



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Informe final de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tema:

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS APLICADAS EN EL YOGUR

Autor:

Rosa Elena Mendoza Mendoza

Tutor:

M.Sc. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

Riobamba - Ecuador

2021

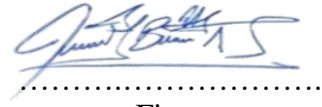
REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de Graduación de Investigación de Título, “PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS APLICADAS EN EL YOGUR”, Presentado por Mendoza Mendoza Rosa Elena, dirigido por el M.Sc. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final de Investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

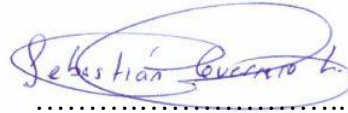
Para constancia de lo expuesto firman:

M.Sc. Darío Baño Ayala
Presidente del tribunal



Firma

M.Sc. Sebastián Guerrero Luzuriaga
Director del proyecto de Investigación



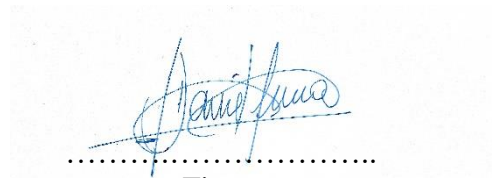
Firma

M.Sc. Patricio Carrillo Flor
Miembro del Tribunal



Firma

M.Sc. Daniel Luna Velasco
Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

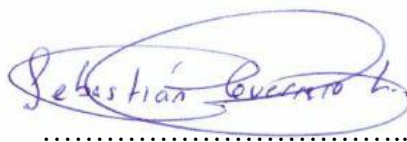
La responsabilidad del contenido del proyecto de Grado denominado “PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS APLICADAS EN EL YOGUR”, corresponde exclusivamente a Rosa Elena Mendoza Mendoza como autora y al M.Sc. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga director del proyecto, incluyendo todas las tablas figuras que se encuentren en este trabajo, excepto las que contienen su propia fuente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....
Rosa Elena Mendoza Mendoza

C.I: 0605317734

Autora del Proyecto



.....
M.Sc. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

C.I: 0603950577

Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, M.Sc. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga, en calidad de tutor de tesis, cuyo tema es: “PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS APLICADAS EN EL YOGUR”, certifico; que el informe final del trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la estudiante Rosa Elena Mendoza Mendoza, para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



.....

M.Sc. Sebastián Guerrero

0603950577

Director del Proyecto de Investigación

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación la dedico a Dios por bendecirme cada día de mi vida, por darme la fortaleza y sabiduría para alcanzar cada uno de los logros.

A mis padres Manuel y María por el sacrificio diario que realizaron para que pueda cumplir con este sueño, por ser los impulsores y motivadores constantes en mi vida, por haberme inculcado valores para a ser una persona de bien.

A mis hermanos Elizabeth, María, Raquel, Segundo y Elsa por sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis amigos que estuvieron durante esta etapa compartiendo su amistad, sus conocimientos, sus alegrías y tristezas sin esperar nada a cambio.

Rosa Elena Mendoza

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Chimborazo por la excelencia en la educación superior recibida durante los años de aprendizaje.

Agradezco a los docentes y compañeros del grupo de investigación PROANIN por el apoyo y el conocimiento brindado en el área de investigación. A la vez agradezco de una manera muy especial a mi tutor de tesis M.Sc. Sebastián Guerrero por brindarme sus conocimientos, amistad, por el apoyo y confianza siempre depositada en mí. Al M.Sc. Patricio Carrillo y M.Sc. Daniel Luna por la amistad y asesoría en este proyecto de investigación.

A todos los docentes de la carrera por los conocimientos brindados durante mi etapa universitaria.

A mi familia que siempre me apoyaron, que estuvieron presentes durante mi ciclo de aprendizaje y en la realización del proyecto y a todos mis amigos por los grandes momentos compartidos.

Rosa Elena Mendoza

ÍNDICE DE CONTENIDO

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	I
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.1. Problema y justificación	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo general.	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Los fluidos	4
2.1.1. Fluidos newtonianos.....	4
2.1.2. Fluidos no newtonianos.....	4
2.2. Leche fermentada	6
2.3. Yogur.....	6
2.3.1. Clasificación del yogur.....	7
2.4. Reología.....	7

2.5. Factores que afectan la reología del yogur	7
2.5.1. Etapas de procesamiento del yogur.	7
2.5.1.1. Estandarización.	8
2.5.1.2. Homogenización.	8
2.5.1.3. Tratamiento térmico (pasteurización).	8
2.5.1.4. Proceso de fermentación.	9
2.5.1.5. Enfriamiento.	9
2.5.1.6. Refrigeración.	9
2.5.2. Propiedades y características iniciales de la leche.	10
2.5.2.1. pH.	10
2.5.2.2. Ácido Láctico.	10
2.5.2.3. Densidad.	10
2.6. Viscosidad	10
2.7. Sinéresis.....	11
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo de investigación	12
3.2. Diseño de investigación:.....	12
3.3. Estrategia de análisis	13
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Resultados.....	14
4.2. Discusión	20
4.2.1. Efecto de las operaciones unitarias y sus factores en las propiedades reológicas del yogur.	20
4.2.1.1. Estandarización.	20
4.2.1.2. Homogenización	21

4.2.1.3. <i>Pasteurización y enfriamiento.</i>	21
4.2.1.4. <i>Fermentación.</i>	22
4.2.1.5. <i>Enfriamiento.</i>	24
4.2.1.6. <i>Batido o suavizado.</i>	24
4.2.1.7. <i>Refrigeración (almacenamiento).</i>	25
4.2.2. <i>Protocolo y condiciones para el análisis de la viscosidad aparente.</i>	25
4.2.2.1. <i>Selección del husillo.</i>	25
4.2.2.2. <i>Selección de la velocidad del rotor.</i>	26
4.2.2.3. <i>Condiciones de la muestra.</i>	26
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
5.1. <i>Conclusiones.</i>	27
5.2. <i>Recomendaciones</i>	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz en relación con las variables de búsqueda de información.....	15
Tabla 2. Factores que intervienen en las operaciones unitarias afectan la viscosidad del yogur batido durante su procesamiento.	17
Tabla 3. Factores y condiciones para el análisis de viscosidad aparente.	20
Tabla 4. Lista de verificación de PRISMA.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Expresión gráfica de la clasificación tradicional de los fluidos.....	5
Figura 2. Comportamiento del fluido tixotrópico con relación a la viscosidad y tiempo	6
Figura 3. Diagrama de flujo adaptado del método PRISMA	14
Figura 4. Operaciones unitarias que influyen en la viscosidad del yogur batido.....	19
Figura 5. Diagrama de flujo de PRISMA.....	35
Figura 6. Principales etapas de procesamiento en la fabricación de yogur natural y batido.....	36

RESUMEN

La viscosidad del yogur es un aspecto importante en la determinación de la calidad y la aceptación sensorial por parte del consumidor. Es importante conocer los mecanismos involucrados y el impacto de los parámetros de procesamiento en la viscosidad del yogur para mejorar la calidad del producto. El objetivo de esta revisión es determinar los principales factores que influyen en las características reológicas durante la elaboración del yogur batido, mediante una investigación sistemática de artículos científicos utilizando el método de PRISMA para la inclusión y exclusión de información. Para lo cual se analizaron las variables que intervienen durante la elaboración del yogur en etapas como la estandarización, pasteurización, inoculación, batido y almacenamiento que afectan a la viscosidad del yogur batido, estableciendo temperaturas, y tiempos para cada etapa y operación unitaria basados en la información proporcionada por las investigaciones consultadas. Además, se analizó las características de la muestra, el equipo utilizado y velocidades de corte, con el fin de establecer un método estandarizado en los protocolos para la determinación de las características y propiedades reológicas del yogur batido. El análisis realizado permite establecer que la viscosidad del yogur es influenciada especialmente por las características físico-químicas de la leche y procesos como la estandarización, pasteurización, incubación y batido durante la elaboración del yogur. Además, durante el análisis de la viscosidad las variables como tipo de viscosímetro, combinación de husillo, velocidad del rotor y las condiciones de la muestra afectan la precisión de la lectura y el valor actual de la viscosidad.

Palabras claves: elaboración del yogur, reología, yogur batido, viscosidad, fermentación.

ABSTRACT

Yogurt viscosity is an important aspect in quality and sensory acceptance by the consumer. It is important to understand the mechanisms involved in the processing and how these viscosity parameters improve the quality of the product. The aim of this review is to determine the main factors that influence the rheological characteristics during the processing of stirred yogurt. We reached our goal by of a systematic investigation of scientific articles using the PRISMA method for the inclusion and exclusion of information. The variables that intervene during the elaboration of yogurt in stages such as standardization, pasteurization, inoculation, stirring and storage that affect the viscosity of stirred yogurt were analyzed, establishing temperatures, times for each stage and unitary operation based on the information provided by previous research. The characteristics of the sample, the equipment used and cutting speed were analyzed in order of establish a standardized method in the protocols for the determination of the rheological characteristics and properties of stirred yogurt. The analysis enabled us to establish that the viscosity of yogurt is influenced especially by the physical-chemical characteristics of the milk and processes such as standardization, pasteurization, incubation and stirring during the preparation of yogurt. Viscosity analysis, variables such as viscometer type, spindle combination, rotor speed and sample conditions affect the accuracy of the reading and the actual viscosity value.

Keywords: yogurt production, rheology, stirred yogurt, viscosity, fermentation.

Reviewed by: MsC. Adriana Cundar, Ph.D.

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 1709268534

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las leches fermentadas se consumen por sus diferentes beneficios y propiedades organolépticas, siendo el yogur uno de los alimentos lácteos más consumidos (Pons et al., 2009). Uno de los atributos de calidad más importantes del yogur batido se relaciona con la viscosidad, que se genera de la ruptura del coágulo, considerándolo como un elemento importante en la aceptación por los consumidores. Son más problemas relacionados con alteraciones en las características físicas y sensoriales en el yogur que los originados normalmente por contaminación microbiana (Mendoza, 2015).

