



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**EVALUACIÓN SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE YOGUR A
BASE DE LECHE DE GARBANZO (*Cicer arietinum*)**

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

Autor (es):

Bach. Bances Miranda Esther Noemi
(<https://orcid.org/0009-0008-7396-4667>)

Bach. Herrera Cieza Selene
(<https://orcid.org/0009-0001-2516-4744>)

Asesor:

Dr. Rodríguez Lafitte Ernesto Dante
(<https://orcid.org/0000-0002-7577-7880>)

Línea de Investigación:

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Sublínea de Investigación:

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y
organizaciones**

**Pimentel – Perú
2024**

EVALUACIÓN SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE YOGUR VEGETAL DE GARBANZOS

(Cicer arietinum)

Aprobación del jurado

MG. SÍMPALO LÓPEZ WALTER BERNARDO
Presidente del Jurado de Tesis

MG. GAMBOA ALARCON PEDRO WILFREDO
Secretario del Jurado de Tesis

Dr. RODRÍGUEZ LAFITTE ERNESTO DANTE
Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy(somos) egresado (s)del Programa de Estudios de **Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

EVALUACIÓN SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE YOGUR VEGETAL DE GARBANZOS (*Cicer arietinum*)

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Bances Miranda Esther Noemi	DNI: 73261993	
Herrera Cieza Selene	DNI: 73538449	

Pimentel, 10 de junio de 2024

Dedicatoria

A DIOS por su infinito AMOR, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante, protegiéndome y guiándome siempre por el buen camino.

Con amor a mi Madre Cirila Miranda por su cariño incondicional, consejos, esfuerzo y confianza para seguir adelante y cumplir uno de mis sueños de ser profesional.

A mi amado esposo, por confiar en mí y ser modelo de superación, admiración y ayudándome a seguir adelante, muchas gracias por su apoyo.

Bances Miranda Esther Noemi

Dedico el actual trabajo de investigación a Dios todopoderoso, a mis padres Antonio Herrera León y Fani Cieza Mejía quienes fueron mi soporte y motivación para seguir luchando por cada uno de mis sueños y no detenerme, también a mis hermanos David, Nilson y Jheyson por estar siempre motivándome, gracias por estar presentes siempre y a toda mi familia gracias por la motivación constante para poder superar todo obstáculo presentado

Herrera Cieza Selene

Agradecimientos

Agradecer a Dios por darme la vida y protegerme cada día, guiándome por el buen camino y no dejarme caer en situaciones difíciles.

Agradezco a mi madre por su inmenso amor y sacrificio para poder brindarme la educación y ayudar a culminar mis estudios universitarios.

A mis hermanas por su cariño, consejos, en especial a mi hermana Kelly Bances por su motivación y apoyo, durante toda mi vida y no dejarme en ningún momento de lado.

A todos mis docentes por haber compartido sus conocimientos y experiencias a lo largo de toda mi carrera universitaria, en especial a mi asesor Ing. Walter Simpalo por su paciencia.

Bances Miranda Esther Noemi

Infinitas gracias mis padres y hermanos por su apoyo constante durante el desarrollo de mi carrera, por brindarme la oportunidad de ser profesional.

Gracias a mi asesor Ing. Edward Aurora Vigo por todos los conocimientos compartidos hacia mi persona, por la dedicación y el tiempo aportado, gracias a todos mis docentes por impartirme sus Conocimientos día a día.

