

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE AUYAMA
(*Cucúrbita moschata sp*) EN LA SINÉRESIS, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS,
REOLÓGICAS Y SENSORIALES DE UN YOGURT BATIDO**

ANA BEATRIZ MARTINEZ MEDRANO

Ingeniera. Esp.

UNIVERSIDAD DEL SINU SECCIONAL CARTAGENA

ESCUELA DE NUTRICION Y DIETETICA

MAESTRIA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

CARTAGENA DE INDIAS D. T.H Y C.

2025

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE AUYAMA
(*Cucurbita moschata sp*) EN LA SINÉRESIS, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS,
REOLÓGICAS Y SENSORIALES DE UN YOGURT BATIDO**

ANA BEATRIZ MARTINEZ MEDRANO

**Trabajo de investigación para optar el título de Magíster en Gestión de la
Calidad de los alimentos**

Olga Lucia Lora Ing. MSc

Directora

Diofanor Acevedo Ing. PhD

Codirector

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA
ESCUELA DE NUTRICION Y DIETETICA
MAESTRIA EN GESTION DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS
CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.**

2025

Cartagena de Indias D.T. y C., diciembre 10 de 2025

Respetado
Dr. Ricardo Pérez Sáenz
Director de Investigaciones
Universidad del Sinú E.B.Z. Seccional Cartagena
Ciudad

Referencia: Entrega de versión informe final Impreso del proyecto.

Cordial Saludo

A través de la presente me permito hacer entrega de la versión informe final extenso del proyecto de investigación titulado “**evaluación del efecto de la adición de harina de auyama (*cucúrbita moschata*) en la sinéresis, propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de un yogurt batido**”, realizado por (el) (los) estudiante (s) “**Ana Beatriz Martínez Medrano**”, para optar por el título de “Magister en gestión de la calidad de los alimentos”, bajo la asesoría de los docentes “**Olga Lucía Lora y Diofanor Acevedo**”, para optar al título de Magíster en Gestión de la Calidad de los Alimentos.

Hago entrega de:

1. Un empastado a color rojo con letras doradas.
2. Dos Cartas autenticadas de Cesión de derechos de propiedad intelectual.
3. Dos memorias con que contienen el documento.

Atentamente,

ANA BEATRIZ MARTINEZ MEDRANO
Estudiante
Universidad del Sinú EBZ – SC

Cartagena de Indias D.T. y C., diciembre 10 de 2025

Respetado
Dr. Ricardo Pérez Saénz
Director de Investigaciones
Universidad del Sinú E.B.Z. Seccional Cartagena
Ciudad

Referencia: Cesión de derechos de propiedad intelectual.

Cordial Saludo

A través de la presente cedemos los derechos de propiedad de la versión informe final extenso del proyecto de investigación titulado **“evaluación del efecto de la adición de harina de auyama (*cucúrbita moschata*) en la sinéresis, propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de un yogurt batido”**, realizado por (el) (los) estudiante (s) **“Ana Beatriz Martínez Medrano”**, para optar por el título de “Magister en gestión de la calidad de los alimentos”, bajo la asesoría de los docentes **“Olga Lucia Lora y Diofanor Acevedo”**, a la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm Seccional Cartagena, para su consulta y préstamo a la biblioteca con fines únicamente académicos o investigativos, descartando cualquier fin comercial y permitiendo de esta manera su acceso al público. Esto exonera a la Universidad del Sinú por cualquier reclamo de terceros que invoque autoría de la obra. Hacemos énfasis en que conservamos el derecho como autores de registrar nuestra investigación como obra inédita y la facultad de poder publicarlo en cualquier otro medio.

Atentamente,

ANA BEATRIZ MARTINEZ MEDRANO
Estudiante
Universidad del Sinú EBZ – SC

Cartagena, diciembre 10 de 2025

Doctor:
Ricardo Pérez
Director de investigaciones Universidad del Sinú Seccional Cartagena
L. C.

Cordial saludo.

La presente tiene como fin someter a revisión y aprobación para la ejecución del proyecto de investigación titulado: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE AUYAMA (*Cucúrbita moschata*) EN LA SINÉRESIS, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, REOLÓGICAS Y SENSORIALES DE UN YOGURT BATIDO, adscrito a la Escuela de Nutrición y Dietética en el área de postgrado.

Atentamente,

OLGA TATIANA JAIMES PRADA
Nutricionista y Dietista
MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos
Jefe de programa de Nutrición y Dietética

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A mi hija, Valeria Sofía, la razón de mi esfuerzo constante y motivación para alcanzar esta meta, mi mejor ejemplo de disciplina y entrega.

A mis padres Dolly y José, quienes ya no están físicamente con nosotros, pero cuyo amor y fortaleza siempre me acompañan. Este trabajo es un homenaje a su memoria, esfuerzo y por enseñarme a ser perseverante frente a las dificultades.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar, a Dios por brindarme darme la fortaleza, sabiduría y ser mi sostén en los momentos de duda durante el desarrollo de esta investigación.

A mis Asesores, los Ingenieros Olga Lucia Lora y Diofanor Acevedo, cuyos conocimientos, consejos y constante guía fueron fundamentales para la culminación de esta tesis. Su compromiso y dedicación han sido una fuente de inspiración y aprendizaje constante.

Al Ingeniero Robert Bettín Martínez por su disposición y apoyo en cualquier momento.

A mi novio Jose Baldiris Corrales, por aceptar acompañarme en esta aventura.

Agradezco a la Universidad del Sinú Seccional Cartagena por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado y por el apoyo constante durante este proceso académico.

Mi reconocimiento a la universidad de Sucre, por su colaboración y facilidades proporcionadas a lo largo de esta investigación.

Agradezco al personal del Grupo de Investigaciones IDAA de la Universidad de Cartagena por su invaluable apoyo y orientación en el desarrollo de este proyecto, así como por los recursos y el conocimiento compartidos.

A mis familiares, y amigos, por su comprensión, amor, paciencia y confianza durante los días de ausencia.

A todos ustedes, muchas gracias.

Contenido

1.Introducción	18
2. Planteamiento del problema	20
2.1. Pregunta De Investigación.....	22
3. Justificación	23
4. Objetivos	24
4.1. Objetivo General.....	24
4.2. Objetivos Específicos	24
5. Revisión literaria	25
5.1. Marco Teórico.....	25
5.1.1.Generalidades de la auyama	25
5.1.1.Aspectos Generales del Cultivo.....	26
5.1.2.Composición de la pulpa de auyama (Cucúrbita moschata)	28
5.1.3.Usos de la auyama	29
5.1.4.Yogurt	30
6. Antecedentes	34
7. Marco conceptual.....	36

8.	Marco legal.	38
9.	Metodología	39
9.1.	Tipo De Investigación-Enfoque.....	39
9.2.	Localización	40
9.3.	Materiales y Métodos.....	40
9.3.1.	<i>Proceso para la obtención de la harina de auyama.....</i>	40
9.3.1.	<i>Caracterización fisicoquímica de la harina de auyama.....</i>	43
9.3.2.	<i>Caracterización bromatológica de la harina de auyama.....</i>	44
9.3.3.	<i>Propiedades funcionales.....</i>	46
9.4.	Procedimiento para la elaboración del yogurt batido.....	49
9.3.5.	<i>Análisis fisicoquímicos del yogurt.....</i>	51
9.3.6.	<i>Determinación de las propiedades reológicas y funcionales.....</i>	52
9.3.7.	<i>Análisis sensorial.....</i>	54
10.	Análisis estadístico	56
11.	Resultados y discusión	56
11.1.	Determinación de las Propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y funcionales de la harina de auyama.....	56
11.1.1.	<i>Propiedades fisicoquímicas y bromatológicas de la harina de auyama.....</i>	56
11.1.2.	<i>Poder de hinchamiento, porcentaje de solubilidad y mínima concentración de gelificación.....</i>	58

11.2. Determinación de las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del yogurt batido adicionado con harina de auyama	61
11.3. Determinación de la sinéresis y las propiedades reológicas del yogurt batido adicionado con harina de auyama	64
<i>11.3.1. Determinación de la sinéresis del yogurt.....</i>	<i>64</i>
<i>11.3.2.1.Determinacion de la region lineal viscoelástica de los tratamientos</i>	<i>66</i>
<i>11.3.2.2. Barrido de frecuencia.</i>	<i>67</i>
11.4. Evaluación sensorial	72
12. Conclusiones	74
13. Referencias bibliográficas	76

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la planta de auyama (<i>cucúrbita moschata sp</i>).....	26
Tabla 2. Composición de la pulpa de auyama en100 g.	29
Tabla 3. Contenido nutricional del yogurt	33
Tabla 4. Tratamientos	50
Tabla 5. Métodos de ensayo de análisis fisicoquímicos del yogurt.....	52
Tabla 6. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial del yogurt.....	55
Tabla 7. Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la harina de auyama (<i>Cucúrbita moschata sp</i>).....	57
Tabla 8. Propiedades funcionales de la harina de auyama.....	58
Tabla 9. Propiedades funcionales de la harina de auyama y otros tipos de harina	58
Tabla 10. Determinación del color de la harina de ahuyama	60
Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas del yogurt.....	62
Tabla 12. Sinéresis del yogurt.	64
Tabla 13. R ² de los distintos tratamientos	72
Tabla 14. Valoración promedio de la escala hedónica de los tratamientos.....	74

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Auyama.....	41
Ilustración 2. láminas secas de auyama.....	42
Ilustración 3. Molido y tamizado material seco.....	42
Ilustración 4. Coordenadas CIELab.....	44
Ilustración 5. Diagrama de flujo para la elaboración del yogurt batido.....	51
Ilustración 6. Determinación de la sinéresis del yogurt.....	64
Ilustración 7. Determinación de la region lineal viscoelástica de los tratamientos	66
Ilustración 8. Módulo elástico en función de la frecuencia	67
Ilustración 9 . Modulo viscoso en función de la frecuencia	68
Ilustración 10. Curvas de flujo.....	70
Ilustración 11. Esfuerzo en función de la velocidad de corte	71
Ilustración 12. Nivel de aceptación de los tratamientos por atributo.....	73

Resumen

La auyama (*Cucurbita moschata sp*) es una hortaliza altamente valorada por su riqueza nutricional, destacando su contenido de carbohidratos, proteínas, minerales y carotenoides. Su pulpa y semillas tienen amplia aplicación en la agroindustria alimentaria y no alimentaria. En Colombia, en 2022 la producción de auyama alcanzó las 829 toneladas, su cultivo sigue siendo considerado de subsistencia, lo que limita el aprovechamiento de su potencial económico y agroindustrial.

El yogur, un producto lácteo ampliamente consumido, destaca por sus beneficios nutricionales. Sin embargo, su calidad sensorial puede verse afectada por la sinéresis, es decir la separación de suero, lo cual reduce su aceptación por parte de los consumidores. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de la harina de auyama (*Cucurbita moschata sp*) sobre la sinéresis, las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogurt batido. Para elaborar la harina, se adquirieron los frutos en la plaza de mercado de la ciudad de Sincelejo, Colombia, los frutos fueron seleccionados, lavados y cortados en láminas que posteriormente se sometieron a secado en un horno de convección forzada a 58°C durante 5 horas. Luego, las láminas secas fueron molidas y tamizadas hasta obtener una harina fina. Esta harina fue caracterizada fisicoquímica, funcional y reológicamente antes de ser incorporada al yogur. Se prepararon formulaciones de yogur con diferentes concentraciones de harina de auyama (3%, 5% y 8%), utilizando una muestra control (sin harina) para comparar los resultados. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas, reológicas, la sinéresis y las características sensoriales de cada formulación. Los resultados mostraron que la harina de auyama tiene una alta capacidad de retención de agua y la

capacidad de formar geles, lo que la hace adecuada como espesante. La adición de harina de auyama no alteró significativamente propiedades como el pH, la acidez y el contenido de materia grasa del yogur. El contenido proteico presentó variaciones mínimas entre la muestra control y las formulaciones con harina. La sinéresis disminuyó a medida que aumentó el porcentaje de harina incorporada al yogur. Todas las formulaciones presentaron un comportamiento pseudoplástico, observándose que, a mayor concentración de harina, el yogur adquirió características más sólidas. Asimismo, a bajas velocidades de corte, las viscosidades aparentes fueron mayores en las formulaciones con mayor porcentaje de harina, siguiendo el orden decreciente T3 (8%) > T2 (5%) > T1 (3%) > T0 (control).

El análisis sensorial destacó que el yogur con 3% de harina fue el más aceptado, con la mayor calificación de aceptabilidad general (3,73). Concentraciones superiores redujeron las valoraciones positivas de las cualidades sensoriales del producto.

Estos hallazgos resaltan que la harina de auyama es un ingrediente funcional con un impacto positivo en las propiedades reológicas y la reducción de la sinéresis en el yogur, sin alterar significativamente sus características fisicoquímicas. Además, su incorporación en cantidades adecuadas puede mejorar la aceptación sensorial del producto, abriendo posibilidades para su aplicación en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales.

Palabras clave: auyama, fermentación, reología, sinéresis, viscosidad

Abstract

Pumpkin is a highly valued vegetable due to its nutritional values, where it is to note its carbohydrates, proteins, minerals and carotenoids contents. Both its pulp to its seeds have a wide variety of uses in the agribusiness, even in the food and non-food industries. In Colombia, pumpkin production in 2022 reached 829 tons; nevertheless, its cultivation is still considered for subsistence which limits pumpkin's economic and agro-industrial potential for exploitation.

Yogurt is a lactic product used worldwide valued for its nutritional benefits. However, its sensory quality can be affected by synizesis, that is, the separation of whey, which reduces its acceptance by consumers. This study aimed to evaluate the effect of adding pumpkin flour (*Cucurbita moschata* sp) on the synizesis, further investigating physicochemical, rheological, and sensory properties of stirred yogurt. To produce the flour, pumpkin fruits were purchased at the marketplace in Sincelejo, Colombia. The fruits were selected, washed, and sliced into thin slices, which were then dried in a forced convection oven at 58°C for 5 hours. The dried slices were then milled and sieved to obtain fine flour. This flour was characterized physicochemically, functionally, and rheologically before being incorporated into the yogurt.

Yogurt formulations were prepared with different concentrations of pumpkin flour (3%, 5%, and 8%), using a control sample (without flour) to compare the results. The physicochemical properties, rheological behavior, synizesis, and sensory characteristics of each formulation were then evaluated. The results showed that pumpkin flour has a high water-retention capacity and gel-forming ability, making it suitable as a thickening agent.

Adding pumpkin flour did not significantly alter properties such as pH, acidity, and fat content of the yogurt. The protean content showed minimal variations between the control sample and the flour containing formulations. Synizesis decreased as the percentage of flour incorporated into the yogurt increased. All formulations exhibited pseudoplastic behavior, with higher flour concentrations resulting in the yogurt acquiring more solid-like characteristics. Similarly, at low shear rates, the apparent viscosities were higher in formulations with a greater percentage of flour, following the decreasing order T3 (8%) > T2 (5%) > T1 (3%) > T0 (control).

The sensory analysis revealed that the 3% flour content yogurt was the most accepted, receiving the highest overall acceptability score (3.73). Higher concentrations reduced the positive ratings of the product's sensory qualities.

These findings highlight that pumpkin flour is a functional ingredient with a positive impact on the rheological properties and the reduction of synizesis in yogurt, without significantly altering its physicochemical characteristics. Moreover, its incorporation in appropriate amounts can enhance the sensory acceptance of the product, opening up possibilities for its use in the development of new functional food.

Key words: pumpkin fermentation, rheology, syneresis, viscosity

1. Introducción

La auyama es una hortaliza de pulpa carnosa tipo baya (bacciforme), que contiene un alto número de semillas dentro del fruto que varía de 300 a 700 semillas (Contreras, 2019). El contenido relativo de azúcar en la auyama está determinado por el porcentaje de sólidos solubles, se considera que un 10% de sólidos solubles es aceptable, pero un 11% o más se considera una auyama de excelente calidad. La textura de la pulpa se atribuye al almidón, con un contenido de almidón al momento de cosecha entre un 45-55% (BS) y un contenido de azúcar entre un 10-15% con respecto a la materia seca de la auyama, por ello, un alto contenido de azúcar también da como resultado un alto contenido de almidón (Ortiz *et al.*, 2013). Otros constituyentes menores incluyen proteínas, grasas, componentes de la pared celular y minerales. Además de los carbohidratos, la auyama tiene como principal contribución nutricional el alto contenido de carotenoides, especialmente dentro de las especies *C. máxima* y *C. moschata* (Valdés-Restrepo *et al.*, 2022). La auyama (*C. moschata*), es utilizada normalmente para la preparación de sopas, cremas, purés, tortas y jugos en la dieta nutricional. En la agroindustria, la pulpa de auyama es fuente de sólidos en la fabricación de salsas y cremas, además se utiliza en los alimentos procesados para niños como las compotas, al mismo tiempo se utiliza como materia prima para la fabricación de concentrados, dietas en fresco y para la alimentación de animales de corral (Lasso, 2017).