La reología estudia la deformación, elasticidad y viscosidad de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Uno de los criterios importantes en el desarrollo de productos alimenticios a nivel industrial son las características reológicas que posee el producto, los factores que intervienen durante el control de calidad, diseño de operaciones básicas, bombeo, mezclado, envasado, almacenamiento y estabilidad física (Ramírez, 2006).

Los aditivos son sustancias que no se consumen usualmente como alimento, ni se usa como ingrediente principal en alimentos, puede o no tener valor nutritivo (CODEX STAN 192, 2013). Los estabilizadores se usan durante la fabricación de algunos productos lácteos, añadidos intencionalmente con fines organolépticos y tecnológicos, en las etapas de fabricación con el objetivo de mejorar y mantener las características deseables relacionado a viscosidad, apariencia y sensación en la boca (Suriyaphan et al., 2001).

Durante su procesamiento el yogur puede presentar defectos en la viscosidad como la separación del suero llamado también sinéresis debido al cambio de la composición química de la leche, temperaturas de incubación muy elevadas, cultivos lácteos impropios para el yogur, inadecuadas temperaturas de enfriamiento e incorrecto manejo del gel (Castilla et al., 2017). El coágulo del yogur es sometido a tratamientos mecánicos durante su fabricación como el batido lo que hace que el producto sea menos viscoso y ocurra la sinéresis. Sin embargo, la adición de estabilizadores puede superar estos defectos (Zambrano, 2017).

Los estabilizadores también se denominan hidrocoloides y sus funciones son como agentes gelificantes y agentes estabilizantes (Bartolo, 2017). Los estabilizadores en el yogur

influyen en las funciones básicas como la unión del agua y en el aumento de la viscosidad (Yaseen et al., 2005).

La utilización de estabilizantes comerciales puede tener una gran influencia sobre las características del producto, más aún cuando se utiliza para ocultar los efectos del empleo de materias primas defectuosas, de prácticas y técnicas indeseables durante la ejecución de cualquier operación, engañando al consumidor (Codex Alimentarius, 2003).

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Problema y justificación

La industria láctea ecuatoriana procesa 5'467.420 litros diarios, según el Centro de Industria Láctea (2019) de los cuales el 37% está destinado para el autoconsumo, 10% mercado artesanal y el 53 % son destinados para la industria formal, los cuales son para la elaboración de productos lácteos, como; leche en funda 19% , quesos 37%, leche en cartón 16%, leche en polvo 9%, yogur 15%, otros 3%, lo que ha permitido que el país experimente un crecimiento anual en el consumo de leche y sus derivados.

La viscosidad al ser una propiedad física de gran importancia en etapas de control de calidad de ingredientes y producto terminado se ve determinado por varios factores como la composición base de la leche, el cultivo iniciador, el tratamiento térmico, la homogenización, los hidrocoloides añadidos, las condiciones de incubación, el pH al que se detiene la fermentación, el cizallamiento y enfriamiento (Mokoonlall et al., 2016).

En las industrias lácteas los problemas de viscosidad del yogur se pueden mejorar agregando exopolisacáridos o distintos estabilizantes como la gelatina, pectina, carreagenina entre otros. Sin embargo, su uso excesivo tiene un efecto negativo en las propiedades físicas y sensoriales del producto ya que estabilizan demasiado el gel, generando una estructura gomosa y sabores extraños alterando las características naturales del producto (Canchohuamán et al., 2010).

Debido a esta problemática el presente trabajo tiene como fin realizar una revisión bibliográfica de los factores que influyen en la viscosidad del yogur durante su elaboración,

debido a que este presenta un comportamiento de flujo complejo dependiente del esfuerzo cortante y del tiempo, por lo que es importante estudiar los mecanismos y las condiciones implicadas durante el proceso, manejo, desarrollo del producto y aspectos de control de calidad que provocan defectos en la viscosidad, debido a que en la literatura no existen parámetros estandarizados en cada una de las etapas durante la elaboración y las condiciones a las que se debe someter la muestra durante el análisis.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general.

- Identificar los factores de influencia sobre las características reológicas del yogur batido durante su procesamiento.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar los factores que influyen a la viscosidad del yogur batido en cada etapa durante la elaboración del producto.
- Proponer un método estandarizado en los protocolos para el análisis y determinación de la viscosidad del yogur batido.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Los fluidos

Un fluido es cualquier una sustancia que presenta una deformación al ser sometida a un esfuerzo cortante (Masoliver et al., 2017). La relación de proporcionalidad aplicada entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad que presentan las partículas del fluido se conoce como viscosidad (White, 2008).

2.1.1. Fluidos newtonianos.

Son aquellos fluidos que presentan un comportamiento complejo debido a la relación existente entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación (Martínez, 2015). Debido a esto, un fluido newtoniano puede definirse mediante un único valor de viscosidad para una determinada temperatura, denominada viscosidad aparente (Muller, 1978). La viscosidad de un fluido newtoniano no depende del tiempo en que se aplica el esfuerzo, pero puede depender de la temperatura y de la presión en la que se encuentre el fluido (Talens, 2016).

2.1.2. Fluidos no newtonianos.

Este fluido se caracteriza porque su viscosidad no es constante y varía en función del esfuerzo cortante aplicado y en ocasiones del tiempo de aplicación del esfuerzo y de la historia previa del producto (Díaz, 2018).

Los fluidos no newtonianos se pueden clasificar en fluidos independientes del tiempo que son aquellos en que el tiempo de acción mecánico aplicado sobre los mismos no afecta su viscosidad (Rozycki et al., 1995), siendo así los fluidos pseudoplásticos en los que la viscosidad aparente decrece conforme se incrementa el gradiente de velocidad, ya que las partículas en suspensión del fluido se deforman y reordenan en el sentido del flujo y las cadenas poliméricas se desenredan, originándose una menor resistencia al mismo (Sharma et al., 2003). Además, los fluidos pseudoplásticos son menos densos cuando se someten a altas velocidades de deformación que cuando se cortan lentamente (Díaz, 2018). Por ello la viscosidad aparente depende de la velocidad de deformación por corte o cizalladura (Muller 1978). En la figura 1, se muestran las

curvas que definen la naturaleza de los fluidos con relación al esfuerzo cortante (T) vs el gradiente de velocidad (White, 2008).

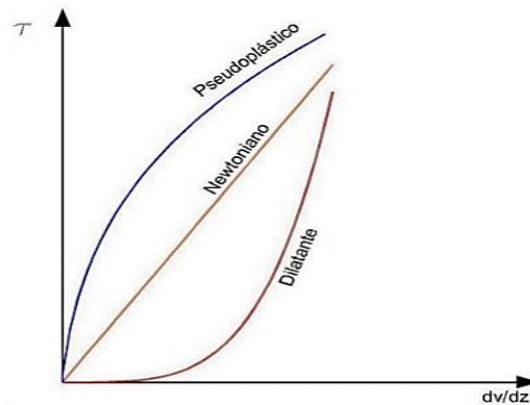


Figura 1. Expresión gráfica de la clasificación tradicional de los fluidos según su viscosidad (Guillem et al., 2017).

Y en fluidos dependientes del tiempo en el cual la viscosidad puede variar con el tiempo de aplicación de la cizalla o tratamiento mecánico. Esto explica la aparición o ruptura de nuevos enlaces o interacciones intermoleculares por la acción del esfuerzo de corte (Rozycki et al., 1995), siendo así el yogur un fluido tixotrópico en el cual la viscosidad aparente decrece no solo con el aumento del gradiente de velocidad, sino también con el tiempo de cizallamiento o acción mecánica, para un gradiente de velocidad constante (Sharma et al., 2003). Es decir que presenta un adelgazamiento por cizallamiento, su viscosidad cambia cuando el gradiente de velocidad varía (dependencia del tiempo y esfuerzo cortante), como se puede ilustrar en la figura 2, la cual nos demuestra que después de la deformación, los fluidos tixotrópicos recuperan parcialmente su forma original cuando se libera el esfuerzo al que fue sometido (Afonso et al., 2003).

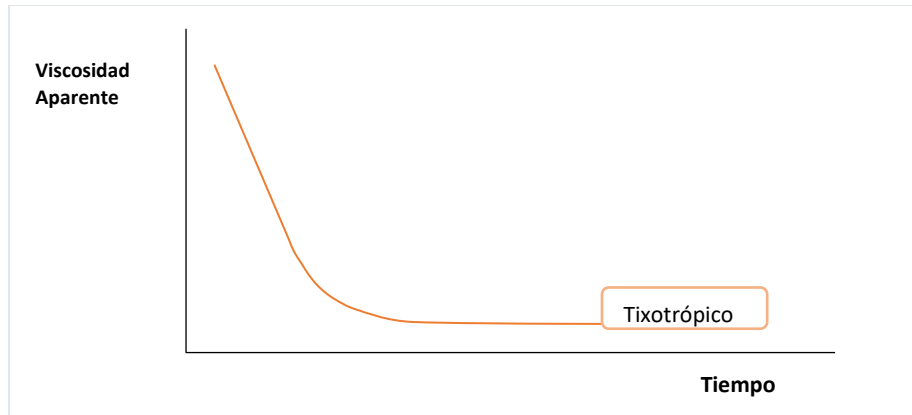


Figura 2. Comportamiento del fluido tixotrópico con relación a la viscosidad y tiempo (Adaptado de Darlington, 2018).

2.2. Leche fermentada

Se define a leche fermentada como un producto lácteo obtenido mediante el proceso de fermentación de la leche, el cual puede ser elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición, por medio de la acción de bacterias ácido-lácticas, generando una reducción del pH con o sin coagulación (Codex Alimentarius, 2003; Nigro et al., 2018) obteniendo productos con gran valor nutricional debido a su composición y a la adición de distintos ingredientes durante el proceso fermentativo (Rota et al., 2001).

