



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Determinación de las propiedades reológicas, texturales y físicas de las semillas de chía (*salvia hispánica*) y almidón de oca (*oxalis tuberosa*) modificado en un yogurt batido.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Castro Alvarado, Cesar Anderson (ORCID: 0000-0002-6418-9784)

ASESOR:

Mg. Cruz Escobedo, Antis Jesús (ORCID: 0000-0002-4996-6573)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Procesos Agroindustriales

TRUJILLO - PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico en primer lugar a dios, por permitirme lograr mis objetivos y acompañarme en cada uno de los momentos buenos y malos. De manera especial a mis padres Cristina Alvarado Santos y Pablo Castro Rodríguez por su apoyo incondicional, esfuerzo y dedicación, por brindarme el mejor ejemplo de entrega, superación, perseverancia, la confianza, el amor y, sobre todo, por acompañarme en el día a día durante el transcurso de cada año de mi carrera universitaria y quienes sentaron en mi la base de responsabilidad que me permitieron superar todos los obstáculos y convertirme en la persona que hoy en día soy.

Agradecimiento

Doy gracias a dios primeramente por darme la vida y gozar de buena salud y por permitirme lograr mí anhelado objetivo y a mi familia por acompañarme en cada instante a lo largo de mi vida y carrera profesional para poder llegar hasta aquí.

Agradezco a la Universidad César Vallejo por albergarme todos estos años de estudio académico, por sus enseñanzas impartidas, por su continua ayuda, excelente disposición y constante apoyo en cada una de las etapas involucradas con la vida universitaria, y por brindarme a la mejor plana docente y humana que inculcaron los conocimientos necesarios para desarrollar mis capacidades como profesional y persona.

En especial a aquellas personas e instituciones que ayudaron a que sea posible la culminación de este objetivo. A la Universidad Nacional de Trujillo por el apoyo recibido durante el periodo de mi investigación, brindándome las facilidades y los permisos necesarios para el uso del Laboratorio de Operaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias para el desarrollo de mis análisis.

A la Dra. Ing. María Elena Marrou, al Dr. Alex Antenor Benites y al Mg. Ing. Antis Jesús Cruz Escobedo, grandes profesionales y excelentes personas, los cuales me brindaron buenas enseñanzas, buscando lo mejor de mí para el desarrollo de mi carrera, aportando ideas, observaciones y excelentes consejos.

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	14
2.1 Diseño de la investigación	14
2.2 Variables y Operacionalizacion	15
2.3 Población, muestra y muestreo	17
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad	17
2.5 Procedimiento	21
2.6 Métodos de análisis de datos.....	28
2.7 Aspectos éticos.....	28
III. RESULTADOS	29
IV. DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS	41

RESUMEN

Se investigó la determinación de las propiedades reológicas, texturales y físicas las semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado en un yogurt batido. En las características reológicas del yogurt batido se utilizó un reómetro digital de la marca Thermo Scientific modelo Haake Mars, en todos los tratamientos, la viscosidad aparente disminuyó con la velocidad de cizalla y el esfuerzo de corte demostrando un comportamiento “no newtoniano”. El índice de comportamiento estuvo en el rango de valores mínimo y máximo 0.5479 y 0.998 ($n < 1$), el coeficiente de consistencia “k” en el rango de 0.0387 y 20.31 Pa.sn, tensión de fluencia en el rango de 0.09765 y 44.35 Pa. Por otro lado, se evaluó el perfil de textura y se obtuvo valores mínimo y máximo para consistencia 352.72 y 731.92 g.sec, firmeza en el rango de 14,52 y 29.22 g, cohesividad en el rango de -19.26 y -10 g e índice de viscosidad en el rango de -85,49 y -10.61 g.sec.

Finalmente, las características físicas del yogurt batido con un % de sinéresis entre 18.366% a 25.0942% y una densidad entre 1,06538 a 1,07559 g/ml.

Palabra claves: Salvia Hispánica, Oxalis Tuberosa, reología, textura, sinéresis, densidad, yogurt batido.

ABSTRACT

The determination of the rheological, textural and physical properties of chia seeds (Hispanic Sage) and goose starch (Oxalis Tuberosa) modified in a beaten yogurt was investigated. In the rheological characteristics of the beaten yogurt, a digital rheometer of the Thermo Scientific brand Haake Mars's model was used, in all treatments, the apparent viscosity decreased with the shear speed and the cutting effort demonstrating a "non-Newtonian" behavior. The behavior index was in the range of minimum and maximum values 0.5479 and 0.998 ($n < 1$), the coefficient of consistency "k" in the range of 0.0387 and 20.31 Pa.sn, creep stress in the range of 0.09765 and 44.35 Pa. On the other hand, the texture profile was evaluated and minimum and maximum values were obtained for consistency 352.72 and 731.92 g.sec, firmness in the range of 14.52 and 29.22 g, cohesiveness in the range of -19.26 and -10 g e viscosity index in the range of -85.49 and -10.61 g.sec.

Finally, the physical characteristics of beaten yogurt with a % syneresis between 18.366% to 25.0942% and a density between 1.06538 to 1.07559 g / ml.

Keywords: Hispanic sage, Oxalis Tuberosa, rheology, texture, syneresis, density, smoothie yogurt

I. INTRODUCCIÓN

El mercado de productos lácteos funcionales ha aumentado debido a la gran demanda de los consumidores, preocupados por la salud e interesados por los productos con función nutricional básica y beneficios fisiológicos. Tal como la disminución de enfermedades crónicas (Kraus, 2014). En este escenario actual, la industria láctea, por lo tanto, enfrenta grandes desafíos, como el desarrollo de productos innovadores con propiedades funcionales útiles, satisfacer las demandas de salud de los consumidores y mantener su lugar en un mercado competitivo (Costa, y otros, 2013)

Actualmente, los consumidores están interesados por productos bajos en grasa o sin grasa que todavía tienen características sensoriales similares a las propiedades de calidad convencionales de los productos lácteos enteros. Sin embargo, la reducción del contenido de grasa afecta el sabor, la textura y la estructura y provoca una reducción del contenido de sólidos totales para que el producto final tenga una consistencia débil y una textura pobre. Especialmente en el yogurt, que aparece como un gel débil, la reducción del contenido de grasa causa separación de fases y sinéresis al disminuir la capacidad de retención de agua y dar como resultado una estructura casi estable (Laiho, y otros, 2017). Para compensar la reducción de grasa, las estrategias más comunes incluyen una sustancia sustitutiva de grasa o un estabilizador. Se han aplicado muchos sustitutos de grasas, como el uso de carbohidratos, proteínas, grasas o sustancias sintéticas para mejorar las propiedades de calidad del yogur con efecto reducido de grasa. Estudios anteriores investigaron sustancias sustitutivas como la inulina en yogurt cero grasas, goma de tragacanto glucomanano y salecan (Fu, y otros, 2018).

Existe una creciente necesidad de producir productos fermentados que no se eliminen durante el almacenamiento con el uso de menos aditivos químicos o aditivos que sean familiares para el público. En la industria láctea, el almidón o el almidón modificado se usa ampliamente debido principalmente a sus propiedades de estabilización, emulsificación y formación estructural (Rezaei, y otros, 2015).

Hoy en día, la mayoría de los yogures comerciales en el mercado están basados en leche de vaca, debido a su auténtico sabor y aroma, y también a su valor nutricional, que es muy beneficioso para la salud (Ataie-Jafari, y otros, 2009). La producción de leche en Perú ha crecido rápidamente durante los últimos 15 años (hasta un 60% entre 1990 y 2003; y la venta de leche es una fuente importante de ingresos, especialmente para los pequeños agricultores. La mayoría de los estudios mencionados anteriormente han identificado la producción y el uso de alimentos como el principal contribuyente al impacto ambiental total de la leche. Además, el nivel de producción influye significativamente en el desempeño ambiental si el impacto se expresa por unidad de leche producida (Thomassen, y otros, 2009). Los niveles de producción de leche y alimentos lácteos varían considerablemente entre los regímenes de fabricación de leche por productores en las tierras altas peruanas y la región costera. En las tierras altas peruanas, la producción de leche de pequeños productores se basa en ganado criollo local, en pasturas permanentes suplementadas con trébol de centeno, mientras que las vacas lecheras en la costa son de raza Holstein-Friesian y se alimentan con una dieta que consiste en maíz forrajero. y concentrado (Bartl, y otros, 2009)

A medida que aumenta la conciencia de los consumidores sobre cuestiones relacionadas con la salud, el desarrollo actual de productos a base de yogurt ha favorecido su uso ya que se ha logrado demostrar que promueve el crecimiento de microbios beneficiosos en los órganos gastrointestinales humanos y que da lugar a varios efectos terapéuticos como la reducción del nivel de colesterol en suero, el tratamiento de la enfermedad inflamatoria intestinal previniendo problemas gastrointestinales, aumentando la biodisponibilidad mineral y sus efectos inmunológicos (Ataie-Jafari, y otros, 2009).

El yogur se forma por la fermentación de lactosa a ácido láctico por la bacteria iniciadora *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (Morelli, 2014), y se considera una rica fuente de proteínas de calcio y leche con mayor valor biológico (Sivieri, y otros, 2017). La incorporación regular de yogurt en la dieta proporciona el equilibrio de la microbiota intestinal mejorando el sistema inmune (Nabavi, y otros, 2015).

El yogurt de tipo agitado se produce a partir de leche no concentrada, con trozos de frutas y sabores comúnmente agregados después de la fermentación. Después de completar la formación del gel, se aplica un cizallamiento suave al gel para obtener un semisólido consistente y viscoso, pero aún vertible. Las bebidas de yogurt se producen diluyendo el yogurt con jugo de fruta, azúcar y una dispersión de pectina en agua para lograr el sabor, color o consistencia deseados. Sin embargo, ambos tipos de yogures a menudo se asocian con problemas de "suero", que afectan negativamente la calidad del producto y la aceptación del consumidor. "Whey-off" es la separación o sinéresis de suero definida como suero de superficie expulsado de un gel durante la gelificación y el almacenamiento posterior. La sinéresis es causada por la reorganización de los agregados de caseína que favorecen el escape del suero de la red de gel tridimensional. (Loveday, y otros, 2013)

La agitación rompe la estructura del gel, lo que resulta en reordenamientos de los agregados de caseína. Por lo tanto, se requieren estabilizadores para reducir la sinéresis y mejorar la textura del yogur. Los estabilizadores, que incluyen gelatina, almidón, pectina, alginato, carragenano, derivados de metilcelulosa, goma arábiga, tragacanto, karaya, goma de algarrobilla o guar, se usan comúnmente para lograr funciones de gelificación, espesamiento y retención de agua en el yogur (Everett, y otros, 2005). Dentro de los aditivos más empleados en la fabricación de yogur son los estabilizadores; que poseen la función de implementar una mejora en cuanto a la viscosidad y a los aspectos organolépticos y físicos, brindándole mayor textura con cierta característica blanda y pastosa para prevenir ruptura líquida en el yogur. Existe una creciente necesidad de producir productos fermentados que no se eliminen durante el almacenamiento con el uso de menos aditivos químicos o aditivos que sean familiares para el público. En la industria láctea, el almidón o el almidón modificado se usa ampliamente debido principalmente a sus propiedades de estabilización, emulsificación y formación estructural (Rezaei, y otros, 2015).

La chía (*Salvia hispánica* L.) es una planta herbácea, cultivada anualmente y originaria del sur de México y el norte de Guatemala (Capitani, y otros, 2012). Esta semilla posee gran valor en aceite (30–40%), es rica en ácidos grasos poliinsaturados, principalmente ácidos grasos omega-3 (ácido linoleico, 54–67%) y omega-6 (ácido linoleico, 12–21%), y un contenido de proteínas del 15-25%, similar al presente en

lentejas (23%), guisantes (25%) y garbanzos (21%). Además, las fibras presentes (18-30%) potencian el uso de chía en la producción de alimentos funcionales. (Ali, y otros, 2012)

Cuando la semilla de chía se sumerge en agua, se exuda un gel mucilaginoso transparente llamado mucílago de chía (CM). Este gel está compuesto esencialmente de fibra soluble y corresponde a aproximadamente el 6% de la semilla de chía, que parece estar contenida en la cubierta de la semilla o la capa adyacente, no se separa fácilmente de la semilla (Segura, y otros, 2014).

El gel formado tiene cualidades que permiten su aplicación en diversos productos en la industria alimentaria, como espesante, gelificante y quelante (Capitani, y otros, 2012). Además, puede actuar como un sustituto de grasa porque tiene la capacidad de hidratarse, desarrollar viscosidad y mantener la frescura, particularmente en productos de panadería. Es esta propiedad potencial que se emplea en el desarrollo de productos con reducción de grasa y que también puede convertirse en alimentos funcionales debido a la cantidad de fibra. (Vázquez Ovando, y otros, 2009).

Estudios anteriores han demostrado que la semilla de chía exhibe varios efectos beneficiosos para la salud debido a sus actividades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectoras (Ullah, y otros, 2015). Debido a estos efectos sobre la salud, la semilla de chía es un ingrediente bioactivo potencial para su uso en alimentos funcionales. De hecho, la semilla de chía se ha utilizado para fabricar pan, salchichas y yogurt (Coelho, y otros, 2015).

