



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LA MEZCLA
DE GOMA XANTANA (*Xanthomonas campestris*),
ALGARROBO (*Prosopis pollida*) Y TARA (*Caesalpinia
spinosa*) EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y
SENSORIALES DEL YOGURT TIPO GRIEGO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y
COMERCIO EXTERIOR**

Autores:

**Bances Majuan Katherine del Milagro
Cachay Santillán Karen Milagros**

Asesor:

Ing. Símpalo López Walter Bernardo

Línea de investigación:

Diseño y Desarrollo de nuevos productos

Pimentel – Perú

2020

**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LA MEZCLA DE GOMA XANTANA
(*Xanthomonas campestris*), ALGARROBO (*Prosopis pollida*) Y TARA (*Caesalpinia spinosa*)
EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y SENSORIALES DEL YOGURT TIPO
GRIEGO”**

Bach. Karen Cachay Santillán

Autora

Ms. Williams Castillo Martínez.

Presidente del Jurado

Ms. Edward Aurora Vigo
Secretario

Ing. Walter Símpalo López
Vocal

DEDICATORIA

A Dios,

Por habernos permitido lograr nuestros objetivos, por cuidarnos y protegernos en todo este trayecto.

A nuestros padres,

Para demostrarles una vez más, que todos sus sacrificios no han sido en vano, y que estamos agradecidas de su apoyo en todo este largo camino.

A nuestros docentes,

Por todas sus enseñanzas y por contribuir en nuestra formación profesional y personal.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, a Dios, por permitirnos concluir nuestra investigación, a pesar de las adversidades.

A nuestras familias, porque gracias a su esfuerzo por brindarnos una mejor educación, su apoyo incondicional y por forjarnos valores como la responsabilidad, podemos concluir hoy esta investigación.

A nuestros amigos y seres queridos, por su ayuda desinteresada y perseverante, en el desarrollo de toda esta investigación

A la Empresa G&A Agroexportaciones S.A.C, por facilitarnos la goma de tara, insumo primordial de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Antecedentes de la investigación	16
1.3. Marco teórico	19
1.3.1. Goma como aditivos alimentarios.....	19
1.3.3. Yogurt estilo griego.	31
1.4. Formulación del problema	32
1.4.1. Delimitación.	32
1.4.2. Limitación.	32
1.5. Justificación	32
1.6. Hipótesis.....	33
1.7. Objetivos.....	34
1.7.1. Objetivo General.	34
1.7.2. Objetivos Específicos.....	34
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	35
2.1. Tipo y diseño de la investigación	35
2.1.1. Tipo de investigación.....	35
2.1.2. Diseño de la investigación.	35
2.2. Métodos de Investigación	36
2.2.1. Caracterización fisicoquímica de la leche.	36
2.2.2. Caracterizaciones reológicas de las gomas.....	37
2.2.3. Análisis del comportamiento reológico de yogurt tipo griego.	37
2.2.4. Análisis Sensorial del yogurt tipo griego.....	38
2.3. Población y muestra.....	39
2.3.1. Población.	39

2.3.2. Muestra.....	39
2.4. Variables y operacionalización.....	39
2.4.1. Variables.....	39
Variables independientes.....	39
Variables dependientes.....	39
2.4.2. Operacionalización.....	40
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	41
2.5.1. Instrumentos de recolección de datos.....	41
2.6. Procedimientos para recolección de datos.....	42
2.6.1. Acondicionamiento de materia prima para la obtención de yogurt tipo griego.....	42
2.6.2. Diseño estadístico.....	46
2.7. Procedimiento de análisis de datos.....	47
2.7.1. Análisis Sensorial.....	47
2.7.2. Análisis en reómetro de cilindros concéntricos del yogurt tipo griego.....	47
2.8. Procedimiento de Análisis de datos.....	48
2.9. Criterios Éticos.....	49
2.10. Criterios de Rigor Científico.....	49
2.11. Validación y confiabilidad.....	49
III. REPORTE DE RESULTADOS.....	50
3.1. Caracterización fisicoquímica de la leche.....	50
3.2. Evaluación Sensorial:.....	51
3.2.1. Sabor:.....	51
3.2.2. Apariencia General.....	54
3.3. Evaluación reológica.....	57
3.3.1. Índice de consistencia:.....	57
3.3.2. Índice de Comportamiento:.....	61
3.3.3. Evaluación reológica del testigo.....	64
3.4. Resultados de las formulaciones probables.....	64
3.5. Caracterización viscoelástica.....	65
3.5.1. Viscosidad compleja (η^*).....	65
3.5.2. Valores del módulo de almacenamiento (G') y del módulo de pérdida (G'') vs la frecuencia, del yogurt estilo griego a 20°C.....	66
IV. DISCUSIONES.....	67

V. CONCLUSIONES:.....	71
VI. RECOMENDACIONES	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de gomas según sus características propias.....	20
Tabla 2: Operacionalización de las variables independientes y dependientes.	40
Tabla 3: Matriz experimental según diseño simplex con centroide.	46
Tabla 4: Valores de la caracterización fisicoquímica de la leche cruda.	50
Tabla 5: Análisis de la tabla de varianza para el sabor (Suma parcial de cuadrados - Tipo III)	51
Tabla 6: Análisis de la tabla de varianza para la apariencia general (Suma parcial de cuadrados - Tipo III)	54
Tabla 7: Análisis de la tabla de varianza para el índice de consistencia (Suma parcial de cuadrados - Tipo III).....	57
Tabla 8: Análisis de varianza del índice de comportamiento (suma parcial de cuadrados - Tipo III)	61
Tabla 9: Datos de la evaluación reológica del testigo	64
Tabla 10: Determinación de las formulaciones probables.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura química de la goma xantana.....	21
Figura 2: Estructura química de la goma de tara.....	22
Figura 3: Estructura química de la goma de algarrobo.....	23
Figura 4: Reómetro de cilindros concéntricos.....	30
Figura 5: Flujo de proceso para elaboración de yogurt estilo griego.....	45
Figura 6: Gráfico de interacción AB para el sabor.....	52
Figura 7: Gráfico de Superficie Respuesta para el sabor.....	53
Figura 8: Gráfico de Interacción AB para la apariencia general.....	55
Figura 9: Gráfico de Interacción AC para la apariencia general.....	56
Figura 10: Gráfico de Superficie Respuesta para la apariencia general.....	56
Figura 11: Gráfico de Interacción AC para el índice de consistencia.....	58
Figura 12: Gráfico de Interacción BC para el índice de consistencia.....	59
Figura 13: Gráfico de Interacción ABC para el índice de consistencia.....	59
Figura 14: Gráfico de Superficie Respuesta para el índice de consistencia.....	60
Figura 15: Gráfico de Interacción AC para el índice de comportamiento.....	63
Figura 16: Gráfico de Superficie Respuesta para el índice de comportamiento.....	64
Figura 17: Comportamiento de la viscosidad compleja (n^*) vs frecuencia.....	66
Figura 18: Valores de modulo del almacenamiento (G') y del módulo de pérdida (G'') vs frecuencia.....	67
Figura 19: Recepción de los 3 tipos de gomas.....	73
Figura 20: Apariencia física de la goma xantana, goma de tara y goma de algarrobo.....	73
Figura 21: Ficha técnica de goma de algarrobo.....	73
Figura 22: Pesado de goma xantana, goma de tara y goma de algarrobo.....	73
Figura 23: Ensayo para la formulación de goma xantana, goma de tara y algarrobo.....	73
Figura 24: Formulación de mezclas (goma xantana, goma de tara y goma de algarrobo) con leche e inóculo ($T^{\circ} 24^{\circ}C$ y $T^{\circ} 25^{\circ}C$).....	73
Figura 25: Prueba de densidad de la leche.....	73
Figura 26: Análisis de acidez titulable para la materia prima.....	73
Figura 27: Análisis de pH.....	73
Figura 28: Determinación de $^{\circ}Brix$ de la materia prima.....	73
Figura 29: Etapa de pesado de las formulaciones.....	73
Figura 30: Estandarización.....	73
Figura 31: Dilusión de gomas.....	73
Figura 32: Homogenizado.....	73
Figura 33: Pasteurización.....	73
Figura 34: Inoculación.....	73
Figura 35: Incubación.....	73
Figura 36: Reómetro.....	73

Figura 37: Accesorios del reómetro 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Ec. 1: Bingham.....	25
Ec. 2: Ley de la potencia.....	26
Ec. 3: Herschel Bulkley.....	27
Ec. 4: Arrhenius.....	27
Ec. 5: Efecto de concentración.....	28
Ec. 7: Margules.....	30
Ec. 8: Porcentaje de ácido láctico.....	36
Ec. 9: Modelo matemático codificado para el sabor.....	52
Ec. 10: Modelo matemático decodificado para el sabor.....	52
Ec. 11: Modelo matemático codificado para la apariencia general.....	55
Ec. 12: Modelo matemático decodificado para la apariencia general.....	55
Ec. 13: Modelo matemático codificado para el índice de consistencia.....	58
Ec. 14: Modelo matemático decodificado para el índice de consistencia.....	58
Ec. 15: Modelo matemático codificado para el índice de comportamiento.....	62
Ec. 16: Modelo matemático decodificado para el índice de comportamiento.....	62

“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LA MEZCLA DE GOMA XANTANA (*Xanthomonas campestris*), ALGARROBO (*Prosopis pollida*) Y TARA (*Caesalpinia spinosa*) EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y SENSORIALES DEL YOGURT TIPO GRIEGO”

EFFECT OF THE INCORPORATION THE MIX A XANTHAN (*Xanthomonas campestris*), ALGARROBO (*Prosopis pollida*) AND TARA (*Caesalpinia spinosa*) IN THE RHEOLOGICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF THE GREEK TYPE YOGURT”

BANCES MAJUAN, KATHERINE DEL MILAGRO.¹

CACHAY SANTILLAN KAREN.²

RESUMEN

El objetivo de presente investigación fue evaluar el efecto de la sustitución de goma Xantana (GX) por gomas vegetales, goma de algarrobo (GA) y tara (GT) como estabilizantes de yogurt, para lo cual se empleó un diseño de mezclas con centroide para determinar la formulación de gomas optima que permita obtener las características reologicas de un yogurt tipo griego comercial con buena aceptabilidad sensorial. Para determinar el comportamiento reologico se utilizó un reómetro HAAKE MARS 60 con probeta de cilindro concéntrico y las sensoriales con una escala no estructurada. Los resultados reologicos se ajustaron a un modelo de Hershel – Bulkely para las diferentes formulaciones. Aplicando la metodología de función deseada, se obtuvo dos formulaciones que tuvieron mayor aceptabilidad y los mismos parámetros reologicos de un yogurt comercial, siendo la formulación 1 (33% GX, 35%GT, 32%GA) y formulación 2 (12% GX, 88% GA). Para ambas formulaciones se hizo un análisis de Viscoelasticidad, obteniéndose un comportamiento de tipo semi-solido ($G' > G''$). Finalmente se concluyó a través de un diseño de mezclas que la formulación con mayor aceptabilidad sensorial y que presenta las propiedades reológicas similares a las de un yogurt estilo griego comercial es la formulación 1.

Palabras clave: Yogurt; gomas vegetales; reológico; Hershel – Bulkely; viscoelastico.

¹ Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: BMAJUANK@crece.uss.edu.pe Código ORCID:

² Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: csantillankare@crece.uss.edu.pe Código ORCID:

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of replacing Xantana gum (GX) with vegetable gums, locust bean gum (GA) and tara (GT) as yogurt stabilizers, for which a mixture design with centroid was used to determine the optimal gum formulation that allows obtaining the rheological characteristics of a commercial Greek yogurt with good sensory acceptability. To determine the rheological behavior, a HAAKE MARS 60 rheometer with concentric cylinder specimen and the sensory ones with an unstructured scale was used. The rheological results were adjusted to a Hershel-Bulkely model for the different formulations. Applying the desired function methodology, two formulations were obtained that had greater acceptability and the same rheological parameters of a commercial yogurt, with formulation 1 (33% GX, 35% GT, 32% GA) and formulation 2 (12% GX, 88% GA). For both formulations a Viscoelasticity analysis was performed, obtaining a semi-solid behavior ($G' > G''$). Finally, it was concluded through a design of mixtures that the formulation with greater sensory acceptability and that presents the rheological properties similar to those of a commercial Greek-style yogurt is formulation 1.

Keywords: Yogurt; vegetable gums; rheology Hershel - Bulkely.

I. INTRODUCCIÓN

Los aditivos alimentarios como los hidrocoloides son útiles para conferir estructura y estabilidad alimentaria. (Gani, Masoodi, Shah, & Asima, 2019). Las propiedades de los hidrocoloides se presentan cuando actúan con otros componentes alimenticios, creando funciones de espesar y gelificar soluciones acuosas, estabilizar espumas, emulsiones; inhibir la formación de cristales de hielo y azúcar y controla la liberación de sabores (Zhiming, y otros, 2017).

Sin embargo, estos hidrocoloides, que son agentes de textura, deben ser regulados por la Comisión del Codex Alimentarios para su uso como aditivos. Estos componentes adicionados sin control y sin cumplir los niveles de tolerancia permitidos por la normatividad en la materia pueden llegar a ser perjudiciales para la salud del ser humano, por lo que se hace necesario controlar la dosis máxima de uso (DMU). Entre los agentes gelificantes (hidrocoloides) el más utilizado es la carragenina (CGN), que es una sustancia natural derivado de algas rojas. Múltiples estudios en modelos animales han demostrado que la CGN, como aditivo alimentario induce la inflamación y la neoplasia intestinal. (Bejarano & Suarez, 2015).

Las gomas son grupo de polisacáridos, que en concentraciones bajas forman dispersiones viscosas o geles, entre ellas, la goma xantana (GX), tara (GT) y algarrobo (GA) espesantes y estabilizantes que proporcionan nueva textura, reología y sabor en los alimentos. (Ahjmed, Ptaszek, & Basu, 2016). Sin embargo, en la actualidad los consumidores se han informado más sobre los aditivos alimentarios y siempre tienden a elegir los aditivos de origen natural que sus análogos sintéticos. (Corocho, Morales, & Ferreira, 2015)

Uno de los productos con mayor crecimiento en la industria láctea son los yogures de estilo griego, que tiene sólidos totales más altos y menos lactosa que un yogurt normal. Esa apariencia característica se logra, con la adición de hidrocoloides, disminuyendo la probabilidad de sinéresis y generando mayor viscosidad. Los hidrocoloides empleados para su elaboración son la carragenina pectina y xantana, todas elaboradas de manera química (Rabin & Salam, 2016). Por ello se busca sustituir la carragenina y reducir la concentración de goma xantana y sustituir por gomas naturales con la finalidad de conseguir las mismas características de un yogurt estilo griego comercial. Siendo las propiedades reológicas útiles para predecir la estabilidad física de un producto alimentario.

Algunos estudios señalan que la adición de mezclas de gomas como agentes estabilizantes, influyen de manera positiva en el comportamiento reológico, viscoelástico y sensorial de productos lácteos como leches saborizadas y helados. Por lo anterior, se planteó el siguiente trabajo de investigación para estudiar el efecto de la incorporación de las mezclas de goma xantana (*Xanthomonas campestris*), algarrobo (*Prosopis pollida*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre el comportamiento reológico (flujo y viscoelasticidad) en yogurt tipo griego, ya que hasta la actualidad no se aplican industrialmente en la estabilización de alimentos, con la intención de sustituir las gomas industriales por gomas de origen vegetal.

Por lo anterior, se planteó el siguiente trabajo de investigación estudiar el efecto de la incorporación de las mezclas de goma xantana (*Xanthomonas campestris*), algarrobo (*Prosopis pollida*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre el comportamiento reológico (flujo y viscoelasticidad) en yogurt tipo griego, ya que hasta la actualidad no se aplican industrialmente en la estabilización de alimentos, con la intención de sustituir las gomas químicas y aprovechar la materia prima para la extracción de las gomas de origen natural.

1.1. Realidad problemática

En el mundo, hay una creciente demanda de hidrocoloides naturales para proporcionar nueva textura, reología y sabor en los alimentos. Esta tendencia de la industria alimentaria en la introducción de nuevas fuentes, es especialmente de materias primas derivadas de plantas, ya que son naturales e incluso son beneficiosos para la salud humana. (Ahjmed, Ptaszek, & Basu, 2016, pág. 433)

Sin embargo, estos hidrocoloides, que son agentes de textura, deben ser regulados por la Comisión del Codex Alimentarios para su uso como aditivos. Estos componentes adicionados sin control y sin cumplir los niveles de tolerancia permitidos por la normatividad en la materia pueden llegar a ser perjudiciales para la salud del ser humano, por lo que se hace necesario controlar la dosis máxima de uso (DMU). (Bejarano & Suarez, 2015, pág. 355)

Los hidrocoloides, en su mayoría para su obtención y aplicación como espesantes, gelificantes y estabilizantes sufren una modificación química como el carboximetilcelulosa sódica o almidones modificados, con la finalidad de cumplir estándares tecnológicos en productos para mejorar la textura y viscosidad del producto.

Entre los agentes gelificantes (hidrocoloides) el más utilizado es la carragenina (CGN), que es una sustancia natural derivado de algas rojas. Múltiples estudios en modelos animales han demostrado que la CGN, como aditivo alimentario induce la inflamación y la neoplasia intestinal. (Bejarano & Suarez, 2015)

Por ello el gran reto consiste en crear aditivos a base de ingredientes de origen natural, con propiedades que permiten sustituir a los aditivos químicos, y que incrementen la probabilidad de imponer la etiqueta “limpia” de números E como es el deseo actual del consumidor. (Chocano, 2002, pág. 24)

En el Perú muchos de los insumos o agentes de textura empleados para el procesamiento de diversos productos, son importados siendo un total aproximadamente 800 000 de dólares por año, en el caso de la Carboximetilcelulosa. Lo que representa una gran cantidad de dinero y este estudio puede ser una buena alternativa para reducir estos costos.

Uno de los productos que emplean los agentes de textura para lograr esa apariencia característica, es el yogurt estilo griego, ya que disminuye la probabilidad de la formación de sinéresis y le da mayor viscosidad. Los agentes empleados para su elaboración en la industria alimentaria son la carragenina y la goma xantana, ambas son elaboradas de manera química. Por ello se busca sustituir la carragenina y reducir la concentración de goma xantana y sustituir por gomas naturales con la finalidad de conseguir las mismas características de un yogurt estilo griego comercial.