2.3. Yogur

El yogur es un alimento probiótico de consistencia semisólida producto de la fermentación de la leche por las bacterias ácido-lácticas del género *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp.bulgaricus* que transforman los azúcares de la leche en ácido láctico y en compuestos carbonílicos, ácidos grasos volátiles, aminoácidos y alcoholes, como consecuencia de la reducción del pH, debido a esto las proteínas de la leche se coagulan y precipitan, generando un producto con sabor, aroma y textura característico (Mendoza, 2015).

2.3.1. Clasificación del yogur.

Las variedades de yogures que existe en el mercado dependen de su composición química, de acuerdo con los ingredientes y del método de producción que hace referencia a la estructura del gel (Veisseyre, 1988). Clasificándolo en:

- Estático o firme, la estructura del gel es desarrollada durante la fermentación en el propio recipiente, lo que determina un gel continuo semisólido.
- Batido, la estructura es formada durante la incubación a granel y desintegrada en los procesos posteriores para producir yogurt semi viscoso.
- Líquido, con muy baja viscosidad, extracto seco menor del 11%, es consumido usualmente como bebida refrescante (Tamime, 2008).

2.4. Reología

La reología es la ciencia que estudia la deformación, elasticidad y viscosidad de un producto sometido a esfuerzos externos (Ramírez ,2006). El material puede ser clasificado de acuerdo con su comportamiento ante el esfuerzo cortante y la deformación ya sea en sólidos, líquidos o visco elásticos (Canchohuamán et al., 2010). Las propiedades reológicas que posee un alimento son la base para el diseño y control de procesos durante la industrialización, en la innovación y desarrollo de nuevos productos y en el control de la calidad del producto (Carranza, 2004).

2.5. Factores que afectan la reología del yogur

Las propiedades reológicas del yogur dependen de muchos factores, como el tipo de cultivo iniciador, temperatura de incubación (Haque et al., 2001), composición de la leche, condiciones de procesamiento (Tratamiento térmico, homogenización) (Lucey, 2004) y tiempo de almacenamiento (Sodini et al., 2004).

2.5.1. Etapas de procesamiento del yogur.

El yogur se obtiene mediante el proceso de fermentación de la leche, por la acción de bacterias ácido lácticas (BAL), los cuales hacen que se genere un sabor característico (Mesa et

al., 2016). Es importante realizar el proceso de elaboración de yogur a tiempos y temperaturas adecuadas en cada etapa de fabricación y el empleo adecuado de microorganismos para lograr que el yogurt tenga las características deseables.

2.5.1.1. Estandarización.

Es el ajuste del contenido de sólidos no grasos en la leche, debido a que en los distintos tipos de yogur varía entre 0.1 a un 10 %, en las normas para yogur batido no se registran niveles mínimos de grasa, siendo este determinado por el discernimiento del productor (Haque 2001). Tamime (2008) menciona que el uso de estabilizadores como la pectina o la gelatina puede ayudar a proporcionar una consistencia más uniforme y evitar la separación del suero, sin embargo, la estabilización excesiva y la estabilización insuficiente, da como resultado un cuerpo de yogur elástico "gelatinoso".

2.5.1.2. Homogenización.

La velocidad de ascenso de los glóbulos de grasa a la superficie de la leche puede ser calculada mediante la Ley de Stokes. Según esta Ley, cuanto menor sea el glóbulo de grasa, menor será su velocidad de ascenso, o dicho de otra forma, más estable será la emulsión, por ello esta etapa es muy importante en la elaboración de yogures que contienen grasa, debido a que evita la separación de la grasa durante la fermentación y reduce la separación del suero (Lee et al., 2010), debido a que la leche se somete a un proceso físico que provoca una ruptura de los glóbulos grasos. Con este proceso también se consigue que el color de la leche sea más blanco, debido a que los glóbulos de grasa pequeños dispersan más la luz que los de mayor tamaño. Además, la leche homogeneizada tiene un sabor más agradable (Lurueña, 2011)

2.5.1.3. Tratamiento térmico (pasteurización).

Este proceso es una de las operaciones más importantes durante la elaboración de yogur, ya que influyen en gran medida en las propiedades físicas y microestructurales del yogur (Lucey et al., 1998). En este proceso no solo se eliminan microorganismos patógenos de la leche (Potter et al., 1995), sino que también se elimina oxígeno del entorno creando condiciones adecuadas para el desarrollo de las bacterias ácido-lácticas (*Lactobacillus bulgaricus*) (Early, 1998), además en este proceso se desnaturalizan las proteínas más termosensibles especialmente

las Inmunoglobulinas (Ig), seroalbúmina (BSA) y parcialmente la β -lactoglobulina (Miralles, 2004), obteniéndose los mejores resultados de consistencia en el yogur a una temperatura de pasteurización comprendida entre los 85 y 95°C. (Illescas, 2001).

2.5.1.4. Proceso de fermentación.

Esta etapa es importante, debido a que aquí se toma en cuenta las características del cultivo a utilizarse, el cual debe contener como microorganismos principales las especies termófilas de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, estas bacterias se desarrollan adecuadamente a temperaturas comprendidas entre 37-42°C y de 42-45°C correspondientemente.

Las bacterias de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* deben estar en una relación cuantitativa de 1:1 a 2:3, aproximadamente, esta relación se establece esencialmente en base a la cantidad inoculada, la temperatura de incubación y el tiempo de incubación. Durante la acidificación de la leche, el pH disminuye de 6.7 a ≤ 4.6 . La gelificación ocurre a un pH de 5.2 a 5.4 para la leche que recibió un tratamiento con calor alto (Tamime, 2009).

2.5.1.5. Enfriamiento.

Este proceso se lo realiza con la mayor brevedad posible para detener la acidificación del yogur (Illescas, 2001; Canchohuamán et al., 2010). El enfriamiento del yogurt mediante refrigeración es uno de los métodos más utilizados para controlar y detener la actividad metabólica de los cultivos iniciadores y sus enzimas. Para Tamime et al. (1991, citado en Canchohuamán et al., 2010) el enfriamiento del gel es rápidamente después de alcanzar una acidez óptima del producto, generalmente un pH de 4.6 aproximadamente o una concentración de ácido láctico del 0,9%, dependiendo del tipo de yogur.

2.5.1.6. Refrigeración.

El almacenamiento del yogur a temperaturas inferiores a 10°C, retardan las reacciones bioquímicas y biológicas (Tamime, 2009). Durante las primeras 24 y 48 horas de almacenamiento en refrigeración se observa una mejora en las características físicas del coágulo, como consecuencia de la hidratación y estabilización de las micelas de caseína principalmente,

lo que sería apropiado retrasar el reparto y distribución del producto durante este tiempo para evitar cambios en su estructura. (Tamime, 1991; Carranza, 2004).

2.5.2. Propiedades y características iniciales de la leche.

Las propiedades fisicoquímicas del yogur están basadas en las propiedades y características iniciales de la leche y los diferentes cambios que ocurren durante la fermentación y hasta su almacenamiento como producto terminado (Canchohuamán et al., 2010).

2.5.2.1. pH.

El valor del pH es una medida de acidez o alcalinidad de una sustancia. Los cambios en el pH de los alimentos no sólo afectan a la función enzimática, sino que también cambian las propiedades de carga de otras proteínas, afectando significativamente la estabilidad durante el almacenamiento de alimentos (Canchohuamán et al., 2010).

2.5.2.2. Ácido Láctico.

El aumento del valor de la acidez del yogur por la producción de ácido láctico debido a la degradación de la lactosa ocasiona la coagulación de la caseína (gel) por efecto de las bacterias lácticas (Fennema, 1993). La acidez del yogur oscila entre 0.8 – 1.8 % de ácido láctico. Para obtener un yogur de alta calidad y con porcentaje mínimo de sinéresis durante el almacenamiento hay que considerar tener un porcentaje de ácido láctico adecuado (Canchohuamán et al., 2010).

2.5.2.3. Densidad.

La densidad de un producto es el peso por unidad de volumen, esta propiedad puede variar dependiendo de los compuestos que contenga dicha sustancia, esto permite usar esta propiedad como un instrumento de calidad (Ramírez, 2006). La leche tiene una densidad relativa entre 1,029 y 1,032 g/cc a 15°C, la cual puede variar con la temperatura según la norma NTE INEN: 9.

2.6. Viscosidad

Es la propiedad del fluido en movimiento, que ofrece resistencia a las tensiones de cortadura, también se define como la relación entre el esfuerzo cortante aplicado y el gradiente de velocidad (Streeter, 1963). Esta propiedad está relacionada con el contenido de lactosa, grasa, estructura de la caseína y los tamaños del glóbulo de grasa en la leche. (López, 2003; Gaviño, 2019). En el yogur existe un amplio rango de valores de viscosidad, desde aproximadamente 200 a 700 mPa*s (Rena et al., 2009). La viscosidad puede estar influenciadas por variables que alteran sus propiedades tales como:

- **Presión:** La viscosidad de los fluidos aumenta exponencialmente con la presión, produciendo cambios en la viscosidad, sin embargo, el efecto de la presión se ignora durante el análisis al hacer mediciones con el viscosímetro (Muller, 1978).
- **Temperatura:** La temperatura tiene una gran influencia en las propiedades físicas de los alimentos, y en concreto en su viscosidad, la cual disminuye con la temperatura debido a que a altas temperaturas los líquidos son más fluidos mientras que a bajas temperaturas son más viscosos, esto debido a que la energía térmica hace más débil la fuerza de atracción entre las moléculas haciendo que las fuerzas viscosas sean superadas por la energía cinética, dando generando una disminución en la viscosidad (Ramírez-Navas, 2006).
- **Velocidad de deformación o cizalla:** Gran cantidad de fluidos, la mayoría de interés industrial, presentan variaciones en la viscosidad debido a la velocidad de cizalla aplicada (Ramírez, 2006).