En la fabricación de yogurt, la suplementación con semillas de chía al 1,4% mejoró la viabilidad de las bacterias probióticas durante 21 días de vida útil (Vlaic, y otros, 2015). Sin embargo, ningún estudio ha evaluado aún los efectos de la semilla de chía en las propiedades reológicas, texturales y físicas del yogurt. Por lo tanto, uno de los objetivos de este estudio fue caracterizar reológicas, texturales y físicamente el yogurt suplementado con semillas de chía y almidón modificado.

Sin embargo, los estabilizadores a veces aportan sabor y textura desfavorables al yogur. Además, los consumidores demandan productos "naturales" que contengan menos o ningún estabilizador, o ingredientes que puedan reconocer (Loveday, y otros, 2013). Se investigaron factores que afectan la aceptación del consumidor y la preferencia por los productos lácteos modificados con la nutrición y descubrieron que los productos con declaraciones "naturales" en términos de portadores e ingredientes mostraron el mayor nivel de aceptación entre los consumidores. Por lo tanto, los estabilizadores nuevos y naturales tienen una gran demanda para cumplir con la creciente tendencia de "etiqueta limpia". (Bimbo, y otros, 2017)

Algunos subproductos de frutas y verduras se han considerado como posibles agentes estabilizadores del yogurt debido a sus atributos funcionales deseables, como la capacidad de aglutinar, gelificar y espesar. La adición de fibra soluble de ñame al yogurt de tipo agitado aumentó la viscosidad, redujo la sinéresis del yogurt y produjo una sensación en la boca aceptable (Ramirez, y otros, 2010). Además, también se ha demostrado que los subproductos de la fruta de la pasión, las partículas de la pared celular de la zanahoria y los polvos de cáscara y orujo de piña mejoran la estructura y reducen la sinéresis de los yogures (Donkor, 2016). El extracto de orujo de manzana se utilizó para crear un yogurt acidophilus enriquecido con fibra, que mostró cualidades sensoriales aceptables (Issar, 2016). Un estudio más reciente mostró que la incorporación de extracto de agua de orujo de manzana en la formulación de yogurt mejora las propiedades antioxidantes del producto final. Sin embargo, hasta donde sabemos, la investigación sobre el yogurt fortificado con subproductos de manzana mínimamente procesados es escasa, lo que presenta una oportunidad para investigar. (Fernandes, y otros, 2019).

Es por ello que en la presente investigación se ha visto por conveniente incorporar almidón de oca roja (*Oxalis tuberosa*) y granos de chía (*Salvia hispánica L.*), hasta un porcentaje de 3%, que es permitido por la norma técnica peruana para la elaboración de yogurt, asimismo lograr las propiedades de textura deseadas y prevenir la sinéresis (Zuo, y otros, 2008). Sin embargo, se ha encontrado que los almidones nativos no son adecuados para la aplicación de yogurt debido a su baja resistencia a la alta acidez y a la alta velocidad de cizallamiento, así como al alto grado de retrogradación (Singh, y otros, 2008).

Para superar las propiedades no deseadas de los almidones nativos, se han introducido modificaciones químicas que podrían alterar notablemente sus propiedades fisicoquímicas. Se ha informado que los almidones reticulados tienen una estructura granular más estabilizada y una mayor resistencia al tratamiento térmico y la agitación (Singh, y otros, 2008), y la adición del almidón reticulado pudo aumentar la resistencia del gel de leche ácido (Azim Corredig, 2010). La acetilación aumenta la viscosidad y la capacidad de retención de agua de la pasta de almidón, lo que a su vez podría mejorar la estabilidad del yogurt (Wang, 2014).

En la actualidad, el efecto del almidón modificado sobre las propiedades del yogurt ha sido ampliamente estudiado. Sin embargo, la gran parte de las investigaciones se centraron en las propiedades finales del yogurt con la adición de almidones (Lobato, 2014). Se cree que la funcionalidad del almidón se debe a su comportamiento de gelatinización y retrogradación (Azim Corredig, 2010). En la fabricación de yogurt agitado, las condiciones de procesamiento (tratamiento térmico, cambio de pH y agitación) podrían afectar en gran medida las propiedades del almidón, lo que a su vez afectaría las propiedades del yogurt. Sin embargo, hay poca información disponible sobre la relación entre las propiedades fisicoquímicas de los almidones modificados en condiciones de fabricación de yogurt y su efecto correspondiente sobre las propiedades del yogurt. Por lo general, la evaluación de yogures implica mediciones reológicas, la consistencia del yogurt al evitar la fractura y la sinéresis del gel. (Ciron, y otros, 2012).

Y por ello encontramos antecedentes relacionados a nivel nacional e internacional como el estudio realizado por: (Pang, y otros, 2019) estudiaron las características almidones modificados químicamente en condiciones de fabricación de yogurt, evaluando las propiedades de los yogures hechos con estos almidones. El almidón modificado mostró una solubilidad y viscosidad más bajas que el almidón nativo (NS), pero se obtuvo una mejor resistencia al ácido y a la fuerza de corte. Los geles de leche ácida que contienen almidones modificados exhibieron una microestructura bien organizada y homogeneizada, mientras que se observó una estructura mucho más densa con grandes agregados en las muestras de control y almidón nativo.

El almidón modificado mejoró las propiedades del yogur de manera más efectiva que el almidón nativo a una concentración de 0.5%, en términos de estrés de rendimiento, consistencia, viscosidad aparente, tixotropía., pseudoplasticidad.

(Lobato, 2014) prepararon tres yogures agitados con bajo contenido de grasa a partir de leche reconstituida (12.5 g/L de grasa de leche) añadida con maíz nativo y almidones de maíz modificado químicamente o tapioca (10 g/L). La composición química, la sinéresis, el flujo y las propiedades visco elásticas de los yogures bajos en grasa fueron evaluados y comparados con los de un yogur de control de grasas completas (25 g/L de grasa de leche) sin almidón. El análisis reológico mostró que el yogur de control exhibió perfiles de viscosidad-cizalladura aparente más bajos y módulos visco elásticos dinámicos, pero mayor sinéresis que los yogures bajos en grasa. Los yogures bajos en grasa mostraron poca variación en su flujo y propiedades visco elásticas con el tiempo de almacenamiento (15 días). La adición de almidones nativos o químicamente modificados de diferente origen a yogures reducidos en grasa contribuyó a la formación de sistemas gelificados de leche acidificada dispersos más estables.

(Morrel, 2015) preparó yogures con leche en polvo doble desnatada y proteína de suero, así como un control sin proteína adicional. Se prepararon tres muestras más agregando 2% de un almidón modificado físicamente a cada una, para aumentar la consistencia e impartir cremosidad. Se utilizaron pruebas reológicas para caracterizar el flujo y las propiedades visco elásticas de las muestras antes y después del tratamiento con saliva, y se observó su microestructura. En las muestras con almidón anexo, los gránulos de fécula se integraron formando una estructura proteíca. Los gránulos de almidón mantuvieron su estructura, lo que indica que la saliva no los descompuso. Estas observaciones estaban relacionadas con el comportamiento reológico de las muestras. La granulosidad sensorial, la protuberancia y la arenilla detectadas en las muestras de proteína de suero podrían estar relacionadas con la agregación de proteína de suero y la formación de dos redes de proteínas diferentes. Todas las muestras de almidón agregado originaron efectos densos y pastosos sin presencia de almidón. La proteína de suero con almidón se calificó como la muestra de yogur más gustosa y apreciada.

(Yumei, 2019) investigó los efectos del almidón resistente: abundante amilasa (R2) y un almidón de maíz modificado físicamente (R3) en la calidad del yogur. El yogur que contenía *Bifidobacterium* BB-12 se trató con R2 o R3 hasta una concentración final de 1,5%, y el grupo de control recibió 1,5% (p/p) de sacarosa. Se utilizaron espectroscopia de ondas difusas de múltiples manchas y barrido electrónico macroscópico para investigar el resultado de los almidones resistentes en el proceso de gelificación y la microestructura del yogur. La calidad de los tratamientos de yogur se evaluó utilizando recuentos viables de *Bifidobacterium* BB-12 y todas las células viables, acidez titulable, cantidad de separación de suero y viscosidad durante el almacenamiento. Los almidones resistentes afectaron el progreso de la gelificación y la microestructura y disminuyeron la disminución de los recuentos viables de *Lactobacillus*. Notablemente, RS3 protegió efectivamente la *Bifidobacterium* BB-12, aumentó la viscosidad y disminuyó la acidez titulable. Nuestros resultados sugirieron que el almidón resistente podría mejorar la calidad del yogurt y tener un efecto más probiótico.

(Spoylek, 2019) tuvo como objetivo investigar el efecto de agregar κ -carragenano (0.05, 0.1 y 0.15%) y almidón de maíz (1, 2 y 3%) sobre la acidez, textura, viscosidad, exceso, propiedades de fusión, atributos de color y características sensoriales de los yogures congelados sin lactosa. La lactosa se redujo por hidrólisis enzimática durante el proceso de fermentación. La adición de estabilizadores no cambió las propiedades de derretimiento y fusión del yogurt congelado, pero sí afectó el pH, la acidez titulable y los parámetros de color. El producto con 0,15% de κ -carragenano tenía los valores más altos de dureza y adherencia. Además, el κ -carragenano tuvo un efecto positivo sobre el atractivo sensorial del yogurt congelado sin lactosa, y redujo la textura gruesa en comparación con el control sin estabilizadores. Se produjo un yogurt congelado sin lactosa con buena calidad y características nutricionales, particularmente con el uso de κ -carragenano como estabilizador. El 15% de κ -carragenano tuvo los valores más altos de dureza y adherencia. Además, el κ -carragenano tuvo un efecto positivo sobre el atractivo sensorial del yogurt congelado sin lactosa, y redujo la textura gruesa en comparación con el control sin estabilizadores. Se produjo un yogurt congelado sin lactosa con buena calidad y características nutricionales, particularmente con el uso de κ -carragenano como estabilizador.

El 15% de κ -carragenano tuvo los valores más altos de dureza y adherencia. Además, el κ -carragenano tuvo un efecto positivo sobre el atractivo sensorial del yogurt congelado sin lactosa, y redujo la textura gruesa en comparación con el control sin estabilizadores. Se produjo un yogurt congelado sin lactosa con buena calidad y características nutricionales, particularmente con el uso de κ -carragenano como estabilizador.

(Mendoza, 2007) estudiaron almidón ñame espinoso (Ñame blanco) según estabilidad productiva de yogurt firme realizado en Pamplona – Colombia, sin el uso de estabilizador se logró desarrollar muestras a una concentración de 0.3 % p/v y con almidón de ñame espinoso en concentraciones de 0.4, 0.5 y 0.6 %. Evaluaron durante 30 días las características físicas, químicas y sensoriales, teniendo como resultados de acidez que fluctúa dentro (0.603 – 1.17 % de ácido láctico), densidad inicial (1054.76 – 1044.68 kg/m³) y densidad final (1032.58 – 1036.61 kg/m³), sinéresis inicial (4.29 – 9.56 %) y final (15.022 – 22.508 %), viscosidad inicial (0.803 – 0.974 Pa.s) y final (0.701 – 1.44 Pa.s); para el caso de la evaluación sensorial se determinó el color, olor, sabor y calificación global con una cantidad de 20 catadores semientrenados donde la concentración de almidón del 0.6 % fue la más adecuada, lo cual se cumple con mayor expectativa la función del estabilizante durante el proceso.

(Jácome, 2010) estudió la calidad de yogurt tipo II a base de leche semi descremada y desnatada empleando gel de linaza a modo de estabilizador, realizado en Riobamba – Ecuador; se evaluó la estabilidad natural haciendo uso de linaza en porcentajes de (0.35 %, 0.40%, 0.45 %, 0.50 %), se realizaron análisis físicoquímicos, microbiológicos y sensoriales; obteniéndose resultados de pH 4.95 para todas las muestras, para la densidad fue entre 1.058 a 1.068, contenido de proteína de 2.55 a 3.10, grasa de 0.75 a 1.00, minerales de 0.62 a 0.63, coliformes totales 0%, para la evaluación sensorial como son olor de 17.50 a 18.30, sabor 17.20 a 19.20, color 17.20 a 18.80 y apariencia de 17.30 a 19.00 . Como conclusión se tiene que la muestra con 0.35% de gel de linaza en el yogurt es la que mejor característica que presenta al igual que en la evaluación sensorial, lo cual se obtuvo una puntuación de 70.10 de 80.

(Marinez, 2016) Estudió la valoración de parámetros viscosos y análisis del color en un yogurt tipo batido incorporado con adhesivo de tara como estabilizador proporcionado a diferentes concentraciones, realizado en Andahuaylas-Perú, investigo la adición de goma de tara en porcentajes de 0.02, 0.04 y 0.06% obteniéndose como resultados que oscilan entre 4.50 a 4.58 de pH, acidez de 65 a 72 °D, densidad de 1.054 a 1.78 g/ml, viscosidad de 0.9769 a 2.039 Pa. s, color de 51.04 a 58.92. Como conclusión tenemos que la muestra con mayor aceptación fue el yogurt con 0.04% de goma de tara.