Lambayeque es una región con muchos productos agrícolas, como la tara y el algarrobo. Estas materias primas no son aprovechadas de manera óptima en la región, es decir no les dan un valor agregado y representan una fuente potencial para la extracción de gomas. La combinación de cada una de ellas, puede generar la existencia de un nuevo estabilizante natural para ser aplicados en alimentos, tal como lo requiere en la actualidad los consumidores y de manera particular en la elaboración del yogurt estilo griego.

1.2. Antecedentes de la investigación

Según (Martinez Rivas, 2016) hace referencia sobre tres tratamientos de yogurt con incorporación de goma de tara la cual mostro como resultado que la concentración de 0.04% de goma de tara tuvo mayor aceptabilidad según tablas de tendencia establecidas.

Según (Masabando , 2015) determinó en el yogurt de sábila a través de parámetros reológicos y sensoriales los porcentajes de grasas y aceptabilidad al consumidor. Para los parámetros reológicos se midieron viscosidad a una temperatura de 5°C donde el mejor tratamiento fue el T4 (3% de grasa, 3% de inoculo y 5% de sábila) donde realizaron un análisis de varianza y prueba de intervalos múltiples la que permitió una mejor aceptabilidad.

Según (Posada David, Sepulveda Valencia, & Restrepo Molina, 2012) señalan la adición de mezclas de gomas de algarrobo, guar y karaya como agentes estabilizantes sobre helado de crema duro la cual se comprobó mediante una evaluación en dos etapas que la mezcla de goma de algarrobo y guar son más eficientes en cuanto a su viscosidad con respecto a la duración en el tiempo por lo que se le aplico al helado duro teniendo influencia positiva ya que presenta un menor porcentaje de derretimiento y un menor tiempo en la caída de la primera gota frente al testigo.

Según (Vanegas Perez, Restrepo Molina, & Lopez Vargas, 2012) comprobaron mediante una evaluación reológica, sensorial y microbiológica en una bebida las mezclas de tres hidrocoloides en diferentes porcentajes la cual se determinó que el T3 en 0.3% fue de gran aceptabilidad por el público al que va dirigido.

Según (Ospina, Sepulveda, Restrepo, Cabrera, & Suarez, 2012) determinan la existencia de sinergismo entre los hidrocoloides que es afectada por la leche saborizada obteniendo su mejor textura en un 70 – 30% de goma xantan y goma guar 30% respectivamente esto quiere decir que la mezcla de gomas al momento de la aplicación a la leche es relativamente positiva.

Según (Molina Cote, Restrepo Molina, & Lopez Vargas , 2010) señalan como resultado que todas las mezclas tuvieron un comportamiento tixotrópicamente unas más que otras, presentando mayor histéresis las mezclas que contenían goma de tara por lo que se llegó a la conclusión que la mezcla de carragenina kappa I.II – Goma de tara presentaban mayor viscosidad y mantenía sus propiedades de la salmuera todo lo contrario a la mezcla de carragenina kappa – carragenina kappa I. II.

Según (Spotti, Santiago, Rubiolo, & Carrara , 2009) determinaron y comprobaron la existencia de sinergismo entre los biopolímeros a través de una comparación con un sistema de goma xantana y goma guar (GX/GG) por medio de un estudio reológico con la presencia de cationes mono y divalentes, diferentes fuerzas iónicas y temperaturas. El resultado fue un máximo sinergismo de GX/GEC con propiedades de gel que se emplea para estabilizar helados o mejorar estructura de quesos.

En los últimos años se han realizado estudios sobre la aplicación de las gomas como agentes de textura. Una de esas investigaciones emplea la goma xantana y la goma de tara como estabilizante para el ketchup, con el objetivo de evaluar el efecto de concentración de estas gomas sobre la viscosidad y la estabilidad del ketchup almacenándolo en un periodo de cuatro meses a temperatura ambiente. El ketchup elaborado con goma de xantana mantuvo su consistencia, pero no su sabor, mientras que el ketchup que contenía goma de Tara no presentaba buena textura, pero si mantenía sus propiedades sensoriales. (PromPeru, 2009)

Según (Ramirez Sucre & Velez Ruiz, 2009) afirmó que la viscosidad en las bebidas lácteas no fermentadas es de gran importancia debido al incremento en su consumo, es por ello que se han encontrado aditivos que han mejorado su textura como la inulina, el almidón y la carragenina que al agregarlas han mejorado su consistencia y por ende la aceptabilidad por parte de consumidor. Hoy en día existen aditivos innovadores que podrían corregir la consistencia sin la modificación de otras propiedades fisicoquímicas.

Según (Chiriboga Arteta, 2008) concluyeron que de los 4 tratamientos con hidrocoloides el más preferido sensorialmente a los otros tratamientos fue el tratamiento 4 la cual no mostro diferencias significativas frente al queso que se va a aplicar, por otro lado, en el parámetro de grasa solo el tratamiento 3 (35g guar,35g carragenina y 30 algarrobo) muestra un porcentaje significativamente menor que los demás tratamientos debido a las gomas retienen menos grasa y forman más gel.

Según (Martinez Rojas, 2002) se compararon dos mezclas, una con el estabilizante comercial (Cremodan SE 448) y segundo una formulación propuesta de goma guar, goma de algarrobo, carboximetilcelulosa y monodiglicéridos los resultados fueron que entre las dos mezclas no existe diferencia en cuando a sus análisis fisicoquímicos a excepción de la viscosidad por lo que se llegó a la conclusión que la formulación propuesta puede usarse como reemplazo al estabilizante comercial.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Goma como aditivos alimentarios.

Las gomas son compuestos poliméricos que cuando son disueltos o dispersos en agua, forman soluciones o dispersiones viscosas, pertenecen al grupo de los hidrocoloides o sus derivados, los cuales poseen amplia categoría como agentes espesantes y estabilizantes. Como se muestra en la tabla 1, los tipos de gomas pueden obtenerse de extractos de algas marinas (Alginatos, agar, carragenas), extractos de semillas (Locusta, guar), exudados vegetales (arábica), Microorganismos (xantana, gelana) y a partir de la celulosa y Pectina, es decir aditivos de la clase de los espesantes también presentan propiedades estabilizantes. (Campos Honorato, Batista, Nascimento de Olivera, & Pires, 2013)

Tabla 1: *Tipos de gomas según sus características propias*

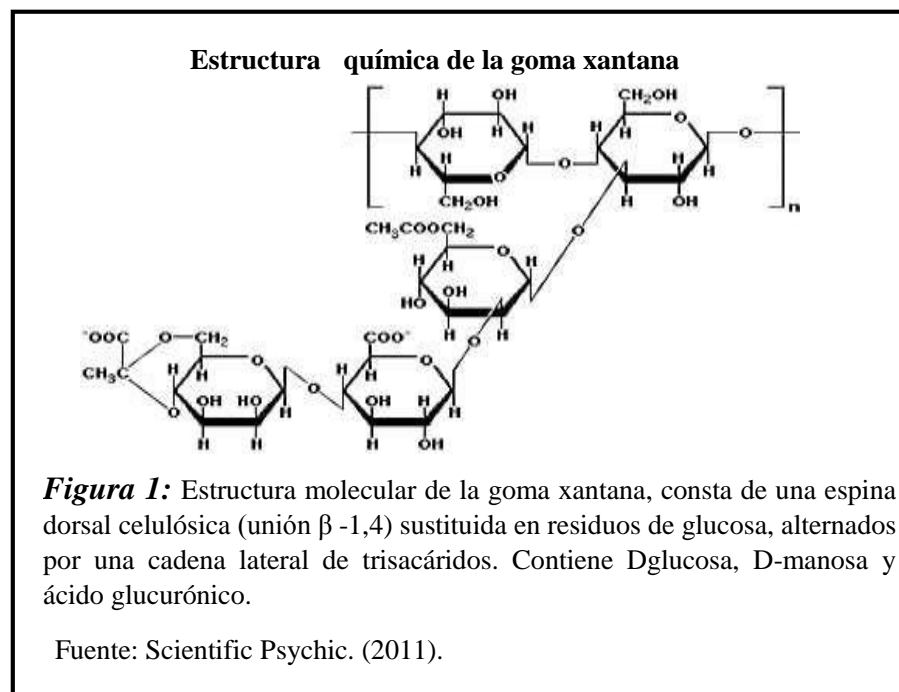
NATURALES	SEMISINTETICAS	SINTETICAS
Exudado de plantas	Derivados de celulosa:	Polimeros vinílicos
- arábiga	- corboximetilcelulosa	- polivinilpirridina
- tragacanto	- metilcelulosa	- alcohol polivinilico
- karaya	- celulosa microcristalina	
- Gatti		
- Alerce		
Semillas:	Gomas microbianas	Polimeros acrílicos - ácido poliacrilico
- algarrobo	- dextranas	
- guar	- xantanos	
- tara mezquite	- galana	
Extractos de algas marinas:	Derivados de almidón	Poliacrilamina
- rojas	- almidon carboximetilico	- pilimeros de óxido de etileno
- agar	- almidon hidroxietilico	
- carrageninas	- almidon hidroxipropilico	
Otros:	Otros	
- pectina	- pectina baja en metoxilo	
- gelatina	- aligato de propilenglicol	
- almidón	- guar carboximetilico	
- celulosa	-	

Fuente: Salvador, BD. (2006)

1.3.1.1. Goma Xantana.

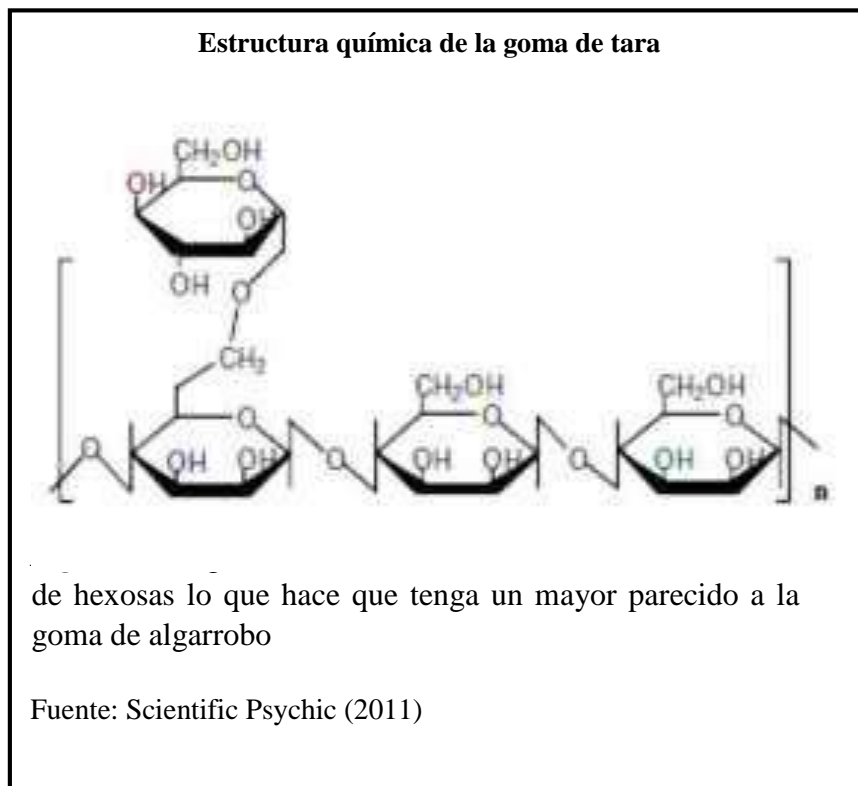
La goma xantana es un polisacárido natural como se muestra en la figura 1, producido por fermentación de *Xantomonas campestris*, es altamente soluble en agua caliente o fría, produciendo alta viscosidad. No presenta solubilidad en la mayoría de disolventes orgánicos. Es estable en temperaturas de 0 ° c a 100 ° c en el rango de ph de 1 a 13. Es estable también en ciclo de hielo-deshielo, sin la ocurrencia de sinéresis. Como se muestra en la figura 1, las soluciones de goma xantana son pseudoplásticas, su rigidez estructural de la molécula produce varias propiedades funcionales como estabilidad de calor, viscosidad estable en un rango amplio de temperatura y resistencia a la degradación enzimática la cual brinda una característica importante para la liberación del sabor, sensación bucal y estética del producto. La goma xantana actúa como espesante, estabilizante y, en asociación con otras gomas, proporciona textura lisa y cremosa. (Madrid Vicente & Madrid Cenzano, 2000)

La goma xantana es bastante utilizada como estabilizante para alimentos, como cremas, jugo Artificiales, salsas para ensaladas, carne, pollo o pescado, así como para jarabes y coberturas para helados Y postres. También presenta compatibilidad con la mayoría de los coloides usados en alimentos, incluyendo El almidón, hecho que la hace ideal para la preparación de pan y otros productos para panificación. (De Mello, 2009)



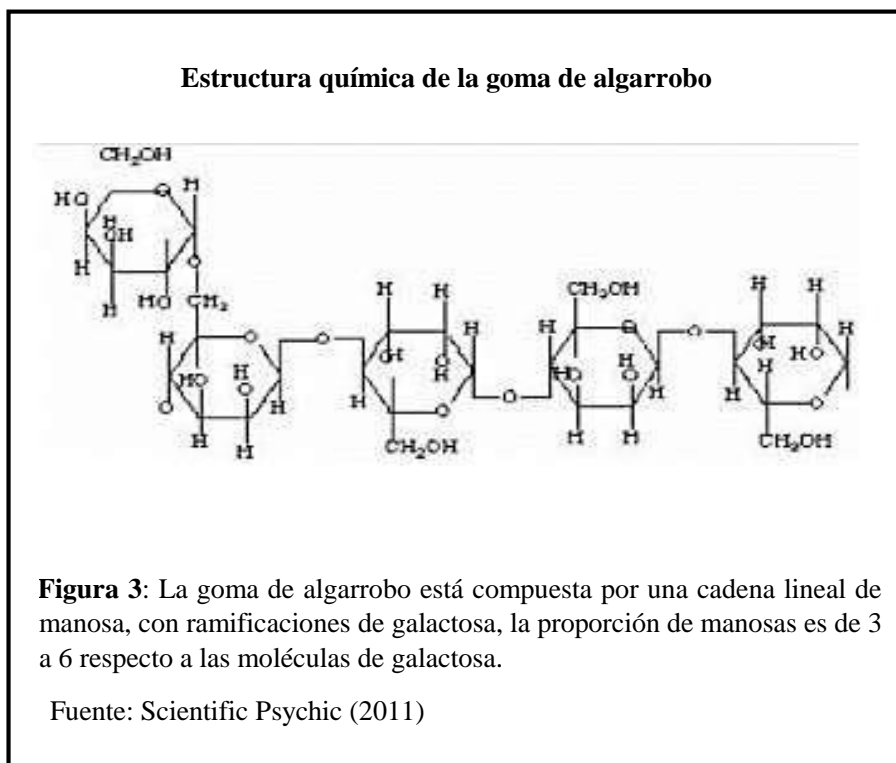
La goma tara, específicamente se obtiene del endosperma de *Caesalpinia spinosa*, nativa de América del Sur, teniendo como principales productores, Perú, Bolivia y Ecuador. Como se muestra en la figura 2, la goma tara es considerada un polisacárido de grado alimentario con funcionalidad de estabilizante hidrofílico (hidrocoloide), de agente de viscosidad, de promover las suspensiones, inhibir la cristalización de los azúcares (helados), y controlar la liberación de los aromas. (FiB, 2000)

La goma en la mayoría de los países es un ingrediente exento del registro por pertenecer a un grupo de ingredientes de una lista como de Buenas Prácticas de fabricación, aprobado por el Codex Alimentario y registrado en el sistema de ingredientes con INS 147. La goma tara es estructuralmente similar a la goma guar y la goma de algarrobo, presentando ventajas de costo o de funcionalidad en algunas aplicaciones. La goma Tara tiene una solubilidad intermedia a la goma guar, que, Con una solubilidad en frío, y la goma algarroba que sólo es soluble en caliente. (FiB, 2000)



1.3.1.2. Goma de Algarrobo.

Como se muestra en la figura 3, la goma de algarrobo se obtiene de la semilla de algarrobo la cual está compuesta por una cadena lineal de manosas con ramificaciones de galactosa con la peculiaridad de que presenta zonas lineales sin ramificaciones es por ello que dificulta la penetración del agua y obliga a calentar para disolver, pero por otra parte permite formar uniones en zonas con otros hidrocoloides, se expande por agua fría o caliente, formando un gel sus soluciones son estables en su intervalo de pH de 3 a 10; requiere una temperatura de 85°C cuyo peso molecular esta alrededor de 400000 – 1000000. Las soluciones de esta goma son pseudoplásticas, y el grado de pseudoplasticidad aumenta según su concentración y peso molecular. La hidratación de la goma disminuye de acuerdo con las sales presentes en el medio, así como con otros componentes que pueda captar agua. Se aplica en postres congelados, productos lácteos fermentados, queso crema, sopas, salchichas, salami, alimentos para bebe, alimentos para mascotas, productos para repostería, rellenos de pastel, etc. (Badui Dergal, 2006)



1.3.2. Reología en fluidos alimentarios.

La reología es el estudio de la deformación y flujo de las materias primas, los productos intermedios y los productos finales de la industria alimentaria. Las propiedades reológicas se determinan en relación con la fuerza aplicada sobre un material y la posterior deformación en función del tiempo. (Malcolm, 2002, pág. 22)

La textura, como se aplica a los alimentos, se ha definido de muchas maneras diferentes. Bourne ha enumerado algunas definiciones diferentes. Para nuestros propósitos se adoptará la definición dada por la Organización Internacional de Normalización, según la cual la textura comprende todos los atributos reológicos y estructurales (geométricos y superficiales) de un producto alimenticio perceptible por medios mecánicos, táctiles y, en su caso, visuales y recepciones auditivas. Esta definición debe ser entendida claramente. La primera implicación aquí es que la textura está relacionada con la percepción sensorial de los atributos de un producto alimenticio. La percepción sensorial se produce a través de receptores kinestésicos y táctiles y, en casos especiales, a través de receptores auditivos y visuales. (Borwankar & Shoemaker, 1992)

Como se ha definido anteriormente, la reología es el estudio de la deformación y el flujo de la materia. Los sólidos elásticos y los líquidos viscosos se encuentran en los dos extremos del continuo que pueden considerarse como abarcando toda la materia. Sin embargo, hay alimentos que no se pueden clasificar ni como sólidos ni como líquidos. No son ni viscosa ni elástica sino viscolástica. En el caso de los sólidos, se estudia su deformación bajo la acción de una tensión (fuerza por unidad de área); En el caso de los líquidos, uno observa su flujo en respuesta a esfuerzo. En el caso de materiales viscoelásticos, cualquiera de las dos situaciones puede ser relevante dependiendo de las escalas de tiempo involucradas.