2.7. Sinéresis

Es el principal defecto que afecta la calidad de los productos lácteos fermentados, es el desprendimiento del suero del producto (Illescas, 2001) que se observa como un líquido sobrenadante en la superficie, causando un rechazo por el consumidor. La causa de la sinéresis en los productos lácteos está asociada a la restructuración de la red del gel después de la deformación del gel, por la rápida acidificación, alta temperatura de incubación, excesivo tratamiento térmico, bajo contenido de sólidos en la leche y muy baja producción de ácido láctico (Lucey y Tamehana et al., 1998; Acevedo et al., 2010). Argai, (2003 como se citó en

Canchohuamán et al., 2010) alude que cualquier tratamiento que cambie la interrelación normal entre el agua y otros constituyentes alimenticios, alterará las características propias del alimento.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo investigativo está diseñado como una revisión bibliográfica sistemática, basado en la búsqueda y revisión de trabajos científicos relacionados a los factores y las características que influyen en la viscosidad del yogur durante todas las etapas de procesamiento y en los protocolos seguidos durante el análisis de viscosidad en las muestras de yogur.

3.2. Diseño de investigación:

En la indagación bibliográfica que aborde la problemática, se recurrió a la búsqueda de información en las principales bases de datos como Science Direct y en Google académico, para la cual se utilizó palabras claves en inglés tales como yogurt production, stirred yogurt, rheology of yogurt, viscosity and fermentation y en españolas palabras como elaboración del yogur, reología del yogur, yogur batido, viscosidad y fermentación. La búsqueda de información se realizó desde el 15 de junio de 2020 hasta el 20 de octubre de 2020.

Esta investigación se efectuó de acuerdo con la guía de publicación PRISMA por sus siglas en inglés (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses, 2009) que está diseñada para mejorar las revisiones sistemáticas, esta guía incluye estrategias de búsqueda desde la identificación de estudios hasta su selección final, basado en 27 puntos que conlleva un diagrama de flujo de 4 fases, identificación, selección, elección e inclusión.

Se incluyeron artículos científicos de acuerdo con filtros de selección tales como el año de publicación en un rango del año 2010 hasta el año 2020, artículos científicos de revisión que se enfoquen en la reología y las propiedades físicas y químicas del yogur batido, que traten sobre las características y propiedades reológicas del yogur batido, operaciones unitarias y su influencia en la viscosidad y que detallen el procedimiento del análisis de la viscosidad aparente.

De igual manera se incluyó aquellos artículos que estén publicados en revistas con factores de impacto y tesis con gran relevancia en el tema y no puedan ser excluidos.

3.3. Estrategia de análisis

Se realizó una matriz con la utilización del programa de hojas de cálculo en el cual se analizó las variables que contribuyen a la revisión sistemática de los artículos seleccionados a las propiedades y características reológicas del yogur batido, estas variables están relacionadas a los factores que afectan la viscosidad del yogur durante las etapas de procesamiento.

Las variables de análisis que se tomaron en cuenta para determinar los factores que afectan la viscosidad del yogur son la homogenización, estandarización para mejorar el contenido de sólidos totales de la leche, temperatura de pasteurización, tipo de cultivo, temperatura de inoculación, pH, enfriamiento, tiempo y velocidad de batido, temperatura de almacenamiento.

Además, se analizaron las variables como el equipo utilizado, eje rotacional, velocidad y tiempo de cizallamiento y temperatura de la muestra para proponer el método estandarizado en los protocolos para la identificación de las características y propiedades reológicas del yogur batido.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

La búsqueda bibliográfica se encuentra detallada en la figura 3, que es el diagrama adaptado del método PRISMA, en el que se describe el número de artículos en cada paso del procedimiento de selección.

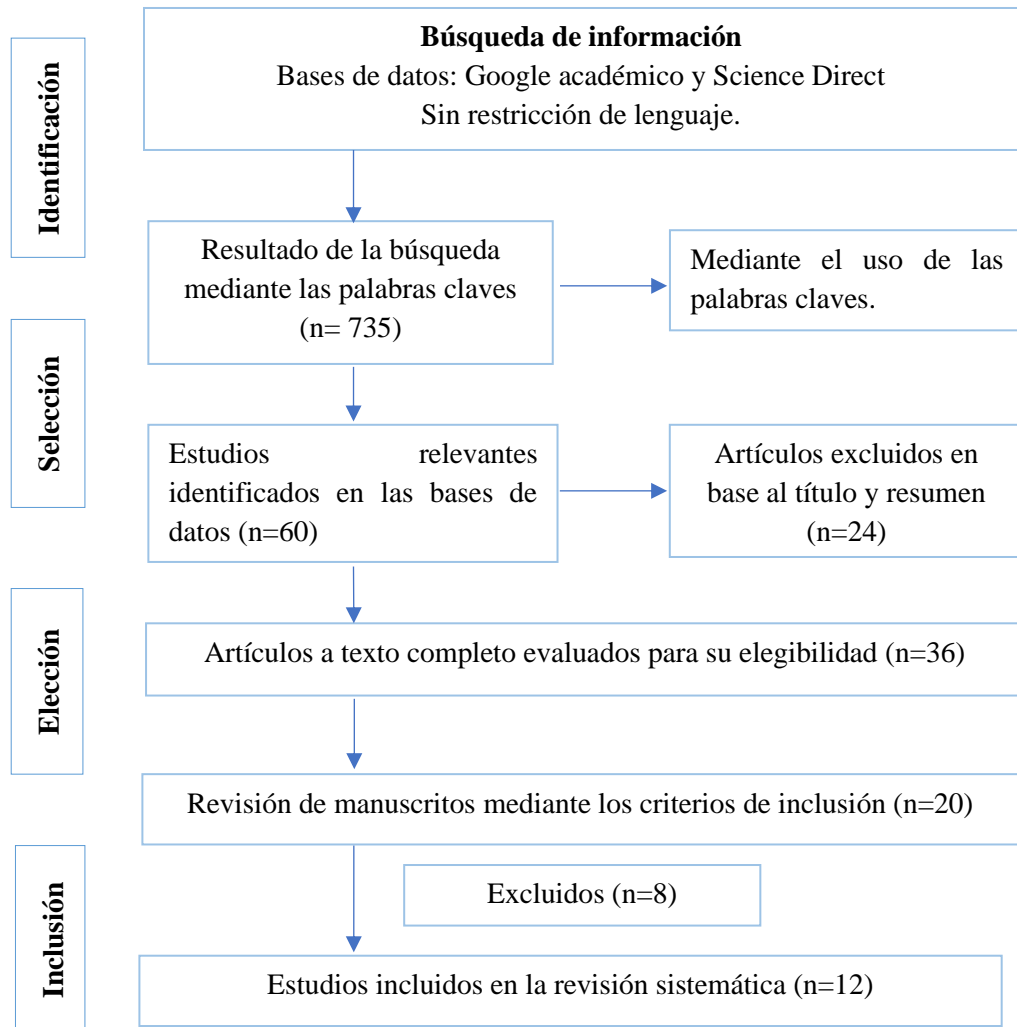


Figura 3. Diagrama de flujo adaptado del método PRISMA, (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses, donde n es el número de artículos en cada una de las etapas de este estudio.

Mediante la utilización de los buscadores Google académico y Science Direct y con la utilización de las palabras claves en la búsqueda bibliográfica se identificaron un total de 734 artículos, 675 estudios se descartaron. De los 60 artículos relevantes al seleccionarlo por el título y por el resumen se eliminaron 24 quedando un total de 36 artículos, tras aplicar los filtros de exclusión y leer sus contenidos solo se abordaron en esta investigación 12 artículos, como se puede observar en la figura 1. Estos artículos seleccionados corresponden a diferentes revistas científicas de gran impacto de los cuales sobresale el 25% corresponde a la revista *International Dairy Journal*, 17% a la revista *Journal of Dairy Science*, el 8% a *Food Technology and Biotechnology*, y el 50% restante pertenecen a otras revistas indexadas a las bases de datos, estos artículos se basan a estudios relacionados sobre los factores reológicos que influyen en las operaciones unitarias especialmente en la viscosidad del yogur batido. Además, el 83 % de los artículos son del idioma inglés y el 17% del idioma español, además estos artículos corresponden a un intervalo de tiempo desde el año 2006 al 2020 y el 100% de los estudios son de tipo artículo científico, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz, características de los estudios incluidos.

N°	Autores	Tema	Año	Idioma	Buscador	N. Revista	Tipo de información
1	Barretto et al.	Simultaneous effects of total solids content, milk base, heat treatment temperature and sample temperature on the rheological properties of plain stirred yogurt	2006	Inglés	Science Direct	<i>Food Technology and Biotechnology</i>	Artículo
2	Rojas et al.	Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra	2007	Español	Google académico	<i>Redalyc</i>	Artículo
3	Küçükçet in et al.	Graininess and roughness of stirred yoghurt as influenced by processing	2009	Inglés	Science Direct	<i>International Dairy Journal</i>	Artículo
4	Wu Sha et al.	Effects of incubation temperature, starter culture level and total solids content on the rheological properties of yogurt	2009	Inglés	Google académico	<i>International Journal of Food Engineering</i>	Artículo

5	Renan, M. et al.	Rheological properties of stirred yoghurt as affected by gel pH on stirring, storage temperature and pH changes after stirring	2009	Inglés	Science Direct	<i>International Dairy Journal</i>	Artículo
6	Lee et al.	Formation and physical properties of yogurt.,	2010	Inglés	Google académico	<i>Asian-Australasian Journal of Animal Sciences</i>	Artículo
7	Sánchez et al.	Effect of total solids concentration of whole milk and type of starter culture on the rheological characteristics of the type plain yogurt smoothie	2012	Español	Google académico	Agroindustrial Science	Artículo
8	Mokoonlall et al.	Post-processing of fermented milk to stirred products: Reviewing the effects on gel structure.	2016	Inglés	Science Direct	<i>Trends in Food Science & Technology</i>	Artículo
9	Basiri et al.	Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt	2018	Inglés	Science Direct	Carbohydrate Polymers	Artículo
10	Guénard L. et al.	Individual and sequential effects of stirring, smoothing, and cooling on the rheological properties of nonfat yogurts stirred with a technical scale unit.	2019	Inglés	Science Direct	<i>Journal of Dairy Science</i>	Artículo
11	Guénard L. et al.	Relationship between smoothing temperature, storage time, syneresis and rheological properties of stirred yogurt	2020	Inglés	Science Direct	<i>International Dairy Journal</i>	Artículo
12	Gilbert A. et al	Studying stirred yogurt microstructure using optical microscopy: How smoothing temperature and storage time affect microgel size related to syneresis	2020	Inglés	Science Direct	<i>Journal of Dairy Science</i>	Artículo