Así mismo, la auyama (*Cucúrbita moschata*), se destaca como uno de los vegetales más importantes en los sistemas agrícolas tradicionales a nivel mundial (Contreras, 2019). Esta hortaliza, cultivada en diversas regiones de Colombia, presenta una gran diversidad en términos de color, tamaño y forma, y es altamente valorada por su contenido nutricional. Con

un peso promedio de 4-8 kg, aunque puede llegar a superar los 34 kg, la auyama ofrece una pulpa rica en carbohidratos, vitaminas, proteínas y minerales, así como semillas con beneficios adicionales como aminoácidos, fibras y ácidos grasos insaturados. Estos atributos la posicionan como una opción para la seguridad alimentaria regional y nacional, ante la creciente demanda de nuevas materias primas para fortalecer la agroindustria.

En el departamento de Sucre (Colombia) para el año 2022 según Agronet, sembrada de auyama fue de 82 hectáreas con una producción de 829 toneladas y un rendimiento de 10,11 toneladas/ha; convirtiéndose en una hortaliza con gran potencial agroindustrial gracias a su versatilidad en sus usos alimentarios, medicinales, agroindustriales y decorativos, sin embargo, es un producto que se encuentra bajo la tradición de ser un cultivo de “pancoger” y no es considerado como un cultivo como fuentes de ingresos económicos dentro de la agricultura campesina sin aprovecharse al máximo las propiedades nutricionales y funcionales, desaprovechando su potencial agroindustrial (Correa Álvarez *et al.*, 2019).

Por otro lado, el yogur es un producto lácteo de amplio consumo y gran aceptación debido a sus beneficios para la salud y la nutrición humana. Su elaboración implica la fermentación controlada de la leche mediante cultivos de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, resultando en un producto con textura cremosa, aroma característico y sabor ligeramente ácido (Coronel Feijó, 2019). Sin embargo, la textura del yogur es un aspecto crítico que influye directamente en la aceptación del producto, ya que está asociada a su viscosidad. La sinéresis, un fenómeno común en productos lácteos gelificados como el yogur, se manifiesta como la expulsión de suero hacia la superficie del

gel, afectando negativamente sus propiedades físicas y sensoriales, lo que puede llevar al rechazo por parte de los consumidores (Acevedo *et al.*, 2010; Mori, 2017).

Para abordar este problema, la industria láctea ha recurrido al uso de estabilizantes y gelificantes alimentarios, que modifican las propiedades funcionales o reológicas del producto. Entre estos estabilizantes, el almidón, presente en la harina de auyama, se destaca por su capacidad de hidratar y formar enlaces que reducen la movilidad del agua, ayudando así a prevenir y reducir la sinéresis en productos lácteos como el yogur (Molina, 2009). En este contexto, el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto de la adición de harina de auyama sobre la sinéresis, así como las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales en el yogur batido.

2. Planteamiento del problema

La auyama es uno de los vegetales de mayor importancia en los sistemas agrícolas tradicionales del mundo, perteneciente a la familia Cucurbitaceae, de acuerdo con la clasificación más reciente, contiene 118 géneros y alrededor de 825 especies, siendo el género *Cucúrbita* el más importante, en el cual consideran de 12 a 13 especies. Es uno de los frutos de tallos rastreros encontrados en Colombia cultivados de manera tradicional a cielo abierto, en agro-sistemas, en huertos caseros o familiares y en otros espacios agrícolas de manejo intensivo, donde se establece como monocultivo o asociada a otras especies. Suelen ser de color naranja o amarillo, sin embargo, se puede encontrar de estos frutos con color verde oscuro, verde pálido, amarillo anaranjado, blanco, rojo y gris. En general, su peso promedio está en el rango de 4-8 kg, pero se pueden encontrar unas de mayor tamaño que

pueden alcanzar un peso de más de 34 kg. Es una hortaliza que presenta frutos carnosos tipo baya (*bacciforme*), con un alto número de semillas dentro del fruto que varía de 300 a 700 semillas, estas generalmente son pequeñas y planas, pero presentan variantes para el color: desde blanco al café.

El fruto es nutricionalmente atractivo por su alto contenido en la pulpa de carbohidratos, vitaminas, proteínas, entre otros, hasta sus semillas con constituyentes mucho más beneficiosos como los carbohidratos, aminoácidos, fibras, ácidos grasos insaturados y vitaminas como B, C, D, E y K. También contiene minerales como calcio, potasio y fósforo, convirtiéndola en una alternativa de gran importancia para la seguridad alimentaria a nivel regional y nacional, debido a la creciente demanda de nuevas materias primas para fortalecer la agroindustria.

Por otra parte, el yogur es un producto lácteo de amplio consumo y gran aceptación debido a sus beneficios para la salud y la nutrición humana. Su elaboración se lleva a cabo mediante la fermentación controlada de la leche, utilizando cultivos de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Este proceso da como resultado un producto de textura cremosa, con aroma característico y un sabor ligeramente ácido (Coronel Feijó, 2019)

Un aspecto crucial del yogur es su textura, la cual determina el grado de aceptación o rechazo del producto y, está asociada a la viscosidad del producto. En su estado natural, el yogur puede presentar una textura deficiente, lo que provoca un fenómeno conocido como sinéresis o escurrimiento, el cual está caracterizado por la liberación de lactosuero hacia la superficie del gel. Este problema afecta negativamente las propiedades físicas y sensoriales

del yogur, lo que puede llevar al rechazo por parte de los consumidores. Para mejorar este aspecto, se emplean estabilizantes o hidrocoloides (Salazar, 2020).

Acevedo *et al.* (2010) Describe a la sinéresis como un defecto muy común que exhiben los productos lácteos gelificados como el yogurt y, afectando en gran medida su calidad organoléptica. Esta situación impacta negativamente sobre la calidad de los productos lácteos, ya que se evidencia como líquido en la superficie, lo cual puede generar rechazo por parte del consumidor. La sinéresis ocurre debido a una reorganización de la estructura molecular de la caseína tras la formación inicial del gel (Mori, 2017), por ello la industria láctea utiliza estabilizantes y gelificantes alimentarios. Cuando se busca estabilizar un determinado producto, básicamente se desea cambiar ciertas propiedades funcionales o reológicas del producto a elaborar. Los estabilizantes mayormente compuestos por gomas y que dentro de su clasificación de origen se encuentra el almidón, regulan la consistencia de los alimentos, principalmente se debe a su capacidad de hidratación el cual forma enlaces o puentes de hidrógeno que a través de todo el producto crea una red que reduce la movilidad del agua restante. La harina de auyama en su composición nutricional contiene carbohidratos y dentro de este grupo se encuentra la presencia del almidón, el cual es un estabilizante de origen vegetal, el cual podría ayudar a prevenir y reducir la sinéresis en los productos lácteos como el yogurt (Molina, 2009).

2.1. Pregunta De Investigación

¿Puede influir la adición de la harina de auyama (*Cucúrbita moschata*) sobre sinéresis, las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas, reológicas y sensoriales del yogurt batido?

3. Justificación

El yogur, un alimento lácteo de consumo universal, es valorado por sus aportes nutricionales y su producción mediante fermentación láctica, un proceso biotecnológico que involucra a las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Su textura cremosa y sabor ligeramente ácido son atributos sensoriales distintivos, resultado de la interacción entre las proteínas de la leche y los metabolitos bacterianos (Coronel Feijó, 2019). Sin embargo, la textura del yogur natural suele presentar limitaciones, manifestándose como sinéresis o separación de suero, lo cual afecta negativamente su apariencia y consistencia. Esta característica, que puede disminuir la aceptación del producto por parte de los consumidores, por tal razón se ha impulsado la investigación y desarrollo de estrategias para mejorar la estabilidad y cremosidad del yogur, como el empleo de estabilizantes o hidrocoloides (Salazar, 2020).

La harina de auyama es obtenida mediante la eliminación del agua de la pulpa no solo es un alimento esencial en la dieta regional. Esta característica la convierte en una materia prima estratégica para el desarrollo de nuevos productos y hace parte fundamental de la economía local.

Por otro lado, la auyama, es un alimento esencial en la dieta regional, dada su composición nutricional y aporte nutricional, debido a que es rica en carbohidratos, vitaminas, proteínas y minerales, se convierte en una materia prima estratégica para el desarrollo de productos alimenticios innovadores y de alto valor agregado, que podrían fortalecer la seguridad alimentaria. Es por ello, esta investigación propone utilizar harina de auyama como estabilizante para disminuir la sinéresis en el yogurt y mejorar la textura del

mismo, si no también aprovechar un recurso local con gran potencial nutricional como lo es la auyama, promoviendo su valorización y contribuyendo a la seguridad alimentaria.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la adición de la harina de auyama (*Cucúrbita moschata sp*) sobre la sinéresis, propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogurt batido.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y funcionales de la harina de auyama (*Cucúrbita moschata sp*) para incorporarla al yogurt batido.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del yogurt, adicionado con harina de auyama de acuerdo a la normatividad vigente.
- Determinar la sinéresis y las propiedades reológicas del yogur batido adicionado con harina de auyama.
- Evaluar las características sensoriales del yogurt batido adicionado con harina de auyama.

5. Revisión literaria

5.1. Marco Teórico

5.1.1. Generalidades de la auyama

La auyama o ahuyama también denominada zapallo, ayote o calabaza dependiendo de la región, pertenece al género *Cucurbita*, caracterizado por plantas herbáceas rastreras con hojas de gran tamaño, textura áspera y flores color amarillo intenso. Esta hortaliza se cultiva predominantemente en climas tropicales y subtropicales. A nivel mundial, China encabeza la producción, seguido por países como India y Ucrania. En América Latina, destacan Colombia, México, Perú y Ecuador por su significativa participación en la producción regional (Agronet, 2020; Galeano Vargas & Rodríguez Bernal, 2022)

Una de las variedades de mayor importancia es *Cucúrbita moschata* conocida localmente como auyama tipo pastelito, la cual se ha adaptado exitosamente a las condiciones agroecológicas cálidas del caribe colombiano. Esta variedad presenta altos rendimientos, con frutos predominantes discoides, de peso aproximado de 2,1 Kg, y una calidad interna destacada: pulpa con 40,5 % de contenido, 11,5 % de materia seca, 38,5 mm de grosor y un color anaranjado intermedio, aspectos que satisfacen los estándares del mercado regional (Ortiz *et al.*, 2013). Esta hortaliza ofrece rendimientos promedios de 19,9 toneladas por hectárea, superior al de otras variedades de auyama regional para consumo en fresco. La clasificación taxonómica auyama se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la planta de auyama (cucúrbita moschata sp)

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Género	Cucurbita
Especie	Cucurbita moschata
Nombre científico	<i>Cucúrbita moschata sp</i>
Nombre común	Zapallo, auyama, auyama

Nota: Fuente: Ortiz *et al.*, (2013)

5.1.1. Aspectos Generales del Cultivo.

La planta de auyama posee una raíz pivotante principal que puede alcanzar hasta dos metros de profundidad, de la cual emergen raíces laterales distribuidas principalmente en los primeros 60 cm del suelo. Presenta un hábito de crecimiento rastrero y desarrolla raíces adventicias a lo largo de sus tallos, lo que le confiere mayor estabilidad y absorción de nutrientes. Las semillas, grandes y ovaladas, varían entre 50 y 250 mg según la variedad cultivada. Sus hojas tienen forma acorazonada, los tallos son huecos y de consistencia

herbácea, y las flores, tanto masculinas como femeninas, son de gran tamaño y color amarillo.

Esta especie vegetal presenta una amplia adaptabilidad climática, con desarrollo óptimo en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1.500 m s.n.m., y condiciones ideales en la región Caribe por debajo de los 600 m s.n.m. Suelos con buena fertilidad, textura franco-arenosa y pH entre 5,5 y 6,5 favorecen su crecimiento. La demanda hídrica promedio por ciclo es de 350 a 450 mm. Según la FAO (2018), la producción mundial de auyama alcanzó más de 27 millones de toneladas cultivadas en más de dos millones de hectáreas. Cuenta con numerosas variedades que se encuentran dispersas desde México, Guatemala, Panamá, Colombia y Venezuela. Colombia es un país que cuenta con las condiciones propicias con respecto al clima y al suelo para que se desarrollen este tipo de cultivos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO (2020) el área cultivada en auyama a nivel mundial fue de 2.042.955 hectáreas, la producción de 27.643.932 toneladas y los rendimientos de 13,5 t/ha. De la misma manera durante este mismo año a nivel de Colombia fue de 10712 Ha, la producción de 1.287.711 toneladas y los rendimientos fueron de 12 t/ha (Agronet, 2020). A nivel de la Región Caribe de Colombia la auyama participa con el 25% del área cosechada dentro de un grupo de hortalizas regionales y con el 79% del total de la producción también de este grupo de hortalizas (Martínez *et al.*, 2020).

Correa (2019), describe el sistema productivo de la auyama, la cual no se cultiva en unidades productivas muy grandes sus áreas comprenden desde los 200 metros cuadrados

hasta 1,5 hectáreas y la producción forma parte de la dieta alimentaria del habitante de la Región Caribe dadas sus propiedades nutricionales.

5.1.2. Composición de la pulpa de auyama (*Cucúrbita moschata*)

Diversos estudios destacan el valor nutricional de la auyama, en especial por su contenido en carbohidratos, minerales y carotenoides, principalmente β -caroteno, el cual puede representar hasta el 80 % de los pigmentos presentes. También contiene luteína y licopeno, compuestos antioxidantes relacionados con la protección celular y la absorción de hierro. En términos minerales, se destacan el potasio, el calcio y el fósforo. Además, su color anaranjado natural puede aprovecharse como agente colorante en formulaciones alimenticias, modificando favorablemente las características sensoriales de los mismos. La USDA (2018) reporta que 100 g de pulpa de auyama contienen 91,6 g de humedad, 26 kcal, 1 g de proteínas, 6,5 g de carbohidratos y cantidades significativas de vitaminas A, C y E.

También, se destaca su contenido en minerales como el calcio (Ca), fósforo (P) y potasio (K) que se encuentra en mayor proporción, componentes bioactivos que enriquecen la dieta humana y brindan grandes beneficios para la salud. (Priori *et al.*, 2017). La tabla 2 muestra el contenido proximal de la auyama de acuerdo con la USDA (2018).

Tabla 2*Composición de la pulpa de auyama en 100 g*

Descripción	Composición
Humedad (g)	91,6
Proteínas (g)	1
Lípidos (g)	0,1
Carbohidratos	6,5
Fibra (g)	0,5
Ceniza (g)	0,8
Calcio (mg)	21
Fósforo (mg)	44
Magnesio (mg)	12
Potasio (mg)	340
Vitaminas (mg)	11,6

Nota: Fuente: USDA, 2018

5.1.3. Usos de la auyama

En la industria alimentaria, la auyama se incorpora en múltiples formas, tales como purés, rodajas deshidratadas y harinas. Su versatilidad le permite ser usada en sopas, salsas, tortas, panes y productos horneados. También actúa como agente colorante natural en pastas y mezclas de harinas. La textura resultante tras su cocción varía ampliamente dependiendo de la variedad, y puede ser desde cremosa y pastosa hasta fibrosa o acuosa (Martínez *et al.*, 2013). Las semillas también han ganado popularidad como snack por su elevado valor nutricional.

La pulpa de la auyama se consume en preparaciones como dulces, purés, pastelería, jugos, sopas, cremas y compotas y en otro tipo de presentación como materia prima para la industria. Actualmente las semillas han tomado mucha importancia para el consumo como snacks debido a sus propiedades nutricionales, mayores a las de la pulpa, mientras que las flores y otras partes de la planta se usan en una menor proporción. (Jasim *et al.*, 2014)

5.1.4. Yogurt

El yogurt es un derivado lácteo fermentado mediante la acción de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, en una relación simbiótica conocida como protocooperación. Su origen se asocia comúnmente al Medio Oriente, y es ampliamente reconocido por sus beneficios en la nutrición humana (Tamime y Robinson, 1991; Mendoza Gómez & Aguilar López, 2024). El proceso de fermentación busca reducir el pH de la leche hasta un valor adecuado para la coagulación proteica, lo que da lugar a una matriz viscosa y con textura cremosa. es el derivado lácteo de mayor consumo y mejor conocido, su proceso de fabricación tiene como objetivo principal desde el punto de vista fisicoquímico, provocar el descenso de pH de la leche hasta alcanzar las condiciones favorables para la coagulación (Parra 2016).

La NTC 805 (2005) establece que el yogur debe elaborarse a partir de leche fresca, higiénica y libre de residuos antibióticos. De acuerdo con su contenido graso, se clasifica como entero (mínimo 2,5 %), semidescremado (0,5 %–2,5 %) o descremado (menos del 0,5 %). Según su consistencia, puede ser aplanado, batido o líquido.

El yogurt comercial puede presentar defectos físicos, como sinéresis, variaciones en textura o separación de fases, derivados de factores como el contenido proteico, el tratamiento térmico, la homogeneización y el uso de estabilizantes (Vélez *et al.*, 1997; Estos aspectos son críticos para la calidad final del producto y su aceptación por parte del consumidor.

5.1.4.1 Clasificación del yogurt. El yogurt es un derivado lácteo fermentado mediante la acción de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, en una relación simbiótica conocida como protocooperación. Su origen se asocia comúnmente al Medio Oriente, y es ampliamente reconocido por sus beneficios en la nutrición humana (Tamime y Robinson, 1991; Mendoza Gómez & Aguilar López, 2024). El proceso de fermentación busca reducir el pH de la leche hasta un valor adecuado para la coagulación proteica, lo que da lugar a una matriz viscosa y con textura cremosa.