1.3.2.1. Fluidos No Newtonianos.

En el caso de fluidos no newtonianos se maneja la definición de viscosidad aparente la cual es una función de la velocidad de cizallamiento. La mayoría de los alimentos, excepto algunos de los jugos muy diluidos y otras bebidas, son no newtonianos y su viscosidad disminuye con el aumento de la velocidad de corte. (Borwankar & Shoemaker, 1992) Es decir, la relación de la velocidad de cizallamiento y el esfuerzo cortante no es lineal. Estos fluidos se dividen entre dependientes e independientes del tiempo. (Ramírez, 2006)

a. Independientes del tiempo:

- Fluidos plásticos (Bingham):

El fluido actúa como un sólido, hasta que supere una tensión de cizalla mínima conocida como "umbral de fluencia" y actúa como líquido. Este tipo de flujo se encuentra a menudo en los alimentos. Ejemplos típicos de este tipo de flujo son el tomate, la mayonesa, la crema batida, la clara de huevo batida y la margarina. (Malcolm, 2002).

$$\text{Ec. 1: } \sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}$$

- Ley de la potencia:

Aunque se describe como la ley de potencia es en realidad una relación empírica. Donde σ es el esfuerzo cortante, K es un índice de consistencia, $\dot{\gamma}$ es la velocidad de cizallamiento, y n es un número adimensional que indica el comportamiento al flujo. Para un líquido newtoniano $n = 1$; Para un líquido dilatante $n > 1$, y

para un fluido pseudoplástico $n < 1$. Cuanto más se aleja el valor de n de 1, mayor es la desviación del flujo newtoniano. (Bourne, 2002)

$$\text{Ec. 2: } \sigma = K \dot{\gamma}^n$$

- Fluidos Pseudoplásticos:

Son fluidos menos viscosos cada vez que se aumenta el esfuerzo cortante que se les aplica para que fluyan (adelgacen). Donde la viscosidad aparente depende de la velocidad de cizalladura. (Orrego, 2003)

Se puede pensar que el adelgazamiento por cizallamiento puede ser causado por la descomposición de los elementos estructurales en un alimento debido a las fuerzas hidrodinámicas generadas durante el cizallamiento. La mayoría de los alimentos no Newtonianos presentan este comportamiento, incluyendo muchos aderezos para ensaladas y algunos zumos de frutas concentrados. (Anandha, 2007)

- Fluidos Dilatantes:

El comportamiento de esfuerzo cortante-esfuerzo cortante de este tipo de flujo comienza en el origen, pero se caracteriza por incrementos iguales en la tensión de cizalla dando incrementos menores que iguales en la velocidad de cizallamiento. Los ejemplos son suspensiones de almidón crudas, y algunos jarabes de chocolate.

El flujo dilatante es bastante raro en la industria alimentaria y extremadamente raro en productos alimenticios terminados. (Bourne, 2002)

Este tipo de flujo se describe como 'dilatante' porque está asociado con un aumento en el volumen del fluido a medida que el flujo se produce, y sólo ocurre en suspensiones de alta concentración. (Bourne, 2002)

- Fluidos de Herschel Bulkley:

Los fluidos que obedecen a este modelo se caracterizan por la presencia de un umbral de fluencia (σ_0) y la relación esfuerzo cortante y velocidad de cizallamiento es no lineal. (Bourne, 2002)

$$\text{Ec. 3: } \sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n$$

b. Factores que influyen en el comportamiento reológico:

- Temperatura:

En alimentos la temperatura es uno de los factores que afectan sus propiedades reológicas, ya que la variación, aunque sea pequeña, resultará en un cambio significativo en la viscosidad. El efecto de la temperatura sobre la viscosidad es importante en la evaluación de materiales que serán sometidos a variaciones de temperatura en el uso o procesamiento, tales como pasta de almidón, aceites vegetales, etc. (Ibarz & Barboza, 2011)

Esto se puede calcular con la ecuación de Arrhenius:

$$\text{Ec. 4: } \eta_A = \eta_\infty \exp \frac{E_A}{RT}$$

Donde E_a es la energía de activación al flujo, η_∞ es una constante denominada viscosidad de deformación infinita, R la constante de los gases y T la temperatura.

- Efecto concentración:

Soluciones con altos contenidos en sólidos solubles presentan una mayor viscosidad que las diluidas. Para poder evaluar el efecto que produce,

este contenido en sólidos, sobre la viscosidad de los fluidos se han utilizado diversos tipos de ecuaciones. Sin embargo, las más utilizadas han sido una de tipo potencial y otra exponencial (Ibarz & Barboza, 2011):

$$\text{Ec. 5: } \eta = \eta_1(C)^a \quad \eta = \eta_2 \exp(bc)$$

En las que C es el contenido de sólidos del fluido y η_1 , a y b son parámetros a determinar, a partir de los datos de variación de la viscosidad con la concentración, a una determinada temperatura.

- Efecto simultaneo concentración Temperatura:

Para el desarrollo de nuevos productos alimentarios es importante poder encontrar una sola expresión que correlacione el efecto que la temperatura y concentración ejercen sobre la viscosidad. (Ibarz & Barboza, 2011)

Las ecuaciones que generalmente se utilizan son:

$$\text{Ec. 6 } \eta_a = \alpha (C)^{\beta_1} \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad \eta_a = \alpha_2 \exp\left(\beta_2 C + \frac{E_a}{RT}\right)$$

En la que η_a es la viscosidad para fluidos newtonianos, y la viscosidad aparente o índice de consistencia para no newtonianos. Los parámetros α_i y β_i son constantes, mientras que C es la concentración y T la temperatura absoluta.

c. *Aplicación de la reología en los alimentos:*

En la tecnología de alimentos es importante tener en cuenta el comportamiento reológico de los alimentos, ya que la reología influye en las tres categorías principales de aceptabilidad de los alimentos.

- Aspecto:

Existe un componente de la reología que influye en cierto grado en la apariencia. Ya que ciertas propiedades estructurales y mecánicas de algunos alimentos se determinan por su aspecto; Por ejemplo, podemos ver cómo se derrama el jarabe de arce de la botella y cubre el panqueque, con la viscosidad que lo caracteriza. (Bourne, 2002)

- Sabor:

Aunque el sabor no tenga relación directa con la reología. La descomposición de alimentos en la boca, por la trituración de estos, puede afectar de manera proporcional la velocidad de liberación de los compuestos de sabor. (Bourne, 2002)

- Tacto:

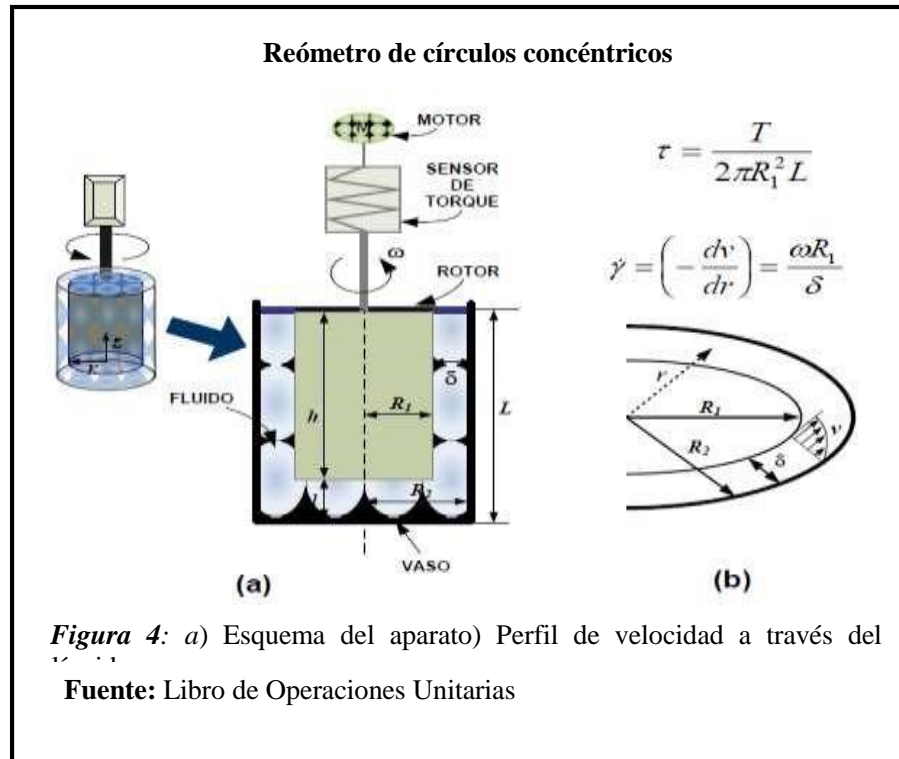
Las propiedades reológicas son un factor importante en la evaluación de la calidad de los alimentos por el sentido del tacto. Cuando sostenemos los alimentos con la mano y presenciamos la deformabilidad y la recuperación después de apretar con frecuencia, podemos obtener alguna idea de su calidad textural. Por ejemplo, el pan fresco es muy deformable mientras que el pan rancio no lo es. (Bourne, 2002)

d. Reómetro de círculos concéntricos:

Estos son también conocidos como viscosímetros concéntricos de cilindro o cupé, en honor del revelador del primer viscosímetro práctico de este tipo.

Este tipo de viscosímetro permite realizar mediciones continuas bajo un conjunto dado de condiciones y permite estudiar los efectos dependientes del tiempo. Mediante el cambio de la velocidad de cizallamiento o magnitud de la tensión es posible obtener mediciones de viscosidad en una gama de condiciones de cizallamiento en la misma

muestra. Puede usarse tanto para fluidos newtonianos como no-newtonianos. Este es el tipo más común de viscosímetro que se utiliza en la industria alimentaria. (Ibarz & Barboza, 2011)



La ecuación de Margules se aplica al flujo de fluidos newtonianos en viscosímetros rotacionales coaxiales:

$$Ec. 7: \quad \eta = \left(\frac{M}{4\pi h \Omega} \right) \left(\frac{1}{R_b^2} - \frac{1}{R_c^2} \right)$$

Donde η es la viscosidad absoluta; M , el par de torsión en la bob o taza; Ω , la velocidad angular del miembro giratorio; h , la longitud del bob en contacto con el fluido; R_b , el radio del bob; R_c , el radio de la copa.

La ecuación de Margules no es aplicable al flujo de fluidos no newtonianos en viscosímetros de rotación coaxial. Se han derivado ecuaciones más complejas para representar o representar aproximadamente el flujo de estos fluidos complejos. Este tipo de viscosímetro puede dividirse en dos clases.

- Clase 1. Tipo Stormer.

La velocidad de cizallamiento se mide bajo un par controlado. Se mantuvo un par de torsión constante en el viscosímetro original del stormer mediante un peso descendente unido a un cordón delgado que pasa sobre una polea y se envuelve alrededor de un tambor que está conectado al rotor bob. La electrónica moderna ha hecho obsoleto este método de alcanzar un par constante, aunque el viscosímetro stormer todavía se puede encontrar en algunos catálogos. (Bourne, 2002)

- Clase 2. Tipo MacMichael.

El par se mide a una velocidad de cizallamiento controlada que es una función del número de revoluciones por minuto del miembro giratorio y la geometría de la célula de ensayo. El primer viscosímetro exitoso de este tipo fue desarrollado por MacMichael en 1915. (Bourne, 2002)

1.3.3. Yogurt estilo griego.

Yogur concentrado se produce mediante la eliminación del suero por medio de la filtración. Es la leche fermentada mediante la acción de las bacterias ácido lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* que dan un aspecto de color entre blanco y crema, textura suave y un sabor ácido característico entre crema y queso cottage, además de una capacidad de dispersarse bastante buena con poca producción de sinéresis. (Segundo, 2014)

El yogur griego ha incrementado su valor de venta esto por consecuencia a que posee propiedades nutricionales superiores frente a un yogur normal, por otro lado, posee un alto contenido de proteínas y un mayor número de bacterias benéficas. (Segundo, 2014)

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la incorporación de las mezclas de Goma xantana (*Xanthomonas Campestris*), algarrobo (*Prosopis Pollida*) y tara (*Caesalpinia Spinosa*) en las propiedades reológicas y sensoriales del yogurt tipo griego?

1.4.1. Delimitación.

La investigación se desarrolló en dos etapas:

- La elaboración de yogurt tipo griego se realizó en las instalaciones de la Universidad Señor Sipán, en el área de Planta Piloto ubicado en el Distrito Pimentel – Chiclayo.
- Los análisis reológicos se desarrollaron en las instalaciones de la Universidad Nacional de Trujillo, en el laboratorio de procesos agroindustriales ubicado en la provincia de Trujillo – La Libertad.

1.4.2. Limitación.

La privación para la comercialización de goma de tara y algarrobo fue una de las limitaciones en el retraso de la elaboración de yogurt tipo griego, otra de las restricciones fue el no contar con el equipo adecuado para analizar los parámetros reológicos del yogurt tipo griego por lo que se recurrió a la Universidad Nacional de Trujillo para poder realizar los análisis experimentales.

1.5. Justificación

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los hidrocoloides o gomas son exudados formados en el sitio de injuria de las plantas y constituyen un grupo complejo de polisacáridos. Las gomas pueden obtenerse de manera

natural o modificada químicamente y se emplean como aditivos en la industria alimentaria, como emulsificantes y estabilizante en pequeñas cantidades. (FAO, 1997)

En los últimos años se han realizado estudios sobre la aplicación de las gomas como agentes de textura. Una de esas investigaciones emplea la goma xantana y la goma de tara como estabilizante para el ketchup, con el objetivo de evaluar el efecto de concentración de estas gomas sobre la viscosidad y la estabilidad del ketchup almacenándolo en un periodo de cuatro meses a temperatura ambiente. El ketchup elaborado con goma de xantana mantuvo su consistencia, pero no su sabor, mientras que el ketchup que contenía goma de Tara no presentaba buena textura, pero si mantenía sus propiedades sensoriales. (Espino, 2009)

Por lo anterior, se planteó el siguiente trabajo de investigación para estudiar el comportamiento reológico de las mezclas de goma xantana (*Xanthomonas campestris*), goma de algarrobo (*Prosopis pollida*) y goma de tara (*Caesalpinia spinosa*), ya que hasta la actualidad no se aplican industrialmente en la estabilización de alimentos, con la intención de sustituir las gomas químicas y aprovechar la materia prima para la extracción de las gomas de origen natural.

1.6. Hipótesis

Hi: Al incorporarse en la formulación una proporción de estabilizantes de 40% de goma xantana (*Xanthomonas Campestris*), 30% de goma de tara (*Caesalpinia Spinosa*) y 30% de goma de algarrobo (*Prosopis Pollida*) permite obtener un yogurt tipo griego con las mejores características reológicas y sensoriales.

Ho: Al incorporarse las diferentes formulaciones de estabilizantes a base de goma xantana (*Xanthomonas Campestris*), goma de tara (*Caesalpinia Spinosa*) y goma de algarrobo (*Prosopis Pollida*) no afectaran en las características reológicas y sensoriales de yogurt tipo griego.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General.

“Evaluar el efecto de la incorporación de las mezclas de goma xantana (*Xanthomonas campestris*), algarrobo (*Prosopis pollida*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en las propiedades reológicas y sensoriales del Yogurt tipo griego”.

1.7.2. Objetivos Específicos.

- Formular las diferentes mezclas de estabilizantes a base de goma Xantana (*xanthomonas campestris*), goma de algarrobo (*Prosopis pollida*) y goma de tara (*Caesalpinia spinosa*).
- Evaluar las propiedades reológicas y sensoriales de las diferentes formulaciones de estabilizante en el yogurt tipo griego.
- Determinar la formulación óptima de la mezcla de estabilizantes que permita su aplicación en el yogurt tipo griego.
- Realizar la caracterización viscoelástica de la mejor formulación.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Tipo de investigación.

La presente investigación, según su finalidad fue aplicada, ya que se logró evaluar la deformación de las mezclas de gomas incorporado en un yogurt tipo griego, sometido a un esfuerzo cortante.

Según el control de variables es cuantitativa por que buscó explicar la relación que existe entre las diferentes temperaturas y formulaciones de estabilizantes en las propiedades reológicas y sensoriales del yogurt tipo griego.

Según su contexto fue de laboratorio; ya que las condiciones de investigación fueron creadas de manera intencional en las instalaciones de este, para conseguir el manejo de las variables independientes con rigurosidad y mayor dominio de la situación y obtener mejores resultados de las variables dependientes.

2.1.2. Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación fue experimental porque se manipuló las variables independientes (formulaciones) para observar y establecer sus efectos sobre variables dependiente (propiedades reológicas y sensoriales).

2.2. Métodos de Investigación

2.2.1. Caracterización fisicoquímica de la leche.

2.2.1.1. Método de Acidez Titulable.

Se determinó el porcentaje de ácido láctico, por titulación con NaOH (Hidróxido de Sodio) a 0.1 N, empleando fenolftaleína en solución alcohólica. La acidez de la leche se expresó en porcentaje de ácido láctico. (Grados Dornic).

$$\text{Ec. 8: } \% \text{ de ácido láctico} = \frac{v \times f \times 0.9}{m}$$

Donde:

V = volumen de solución de NaOH, 0.1 N gastado en la titulación (mL)

f = factor de corrección de la solución de NaOH 0.1 N

m = masa de muestra en gramos

2.2.1.2. Densidad.

La leche se determinó con un lactodensímetro a 20°C, de modo que cuando flotó libremente dentro de la leche, sin tocar las paredes del recipiente, se tomó lectura a nivel de la superficie con visual horizontal. Considerando que la densidad de la leche puede fluctuar entre 1.028 a 1.034 g/cm³.

2.2.1.3. Prueba de Alcohol.

Se tomaron muestras de 2 mL de leche y se agregan 2 mL de alcohol a 68°, se mezclaron en partes iguales para observar la presencia de coagulación. La leche fresca tiene una acidez de 14 – 16° Dornic, cuando alcanza 20°D, la caseína se precipita. (NTP 201.001 , 2003)

2.2.2. Caracterizaciones reológicas de las gomas.

Se procedió a preparar una mezcla con las diferentes gomas, y se evaluó el comportamiento reológico según se detalla en el acápite siguiente del comportamiento reológico de yogurt tipo griego.