Herrera Cieza Selene

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Hipótesis.....	16
1.4. Objetivos.....	16
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	16
1.5.1. Garbanzos.....	16
1.5.2. Propiedades nutricionales del garbanzo.....	17
1.5.3. Compuestos bioactivos.....	18
1.5.4. Yogur Vegetal.....	19
1.5.4.1. Definición.....	19
1.5.4.2. Principales vegetales para obtención de leche vegana.....	19
1.5.4.3. Beneficios.....	20
1.5.4.4. Procedimiento para obtener yogur vegano.....	20
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	21
2.1.1. Tipo de investigación.....	21
2.1.2. Diseño de investigación.....	21
2.2. Variables, Operacionalización.....	21
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	23
2.3.1. Población de estudio.....	23
2.3.2. Muestra.....	23
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	24
2.4.1. Instrumentación de recolección de datos.....	24

2.4.2.	Caracterización fisicoquímica de la leche de garbanzos.....	24
2.4.3.	Proceso de elaboración de yogur a base de leche de garbanzos	25
2.4.4.	Proceso de frutado del yogur formulado a base de garbanzos ...	28
2.4.5.	Evaluación fisicoquímica del yogur vegetal de garbanzos	31
2.4.6.	Evaluación sensorial del yogur formulado a base de leche de garbanzos y frutado con mermelada de fresa.....	31
2.5.	Procedimiento de análisis de datos	32
2.6.	Criterios éticos.....	32
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1.	Resultados.....	33
3.1.1.	Caracterizar fisicoquímicamente de la leche de garbanzo.....	33
3.1.2.	Evaluación fisicoquímica del Yogur formulado a base de leche de garbanzos	33
3.1.3.	Evaluación del Nivel de Carragenina y Lactosa en Yogur de Lecha de Garbanzos.....	44
2.1.1.	Evaluación del valor nutricional de la mejor formulación de yogur de garbanzo	62
2.2.	Discusiones	63
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
4.1.	Conclusiones	67
4.2.	Recomendaciones.....	67
	REFERENCIAS.....	68
	Anexos	72

Índice de figuras

Figura 1. Glicolisis.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo de elaboración de yogur a base de leche de garbanzos	27
Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de mermelada de fresa.....	29
Figura 4. Diagrama de flujo de frutado de yogur con sangre de pollo.....	30
Figura 5. Gráfico 3D de un factor para la Densidad a un tiempo de 18 y 24 horas.	36
Figura 6. Gráfico 3D de un factor para el pH a un tiempo de 18 y 24 horas	38
Figura 7. Gráfico 3D de un factor para la Acidez en yogur de garbanzos a un tiempo de 18 y 24 horas.....	40
Figura 8. Gráfico 3D para pH en diferentes proporciones de lactosa y carragenina	49
Figura 9. Gráfico 3D de un factor para la Acidez en yogurt de garbanzos a un tiempo de 18 y 24 horas.....	51
Figura 10. Gráfico 3D de un factor para la °Brix en yogurt de garbanzos a diferentes proporciones de Lactosa y Carragenina.....	54
Figura 11. Gráfico3D para color en proporciones de lactosa y carragenina.....	57
Figura 12. Gráfico 3D de un factor para Olor en yogur de garbanzos en diferentes proporciones de Lactosa y carragenina.....	59
Figura 13. Gráfico 3D de un factor para la Sabor en yogur de garbanzos en diferentes proporciones de Lactosa y Carragenina.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de algunas leguminosas.....	17
Tabla 2. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 1	22
Tabla 3. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 2....	23
Tabla 4. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 3	Error! Bookmark not defined.
Tabla 5. Características fisicoquímicas de la leche de garbanzo	33
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos del Yogur formulado a base de leche de garbanzos	34
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la dimensión Densidad.....	34
Tabla 8. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor	35
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para la dimensión pH	36
Tabla 10. Coeficientes estadísticos para el atributo pH	37
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo acidez.....	39
Tabla 12. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez	39
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color	41
Tabla 14. Coeficientes estadísticos para el atributo color	42
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Olor	42
Tabla 16. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor	43
Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Sabor.....	43
Tabla 18. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor	44
Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo densidad.....	45
Tabla 20. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez	46
Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo pH	47
Tabla 22. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez	48
Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo acidez.....	50
Tabla 24. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez	50
Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo °Brix	52
Tabla 26. Coeficientes estadísticos para el atributo °Brix	53
Tabla 27. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color	55
Tabla 28. Coeficientes estadísticos para el atributo Color	56
Tabla 29. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor	58
Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor	60
Tabla 31. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor	61