Elaborado por Mendoza R., 2020

A continuación, se detallan los factores analizados en los artículos seleccionados que afectan a la viscosidad del yogur batido en las durante su elaboración tales como el ajuste de sólidos no grasos en la leche (estandarización), homogenización, temperatura de pasteurización, fermentación y dentro de este proceso los parámetros importantes como el tipo de cultivo, temperatura de incubación y pH, además la temperatura de enfriamiento, batido y temperatura de refrigeración del yogur. Como se observa en la tabla 2 para el ajuste de sólidos no grasos en la leche el 86% de los autores utilizaron leche en polvo descremada y el 14% leche en polvo, por otro lado, para la homogenización el 29% de los autores realiza con esta etapa en dos fases la primera a 13.80 MPa y la segunda a 3.45 MPa, mientras que el 71% de los autores no registran datos, en el procesamiento de yogur batido la temperatura de pasteurización utilizada es mayor a 80 °C, además, se evidenció que el rango de temperatura para el proceso de incubación va de 35 – 45 °C, para el proceso de batido cada autor utiliza una metodología diferente en cuanto al equipo, tiempo y velocidad, ocasionando problemas para la comparación de protocolos.

Tabla 2. Factores que afectan la viscosidad del yogur batido durante su procesamiento.

Autor	Estandarización	Homogenización (Mpa)	Pasteurización (°C*min)	Fermentación			Batido (min*rpm*°C)	Refrigeración (°C)
				Tipo de cultivo	Incubación (°C)	pH		
Barrett et al (2006)	Leche descremada en polvo para alcanzar los sólidos totales (9.3; 12;16;20 y 22.7%)	-	81.6*3	<i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> y <i>S. thermophilus</i> .	42	4.3 ± 0.3	Manual movimiento ascendente y descendente por 3 min.	-
			85*3					
			90*3					
			95*3					
Küçüketin et al. (2009)	Leche desnatada en polvo, sólidos totales y proteínas totales de 11 y 4.3%.	-	95*5	<i>S. thermophilus</i> y <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> . <i>S. thermophilus</i> , <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium lactis</i> . <i>S. thermophilus</i> , <i>L.acidophilus</i> y <i>B. Lactis</i> .	37	4.4	Manual por 1 min.	4
			130*1.2		42			
					45			

Wu Sha., et al (2009)	Leche descremada en polvo (1% grasa, 34% proteína, 4% humedad, 52.5% lactosa.	-	95*5	<i>S. thermophilus</i> y <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> .	35 45	4.6	Manual por 0.2 min	4
Rena n, M., et al (2009)	La leche se reconstituyó a 140 g de materia seca por kg	-	90*10	<i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> y <i>S. thermophilus</i>	38	4.4 4.7 5.0	Procesador de alimentos 0.1*300*4	
Guén ard, et al (2019)	Leche descremada en polvo y concentrado de proteína de suero y lactosa 14% de sólidos totales, 0% de grasa y 4% de proteína.	En 2 etapas a 13.80 MPa y a 3.45 MPa	94.5*5	<i>S. thermophilus</i> y <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>)	41	4.7	Mezclador 6*30*20 10*30*38	4
Guén ard, et al (2020)	Leche descremada en polvo concentrado de proteína de suero 0% de grasa, 4% de proteína total y 14% de sólidos totales, rehidratados.	En 2 etapas a 13.80 y 3.45 MPa	94.5*5	<i>S. thermophilus</i> y <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>	40	4.7	Mezclador de cuchillas 10*30*10 10*30*15 10*30*20 10*30*30 10*30*35	4
Gilbert, A., et al (2020)	Leche descremada en polvo y lactosa, 14% sólidos totales, 4% proteína y caseína.	-	120*10	<i>S. thermophilus</i> y <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> .	41.0 ± 0.05	4.6 ± 0.0 5	-	-

Elaborado por Mendoza R., 2020

En la revisión de la literatura los factores de influencia sobre las características reológicas del yogur en cada etapa durante la elaboración del producto están relacionados a ajuste de los sólidos no grasos de la leche, homogenización, pasteurización, fermentación, batido y refrigeración del yogur, todas estas etapas influyen en la viscosidad final del producto si no se toma en cuenta las características de la leche, tiempos, temperaturas, concentraciones y velocidades correspondientes para cada operación unitaria por ello se estableció rangos adecuados mediante los datos proporcionados en investigaciones anteriores, para mejorar las características resistentes del fluido como se muestra en la figura 4.

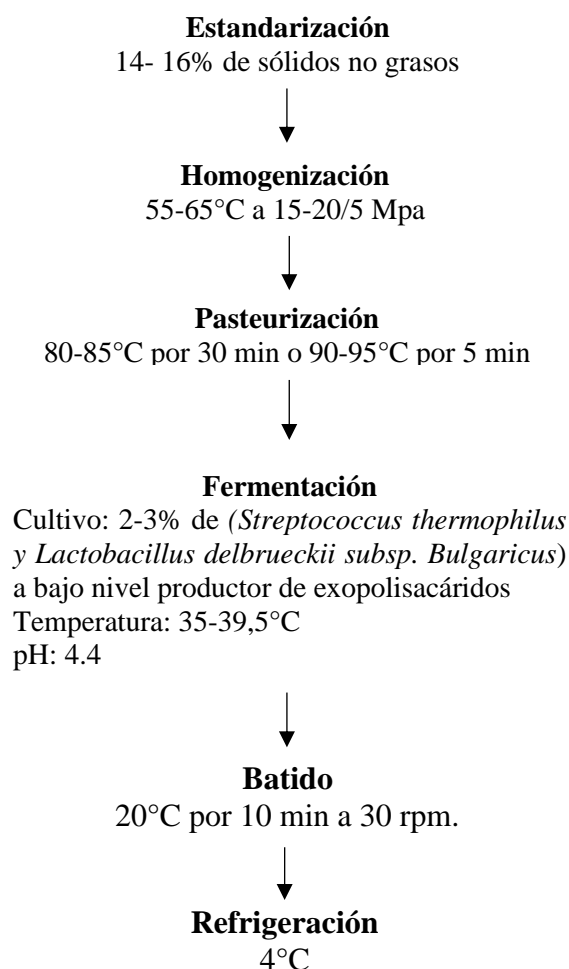


Figura 4. Operaciones unitarias que influyen en la viscosidad del yogur batido. (Adaptado de Lee et al., 2010).

En la tabla 3 se detallan las variables relacionadas con la viscosidad aparente de cada uno de los artículos tales como: equipo utilizado, temperatura de muestra, tiempo y velocidad de corte, que se toman en consideración al realizar el análisis de viscosidad en el yogur batido. De acuerdo con la literatura existen diferentes protocolos para analizar la viscosidad aparente del yogur batido, por lo que resulta complicado realizar un análisis exhaustivo entre los resultados presentados en los estudios seleccionados.

Tabla 3. Factores y condiciones para el análisis de viscosidad aparente.

Autor	Equipo	N de usillo	T° muestra (°C)	Tiempo (s)	Velocidad de rotación (rpm)	
Renan et al., (2009)	Viscosímetro VT550 termostatzado con un cono de acero		4, 12, 20	300	64	
Basiri et al., 2018	Viscosímetro Brookfield DVII rotativo.	CP51 (modelo LV).	4	90	40	
Sánchez et al., 2012	Viscosímetro rotacional Selecta ST-DIGIT-R	LCP	4	-	5, 10, 20, 30, 50, 60, 100 y 200	
Rojas et al., 2007	Viscosímetro Brookfield modelo 98936-10,	N° 4	5	-	5	
Guénard et al., (2019)	Reómetro MCR301	physical	Cilindro concéntrico	4	-	0 a 100
Gilbert et al., (2020)	Reómetro ARES-G2; TA instruments	Geometría de copa y veleta	42, 20	300	625	

Elaborado por Mendoza R., 2020

4.2. Discusión

4.2.1. Efecto de las operaciones unitarias y sus factores en las propiedades reológicas del yogur.

4.2.1.1. Estandarización.

Barreto et al., (2006) señalaron que en los yogures formulados para contener 10 y 12% de SNF (sólidos no grasos) la viscosidad no fue significativamente diferente; sin embargo, la viscosidad fue significativamente mayor para los yogures que contenían 14% de SNF. Según

Tamime, (2008) la viscosidad mejora cuando el contenido de sólidos totales de la leche aumenta de 12 a 16%. Por otra parte, Wu Sha et al., (2009) demostraron mayor viscosidad aparente cuando el contenido de sólidos totales fue superior al 15.5%, por lo que podría mejorar la viscosidad del yogur, aumentando de 14.72 Pa a 22.72 Pa cuando se incrementó el contenido total de sólidos de la base de la leche de 12.32% a 15.68%. Mientras que Tamime, (2009) incorporaron mayores cantidades de sólidos totales a la leche, mediante el enriquecimiento de contenido de sólidos lácteos no grasos para lograr un yogur más viscoso, firme y consistente.

El análisis de los datos obtenidos por los diferentes autores consultados permite establecer como parámetro de estandarización del contenido de sólidos de la leche bobina entre 14-16%, para alcanzar mayor viscosidad del yogur durante su producción.