2.2.3. Análisis del comportamiento reológico de yogurt tipo griego.

El estudio del comportamiento reológico del yogurt tipo griego realizó a temperaturas de 10°C, 20°C, 30°C y 40°C, para las diferentes mezclas de estabilizantes, según la matriz experimental.

Las medidas reológicas se obtuvieron en el Reómetro Digital Hake Mars 60, este equipo es controlado por medio de computadora, permitiendo controlar la temperatura, esfuerzo cortante y velocidad de deformación. Los experimentos se realizaron por duplicado utilizando para cada repetición una nueva muestra.

Para determinar el comportamiento reológico y barridos de frecuencia se procedió de la siguiente manera:

- Las medidas reológicas se realizaron a $25 \pm 0,1$ ° C en un reómetro (modelo HAAKE MARS 60, Thermo scientific, Alemania), utilizando las probetas plato plano TMP35 y el rotor P35/Ti tanto los análisis de curva de flujo como para los de barradura de frecuencia.
- Las propiedades de flujo se determinaron con el aumento de la velocidad de cizallamiento, de 0,1 a 500 s⁻¹. Los datos experimentales se evaluaron ajustando los datos al modelo de Herschel-Bulkley

$$\tau = T_0 + K\dot{\gamma}^n$$

- τ (Pa) es la tensión de cizallamiento, τ_0 (Pa) es la tensión de fluencia, K es el índice de consistencia (Pa sn), y n es el índice de comportamiento de flujo (Shah, Masoodi, Gani, & Anhwar, 2016).
- En los ensayos de barradura de frecuencia se fijó un valor de deformación oscilatoria para una región de viscoelasticidad lineal. Estas pruebas se realizaron a una frecuencia ascendente desde 0.1 a 10 Hz. Como respuesta se obtuvieron los módulos viscoelásticos (G' , G''), tangente de ángulo de fase $\tan(\delta)$ (G''/G') y la viscosidad compleja $|\eta^*|$

2.2.4. Análisis Sensorial del yogurt tipo griego.

Se realizó un análisis sensorial para evaluar la calidad organoléptica del yogurt tipo griego, para ello se contó con panelistas semientrenados que pertenecen a la escuela de ingeniería agroindustrial y comercio exterior. Previamente los panelistas fueron entrenados con la apreciación de color, olor, sabor y textura. Después se seleccionaron a los panelistas mediante pruebas sensoriales dúo-trío.

Se seleccionaron un total de 20 panelistas, los cuales apreciarán simultáneamente todas las formulaciones. Las muestras fueron elaboradas previamente a un mismo tiempo y en con la misma cantidad de leche, azúcar, leche en polvo e inóculo (1 150 mL de leche, adicionando 100 g de azúcar y 60 g de leche en polvo y 50 mL de inóculo). Los panelistas evaluaron los siguientes parámetros sensoriales olor, color, sabor (sensación bucal) y apariencia general a través de un análisis de degustación.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población.

Las gomas xantana (*Xanthomonas campestris*), goma algarrobo (*Prosopis pollida*) y goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) para la investigación fueron procedentes del departamento de Lima.

La leche de vaca para la elaboración de yogurt fue procedente del distrito de la Victoria del departamento de Lambayeque.

2.3.2. Muestra.

La muestra fue elegida de la población, la cual se calculó por el número de experimentos en el caso de las gomas será 1kg cada una (Xantana, Algarrobo y Tara) y leche 20 litros.

2.4. Variables y operacionalización.

2.4.1. Variables

Variables independientes.

- Diferentes formulaciones de gomas
Goma xantana: 0 – 100%
Goma de algarrobo: 0-100%
Goma de tara: 0 – 100%

- Temperatura: 10 °C, 20°C, 30°C y 40 °C
-

Variables dependientes.

- **Parámetros reológicos**
Índice de consistencia

Índice de comportamiento al flujo

Viscoelasticidad

- **Propiedades sensoriales**

Sabor

Color

Olor

Apariencia general

2.4.2. Operacionalización.

En la tabla 2, se presenta la operacionalización de las variables dependientes independientes.

Tabla 2: Operacionalización de las variables independientes y dependientes.

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos
Formulación de gomas	Rango	%	Proporciones Peso/volumen
	Goma de Algarrobo	0 – 100	
temperatura	Goma xantana		
	10, 20, 30 y 40.	°C	Sensor de temperatura
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos
Índice de consistencia		$PasS^n$	Reómetro con probeta de cilindros concéntricos
Índice de comportamiento Viscoelasticidad	Adimensional	Pas f en Herz $m Pa$	Reómetro con probeta plato plano

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información

2.5.1. Instrumentos de recolección de datos.

2.5.1.1. *Materiales.*

- Vasos de precipitación de 100 ml (250ml, 500ml – Boro 3.3): 4 unidades
- Probetas de 1 000 mL (20C ± 10 ml – Kyntel): 2 unidades
- Cucharita con espátula: 1 unidad

2.5.1.2. *Equipos e instrumentos.*

- Bureta automática (50ml; ±0.10 ml)
- Lactodensímetro (20°C)
- Alcohómetro
- Termómetro (0 –120 °C)
- Balanza analítica digital (GX-AE/A)
- Incubadora
- Reometro Haake Mars 60, con las probetas plato plano TMP35 y el rotor P35/Ti
- Ficha de Evaluación Sensorial.

2.5.1.3. *Descripción de los equipos.*

- Balanza analítica *digital*.

Es un instrumento que sirve para medir pequeñas masas, en un rango menor del miligramo, con mayor exactitud y es usado comúnmente en los laboratorios.

- *Reometro Haake Mars 60.*

Es un equipo avanzado y modular, altamente flexible, que sirve para determinar el comportamiento reológico de los fluidos empleando como accesorio el zylinder Rotor de tipo CC25. Permitiendo evaluar el comportamiento reológico de cada una de las muestras con pequeñas cantidades y a las temperaturas requeridas.

2.6. Procedimientos para recolección de datos.

2.6.1. Acondicionamiento de materia prima para la obtención de yogurt tipo griego.

- Recepción.

Se recepcionó la leche procedente del distrito de la Victoria Lambayeque, y los insumos a emplearse en la elaboración de yogurt tipo griego, verificando su fecha de vencimiento y producción.

- Formulación.

En esta etapa se pesaron en una balanza, la materia prima e insumos según las formulaciones de cada ensayo-operación. Esta operación nos permitió establecer la cantidad de materia prima que se necesita; y además determinar el rendimiento final y cuanto se va perdiendo en cada proceso.

- Estandarización.

Para cada formulación se añadió azúcar blanca al 10% y leche en polvo al 6% a una temperatura de 45°C, con la finalidad de darle el dulzor adecuado y elevar los sólidos totales. También se incorporaron las gomas, previamente licuadas y tamizadas a 60°C, en cantidades según la matriz experimental. Los insumos fueron mezclados manualmente.

- Pasteurización.

En esta etapa la leche se calienta hasta alcanzar la temperatura de 85°C y se mantiene a esta temperatura por 10 minutos, para cada una de las formulaciones.

- Homogenización.

Concluida la etapa de pasteurización mezclamos la leche para evitar la formación de grumos procedentes de los estabilizantes.

- Enfriamiento 1.

Después de la homogenización, se enfrió la leche hasta que alcance los 45°C.

- Inoculación.

Consistió en adicionar a la leche el fermento que contiene *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus* que lo transformaron en yogurt.

- Envasado *aséptico*.

Se procedió a envasar cada formulación de aproximadamente 500 mL, en frascos de vidrio previamente esterilizados y codificados.

- Incubación.

Adicionado el fermento y envasado la leche debe mantenerse a 45°C hasta que alcance un pH igual o menor a 4,6. Y se incubó durante 6 horas.

- Enfriamiento 2.

Transcurrida las 6 horas, se enfrió el yogurt hasta que se encuentre a 15°C de temperatura, con la finalidad de paralizar la fermentación láctica y evitar que el yogurt tipo griego continúe acidificándose.

- Batido.

Después del enfriamiento se realizó el batido con la finalidad de romper el coágulo y uniformizar la textura del yogurt tipo griego.

- Almacenamiento.

Se almacenaron los frascos de yogurt estilo griego a 8°C

Diagrama de flujo del yogur estilo griego

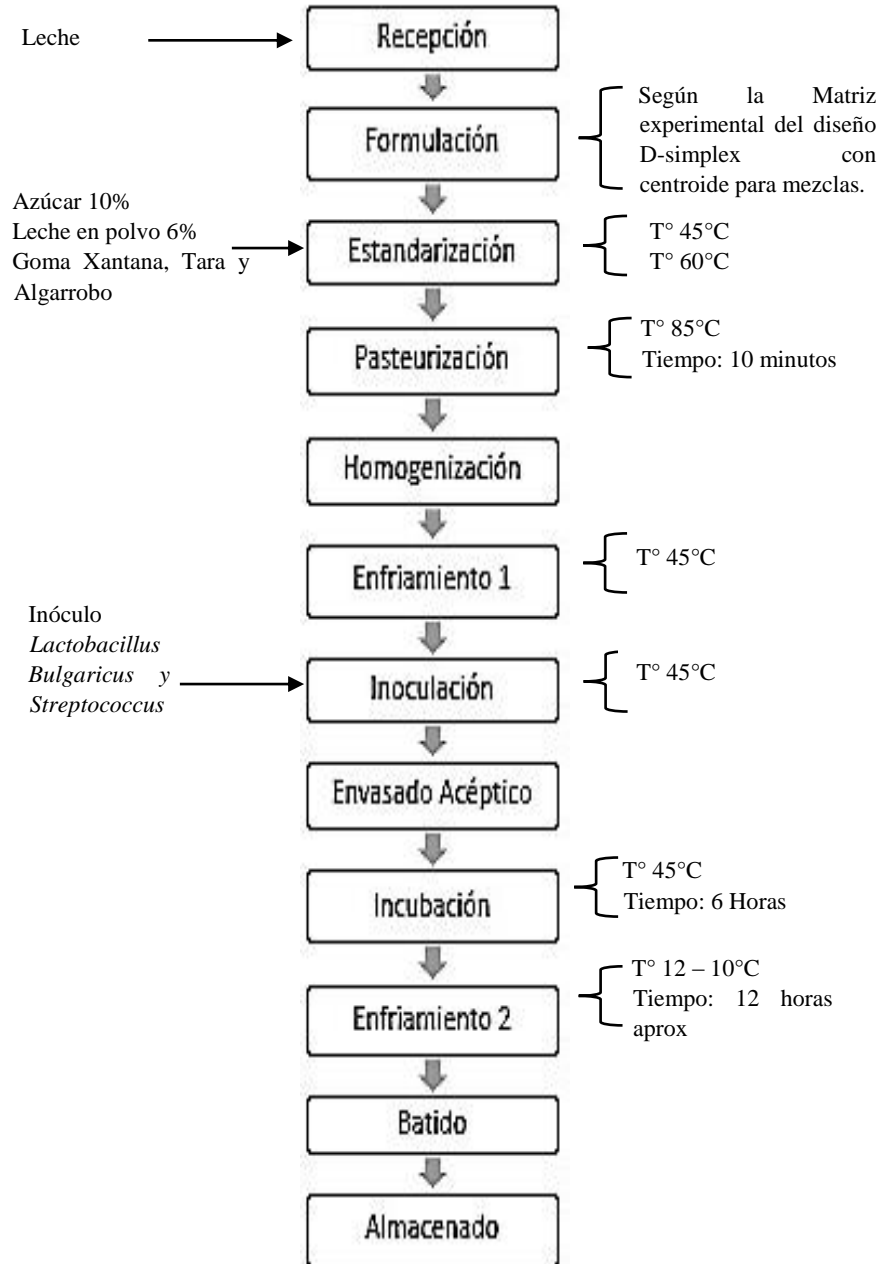


Figura 5: Flujo de proceso para elaboración de yogur estilo griego.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. Diseño estadístico.

Se aplicó el diseño de simplex con centroide para mezclas, para lo cual se trabajó con en el software Design Expert V. 7.0. La matriz experimental de los diferentes tratamientos (Formulaciones) se presenta en la tabla 3.

Una vez obtenido los resultados de las variables dependientes, se procedió a realizar el análisis de varianza para cada una variable dependiente, y se ajustaron a un modelo cuadrático. Se realizó la optimización de las formulaciones a partir de los modelos matemáticos.

Tabla 3: Matriz experimental según diseño simplex con centroide.

Corrida	Componente 1	Componente 2	Componente 3
	A: Goma xantana	B: Goma de Tara	C: Goma de algarrobo
	%	%	%
1	0	0	100
2	17	17	67
3	100	0	0
4	67	17	17
5	0	100	0
6	17	67	17
7	0	100	0
8	50	50	0
9	0	0	100
10	100	0	0
11	0	50	50
12	50	50	0
13	33	33	33
14	50	0	50

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Procedimiento de análisis de datos.

2.7.1. Análisis Sensorial.

Para la evaluación sensorial del yogurt tipo griego, se empleó como técnica de recolección de datos la escala lineal de medición por intervalos, en la que se identificó con me agrada y desagrada al inicio y al final de la escala respectivamente, con una extensión de 10 cm. Con un número total de 4 categorías por formulación (olor, color, sabor y apariencia).

2.7.2. Análisis en reómetro de cilindros concéntricos del yogurt tipo griego.

Las medidas reológicas fueron obtenidas en el Reómetro Haake Mars 60, este equipo es controlado por medio de computadora, permitiendo controlar la Temperatura, Esfuerzo Cortante y Velocidad de Deformación. Los experimentos fueron realizados por duplicado utilizando para cada repetición una nueva muestra.

Para evaluar la tixotropía de la muestra, ésta se sometió a un gradiente de velocidad constante o velocidad de deformación de 1 s^{-1} durante 10 min y se registraron los valores del esfuerzo cortante en función del tiempo a temperaturas de 10°C , 20°C , 30°C y 40°C , para la formulación ideal.

Para determinar el comportamiento reológico y barridos de frecuencia se procedió de la siguiente manera:

- Las medidas reológicas se realizaron se realizaron a $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ en un reómetro (modelo HAAKE MARS 60, Thermo scientific, Alemania), utilizando las probetas plato plano TMP35 y el rotor P35/Ti tanto los análisis de curva de flujo como para los de barradura de frecuencia.

- Las propiedades de flujo se determinaron con el aumento de la velocidad de cizallamiento, de 0,1 a 500 s⁻¹. Los datos experimentales se evaluaron ajustando los datos al modelo de Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$$

- τ (Pa) es la tensión de cizallamiento, τ_0 (Pa) es la tensión de fluencia, K es el índice de consistencia (Pa sn), y n es el índice de comportamiento de flujo (Shah, Masoodi, Gani, & Anwar, 2016).

- En los ensayos de barradura de frecuencia se fijó un valor de deformación oscilatoria para una región de viscoelasticidad lineal. Estas pruebas se realizaron a una frecuencia ascendente desde 0.1 a 10 Hz. Como respuesta se obtuvieron los módulos viscoelásticos (G' , G''), tangente de ángulo de fase $\tan(\delta)$ (G''/G') y la viscosidad compleja $|\eta^*|$

2.8. Procedimiento de Análisis de datos.

Los datos obtenidos de la evaluación sensorial (olor, color, sabor y apariencia), los datos de esfuerzo cortante σ y velocidad deformación $\dot{\gamma}$ fueron registrados y analizados en hoja de cálculo Excel y Desin Expert V.7.0. Una vez obtenidos los resultados experimentales, se procedió a realizar el análisis de varianza de cada una de las variables dependientes y se ajustaron a un modelo cuadrático. Para la optimización de las formulaciones se realizaron a partir de los modelos matemáticos, con un intervalo de confianza del 95% para los resultados experimentales y los modelos ajustados se calcularon con el parámetro estadístico coeficiente de determinación (R^2) para determinar el mejor ajuste de los datos.

2.9. Criterios Éticos

La investigación no es solo un acto técnico, es ante todo un ejercicio de acto responsable, y desde esta perspectiva en la investigación se respetó el principio de autonomía de autores ya que nos referimos a un aspecto de la ética profesional ya que no existió adulteración a la información. En la investigación no se realizó ninguna alteración con respecto a la parte experimental, ya que nuestros principios éticos son fundamentales en nuestra investigación.

2.10. Criterios de Rigor Científico

La información requerida para el desarrollo de este trabajo fue tomada con consentimiento informado que responde a una ética kantiana donde los seres humanos deben ser tratados como un fin en sí mismos y nunca como un medio para conseguir algo. Es importante reconocer que la información suministrada se convierte en un elemento que influye en la autenticidad del estudio. (Noreña, 2015, pág. 26)

Dichos estudios son estudios validados científicamente, así mismo los resultados obtenidos en el estudio fueron plasmados tal y como se obtuvieron y no fueron modificados, permitiendo generar confianza y credibilidad en la investigación.

Los códigos de ética hacen énfasis en la seguridad y protección de la identidad de la investigación de los participantes. El manejo de riesgos en la investigación nos permite como investigadoras cumplir con las responsabilidades y obligaciones adquiridas. Una vez concluida la investigación se procedió a hacer un análisis comparativo entre los datos aportados en el desarrollo del proyecto y los obtenidos, dando mayor confiabilidad al estudio.

2.11. Validación y confiabilidad

La ficha de evaluación sensorial fue validada con una revisión previa, por un experto.

III.REPORTE DE RESULTADOS

3.1. Caracterización fisicoquímica de la leche.

Para la caracterización fisicoquímica de la leche cruda, se realizó los siguientes análisis: porcentaje de ácido láctico (%AL) por el método AOAC-947.05, densidad de la leche por el método AOAC-925.22, usando un lactodensímetro (20°C) y para el pH se tomó una muestra (25ml) y se realizó la lectura con el potenciómetro.

Tabla 4: Valores de la caracterización fisicoquímica de la leche cruda.

Análisis	Resultados
Sólidos totales (°Brix)	10
Acidez (°Dornic)	0.15
Densidad (g/mL)	1.0300
Prueba de Alcohol (74& v/v)	No coagulable
Ph	6.75

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se puede observar los valores de los análisis fisicoquímicos de leche cruda, con lo que se elaboró las formulaciones de yogurt tipo griego. La leche cruda mostró una acidez titulable de 0.15%, 10 °Brix. Para determinar el pH de la leche, se utilizó un potenciómetro generando como resultado un valor de 6.75, lo cual se considera aceptable. Además, en la prueba de alcohol, la leche dio negativa, ya que las partículas de caseína no coagularon. Después para la medición de densidad se empleó un lactodensímetro graduado de 1.000 - 1.100 a 20°C, en la que se determinó un valor de 1.0300 g/ml. Por ello todos los valores obtenidos durante los análisis fisicoquímicos son aceptables, porque están dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana.