La NTC 805 (2005) establece que el yogurt debe elaborarse a partir de leche fresca, higiénica y libre de residuos antibióticos. De acuerdo con su contenido graso, se clasifica en tres categorías principales:

- **Yogurt entero:** contiene al menos un 2,5 % de grasa, lo que contribuye a una textura densa y cremosa, y ayuda a prevenir la sinéresis.
- **Yogurt parcialmente descremado:** elaborado con leche que presenta entre 0,5 % y 2,5 % de grasa, ofreciendo un equilibrio entre contenido lipídico y valor nutricional.
- **Yogurt descremado:** posee menos del 0,5 % de grasa, siendo una alternativa con bajo contenido calórico.

Según la metodología de elaboración y su consistencia, el yogurt también se puede clasificar en:

- **Yogurt aflanado:** posee una estructura firme, se incuba directamente en el envase y mantiene su forma tras el corte.
- **Yogurt batido:** su consistencia es suave y homogénea, con suficiente viscosidad para mantener ingredientes como frutas en suspensión.
- **Yogurt líquido:** resulta de batir el coágulo tras la incubación en tanque, mezclado con jugos o esencias; tiene baja densidad y suele ser una bebida de tipo refrescante.

En la tabla 3 se puede apreciar el contenido nutricional de los diferentes tipos de yogurt.

5.1.4.2. Defectos en el yogurt.

Las principales alteraciones del yogurt están relacionadas con su apariencia y propiedades sensoriales, más que con contaminantes de origen microbiológico. Factores como la calidad de la leche, el tratamiento térmico, el contenido proteico, la homogeneización, el cultivo y el tipo de estabilizante influyen directamente en la textura, viscosidad y estabilidad del producto (Vélez *et al.*, 1997).

Entre los defectos más frecuentes se encuentra la sinéresis, es decir, la liberación de suero, que afecta negativamente la aceptación del consumidor. También pueden aparecer sabores indeseados, provocados por microorganismos como levaduras o mohos, y defectos físicos como películas de humedad en el envase (Acevedo *et al.*, 2010).

Estas propiedades pueden verse afectadas por diversas variables, como las fluctuaciones en la materia prima, el contenido de proteínas, la homogeneización, el tratamiento térmico de la leche, el cultivo utilizado, el método de manejo del coágulo y la presencia de estabilizantes (Vélez, *et al.*, 1997)

Otros defectos, son las alteraciones en el sabor, por la presencia de microorganismos no deseables como levaduras y hongos, causando un sabor amargo. Y las alteraciones por causas físicas, entre estas la aparición de una ligera y delgada película de humedad entre el interior de la pared del envase y el producto. (Acevedo *et al.*, 2010).

Tabla 3

Contenido nutricional del yogurt

NUTRIENTES (100 g)	YOGURT		
	Entero	Descremado	De fruta
Calorías	72.00	64.00	98.00
Proteínas (g)	3.90	4.50	5.00
Grasa (g)	3.40	1.60	1.25
Carbohidratos (g)	4.90	6.50	18.60
Calcio (mg)	145.00	150.00	176.00
Fósforo (mg)	114.00	118.00	153.00
Sodio (mg)	47.00	51.00	-
Potasio (mg)	186.00	192.00	254.00

Nota: Fuente: Tamime y Robinson (1991).

6. Antecedentes

En un estudio elaborado por Parra-Huertas, *et al.* (2016), evaluaron las propiedades fisicoquímicas, proximales y sensoriales de una bebida láctea fermentada con concentrado de Rubas (*Ullucus tuberosus*), en la que se adicionó el concentrado de rubas, directamente al yogur después de la incubación. El yogur fue envasado y se mantuvo refrigerado durante veintidós (22) días, tiempo en el cual se determinaron la acidez, el análisis proximal, la sinéresis y se realizó una evaluación sensorial. Los resultados mostraron que el concentrado de rubas tuvo un efecto metabólico en las bacterias, aumentando la acidez hasta un 1,28% de ácido láctico. La sinéresis del yogur con rubas fue del 4,5%, en comparación con el 51% del yogur de referencia (control) al final del almacenamiento. Sensorialmente, las características evaluadas presentaron muy buena aceptación entre los panelistas. Nutricionalmente, el yogur con adición de concentrado de rubas presentó mejores características, con un contenido de proteína del 3,2%.

Toro (2017), desarrolló un estudio en la Universidad Nacional de Trujillo, con el objetivo de determinar las características fisicoquímicas de un yogurt griego fortificado con harina de quinua (Variedad INIA Salcedo). El enfoque metodológico fue experimental, elaborando yogurt griego a partir de leche fresca de vaca con la adición de 8% (p/p) de harina de quinua durante el proceso de pasteurización a 50 °C. Los principales resultados mostraron que el yogurt griego fortificado presentó sólidos totales de 26.7%, proteínas al 5.6%, caseínas al 4.56% y grasas al 1.7%. La acidez, indicada en ácido láctico, fue de 0.76% y pH de 4.38. Además, la sinéresis tuvo un valor de 38.03%. El estudio concluye que la fortificación con

harina de quinua (Variedad INIA Salcedo) mejora las propiedades nutricionales del yogurt griego, brindando una alternativa viable y nutritiva en la industria alimentaria.

Así mismo, Krisnaningsih, *et al.* (2020) estudiaron el efecto de la adición de almidón de taro local (*Colocasia esculenta*) como estabilizador en la sinéresis y sensorial del yogurt durante un período de incubación de 18 horas a temperatura ambiente. Emplearon un diseño completamente aleatorio con diferentes tratamientos de adición de almidón de taro: 0,50%, 1%, 1,50% y 2%. Los resultados de este estudio indicaron que la adición de diferentes niveles de almidón de taro local (*Colocasia esculenta*) como estabilizante produce una diferencia muy significativa ($P < 0,01$) en la sinéresis y la textura. Obteniéndose valores de sinéresis sin adición de almidón en la muestra de referencia con un valor de 4,5%. Luego, los tratamientos P1, P2, P3 y P4 presentaron valores de 4,23%, 4%, 3,72% y 3,48%, respectivamente. En cuanto a la preferencia de textura del yogurt, el valor más alto fue P3 con una puntuación de 3,8% y el valor más bajo fue P0 con una puntuación de 3,13%. La adición de almidón no tuvo ningún efecto ($P > 0,05$) en el color, sabor y aroma del yogurt.

Pérez, *et al.* (2021), investigaron el efecto de la adición de almidón de ñame “espino” (*Dioscorea rotundata*) y de ñame “criollo” (*Dioscorea alata*) a diferentes concentraciones (0,1%, 0,3% y 0,5% p/p) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del yogurt tipo batido. en estas utilizaron pectina (0,3% p/p) como estabilizante de referencia. Determinaron que el yogur con almidón de ñame presentó un porcentaje menor de sinéresis (13,38%) que los yogures con adición de pectina el cual fue la muestra de referencia. Así mismo evaluaron a nivel sensorial, el tratamiento con mayor aceptación del yogurt con almidón fue el tratamiento que se le adicionó un 0,1% p/p de almidón de ñame criollo. dentro de lo

resultados se resalta la disminución entre el 7 y 8% de la sinéresis durante el almacenamiento en aquellos yogures con adición de almidón de ñame (“criollo” y “espino”) al 0,1% p/p frente a aquellos que se les adicionó pectina, la sinéresis se presentó un comportamiento casi constante durante este período. Determinaron que el yogurt adicionado con almidón de ñame se comportó como un fluido pseudoplástico. concluyeron que el almidón de ñame puede ser utilizado como estabilizante porque mejora las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del yogur tipo batido, especialmente el almidón de ñame “criollo” (0,1% p/p), que presenta la mejor preferencia por parte de los consumidores.

7. Marco conceptual

Evaluación sensorial. disciplina que analiza la percepción del consumidor mediante pruebas organolépticas. Se utiliza para medir la aceptación y preferencia del producto alimenticio. Proporciona información importante y útil sobre las características de los productos y el nivel de agrado, aceptación o rechazo de los posibles consumidores frente a características específicas de un alimento (Severiano, 2019), para el presente estudio es importante la aplicación de una prueba de aceptación dentro de la evaluación sensorial para determinar de las diferentes formulaciones de yogurt es la que presenta mayor aceptación entre los jueces, en características como color, viscosidad y sabor.

Estabilizantes alimentarios: sustancias añadidas a los alimentos para mejorar la textura, prevenir defectos como la sinéresis y mantener la estabilidad del producto durante su vida útil (NTC 805, 2005).

Harina de auyama. polvo fino obtenido de la molienda y tamizado de la pulpa seca de auyama (*Cucúrbita moschata sp*), rica en betacaroteno, fibra, vitamina B, antioxidantes, potasio y magnesio, se caracteriza por su aporte nutricional y funcional. Se ha empleado como ingrediente en formulaciones alimentarias por su capacidad de retención de agua y fibra dietaria (Rodríguez-Lora *et al.*, 2024).

Propiedades bromatológicas. Se refiere al estudio de las propiedades nutritivas y composición química de las harinas, incluyendo contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, fibras, vitaminas y minerales (Bello G, 2000)

Reología. ciencia que estudia el flujo y la deformación de los materiales. En el contexto alimentario, permite evaluar propiedades como viscosidad y textura, siendo esencial para la caracterización del yogur (Zare *et al.*, 2012). Dentro de la industria alimentaria, esta desempeña un papel importante, su aplicación es diversa y abarca aspectos como la aceptabilidad, el tipo de proceso, manejo y transformación de los alimentos.

Propiedades reológicas. Hacen referencia al comportamiento del yogurt cuando es sometido a la acción de las fuerzas mecánicas, lo que permite evaluar su flujo y deformación ante diferentes esfuerzos. Estas características son determinantes en la percepción de la textura y aceptación por parte de los consumidores. En el contexto de la industria láctea, estas propiedades son esenciales no solo para el control de calidad y almacenamiento, sino también para garantizar la consistencia deseada en el producto final. la reología permite entender cómo se comportan los alimentos semilíquidos bajo condiciones de procesamiento. Entre los parámetros más relevantes se encuentra la viscosidad, la cual puede presentar alteraciones por diversos factores como la composición

de la leche, temperaturas de incubación heterogéneas, características del cultivo iniciador, enfriamiento deficiente o mala manipulación del gel. Estas variables pueden derivar en defectos como la débil formación del gel o aumento de la sinéresis (Mendoza, 2021)

Sinéresis. fenómeno físico-químico que se manifiesta como la liberación de líquido en sistemas gelificados, como el yogur, consecuencia de la contracción de la red proteica (Ortiz *et al.*, 2013). Hace referencia a la liberación de lactosuero como resultado de la contracción del gel, esto afecta negativamente la calidad de los productos lácteos, ya que se puede observar la presencia de líquido en la superficie y, puede llevar al rechazo por parte de los consumidores. Este fenómeno ocurre debido a la reorganización de la red molecular de caseína tras la formación del gel. Los factores de proceso más influyentes en la sinéresis incluyen la acidificación rápida y las altas temperaturas durante la incubación, el tiempo excesivo del tratamiento térmico, bajo contenido de sólidos o una muy baja producción de ácidos (Acevedo *et al.*, 2010).

8. Marco legal.

Las normas que regulan a nivel internacional y nacional las propiedades fisicoquímicas de harinas y del yogurt utilizadas para el desarrollo de esta investigación son las siguientes:

Codex alimentarius, organismo que regula a nivel internacional las normas relacionadas con la producción de harinas y alimentos elaborados a partir de materias primas vegetales.

A nivel nacional, la ley 9 de 1979, del ministerio de salud, en el título V quien regula las disposiciones generales sobre la comercialización y procesamiento de alimentos.

Resolución 02310 de 1986 del Ministerio de Salud, la cual regula todos los aspectos relacionados con el procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los Derivados Lácteos en Colombia.

Decreto 616 de 2003, del ministerio de Salud y protección social, donde se establecen todas las disposiciones sobre la comercialización de leche y sus derivados sobre el territorio nacional.

La Resolución 4506 de 2013, del Ministerio de salud y protección social, donde se determinan y establecen los requisitos y límites para contaminantes y aditivos en alimentos para consumo humano.

9. Metodología

9.1. Tipo De Investigación-Enfoque

La investigación descrita es de tipo experimental. Este tipo de investigación se caracteriza por la manipulación de variables independientes para observar sus efectos sobre variables dependientes en condiciones controladas.

9.2. Localización

Esta investigación se realizó en la planta piloto de operaciones unitarias del programa de ingeniería agroindustrial de la Universidad de Sucre, sede granja El Perico (Km 7 vía Sincelejo – Sampués). Se realizaron ensayos en el laboratorio de bioingeniería del grupo de investigación Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible (PADES), adscrito a la facultad de ingenierías de la Universidad de Sucre, localizados en la carrera 28 N 5-267, Barrio Puerta Roja, Sincelejo, departamento de Sucre. Otros ensayos complementarios fueron realizados en los laboratorios de investigaciones del grupo IDAA de la facultad de ingeniería, Universidad de Cartagena, sede piedra de Bolívar, ubicados en la Avenida el Consulado, calle 30 N 48 – 152 (Cartagena- Colombia).

9.3. Materiales y Métodos

9.3.1. Proceso para la obtención de la harina de auyama.

Los frutos de auyama fueron comprados en la plaza de mercado de la ciudad de Sincelejo, Colombia, se seleccionaron de acuerdo a su calidad, teniendo en cuenta el aspecto, que no presentaran daños mecánicos, magulladuras o signos de ablandamiento.

La auyama fue pelada empleando un procesador de vegetales, la pulpa fue cortada en láminas de 1 mm de espesor aproximadamente, posteriormente fue empacada en bolsas resellables (ziploc) en paquetes de 500 gramos. (Ver figura 1)

Ilustración 1

Auyama (Cucúrbita moschata) a) frutos

a)



b) auyama fresca cortada en láminas

b)



Nota: Elaboración propia

Para el secado se tuvo en cuenta las consideraciones reportadas por García., *et al* (2020) y Saxena, *et al.*, (2012), con una temperatura de secado para la auyama a 58°C, se secaron en un secador marca thermo scientific, referencia OMH 180, con aire caliente por convección forzada durante 5 horas, Las láminas de auyama secas fueron molidas utilizando molino eléctrico marca Hamilton Beach 80335R con una potencia de 125W, para reducir las a una harina fina. Este tipo de molino es adecuado para la molienda de productos alimenticios secos debido a su capacidad para reducir el tamaño de partícula de manera eficiente.

Una vez obtenida la harina, se procedió al tamizado. Se pesaron 876 gramos de harina de auyama y se colocaron en un tamiz Tyler de malla 60 MESCH y fueron empacadas en bolsas metalizadas de cierre hermético debidamente rotuladas para su análisis.

Ilustración 2

Láminas de auyama secas



Nota: Elaboración propia

Ilustración 3

Material seco molido y tamizado

a)



b)



Nota: **a)** material molido sin tamizar; **b)** material cernido

9.3.1. Caracterización fisicoquímica de la harina de auyama

Contenido de humedad (%H). Se pesó un crisol vacío, inmediatamente se agregaron dos gramos de muestra de la harina, las cuales se llevaron a un horno por convección forzada a una temperatura de 105 °C durante un periodo de 24 horas. Luego los crisoles se colocaron en un desecador hasta el reposo. Finalmente se registró el peso de los crisoles con las muestras secas. (AOAC, 2012, método 925.09).

El contenido de humedad en base húmeda está dado por las ecuaciones 1 y 2

$$H (\%) = 100 - \text{extracto seco} (\%) \text{ (Ec. 1)}$$

$$\text{Extracto seco} (\%) = \frac{(\text{peso del crisol con muestra} - \text{peso del crisol vacío})}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \text{ (Ec.2)}$$

Potencial de hidrógeno (pH). Se tomaron 10 gramos de la muestra y se colocaron en un vaso de precipitados. A continuación, se agregaron 100 mL de agua destilada y la mezcla fue agitada durante 30 minutos. Posteriormente, se dejó reposar durante diez minutos antes de decantar el sobrenadante en un beaker de 50 mL. Finalmente, se midió el pH utilizando un potenciómetro previamente calibrado con soluciones tampón. (AOAC, 2012).