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de las variables de proceso y aditivos en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt vegetal de garbanzos (*Cicer arietinum*). La metodología se dividió en dos etapas, en primer lugar, se evaluó el efecto de la proporción agua: garbanzos (1:1,5 – 1:3,5) y tiempo de fermentación (18 – 24 horas) en las características fisicoquímicas y sensoriales del extracto de garbanzos, posteriormente con los mejores parámetros, se evaluó el efecto de lactosa (0,5 – 1 g/L) y carragenina (0,5 – 1 g/L) sobre las mismas características en el yogurt vegetal formulado. Los resultados obtenidos se determinaron que se tuvo un mejor extracto de garbanzos con tiempo de remojo de 18 horas y con una proporción agua: garbanzos de 1:3,5, mientras que la mejor formulación de yogurt consistió en lactosa 0.5g/L y carragenina 0.5g/L. Se concluye que los garbanzos son una buena alternativa vegetal para formular yogurt con mejores atributos nutricionales.

Palabras Clave: *Garbanzos, Lactosa, Carragenina, Yogur.*

Abstract

The objective of the research was to evaluate the effect of process variables and additives on the physicochemical and sensory characteristics of chickpea (*Cicer arietinum*) vegetable yoghurt. The methodology was divided into two stages, firstly, the effect of the water: chickpea ratio (1:1.5 - 1:3.5) and fermentation time (18 - 24 hours) on the physicochemical and sensory characteristics of the chickpea extract was evaluated, then with the best parameters, the effect of lactose (0.5 - 1 g/L) and carrageenan (0.5 - 1 g/L) on the same characteristics in the formulated vegetable yoghurt was evaluated. The results obtained determined that the best chickpea extract was obtained with a soaking time of 18 hours and with a water:chickpea ratio of 1:3.5, while the best yoghurt formulation consisted of lactose 0.5 g/L and carrageenan 0.5 g/L. It is concluded that chickpeas are a good vegetable alternative to formulate yoghurt with better nutritional attributes.

Keywords: *Chickpeas, Lactose, Carrageenan, Yogur.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, los productos fermentados a base de plantas han captado un creciente interés debido a sus efectos positivos sobre la salud y su contribución a la sostenibilidad en la producción alimentaria. El surgimiento de sustitutos vegetales para los lácteos puede atribuirse a diversas causas, como la intolerancia a la lactosa, la sensibilidad a las proteínas lácteas, la adopción de dietas específicas o, en algunos casos, al hipercolesterolemia y la preocupación por el control de la ingesta calórica. Las fuentes de la leche de origen vegetal incluyen avena, almendras, coco, arroz y nueces. Así la leche vegetal se suele utilizar como alternativa a la leche animal por sus propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales. [1]

La demanda de alternativas vegetales a la carne y los productos lácteos ha incrementado para reducir la intensa presión que ejerce la ganadería sobre el medio ambiente. Entre los sustitutos lácteos, las bebidas vegetales han captado considerable atención y actualmente están ampliamente disponibles. No obstante, la textura de los yogures vegetales podría mejorarse para incrementar su aceptación. Actualmente, los productos de yogur de origen vegetal siguen el proceso tradicional de elaboración de yogur mediante la fermentación de bebidas vegetales. Aunque esto aporta sabores fermentados y cultivos probióticos, la acidificación de las proteínas vegetales suele resultar en una formación de gel débil y separación de fases. Por lo tanto, se suelen añadir hidrocoloides para estabilizar y mejorar la textura, lo cual no es deseable por razones de etiquetado limpio. Además de tener un período de fermentación más prolongado (de 4 a 24 h), el contenido proteico de estos yogures vegetales es también menor que el de sus equivalentes lácteos. Por ello, los métodos tradicionales de fermentación podrían no ser los más adecuados para los yogures de origen vegetal.[2]