3.2. Evaluación Sensorial:

3.2.1. Sabor:

Tabla 5: Análisis de la tabla de varianza para el sabor (Suma parcial de cuadrados - Tipo III)

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de Libertad (df)	Medio cuadrado	F Valor	p-Valor Prob > F	
Modelo	25.78	5	5.16	4.79	0.0253	significativo
<i>^LMezcla</i>	13.98	2	6.99	6.50	0.0210	
<i>Lineal</i>						
<i>AB</i>	10.34	1	10.34	9.62	0.0146	
<i>AC</i>	1.42	1	1.42	1.32	0.2834	
<i>BC</i>	0.11	1	0.11	0.10	0.7577	
Residual	8.60	8	1.08			
<i>Falta de ajuste</i>	7.21	4	1.80	5.19	0.0700	no significativo
<i>Error Puro</i>	1.39	4	0.35			
Cor Total	34.38	13				
R²	0.7498					

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 5, el modelo es significativo ya que tiene un p-valor de 0.0253 el cual es menor al p-tabla que es 0.05 (confiabilidad de 95%). Los términos lineales A, B, C y la interacción AB son estadísticamente significativos por tener un p-valor menor a 0.05. Se puede observar el ajuste de datos tiene un valor de coeficiente de determinación (R^2) de 0.7498 el cual es adecuado para evaluación sensoriales ya que esas son análisis subjetivos.

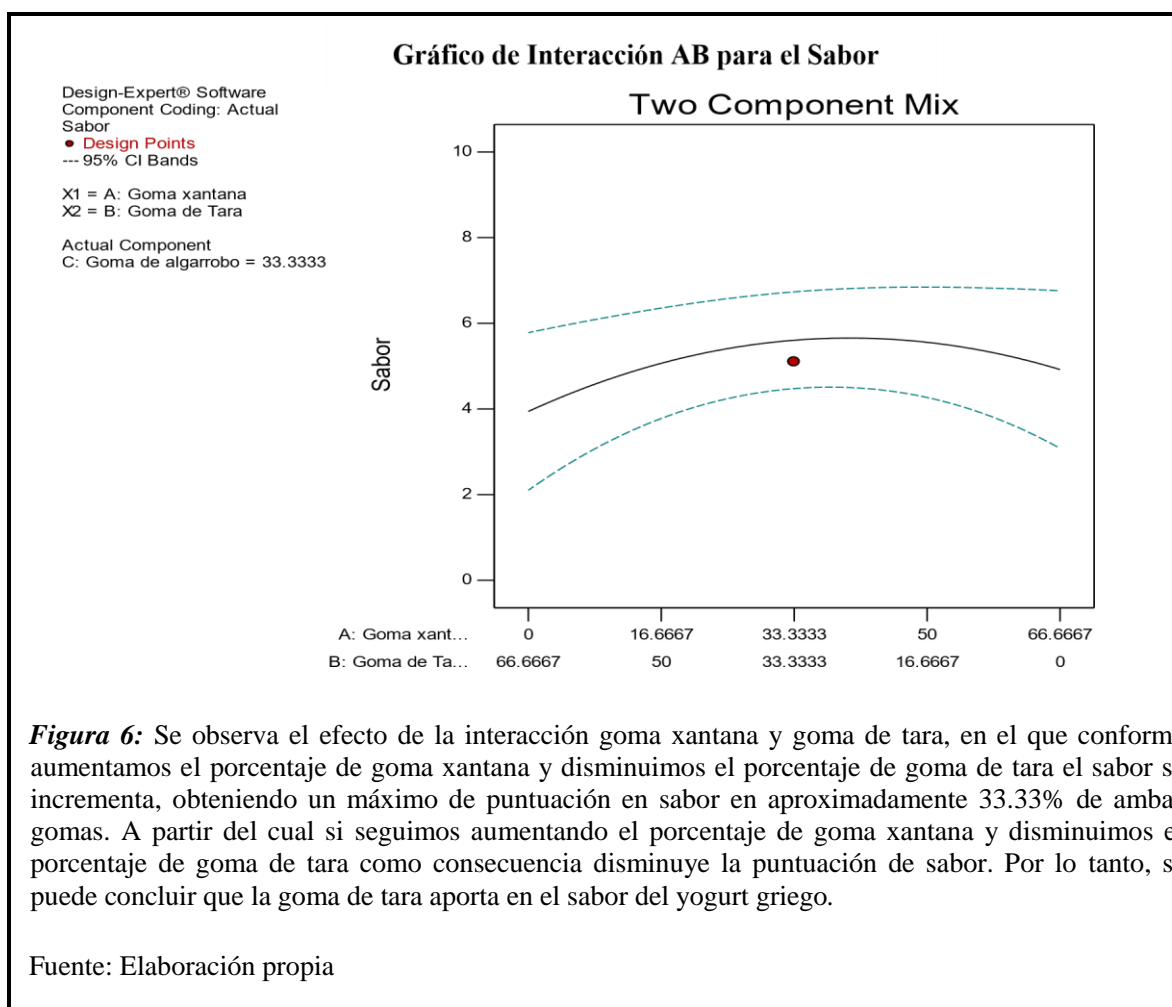
En la ecuación 9 se presenta el modelo matemático codificado según el diseño experimental, y en la ecuación 10 el modelo decodificado según las variables estudiadas para el sabor.

Ec. 9: Modelo matemático codificado para el sabor.

$$\text{Sabor} = +5.78 * A + 2.31 * B + 6.34 * C + 10.56 * (AB) - 4.69 * (AC) + 1.30 * (BC)$$

Ec. 10: Modelo matemático decodificado para el sabor.

$$\text{Sabor} = +0.057788 * GX + 0.023115 * GT + 0.063378 * GA + 1.05591E - 003 * (GX * GT) - 4.69335E - 004 * (GX * GA) + 1.30308E - 004 * (GT * GA)$$



Gráficos de Superficie Respuesta para el Sabor

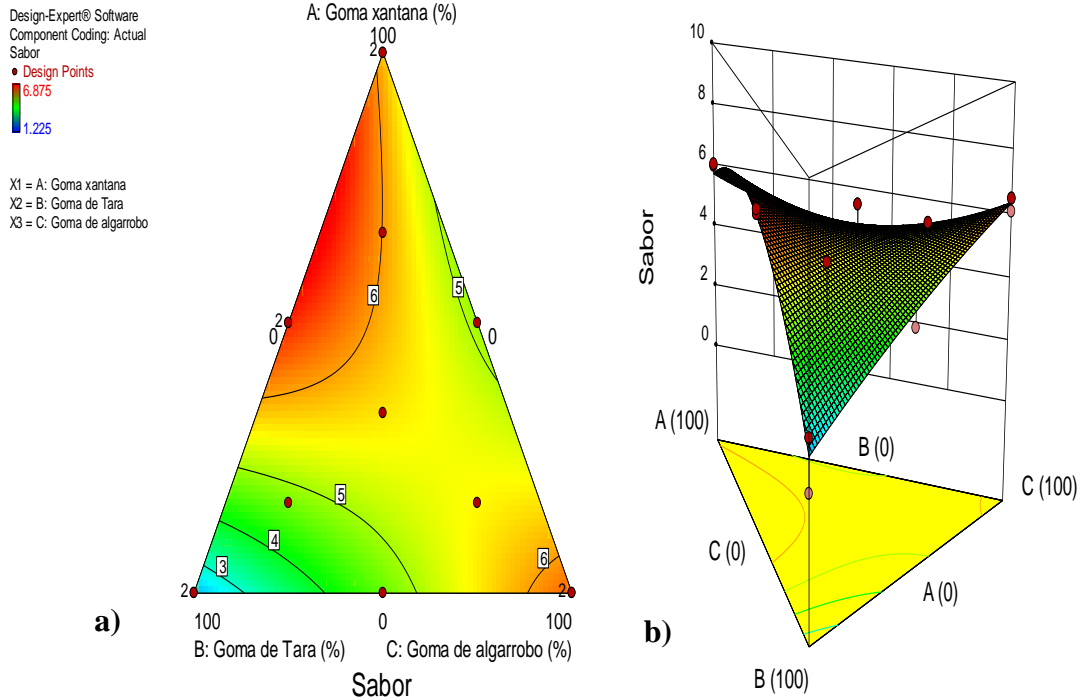


Figura 7: Efecto de los porcentajes de goma xantana, tara y algarrobo en el sabor del yogurt tipo griego. A) Gráfico de contorno b). Gráfico de 3D.

Se aprecia que, a menor porcentaje de goma de algarrobo, el sabor se incrementa, y a mayor porcentaje de goma xantana el sabor tiende a ser más agradable para los panelistas. También se puede observar que, si el yogurt es elaborado sólo con goma de algarrobo el sabor aumenta. En conclusión, las 3 gomas en conjunto no aportan en el sabor, obteniendo mejores valores de puntuación la formulación con goma xantana y goma de tara o la formulación con goma de algarrobo.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Apariencia General.

Tabla 6: Análisis de la tabla de varianza para la apariencia general (Suma parcial de cuadrados - Tipo III)

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de Libertad (df)	Medio cuadrado	F Valor	p-Valor Prob > F	
Modelo	27.16	5	5.43	4.82	0.0250	significativo
<i>Mezcla Lineal</i>	15.34	2	7.67	6.81	0.0188	
<i>AB</i>	4.43	1	4.43	3.93	0.826	
<i>AC</i>	5.92	1	5.92	5.25	0.0511	
<i>BC</i>	2.15	1	2.15	1.90	0.2050	
Residual	9.02	8	1.13			
<i>Falta de ajuste</i>	7.66	4	1.92	5.65	0.0611	no significativo
<i>Error Puro</i>	1.36	4	0.34			
Cor Total	36.17	13				
R²	0.7507					

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 6, el modelo es significativo ya que tiene un p-valor de 0.0250 el cual es menor al p-tabla que es 0.05 (confiabilidad de 95%). De las cuales, solo la interacciones AC es estadísticamente significativo por tener un p-valor menor a 0.05. En este caso A, B y C son estadísticamente significativos por tener un p-valor menor a 0.05. Se puede observar el ajuste de datos y tiene un valor de coeficiente de determinación (R^2) de 0.7507 el cual es adecuado para evaluación sensoriales ya que esas son análisis subjetivos.

En la ecuación 11 se presenta el modelo matemático codificado según el diseño experimental, y en la ecuación 12 el modelo decodificado según las variables estudiadas para la apariencia general del yogurt tipo griego.

Ec. 11: Modelo matemático codificado para la apariencia general.

$$\text{Apariencia General} = 6.34 * A + 2.17 * B + 6.38 * C + 6.91 * (AB) - 9.58 * (AC) + 5.77 * B$$

Ec. 12: Modelo matemático decodificado para la apariencia general.

Apariencia General

$$= +0.063406 * GX + 0.021728 * GT + 0.063842 * GA + 6.91383E - 004 * (GX * GT) - 9.57701E - 004 * (GX * GA) + 5.76585E - 004 * (GT * GA)$$

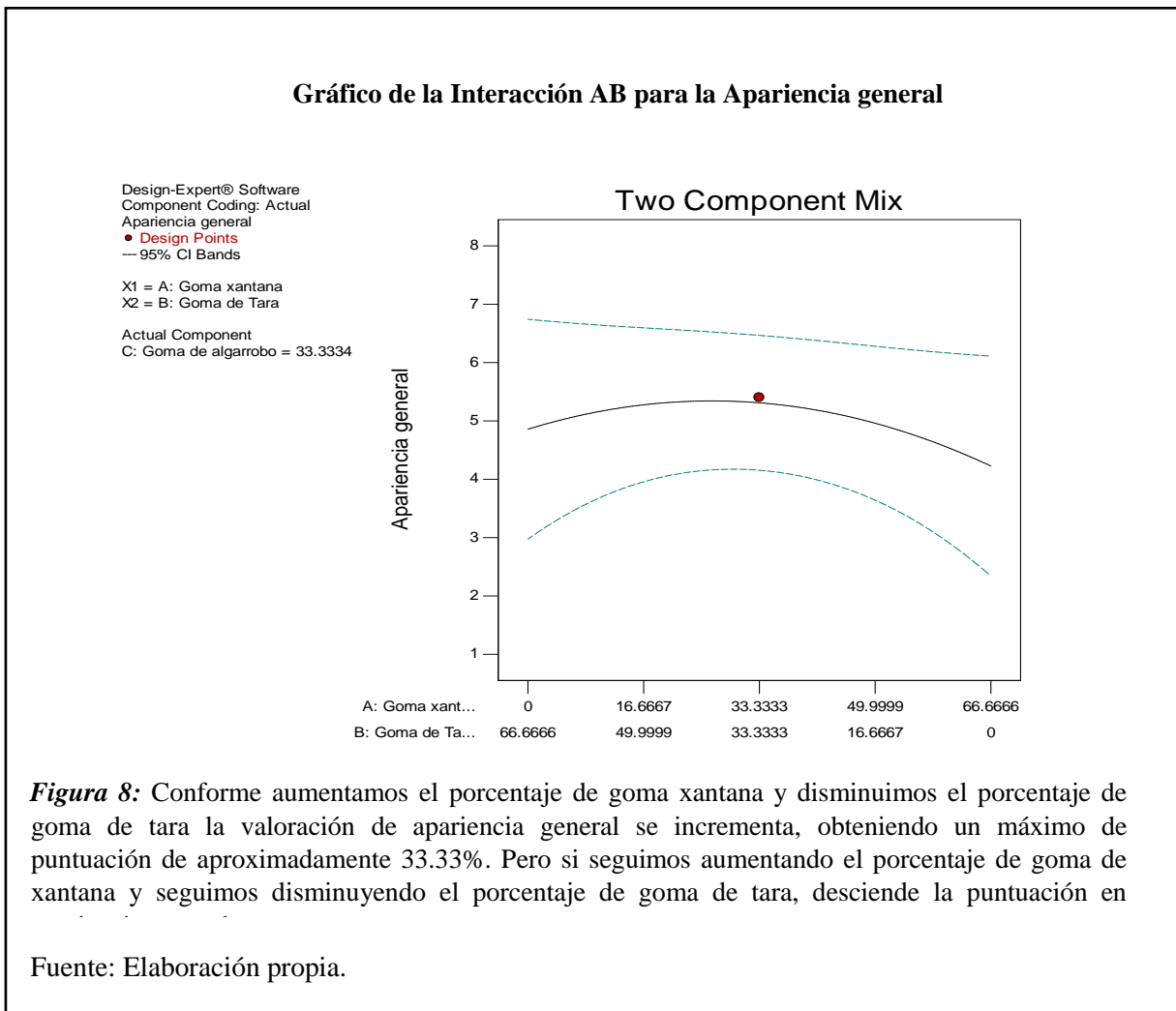


Gráfico de la Interacción AC para la Apariencia general

Figura 9: Se observa que mientras disminuimos el porcentaje de goma xantana la puntuación en apariencia general disminuye, ya que le incorporamos goma de algarrobo, ambas hasta aproximadamente 33.33%. Pero al incorporar mayor porcentaje de goma xantana y menor porcentaje de goma de algarrobo la valoración en apariencia general se incrementa.

Fuente: Elaboración propia.

Gráficos de Superficie Respuesta para la Apariencia General

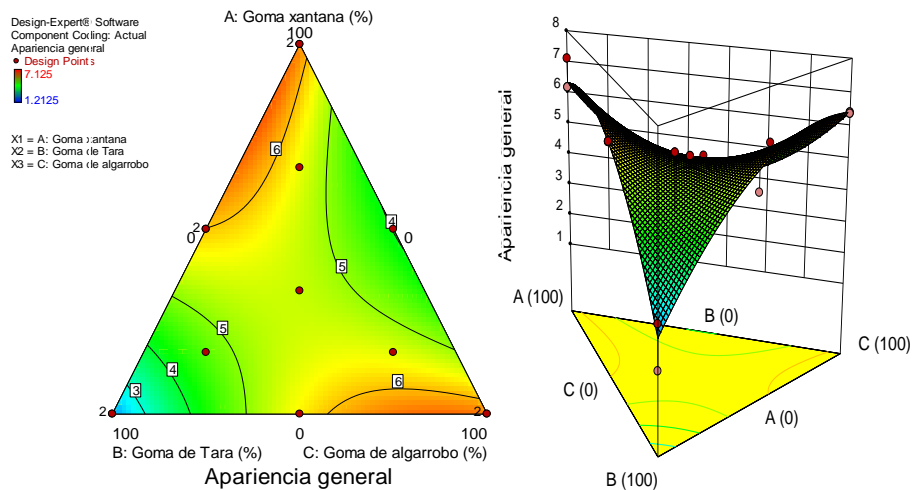


Figura 10: Se observa que a menor concentración de goma de algarrobo la apariencia general obtiene mayor puntuación. Siendo la mejor formulación para los panelistas la que contiene mayor concentración de goma xantana y goma de tara. También se puede observar que para un grupo menor de panelistas la apariencia general es mejor cuando trabajamos con la formulación de goma de algarrobo y goma de tara, pero la concentración de goma de algarrobo tiene que ser mucho mayor que la goma de tara.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Evaluación reológica.

3.3.1. Índice de consistencia:

Tabla 7: Análisis de la tabla de varianza para el índice de consistencia (Suma parcial de cuadrados - Tipo III)

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad (df)	Medio cuadrado	F Valor	p-Valor Prob > F	
Modelo	387.78	5	77.56	22.91	0.0002	significativo
Mezcla	214.83	2	107.41	31.72	0.0002	
Lineal						
AB	14.56	1	14.56	4.30	0.0718	
AC	110.48	1	110.48	32.63	0.0004	
BC	32.96	1	32.96	9.74	0.0142	
Residual	27.09	8	3.39			
Falta de ajuste	24.88	4	6.22	11.29	0.0188	No significativo
Error puro	2.20	4	0.55			
Cor Total	414.86	13				
R²	0.9347					

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 7, el modelo es significativo ya que tiene un p-valor de 0.0002 el cual es menor al p-tabla que es 0.05 (confiabilidad de 95%). En este caso las interacciones AB, AC y BC son estadísticamente significativos por tener un p-valor menor a 0.05. Se puede observar el ajuste de datos tiene un valor de coeficiente de determinación (R cuadrado) de 0.9347 el cual es adecuado para evaluación sensoriales ya que esas son análisis subjetivos.