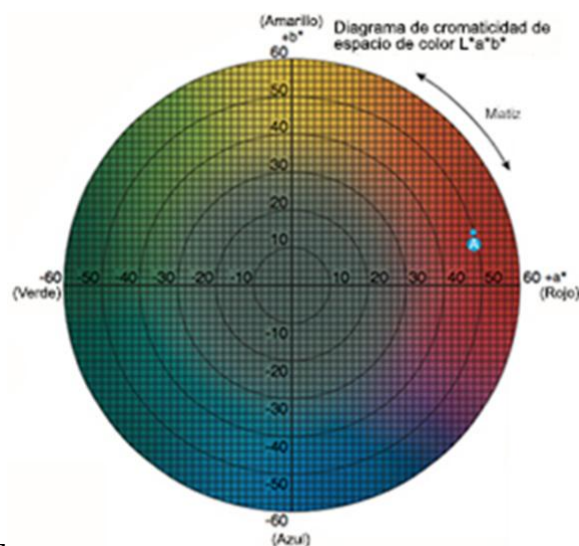
Colorimetría. Las mediciones del color de las muestras de harina fueron llevadas a cabo siguiendo el método descrito por Kimbonguila *et al.*, (2019), utilizando un Colorímetro (Konica Minolta, Colombia). A partir de los espectros de reflexión se obtuvieron las coordenadas de color del CIE L*a*b*, se ajustaron las escalas L, a y b, las cuales son utilizadas para el control de calidad y representan los siguientes atributos: L: luminancia o

claridad, + a: medida del rojo, - a: medida del verde, b+: medida del amarillo y b-: medida del azul. El índice de blancura (IB) se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$IB = \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad (Ec. 3)$$

Ilustración 4

*Coordenadas de color del CIE- $L^*a^*b^*$*



1

Nota: fuente: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

9.3.2. Caracterización bromatológica de la harina de auyama

Determinación de proteína bruta. (1) Digestión. Se tomaron 2 gramos de muestra y se colocaron en un tubo de digestión, añadiéndose una pastilla catalizadora compuesta por sulfato de potasio (Na_2SO_4), sulfato de cobre (Cu_2SO_4) y óxido de selenio (SeO_2). Se adicionaron 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) de grado analítico (96%) El tubo fue colocado en un sistema de digestión, donde se calentó la mezcla hasta alcanzar una coloración verde

esmeralda clara, proceso que duró aproximadamente 60 minutos. La digestión se consideró finalizada cuando el contenido adquirió un color verde claro homogéneo, momento en el cual se permitió enfriar la muestra a temperatura ambiente (AOAC, 2012).

(2) . Destilación. Una vez enfriada la muestra, se adicionaron 50 mL de agua destilada y 70 mL de hidróxido de sodio al 30% p/v. Se procedió a la destilación por un período de 10 minutos, recogiendo el destilado en un matraz Erlenmeyer de 500 mL que contenía 100 mL de una solución de ácido bórico al 2% p/v. Finalmente, se realizó la valoración del destilado utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1 N. como titulante (AOAC, 2012, método 920.87)

El porcentaje de proteína bruta se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$\% \text{ de proteína} = \% \text{ nitrógeno} * 6,25 \quad (Ec. 3)$$

Para el cálculo del contenido de nitrógeno, se aplicó la siguiente ecuación, tomando como blanco 3 mL:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \left(\frac{\text{mL de ácido gastado} - \text{mL del blanco}}{\text{gramos de muestra}} \right) * (0,1) * (0,014) * (100) \quad (Ec. 4)$$

Determinación del contenido de grasa. El análisis se realizó mediante extracción con bencina de petróleo. Se pesaron por duplicado 3 gramos de muestra, los cuales fueron depositados en un dedal de extracción. Previamente, el matraz de extracción fue secado en estufa a 103 ± 2 °C durante 30 minutos y posteriormente pesado. En el sistema Soxhlet, se añadió bencina de petróleo al matraz y se llevó a cabo la extracción durante 6 horas, manteniendo una velocidad de condensación de 3 a 6 gotas por segundo. Una vez finalizado

el proceso, el solvente fue eliminado por evaporación utilizando una unidad de destilación. Finalmente, el matraz con el residuo graso fue secado en horno de convección forzada a 103 ± 2 °C durante 30 minutos, colocado en un desecador para enfriamiento y luego pesado para determinar el contenido graso. (AOAC, 2012, Método, 945.38).

Cenizas. por incineración total a 550°C en mufla por 4 horas, luego se dejó en reposo en un desecador, se registraron los pesos iniciales y finales, para determinar el porcentaje de cenizas. (AOAC, 2012. Método, 923.03).

Fibra cruda. La fibra cruda fue cuantificada mediante digestión ácida y alcalina sucesiva. Inicialmente, la muestra fue sometida a digestión con ácido sulfúrico concentrado, seguida de una digestión con hidróxido de sodio, con el fin de remover componentes solubles. El contenido de fibra se determinó a partir de la diferencia de masa de la muestra antes y después del tratamiento, conforme a lo establecido en el método 920.86 de la AOAC (2012). Una vez obtenidos los valores correspondientes de proteína, grasa, humedad, ceniza y fibra, el contenido de carbohidratos se calculó por diferencia, como se muestra en la ecuación (5).

$$\text{Carb. totales} = 100 - ((\%H) + (\text{Proteína bruta}) + (\text{grasa bruta}) + (\text{Cenizas}) + (\text{Fibra bruta})) \text{ Ec. (5)}$$

9.3.3. *Propiedades funcionales*

Capacidad de retención de agua (CRA). La determinación de esta propiedad se realizó siguiendo la metodología descrita por Kayode *et al.* (2023). Para determinar la capacidad de absorción de agua, se agregaron 10 ml de agua destilada a 0,5 g de harina a temperatura ambiente. Luego la mezcla se sometió a incubación en baño de maría a 60°C

durante 30 min y consiguientemente a centrifugación a 3000 rpm durante 15 min, posteriormente los tubos de sedimento se pesaron y con base en la ecuación (7) se estableció la CRA. La densidad del agua se tomó como 1 g/ml.

$$CRA_{(g/g)} = \frac{(C_2 - C_1)}{H} \quad \text{Ec. (6)}$$

donde;

C_2 =Peso del tubo con sedimento

C_1 = mL de agua destilada

H=peso de la muestra

Capacidad de retención de aceite (CRO). La capacidad de absorción de aceite (CRO) se determinó utilizando el método modificado de Argaw *et al.*, (2023). Se pesaron 0,5 g de muestra en un tubo de centrífuga previamente pesado y se añadieron 6 ml de aceite de girasol. La mezcla se incubó a 25 °C durante 30 min y luego se centrifugó a 5000 rpm durante 30 min. Se escurrió el exceso de aceite y el tubo se colocó (invertido) sobre papel absorbente durante 25 minutos para eliminar el exceso de aceite. La densidad del aceite de girasol se tomó como 0,918 g/ml. Se determinó el peso final del tubo y se calculó la CRO de la harina mediante la siguiente ecuación:

$$CRO_{(mL/g)} = \frac{(T_f - H - T_o)/d}{H} \quad \text{(Ec.7)}$$

donde;

T_f =Peso del tubo con sedimento

H=Peso de la muestra de harina

T₀=Peso del tubo vacío

d=densidad del aceite de girasol

Poder de hinchamiento y solubilidad. El poder de hinchamiento (PH) y la solubilidad (S) se determinaron teniendo en cuenta el método descrito por Argaw *et al.* (2023). Se pesaron aproximadamente 0,2 g de harina de auyama en un tubo de centrífuga y se añadieron 15 mL de agua destilada en un tubo de centrífuga que luego fue sumergido en un baño de agua a una temperatura de 85 °C durante 30 min con agitación constante. La suspensión se mezcló bien durante el periodo de calentamiento. A continuación, se retiró el tubo, se enfrió a temperatura ambiente y se centrifugó a 6000 rpm durante 15 min. La solución superior de cada muestra fue transferida a una placa de evaporación y se secaron a 110 °C durante 3 horas. Por último, se pesaron tanto el residuo que representa la cantidad de muestra disuelta en agua como la muestra insoluble. PO y S se calcularon utilizando las ecuaciones indicadas a continuación:

$$PO = \frac{\text{peso del sedimento}}{\text{peso de la muestra} - \text{peso del soluble}} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$\%S = \frac{\text{peso del soluble}}{\text{peso de la muestra}} \quad \text{Ec. (9)}$$

Mínima concentración de gelificación. Se determinó siguiendo la metodología descrita por Ngoma *et al.*, (2019). Se prepararon dispersiones de harina con concentraciones del 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14,16,18 y 20 (p/v) en 5 ml de agua destilada en tubos de ensayo, y se

calentaron durante una hora en un baño de agua hirviendo a 100°C. Las dispersiones calentadas se enfriaron rápidamente bajo agua corriente del grifo y luego se enfriaron aún más a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ en un refrigerador durante 2 horas. La concentración de gelificación mínima se determinó como la concentración a la cual la muestra no cayó ni se deslizó cuando se realizó la inversión en el tubo de ensayo.

9.4. Procedimiento para la elaboración del yogurt batido.

La elaboración de yogurt batido se llevó a cabo conforme al diagrama de flujo presentado en la figura 6. Las fases se detallan a continuación:

La elaboración del yogur batido se llevó a cabo conforme al diagrama de flujo presentado en la Figura 6. Las fases del proceso se detallan a continuación:

Para su preparación, se utilizó leche semidescremada pasteurizada adquirida en un establecimiento comercial local. Esta fue calentada hasta alcanzar una temperatura de $43 \pm 2^\circ\text{C}$, punto en el cual se incorporó la harina de auyama (*Cucúrbita moschata sp*) en tres concentraciones diferentes: 3%, 5% y 8%, correspondientes a los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. Se utilizó una muestra control (T0), sin adición de harina, para efectos comparativos.

Las mezclas fueron agitadas durante cinco minutos con el fin de lograr una distribución homogénea de los ingredientes. Posteriormente, se adicionó un 2% p/v de cultivo iniciador compuesto por *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus cremoris*. La mezcla se agitó suavemente durante tres minutos para asegurar una adecuada dispersión del cultivo.

Luego, las muestras fueron incubadas a temperatura constante durante un período de cuatro horas.

Una vez alcanzado un pH de 4,5, se procedió a homogeneizar nuevamente y a envasar los productos. Las muestras fueron almacenadas en refrigeración a 4 °C con el fin de favorecer el desarrollo del aroma y sabor característicos del yogur, además de mejorar su consistencia antes de su análisis sensorial y físico-químico. Los tratamientos aplicados se encuentran detallados en la Tabla 4.

Tabla 4

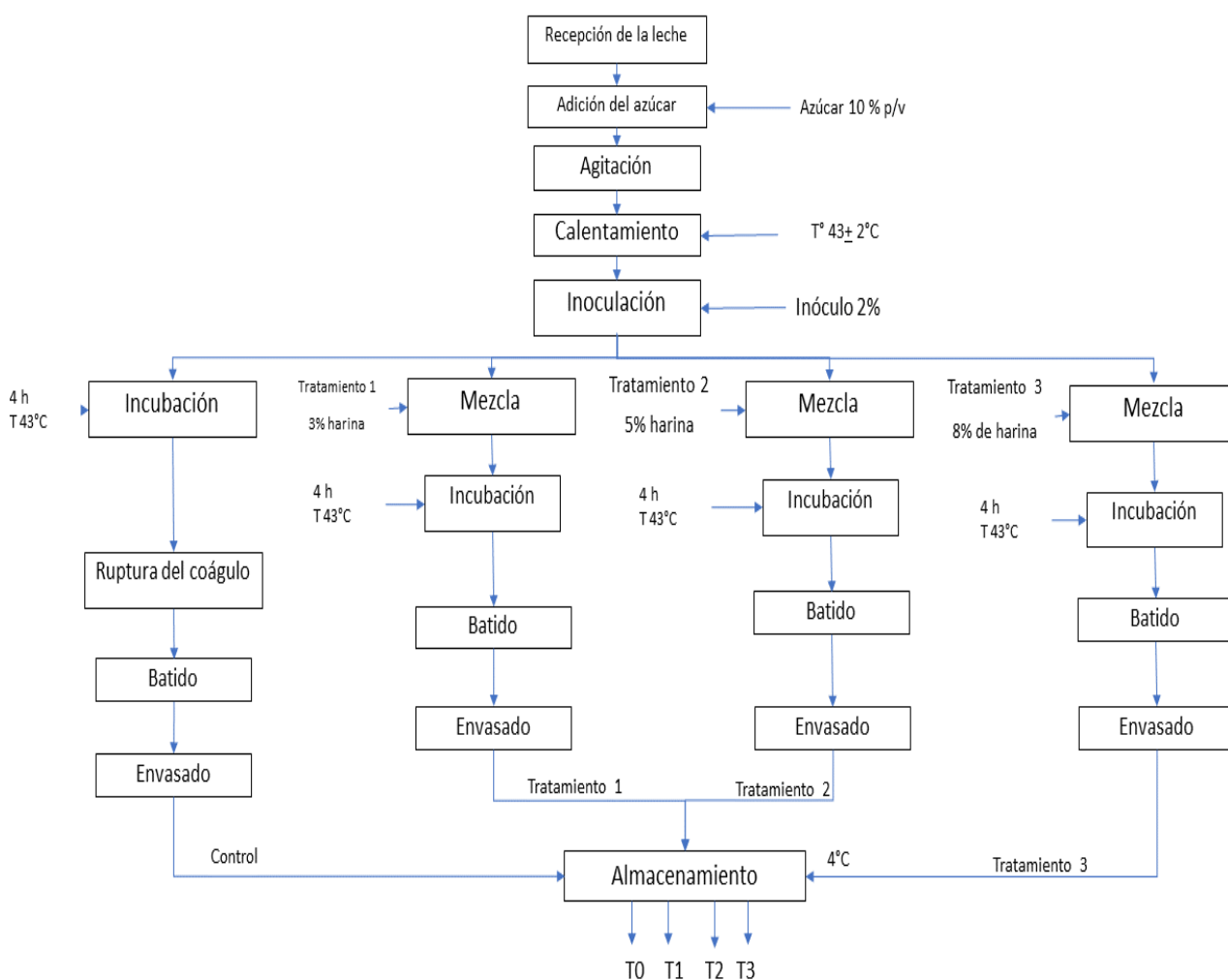
Tratamientos

Tratamiento	% de Harina de auyama
T0	0%
T1	3%
T2	5%
T3	8%

Nota: Fuente elaboración propia

Ilustración 5

Diagrama de flujo para la elaboración del yogurt batido.



Nota: Fuente, elaboración propia

9.3.5. Análisis fisicoquímicos del yogurt

Para el producto terminado se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos siguiendo los parámetros exigidos por la normatividad sanitaria vigente, específicamente

según lo estipulado en la resolución 02310 de 1986 del Ministerio de Salud (tabla 5). Estos ensayos permitieron verificar el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos para productos lácteos fermentados:

Tabla 5

Métodos de ensayo de análisis fisicoquímicos del yogurt

Análisis	Método
Materia grasa	AOAC, Método, 945.38
Sólidos no grasos	Por refractometría
pH	AOAC, 2012. Método 935.57
Acidez	AOAC, 2012. Método 945.27/90
Proteína	AOAC, 2012. Método 991.20

Nota: elaboración propia

9.3.6. Determinación de las propiedades reológicas y funcionales

9.3.6.1. Oscilación dinámica.

Las propiedades reológicas de los distintos tratamientos de yogurt fueron evaluadas utilizando un reómetro híbrido Discovery HR-10 (TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.) l para las mediciones se empleó una configuración de placas paralelas de acero inoxidable con una geometría de 25 mm de diámetro, estableciendo una separación (GAP) de 1000 μm entre las placas. Durante los ensayos de flujo, se mantuvo constante una temperatura de 25°C mediante el uso de un sistema de control térmico Peltier (Saleh *et al.*, 2020)

Barrido de deformación o esfuerzo (frecuencia constante) para determinar que las pruebas se realizaron en la zona de viscoelasticidad lineal, la zona lineal viscoelástica para el yogurt con y sin harina de auyama se midió la amplitud del esfuerzo desde 0,1 –50 Pa y una frecuencia de 0.1 Hz.

Barrido de frecuencia (a temperatura y deformación constante) permitiendo determinar los módulos de almacenamiento y de pérdida. El barrido de frecuencias 0,0159–1,591 Hz) se llevaron a partir del régimen lineal, a deformación constante (0,25%).

9.3.6.2. Determinaciones reológicas de flujo.

Los geles fueron sometidos a un ciclo de deformación, con un tramo ascendente de 1,0 a 15,0 1/s en 60 segundos, los datos de las curvas fueron ajustados por medio del programa TRIOS se ajustaron a los modelos de flujo.

Todas las mediciones reológicas y los parámetros reológicos se obtuvieron directamente del software informático suministrado por el fabricante (TRIOS, TA Instruments, New Castle, de, EE. UU.).

9.3.6.3. Pruebas dinámicas.

Determinación de la región lineal viscoelástica. La región lineal viscoelástica (LVR) es una característica fundamental en la reología de materiales complejos como el yogurt, ya que describe el rango de deformación en el cual el material se comporta de manera lineal y reversible. Dentro de esta región, las propiedades reológicas, como el módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdida (G''), son independientes de la amplitud de la

deformación aplicada, permitiendo una caracterización precisa del comportamiento viscoelástico intrínseco del material (Maturana & López, 2024).

Para determinar la LVR, se realizaron experimentos de barrido de deformación oscilatoria a una amplitud de 0,1-50 Pa, y se monitorearon los módulos elásticos (G') y viscoso (G''), a una frecuencia constante de 0,1 Hz (ver Figura 1). Los ensayos se llevaron a cabo a una temperatura de 25°C.

