fuentes de almidón, lo cual impacta en la textura de la mazamorra instantánea. Según Phillips y Williams (2009), durante el proceso de gelificación, las soluciones al 5 por ciento de almidón de maíz forman geles opacos mientras que el almidón de papa y del maíz céreo forma geles claros y cohesivos.

Relacionando los resultados de las mediciones de consistencia, viscosidad y de la evaluación sensorial, podemos decir que la mazamorra instantánea con almidón modificado a base de papa formó un gel menos consistente, menos viscoso y menos granuloso al final de la evaluación a 28 horas luego de su preparación, es decir, reduce en cierta forma los efectos negativos de la retrogradación en la mazamorra. Sin embargo, se observa que en este producto, al igual que los otros, disminuye su elasticidad luego de la refrigeración.

IV. CONCLUSIONES

- Al tiempo de 28 horas, la mazamorra con sustitución con almidón modificado de papa fue la que mostró mejores resultados, obteniéndose unos valores de consistencia y viscosidad de 5.5 cm/30 s y 7440 mPa.s, respectivamente; y un puntaje de 0.71 en una escala lineal no estructurada de 10 cm para el atributo de granulosidad (poco grumoso) en comparación del patrón que obtuvo una consistencia y viscosidad de 3.9 cm/30 s y 13 120 mPa.s, respectivamente; y un puntaje de 6.64 para el atributo de granulosidad (muy grumoso).
- El producto patrón y los tres tratamientos mostraron una muy baja elasticidad (<1 , en una escala lineal no estructurada de 10 cm) luego de 28 horas de su preparación.
- La aplicación de los fosfatos de hidroxipropil dialmidón a base de maíz dent y de maíz céreo no disminuyeron en gran proporción, comparados con el de papa, la presencia de grumos en la mazamorra luego de 28 horas de su preparación.
- La aplicación del fosfato de hidroxipropil dialmidón a base de maíz dent aumenta en mayor intensidad la característica de gomosidad en las mazamorras instantáneas, lo cual no es lo que se busca en este tipo de productos.
- El pH de la mazamorra instantánea no mostró variación por la sustitución del almidón de maíz por fosfatos de hidroxipropil dialmidón de diferentes fuentes, ni luego del periodo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración.

V. RECOMENDACIONES

- Evaluar una nueva fuente de almidón que ayude a mantener las características de elasticidad de la mazamorra durante su almacenamiento.
- Realizar la evaluación de la sustitución parcial del almidón de papa además de la sustitución total del almidón de maíz.
- Determinar las características funcionales de los almidones y de las mazamoras instantáneas: solubilidad, capacidad de absorción de agua, claridad, sinéresis en refrigeración y estabilidad al congelamiento.
- Realizar el análisis de perfil de textura (TPA) a los geles empleados y a las mazamoras evaluadas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcázar-Alay, S; Meireles, M. 2015. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology* 35(2):215-236.
- Arteaga, M; Andrade, R; Durango D; Mosquera, J. 2015. Proceso de Elaboración de Mazamorra de Plátano. *Información tecnológica* 26(4):45-52.
- Badui, S. 2006. *Química de los alimentos*. 4 ed. México, Pearson educación. 736 p.
- Bello-Pérez, L; Contreras, S; Romero, R; Solorza J; Jiménez, A. 2002. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia* 36(2):169-180.
- Bertolini, A. 2010. *Starches: characterization, properties and Applications*. Florida, Estados Unidos, CRC Press: Taylor & Francis Group. 276 p.
- Cubero, N; Monferrer, A; Villalta, J. 2002. *Aditivos alimentarios*. Madrid, España, Multi prensa. 240 p.
- Cui, S. 2005. *Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*. Florida, Estados Unidos, CRC Press: Taylor & Francis Group. 411 p.
- Eliasson, A. 2004. *Starch in food: structure, function and applications*. 1 ed. England, Cambridge: Woodhead Published. 597 p.
- Eliasson, A. 2006. *Carbohydrates in food*. 2 ed. New York, Estados Unidos, CRC Press: Taylor & Francis Group. 546 p.
- Espejo, C. 2007. Lima and its mazamorra morada (en línea). Lima, Perú. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en <http://new.livinginperu.com/gastronomy/recipes-catid-530/>.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2017. Información sobre categorías de alimentos (en línea). Roma, Italia. Consultado 06 sep. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/gsfaonline/foods/details.html?id=109>.
- Fennema, O. 1993. Química de los alimentos. 2 ed. Zaragoza, España, Acriba. 1095 p.
- Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. 2 ed. Zaragoza, España, Acriba. 1258 p.
- Halley, P; Averous, L. 2014. Starch polymer: from genetic engineering to green applications. 1 ed. San Diego, Estados Unidos, Elsevier. 484 p.
- JEFCA (Join FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). 2001. Compendium of food additive specifications: modified Starches. Roma, Italia, FNP 52(9):53-69.
- Jordán Suárez, O. 2012. Elaboración de mazamorra morada baja en calorías mediante sustitución de azúcar y almidón por sucralosa y carragenina iota. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú. UNALM. 117 p.
- Martínez, P; Málaga, A; Betalleluz, I; Ibarz, A; Velezmoro, C. 2015. Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. Scientia Agropecuaria 6(4):291-301.
- MINSA (Ministerio de Salud). 2008. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01. Lima, Perú. 27 ago.
- Multon, J. 2000. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Zaragoza, España, Acribia. 806 p.
- Omodunbi, A; Temitope, E. 2014. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. Starch 66(1):41-57.
- Phillips, G; Williams, P. 2009. Handbook of hydrocolloids. 2 ed. Florida, Estados Unidos, CRC Press: Taylor & Francis Group. 1003 p.
- Singh, J; Kaur, L. 2015. Encyclopedia of food and health: modified starches. 1 ed. Oxford, Inglaterra, Elsevier. 4006 p.