En la ecuación 13 se presenta el modelo matemático codificado según el diseño experimental, y en la ecuación 14 el modelo decodificado según las variables estudiadas.

Ec. 13: Modelo matemático codificado para el índice de consistencia.

Índice de consistencia

$$= +2.50 * A + 8.32 * B + 15.99 * C - 12.53 * AB - 41.36 * AC - 22.59$$

Ec. 14: Modelo matemático decodificado para el índice de consistencia.

Índice de consistencia

$$= 0.025019 * \text{Goma xantana} + 0.083229 * \text{Goma de Tara} + 0.15991 * \text{Goma de Algarrobo} - 1.25305E * \text{Goma xantana} * \text{Goma de tara} - 4.13680E * \text{Goma xantana} * \text{Goama de algarrobo}.$$

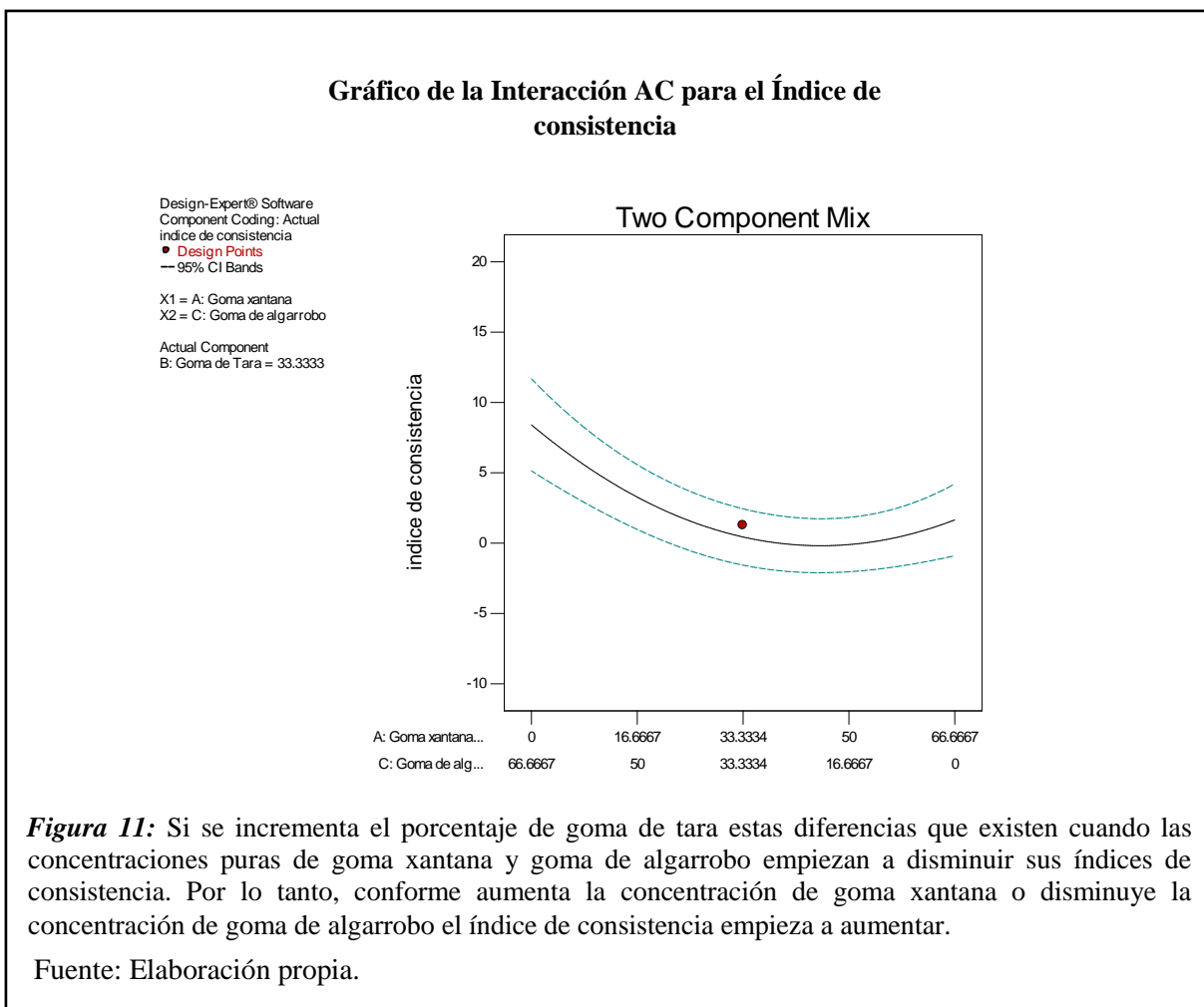


Gráfico de la Interacción BC para el Índice de consistencia

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
índice de consistencia
● Design Points
-- 95% CI Bands

X1 = B: Goma de Tara
X2 = C: Goma de algarrobo

Actual Component
A: Goma xantana = 33.3333

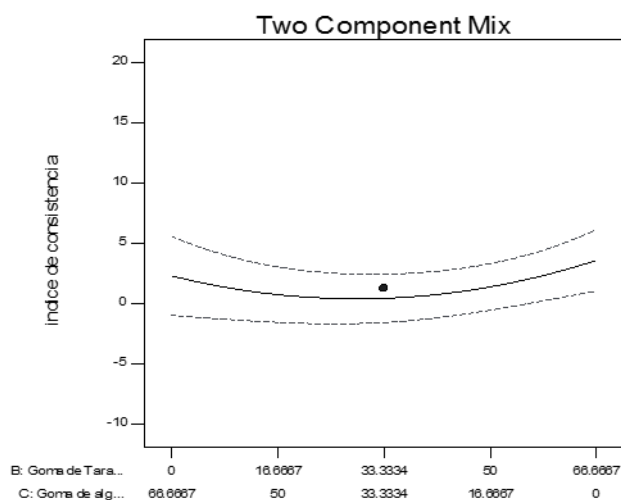


Figura 12: Cuando se incrementa la concentración de goma de tara y se reduce la concentración de goma de algarrobo el índice de consistencia empieza a disminuir hasta un 33.33% a partir del cual si se aumenta el porcentaje de goma de tara y se reduce la concentración de goma de algarrobo este índice de consistencia empieza a aumentar.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico de la Interacción ABC para el Índice de consistencia

Figura 13: En la imagen anterior se puede percibir el índice de consistencia de la goma xantana (*Xanthomonas campestris*) representada por la letra A, goma de algarrobo (*Prosopis pollida*) representada por la letra B y goma de tara simbolizada por la letra C (*Caesalpinia spinosa*).

Fuente: Elaboración propia.

Gráficos de Superficie Respuesta para el índice de Consistencia

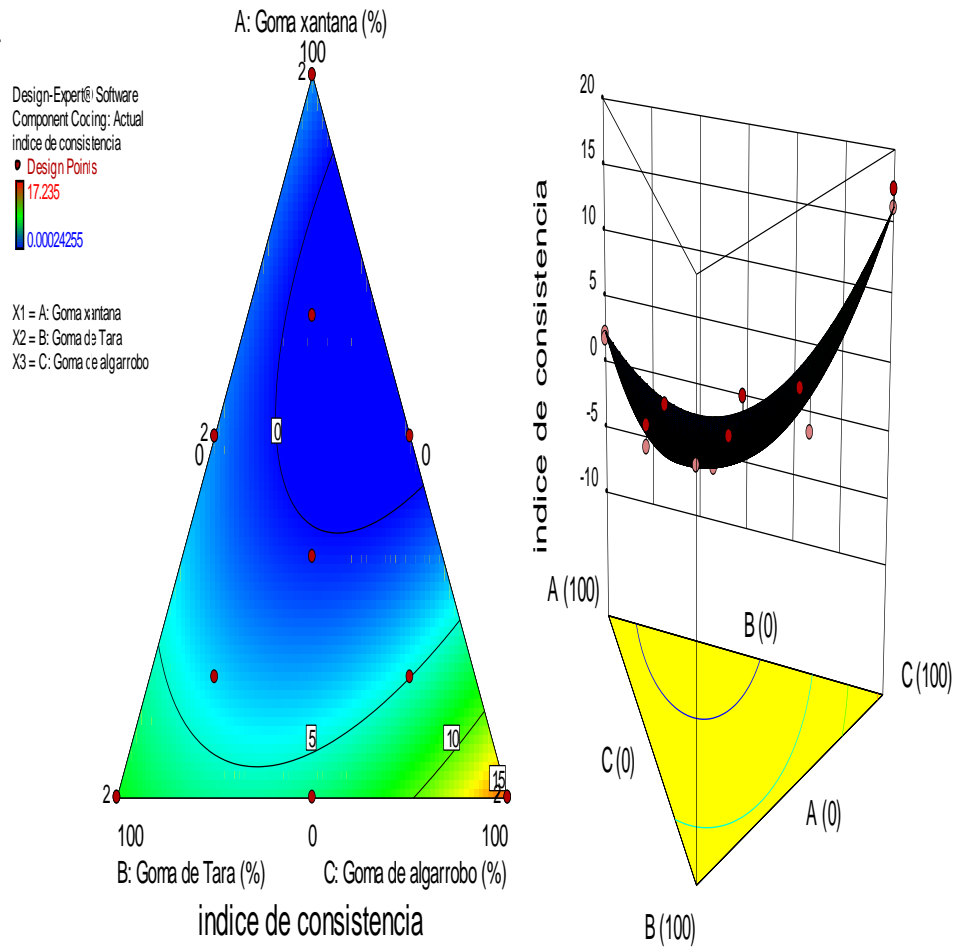


Figura 14: Efecto de los porcentajes de goma xantana, tara y algarrobo en el índice de consistencia del yogurt estilo griego. a) Gráfico de contorno y b) Gráfico 3D. A mayor concentración de goma xantana el índice de consistencia disminuye. Solo cuando la concentración de goma de tara es igual a cero, la goma de algarrobo es la que aporta mayor índice de consistencia. Y éste disminuye cuando le agregamos goma xantana, hasta un punto en el que si continuamos agregando goma xantana éste tiende a aumentar. Sin embargo, el índice de consistencia no se iguala a la formulación de goma de algarrobo pura.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Índice de Comportamiento:

Tabla 8: Análisis de varianza del índice de comportamiento (suma parcial de cuadrados - Tipo III)

Fuentes	Suma de cuadrados	Grados de libertad (df)	Medio cuadrado	Valor F	Valor- p- Prob > F	
Modelo	3.63	5	0.73	12.09	0.0015	Significativo
<i>Mezcla lineal</i>	0.76	2	0.38	6.29	0.0228	
<i>AB</i>	0.010	1	0.010	0.17	0.6924	
<i>AC</i>	2.87	1	2.87	47.69	0.0001	
<i>BC</i>	0.042	1	0.042	0.69	0.4287	
Residual	0.48	8	0.060			
<i>Falta de ajuste</i>	0.48	4	0.12	104.87	0.0003	No significativo
<i>Error puro</i>	4.540E-003	4	1.135E-003			
Cor Total	4.11	13				
R²	0.8831					

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 8, el modelo es significativo ya que tiene un p-valor de 0.0015 el cual es menor al p-tabla que es 0.05 (confiabilidad de 95%). En este caso AC y la interacción BC son estadísticamente significativos por tener un p-valor menor a 0.05. Se puede observar el ajuste de datos tiene un valor de coeficiente de determinación (R cuadrado) de 0.8831 el cual es adecuado para evaluación sensoriales ya que esas son análisis subjetivos.

En la ecuación 15 se presenta el modelo matemático codificado según el diseño experimental, y en la ecuación 16 el modelo decodificado según las variables estudiadas.

Ec. 15: Modelo matemático codificado para el índice de comportamiento.

Índice de comportamiento

$$= 0.65 * A + 0.37 * B + 0.32 * C - 0.33 * AB + 6.6 + AC - 0.8 * BC$$

Ec. 16: Modelo matemático decodificado para el índice de comportamiento.

Índice de comportamiento

$$= 6.47397E * \text{Goma xantana} + 3.72924E * \text{Goma de Tara} + 3.24059E * \text{Goma de Algarrobo} - 3.30216E * \text{Goma xantana} * \text{Goma de tara} + 6.66182 * \text{Goma xantana} * \text{Goama de algarrobo} - 8.04221E * \text{Goma de Tara} * \text{Goma de Algarrobo}$$

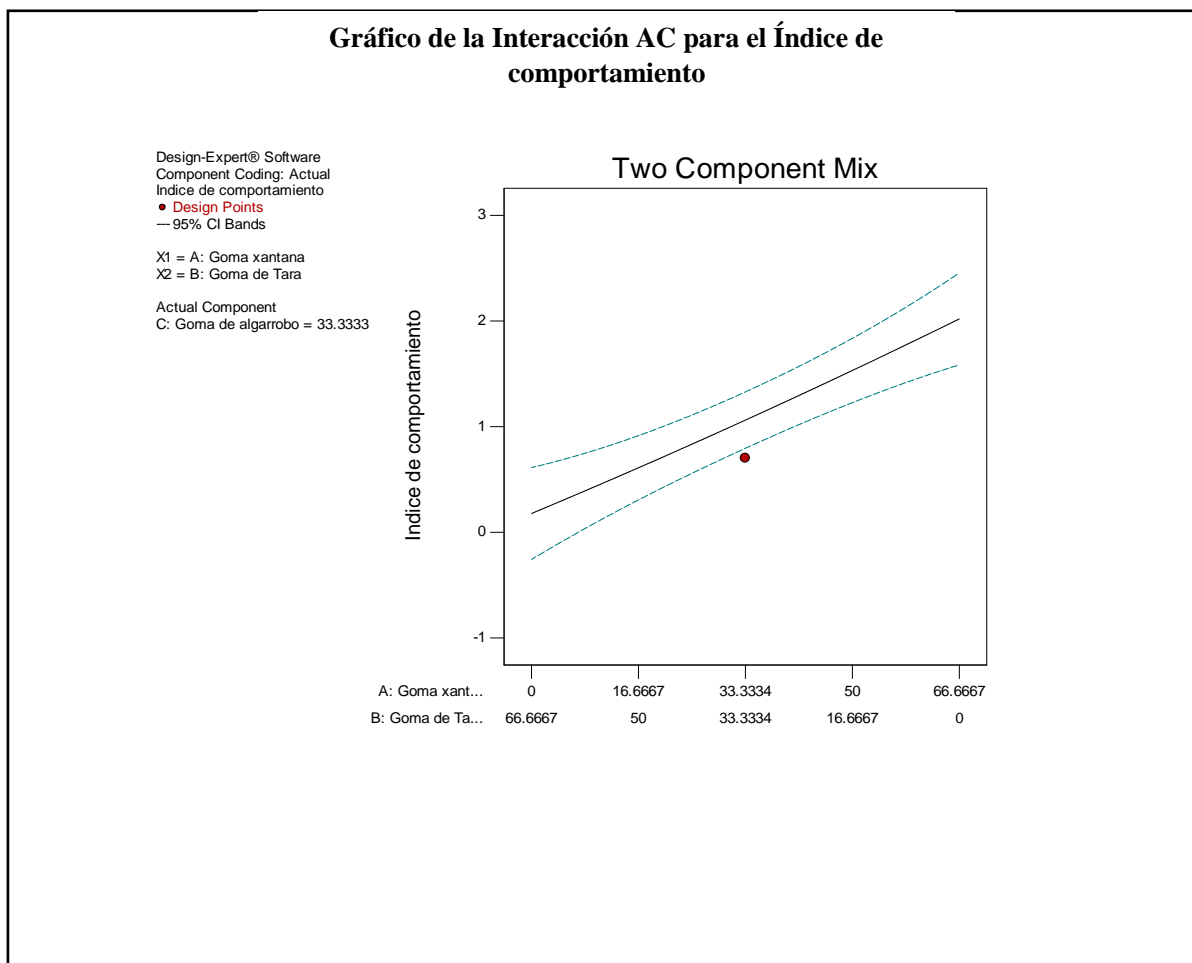


Figura 15: A mayor concentración de goama xantana el índice de comportamiento aumenta. Cuando disminuimos la concentración de goma de algarrobo el índice de comportamiento tiende a aumentar hasta que ambas proporciones se igualan. Desde ese punto si seguimos aumentando el porcentaje de goama xantana y disminuimos el porcentaje de goma de algarrobo éste índice de comportamiento disminuye.

Fuente: Elaboración propia.