9.3.6.4. Sinéresis.

Para determinar el grado de sinéresis en las muestras de yogur, se empleó una centrífuga Scilogex-506. Se tomaron 10 gramos de cada formulación, los cuales fueron sometidos a centrifugación durante 20 minutos a una velocidad constante de 5000 rpm. Finalizado este proceso, se recuperó el sobrenadante (lactosuero), cuyo peso fue registrado. Con base en estos datos, se calculó el porcentaje de sinéresis mediante la relación entre la masa del líquido separado y el peso inicial de la muestra analizada, según la metodología descrita por Charoenrein *et al.* (2008). El porcentaje de sinéresis se determinó por la siguiente ecuación:

$$\text{Sinéresis} = \frac{\text{peso del sobrenadante}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. (8)}$$

9.3.7. Análisis sensorial

Con el fin de establecer el nivel de aceptación del yogurt batido, adicionado con harina de auyama, se efectuó una prueba sensorial enfocada en atributos clave como el sabor, color y la textura. Para la evaluación se utilizaron las formulaciones T1, T2 y T3, que contenían 3%, 5% y 8% de harina de auyama, respectivamente, además de una muestra

control (T0) sin dicha adición. La prueba fue aplicada a un panel compuesto por 20 evaluadores no entrenados, cuyas edades oscilaban entre los 18 y 40 años, representando así un grupo consumidor potencial del producto.

La evaluación se realizó teniendo en cuenta lo descrito por Mejía (2019), mediante una escala hedónica verbal de 5 puntos. En esta escala, los participantes expresaron su grado de agrado hacia el yogurt usando las siguientes categorías: "Me gusta mucho", "Me gusta", "Ni me gusta ni me disgusta", "Me disgusta" y "Me disgusta mucho" (ver anexo tabla 7).

Durante la prueba, cada participante recibió muestras codificadas de 15 mL del yogurt control y del yogurt con diferentes concentraciones correspondientes a los tratamientos con harina de auyama, para evitar cualquier sesgo, se les pidió que probaran cada muestra y marcaran su nivel de agrado frente a atributos como color, textura y sabor en la escala hedónica proporcionada.

Tabla 6

Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial del yogurt.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Nota: elaboración propia

10. Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de la incorporación de harina de auyama sobre las características del yogur, se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado. El procesamiento estadístico de los datos se efectuó utilizando el software R Studio, mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor. Complementariamente, se empleó Microsoft Excel para la organización y análisis descriptivo de los datos. La comparación de medias entre tratamientos se llevó a cabo a través de la prueba de Tukey, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0,95$. En cuanto a las propiedades reológicas, todas las mediciones y los parámetros reológicos se obtuvieron directamente del software informático suministrado por el fabricante (TRIOS, TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.).

11. Resultados y discusión

11.1. Determinación de las Propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y funcionales de la harina de auyama

11.1.1. Propiedades fisicoquímicas y bromatológicas de la harina de auyama

En la tabla 7 se observan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y bromatológico de la harina de auyama. En general se observó un contenido de humedad del 13,6%, el contenido de proteína y fibra fue de 6,2% y 3,5% respectivamente, valores relativamente diferentes a los informados por Jasim *et al.* (2014), estas variaciones pueden ser atribuidos a la localización geográfica de los frutos, grado de maduración, el método de cultivo y secado.

Otras propiedades como el pH (5,2) y las cenizas (1,6%) reportados, son similares a los determinados por Caripá *et al.* (2020) los cuales reportaron valores de 5,8 y 0,88 % respectivamente, pero difieren de los resultados de García *et al.* (2020) (6,03 y 10,92), las cuales pueden diferir teniendo en cuenta la variedad de la auyama utilizada y el espesor del corte realizado a las láminas de auyama, variable que puede afectar la transferencia de calor y la deshidratación de las muestras.

Tabla 7

Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la harina de auyama (Cucúrbita moschata sp)

Característica	Composición en 100 g de muestra
pH	5,2 $\pm$ 0,02
Proteína	6,2 $\pm$ 0,14
Grasa total	0,88 $\pm$ 0,35
Fibra total	3,5 $\pm$ 0,00
Carbohidratos	67,82 $\pm$ 1,00
Humedad	13,6 $\pm$ 0,41
Ceniza	1,6 $\pm$ 0,05

Nota: elaboración propia. Cada valor indica la media de la medición $\pm$ la desviación estándar.

11.1.2. Poder de hinchamiento, porcentaje de solubilidad y mínima concentración de gelificación

Tabla 8

Propiedades funcionales de la harina de auyama

Propiedad	Resultado
Poder de hinchamiento (PH)	19,35 %
Porcentaje de solubilidad (%S)	56,08%
Mínima concentración de gelificación	10 % p/v
Capacidad de retención de agua (CRA)	3,79 %
Capacidad de retención de aceite (CRO)	1,23 %

Nota: Elaboración propia

Tabla 9

Propiedades funcionales de la harina de auyama y otros tipos de harina ($\pm$ desviación estándar)

Harina	PH	%S	CRO
Auyama (<i>cucúrbita moschata</i>)¹	19,35	56,08	1,23
Zapallo (<i>cucúrbita moschata</i>)²	9,44 $\pm$ 0,43	38 $\pm$ 0,02	1,078 $\pm$ 0,27
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)³	12 $\pm$ 0,0	50 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,01
Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	11,12 $\pm$ 0,51	61,5 $\pm$ 0, 51	0,75 $\pm$ 0,01

Nota: ¹ presente estudio, ²Lopez *et al* (2016), ³ Martínez *et al.*, (2014) PH: poder de hinchamiento, S: porcentaje de solubilidad; CRO: capacidad de retención de aceite

El poder de hinchamiento mide la capacidad de la harina para absorber agua y expandirse, para la harina en estudio el valor de 19,35% indica una buena capacidad de absorción, en comparación con otras harinas como la del maíz (15-20%) o la de trigo (12%) o de arroz (11,12%) según lo expuesto por Martínez *et al.* (2014). Pero difiere de los resultados obtenidos por Lopez *et al.* (2016), posiblemente estudio en el cual la temperatura de secado fue cercana a 85 °C, se evidencia que esta propiedad está influenciada por la temperatura de secado de la pulpa de auyama. Así mismo estos valores permiten suponer que la harina de auyama es una buena alternativa para la elaboración de productos que exigen una alta capacidad de retención de humedad, como derivados lácteos fermentados, entre ellos el yogurt, kéfir y kumis, ya que su incorporación contribuye a reducir la liberación de lactosuero, mejorando así la estabilidad y textura. La harina presentó porcentaje de solubilidad del 56,08 % sugiere una alta solubilidad, y solubilidades más bajas en harinas como la de yuca (20-30 %) o la de arroz (50 %), por lo que la harina de auyama se destaca en este aspecto.

De igual manera, el porcentaje de mínima concentración de gelificación para la harina de auyama es del 10 % p/v, es similar al reportado por Martínez *et al.* (2014), pero valores cercanos a al de la harina de trigo (12-15) de acuerdo al mismo estudio, indicando que se necesita una menor cantidad de harina de auyama para alcanzar la gelificación y, permite utilizar el producto como espesante por la capacidad para formar geles mejorando atributos sensoriales en el yogurt, entre ellos la textura y consistencia. En relación a la capacidad de retención de agua, esta propiedad indica cuánta agua puede retener la harina. Un valor de 3,79 %. Comparativamente, harinas como la de avena pueden tener capacidades de retención de agua ligeramente superiores (4-5 %), mientras que otras como la de maíz

pueden estar alrededor del 3 %, resultados similares a los establecidos por García *et al.*, (2020) (4,21%); Esto sugiere que la harina de auyama tiene una buena capacidad de retención de agua, adecuada para productos que necesitan mantenerse húmedos durante el almacenamiento. (López *et al.*,2016), Estos valores indican un buen parámetro del producto deshidratado, especialmente una elevada capacidad de rehidratación García *et al.*, (2020).

En cuanto a la capacidad de retención de aceite que puede retener la harina, un valor de 1,23 %, similar al reportado por López *et al.* (2016) y García *et al.*, (2020) (1,23%), pero es alto comparado con harinas como la de trigo y arroz.

11.1.3. Determinación del color de la harina de auyama

En la Tabla 10 se presentan los valores de color de la harina de auyama. El valor de luminancia (L) fue de 72,6 lo que refleja una harina relativamente clara; el valor de a* (11,54) lo que indica una tendencia ligera hacia el rojo, mientras que el valor de b* (52,81) muestra una marcada inclinación hacia el amarillo, atribuible al contenido de carotenoides. El índice de blancura (IB = 60,60) evidencia que, aunque la harina mantiene cierta claridad, la fuerte tonalidad amarilla desplaza la percepción visual hacia colores cálidos.

Tabla 10

Determinación del color de la harina de ahuyama

Luminosidad (L)	a*(rojo)	b* (Amarillo)	IB (índice de blancura)
72,61±0,087	11,54± 0,09	52,81± 0,26	60,60 ± 0,22

Nota: elaboración propia. Cada valor indica la media de la medición $\pm$ la desviación estándar. L: Luminosidad, a*: Rojo + y verde -. b*: Amarillo + y Azul -. IB: índice de blancura.

Estos resultados son comparables con el estudio de Jacobo-Valenzuela *et al.* (2011) reportaron amplios rangos que desde L (49,6 y 100,0), a* (-3,3 y - 21,9) y b* (-5,7 y - 48,16), lo que resalta la variabilidad del color en las distintas variedades de auyama. Aunque en este estudio la harina de auyama mostro un b* superior al mencionado. Al igual coinciden con lo reportado por Davoudi *et al.* (2020) y Alija *et al.* (2025) en la elaboración de pan enriquecido con harina de auyama, donde se evidencio una luminosidad baja y un incremento en b*, evidenciando el contenido de β -caroteno en la intensificación de tonalidades amarillas y naranjas, en este estudio también se confirma que el secado a baja temperatura conserva mejor estos carotenoides.

11.2. Determinación de las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del yogurt batido adicionado con harina de auyama

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades fisicoquímicas del yogurt batido. Estos indican que la incorporación de harina de auyama generó variaciones en la composición del yogur, materia grasa y acidez se encuentran dentro de los rangos normales para yogurt entero batido, en concordancia con la resolución 02310 del Ministerio de Salud (1986) y la norma técnica colombiana – NTC 805.

Tabla 11*Propiedades fisicoquímicas del yogurt*

Propiedad (100 g)	Tratamiento			
	T0	T1	T2	T3
Proteína (%)	3,5± 0,07 ^a	3,4± 0, 21 ^b	3, 2±0,01 ^b	2,9±0,07 ^c
Grasa (%)	3,7 ± 0, 14 ^a	3,3±0,07 ^b	2,9± 0,49 ^b	2,1±0,0 ^d
Sólidos totales (%)	7,0 ± 0,00 ^a	8,0±0,00 ^b	8,1± 0,40 ^c	12±0,16 ^d
pH	4,5±0,07 ^a	4,8±0,07 ^b	4,35 ±0,02 ^c	4,6±0,01 ^d
Acidez titulable (% AL)	0,85±1, 14 ^a	0,81± 1,41 ^b	0,86±0,00 ^c	0,86±0,01 ^d

Nota: Letras distintas en la misma fila son significativamente diferentes para un nivel de confianza de 0,95. Cada valor indica la media de la medición ± la desviación estándar.

El contenido de proteína significativamente con respecto al control mientras el control obtuvo 3,5 %, mientras que los tratamientos con adición de harina mostraron una disminución con el aumento de la adición de harina de auyama 3,4 % (T1), 3,2 % (T2) y 2,9 % (T3), sin embargo, cumplen con las normas establecidas para yogurt. Esto puede ser debido a que la concentración de proteína en la auyama no es destacable y la mayor concentración de esta la presenta la leche y al añadir más harinas este disminuirá su concentración (Ortega E, 2023). De igual modo la grasa presenta el mismo comportamiento una tendencia a disminuir en la medida que se incrementa el porcentaje de adición de harina a la matriz alimentaria debido a que los efectos dependen del tipo de aditivo utilizado en la matriz y la harina de auyama al aportar principalmente carbohidratos y fibra reduciendo así la proporción de macronutrientes lácteos en el producto final (Kaur *et al.*, 2020).

Los sólidos totales aumentaron significativamente entre los tratamientos (T0: 7,0%; T3: 12,0%). Esto se debe a que la harina de auyama aporta almidones, azúcares y fibra seca al yogur. Resultados similares se han reportado en otros yogures enriquecidos, por ejemplo, Morales-Caluña *et al.* (2020) en su investigación obtuvieron un aumento de 19,35 a 23,93% de sólidos totales al añadir 7% semillas de ajonjolí en yogur. El incremento de sólidos totales suele mejorar la textura del yogur (Arab *et al.*, 2023). Al aumentar, Johari *et al.* (2022) concluyeron que la harina de calabaza reduce la sinéresis y mejora el valor nutricional del yogur.

Los valores de pH tuvieron variación sin una tendencia siendo el de menor valor 4,35 (T2) seguido por T0 en 4,5 y T3 en 4,6 y T2 con 4.8 Estas diferencias son significativas, Aunque los valores no se mantienen estrictamente constantes, todos permanecen dentro del rango típico de yogur fermentado. Esto indica que la adición de la harina no generó un efecto drástico que inhibiera la actividad fermentativa de las bacterias ácido-lácticas ni alterara la acidez final de manera no controlada, la incorporación de otros compuestos no suele generar en el pH (Macedo y Ramírez & Vélez-Ruíz, 2015). La acidez titulable prácticamente no varía entre tratamientos: 0,85 % (T0), 0,81 % (T1), 0,86 % (T2) y 0,86 % (T3). Aunque hay diferencias pequeñas.

11.3. Determinación de la sinéresis y las propiedades reológicas del yogur batido adicionado con harina de auyama

11.3.1. Determinación de la sinéresis del yogurt

Tabla 12

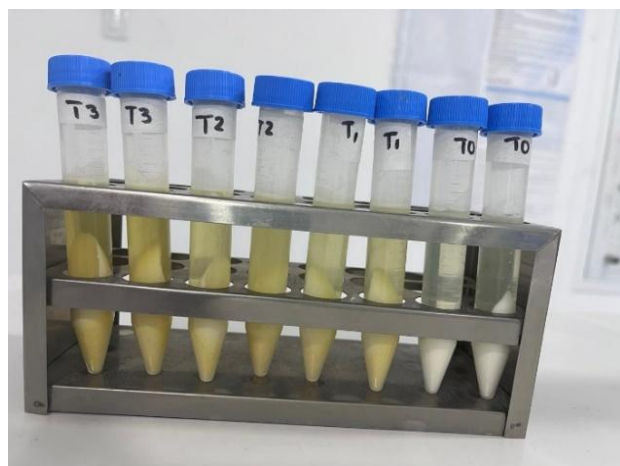
Sinéresis del yogurt

Tratamiento	% Sinéresis
T0	43,54 $\pm$ 0, 63 ^a
T1	35,85 $\pm$ 0,54 ^b
T2	34,72 $\pm$ 0,39 ^c
T3	25,06 $\pm$ 0,17 ^d

Nota: letras distintas en la columna son significativamente diferentes para un nivel de confianza de 0,95. Cada valor indica la media de la medición $\pm$ la desviación estándar.

Ilustración 6.

Determinación de la Sinéresis del yogurt.



Nota: Elaboración propia. T0; muestra de referencia, T1: 3% harina, T2: 5% de harina, T3: 8% de harina.

La tabla 12 y la ilustración 6, muestran los resultados de la sinéresis de los yogures formulados con harina de auyama, ésta se mantuvo en un rango entre 25,06 %y 35,85%, mientras que el yogurt control presentó una sinéresis de 43,54% en promedio, esto significa que la adición de harina de auyama tiene un efecto favorable sobre la sinéresis del yogurt. En concordancia con los resultados establecidos por Nubareti *Et al.* (2024), la sinéresis de las muestras de yogurt con harina de auyama (3%,5% y 8%) y el control presentan diferencias significativas, resultados coinciden con los expresados por Johari *et al.*, (2022), en su estudio a medida que el porcentaje de harina aumenta, disminuye la sinéresis, este efecto puede ser causado posiblemente por el fortalecimiento de la red proteína - proteína en el yogurt, evitando la liberación del suero el cual provoca una disminución del rendimiento y la calidad del producto. También se observa el porcentaje de sinéresis del yogurt de referencia (T0), correspondiente a $43,54\% \pm 0,63$, valor que puede ser generado debido a la contracción de las proteínas del gel, e influenciado por la acción del pH (4,5) producto de la fermentación, conforme a los resultados expresados por Imbachi, (2017), provocando la pérdida del lactosuero. Este fenómeno se puede producir en formulación de las bebidas lácteas, con bajos contenidos de sólidos, altas temperaturas de incubación o una inadecuada temperatura de almacenamiento.