(Cárdenas, y otros, 2013), estudiaron optimizar un diseño de mezclas en sinéresis y textura sensorial de yogur natural batido manipulando tres tipos de hidrocoloides (carboximetilcelulosa, gelatina y pectina), parte de esta investigación surgió la derivación de combinar tres importantes hidrocoloides. Los resultados fueron de sinéresis que oscilaron entre 18.27 a 65.40% y para la textura sensorial 1.75 a 3.98. Se estipuló valores muy bajos de sinéresis (24.29%) en consecuencia de combinar hidrocoloides y máxima calificación sensorial en textura de 3.7 (me gusta moderadamente), se logró optimar valores con mezclas de carboxilmetilcelulosa, pectina y gelatina en los siguientes porcentajes 0.24%, 0.005% y 0.004% respectivamente.

Conjuntamente (Salazar, y otros, 2018), quien estipuló la atribución de la inserción de fécula en melloco (INIAP-Quillu) en los perfiles fisicoquímicos y parámetros de reología en un yogurt reducido en grasa. Los prototipos de yogurt estuvieron ligadas a un estudio sensorial para decretar aceptabilidad general, los resultados conseguidos revelaron que el yogurt con 0,9% de harina adquirió excelente aceptación. En cuanto al estudio físico y químico del pH y acidez titulable de las muestras control y con el 0.9% de harina de melloco incorporado durante el tiempo de almacenamiento (20 días), manifestó una acidez destacada y un pH desmedido en los diferentes tratamientos. Del mismo modo, en el análisis de viscosidad se desplegaron efectos de un comportamiento pseudoplástico en el que se comprobó cierta disminución significativa. En definitiva, la incorporación de harina de melloco en el yogurt amplía la viscosidad de las muestras.

De igual forma (Zavaleta y Zevallos, 2015) investigó el efecto del harina de hojillas de alcachofa y periodo de acopio concerniente a las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y de tipo sensorial en un yogurt yogur tipo batido, en donde se adquirió a modo de estudio investigar la incorporación de harina de brácteas de alcachofa previa al proceso de pasterización de la leche, en montos de (0,5%, 1% y 1,5%). Los efectos conseguidos de la agregación de esta harina y lo ocurrido durante el periodo de almacenamiento lograron efecto significativo, se consiguió ampliar la acidez y el recuento de bifidobacterias a diferencia de la viscosidad aparente y sinéresis no exhibieron diferencias significativas.

De la misma forma (Arrigoni, 2014) en su indagación efecto de polvo de maca (*lepidium meyenii*) y tiempo de provisión concerniente a la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general en un yogurt batido. El análisis mediante la prueba estadística aplicada definió diferencia significativa, conjuntamente se dio la tensión e índice de consistencia. Equivalentemente, se instauró como un fluido no newtoniano cuando se manipula leches fermentadas, lo cual su prototipo es como plástico general. El método con la inclusión del 10% de harina de maca manifestó % reducido de sinéresis. Del mismo modo para el tratamiento con una adición del 5% lució alta viscosidad aparente (196.27 m Pa. s).

En cuanto a sus propiedades del yogurt batido, cabe mencionar que estas influyen muchísimo en la aceptación de los consumidores, en especial su grado de textura, consistencia y viscosidad ya que esta bebida láctea se distingue por su sabor único y agradable. Además, cuando este adquiere contacto con el paladar el yogurt batido debe presenciar una especie de coagulo suave no muy denso, a la vez no debe presentar granulosidades, ausencia de gas y exclusión del suero liquido; lo ideal es que se exhiba una viscosidad adecuada, textura cerrada y resistencia al escurrimiento, sin embargo, suele existir complicaciones durante su proceso. Por lo general estas son las llamadas propiedades físicas que caracterizan al yogurt batido lo cual se dice que una estructura física es una red de partículas que engloba parte de las proteínas del suero y que ha sufrido un proceso de desnaturalización por medio del calor. El yogurt es un gel viscoso y que tiene un esfuerzo de fluencia muy pequeño y que por ese hecho tiende a mostrar algunos posibles defectos (Tabla 01) durante su elaboración, sin embargo, se suele dar la solución del caso (Puelles, 2015).

Por otro lado, tenemos a la oca, su centro de origen es la región situada entre Puno y Cusco, en esta se encuentran diferentes variedades de Oca, su producción suele ser mayor que en otras zonas alto andinas, se dice que la oca (*Oxalis Tuberosa*) es una planta oxalidácea de un origen muy incierto pero que en esta zona se concentra el mayor número de variedades. Dentro de ello se hace relevancia a 18 variedades, pero los más frecuentes, la Kellasunta, ken, Janko Luque, Q'ello ojo rojo, Chearaluke, Sabacire rojo y Waca Like y las variedades menos frecuentes son Macura amarilla, Kusillo, Solterito Herrera; sin embargo, siendo la variedad Kenny la de mayor importancia económica por su procedencia. (Robles, 2016).

Otro punto importante dentro del estudio de esta materia prima es el impacto de la oca en la industria y usos que se pueden aplicar, actualmente el consumo directo de los tubérculos es lo más eficiente. Sin embargo, con el objeto de transformarlos y conservar el mayor tiempo, los antiguos pobladores de los Andes centrales desarrollaron un proceso de conservación de los tubérculos mediante su exposición a las heladas, lavados y posterior secado en el sol. Las investigaciones en aspectos agroindustriales se han centrado en la elaboración de harinas y almidones a partir de algunos tubérculos y raíces. Para ello son especialmente aptas la oca, la arracacha y la maca. La oca ofrece buenas posibilidades para la producción industrial de harinas y almidón. Tiene 20% de materia seca, de la cual 88 a 95% es harina con 6 a 15% de almidón puro. (Robles, 2016)

Una de las propiedades a evaluar es la reología, es decir, la ciencia que estudia el flujo y la deformación de materiales que se extiende dentro del campo de fluidos newtonianos y no newtonianos. La reología del yogurt implica muchos factores que afectan sus propiedades reológicas, como sólidos, contenido de proteína y grasa, temperaturas de tratamiento térmico de la leche y fermentación, presión de homogeneización, etc. Estos parámetros en general pueden ser afectados por el desarrollo de bacterias que actúan durante la fermentación ya que en esta etapa se producen cambios en la composición nutricional del producto lácteo fermentado. (Spoylek, 2019).

Ante la siguiente problemática, ¿Cuál es la determinación de las propiedades reológicas, texturales y físicas de las semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado en un yogur batido con bajo contenido de grasa?

Del mismo modo se propone el siguiente Objetivo general: Determinar las propiedades reológicas, texturales y físicas de semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado en yogurt batido con bajo contenido de grasa; al mismo tiempo se determinó los Objetivos específicos; Extraer el almidón de oca modificado químicamente, Elaborar cada uno de los tratamientos referentes al yogurt batido, Analizar las propiedades reológicas de cada uno de los tratamientos, determinar el perfil de textura (TPA) de cada una de las muestras de yogurt batido, Analizar las propiedades físicas (sinéresis y densidad aparente) de cada uno de los tratamientos.

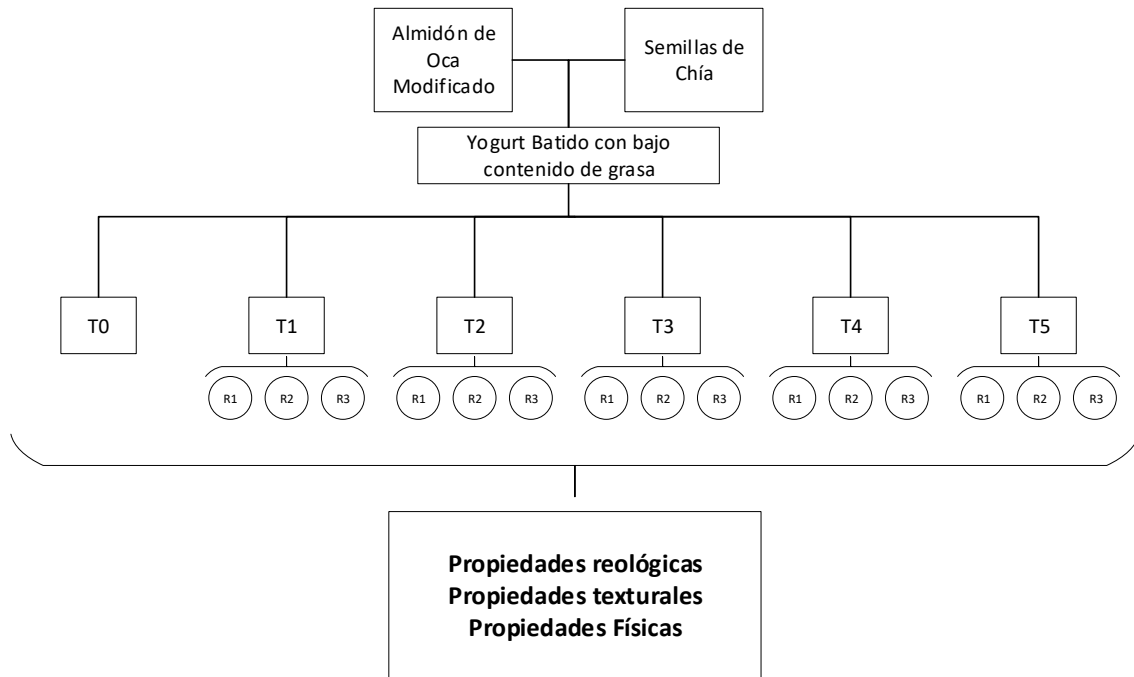
Como hipótesis se plantea que la incorporación de semilla de chía y almidón modificado de oca, mejoraran significativamente las propiedades reológicas, texturales y físicas de un yogurt batido con bajo contenido de grasa.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de la investigación

2.1.1. Diseño de la investigación experimental

El diseño aplicado para esta investigación será un diseño de mezclas con 2 factores (Almidón de oca modificado y Semillas de chía).



Leyenda:

T1: 0% semillas de chía; 0% almidón modificado de oca

T2: 3% semillas de chía; 0% almidón modificado de oca

T3: 0% semillas de chía; 3% almidón modificado de oca

T4: 2.25% semillas de chía; 0.75% almidón modificado de oca

T5: 0.75% semillas de chía; 2.25% almidón modificado de oca

T6: 1.5% semillas de chía; 1.5% almidón modificado de oca

Figura 1. Esquema experimental de la de chía y almidón modificado en un yogurt batido.

2.2 Variables y Operacionalizacion

2.2.1 Variable independiente

Porcentaje de semillas de chía (0%, 3%, 2.25%, 0.75%, 1.75%) y almidón modificado de oca (0%, 3%, 0.75%, 2.25%, 1.75%)

2.2.2 Variables dependientes

Propiedades reológicas, texturales y físicas

Tabla 1. Operacionalizacion de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Adición de semillas de chía y almidón modificado de oca		La semilla de chía ingrediente bioactivo para su uso en alimentos funcionales (Ullah, y otros, 2015). Almidón modificado actúa como espesante, gelifica, e influye en ciertas propiedades (Apaza, 2018)	Se adicionó el porcentaje de semillas de chía y almidón modificado para determinar su efecto	Las muestras serán medidas en porcentajes (%)	Cuantitativa de razón
Propiedades Reológicas	Tensión de fluencia	La reología estudia básicamente el comportamiento físico de los materiales, y se puede definir como la deformación de cuerpos mediante un fluido que con frecuencia también se da fricción entre solidos de flujo (Apaza, 2018).	Se determinó utilizando el reómetro de la marca Thermo Scientific modelo Haake Mars.	Pa. k n	Cuantitativa de razón
	Índice de consistencia				
	Índice de comportamiento				

Perfil de Textura	Consistencia	La textura se considera una manifestación de las propiedades reológicas de un alimento. Es un atributo importante de calidad que influye en el procesamiento y manipulación de alimentos, puede tomarse como índice de deterioro (Spoylek, 2019).	Se determinó usando el Texturómetro de marca Stable Micro System modelo TA.HD plus.	adimensional	Cuantitativa de razón
	Firmeza				
	Cohesividad				
	Índice de viscosidad				
Propiedades Físicas	Densidad	Las propiedades físicas y texturales, así como la separación de suero (sinéresis) son criterios muy importantes en la calidad de leches fermentadas. Estas se ven afectadas durante el procesamiento como la variable de temperatura de incubación, tratamiento térmico o medio de cultivo (Apaza, 2018).	Se determinó la densidad mediante el método gravimétrico usando el picnómetro	g/ml	
	Sinéresis				

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población

Se tomó como población a la leche fresca procedente del establo lechero La Campiña de Moche, de la provincia de Trujillo, La Libertad – Perú. Se realizó el análisis previo para evaluar la calidad de la leche.

2.3.2 Muestra

Se trabajó con 10 litros de leche, teniendo en cuenta el estado de la materia prima como la acidez, sólidos totales, pH, viscosidad, etc.

2.3.3 Muestreo

Se hizo un muestreo al azar y estará conformada por 5 tratamientos con 3 repeticiones.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

✓ **Análisis de Reología**

- **Tensión de fluencia:** Se aplicó mediante el uso de un reómetro de la marca Thermo Scientific modelo Haake Mars. (Ver anexo)
- **Índice de consistencia:** Se aplicó mediante el uso de un reómetro de la marca Thermo Scientific modelo Haake Mars. (Ver anexo)
- **Índice de comportamiento:** Se aplicó mediante el uso de un reómetro de la marca Thermo Scientific modelo Haake Mars. (Ver anexo)

✓ **Análisis de Textura**

- **Consistencia:** Se realizó mediante el uso del texturómetro modelo TA.HD plus. (ver anexo)
- **Firmeza:** Se realizó mediante el uso del texturómetro modelo TA.HD plus. (ver anexo)
- **Cohesividad:** Se realizó mediante el uso del texturómetro modelo TA.HD plus. (ver anexo)
- **Índice de viscosidad:** Se realizó mediante el uso del texturómetro modelo TA.HD plus. (ver anexo)

✓ **Análisis de propiedades físicas**

- **Densidad:** Se determinó según el método gravimétrico usando el picnómetro (ver anexo 1).
- **Sinéresis:** Se determinó según el método de centrifugación (ver anexo 2).