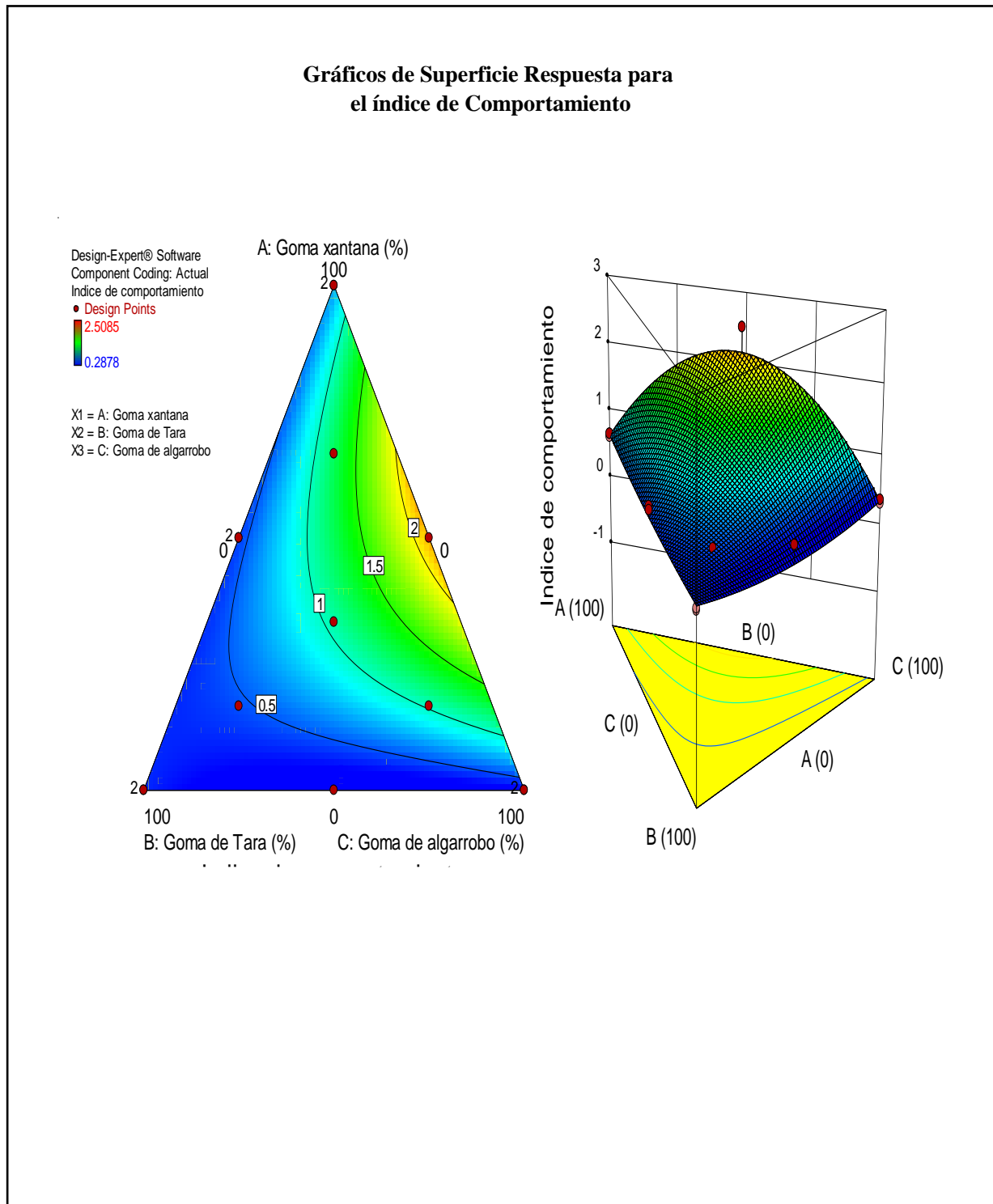


Figura 16: Efecto de los porcentajes de goma xantana, tara y algarrobo en el índice de comportamiento en el yogurt estilo griego. a) Gráfico de contorno y b) Gráfico 3D. A mayor porcentaje de goma xantana y menor porcentaje de goma de tara y goma de algarrobo, el yogurt tiene un comportamiento parecido al pseudoplástico y si hacemos lo contrario el fluido tiene a tener un comportamiento dilatante.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Evaluación reológica del testigo.

Tabla 9: Datos de la evaluación reológica del testigo

Muestra	Tensión inicial (σ_0)	Índice de consistencia (k)	Índice de comportamiento (n)	R
Testigo	12.38	0.5058	1.025	0.9903

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se puede observar los resultados de los análisis reológicos realizados al testigo realizados en el reómetro Hakke Mars 60, con la probeta de círculos concéntricos, en la que el índice de consistencia (k), es de 0.5058 mPas y su índice de comportamiento (n), es de 1.025 1/s.

3.4. Resultados de las formulaciones probables.

Tabla 10: Determinación de las formulaciones probables

N°	Goma Xantana (%)	Goma de Tara (%)	Goma de algarrobo (%)	Índice de consistencia (k)	Índice de comportamiento (n)	Sabor	Apariencia general
1	33	35	33	0.506	1.025	5.614	5.328
2	12	0	88	10.172	1.046	5.791	5.395

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 10, se determinó las formulaciones probables con el programa Desing Expert – Versión 10.01, en la que se parametraron el índice de consistencia y el índice de comportamiento del testigo y se maximizó las puntuaciones de sabor y apariencia general obtenidas en la evaluación sensorial. Generando como resultado la formulación probable 1 de goma xantana (33%), goma de tara (35%) y goma de algarrobo (32%) y la formulación probable 2 con goma xantana (12%) y goma de algarrobo (88%).

3.5. Caracterización viscoelástica.

3.5.1. Viscosidad compleja (η^*).

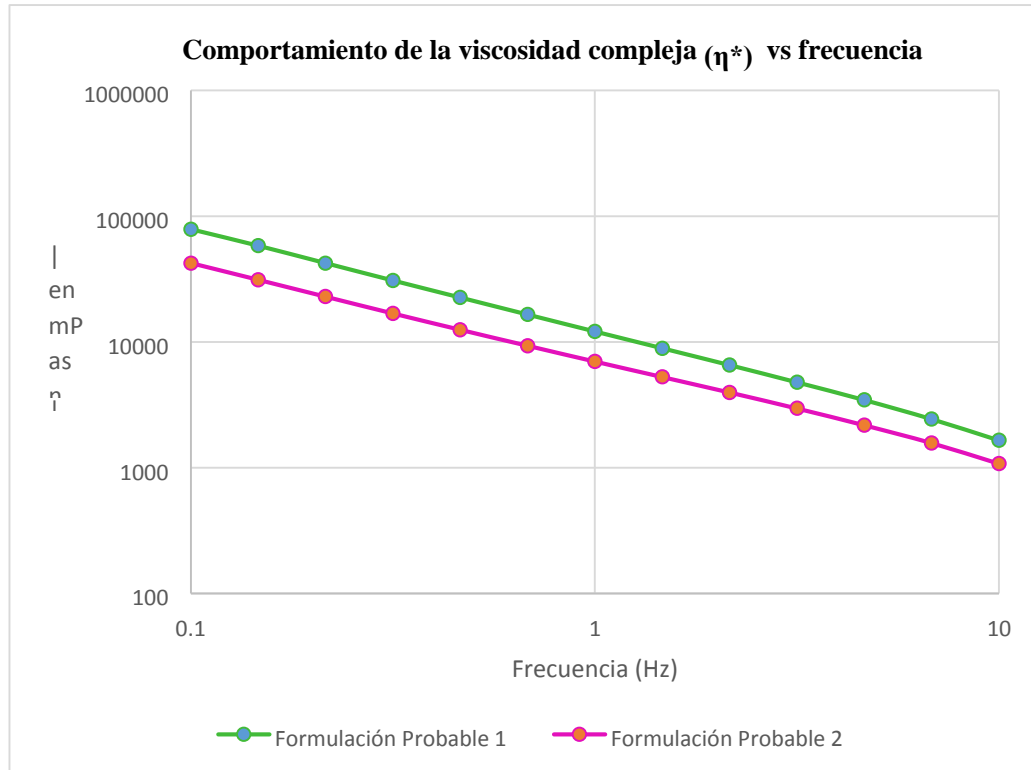


Figura 17: Gráfico de viscosidad compleja (η^*) en función de la frecuencia a la temperatura de 20°C de la formulación probable 1 (goma xantana, goma de tara y goma de algarrobo) y la formulación probable 2 (goma xantana y goma de algarrobo) de yogurt estilo griego. Se puede observar que la formulación 1 presenta mayor viscosidad compleja que la formulación 2, en todo el rango estudiado (0.1 a 10 Hz.), lo que implica que la formulación 1 presenta una estructura más compacta.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Valores del módulo de almacenamiento (G') y del módulo de pérdida (G'') vs la frecuencia, del yogurt estilo griego a 20°C.

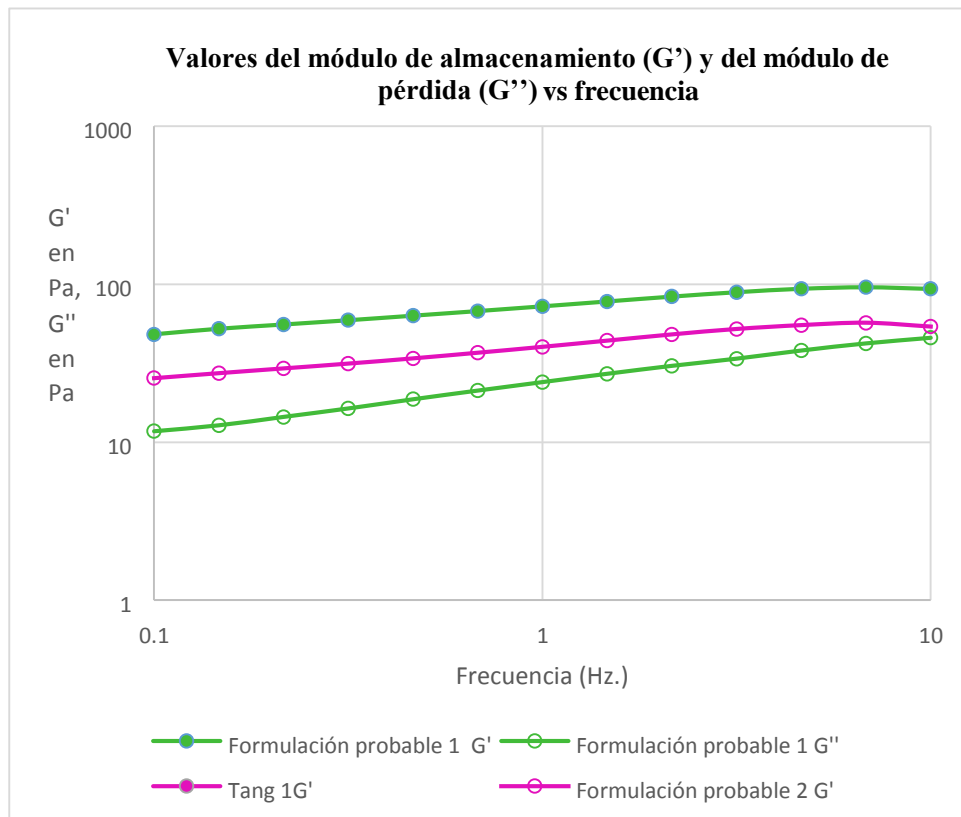


Figura 18: Gráfico de comportamiento del módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdida (G'') en función de la frecuencia a la temperatura de 20°C de la formulación probable 1 (goma xantana, goma de tara y goma de algarrobo) y la formulación probable 2 (goma xantana y goma de algarrobo de yogurt estilo griego). En el gráfico se puede percibir que la formulación probable 1 y 2 predomina el carácter elástico sobre el viscoso, donde ($G' > G''$), es decir que para ambas formulaciones el yogurt estilo griego presenta un comportamiento semi - sólido en todo el rango de la frecuencia estudiada.

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIONES

Para el análisis sensorial del yogurt estilo griego con la incorporación de las gomas se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos por ello con base al grado de dispersión de las respuestas se tomó un grupo de panelistas con características similares. En la tabla 5 del análisis de sabor se observa que el modelo es significativo y que la formulación con mayor significancia es la formulación AB (2 GX Y 2 GT), con 6% de leche en polvo y con 0.0146 el cual es menor al p-tabla que es 0.05 esto se debe que los panelistas gustan por un yogur cremoso con gran intensificación en el sabor lo cual son características de ambas gomas. En cambio (Vintimilla, 2009) manifiesta en su investigación para el análisis del sabor que el yogur con mayor aceptación fue el tratamiento con 6,9% de leche descremada en polvo y edulcorante de sacarosa, debido a que los panelistas en su mayoría centroamericanos gustan por un yogur más ácido.

La adición de gomas al yogurt, en especial, al estilo griego es para lograr mayor consistencia, por lo tanto, en los resultados se puede observar que en el gráfico de interacción del índice de consistencia de la figura 8, a bajas concentraciones de goma xantana, el que aporta mayor consistencia es la goma de algarrobo, siendo este indiferente cuando se aumenta el porcentaje de goma xantana. En la investigación de Teles y Flores (2007) que han empleado a la goma de xantana como espesante, determinan que, la adición de este presenta mayor efecto sobre la viscosidad que la goma guar y la carragenina.

En los resultados del índice de consistencia del sistema de mezclas para el yogurt estilo griego, se obtiene que, a menores concentraciones de goma de algarrobo y goma de tara, pero mayor concentración de la goma xantana, el índice de consistencia disminuye (k). Similares resultados se encontraron en la investigación de (Vanegas, 2009) cuando se evaluó reológicamente la formulación de un sistema de mezclas a base de goma carragenina, xantana y algarrobo.

Según la figura 13 se puede observar que el índice de consistencia (k) más alto le corresponde a la goma de algarrobo, seguido de la goma de tara y por último la goma de xantana. Para estas dos últimas gomas un resultado similar se obtuvo de una mezcla de goma carragenina, xantana y tara aplicado para salsa de ají. (Ampuero, 2016)

En el caso de los análisis de los valores del índice de comportamiento (n) de las formulaciones para el yogurt estilo griego, indican que la mezcla de goma xantana y goma de algarrobo, a pesar de variar sus concentraciones, mantienen su comportamiento pseudoplástico. Por otro lado, la mezcla de goma xantana y goma de tara, genera un aumento del índice de comportamiento. En la formulación, la goma xantana mantiene el este sistema de mezclas como un comportamiento de tipo pseudoplástico. Lo cual también se corrobora con el artículo (Teles & Flores, 2005) que emplea la goma xantana, manteniendo mayores índices de pseudoplasticidad (ya que los valores de n disminuyen). y hecho similar sucede en la investigación de (Koksoy & Kilic, 2004) en la que la reducción del índice de comportamiento reológico del ayran se produce con el aumento de la concentración de estabilizantes.

Se optimizaron variables, mediante la superposición de las gráficas de contorno sensorial de sabor, apariencia general, el índice de consistencia y el índice de comportamiento. Cabe destacar que no se consideró los gráficos de contorno sensorial de olor y color, debido a la dispersión de sus datos. Para determinar la formulación óptima, se realizó restricciones con la finalidad de obtener la mezcla óptima gomas que brinden mayor consistencia, sabor y apariencia. Así mismo se realizaron restricciones al análisis del flujo del testigo en el que se determinó su índice de consistencia (k) y su índice de comportamiento (n). Generando como resultado la formulación posible 1: (33% X, 35% T, 32% A) en la que su índice de consistencia ($k = 0.506$) es similar a la del testigo ($k = 0.5058$) y la formulación posible 2: (12% X, 88% A) en la que su índice de comportamiento ($n = 1.046$) es similar a la del testigo ($n = 1.025$).

La formulación posible 1 y 2 de yogurt tipo griego, presentan un índice de comportamiento de $n= 1.025$ y $n= 1.046$ respectivamente. Donde el valor del índice de comportamiento determina el tipo de fluido, en la cual las formulaciones analizadas presentan un $n >1$, lo que los hace fluidos con un comportamiento no newtoniano, de tipo dilatante. Por lo contrario (Enriquez, Sánchez, & Castro, 2012) en su investigación sobre yogurt tipo batido sus tratamientos presentan un índice de comportamiento de $n=0.77$ y 0.84 , lo que los hace fluidos con un comportamiento no newtoniano, de tipo pseudoplástico. Se presume que la diferencia de resultados es debido a la incorporación de mezcla de gomas la cual tienen por característica incrementar su consistencia y poder gelificante.

Según la figura 16 la viscosidad de la formulación F1 (33% X, 35%T, 32%A) aumento más su consistencia y poder gelificante que la formulación F2 (12% X, 88% A) esto se debe a que cada hidrocoloide tiene propiedades individuales, pero al combinarse en la razón correcta a su consistencia, viscosidad o fuerza de gel se pueden incrementar drásticamente, lo cual sin duda es una ventaja desde el punto de vista comercial como una manera de abaratar costos y proporcionar nuevas soluciones texturales. (Gelymar, 2006)

En las evaluaciones oscilatorias de frecuencia, se puede observar en la figura 19 que se evalúan las dos formulaciones optimas del yogurt estilo griego en función al módulo de pérdida (G') y de módulo de almacenamiento (G'') a una temperatura de 20°C en función a la velocidad angular (frecuencia), en la que las mezclas terciarias (GX, CT y GA) y la mezcla binaria (GX y GA) predominó el carácter elástico por encima del viscoso ($G' > G''$). De manera similar se comportó el yogurt con almidones modificados en la investigación de (Chapa, Hernando, & Fiszman, 2014)

V.

CONCLUSIONES:

- Se lograron formular las diferentes mezclas de estabilizantes a base de goma Xantana (*Xanthomonas campestris*), goma de algarrobo (*Prosopis pollida*) y goma de tara (*Caesalpinia spinosa*), en la que la adición de mezcla de espesantes fue de 4g/ kg de leche, para lograr darle mayor viscosidad, propio del yogurt estilo griego.
- Se concluye que el modelo reológico al cual se ajusta las diferentes formulaciones evaluadas, a partir de las gomas xantana (*Xanthomonas campestris*), tara (*Caesalpinia spinosa*) y algarrobo (*Prosopis pollida*), es al modelo Hershel- bulkey.
- El efecto de gomas de algarrobo y goma de tara con respecto a la goma xantana en las características reológicas, es que conforme aumentamos el porcentaje de goma de tara el índice de consistencia disminuye, y el índice de comportamiento aumenta. En el caso de la goma de algarrobo, conforme aumentamos la concentración de esta, el índice de consistencia aumenta, y el índice de comportamiento disminuye.
- Las mejores formulaciones que permiten obtener las características reológicas similares a las a un yogurt estilo griego comercial son F1 (33% Xantana, 35% Tara, 32% Algarrobo) y F2 (12% Xantana, 88% Algarrobo)
- En función al análisis oscilatorio de frecuencia (1 Hz a 10Hz) de las mejores formulaciones, determinaron que son fluidos son semi sólidos, viscoso.