11.3.2. Determinación de las propiedades reológicas del yogurt

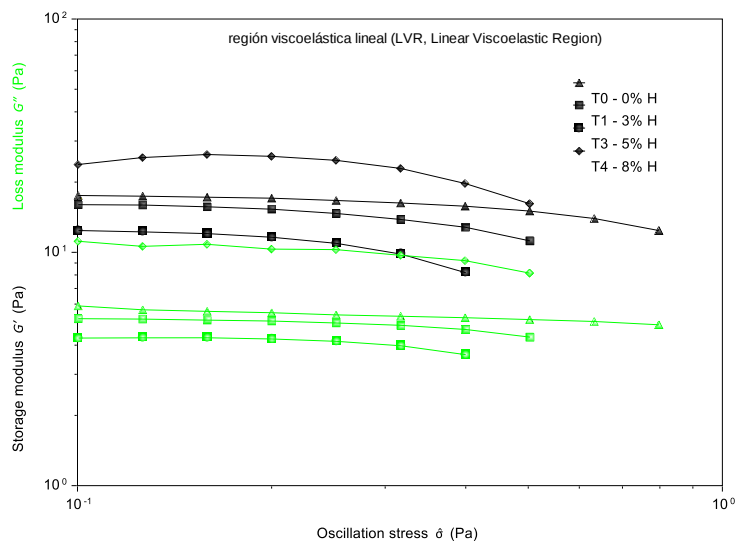
En la ilustración 7, se observan los reogramas correspondientes a la determinación de la región lineal viscoelástica (LVR). Este valor es crucial para trabajar con los tratamientos

en regiones donde no se destruya la estructura del material (Talens *et al.*, 2021). Para todas las muestras (T0, T1, T2 y T3), se determinó un estrés predeterminado de 0,25 Pa. Estos resultados son consistentes con los reportados por Gavril *et al.* (2024). Los módulos de almacenamiento (G') y de pérdida (G'') obtenidos del ensayo de barrido de deformación oscilatoria proporcionan una visión detallada del comportamiento viscoelástico del yogurt con adición de harina de auyama. En la LVR, se observó que el módulo de almacenamiento (G') fue consistentemente mayor que el módulo de pérdida (G'') tanto para el yogurt control como para el yogurt con harina de auyama (Bong & Moraru, 2014). Esto indica que ambos yogurts exhiben un comportamiento predominantemente sólido-elástico dentro de la LVR. Sin embargo, el yogurt con harina de auyama mostró valores más altos de G' en comparación con el yogurt control, lo cual sugiere una estructura más robusta y cohesiva.

11.3.2.1. Determinación de la región lineal viscoelástica de los tratamientos .

Ilustración 7

Determinación de la región lineal viscoelástica de los tratamientos



11.3.2.2. Barrido de frecuencia.

Los tratamientos se midieron realizando un barrido de frecuencia en la región lineal viscoelástica obtenida del barrido de amplitud. En las ilustraciones 8 y 9 se presenta el comportamiento reológico del yogurt control y de los tratamientos con harinas de auyama al 3%, 5% y 8% de harina de auyama, variando la frecuencia de 0,0159 a 1,591 Hz y mostrando G' (figura 8) y G'' (figura 9) en función de la frecuencia. Los resultados indican que los tratamientos exhiben un comportamiento mayormente sólido, ya que en todos los casos G' es mayor que G'' , esta observación es consistente con lo reportado por Cabrera-Ramírez *et al.* (2021), quienes encontraron un comportamiento similar en suspensiones de yogurt con harina de garbanzo, donde predominan las características elásticas sobre las viscosas.

Ilustración 8

Módulo elástico en función de la frecuencia

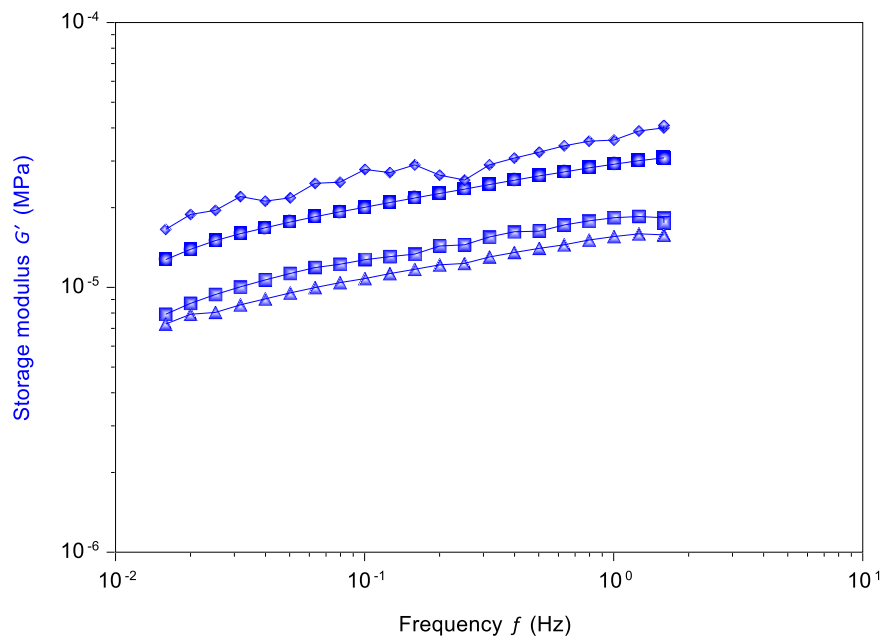
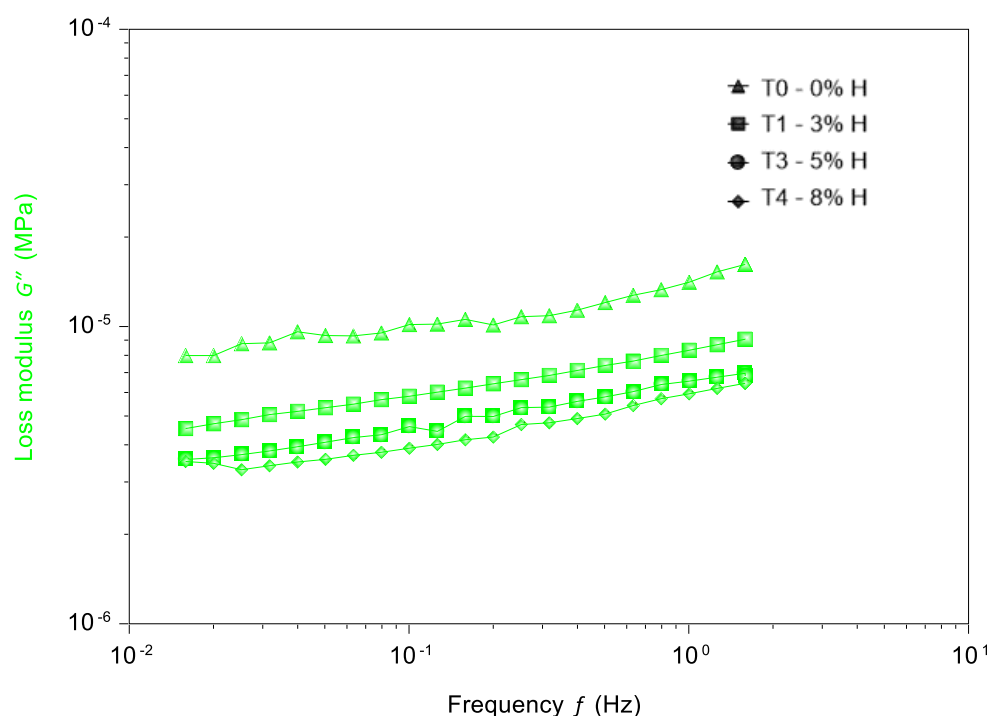


Ilustración 9

Modulo viscoso en función de la frecuencia



En la ilustración 8 se pueden observar los resultados del módulo elástico se evidencia que el módulo G' , representante del carácter sólido, es mayor en el tratamiento con 8% de harina de auyama, debido a la mayor cantidad de sólidos en la muestra. Esta mayor elasticidad o carácter sólido puede atribuirse a la interacción de los polisacáridos presentes en la harina de auyama con las proteínas del yogurt, formando una matriz más sólida. Además, se destaca que, al variar la frecuencia los cuatro tratamientos aumentaron el valor de los módulos. Estos resultados son similares a los mencionados en el estudio de Vieira *et al.* (2022). Las propiedades reológicas de las muestras de yogurt con harina de auyama (3%, 5% y 8%) y del control revelaron diferencias significativas en cuanto al contenido de sólidos totales y su naturaleza, observaciones que coinciden con las realizadas por Prajapati *et al.*

(2016) en su estudio, a medida que el porcentaje de harina aumenta el comportamiento sólido aumenta, todo lo contrario con el módulo viscoso (figura 9) en donde el carácter líquido de la muestra donde fue superior en el tratamiento control y presentando un comportamiento inverso, a medida que se la adiciona un porcentaje mayor de harina el comportamiento viscoso disminuye siendo la muestra con menor valor viscoso T3, investigaciones como la de Cabrera-Ramírez *et al.* (2021) concuerdan con esto. Mas sin embargo G' en todos los casos superó a G'' , mostrando así que el yogurt a el cual se adiciona con harina de auyama tiene un comportamiento mayormente sólido (Alkobeisi *et al.*, 2022).

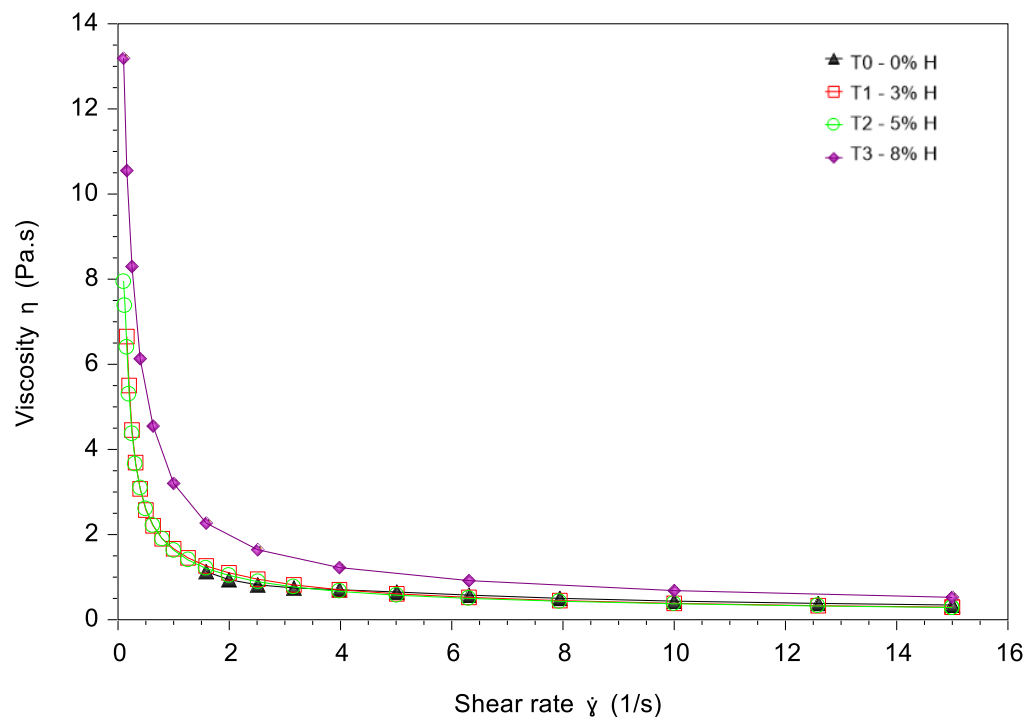
11.3.2.3. Pruebas dinámicas.

11.3.2.3.1. Curvas de flujo.

Se analizó la viscosidad del yogurt con adición de harina de auyama y sin ella y como cambia en respuesta a variaciones en la velocidad de cizallamiento o corte, proporcionando información valiosa sobre su comportamiento durante el procesamiento y consumo. Las mediciones se llevaron a cabo en un rango de velocidades de cizallamiento o corte desde 0.1 hasta 15 1/s. A partir de estos resultados (ver ilustración 10).

Ilustración 10

Curvas de flujo

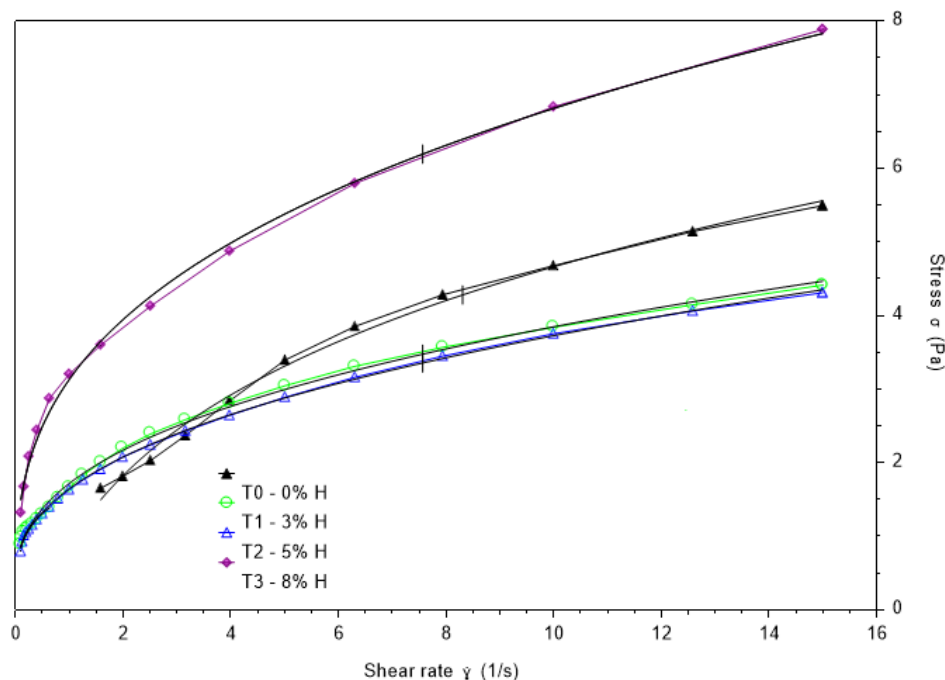


En la ilustración 10 se puede analizar como todos los tratamientos a medida que aumenta la velocidad de corte la viscosidad disminuye, Cárdenas Barra. (2021) menciona que en los sistemas alimenticios se asemeja al comportamiento del tipo pseudo-plástico en donde la viscosidad aparente disminuye al incrementarse la velocidad de deformación, como se detalla en la figura 10. También se observa que a bajas velocidades de corte los tratamientos presentaron altas viscosidades aparentes de mayor a menor T3, T2, T1 y T0 lo que indica que al aumentar el porcentaje de harina de auyama en el yogurt aumenta su viscosidad aparente, lo que indica una estructura interna más rígida y cohesiva para los tratamientos en los cuales se le añadió harina de auyama.

La viscosidad de los tratamientos disminuyó, reflejando una ruptura de la estructura interna y una mayor fluidez del yogurt, este comportamiento indica que la adición de harina de auyama refuerza la estructura del yogurt como se observa en T3, haciéndolo más resistente a la deformación y proporcionando una textura más espesa y consistente (Rojas-Torres *et al.*, 2021). Se destaca que las características reológicas, sensoriales y yogurt se ven afectadas con la adición de estos de este tipo de harina. (Ahmad *et al.*, 2022) en la figura 11. Se aplicarán los modelos para conocer a cuál se adapta más este fluido.

Ilustración 11

Esfuerzo en función de la velocidad de corte



En la ilustración 11 se presentan los cuatro comportamientos de los diferentes tratamientos se aplicó el esfuerzo en función de la velocidad de corte en el yogurt con harina de auyama en donde las curvas de flujo de todos los tratamientos presentaron un

comportamiento pseudoplástico en la ilustración 11, se pueden observar la similitud encontrado comúnmente en este tipo de bebida láctea (Raza *et al.* 2022). Este comportamiento se caracteriza por una disminución de la viscosidad con el aumento de la velocidad de corte, por la destrucción gradual de la red de gel del yogur, que aparece como consecuencia de la alteración de las asociaciones intermoleculares, principalmente las interacciones proteína-proteína (Zhu *et al.* 2024).

Tabla 13

R² de los distintos tratamientos

Tratamiento	R ²
T0	0,9944
T1	0,9977
T2	0,9994
T3	0,9972

Nota: Datos obtenido del programa tríos

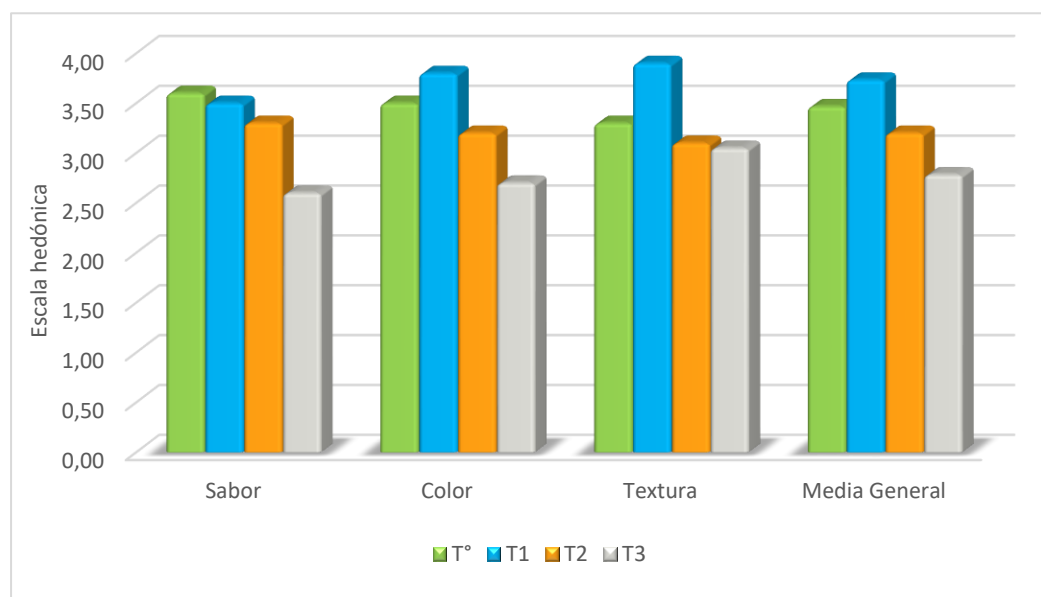
11.4. Evaluación sensorial

En la ilustración 12 se presentan los valores promedios de las respuestas del grado de aceptación para las diferentes formulaciones de yogurt adicionado con harina de auyama. En general, los yogures presentaron un color amarillo claro, un olor y sabor ligeramente característicos de la auyama, y una textura viscosa, atributos propios de un yogur batido.