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Para el registro de los datos de análisis de las propiedades reológicas, texturales y físicas se usaron las siguientes tablas.

Tabla 2. Diseño experimental del registro de datos del contenido de la tensión de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Repetición	Reología			R2
		$\sigma_0 =$ Tensión de fluencia (Pa)	K = Coeficiente de consistencia (Pa.sec)	$\eta =$ Índice de comportamiento	
T1	R1	0.098	0.039	0.998	0.964
	R2	0.113	0.044	0.978	0.996
	R3	0.120	0.048	0.983	0.981
T2	R1	36.440	20.310	0.674	0.989
	R2	31.620	16.300	0.717	0.968
	R3	44.350	17.740	0.709	0.994
T3	R1	0.387	3.110	0.548	0.979
	R2	0.591	2.725	0.558	0.981
	R3	0.565	2.783	0.657	0.982
T4	R1	12.720	12.830	0.606	0.959
	R2	17.260	13.570	0.616	0.970
	R3	16.920	14.880	0.610	0.934
T5	R1	0.932	2.765	0.699	0.983
	R2	0.935	1.243	0.724	0.993
	R3	0.887	1.273	0.736	0.993
T6	R1	1.938	1.953	0.577	0.987
	R2	1.925	1.830	0.577	0.984
	R3	1.903	2.021	0.557	0.985

Fuente: Elaboración propia (2019).

Tabla 3. Diseño experimental del registro de datos del contenido de análisis de textura de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Repetición	Firmeza (g)	Consistencia (g.sec)	Cohesividad (g)	Índice de viscosidad (g.sec)
T1	1	20.430	507.690	-13.750	-40.610
	2	19.490	498.450	-13.640	-39.110
	3	21.590	469.340	-12.730	-33.950
T2	1	28.430	707.570	-17.930	-78.560
	2	28.270	716.370	-18.550	-82.150
	3	25.520	648.470	-16.980	-68.080
T3	1	16.480	425.340	-11.610	-23.010
	2	16.230	399.560	-11.240	-19.800
	3	15.140	366.640	-10.320	-12.280
T4	1	23.180	569.740	-14.530	-54.720
	2	23.260	545.970	-14.010	-51.120
	3	20.270	515.250	-13.600	-43.880
T5	1	18.500	453.790	-12.570	-32.300
	2	17.820	447.870	-12.440	-30.680
	3	18.140	452.720	-12.450	-31.370
T6	1	18.440	472.760	-12.840	-34.660
	2	19.300	489.080	-13.140	-38.200
	3	19.030	480.080	-13.140	-37.020

Fuente: Elaboración propia (2019).

Tabla 4. Datos del contenido del análisis de las propiedades físicas en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Repetición	Densidad (g/ml)	Sinéresis (%)
T1	1	1.068	23.412
	2	1.067	24.785
	3	1.068	25.094
T2	1	1.068	18.366
	2	1.068	18.537
	3	1.068	18.755
T3	1	1.075	24.349
	2	1.074	23.726
	3	1.076	23.820
T4	1	1.068	19.863
	2	1.067	19.962
	3	1.068	20.282
T5	1	1.070	23.069
	2	1.070	22.267
	3	1.070	22.590
T6	1	1.066	21.106
	2	1.066	21.369
	3	1.065	21.176

Fuente: Elaboración propia (2019).

2.5 Procedimiento

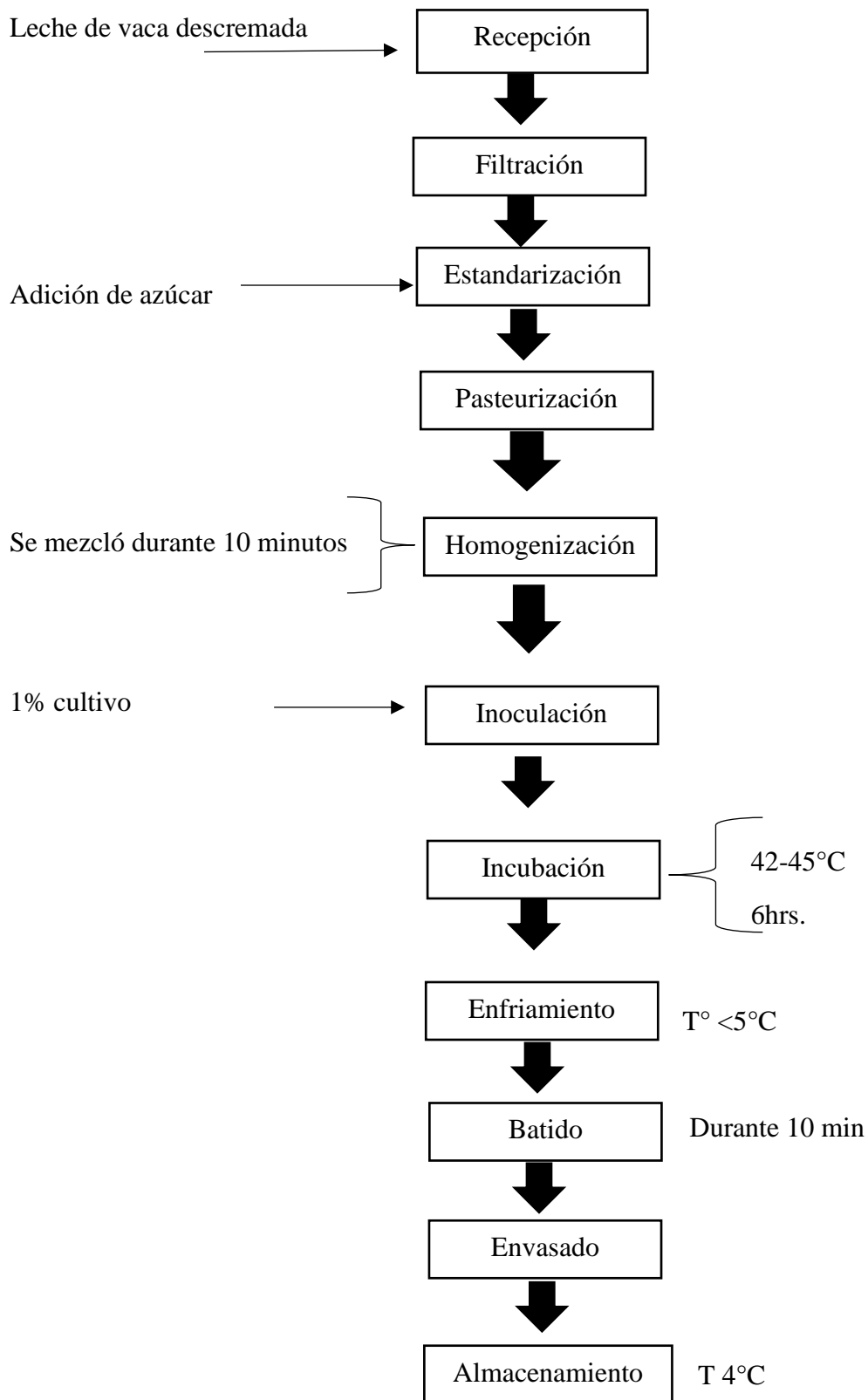


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de yogurt batido.

PROCEDIMIENTO

✓ **Recepción**

Se recibió la leche a temperatura ambiente, se verificó correctamente la calidad de esta materia prima aplicando los atributos necesarios.

✓ **Filtración**

Se excluyó las impurezas presentes en la leche aplicando papel filtro o tela lienza.

✓ **Estandarización**

Se efectuó la inclusión de leche en polvo para desarrollar el contenido de sólidos totales en buenas condiciones y conseguir un yogur de mejor consistencia, del mismo modo, el estado de leche en polvo corresponde fluctuar dentro de un 1 a un 6% superior del volumen total a esto se adiciona el contenido de azúcar óptimo a la mezcla.

✓ **Pasteurización**

Se llevó la materia prima a los 90°C aproximadamente, en un tiempo de 20 minutos, con el fin de eliminar gérmenes patógenos y reducir la carga microbiana presentes en la leche. Es de vital importancia que la leche se mantenga a esa temperatura de forma constante y prolongada para evitar que las proteínas se desnaturalicen bajando la calidad del producto terminado.

✓ **Homogenización**

Se aplicó de forma suave la agitación profunda durante 10 minutos exactos, en el que se conciertan todos los insumos utilizados para la elaboración de yogur hasta obtener una consistencia uniforme y concisa.

✓ **Inoculación**

Se adicionó 1% (2.5g por litro de leche aproximadamente) de cultivo de bacterias lácticas (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) llevándolo hasta los 43°C durante 3 horas.

✓ **Incubación**

Se dejó reposar la leche a 42-45°C durante 6 horas, la disminución de pH provoca la aparición de ácido láctico quien es responsable de la coagulación y acidificación del cuajo, el proceso de incubación termina cuando se alcanzan valores de 4.2 a 4.6 de pH o cuando se obtiene una acidez titulable de 70° a 80° D, una vez lograda la acidez requerida se deja reposar y enfriar la mezcla.

✓ **Enfriamiento**

Se logró enfriar a una temperatura menor a los 5°C para frenar la fermentación y evitar el desarrollo de ácido láctico.

✓ **Batido**

Se efectuó de forma mecánica el batido respectivo hasta conseguir una consistencia homogénea por un periodo de 10 min aproximadamente.

✓ **Envasado**

Se envasó en recipientes de plástico de 250 ml (previamente esterilizados) y codificados según el tipo de tratamiento que corresponda.

✓ **Almacenamiento**

Se almacenó a temperatura de refrigeración (4 °C) próximamente se efectuó el estudio de todos los parámetros a analizar.

2.5.1 Elaboración de yogurt batido

Tabla 7. Formulación óptima para la elaboración de yogurt.

INGREDIENTES	PROPORCION (%)
Masa cruda de leche descremada	89%
Cantidad de azúcar	10%
Cantidad de cultivo	1%
TOTAL	100%

Fuente: (Barba, 2017).

Tabla 8. Formulación de los tratamientos de la adición de semillas de chía y almidón modificado de oca.

INSUMOS	T1 (250 g)		T2 (250 g)		T3 (250 g)		T4 (250 g)		T5 (250 g)		T6 (250 g)	
	%	G	%	g	%	g	%	g	%	g	%	G
Leche de Vaca	89.00%	222.50	86.00%	215.00	86.00%	215.00	86.00%	215.00	86.00%	215.00	86.00%	215.00
Azúcar	10.00%	25.00	10.00%	25.00	10.00%	25.00	10.00%	25.00	10.00%	25.00	10.00%	25.00
Cultivo	1.00%	2.50	1.00%	2.50	1.00%	2.50	1.00%	2.50	1.00%	2.50	1.00%	2.50
Chía	0.00%	0.00	3.00%	7.50	0.00%	0.00	2.25%	5.63	0.75%	1.88	1.50%	3.75
Almidón Modificado	0.00%	0.00	0.00%	0.00	3.00%	7.50	0.75%	1.88	2.25%	5.63	1.50%	3.75
TOTAL	100.00%	250.00	100.00%	250.00	100.00%	250.00	100.00%	250.00	100.00%	250.00	100.00%	250.00

Fuente: Elaboración propia (2019).

2.5.1 Extracción de almidón de oca

Se ejecutó la extracción aplicando la técnica de extracción de almidón por decantación descrita por (Melian, 2010) con algunas alteraciones basadas en (Salwa, y otros, 2010) y (Aprianita, y otros, 2009). A continuación, se detalla el procedimiento que se realizó y se muestra el flujo de operaciones en la Figura 3:

- ✓ Primera molienda: En una licuadora se adicionó las ocas (previo pesado) y una solución de meta bisulfito de sodio al 0.075 por ciento en relación de 1:1.
- ✓ Filtrado 1: La mezcla obtenida de la primera molienda se pasó por una tela filtrante, después se adicionó agua para arrastrar la mayor cantidad de almidón presente en la tela.
- ✓ Registro de peso: Se pesó lo que queda en la tela filtrante.
- ✓ Segunda molienda: La muestra retenida en la tela filtrante se mezcló con agua (1:1) en una licuadora.
- ✓ Filtrado 2: La masa que se obtiene de la segunda molienda se pasó nuevamente por la tela filtrante y se adicionó agua destilada para una mayor extracción del almidón. Posteriormente el filtrado se mezcló con lo obtenido en el primer filtrado.
- ✓ Decantación 1: La muestra se dejó decantar por 4 horas a temperatura ambiente hasta obtener una capa firme de almidón en el fondo.