El yogur es un alimento lácteo cultivado, producido por la fermentación de la leche con bacterias de ácido lácticas, pero no es adecuado para los

consumidores intolerantes a la lactosa y alérgicos a las proteínas de la leche. Por lo tanto, el desarrollo de yogures de origen vegetal es una de las estrategias alternativas para solucionar estos problemas y sustituir a los yogures tradicionales. Las legumbres, los cereales, los pseudocereales y las semillas oleaginosas suelen considerarse materias primas para el yogur de origen vegetal. Los estudios confirmaron que la proteína de las legumbres puede reducir el riesgo de enfermedades crónicas como la reducción del colesterol, la lucha contra la obesidad y enfermedades inflamatorias. [3]

A pesar de la amplia diversidad de legumbres disponibles, el consumo de estos alimentos, que incluye garbanzos, lentejas, tarwi y arvejas verdes, sigue siendo insuficiente en comparación con los estándares nutricionales recomendados. Saby Mauricio Alza, decana nacional del Colegio de Nutricionistas del Perú, destacó que la población peruana debería consumir leguminosas al menos dos veces por semana, lo que equivale a un promedio de 400 gramos mensuales. No obstante, en la actualidad, la ingesta apenas alcanza los 300 gramos por mes.[4]

Existe una relación entre la nutrición y la alimentación con el desempeño educativo, la desnutrición o la malnutrición infantil provocan desnivel en el desarrollo del cerebro, como consecuencia, un menor desnivel intelectual. Los estudios científicos y análisis han dado muestra de un excelente nivel alimentario y nutrición inciden en el mejoramiento del avance académico, aumentan el desempeño y por ende la deserción escolar, retrayendo la ansiedad y agresividad y disminuyen el ausentismo. [5]

Los garbanzos se han consumido durante mucho tiempo como fuente de proteínas en la dieta y también se han relacionado con un riesgo reducido de varias enfermedades. En el presente estudio, se evaluó el efecto de la adición de extracto acuoso de garbanzo al yogur de leche de vaca y de camello sobre la actividad de acidificación, el contenido fenólico total (TPC), la actividad antioxidante y la viabilidad de bacterias ácido lácticas (BAL) durante 0, 7, 14 y 21 días de almacenamiento refrigerado (4°C). Además, se evaluó el análisis sensorial del yogur después del primer día de almacenamiento. Los valores de

pH mostraron una ligera disminución en el yogur de garbanzos, vaca y leche de camello durante el almacenamiento refrigerado en comparación con el control (yogur natural). El ácido total (TA) mejoró ($p < 0,05$) en presencia de extracto acuoso de garbanzo en el yogur de leche de vaca y de camello más que el control respectivo. El TPC y la actividad antioxidante del yogur fueron mayores ($p < 0,05$) en presencia de extracto acuoso de garbanzo en ambos tipos de yogur que el control. Además, hubo pérdidas significativas en el número de células de *Lactobacillus* spp. tanto en presencia como en ausencia de extracto acuoso de garbanzo en el yogur de leche de camella más que en el yogur de leche de vaca. El crecimiento de *S. thermophilus* en yogur de garbanzos y leche de vaca mejoró significativamente durante el almacenamiento refrigerado. No obstante, los recuentos de células viables de *S. thermophilus* en el yogur de leche de garbanzo y camella se redujeron después de 7 días de almacenamiento. La presencia de extracto acuoso de garbanzo se mostró más afectada en la evaluación sensorial en el yogur de leche de vaca que en el yogur de leche de camello. En conclusión, la incorporación de extracto acuoso de garbanzo en el yogur de leche de vaca y de camello podría mejorar la calidad nutricional y biológica del yogur, por lo que se podría utilizar en la industria de los alimentos como yogur funcional.[6]