Sortwell, D. 2014. La selección de los acidulantes (en línea). Ontario, Canadá. Bartek Ingredients. Consultado 11 sep. 2017. Disponible en <http://www.bartek.ca/pdfs/Newsletter/LaSelecciondelosAcidulantes.pdf>.

Vargas, G. 2015. Síntesis y caracterización de un almidón modificado de papa (*Solanum tuberosum*) (Var. Única) para su aplicación en un helado *soft*. Tesis Ing. Lima, Perú. UNALM. 143 p.

VII. ANEXOS

ANEXO 1: MEDICIÓN DE LA CONSISTENCIA

A continuación se describen los pasos para la medición de la consistencia de las mazamoras preparadas:

a. Para la evaluación a tiempo cero:

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea en un vaso de vidrio de 100 ml al medio ambiente hasta que su temperatura descienda a 50 °C.
- Retirar la película de mazamorra gelificada de la superficie, que se forma al enfriarse el producto, ya que esto podría distorsionar los resultados.
- Colocar el equipo consistómetro Bostwick sobre una mesa de superficie plana.
- Verificar que el equipo esté nivelado observando que la burbuja de aire se encuentre centrada en el círculo, de lo contrario regular con ayuda de las perillas.
- Luego, cerrar la compuerta de la cubeta y verter el producto, enrasar con ayuda de una espátula para retirar el exceso de producto, para luego abrir la compuerta y dejarlo fluir.
- En el mismo momento en que se da inicio al desplazamiento del producto, también se deberá iniciar el control del tiempo, la cual será tomada con un cronómetro por un tiempo de 30 segundos.
- Al término del tiempo se tomará la lectura en base al desplazamiento alcanzado por el producto, lo cual estará expresado en centímetros.
- Después de cada lectura, el equipo deberá ser lavado con agua fría y secado con papel absorbente.

- **Para la evaluación a cuatro horas de la preparación:**

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea en un vaso de vidrio de 100 ml a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas y hasta que su temperatura descienda a 20 °C.

- Continuar con los pasos descritos anteriormente y registrar la medición.

b. Para la evaluación a 28 horas de la preparación:

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea en un vaso de vidrio de 100 ml a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas, luego llevar a refrigeración (5 °C) por 20 horas, finalmente sacar de la cámara y dejar a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas hasta llegar a una T° final de 20 °C.
- Continuar con los pasos descritos anteriormente y registrar la medición.