- ✓ Decantación 2: Finalizada la primera decantación, se retiró el sobrenadante y se agregó la mitad de volumen de agua respecto al almidón y se dejó por 1,5 h. en donde se obtuvo un sobrenadante claro.
- ✓ Decantación 3: Luego de retirar el sobrenadante se agregó una solución de NaOH al 0.02 por ciento en cantidad de dos veces su volumen para la solubilización de proteínas, posteriormente se dejó decantar por 3 horas.
- ✓ Decantación 4: Luego de retirar el sobrenadante se agregó agua en proporción 1:1 almidón y se ajustó el pH con HCl 2 N hasta obtener un pH 7.0. después la muestra se dejó decantar por 1,5 h. y se eliminó el sobrenadante.
- ✓ Secado y molienda: El decantado se depositó en un papel filtro y se llevó a una estufa a 45 +/- 2° C por 14 horas, después de secado se retiró, molió y pasó por un cernidor para deshacer los grumos.

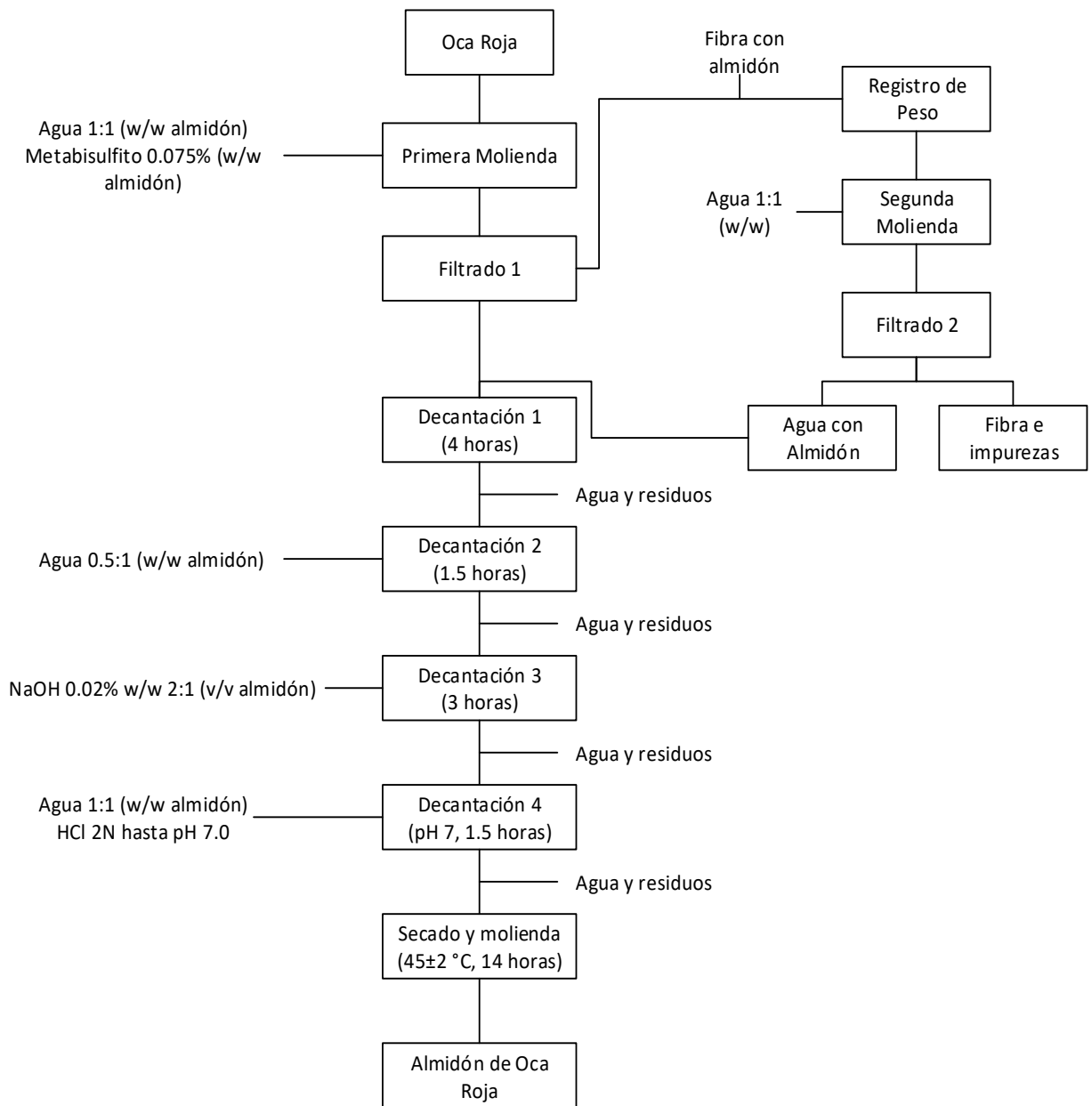


Figura 3. Flujo de operaciones de la extracción de almidón de oca.

✓ **Modificación del almidón por acetilación**

Se procedió a modificar el almidón nativo según la metodología planteada en la Figura 3, la cual se basó en métodos utilizados por (Rincón, y otros, 2007); (Raina, y otros) con algunas modificaciones.

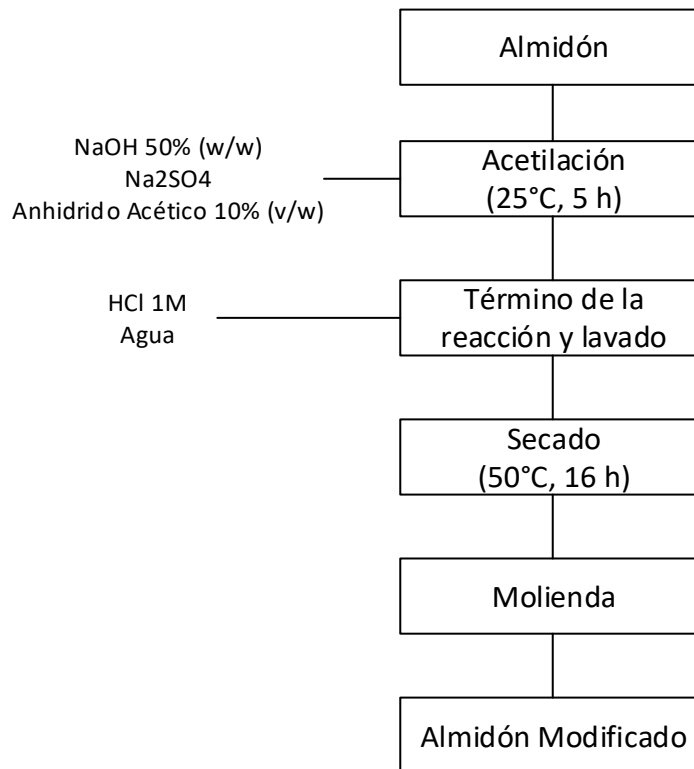


Figura 4. Flujo de Operaciones de Modificación de almidón de Oca

- ✓ Acetilación: Se usó anhídrido acético como agente de reacción y se emplearon niveles de 10 por ciento para su evaluación. Se pesó 200 g base seca de almidón nativo y 35 g de Na₂SO₄ para disolverlo en 400 ml de agua a temperatura ambiente, posteriormente se llevó a pH 8-8.4 con una solución de NaOH 50 por ciento (w/w). Luego, se adicionó el anhídrido acético (5, 10 y 15 por ciento con respecto a la cantidad de almidón % v/w) tratando de mantener el pH (8-8,4) durante la reacción (25 °C por 5 horas).
- ✓ Término de la reacción y lavado: Terminada la reacción se llevó a pH 7 con HCl 1 M y luego se realizaron cuatro lavados sucesivos con agua. El lavado se realizó con agua en proporción de 1:1, y para retirar el agua de lavado se empleó una centrifuga a 2000 rpm por 15 min.
- ✓ Secado y molienda: Se secó durante 16 horas a 50 °C en la estufa, el almidón modificado se molió y se pasó por un cernidor para deshacer los grumos.

2.6 Métodos de análisis de datos

De acuerdo al diseño experimental del estudio, los datos obtenidos fueron evaluados aplicando el método de análisis de varianza (ANOVA) al 95% de nivel de confianza y la prueba de Turkey.

2.7 Aspectos éticos

Toda la información plasmada en esta investigación estará basada en la importancia social, la honestidad y la veracidad de lo investigado. Los métodos de análisis para los resultados se realizaron de acuerdo a las normas establecidas en este tipo de investigación.

Asimismo, se mantuvo el respeto y la protección de la identidad de los individuos que participaron en el estudio.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados del análisis reológico de las semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado en un yogurt batido.

Tabla 5. Datos de la tensión de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de los diferentes tratamientos en un yogurt batido.

Tratamiento	σ_0 (Pa)	k (Pa.sec)	η	r2
T1	0.11 ± 0.0 a	0.04 ± 0.0 a	0.99 ± 0.0 c	0.980
T2	37.47 ± 6.4 c	18.12 ± 2.0 d	0.70 ± 0.0 b	0.984
T3	0.51 ± 0.1 a	2.87 ± 0.2 b	0.59 ± 0.1 a	0.980
T4	15.63 ± 2.5 b	13.76 ± 1.0 c	0.61 ± 0.0 a	0.954
T5	0.72 ± 0.3 a	1.76 ± 0.9 ab	0.72 ± 0.0 b	0.989
T6	1.92 ± 0.0 a	1.93 ± 0.1 ab	0.57 ± 0.0 a	0.985

Los valores son la media ± desviación estándar. Las letras diferentes entre las columnas indican que presentan diferencias significativas de las muestras ($p < 0.05$), según la prueba estadística de Turkey aplicada a cada tratamiento.

En la Figura 5 se presentan los seis comportamientos de los diferentes tratamientos aplicados a la tensión de fluencia versus la relación de la velocidad de deformación en el yogurt batido con semillas de chía y almidón de oca modificado.

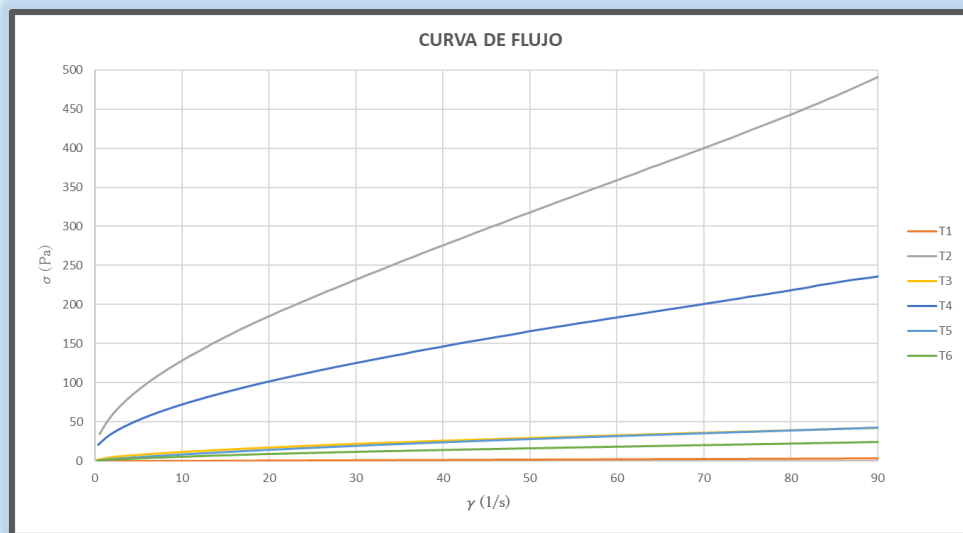


Figura 2. Tensión de fluencia versus relación de la velocidad de deformación en el yogurt batido.

3.2 Propiedades de textura de las semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado en un yogurt batido.

Tabla 6. Datos del análisis de textura en los diferentes tratamientos del yogurt batido.

Tratamiento	Firmeza (g)	Consistencia (g.sec)	Cohesividad (g)	Índice de viscosidad (g.sec)
1	20.50 ± 2.7 cd	491.83 ± 23.4 c	-13.38 ± 0.7 bc	-37.89 ± 4.9 c
2	27.41 ± 1.6 e	690.80 ± 34.1 e	-17.82 ± 0.8 a	-76.26 ± 6.7 a
3	15.95 ± 0.8 a	397.18 ± 30.4 a	-11.06 ± 0.7 e	-18.36 ± 5.6 d
4	22.23 ± 2.0 d	543.65 ± 24.4 d	-14.05 ± 0.5 b	-49.90 ± 5.1 b
5	18.16 ± 0.6 ab	451.46 ± 7.1 b	-12.49 ± 0.2 d	-31.45 ± 1.7 c
6	18.92 ± 0.7 bc	480.64 ± 8.6 bc	-13.04 ± 0.3 cd	-36.63 ± 2.1 c

Los valores son la media ± desviación estándar. Las letras diferentes entre las filas indican que presentan diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$), según la prueba estadística de Turkey aplicada a cada tratamiento.

En la Figura 6 se presenta el diseño de la gráfica del análisis de textura de los seis diferentes tratamientos en la incorporación de las semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado en un yogurt batido.