4.2.1.2. Homogenización

Es un tratamiento mecánico que no modifican las propiedades de la leche, además es muy importante realizar esta etapa después de la estandarización sobre todo para los yogures que contienen grasa, debido a que permite que los glóbulos de grasa se rompan en glóbulos de grasa más pequeños para que la mezcla de los nutrientes de la leche sea más estable, además evita la separación de la grasa (formación de crema) durante la fermentación o el almacenamiento, reduce la separación del suero, aumenta la blancura y mejora la viscosidad de los yogures (Lee et al., 2010). Los autores utilizaron presiones en la homogenización de 10-20 Mpa en la primera etapa a temperatura de 55°C y de 5 MPa para la segunda etapa a temperatura de 65 °C logrando mejorar la viscosidad del yogur

4.2.1.3. Pasteurización y enfriamiento.

Barreto et al., (2006) observaron que la viscosidad aparente de la leche varía de 22–425 mPa, al ser sometida a tratamientos térmicos que oscilaron entre 81.6 a 98.4°C, demostrando que la viscosidad aparente y la firmeza de la cuajada estaban altamente correlacionadas con la desnaturalización de las proteínas de suero. Sin embargo, Küçükçetin et al., (2009) identificaron que el valor del estrés de rendimiento del yogur obtenido de la leche calentada a 95°C durante 5 minutos fue un 37% mayor que el obtenido de la leche calentada a 130°C durante 80s. Según Mottar et al, (1989), a una carga de calor más elevada (130°C) la precipitación de a-lactoalbúmina

en una micela da lugar a una reducción hidrofobia superficial y a una superficie micelar más lisa. La pasteurización es una variable de procesamiento importante debido a su influencia sobre las propiedades físicas y estructurales del yogur, durante esta etapa se elimina la mayor cantidad de oxígeno disuelto, lo que ayuda al crecimiento del cultivo iniciador. Además, las temperaturas entre los 80-85°C por 30 min o 90-95°C por 5 min promueven modificaciones importantes en las proteínas de la leche (caseína y seroproteínas), (Lee et al., 2010). Por lo tanto, los autores consultados concuerdan que la desnaturalización parcial de las proteínas del suero tiene una importancia vital en la estabilidad del gel del yogur.

4.2.1.4. Fermentación.

Barreto et al., (2006) evidenciaron un aumento de viscosidad en el yogur a una temperatura de incubación entre 35-39.5°C. Por otro lado, Küçükçetin et al., (2009) observaron que existe una relación entre el estrés de rendimiento y la temperatura de incubación a 37°C. Sodini et al., (2004), observaron el mismo comportamiento a una temperatura entre que a 42 - 45°C.

Por otra parte, Wu Sha et al., (2009) mencionan que la temperatura de incubación afecta a la viscosidad aparente, obteniendo mayores valores de viscosidad a una temperatura de incubación más baja. Debido a que a una temperatura más baja provoca una gelificación lenta, es decir las partículas de caseína tendrían mayor volumen y probablemente serían más deformables que a altas temperaturas de incubación, lo que permitía que las partículas se acumulen con un mayor número de enlaces proteína-proteína entre dos partículas diferentes. Lee et al., (2010) demostraron que al utilizar temperaturas menores de incubación (40°C) y mayor proporción de cultivo iniciador (3-4 %) reduce la sinéresis sobre la superficie del gel.

Lee et al., (2010) nos mencionan que las temperaturas entre los 40-45°C son óptimas para el crecimiento y desarrollo de las bacterias termofílicas (*Streptococcus subsp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*) convirtiendo la lactosa en ácido láctico, lo que reduce el pH de la leche. Demostrando así que la temperatura en esta etapa es muy importante debido a que en este proceso se determinará la estabilidad y componentes del gel.

Dentro de la etapa de fermentación existen factores a tomar en consideración como el tipo de cultivo y el pH. Los artículos analizados referente al tipo de cultivo nos mencionan que

Küçükçetin et al., (2009) obtuvieron valores del módulo de almacenamiento (G) del yogur que evidenciaron un aumento de aproximadamente 40% en el yogur elaborado con un cultivo inicial de bajo nivel productor de exopolisacáridos, en lugar de un cultivo de alto y medio nivel productor de exopolisacárido demostrando que existe una relación directa entre el número de moléculas que participan en la red tridimensional y la fuerza del gel, especulándose que los cultivos iniciadores productores de exopolisacáridos interfieren con el número y la fuerza de los enlaces entre las partículas de caseína. Simultáneamente, Küçükçetin et al., (2009) obtuvieron los mismos resultados en la reducción del valor del estrés en el rendimiento con el cultivo inicial de alto nivel productor de exopolisacáridos. Wu Sha et al., (2009) también demostraron que al utilizarse un cultivo iniciador de alto nivel la viscosidad aparente del yogur era baja. Mientras que Lee et al., (2010) recomiendan la utilización de un 2-3% de cultivo iniciador de (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*), estos cultivos son de bajo nivel productor de exopolisacáridos y no intervienen en la reducción del número de moléculas que generan una red tridimensional más fuerte en el gel, mejorando la viscosidad del yogur.

Otro factor importante es el pH en el cual Küçükçetin et al., (2009) indicaron que el pH al final del período de incubación fue similar para los diferentes yogures, con un promedio de pH de 4.4, independientemente del tratamiento aplicado. Los valores de pH disminuyeron significativamente en cada una de las muestras de yogur después de haber sido almacenados a 4°C durante 15 días. Renan, et al., (2009) observaron que la viscosidad del yogur batido a pH 4,4 es mayor que la del yogur a pH 4.8 (Martin, et al., 1998). Esto sugiere que variar el pH es una forma eficiente de modificar las propiedades reológicas de los geles. Los resultados presentados confirman que los geles agitados a pH 4.4 que surgieron de los geles fijos con los valores G (módulo elástico) más altos desarrollaron el mayor aumento de viscosidad y módulo elástico después de ser agitados. Lee et al., (2010) recomienda un pH < 5 debido a que el punto isoeléctrico de la caseína (pH 4.6) conduce a una disminución de la repulsión electrostática entre las moléculas de caseína. Además, las atracciones de caseína-caseína aumentan debido al aumento de las interacciones de carga hidrofóbica. El pH en esta etapa es importante ya que el proceso de acidificación define la formación de una red tridimensional, lo que genera un aumento en la viscosidad después del batido.

4.2.1.5. Enfriamiento.

Guénard, et al., (2019) menciona que el enfriamiento tiene como objetivo reducir la post acidificación del cultivo iniciador y mejorar las propiedades de textura del yogur (Lucey, 2004). La sinéresis fue menor para el yogur enfriado con intercambiador de calor de placa. No obstante, el tipo de sistema de enfriamiento (intercambiador de placas o tubular) utilizado no afectó los valores de viscosidad, sin embargo, la viscosidad aparente fue mayor en las muestras enfriadas a 20°C que a 38°C. Esta etapa es muy crítica en la producción de yogur debido a que se reduce la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas para evitar una mayor acidez en el producto.

4.2.1.6. Batido o suavizado.

El batido genera un alto estrés mecánico que se traduce en la pérdida de la estructura del gel, lo que modifica las propiedades reológicas del yogur (Zhang et al., 2016). Guénard et al., (2019) señalaron que el batido a una temperatura de 20°C a 30 rpm por 10 minutos mostró un efecto mayor sobre los valores de viscosidad, sin embargo, obtuvo los valores de sinéresis más bajos para el yogur batido a 10°C, mientras que temperaturas de batido de 10 a 30°C aumentaron los valores de viscosidad. Una observación similar describió Mokoonlall et al., (2016) cuando se batió el yogur a una temperatura de 20°C. La viscosidad podría aumentar al enfriar el gel antes del batido y esto puede conducir a una mayor ruptura de la red de proteínas. Gilbert et al., (2020) obtuvieron los mismos resultados al batir el yogur con un reómetro a 42°C dando un valor de sinéresis más alto que el yogur batido a 20°C. Diversos autores coinciden en que el batido a 20°C es ideal para obtener yogur de alta calidad, que se supone que incluye valores de sinéresis más bajos (Robinson et al., 2007), debido a que si se suaviza el yogur a una temperatura cercana a la temperatura de incubación dañaría la estructura de la red de proteínas haciéndola más frágil (Lucey, 2004).

Por otra parte, el tamaño del microgel influye en la viscosidad del yogur si el cizallamiento es intenso (Mokoonlall et al., 2016), debido a que la formación de pequeños microgeles produce un yogur agitado con baja viscosidad (Mokoonlall et al., 2016) por un mayor colapso estructural (Abu-Jdayil et al., 2013). El proceso de batido modifica la estructura coloidal del gel liberando suero y la ruptura a frío permite que las micelas de caseína reabsorban el suero evitando la sinéresis por ello se recomienda realizarlo a una velocidad de 30rpm durante 10 minutos a una temperatura de 20°C para el proceso del batido del yogur.

4.2.1.7. Refrigeración (almacenamiento).

En el estudio realizado por Guénard et al., (2020) demostraron que a medida que hasta el día 13 de almacenamiento la post acidificación aumentaba originando la disminución del pH de 4.5 a 4.3, también aumentó la viscosidad, la firmeza y el tiempo de flujo. Serra et al., (2009) también observaron aumentos en las propiedades reológicas durante el almacenamiento y se relacionaron con la post acidificación (valor de pH no especificado). Durante el almacenamiento, la resistencia al flujo y la sinéresis se mantuvieron relativamente estables y no fueron muy sensibles al tiempo de almacenamiento en comparación con las otras propiedades.

A temperaturas de almacenamiento inferiores a 10°C se retardan las reacciones bioquímicas y biológicas que son resultado de la actividad metabólica de los cultivos del yogur, al reducir la temperatura de almacenamiento a 4°C se reduce al mínimo las reacciones, permitiendo conservar la calidad del producto después de su fabricación. En las primeras 24-48 horas de almacenamiento en refrigeración se puede observar que las características físicas del gel mejoran (Tamime, 2008). Razones, por los que se considera una temperatura menor para su almacenamiento del yogur.