Entre las cuatro muestras evaluadas, el tratamiento control (T0) obtuvo promedios de 3,6 para el sabor; 3,5 para el color y 3,3 para la textura. Por su parte, entre las muestras adicionadas con harina de auyama, el tratamiento 1(3% de de harina) alcanzó puntajes más altos en características como color (3,8) y textura (3,9); además fue la formulación mejor valorada en la escala hedónica general, con una media de aceptación de 3,73. Sin embargo, se observó una disminución en el nivel de aceptación a medida que aumentaba el porcentaje de harina de auyama en las formulaciones. El tratamiento con menor aceptación general fue Tratamiento 3 (8 % de harina), cuya textura arenosa, fue considerada poco agradable por los evaluadores.

Ilustración 12

Nivel de aceptación de los tratamientos por atributo



Los resultados del análisis estadístico se observan en la tabla 14. Para el atributo “color” no se presentaron diferencias significativas entre la muestra control y los distintos tratamientos, mientras que entre los tratamientos T2 y T3 (5% y 8% de adición de harina de auyama) si fueron significativas entre sí. Por el contrario, para el atributo “textura”

no se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento control y los tres tratamientos analizados, pero si entre las muestras de los tratamientos T1 (3 % adición de harina) y los tratamientos T2 y T3 (5% y 8% harina). Además de lo anteriormente expuesto, entre los evaluadores se presentó diferencias significativas en el sabor entre el tratamiento T3 (8% de harina), el tratamiento control (T0) y los tratamientos T1 y T3; coincidiendo estos resultados con la evaluación general de la aceptabilidad de las diferentes muestras entre los evaluadores.

Tabla 14

Valoración promedio de la escala hedónica de los tratamientos.

Atributo	Tratamiento			
	T0	T1	T2	T3
Color	3,15 $\pm$ 0,34 ^a	3,8 $\pm$ 0,48 ^b	3,2 $\pm$ 0,37 ^{abc}	2,7 $\pm$ 1,37 ^{ad}
Sabor	3,6 $\pm$ 0,46 ^a	3,5 $\pm$ 0,70 ^{ab}	3,3 $\pm$ 0,22 ^{ab}	2,6 $\pm$ 1,09 ^c
Textura	3,40 $\pm$ 0,35 ^a	3,9 $\pm$ 0,72 ^{ab}	3,1 $\pm$ 0,41 ^{ac}	3,05 $\pm$ 1,62 ^{ad}

Nota: T tratamiento. Diferente letra en la misma fila a son significativamente diferentes para un nivel de confianza de 0,95. Cada valor indica la media de la medición $\pm$ la desviación estándar.

12. Conclusiones

La sinéresis en el yogurt se ve afectada de manera positiva por la adición de harina de auyama, reduciendo significativamente la liberación del lactosuero. La disminución observada en la sinéresis sugiere un fortalecimiento de la red proteica en el yogurt (caseína-caseína), lo cual disminuye la pérdida de líquido, mejorando la calidad del producto.

La adición de harina de auyama al yogurt mejora notablemente sus propiedades reológicas. Al aumentar la proporción de auyama, se incrementa una mayor cohesión y solidez en la estructura del gel en el yogurt. Este fortalecimiento puede ser generado por la interacción que se da entre los polisacáridos y las proteínas del yogurt, creando una matriz más estable. Además, se observó un comportamiento pseudoplástico en todos los tratamientos, lo que refleja una estructura interna más resistente y una textura más espesa en los yogures con mayor contenido de harina de auyama.

Los modelos matemáticos reológicos aplicados a los diferentes tratamientos confirmaron que la adición de la harina de auyama al yogurt permite mejorar la textura y estabilidad del mismo, sugiriendo que esta adición no solo aporta beneficios nutricionales, sino que también puede mejorar la apariencia del producto.

Los yogures formulados con harina de auyama fueron bien aceptados por los panelistas. Sin embargo, la textura se ve afectada al incrementar la concentración de harina en los tratamientos.

13. Referencias bibliográficas

- Acevedo, D., Rodríguez, A., & Fernández, A. (2010). Efecto de las variables de proceso sobre la cinética de acidificación, la viabilidad y la sinéresis del suero costeño colombiano. *Información tecnológica*, 21(2), 29-36. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000200005>
- Agronet. Estadísticas de cultivos agrícolas en Colombia (2020). Área, producción, rendimiento y participación en el departamento por cultivo. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>
- Agronet. Estadísticas-Agrícola: “área, producción, rendimiento y participación en el departamento por cultivo”. 2022. En <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>.
- Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Zhang, J., Ding, Y., & Lyu, F. (2022). Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 558–580. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>
- Alija, D., Olędzki, R., Nikolovska Nedelkoska, D., Wojciechowicz-Budzisz, A., Xhabiri, G., Pejcz, E., Alija, E., & Harasym, J. (2025). The addition of pumpkin flour impacts the functional and bioactive properties of soft wheat composite flour blends. *Foods (Basel, Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/foods14020243>
- Alkobeisi, F., Varidi, M. J., Varidi, M., & Nooshkam, M. (2022). Quinoa flour as a skim milk powder replacer in concentrated yogurts: Effect on their physicochemical,

technological, and sensory properties. *Food Science & Nutrition*, 10(4), 1113–1125.

<https://doi.org/10.1002/fsn3.2771>

AOAC. (2012). *Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists* (G.

Latimer, Ed.; 19th ed.). AOAC International.

Arab, M., Yousefi, M., Khanniri, E., Azari, M., Ghasemzadeh-Mohammadi, V., &

Mollakhalili-Meybodi, N. (2023). Una revisión exhaustiva sobre la sinéresis del

yogur: Efecto de las condiciones de procesamiento y los aditivos añadidos. *Journal of*

Food Science and Technology, 60(6), 1656–1665.

Argaw, S. G., Beyene, T. M., Woldemariam, H. W., & Esho, T. B. (2023). Physico-chemical

and functional characteristics of flour of Southwestern Ethiopia aerial and tuber yam

(*Dioscorea*) species processed under different drying techniques. *Journal of Food*

Composition and Analysis, 119, 105269

Bello G, J. (2000). *Ciencia-Bromatológica Principios generales de los alimentos*.

Bong, D. D., & Moraru, C. I. (2014). Use of micellar casein concentrate for Greek-style

yogurt manufacturing: Effects on processing and product properties. *Journal of Dairy*

Science, 97(3), 1259–1269. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7488>

Cabrera-Ramírez, A. H., Morales-Koelliker, D., & Aguilar-Raymundo, V. G. (2021). Milk

solids replacement with chickpea flour in a yogurt system and their impact on their

physicochemical, rheological, and microstructural properties during storage. *Scientia*

agropecuaria, 12(3), 385–391. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.042>

Caripá Trujillo, J. O., Barazarte, H., & Estanga, M. (2020). Evaluación de las características físico-químicas y sensoriales de laminados elaborados con pulpa de auyama (*Cucurbita Agroindustria, Sociedad Y Ambiente*, 1(14), 77-91. Recuperado a partir de <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2833>

Charoenrein, S., Tatirat, O. and Muadklay, J. 2008. Use of centrifugation-filtration for determination of syneresis in freezethaw starch gels. *Carbohydrate Polymers* 73:143-147.

Codex alimentarius. Los documentos de trabajo de la CCPR52 están disponibles en el sitio web dedicado: <http://www.fao.org/fao-who-odexalimentarius/meetings/detail/es/?meeting=CCPR&session=52>

Correa, E., Álvarez, M., León, R., Orozco, A., Silva, G. y Támara, R. Modelo productivo de auyama para la región Caribe colombiana. 2019. En <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1>

Correa Álvarez, E. N. D. E. R., Martínez Reina, A. N. T. O. N. I. O., Orozco Guerrero, A. R., Silva Acosta, G. E., Tordecilla, Z., Rodríguez, P., & María, D. V. (2019). Análisis de un sistema productivo agrícola en el Caribe: tecnología de producción, patrón de costos e indicadores económicos de la producción de ahuyama. *Revista de Economía del Caribe*, 23, 46–69.

Coronel Feijó, M. A. (2019). Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua. En *Chenopodium quinoa* Willd).

Davoudi, Z., Shahedi, M., & Kadivar, M. (2020). Effects of pumpkin powder addition on the rheological, sensory, and quality attributes of Taftoon bread. *Cereal Chemistry*, 97(5), 904–911. <https://doi.org/10.1002/cche.10312>

Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.06.035

Effect of particle size and temperature on rheological, thermal, and structural properties of pumpkin flour dispersion, *Journal of Food Engineering*, Volume 124,

Galeano Vargas, L. C., & Rodriguez Bernal, K. D. (2022). Diseño de un suplemento alimenticio en polvo a base de auyama de forma teórica apto para el consumo humano [Proyecto integral de grado para optar por el título de Ingeniero Químico, Fundación Universidad De América].

<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9049/1/6171053-2022-2-IQ.pdf>

Garcia-Pacheco, Y. E., Cabrera, D., & Fuenmayor, C. A. (2020). Obtención y caracterización de harinas compuestas de *Cucurbita moschata* D. y *Cajanus cajan* L. como fuentes alternativas de proteína y vitamina A. *Acta agronómica*, 69(2), 89-96.

<https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.80412>

Gavril (Rațu), R. N., Cârlescu, P. M., Veleșcu, I. D., Arsenoaia, V. N., Stoica, F., Stănciuc, N., Aprodu, I., Constantin, O. E., & Râpeanu, G. (2024). The development of value-added yogurt based on pumpkin peel powder as a bioactive powder. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16(101098), 101098.

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101098>

- González, Evangelina, Montenegro, Mariana A, Nazareno, Mónica A, & López de Mishima, Beatriz A. (2001). Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(4), 395-399. Recuperado en 26 de junio de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00046222001000400012&lng=es&tlng=en.
- ICONTEC. Norma técnica colombiana 399. Leche y productos lácteos. 2002.
- ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 805 productos lácteos leches fermentadas. 2005.
- Imbachí Narváez, P. C. (2017). Efecto del almidón de yuca modificado sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de una bebida láctea elaborada con suero de quesería (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Medellín, Colombia.
- Jacobo-Valenzuela, N., Maróstica-Junior, M. R., Zazueta-Morales, J. de J., & Gallegos-Infante, J. A. (2011). Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 44(9), 2587–2593. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.039>
- Jasim Ahmed, Muhammad Al-Foudari, Fatimah Al-Salman, Abdulwahab S. Almusallam, Johari, S., Hosseini Ghaboos, S. H., & Shahi, T. (2022). Investigation on the physicochemical properties of fortified yogurt containing pumpkin powder. *Food Research Journal*, 32(1), 31–44. <https://doi.org/10.22034/fr.2021.42067.1765>

- Kaur, S., Panghal, A., Mann, S., Sharma, P., & Chhikara, N. (2020). Propiedades funcionales y nutraceuticas de la calabaza: una revisión. 50, 384–401.
- Kayode, R. M. O., Chia, C. N., Kayode, B. I., Olowoseye, A. P., & Joshua, V. A. (2023). Quality evaluation of c hin-chin produced from aerial yam (*Dioscorea bulbifera*) and wheat flour blends. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 45.
- Kimbonguila, A., L. Matos, J. Petit, J. Scher, and J.M. Nzikou. 2019. Effect of physical treatment on the physicochemical, rheological and functional properties of yam meal of the cultivar “Ngumvu” from *dioscorea alata* l. of congo. *International Journal of Recent Scientific Research* 10: 30693–30695. <https://doi.org/10.24327/IJRSR>.
- Krisnaningsih, A. T. N., Kustyorini, T. I. W., & Selviana, R. (2020). Evaluasi sineresis dan sensori yogurt dengan penambahan stabilizer pati talas lokal (*colocasia esculenta*) pada masa inkubasi 18 jam suhu ruang. *Rekasatwa: Jurnal Ilmiah Peternakan*, 2(2), 106–114. <https://doi.org/10.33474/rekasatwa.v2i2.9056>
- Lasso Prada, A. D. (2017). Modelo de un sistema de producción de ahuyama híbrido bárbara (*Cucurbita moschata*), como alternativa de ingresos y diversificación agrícola en El Dorado-Meta. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.
- López Mejía, N.; Andrade, M.; Martínez, H. (2016). Harina de pulpa de zapallo (*Cucurbita moschata* ‘Abanico’): Caracterización y uso como ingrediente funcional en el desarrollo de espagueti. *Agronomía Colombiana*, 34(1 Supl.), S1100–S1103.

- Macedo Ramírez, R. C., & Vélez-Ruíz, J. F. (2015). Propiedades fisicoquímicas y de flujo de un yogur asentado enriquecido con microcápsulas que contienen ácidos grasos omega 3. *CIT Información Tecnológica*, 26(5), 87–96. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642015000500012>
- Martínez Reina, A. M. (2021). Análisis de precios de la auyama *Cucurbita moschata* en cinco ciudades de Colombia. *Temas Agrarios*, 26(1), 58–67. <https://doi.org/10.21897/rta.v26i1.2551>
- Martínez, M., Rosell, C., & Gómez, M. (2014). Modification of wheat flour functionality and digestibility through different extrusion conditions. *Journal of Food Engineering*, 143, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.001>
- Maturana, L. G., & López, A. O. (2024). Determination and assessment of the linear viscoelastic range and viscoelastic properties of modified asphalt and mastics under different temperature conditions. *Construction and Building Materials*, 420, 135606. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135606>
- Mejía Auquilla, M. F. (2019). Desarrollo de una metodología para el entrenamiento de un grupo de jueces y propuesta para el uso de las herramientas del análisis sensorial [Tesis de maestría, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional Universidad del Azuay.
- Mendoza Gómez, E., & Aguilar López, J. A. (2024). El yogurt y sus probióticos. En *Biociencias: Aspectos básicos y aplicaciones* (pp. 179–192). Editorial Universitaria.

- Mendoza, R., Guerrero, S., & Herrera-Chávez, B. (2021). Reología del yogur: Efectos de las operaciones unitarias en el procesamiento y uso de aditivos. *Revista Digital Novasinergia*, 4(1), 151–163. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.09>
- Ministerio de Salud de Colombia. (1986). Resolución 2310 de 1986, por la cual se reglamenta el procesamiento y comercialización de derivados lácteos [Archivo PDF]. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion-2310-de-1986.pdf>
- Molina Chew, I. S. (2009). Comparación de tres estabilizantes comerciales utilizados en la elaboración de yogurt de leche descremada de vaca [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio USAC
- Morales Caluña, A. de L. Á., Erazo Rodríguez, F. P., Paredes Peralta, A. V., & Sánchez Herrera, T. E. (2020). Desarrollo de yogurt tipo III con zapallo y ajonjolí como aporte de fibra y antioxidantes. *ConcienciaDigital*, 3(2.1), 97–107. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i2.1.1222>
- Mori Nuñez, C. L. (2017). Efecto de la carragenina y sacarosa en la actividad de agua, pH, sinéresis y acidez del yogurt.
- Ngoma, K., Mashau, M. E., & Silungwe, H. (2019). Physicochemical and functional properties of chemically pretreated Ndou sweet potato flour. *International Journal of Food Science*, 2019. DOI: [10.1155/2019/4158213](https://doi.org/10.1155/2019/4158213)
- Nurbareti, S. N., Anugrah, H., & Hariyanto, I. H. (2024). Pengaruh penambahan emulgator gelatin, gom arab, dan karagenan terhadap sifat fisik yoghurt Daily Yo rasa durian.

Indonesian Journal of Pharmaceutical Education (e-Journal), 4(1), 97-108.

<https://doi.org/10.37311/ijpe.v4i1.24506>

Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N., y Abdan, K. (2016). Modelling effective moisture diffusivity of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices under convective hot air drying condition. *International Journal of Food Engineering*, 12(5), 481–489.

<https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0382>

Ortega E. (2023). Evaluación de la calidad del yogur con diferente concentración de pulpa de zapallo (*cucurbita maxima*) (doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).