El yogur, un derivado lácteo ampliamente valorado que se elabora mediante la fermentación bacteriana de la leche, es un alimento altamente nutritivo que contiene probióticos beneficiosos para la salud digestiva. La adición de proteínas es una estrategia efectiva para desarrollar alimentos que proporcionen una mayor sensación de saciedad. El garbanzo, una leguminosa rica en proteínas, fibra y prebióticos, puede ser utilizado como un recurso para mejorar el valor nutricional de los alimentos, ofreciendo propiedades funcionales a nivel de macromoléculas y promoviendo el crecimiento de probióticos. Este estudio analizó los efectos de la adición de harina de garbanzo (en concentraciones de 1%, 2%, 3% y 5% p/v) sobre parámetros de calidad específicos del yogur de leche con un 2% de grasa, que fue inoculado con un cultivo de yogur, fermentado y almacenado a 4 °C por un periodo de hasta 21 días. Los resultados demostraron que la adición de harina de garbanzo a la mezcla de yogur promovió el crecimiento de bacterias durante la

elaboración del yogur y disminuyó el tiempo de incubación. La fortificación del yogur con 1% y 2% de harina de garbanzo que la viscosidad del yogur almacenado mejore significativamente. Además, la harina de garbanzo estimuló el crecimiento de bacterias probióticas y mantuvo recuentos más altos durante los 21 días de almacenamiento refrigerado. La evaluación sensorial no reveló ninguna influencia significativa en los puntajes de aceptación del yogur con la adición de 1% o 2% de harina de garbanzo. En conclusión, la incorporación de harina de garbanzo hasta un nivel del 2% puede ser una opción para mejorar el nivel de proteína del yogur sin efectos adversos sobre las cualidades del producto y las propiedades sensoriales.[7]

En nuestra época gran cantidad de habitantes viven convulsionados con sus labores no teniendo el tiempo adecuado para poder preparar sus propias fuentes alimenticias, de tal manera terminan comiendo en lugares no aptos para una alimentación balanceada como supermercados, restaurantes, snack u otros. Las actuales innovaciones sobre el empleo de insumos de manutención y el actual ritmo de vida se han propuesto indagar la existencia de alimentos más saludables que proporcionen al ser humano una excelsa alimentación cuya finalidad es priorizar un buen nivel de salud. Analizando lo manifestado, se está priorizando la indagación de fuentes que permitan producir alimentos que no sólo apunten a características nutricionales sino a un gran aporte para la salud, en tal sentido se está planteando el uso del garbanzo (*cicer arietinum*) obteniendo como valor proteico (18-25%) con elevado nivel biológico, y su excelente composición el contenido de polisacáridos generalmente de almidón fortalecido. [8]

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de las variables de proceso (proporción agua: garbanzos y tiempo de remojo) y los aditivos (lactosa y carragenina) en las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegetal a base de garbanzos (*Cicer arietinum*)?

1.3. Hipótesis

H₁: Las variables de proceso (proporción agua: garbanzos y tiempo de remojo) y los aditivos (lactosa y carragenina) influyen significativamente en las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegetal a base de garbanzos (*Cicer arietinum*), mejorando su calidad final.

H₀: Las variables de proceso (proporción agua: garbanzos y tiempo de remojo) y los aditivos (lactosa y carragenina) no influyen significativamente en las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegetal a base de garbanzos (*Cicer arietinum*), mejorando su calidad final.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de las variables de proceso (proporción agua: garbanzos y tiempo de remojo) y aditivos (lactosa y carragenina) en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogur vegetal de garbanzos (*Cicer arietinum*).

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la proporción agua: garbanzos y tiempo de remojo en las características fisicoquímicas y sensoriales de extracto de garbanzos.
- Determinar el valor nutricional del mejor extracto de garbanzos.
- Evaluar el efecto de lactosa y carragenina en los en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogur formulado a base de leche de garbanzos
- Determinar el valor nutricional de la mejor formulación de yogur elaborado a base de leche de garbanzos.