4.2.2. Protocolo y condiciones para el análisis de la viscosidad aparente.

Wu Sha et al., (2020) nos menciona que el reómetro es una herramienta excelente y conveniente en el estudio a profundidad de la estructura del gel en productos viscosos. El uso ya sea del viscosímetro y/o reómetro dependerá del tipo de análisis y la complejidad que se desee llevar. (InfoAgro, 2015)

Los viscosímetros rotacionales, como el viscosímetro Brookfield, se utilizan a menudo para caracterizar el comportamiento de flujo de los yogures batidos. Sin embargo, al analizar la viscosidad se tienen varios inconvenientes dado que los yogures batidos exhiben un comportamiento no newtoniano que depende de la velocidad de cizallamiento (Lee et al., 2010).

4.2.2.1. Selección del husillo.

El husillo que se va a utilizar dependerá del modelo del viscosímetro (L, R o H versiones más utilizadas). Para el análisis en los alimentos se recomienda seguir el principio general de

medida en el cual se debe seleccionar el husillo de menor tamaño para muestras con alta viscosidad y un husillo de mayor tamaño para muestras de baja viscosidad. (J.P. SELECTA, 2019)

4.2.2.2. Selección de la velocidad del rotor.

Debido a que no existe un procedimiento de trabajo descrito para la elección de la velocidad del husillo se selecciona empíricamente como lectura constante después de un periodo de cizallamiento (Lee et al., 2010), otra forma es tomar la velocidad de rotación en base al porcentaje de medida de arranque situado entre 20 y 90% el valor normal. Si el porcentaje no se encuentra en este rango, el viscosímetro avisará de ello recordando que es necesario cambiar la velocidad y de husillo. (InfoAgro, 2015)

Se recomienda para fluidos no viscosos usar un husillo de mayor tamaño y seleccionar una mayor velocidad de rotación y para fluidos con alta viscosidad se debe seleccionar un husillo de menor tamaño y una velocidad de rotación menor (J.P. SELECTA, 2019). Sin embargo, al ser el yogur un fluido no newtoniano el valor de la viscosidad cambia cuando se modifica la velocidad de rotación. Basiri et al., (2018) notaron este cambio en la viscosidad durante el tiempo de cizallamiento en diferentes tratamientos al aumentar la velocidad y el tiempo de rotación del rotor (spindle) en el viscosímetro, la viscosidad de las muestras disminuyó durante el cizallamiento en todos los días de evaluación.

4.2.2.3. Condiciones de la muestra.

Con relación a la temperatura de la muestra Barreto et al., (2006) notaron que a temperaturas comprendidas entre (1,6–18,4 ° C) influyen en las propiedades reológicas del yogur, además que al aumentar la temperatura de las muestras disminuye el índice de consistencia y aumenta el índice de comportamiento del flujo.

Sin embargo, para Renan et al, (2009) y Guénard et al., (2019) al someter las muestras a análisis a una temperatura de 4°C (temperatura de refrigeración) no presentaron variaciones en la viscosidad, siendo así esta temperatura ideal al momento de analizar la muestra. Además, la muestra para ser analizada debe estar libre de burbujas y el líquido debe estar homogéneo, e decir que no debe existir partículas que puedan precipitarse o deformarse con del corte y descomponerse en partículas más pequeñas (J.P. SELECTA, 2019)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La viscosidad es un factor de calidad que juega un papel importante en la preferencia-aceptación del consumidor dentro del mercado de leches fermentadas, la cual es afectada al no tener presentes las condiciones implicadas en cada una de las etapas durante su procesamiento.
- Al manejar correctamente los factores que afectan la viscosidad del yogur durante su elaboración principalmente en las etapas de homogenización, estandarización, pasteurización, fermentación y batido se logra reducir la sinéresis y aumentar la viscosidad del producto.
- Para el análisis de la viscosidad existen diferentes métodos descritos en investigaciones previas, además las variables analizadas, las técnicas de preparación de la muestra y las características del fluido influyen de gran manera en la viscosidad del yogur lo que hace difícil estandarizar un método para su análisis.

5.2. Recomendaciones

- Plantear un método estandarizado para el análisis de la viscosidad que genere datos comparables entre distintas investigaciones debido a que en la literatura no se detallan con exactitud las características de la muestra, variables como la temperatura y rangos de velocidades del rotor al que se debe someter la muestra para que no afecte la viscosidad.
- Tener en cuenta durante la elaboración del yogur los parámetros que afectan la viscosidad en cada etapa de procesamiento como parámetro de calidad ya que usualmente la industria ecuatoriana hace empleo de los aditivos para corregir los errores de viscosidad, modificando sus características.
- Investigar de manera más práctica los factores que afectan la viscosidad del yogur puesto que las tendencias del mercado se alinean cada vez más a los alimentos naturales sin la utilización de aditivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Jdayil, B., Nasser, M. S., & Ghannam, M. (2013). Structure breakdown of stirred yoghurt in a circular pipe as affected by casein and fat content. *Food Science and Technology Research*, 19(2), 277-286.
- 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.
- Afonso, I. M., Hes, L., Maia, J. M., & Melo, L. F. (2003). Heat transfer and rheology of stirred yoghurt during cooling in plate heat exchangers. *Journal of Food Engineering*, 57(2), 179-187.
- Argaiz, A. (2003). Apuntes de fisicoquímica de alimentos. UDLA Puebla, México. Inéditos.
- Barreto, A., Converti, A. & Oliveira, M., (2006). Simultaneous Effects of Total Solids Content, Milk Base, Heat Treatment Temperature and Sample Temperature on the Rheological Properties of Plain Stirred Yogurt. *Food Technology and Biotechnology*, 44(4).
- Bartolo Rodríguez, L. M. (2017). Aplicación de hidrocoloides en la elaboración de yogurt.
- Basiri, S., Haidary, N., Shekarforoush, S. S., & Niakousari, M. (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *Carbohydrate Polymers*, 187, 59-65.
- Canchohuamán López, H., & Ladera Caso, J. N. (2010). Caracterización físicoquímica y sensorial del yogurt con adición de goma de tara (*caesalpinia spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones.
- Carranza, P. (2004). Evaluación de propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. *BIBLIOTECAS UDLAP*, 30-31.
- Castilla, C. A., & Muñoz, W. A. (2017). *Elaboración de un yogurt cuchareable fortificado con zumo de vegetales encapsulado y cáscara de piña pulverizada para población infantil* (Doctoral dissertation, Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá DC, Colombia).
- Centro de Industria Láctea. (2019). *Centro de Industria Láctea del Ecuador CIL- ECUADOR*.
- Codex Alimentarius. (2003). *Leches y productos lácteos. Fao*, 6.
- CODEX STAN 192. (2013). Norma general para los aditivos alimentarios. *Salud.org*. Obtenido de <http://docs.bvsalud.org/leisref/2018/03/290/alcohol-192-codex-unido.pdf>

- Darlington. (Octubre de 2018). *www.adareng.com*. Recuperado el 02 de Octubre de 2020, de <http://www.adareng.com/es/articulo/trasvase-de-fluidos-no-newtonianos/n-4>
- Díaz Ocampo R. (2018). Reología aplicada a sistemas alimentarios.
- Early, R. (Ed.). (1998). *Technology of dairy products*. Springer Science & Business Media.
- Fennema, R. (1993). Química de los alimentos. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza España. p38-47, 56-78
- Gaviño Honorio, R. M. (2019). Efecto de la adición de proteína de suero de leche concentrado y tiempo de almacenamiento sobre la acidez, viscosidad, sinéresis, recuento de bacterias lácticas y aceptabilidad general en el yogurt bebible.
- Gilbert, A., Rioux, L. E., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2020). Studying stirred yogurt microstructure using optical microscopy: How smoothing temperature and storage time affect microgel size related to syneresis. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2139-2152.
- Guénard-Lampron, V., Villeneuve, S., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2020). Relationship between smoothing temperature, storage time, syneresis and rheological properties of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, 104742.
- Guénard-Lampron, V., St-Gelais, D., Villeneuve, S., & Turgeon, S. L. (2019). Individual and sequential effects of stirring, smoothing, and cooling on the rheological properties of nonfat yogurts stirred with a technical scale unit. *Journal of dairy science*, 102(1), 190-201.
- Guillem, Marcos & Pérez-Sánchez, Modesto & López-Jiménez, P. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos: ajuste a expresiones matemáticas convencionales. *Modelling in Science Education and Learning*. 10. 5. 10.4995/msel.2017.5901.
- Haque, A., Richardson, R. K., & Morris, E. R. (2001). Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocolloids*, 15(4-6), 593-602.
- Illescas, C. (2001). Curso teórico practico sobre lactología. Pp 13-17, 67-73
- InfoAgro. (2015). <https://www.infoagro.com/>. Recuperado el Octubre de 2020, de https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/instrucciones/instrucciones_viscosimetr_o_rotacional_digital_nahita_807.pdf
- J.P. SELECTA. (2019). *grupo-selecta.com*. Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://grupo-selecta.com/wp-content/uploads/2020/05/M.80376.00-0.pdf>

- Küçükçetin, A., Weidendorfer, K., & Hinrichs, J. (2009). Graininess and roughness of stirred yoghurt as influenced by processing. *International dairy journal*, 19(1), 50-55.
- Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1127-1136.
- López, A. 2003. Manual de industrias lácteas. 2 da Edición. Editorial Tetra Pak Processing System A.B. Madrid. España
- Lucey, J. & Tamehana., (1998). Properties of acid casein gels made by acidification with glucono-delta-lactone. I. Rheological properties. *International Dairy Journal* 7, 381–388
- Lucey, J. A. (2004). Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57, 77–84
- Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H., & Munro, P. A. (1998). A comparison of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or glucono- δ -lactone. *Food Research International*, 31(2), 147-155.
- Lurueña, A. (2011). Obtenido de <http://www.gominolasdepetroleo.com/2011/10/que-es-la-leche-homogeneizada.html>
- Martin, N. C., Skokanova, J., Latrille, E. F. J., Beal, C. E., & Corrieu, G. V. (1998, May). Sensory and instrumental characterization of the texture of stirred yoghurt. In *IDF Symposium*. IDF.
- Martínez Hernández, A. C. (2015). Influencia de los tratamientos de pasteurización y el contenido de grasa en la viscosidad del queso tipo petit suisse a base de leche de cabra.
- Masoliver, M., Pérez-Sánchez, M., & López, A. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos: ajuste a expresiones matemáticas convencionales. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 5-18.
- Mendoza, A. (2015). Influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido.
- Mesa-Mariño, Y., Mas-Diego, S. M., Anaya-Villalpanda, M., Cobo-Almaguer, H., & Díaz-Velázquez, M. (2016). Estudio del comportamiento de Bacterias Acidolácticas (BAL) del cultivo Bioyogur a diferentes dosis de tratamiento magnético. *Tecnología Química*, 36(3), 370-383.
- Miralles Buraglia, B. (2004). *Detección de caseinato y suero en leche y productos lácteos mediante técnicas electroforéticas, cromatográficas y espectroscópicas*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.