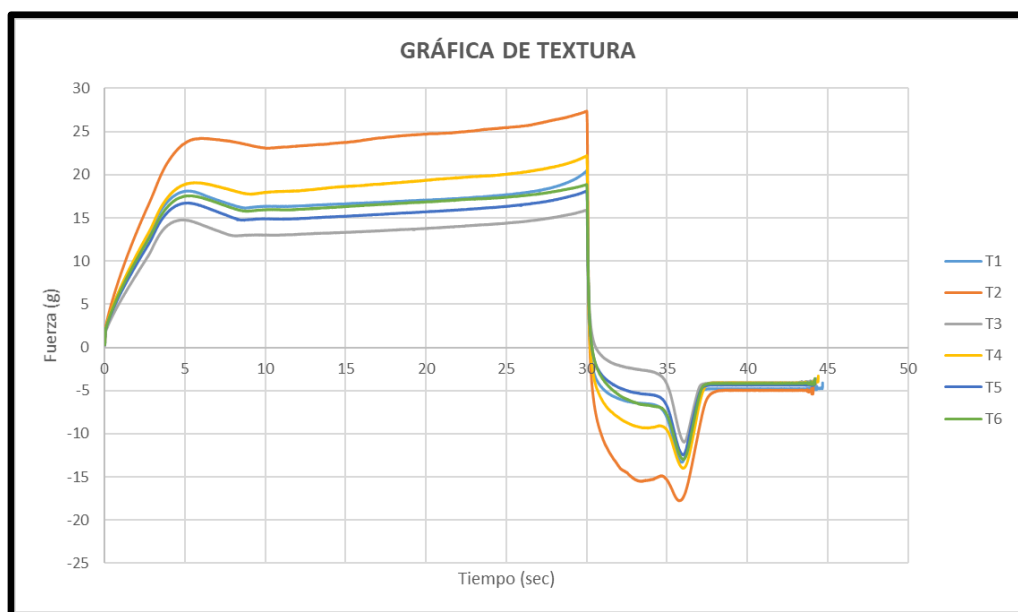


Figura 3. Fuerza versus relación de velocidad en un yogurt batido.

3.3 Propiedades físicas de un yogurt batido en los diferentes tratamientos incorporado con semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado.

Tabla 7. Datos del contenido de la densidad y sinéresis en los diferentes tratamientos de un yogurt batido con semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado.

Tratamiento	Densidad (g/ml)	Sinéresis (%)
T1	1.0675 ± 0.0 b	24.43 ± 0.9 d
T2	1.0679 ± 0.0 b	18.55 ± 0.2 a
T3	1.0747 ± 0.0 d	23.97 ± 0.3 d
T4	1.0676 ± 0.0 b	20.04 ± 0.2 b
T5	1.0703 ± 0.0 c	22.64 ± 0.4 c
T6	1.0656 ± 0.0 a	21.22 ± 0.1 b

Los valores son la media ± desviación estándar. Las letras diferentes entre las filas indican que presentan diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$), según la prueba estadística de Turkey aplicada a cada tratamiento.

IV. DISCUSIÓN

En la tabla 5 quedan mostrados los valores obtenidos de tensión de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento a partir del reómetro Haake Mars y los diferentes tratamientos que se aplicaron al yogurt batido con la incorporación de las semillas de chía (*Salvia Hispánica*) y almidón de oca (*Oxalis Tuberosa*) modificado. En donde los datos experimentales mostrados en la tabla 13 para el índice de comportamiento del fluido “n” indica que los valores medios abarcan entre 0.99 ± 0.0 c y 0.57 ± 0.0 a lo cual confirma que se da un comportamiento de fluido no newtoniano al notarse un valor “n” menor a 1 y una tensión de fluencia que no parte desde el origen para el T2 y T4 según muestra la figura 5.

Esto se da posiblemente por la incorporación de almidón modificado ya que suele notarse que los valores “n” han disminuido en comparación con la muestra control, así lo demuestra según lo que se ha informado por (Morrel, 2015). Que el estrés de rendimiento se correlaciona muy bien con la firmeza inicial del yogur durante la evaluación reología. En cuanto al índice de flujo (n) o comportamiento, que es una medida de la desviación de los fluidos de corte del flujo newtoniano, el yogur con cualquier tipo de almidón mostró valores más bajos que el yogur de control, lo que indica que la adición de estos almidones aumentó el comportamiento pseudoplástico.

Asimismo, se indicó que una mayor pseudoplasticidad conduce a una mayor aceptabilidad del producto, por otra parte, se observó un efecto similar sobre el coeficiente de consistencia (K) y la viscosidad aparente (η_{app}) a una velocidad de corte de 50 s^{-1} . Se ha reportado que el coeficiente de consistencia es una propiedad importante relacionada con la aceptabilidad del producto para yogurt batido, y a una velocidad de corte de 50 s^{-1} se informó como una velocidad de corte oral efectiva (Marcotte, y otros, 2001); se consideró que los gránulos de almidón inflamados actúan como rellenos en la red de proteínas, fortaleciendo así las propiedades de la red de proteínas como sustento del producto lácteo. Por otro lado, la introducción del grupo acetilo y la reticulación en almidón modificado mejoró la estabilidad de los gránulos de almidón sobre su forma nativa en condiciones de fabricación de yogur

batido. Además, la interacción entre las micelas de caseína y el almidón acetilado reticulado puede ocurrir debido a la unión electrostática (Wang, 2014).

En cuanto a los datos experimentales del coeficiente de consistencia “k” que se muestran en la tabla 12 se observa los valores máximos y mínimos, el valor más bajo de coeficiente de consistencia (0.04 Pa.sn) se obtuvo en la muestra control T1 0% de chíá y almidón modificado. Sin embargo, el valor más alto (18.12 Pa.sn), se obtuvo en el tratamiento T2 (3%) semillas de chíá. Esto es un indicador que a mayor % de chíá mejor se es su índice de comportamiento del fluido. Según (Arrigoni, 2014) las concentraciones de harina de maca en yogurt batido simbiótico se encuentran de 0 a 5% y los valores de “k” fueron 0.978 a 0.373 Pa.sn. El resultado estadístico demostró influencia significativa, además de la tensión e índice de consistencia, de igual manera se estableció como un fluido no newtoniano cuando se utiliza insumos que cumplen la función de estabilizantes. Por otro lado (Sánchez, 2018) reporto que el yogurt con la adición de 0,9% de harina de melloco alcanzó una media de 1121,63 m Pa.s a los 20 días de almacenamiento en comparación con la muestra control que alcanzó una media de 975,13 mPa.s, es decir que la incorporación harina de melloco influye en la viscosidad del yogurt en forma positiva, por lo que las propiedades reologicas depende mucho del contenido de solidos totales y proteínas de la leche.

En los datos experimentales de la densidad, según la tabla 7 mostrada se obtuvo valores entre 1.0656 ± 0.0 a y 1.0747 ± 0.0 d. debido a la incorporación del almidón nativo de oca, puesto que su estructura muestra estabilidad en el yogurt y tiende a ganar volumen. En un estudio por (Marinez, 2016) reporto que la adición de goma de tara en porcentajes de 0.02, 0.04 y 0.06% obtuvo resultados de densidad de 1.054 a 1.78 g/ml. La mayoría de las propiedades físicas (densidad y sinéresis) de los yogures se vieron significativamente afectadas por la adición de polvo y otro estudio de (Mendoza, 2007) reporto densidad inicial entre 1054,76 y 1044,68 kg/m³, la cual va disminuyendo hasta llegar a una densidad entre 1032,58 y 1036,61. Entre las muestras que presentaron una mayor densidad están la que contenía estabilizante y la muestra que contenía almidón a la concentración de 0,4%. Según el análisis ANOVA, no existen diferencias significativas en cuanto a la densidad presentada en las muestras de yogur.

De igual forma para los datos experimentales de sinéresis, como se muestra en la tabla 7 se obtuvo valores entre 18.55% y 24.43% debido a que, el almidón espesante sirve como una alternativa más adecuada para usar en formulaciones de yogur en las que se desea una sensación más espesa y una sinéresis reducida. Así lo confirma el estudio por (Cárdenas, y otros, 2013) el cual indica que el menor valor de sinéresis se obtuvo con el tratamiento T2 (mezcla pura de CMC 0.25%), mientras que el mayor valor de sinéresis se obtuvo con el tratamiento T3 (mezcla pura de pectina 0.25%). Se logró demostrar que aquellos yogures que contienen mezcla pura de CMC presentan menor formación de sinéresis, y esta aumenta considerablemente en las mezclas binarias, terciarias y puras para gelatina y pectina, siendo más notoria en esta última. Otros estudios (Singh, y otros, 2008) sugieren que la adición de avena y cebada β -glucano resultó en una mayor sinéresis exhibida por las muestras de yogurt. Este efecto se atribuyó a la formación de un gel débil que era incapaz de retener agua debido a la interferencia de las largas moléculas de polisacárido con la red de caseína micelar durante la formación del gel, esta disparidad en los resultados podría atribuirse a las diferencias estructurales entre las moléculas de β -glucano solubles e insolubles.

V. CONCLUSIONES

Se logró la determinación de las propiedades reológicas, texturales y físicas. El ANOVA indico diferencias significativas sobre las propiedades analizadas de la incorporación de semillas de chía y almidón de oca químicamente modificado.

Se determinó que los tratamientos T2, T4 Y T5 exhibieron un comportamiento de flujo no newtoniano de tipo pseudoplástico, con tensión de fluencia 0.11 ± 0.0 , 37.47 ± 6.4 , 0.51 ± 0.1 , 15.63 ± 2.5 , 0.72 ± 0.3 , 1.92 ± 0.0 Pa; coeficiente de consistencia de 0.04 ± 0.0 , 18.12 ± 2.0 , 2.87 ± 0.2 , 13.76 ± 1.0 , 1.76 ± 0.9 , 1.93 ± 0.1 Pa.sn; e índice de comportamiento del flujo de 0.99 ± 0.0 , 0.70 ± 0.0 , 0.59 ± 0.1 , 0.61 ± 0.0 , 0.72 ± 0.0 , 0.57 ± 0.0 n; para los seis tratamientos respectivamente.

Se determinó a través del análisis de textura valores de firmeza 20.50 ± 2.7 , 27.41 ± 1.6 , 15.95 ± 0.8 , 22.23 ± 2.0 , 18.16 ± 0.6 , 18.92 ± 0.7 g, consistencia de 491.83 ± 23.4 , 690.80 ± 34.1 , 397.18 ± 30.4 , 543.65 ± 24.4 , 451.46 ± 7.1 , 480.64 ± 8.6 g.sec, cohesividad de -13.38 ± 0.7 , -17.82 ± 0.8 , -11.06 ± 0.7 , -14.05 ± 0.5 , -12.49 ± 0.2 , -13.04 ± 0.3 g, índice de viscosidad de -37.89 ± 4.9 , -76.26 ± 6.7 , -18.36 ± 5.6 , -49.90 ± 5.1 , -31.45 ± 1.7 , -36.63 ± 2.1 g.sec para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6 respectivamente, según los resultados obtenidos indica que existen diferencias significativas debido al incremento del % de almidón y chía disminuye la firmeza, cohesividad, e índice de viscosidad de los geles.

Se determinó a través del análisis físico para los tratamientos y se obtuvo valores de sinéresis 0.99 ± 0.0 , 0.70 ± 0.0 , 0.59 ± 0.1 , 0.61 ± 0.0 , 0.72 ± 0.0 , 0.57 ± 0.0 %; y densidad de 1.0675 ± 0.0 , 1.0679 ± 0.0 , 1.0747 ± 0.0 , 1.0676 ± 0.0 , 1.0703 ± 0.0 , 1.0656 ± 0.0 g/ml; respectivamente. Según estos resultados obtenidos indica un efecto significativo, por lo que demuestra la modificación química del almidón conduce a un cambio considerable en la sinéresis ayuda a disminuir o aumentar, considerando que el almidón nativo propiamente dicho no es tan resistente a elevada fuerza de corte del fluido.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios sobre la composición del almidón modificado de oca lo cual influye en las propiedades reológicas del yogurt batido.
- ✓ Incentivar el estudio del cultivo nativo de la oca de tal manera que se aproveche su contenido de almidón ya que ayuda en la estabilidad de productos lácteos.
- ✓ Se recomienda utilizar mejor el reómetro para el análisis de reología y lograr mejores resultados.

REFERENCIAS

- Ali, Norlaily Mohd, y otros. 2012.** *The Promising Future of Chia, Salvia hispanica L.* 2012. págs. 1-9. Vol. 2012.
- Apaza, B. 2018.** *Extracción y caracterización del almidón de oca (Oxalis tuberosa) de la variedad k'ellu kamusa.* UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN. Juliaca : s.n., 2018. Informe de Tesis.
- Aprianita, A, y otros. 2009.** *Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia.* 2009. págs. 507-520. Vol. 16.
- Arrigoni. 2014.** *Efecto de la adición de harina de maca (LEPIDIUM MEYENII) y del tiempo de almacenamiento sobre la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico.* Trujillo - Peru : s.n., 2014.
- Ataie-Jafari, A, y otros. 2009.** *Cholesterol-Lowering Effect of Probiotic Yogurt in Comparison with Ordinary Yogurt in Mildly to Moderately Hypercholesterolemic Subjects.* 2009. págs. 22-27. Vol. 54.
- Azim Corredig, Koxholt, Alexander., 2010.** *Sol gel transitions during acid gelation of milk containing modified waxy maize starch. Differences between chemical and bacterial acidification measured using rheological and spectroscopic techniques.* 2010. págs. 785-791. Vol. 20.
- Barba, karina. 2017.** *Linea de Produccion, Formulacion y Equipos Necesarios para la Elaboracion de Yogurt Batido Saborizado.* Machala : s.n., 2017.
- Bartl, K, y otros. 2009.** *Economic evaluation of the current and alternative dual-purpose cattle systems or smallholder farms in the central Peruvian highlands.* 2009. págs. 152-161. Vol. 101.
- Bimbo, Francesco, y otros. 2017.** *Consumers' acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: A systematic review.* 2017. págs. 141-154. Vol. 113.
- Capitani, M I, y otros. 2012.** *Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (Salvia hispanica L.) seeds of Argentina.* 2012. págs. 94-102. Vol. 45.
- Cárdenas, Arnold, y otros. 2013.** *Optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides.* 2013. Vol. 3.
- Ciron, Chr. Ian E, y otros. 2012.** *Modifying the microstructure of low-fat yoghurt by microfluidisation of milk at different pressures to enhance rheological and sensory properties.* 2012. págs. 510-519. Vol. 130.
- Coelho, Michele Silveira y de las Mercedes Salas-Mellado, Myriam. 2015.** *Effects of substituting chia (Salvia hispanica L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread.* 2015. págs. 729-736. Vol. 60.