1.5. Teorías relacionadas al tema

1.5.1. Garbanzos

El garbanzo (*Cicer arietinum L.*), perteneciente a la familia Leguminosae, es una planta con raíces profundamente desarrolladas y tallos ramificados y pilosos que pueden alcanzar hasta 0.60 metros de

altura. Este vegetal posee una gran cantidad de glándulas excretoras en su estructura. Sus hojas pueden ser paripinnadas o imparipinnadas, con folíolos que presentan bordes aserrados. Las flores son axilares y solitarias, mientras que los frutos son vainas bivalvas que contienen en su interior una o dos semillas con una textura ligeramente arrugada.[9]

1.5.2. Propiedades nutricionales del garbanzo

El garbanzo está compuesto químicamente por células grasas, fibra y proteínas en niveles alrededor de 22%. Los carbohidratos, está conformado por monosacáridos de galactosa (0.05%), ribosa (0.1%), fructosa (0.25%) y glucosa (0.7%). Además, los disacáridos libres más importantes son la maltosa (0.6%) y la sacarosa (1-2%).[10].

Tabla 1. Composición química de algunas leguminosas

Leguminosa	Proteína*	Lípidos*	Carbohidratos*	Fibra*	Minerales*
Frijol negro	26.9	1.6	66.9	1.0	3.6
Judía mongos	26.7	2.3	64	7.2	3.6
Garbanzo	22.7	5.0	66.3	3.0	3.0
Alubias	24.1	1.8	65.2	4.5	4.4
Chícharos	27.4	1.3	66.6	0.9	3.8
Lentejas	28.6	0.8	67.3	0.8	2.4
Chícharo seco	25.7	1.6	68.6	1.6	3.0

* Muestras manifestadas en porcentaje (%) s. Fuente: Muhammad et al., 2013

La proporción de polisacáridos presentes en el garbanzo oscila entre el 37.5% y el 50.8%. Estos polisacáridos, que no incluyen almidón, se dividen en dos categorías: solubles e insolubles. Los componentes solubles incluyen hemicelulosa (3.5-9%) y sustancias pécticas (1.5-4%), las cuales se digieren de manera lenta debido a sus propiedades higroscópicas y viscosas. Por otro lado, los componentes insolubles comprenden celulosa y una fracción de hemicelulosa, que forman parte de la estructura de la pared celular, comúnmente identificada como fibra cruda.[10]

Tabla 2: Concentración de polisacáridos en el grano de garbanzo

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN (%)
Almidón	50.4
Amilosa	20.0 - 46.5
Amilosa resistente	3.4 - 16.4
Celulosa	1.1 - 13.7
Hemicelulosa	0.6 - 16.0
Lignina	7.1
Fibra dietética total	8.2 - 24.0
Fibra dietética soluble	3.7
Fibra dietética insoluble	7.9
NSP polisacáridos no almidón	5.5 - 35.4

Fuente: Wood y Grusak, 2007.

Las proteínas del garbanzo, que destacan por su alto valor en comparación con otras leguminosas, varían en concentración dependiendo de la masa del grano seco, con un contenido del 17% al 22%, y alcanzando entre 25.3% y 28.9% al ser descascarado. Estas proteínas se clasifican según su solubilidad en albúminas, globulinas y glutelinas, siendo las globulinas las más abundantes, representando el 70% del total, mientras que las albúminas y glutelinas se encuentran en proporciones de entre el 10% y el 20%. [11] [12]

Las proteínas del garbanzo presentan niveles reducidos de aminoácidos azufrados, como metionina, cisteína y triptófano. No obstante, contienen una alta concentración de lisina y arginina en comparación con los cereales. La combinación de legumbres y cereales permite aportar los aminoácidos esenciales necesarios para lograr una nutrición equilibrada. [13]

1.5.3. Compuestos bioactivos

Los garbanzos son una rica fuente de flavonoides y polifenoles con notables propiedades antioxidantes. Cuanto más oscuro sea el color de

los garbanzos, mayor será la concentración de estas sustancias, aunque la cantidad exacta varía según el tono específico. Los componentes fenólicos dependen del método de extracción, los reactivos empleados, la duración de la extracción y las técnicas analíticas utilizadas. Los garbanzos contienen 14,9 mg/kg de antocianinas, mientras que el contenido polifenólico puede oscilar entre 0,72 y 1,81 mg/g. Aunque los garbanzos no son particularmente ricos en antocianinas o polifenoles, poseen una cantidad significativa de ácidos fenólicos, incluidos los ácidos hidroxicinámico, anisado, cafeico, cinámico, p-cumárico, clorogénico, isoferúlico y piperonílico. [14]