- Mokoonlall, A., Nöbel, S., & Hinrichs, J. (2016). Post-processing of fermented milk to stirred products: Reviewing the effects on gel structure. *Trends in Food Science & Technology*, 26-36.
- Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M., & Baert, J. (1989). Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. *Journal of dairy Science*, 72(9), 2247-2256.
- Muller, H. G., & González, J. B. (1978). Introducción a la reología de los alimentos (No. TP 372.5. M9418). Zaragoza: Acribia.
- Nigro, E. S., & Nugnes, R. G. (2018). Caracterización técnica de distintos cultivos comerciales aplicados a yogurt bebible (*Doctoral dissertation, Universidad Argentina de la Empresa*).
- Pons, I. A., García, O., Contreras, J., & Acevedo, I. (2009). Elaboración y evaluación de las características sensoriales de un yogurt de leche caprina con jalea semifluida de piña. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2), 442-448.
- Potter N., Hotchkiss J. (1995). Ciencia de los Alimentos. Zaragoza, España: Editorial. ACRIBIA S.A.
- PRISMA. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. Obtenido de Transparent reporting of systematic reviews and meta-analyses: <http://www.prisma-statement.org/>
- Ramírez, J. (2006). Ingeniería De Los Alimentos. Cali- Colombia: JRS e-book.
- Ramírez-Navas, J. (2006). Introducción a la reología de los alimentos. (R.ReCiTeIA, Ed.) Cali: Revista ReCiTeIA.
- Renan, M., Guyomarch, F., Arnoult-Delest, V., Paquet, D., Brulé, G. & Famelart, M. (2009). Rheological properties of stirred yoghurt as affected by gel pH on stirring, storage temperature and pH changes after stirring. *International Dairy Journal*, 19(3), 142–148.
- Robinson, R. K., Lucey, J. A., & Tamime, A. Y. (2007). Manufacture of yoghurt. In A. Tamime 443 (Ed.), *Fermented milks* (pp. 53–75). London, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Rojas-Castro, W. N., Chacón-Villalobos, A., & Pineda-Castro, M. L. (2007). Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 221-237.
- Rota, C. & Herrera A. (2001). Nuevas leches fermentadas. *Alimentaria. Revista de higiene y tecnología de los alimentos*. 2001, marzo (n° 320): 57-64.

- Rozycki, S. D., & Seguro, E. F. (1995). Yogur: cuantificación e influencia de los parámetros reológicos. *Revista Argentina de Lactología*, 7(11), 39-56.
- Sánchez, J., Enriquez, D., & Castro, P. (2012). Efecto de la concentración de sólidos totales de la leche entera y tipo de cultivo comercial en las características reológicas del yogurt natural tipo batido. *Agroindustrial Science*, 2(2), 173-180.
- Serra, M., Trujillo, A. J., Guamis, B., & Ferragut, V. (2009). Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high-pressure homogenization treated milk. *Food Hydrocolloids*, 23, 82–91.
- Sharma, S., Mulvaney, S. & Rizvi, S. (2003). *Ingeniería de los alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. (1ª ed.). México: Limusa Wiley (Ed.).
- Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S., & Corrieu, G. (2004). The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. *Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition*, 44, 113–137.
- Streeter, V. L. (1963). *Mecánica de los Fluidos*. (2 ed.) Ediciones del Castillo SA, Madrid.
- Suriyaphan, O., Cadwallader, K. R., & Drake, M. A. (2001). Lecithin Associated Off-Aromas in Fermented Milk. *Journal of food science*, 66(4), 517-523.
- Talens Oliag, P. (2016). Caracterización del comportamiento reológico de un alimento fluido plástico.
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1991). *Yogur: ciencia y tecnología*. Editorial Acribia.
- Tamime, A. Y. (Ed.). (2008). *Structure of dairy products*. John Wiley & Sons.
- Tamime, A. Y. (Ed.). (2009). *Dairy fats and related products*. John Wiley & Sons.
- Veisseyre, R. (1998) *Lactología técnica: composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche*. Zaragoza: Acribia.
- White, F. (2008). *Fluid Mechanics*. (6th. Ed.) McGraw-Hill.
- Wu, Sha., Li, D., Li, S. J., Bhandari, B., Yang, B. L., Chen, X. D., & Mao, Z. H. (2009). Effects of incubation temperature, starter culture level and total solids content on the rheological properties of yogurt. *International Journal of Food Engineering*, 5(2).
- Yaseen, E. I., Herald, T. J., Aramouni, F. M., & Alavi, S. (2005). Rheological properties of selected gum solutions. *Food Research International*, 38(2), 111-119.

- Zambrano Carranza, J. A. (2017). *Concentración de lactasa y glucosa en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del dulce de leche con pulpa de camote (Ipomoea batatas)* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM).
- Zhang, L., Folkenberg, D. M., Amigo, J. M., & Ipsen, R. (2016). Effect of exopolysaccharide-producing starter cultures and post-fermentation mechanical treatment on textural properties and microstructure of low-fat yoghurt. *International Dairy Journal*, 53, 10-19.

ANEXOS

Tabla 4. Lista de verificación de PRISMA

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I^2) for each meta-analysis.	
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	

Figura 5. Diagrama de flujo de PRISMA

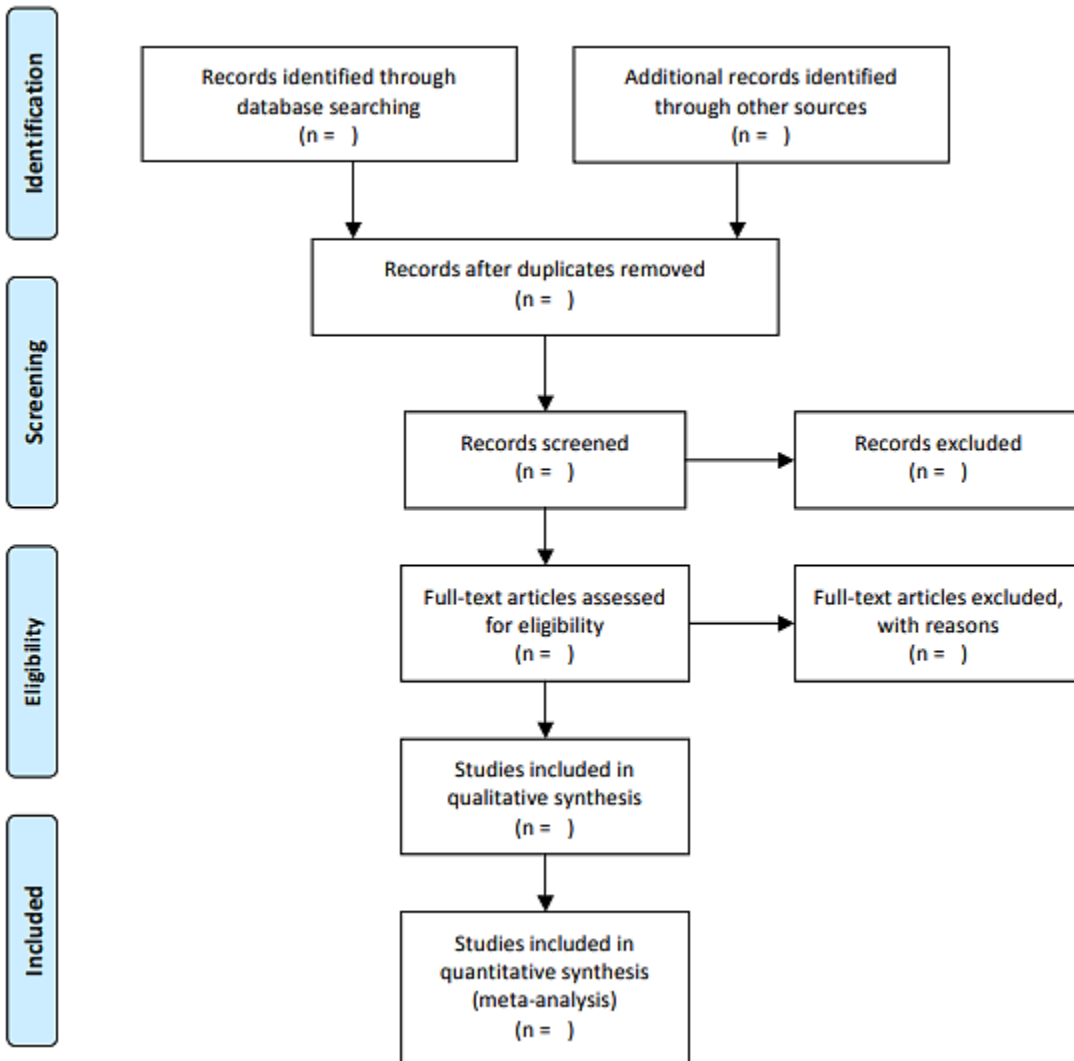


Figura 6. Principales etapas en la fabricación de yogur natural y batido.