VI.RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de yogurt se tuvo en cuenta parámetros como la evaporización de la leche ya que al momento de adicionar las gomas y pasteurización ya que se trabajaron con muestras de litro para lo cual se consideró verter 1200 lts debido a la evaporación del mismo.
- Para de adicionar las gomas, se debe realizar un pre – mezclado con leche para su mejor homogeneidad y no tener problemas al momento mezclar y evitar la formación de grumos.
- Realizar soluciones previas de mezclas en leche sin ninguna adición de insumos para evaluar las características y comportamientos de cada estabilizante y sus concentraciones.
- Para una mejor evaluación reológicas del comportamiento del yogurt estilo griego, se recomienda realizar pruebas tixotrópicas por un tiempo de amenos 3 semanas, para óptimos resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, J., Ptaszek, J., & Basu, S. (2016). *Advances in Food Rheology and Its Applications*. 1era ed. United Kingdom: Woodhead Publishing.
- Anandha, M. (2007). *Rheology of fluid and Semisolid Foods*. New York: Springer Science Bussines Media.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educacion.
- Bejarano, J., & Suarez, L. (2015). Algunos peligros químicos y nutricionales del consumo de los alimentos de venta en espacios públicos. *SciELO*, 47(3), 349 - 360. doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015011>
- Borwankar, R., & Shoemaker, C. (1992). *Rheology of Foods*. New York: Elsevier Science Publisher LTD.
- Bourne, C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. New York: Academic Press.
- Campos Honorato, T., Batista, E., Nascimento de Olivera, K., & Pires, T. (2013). Aditivos alimentares: aplicações e toxicologia. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 01-11. Obtenido de Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.
- Chiriboga Arteta, A. (2008). *Biblioteca Wilson Popenoe*. Recuperado el 19 de Marzo de 2017, de Efecto de la adición de estabilizadores en el rendimiento, propiedades físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano.: <http://hdl.handle.net/11036/149>
- Chocano, A. (2002). *Chefuri*. Obtenido de Recopilación Tenológica de agentes de textura y sus aplicaciones: <http://chefuri.net/usuarios/download/recopilacion/recopilacion2.pdf>
- Corocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. (2015). Natural food additives; Quo vadis? *Sciendirect*, 45(2), 284- 295. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>
- De Mello, M. (2009). Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. *Estudios Tecnológicos*, 5, 50 - 57.
- Espino, L. (2009). *PROMPERU*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de ISSUU: <https://issuu.com/agroperusac/docs/tara>
- FAO. (1997). *Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 7 de Abril de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s18.htm>
- FiB. (2000). Estabilizantes. *Food Ingredientes Brazil*(14), 42 - 48.
- Gani, A., Masoodi, F., Shah, U., & Asima, S. (2019). *Introduction to Food Hydrocolloids, En: Adil G, Massodi FA, Umar S, Shah A. Food Hydrocolloids as Encapsulating Agents in Delivery Systems 1ª ed*. Boca Ratón: Taylor & Francias Group LLC.
- Ibarz, A., & Barboza, G. (2011). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*. Madrid - México: Ediciones Mundi-Prensa.

- Madrid Vicente, A., & Madrid Cenzano, J. (2000). *Los Aditivos en los alimentos según la Unión Europea y la legislación Española*. Madrid: MUNDI PRENSA.
- Malcolm, C. (2002). *Food Texture and Viscosity*. New York: Academic Press.
- Martinez Rivas, S. (2016). *ón de la viscosidad y el color del yogurt batido con adiAdición de goma de tara (caesalpinia spinosa) como estabilizante a diferentes concentraciones*. Obtenido de <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/123456789/217>
- Martinez Rojas, J. (2002). *VALUACION DE UNA MEZCLA DE ESTABILIZANTES Y EMULSIFICANTES EN LA ELABORACIÓN DE UN HELADO CREMOSO CON GRASA VEGETAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA BASE Y DEL PRODUCTO FINAL*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1084/1/EVALUACIONMEZCLA.pdf>
- Masabando , W. (Abril de 2015). *Determinacion de los parametros reologicos de yogurt de sabila (aloe vera) elaborado con diferentes formulaciones mediante el uso de viscosimetro Brookfield*. Recuperado el 2 de Mayo de 2017, de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12376>
- Molina Cote, F., Restrepo Molina, D., & Lopez Vargas , J. (2010). Estudio Preliminar sobre la Influencia de la Carragenina Kappa, Kappa I.II y Goma Tara en la Viscosidad y Tixotropía de las Salmueras de Inyección para Jamones Cocidos picados de cerdo. *Revista Facultad Agraria de Medellín*, 5707-5715.
- NTP 201.001 . (Abril de 2003). *INACAL*. Recuperado el 20 de Julio de 2017, de <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/prensa/files/PROD.%20LACTEOS.pdf>
- Orrego, C. (2003). *Procesamiento de Alimentos*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ospina, M., Sepulveda, J., Restrepo, D., Cabrera, K., & Suarez, H. (2012). INFLUENCIA DE GOMA XANTAN Y GOMA GUAR SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LECHE SABORIZADA CON COCOA. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 51-59.
- Posada David, L., Sepulveda Valencia, J., & Restrepo Molina, D. (2012). ELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ESTABILIZANTE INTEGRADO DE GOMAS SOBRE LAS PROPIEDADES DE CALIDAD EN MEZCLAS PARA HELADO DURO. *VITAE*, 166-167.
- PromPeru. (2009). *TARA Caesalpinia spinosa*. Obtenido de <https://issuu.com/agroperusac/docs/tara>
- Rabin, G., & Salam, A. (2016). Effects of hydrocolloids and procesing conditionson acid whey production with reference to Greek yogurt. *Sciendirect*, 56, 61 - 76. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.013>
- Ramirez Sucre, M., & Velez Ruiz, J. (2009). fecto de la incorporacion de estabilizantes en la viscosidad de bebidas lacteas no fermentadas. *Temas selectos de Ingenieria de alimentos*, 1-4.
- Ramírez, J. (2006). *Introducción a la Reología de Alimentos*. Colombia: ReCiTeIA.
- Segundo, V. (Diciembre de 2014). *Comparacion entre ocho marcas de yogur natural comercial para evaluar los principales componentes nutricionales*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3985/63154%20SEGUNDO%20LARA%2C%20VALERIA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

- Spotti, J., Santiago, L., Rubiolo, A., & Carrara, C. (2009). *Propiedades Viscoelásticas de sistemas mixtos de Goma Xántica y goma espina corona*. Obtenido de <http://frre.utn.edu.ar/IJCyT/clean/files/get/item/2210>
- Vanegas Perez, L., Restrepo Molina, D., & Lopez Vargas, J. (2012). Selección de un Estabilizante y Comportamiento durante Almacenamiento en refrigeración de un complemento nutricional líquido. *Scielo*, 6531 - 6540.
- Zhiming, G., Yapeng, F., Yiping, C., Hua, L., Katsuyoshi, N., & Glyn, O. (2017). Hydrocolloid-food component interactions. *Sciencedirect*, 68, 149 - 156. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.042>

ANEXOS

Recepción de los 3 tipos de gomas




Figura 19: Para la obtención de goma xantana se obtuvo por medio de la empresa Frutarom, para la goma de tara se obtuvo por obsequio de la empresa G&A AGROEXPORTACIONES SAC y por último la goma de algarrobo que fue obtenida por importación del país de Chile de la empresa GELYMAR.

Apariencia física de la goma xantana, goma de tara y goma de algarrobo



Figura 20: a) La goma xantana presenta un color crema de textura lisa y cremosa cuya característica importante es la liberación del sabor y estética del producto, b) la goma de tara presenta un color blanco cuya característica principal es inhibir la cristalización y sinéresis y c) la goma de algarrobo crema oscuro esto se debe a que se obtiene de la semilla de algarrobo.

Ficha técnica de la goma de Algarrobo



Gely LBG

DESCRIPCIÓN
Gely LBG es un polisacárido natural de alto peso molecular que se obtiene de las semillas del algarrobo. Aporta alta viscosidad en soluciones acuosas y presenta sinergia con otros hidrocoloides entregando géles flexibles libres de sinéresis.
Aspecto, Polvo blanco-crema.

APLICACIÓN
Estabilizador y agente espesante en sistemas de agua y los productos lácteos

BENEFICIOS
Aporta cuerpo, control de la sinéresis, aspecto liso, homogéneo y uniforme. Evita la separación de fases mediante mecanismos de desarrollo de viscosidad y formación de redes tridimensionales débiles

NIVELES DE USO

Aplicación	Dosis
Crema de consumo neutro o acidificada	0,1 - 0,25 %
Hielados	250 - 700 ppm

ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS
Tamaño de partícula : 90% < 150 Micrones-U.S. Stand. N°100 (AF N°008)

ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS
Cuenta total : < 5000 cfu/g (AM N°002)
Hongos y Levaduras : < 500 cfu/g (AM N°001)
E. coli * : Negativo en 1g (AM N°004)
Salmonella * : Negativo en 25g External Lab


FUNCIONALIDAD
Solubilidad : Parcialmente soluble en agua fría. Totalmente soluble en agua caliente (80-85°C)
Viscosidad en agua (1%, 20°C) : 2000 - 4000 cP (AR N°051)

SEGURIDAD ALIMENTARIA*
Arsénico : < 3 ppm External Lab
Plomo : < 2 ppm External Lab
Cadmio : < 1 ppm External Lab
Mercurio : < 1 ppm External Lab
Etanol-propanol : < 1% External Lab

* Estos análisis se realizan de acuerdo con el programa de análisis interno de Gelymar.

La Calidad es todo....
Gelymar posee sistemas de gestión de calidad e inocuidad alimentaria, certificado FSSC 22000

Extractos Naturales Gelymar S.A.
Avenida Santa María 2050 - Providencia, Santiago Chile.
Tel: +56 (2) 2478 8080 Fax +56 (2) 2332 1544 www.gelymar.com



Gely LBG

INFORMACIÓN NUTRICIONAL

nutriente	unidad	Gely LBG
Calorías/Energía	KJ/100g	167,20
	Kcal/100g	40
Proteína	%	0
Carbohidratos totales	%	78,8
Fibra dietaria total	%	74,8
Azúcares	%	0,00
Otros carbohidratos	%	4,00
Grasa Total	%	0,00
Grasa saturada	%	0
Ácidos grasos trans	%	NA
Colesterol	mg/100g	ND
Fibra		
Fibra cruda	%	0
Minerales		
Sodio	mg/100g	ND
Humedad	%	14

Los valores nutricionales entregados en este documento se calculan sobre la base de valores promedio obtenidos de nuestros propios muestreos o de la literatura. Estos valores se dan sólo como información y no son considerados como especificaciones o una garantía de propiedades del producto.

ALERGENOS

Alérgenos	Yes	No
Cereales que contienen gluten		X
Crustáceos		X
Huevo		X
Pescado		X
Maní		X
Frijol de Soya		X
Lácteos (incluye Lactosa)		X
Nueces		X
Apio		X
Moluscos		X
Semilla de sésamo		X
Dióxido de azufre y sulfitos (>10 mg/kg)		X
Lúpulo		X
Melancolón		X

ESTATUS GMO's
Los materiales y los auxilios de proceso usados en la fabricación de todos los productos Gelymar no contienen GMOS. Debido a esto, ellos conforman las regulaciones de la Comunidad Europea 1831/2003 and 1830/2003.

EMPAQUE
Bolsa de 25 kg
Empaque exterior: Bolsa Hi-capa de papel Kraft natural
Empaque interior: Polietileno de baja densidad.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO
Todos los productos Gelymar deben almacenarse alejados de productos con aroma, bajo condiciones que no excedan 30°C y 80%HR

GARANTÍA DE DURACIÓN
Se garantiza una vida útil del producto de 18 meses, cuando este se almacena en lugar fresco y seco.

INFORMACIÓN REGULATORIA
Todos los productos Gelymar se elaboran con carrageninas y aditivos alimentarios que cumplen con las especificaciones de calidad y pureza del Food Chemical Codex (FCC), del U.S. Code of Federal Regulations (21 CFR) y de las Directivas de la Unión Europea, del Japan Food Additive Codex and del Food and Nutrition Paper de la FAO.

Este producto se comercializa bajo el entendimiento que el atornillado realizará sus propios muestreos para determinar la cantidad del producto en sus requerimientos específicos y las particularidades propias de sus procesos. Los datos técnicos son entregados sólo a modo referencial y pueden variar debido a las diferentes metodologías e instrumental de laboratorios por el cliente, motivo por el cual el fabricante no garantiza la utilidad específica de aplicación, la exactitud de esta información o la adecuación del producto para aplicaciones particulares.

Versión: 00 Fecha última revisión: Marzo 22, 2017. Fecha próxima revisión: Marzo 2020. Página 12

Figura 21: La ficha técnica de la goma de algarrobo describe sus características químicas.

Pesado de goma xantana, tara y algarrobo



Figura 22: Se realizaron estudios previos para determinar los porcentajes de mezclas de gomas en el yogurt estilo griego.

Ensayo para la formulación de goma xantana, tara y algarrobo



Figura 23: Se pesa los 3 tipos de gomas a diferentes concentraciones cada una (2gr, 3gr y 4gr) para poder determinar si son solubles en leche, su grado de viscosidad y la afinidad de una goma con otra en diferentes porcentajes.

Formulación de mezclas de gomas (xantana, tara y algarrobo) con leche e inculo (T° 24C y T° 5C)

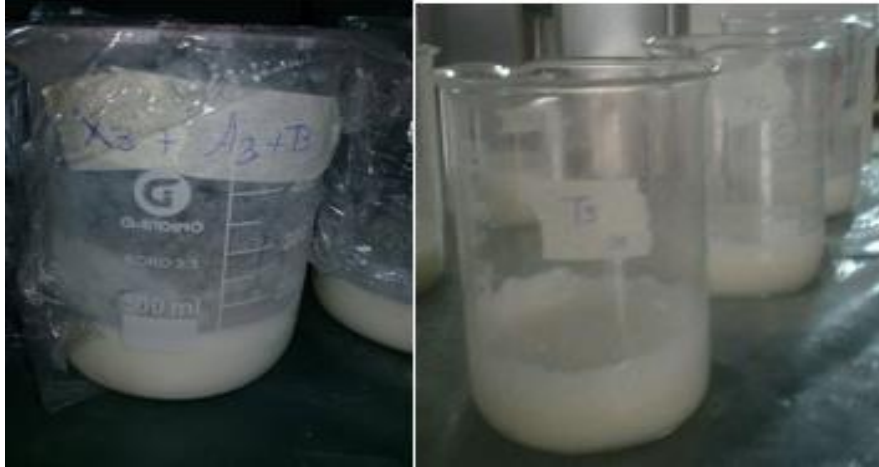


Figura 24: Para el análisis de las mezclas de gomas se tomaron dos muestras la cual se le añadieron como estudio previo inculo la cual uno fue llevado a refrigeración y el otro a temperatura de ambiente para evidenciar si existía fermentación.

Prueba de densidad de la leche



Figura 25: Para medir la densidad se emplea una probeta con 100 ml de leche y un lactodensímetro de modo que cuando este flote se tomó lectura la cual fue 1.030 g/cm³

Análisis de acidez titulable en la materia prima



Figura 26: Para determinar la acidez de la leche, se necesita 20 mL de leche en un beaker, luego se agrega 5 gotas de fenolftaleína y finalmente se incorpora NaOH hasta que la muestra de leche vire (rosa).

Análisis de pH



Figura 27: Para determinar el pH, se empleó el potenciómetro en una muestra de leche de 100 mL.

Determinación de grados °Brix de la materia prima



Figura 28: A través del Brixómetro se realizó la lectura de grados °Brix de la leche.

Etapa de pesado de las formulaciones



Figura 29: Las 14 formulaciones obtenidas, son pesadas en una balanza analítica. Cada formulación tiene aproximadamente (0.67gr, 1.33gr, 2gr, 2.67gr y 4gr) de la mezcla de gomas.

Estandarización



Figura 30: Se pesa previamente el azúcar y la leche en polvo. Luego la leche es calentada hasta alcanzar la temperatura de 60°C, para luego agregar cada uno de los insumos tamizados, para evitar la formulación de grumos.

Dilución de gomas



Figura 31: Con la finalidad de lograr la dilución total de las gomas, se separa leche a 70°C en un beaker de 500ml y mezclan con cada una de las formulaciones. Para lograr una mayor homogeneidad se usa una licuadora por

Homogenizado

Figura 32: Con el objetivo de lograr mayor viscosidad y reducir la sinéresis en la etapa de homogenización se descarta la presencia de nata y a través del movimiento se logra mezclar todos los insumos.



Pasteurización



Figura 33: La leche se calienta a 85°C por 10 min. con la finalidad de eliminar toda la carga microbiana presente.

Inoculación



Figura 34: Previamente le leche es enfriada a una temperatura de 42°C a 45°C, se separa aproximadamente 50 ml de leche para incorporar el inóculo y se agita durante 3 minutos.

Incubación

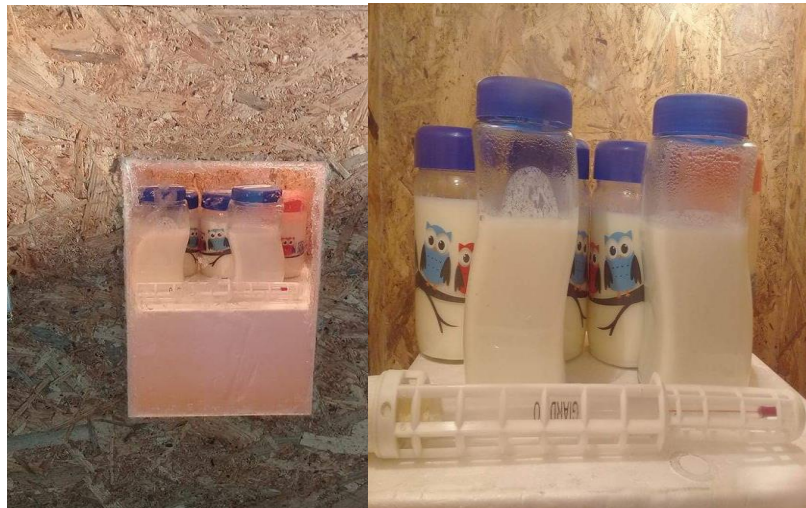


Figura 35: Se realiza en una incubadora a una temperatura de 45°C, esta temperatura debe ser constante en un periodo de 6 horas.

Reómetro



Figura 36: Reómetro: Modelo Haaker Mars 60

Accesorio del reómetro

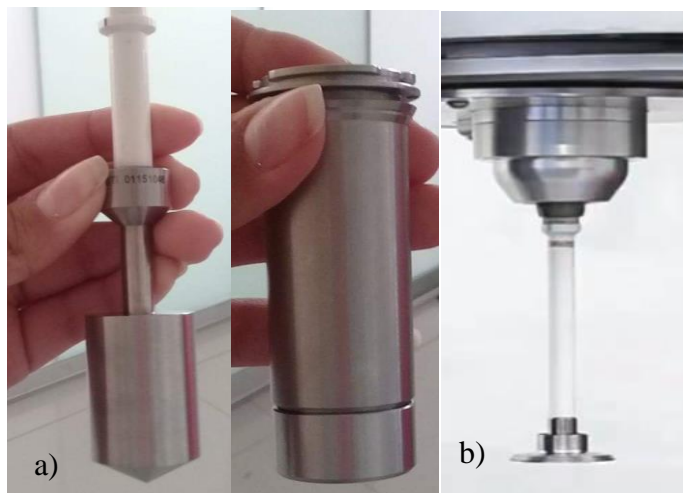


Figura 37: Los siguientes accesorios pertenecen al reómetro Haake Mars 60:
a) probeta de cilindros concéntricos y b) probeta plana