ANEXO 2: MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD APARENTE

A continuación se describen los pasos para la medición de la viscosidad aparente de las mazamoras preparadas:

a. Para la evaluación a cuatro horas de la preparación:

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea al medio ambiente (20 °C) por cuatro horas y hasta que su temperatura descienda a 20 °C.
- Colocar el reómetro Brookfield modelo RVDV-II +Pro, USA sobre una mesa de superficie plana.
- Verificar que el equipo esté nivelado observando que la burbuja de aire se encuentre centrada en el círculo, de lo contrario nivelarlo con ayuda de las perillas.
- Realizar la medición empleando el *spindle* SC 4.
- Bajar el equipo hasta que la ranura del *spindle* quede sumergida dentro del producto.
- Realizar la medición empleando la velocidad de 1, 2, 5, 7.5, 10, 15 y 20 rpm.
- Registrar la lectura de la viscosidad aparente en mPa.s.

b. Para la evaluación a 28 horas de la preparación:

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas, luego llevar a refrigeración (5 °C) por 20 horas, finalmente sacar de la refrigeradora y dejar a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas hasta llegar a una T° final de 20 °C
- Realizar la medición empleando el *spindle* SC 5.
- Continuar con los pasos descritos anteriormente y registrar las mediciones.

ANEXO 3: MEDICIÓN DEL PH

A continuación se describen los pasos para la medición del pH de las mazamoras preparadas:

a. Para la evaluación a cuatro horas de la preparación:

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea en un vaso de vidrio de 100 ml al medio ambiente (20 °C) por cuatro horas y hasta que su temperatura descienda a 20 °C.
- Medir el pH del producto introduciendo la punta del potenciómetro en el postre.

b. Para la evaluación a 28 horas post preparación:

- Dejar enfriar la muestra de mazamorra instantánea en un vaso de vidrio de 100 ml a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas, luego llevar a refrigeración (5 °C) por 20 horas, finalmente sacar de la cámara y dejar a temperatura ambiente (20 °C) por cuatro horas hasta llegar a una T° final de 20 °C.
- Medir el pH del producto introduciendo la punta del potenciómetro en el postre.

ANEXO 4: CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE MAZAMORRA

Panelista: _____ Fecha: _____

Muestra: _____ Tiempo: _____

Medir la intensidad de las características haciendo uso de la escala lineal no estructurada de 10cm y considerando los alimentos anclas de referencia.

Característica	Poco	Intermedio	Mucho	Puntaje
Brillo	----- ----- -----			
Gomosidad	----- ----- -----			
Sensación bucal	----- ----- -----			
Granulosidad	----- ----- -----			
Elasticidad	----- ----- -----			

Características	Alimentos ancla	
	Poco	Mucho
Brillo	Puré de papas	Gelatina
Gomosidad	Puré de papas	Grumo de avena cocida muy espesa
Sensación bucal	Néctar de durazno	Manjar blanco
Granulosidad	Leche condensada	Engrudo
Elasticidad	Pudin de chocolate	Masa elástica de azúcar

ANEXO 5: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE PERFIL DE TEXTURA

Cuadro 1: Puntajes promedio del perfil de textura de las mazamoras instantáneas a cero horas de su preparación

CARACTERÍSTICA	PATRÓN	T1	T2	T3
Brillo	7.2	7.5	7.6	7.7
Gomosidad	2.6	2.4	3.0	2.5
Sensación bucal	4.8	5.7	6.6	5.1
Granulosidad	0.6	0.4	0.4	0.2
Elasticidad	3.5	3.1	3.1	4.1

Cuadro 2: Puntajes promedio del perfil de textura de las mazamoras instantáneas a cuatro horas de su preparación

CARACTERÍSTICA	PATRÓN	T1	T2	T3
Brillo	6.7	7.8	6.9	6.7
Gomosidad	5.0	6.6	7.4	4.1
Sensación bucal	6.9	6.6	7.8	7.3
Granulosidad	3.3	0.8	0.8	0.7
Elasticidad	4.6	4.2	5.0	3.6

Cuadro 3: Puntajes del perfil de textura de las mazamorra instantáneas a 28 horas de su preparación

CARACTERÍSTICA	PATRÓN	T1	T2	T3
Brillo	6.2	7.1	4.5	7.0
Gomosidad	6.7	7.3	8.5	5.9
Sensación bucal	7.7	7.5	8.5	7.5
Granulosidad	6.1	2.2	2.5	0.7
Elasticidad	0.3	0.9	0.2	0.8