- Costa, L B, y otros. 2013.** *Herbal extracts and organic acids as natural feed additives in pig diets.* 2013. Vol. 43.
- Donkor, Sah y. 2016.** *Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage.* 2016. págs. 978-986. Vol. 65.
- Everett, David W y McLeod, Rosalind E. 2005.** *Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt.* 2005. págs. 1175-1183. Vol. 15.
- Fernandes, P A, y otros. 2019.** *Apple pomace extract as a sustainable food ingredient.* 2019. pág. 189. Vol. 8.
- Fu, Renjie, y otros. 2018.** *Salecan stabilizes the microstructure and improves the rheological performance of yogurt.* 2018. págs. 474-480. Vol. 81.
- Issar, Kanika, Sharma, Gupta, Anil. 2016.** *Utilization of Apple Pomace in the Preparation of Fiber-Enriched Acidophilus Yoghurt.* 2016. Vol. 41.
- Jácome, Horacio. 2010.** *Evaluación de la Calidad de Yogurt Tipo II con la Utilización de Gel de Linaza como Estabilizante Natural.* Riobamba : s.n., 2010. TESIS DE GRADO.
- Kraus, Artur. 2014.** *Development of functional food with the participation of the consumer. Motivators for consumption of functional products.* 2014. Vol. 39.
- Laiho, Saara, y otros. 2017.** *Effect of whey protein phase volume on the tribology, rheology and sensory properties of fat-free stirred yoghurts.* 2017. págs. 166-177. Vol. 67.
- Lobato, Ramírez, Vernon, Alvarez, Ramirez. 2014.** *Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt.* 2014. págs. 110-115. Vol. 131.
- Lollo, Pablo Christiano, y otros. 2013.** *Probiotic yogurt offers higher immune-protection than probiotic whey beverage.* 2013. págs. 118-124. Vol. 54.
- Loveday, Simon, Sarkar, Anwasha y Singh, Harjinder. 2013.** *Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture.* 2013. págs. 5-20. Vol. 33.
- Marcotte, Michèle, Taherian-Hoshahili, Ali R y Ramaswamy, H S. 2001.** *Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature.* 2001. págs. 695-703. Vol. 34.
- Marinez, S. 2016.** *Evaluación De La Viscosidad y El Color Del Yogurt Batido Con Adición De Goma De Tara (Caesalpinia Spinosa) Como Estabilizante A Diferentes Concentraciones.* Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas : s.n., 2016. Tesis de pregrado.
- Melian, D. 2010.** *Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chile y dos variedades comerciales.* Escuela de Ingeniería de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia : s.n., 2010. Tesis para optar el grado de licenciado en Ciencia de Alimentos.

- Mendoza, Trujillo, Duran. 2007.** *Evaluación del almidón de ñame espino (dioscorea rotundata) como estabilizante en la elaboración de yogur entero tipo batido.* 2007. págs. 97-105. Vol. 5.
- Morelli, Lorenzo. 2014.** *Yogurt, living cultures, and gut health.* 2014. págs. 1248-1250. Vol. 99.
- Morrel, Samuel, O'shea, M. 2015.** *Analysis of starch structure using fluorophore-assisted carbohydrate electrophoresis.* 2015. págs. 1603-2611. Vol. 19.
- Muñoz, L A, y otros. 2012.** *Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration.* 2012. págs. 216-224. Vol. 108.
- Nabavi, Safoora, y otros. 2015.** *Probiotic yogurt improves body mass index and fasting insulin levels without affecting serum leptin and adiponectin levels in non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD).* 2015. págs. 684-691. Vol. 18.
- Olivos-Lugo, B L, Valdivia-López, M Á y Tecante, A. 2010.** *Thermal and Physicochemical Properties and Nutritional Value of the Protein Fraction of Mexican Chia Seed (Salvia hispanica L.).* 2010. págs. 89-96. Vol. 16.
- Pang, Zhihua, y otros. 2019.** *Physicochemical properties of modified starch under yogurt manufacturing conditions and its relation to the properties of yogurt.* 2019. págs. 11-17. Vol. 245.
- Puelles, C. 2015.** *Efecto de la adición de hidrolizado de tilapia sobre las características fisicoquímicas del yogurt batido base e influencia de mermelada de kiwi sobre la aceptabilidad general del yogurt batido.* Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo : s.n., 2015. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- Raina, C, y otros. Some characteristics of acetylated, crosslinked and dual modified Indian rice starches.** págs. 561-570. Vol. 223.
- Ramirez, Santiago C, y otros. 2010.** *Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from Pachyrhizus erosus L. Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties.* 2010. págs. 229-235. Vol. 101.
- Reyes-Caudillo, E, Tecante, A y Valdivia-López, M A. 2008.** *Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (Salvia hispanica L.) seeds.* 2008. págs. 656-663. Vol. 107.
- Rezaei, Rahil, y otros. 2015.** *Effect of resistant starch and aging conditions on the physicochemical properties of frozen soy yogurt.* 2015. págs. 8164-8171. Vol. 52.
- Rincón, A, y otros. 2007.** *Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (Artocarpus altilis).* 2007. pág. 287. Vol. 57.
- Robles, Nelly. 2016.** *Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en el contenido de vitamina c y capacidad antioxidante en zumo de oca (Oxalis Tuberosa).* Puno : s.n., 2016.
- Salazar, D y Sánchez, A. 2018.** *Efecto de la adición de harina de melloco (Ullucus Tuberosus) variedad amarillo (INIAP-Quillu) en las propiedades fisicoquímicas y reológicas*

del yogurt bajo en grasa. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Ambato : s.n., 2018. Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Tecnología de Alimentos.

Salwa, A, Hanan, A y Nesserien, N. 2010. *Physicochemical Properties of Starch Extracted from Different Sources and Their Application in Pudding and White Sauce*. 2010. págs. 173-182. Vol. 5.

Sánchez. 2018. *Efecto de la adición de harina de melloco (Ullucus Tuberosus) variedad amarillo (INIAP-Quillu) en las propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa*. Ambato : s.n., 2018.

Segura, Maira, y otros. 2014. *Whole and crushed nutlets of chia (Salvia hispanica) from Mexico as a source of functional gums*. 2014. págs. 701-709. Vol. 34.

Singh, Gurmeet y Muthukumarappan, Kasiviswanathan. 2008. *Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt*. 2008. págs. 1145-1152. Vol. 41.

Sivieri, Katia, y otros. 2017. Chapter 14 - Synbiotic Yogurts and the Elderly. [ed.] Nagendra P Shah. *Yogurt in Health and Disease Prevention*. s.l. : Academic Press, 2017.

Spoylek. 2019. *Characteristics of lactose-free frozen yogurt with κ -carrageenan and corn starch as stabilizers*. 2019. págs. 7838-7848. Vol. 102.

Thomassen, M A, y otros. 2009. *Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms*. 2009. págs. 2278-2284. Vol. 68.

Ullah, Rahman, y otros. 2015. *Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (Salvia hispanica L.): a review*. 2015. págs. 1750-1758. Vol. 53.

Vázquez Ovando, Alfredo, y otros. 2009. *Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (Salvia hispanica L.)*. 2009. págs. 168-173. Vol. 42.

Vlaic, Romina, y otros. 2015. *Influence of Pollen, Chia Seeds and Cranberries Influence of Pollen, Chia Seeds and Cranberries Characteristics of Yogurt*. 2015. págs. 141-142. Vol. 72.

Wang, Li. 2014. *Effect of cross-linked acetylated starch content on the structure and stability of set yoghurt*. 2014. págs. 576-582. Vol. 35.

Yumei, Jun y. 2019. *Effect of 2 types of resistant starches on the quality of yogurt*. 2019. págs. 3956-3964. Vol. 102.

Zavaleta y Zevallos. 2015. *Efecto de la adición de harina de bracteas de alcachofa (Cynara scolymus L.) y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de yogurt simbiótico batido*. Trujillo - Peru : s.n., 2015.

Zuo, J, y otros. 2008. *Effect of the extent of pasting on the dynamic rheological properties of acidified skim milk gels containing normal rice starch*. 2008. págs. 1567-1573. Vol. 22.

ANEXOS

ANEXO 1

Determinación de la densidad

$$\rho = \frac{P_{H2O}}{P_m} \times \rho_{H2O}$$

Dónde:

PH₂O: masa (g) de agua destilada

P_m: masa (g) de la muestra

ρ H₂O: densidad del agua

ANEXO 2

Determinación de sinéresis

$$\% \text{ sinéresis} = \frac{\text{Peso sobrenadante}}{\text{peso de muestra}}$$

ANEXO 3

Tabla 8. Superficie, producción y rendimiento de chíá de los principales países.

PAIS	Año 2011 y 2012		
	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (ton/ha)
Argentina	7.000	4.55	0.65
México	2.720	3.449	1.27
Bolivia	3.000	1.460	0.49
Perú	100	60	0.6

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

Tabla 9. Composición nutricional de la chía

Componente	Chía
Proteínas	20%
Humedad	5.20%
Carbohidratos g/100gr	17%
Fibra dietética	35%

Fuente: Elaboración propia (2019).

Tabla 10. Composición química de Oca

Componente	Oca
Humedad (g/100gr)	86.79
Proteínas (g/100gr)	0.77
Fibra cruda (gr/100gr)	0.78
Carbohidratos (gr/100gr)	10.41
Cenizas (g/100gr)	0.78
Hierro (mg/100gr)	12.53
Calcio (mg/100gr)	17.18
Vitamina a (ui/100gr)	0.99
Vitamina c (mg/100gr)	39.68

Fuente: Elaboración propia (2019).

ANEXO 4

Cuadro 01. Posibles defectos y soluciones en la elaboración del yogurt batido.

Defectos	Posibles causas	Soluciones
Desuerado (sinéresis)	Bajo contenido de sólidos totales.	Elevar sólidos totales hasta 5%
	Deficiente pasteurización.	Ajustar parámetros del proceso.
	Incubación a temperatura alta.	
	Dstrucción del coagulo durante la incubación y/o antes de lograr un enfriamiento adecuado.	Ajustar parámetros del batido.
	Elevada acidez	
Verificar temperatura de incubación.		
Verificar cantidad de fermento adicionado.		
Textura granulosa	Precipitación de fosfato de calcio y desnaturalización de la albumina.	Ajustar temperaturas y tiempos de pasteurización.
		Realizar el batido a temperatura recomendada.
		Utilizar un cultivo que de mayor consistencia.
Elevada acidez	-Tiempo de enfriamiento largo. - Demasiada adición de cultivo. -Temperatura de almacenamiento alta. -Tipo de fermento no adecuado.	-Ajustes tiempos y temperaturas. -Bajar temperatura de almacenaje. -Reducir el porcentaje de cultivo
Baja viscosidad	-Bajo contenido de sólidos totales. -Pasteurización deficiente. -Batido demasiado vigoroso. -Batido a muy baja temperatura.	-Incrementar los sólidos de leche hasta lo recomendado -Ajustar las condiciones de proceso -Realizar el batido más cuidadosamente. -Elevar temperatura de batido.

Fuente: Elaboración propia (2019).

ANEXO 5

Tabla 11. Clasificación taxonómica de la oca.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino:	Especie
División:	Plantae
Clase:	Magnoliophyta
Orden:	Mgnoliopsida
Familia:	Geraniales
Género:	Oxalidácea
Nombre binomial:	Oxalis tuberosa

Fuente: Elaboración propia (2019).

Tabla 12. Comparación de la composición química de Oca

Componente	Oca	Arracacha
Humedad (g/100gr)	86.79	77.89
Proteínas (g/100gr)	0.77	0.75
Fibra cruda (gr/100gr)	0.78	0.66
Carbohidratos (gr/100gr)	10.41	19.53
Cenizas (g/100gr)	0.78	0.80
Hierro (mg/100gr)	12.53	7.52
Calcio (mg/100gr)	17.18	51.11
Vitamina a (ui/100gr)	0.99	1.41
Vitamina c (mg/100gr)	39.68	18.01

Fuente: Elaboración propia (2019).

ANEXO 6

Tabla 13. Registro de datos del contenido del análisis de reología.

Tratamiento	Reología			
	σ (Pa)	k (Pa.sec)	η	R2
T1	0,098	0,039	0,998	0,964
	0,113	0,044	0,978	0,996
	0,120	0,048	0,983	0,981
T2	36,440	20,310	0,674	0,989
	31,620	16,300	0,717	0,968
	44,350	17,740	0,709	0,994
T3	0,387	3,110	0,548	0,979
	0,591	2,725	0,558	0,981
	0,565	2,783	0,657	0,982

		12,720	12,830	0,606	0,959
	T4	17,260	13,570	0,616	0,970
		16,920	14,880	0,610	0,934
		0,932	2,765	0,699	0,983
	T5	0,935	1,243	0,724	0,993
		0,887	1,273	0,736	0,993
		1,938	1,953	0,577	0,987
	T6	1,925	1,830	0,577	0,984
		1,903	2,021	0,557	0,985

Tabla 14. Resumen estadístico Anova de las propiedades reológicas, texturales y físicas.