Ortiz, S., Vallejo, F., Baena, D., Estrada, E., & Valdés, M. (2013). Zapallo para consumo en fresco y fines agroindustriales: investigación y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. <https://books.google.es/books?id=Sf31DwAAQBAJ>

Parra H., R. (2022). Características fisicoquímicas y microbiológicas de yogur a partir de colorante de remolacha (*Beta vulgaris L.*) encapsulado. @limentech, *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 13(1). <https://doi.org/10.24054/limentech.v13i1.1597>

Parra, R. (2016). Uso de rubas (*Ullucus tuberosus*) en la elaboración y caracterización de yogur. *Temas Agrarios*, 20(1), 91-102. <https://doi.org/10.21897/rta.v20i1.751>

Pérez, J., Arteaga, M., Andrade, R., Durango, A., & Salcedo, J. (2021). Effect of yam (*Dioscorea spp.*) starch on the physicochemical, rheological, and sensory properties of yogurt. *Heliyon*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05987>

- Prajapati, D. M., Shrigod, N. M., Prajapati, R. J., & Pandit, P. D. (2016). Textural and rheological properties of yoghurt: a review. *Advances in Life Sciences*, 5(13), 5416–5432.
- Prieto Tapias, M. J., Fuenmayor, C. A., Fernández-Aleán, M., & Navas-Guzmán, N. (2023). Productos alimenticios con adición de harina de auyama (*cucurbita moschata*) como contribución al consumo de vitamina a. @limentech, *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 21(2), 5–21. <https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.2604>
- Priori, D., Valduga, E., Branco, J., Mistura, C., Vizzotto, M., Valgas, R., y Barbieri, R. (2017). Characterization of bioactive compounds, antioxidant activity and minerals in landraces of pumpkin (*Cucurbita moschata*) cultivated in Southern Brazil. *Food Science and Technology*, 37(1), 33–40. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.05016>
- Raza, H., Ameer, K., Zaaboul, F., Shoaib, M., Zhao, C.-C., Ali, B., Shahzad, M. T., Abid, M., Ren, X., & Zhang, L. (2022). Physicochemical, rheological, & sensory characteristics of yogurt fortified with ball-milled roasted chickpea powder (*Cicer arietinum* L.). *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.61020>
- Rojas-Torres, S. A., Quintana, S. E., & García-Zapateiro, L. A. (2021). Natural yogurt stabilized with hydrocolloids from butternut squash (*Cucurbita moschata*) seeds: Effect on physicochemical, rheological properties and sensory perception. *Fluids*, 6(7), 251. <https://doi.org/10.3390/fluids6070251>
- Rodriguez-Lora, M. C., Sepúlveda-Valencia, J. U., & Márquez-Cardozo, C. J. (2024). Propiedades funcionales, fisicoquímicas y sensoriales de una bebida láctea fermentada

con adición de auyama (*Cucurbita maxima*) y almidón de maíz (*Zea mays*). *Acta Agronómica*, 73(1), 7–15.

Salah, A., Mohamed, A. A., Alamri, M. S., Hussain, S., Qasem, A. A., & Ibraheem, M. A. (2020). Effect of different starches on the rheological, sensory and storage attributes of non-fat set yogurt. *Foods* (Basel, Switzerland), 9(1), 61.

<https://doi.org/10.3390/foods9010061>

Salazar, A. L. V. (2020). Los Hidrocoloides alimentarios obtenidos a partir de productos vegetales. *RIADS: Revistas de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 5, 39–44.

Saxena, A., Maity, T., Raju, P. S., y Bawa, A. S. (2012). Degradation Kinetics of Colour and Total Carotenoids in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Bulb Slices During Hot Air Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 672–679.

<https://doi.org/10.1007/s11947-010-0409-2>

Severiano-Pérez, Patricia. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68. Epub 25 de enero de 2021.

<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>

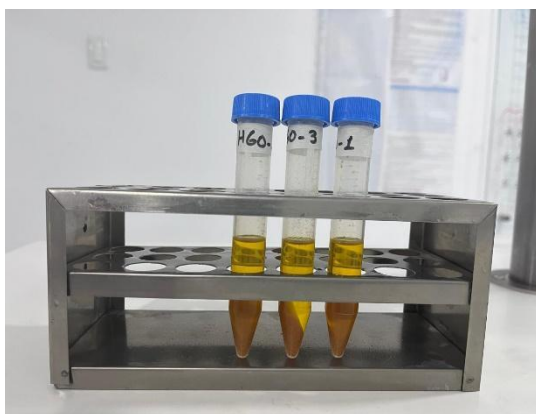
Talens, P., Castells, M. L., Verdú, S., Barat, J. M., & Grau, R. (2021). Flow, viscoelastic and masticatory properties of tailor made thickened pea cream for people with swallowing problems. *Journal of Food Engineering*, 292(110265), 110265.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110265>

Tamime A., Robinson R. *Yogur ciencia y tecnología*. 1a Edición. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza (ESPAÑA). 1991.

- Toro Ramos, A. I. (2017). Determinación de las características fisicoquímicas de Yogurt Griego fortificado con Harina de Quinoa (Variedad INIA Salcedo).
- USDA. (2018). *Food Composition Databases Show Foods -- Pumpkin, raw*.
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168448/nutrients>
- Vieira, E. D. F., Styles, D., Sousa, S., Santos, C., Gil, A. M., Gomes, A. M., & Vasconcelos, M. W. (2022). Nutritional, rheological, sensory characteristics and environmental impact of a yogurt-like dairy drink for children enriched with lupin flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30(100617), 100617.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100617>
- Valdés-Restrepo, M. P., Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Londoño-Hernández, L., Ortiz-Grisales, S., Guevara-Guerrero, B., Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Universidad Nacional de Colombia, & Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2022). Prototipo de alimento deshidratado con base en harina de auyama enriquecido con fuentes proteicas no convencionales. *Revista Udca Actualidad & Divulgacion Cientifica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1844>
- Zare, F., Champagne, C. P., Simpson, B. K., Orsat, V., & Boye, J. I. (2012). *Effect of addition of legumes to milk on acid production by probiotic and yogurt starter cultures*. *LWT - Food Science and Technology*, 45(2), 155–160.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.012>
- Zhu, P., Yang, J., & Chen, L. (2024). Protein–water–protein interaction: viscosity and gelation. En *Functionality of Plant Proteins* (pp. 115–150). Elsevier.

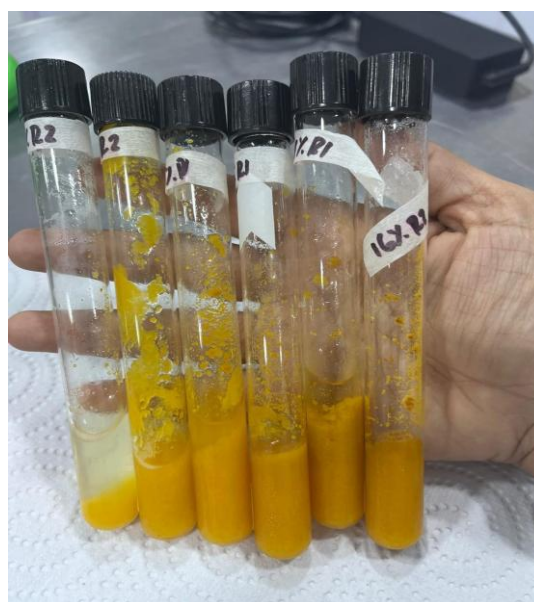
Anexo 1. Determinación de propiedades funcionales de la harina



Capacidad de retención de aceite



Determinación mínima concentración de
gelificación

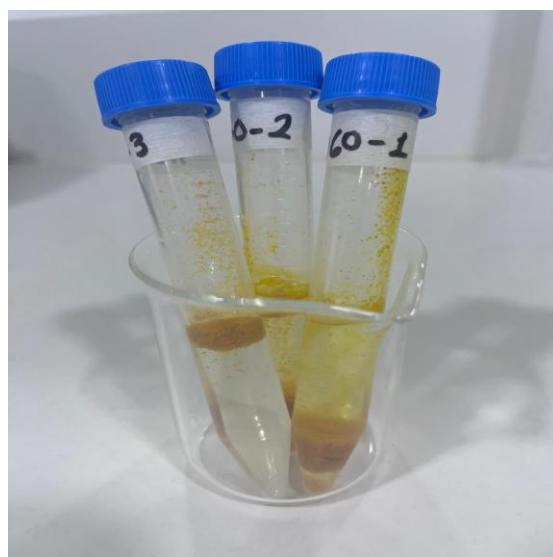


Poder de hinchamiento y solubilidad

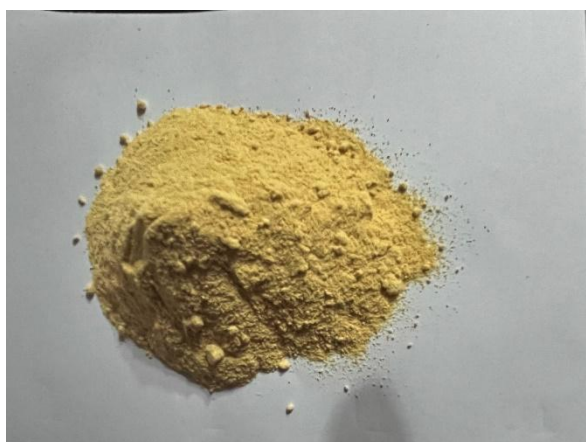
Continuación



Poder de hinchamiento y solubilidad

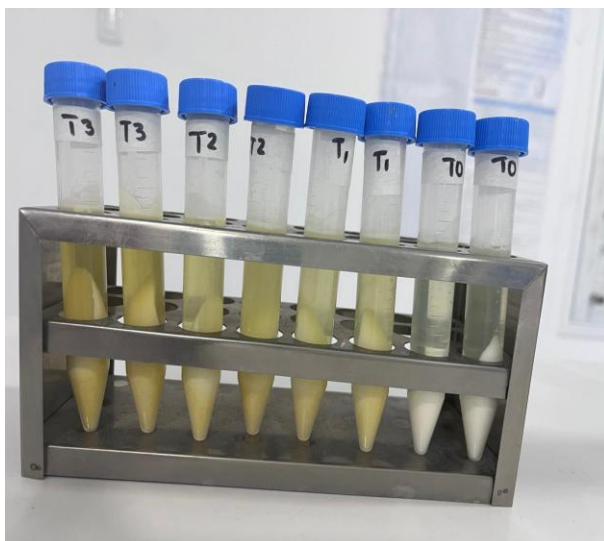


Capacidad de retención de agua



Muestra de harina de auyama

Anexo 2. Determinación de propiedades funcionales y reología del yogurt.



Determinación de sinéresis en el yogurt



Determinación de propiedades fisicoquímicas (Grasa por método Soxleth)



Determinación de la región viscoelástica y viscosidad de la harina de auyama y yogurt





Análisis Sensorial del yogurt batido

Anexo 3. Ficha Aplicada Para El Análisis Sensorial

Nombre: _____ **Edad:** ____ **Sexo:** ____ **Fecha:** _____

Frente a usted se presentan cuatro muestras rotuladas con T₀, T₁, T₂ y T₃ de yogurt, por favor, observe y pruebe.

Indique el grado en que le gusta o le disgusta el producto marcando con una X de acuerdo a la categoría:

Color

Escala	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
Me gusta mucho				
Me gusta				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta				
Me disgusta mucho				

Textura

Escala	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
Me gusta mucho				
Me gusta				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta				
Me disgusta mucho				

Sabor

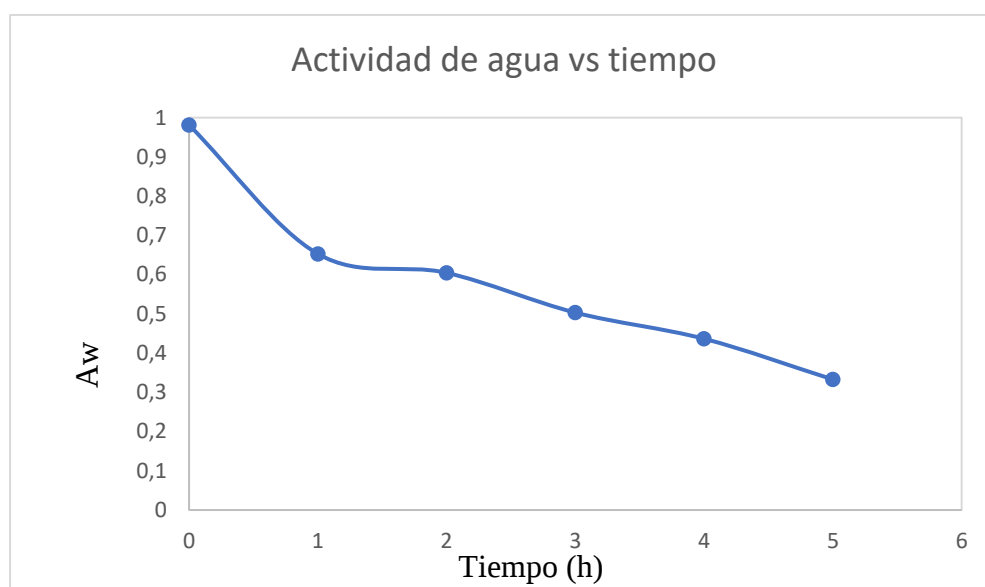
Escala	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
Me gusta mucho				

Me gusta				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta				
Me disgusta mucho				

Observaciones _____

Muchas gracias

Anexo 4. Curva de pérdida de agua



Anexo 5. Análisis de varianza y prueba de Tukey para análisis sensorial por atributo

Textura.

DESCRIPTION					Alpha	0,05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
T°	20	68	3,4	0,35789474	6,8	0,19760074	3,00644402	3,79355598
T1	20	78	3,9	0,72631579	13,8	0,19760074	3,50644402	4,29355598
T2	20	62	3,1	0,41052632	7,8	0,19760074	2,70644402	3,49355598
T3	20	61	3,05	1,62894737	30,95	0,19760074	2,65644402	3,44355598
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	9,1375	3	3,04583333	3,9003089	0,01198005	0,13341851	0,44160553	0,09809285
Within Groups	59,35	76	0,78092105					
Total	68,4875	79	0,86693038					

Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T°	T1	0,5	0,19760074	2,53035489	-0,2341076	1,23410755	0,28645046	0,73410755	0,56580455
T°	T2	0,3	0,19760074	1,51821293	-0,4341076	1,03410755	0,70661307	0,73410755	0,33948273
T°	T3	0,35	0,19760074	1,77124842	-0,3841076	1,08410755	0,59574863	0,73410755	0,39606319
T1	T2	0,8	0,19760074	4,04856782	0,06589245	1,53410755	0,02723543	0,73410755	0,90528729
T1	T3	0,85	0,19760074	4,30160331	0,11589245	1,58410755	0,01667629	0,73410755	0,96186774
T2	T3	0,05	0,19760074	0,25303549	-0,6841076	0,78410755	0,99794817	0,73410755	0,05658046

Sabor

DESCRIPTION					Alpha	0,05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
T°	20	72	3,6	0,46315789	8,8	0,17917942	3,24313326	3,95686674
T1	20	70	3,5	0,78947368	15	0,17917942	3,14313326	3,85686674
T2	20	66	3,3	0,22105263	4,2	0,17917942	2,94313326	3,65686674
T3	20	52	2,6	1,09473684	20,8	0,17917942	2,24313326	2,95686674
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	12,2	3	4,06666667	6,33333333	0,00068441	0,2	0,56273143	0,16666667
Within Groups	48,8	76	0,64210526					
Total	61	79	0,7721519					

Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T°	T1	0,1	0,17917942	0,55809982	-0,5656704	0,76567039	0,97901178	0,66567039	0,12479491
T°	T2	0,3	0,17917942	1,67429946	-0,3656704	0,96567039	0,63881009	0,66567039	0,37438474
T°	T3	1	0,17917942	5,58099821	0,33432961	1,66567039	0,000991	0,66567039	1,24794914
T1	T2	0,2	0,17917942	1,11619964	-0,4656704	0,86567039	0,85910838	0,66567039	0,24958983
T1	T3	0,9	0,17917942	5,02289839	0,23432961	1,56567039	0,00362363	0,66567039	1,12315422
T2	T3	0,7	0,17917942	3,90669874	0,03432961	1,36567039	0,03546059	0,66567039	0,8735644

Color

DESCRIPTION					Alpha	0,05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
T°	20	63	3,15	0,34473684	6,55	0,17982082	2,7918558	3,5081442	
T1	20	76	3,8	0,48421053	9,2	0,17982082	3,4418558	4,1581442	
T2	20	64	3,2	0,37894737	7,2	0,17982082	2,8418558	3,5581442	
T3	20	54	2,7	1,37894737	26,2	0,17982082	2,3418558	3,0581442	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq	
Between Gro	12,2375	3	4,07916667	6,30756189	0,00070489	0,1993484	0,56158534	0,16599499	
Within Group	49,15	76	0,64671053						
Total	61,3875	79	0,77705696						

Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T°	T1	0,65	0,17982082	3,61470941	-0,0180533	1,31805326	0,05944938	0,66805326	0,8082736
T°	T2	0,05	0,17982082	0,27805457	-0,6180533	0,71805326	0,99728439	0,66805326	0,06217489
T°	T3	0,45	0,17982082	2,50249113	-0,2180533	1,11805326	0,29592756	0,66805326	0,55957403
T1	T2	0,6	0,17982082	3,33665484	-0,0680533	1,26805326	0,09391109	0,66805326	0,7460987
T1	T3	1,1	0,17982082	6,11720054	0,43194674	1,76805326	0,00026288	0,66805326	1,36784762
T2	T3	0,5	0,17982082	2,7805457	-0,1680533	1,16805326	0,2099374	0,66805326	0,62174892