Prueba	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Firmeza	Entre grupos	714.679	5	142.936	56.5	0.0000
	Intra grupos	121.434	48	2.52988		
	Total (Corr.)	836.113	53			
Consistencia	Entre grupos	460505	5	92101	164.83	0.0000
	Intra grupos	26820.4	48	558.758		
	Total (Corr.)	487325	53			
Cohesividad	Entre grupos	234.633	5	46.9265	141.73	0.0000
	Intra grupos	15.8932	48	0.331109		
	Total (Corr.)	250.526	53			
Índice de viscosidad	Entre grupos	17566.2	5	3513.24	158.98	0.0000
	Intra grupos	1060.71	48	22.0981		
	Total (Corr.)	18626.9	53			
Densidad	Entre grupos	0.00015339	5	3.0677E-05	173.84	0.0000
	Intra grupos	2.1176E-06	12	1.76E-07		

	Total (Corr.)	0.0001555	17			
	Entre grupos	78.9431	5	15.7886		
Sinéresis	Intra grupos	2.36367	12		80.16	0.0000
	Total (Corr.)	81.3067	17	0.196973		
	Entre grupos	3369.99	5	673.998		
σ	Intra grupos	95.6571	12		84.55	0.0000
	Total (Corr.)	3465.65	17	7.97143		
	Entre grupos	857.281	5	171.456		
k	Intra grupos	12.0277	12		171.06	0.0000
	Total (Corr.)	869.309	17	1.00231		
	Entre grupos	0.358787	5	0.0717574		
η	Intra grupos	0.00963445	12		89.38	0.0000
	Total (Corr.)	0.368421	17	0.00080287		

ANEXO 7

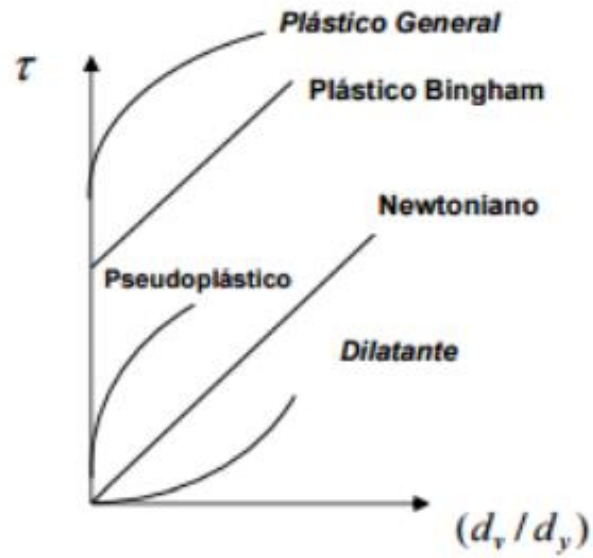


Figura 4. Esfuerzo de corte frente a velocidad de corte para fluidos newtonianos y no newtonianos independientes del tiempo.

ANEXO 8



Figura 5. Pasteurización de la leche y control de temperatura

ANEXO 9



Figura 6. Texturómetro TA. HD PLUS.

ANEXO 10



Figura 7. Reómetro Thermo científico modelo Haake Mars

ANEXO 11



Figura 8. Almidón modificado de oca (*Oxalis Tuberosa*) por acetilación.

ANEXO 12



Figura 9. Muestras de la adición de chía y almidón modificado de oca para los diferentes tratamientos.

ANEXO 13



Figura 10. Medición de grados Brix en la muestra de leche fresca.

ANEXO 14

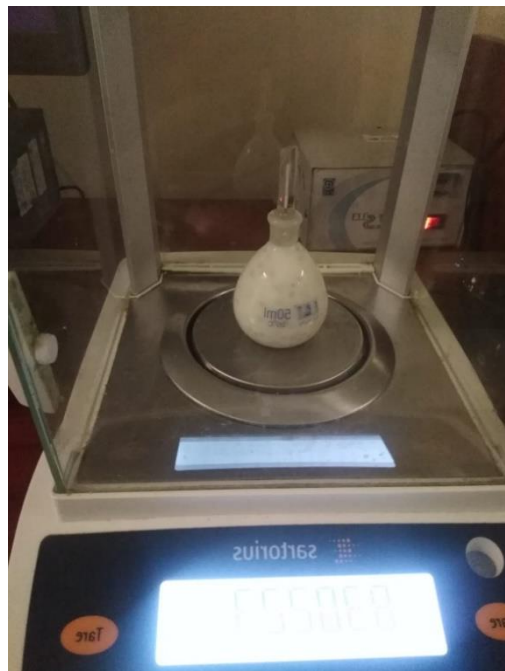


Figura 11. Muestra de yogurt para el análisis de la densidad.

ANEXO 15

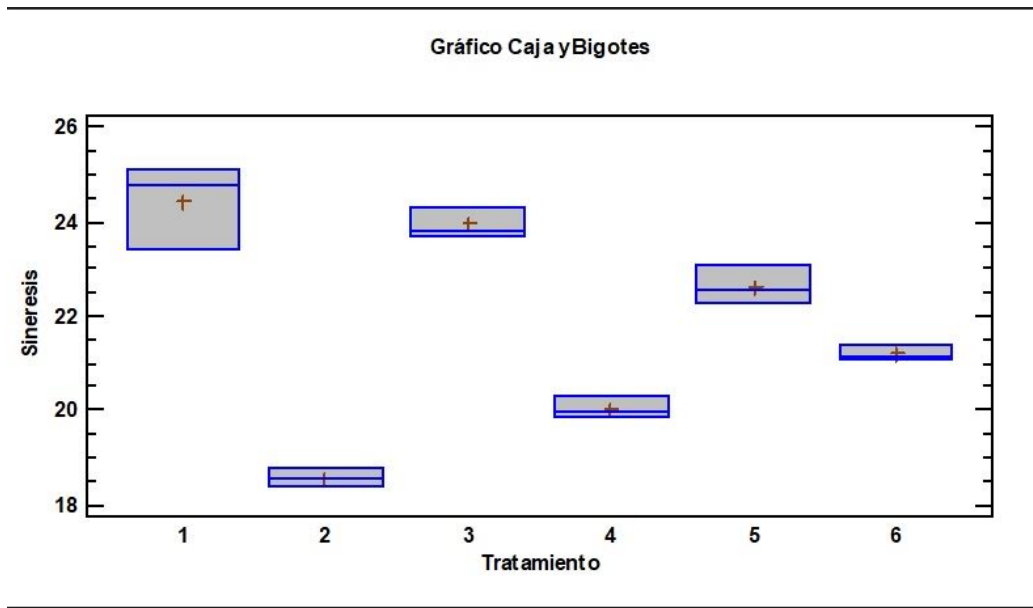


Figura 12. Grafico caja y bigotes de sinéresis en los diferentes tratamientos.

ANEXO 16

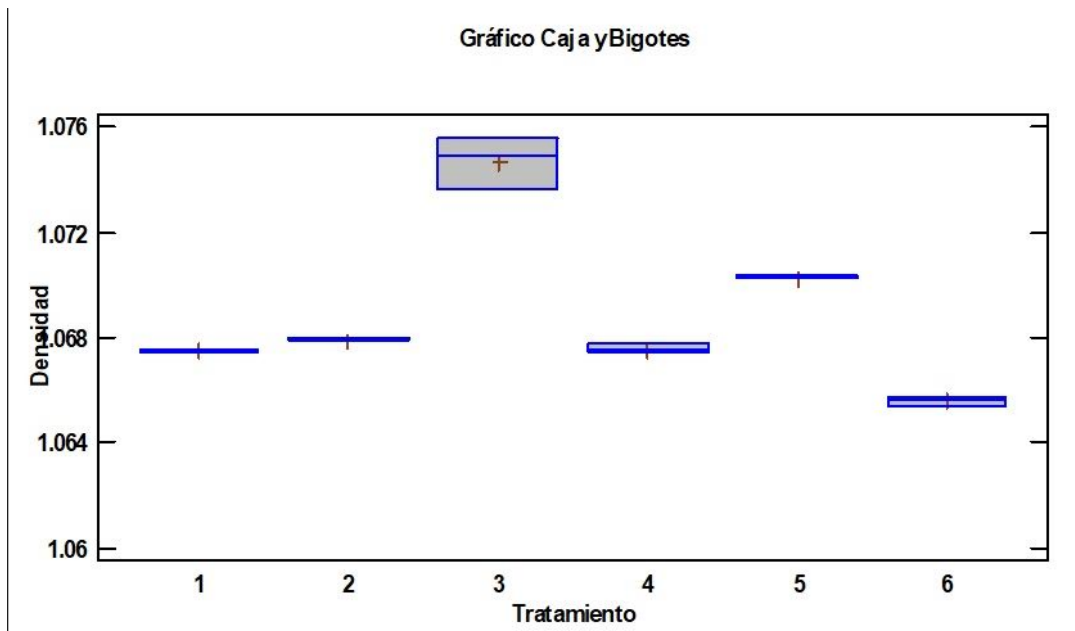


Figura 13. Grafico caja y bigotes de la densidad en los diferentes tratamientos.

ANEXO 17

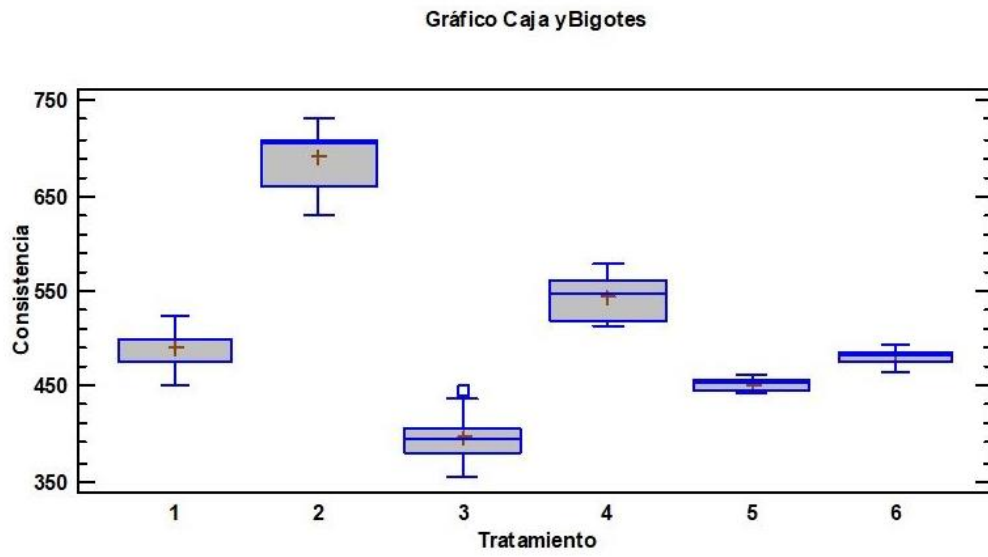


Figura 14. Grafico caja y bigotes de la consistencia en los diferentes tratamientos.

ANEXO 18

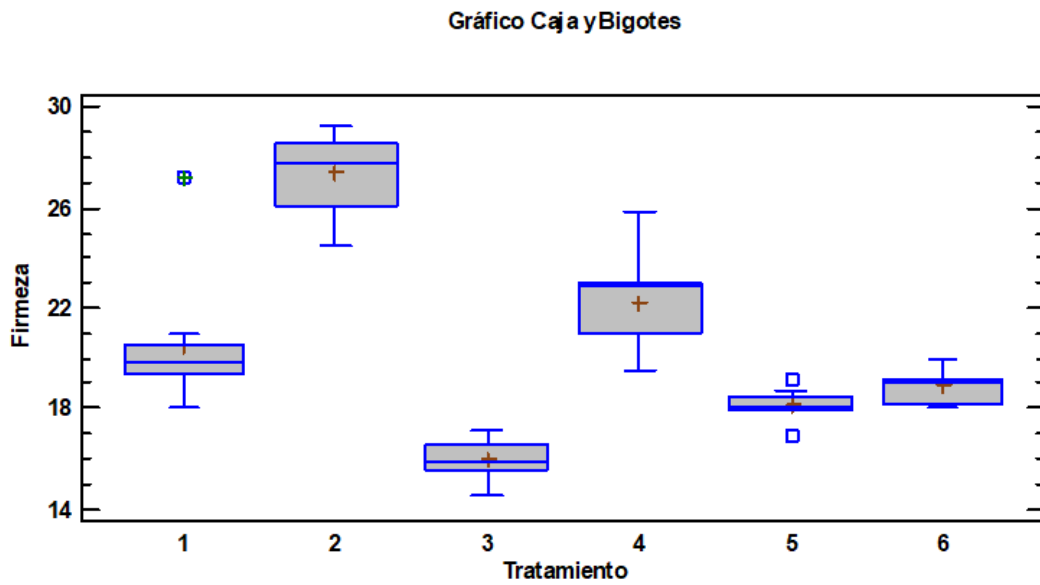


Figura 15. Grafico caja y bigotes de la firmeza en los diferentes tratamientos.