1.5.4. Yogur Vegetal

1.5.4.1. Definición

El yogur vegano es un producto fermentado análogo al yogur convencional, pero elaborado a partir de bebidas vegetales como soja, almendra o coco, junto con cultivos bacterianos. No incluye componentes de origen animal. Su proceso de producción es similar al tradicional, manteniendo características comparables en términos de sabor, aroma y textura, con la diferencia principal de estar basado en ingredientes de origen vegetal. [7], [15]

1.5.4.2. Principales vegetales para obtención de leche vegana

Debido al incremento en la demanda de alternativas sin lactosa y el creciente interés en explorar diferentes propiedades funcionales, se han utilizado varias plantas para producir sustitutos de la leche. Las fuentes vegetales relevantes se pueden clasificar en cinco categorías: (i) leguminosas (frijoles), (ii) frutos secos, (iii) semillas, (iv) pseudocereales y (v) cereales. La soja es una de las principales materias primas utilizadas para extraer leche de origen vegetal en el mundo occidental. Además, existen bebidas a base de almendras, coco, semillas de girasol, garbanzos, altramuces, cáñamo, sésamo, quinoa, guisantes y arroz, que enriquecen la diversidad del mercado de sustitutos de la leche vegetal. Dependiendo de las materias primas utilizadas, las bebidas

correspondientes varían significativamente en composición y sabor.[16]

1.5.4.3. Beneficios

Actualmente, se comercializan diversas leches provenientes de una variedad de plantas, tales como legumbres, semillas, frutos secos, cereales y pseudocereales. La leche de origen vegetal ofrece múltiples beneficios para la salud debido a su contenido de fibras dietéticas, minerales, vitaminas y antioxidantes. Las isoflavonas presentes en la leche de soja han sido reconocidas como compuestos bioactivos que podrían proteger a los consumidores contra el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y la osteoporosis. [16]. Además, estudios con modelos animales han demostrado que los fitoesteroles presentes en la leche de soja tienen el potencial de disminuir los niveles de colesterol en humanos. El consumo de leche de origen vegetal mostró una disminución significativa de la insulina sérica y la presión arterial, según un ensayo clínico. Asimismo, la ingesta de leche vegetal fermentada con probióticos redujo la hiperlipidemia y las lesiones hepáticas, como se informó en un estudio con modelos de ratones. De este modo, los alimentos derivados de leches vegetales tienen el potencial de convertirse en productos con múltiples beneficios para la salud de los consumidores.[17], [18]

1.5.4.4. Procedimiento para obtener yogur vegano

La separación de proteínas de origen vegetal, incluyendo cereales, legumbres y frutos secos, representa una opción rentable para desarrollar productos lácteos alternativos, destacando por su funcionalidad mejorada, valor nutricional elevado y bajo riesgo de alergenicidad. Entre las propiedades funcionales más destacadas se encuentran la capacidad de generar espuma, emulsificar, retener aceites y mejorar la textura, lo que las hace idóneas para la producción de sustitutos de productos lácteos. Al emplear bebidas vegetales en lugar de leche animal para la elaboración de yogurt, se aumenta su valor nutritivo y se mejora el perfil sensorial. La fermentación de estas bebidas

vegetales genera una relación simbiótica entre *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, los cultivos tradicionales del yogurt. Dado el bajo contenido de azúcares en las bebidas de origen vegetal, se utiliza sacarosa como fuente de azúcar, mientras que agentes gelificantes como pectina, almidón, gelatina y gomas se añaden para alcanzar una textura y cremosidad óptimas. El tiempo de fermentación, que puede durar entre 3 y 6 horas, depende de la temperatura de incubación (40-45 °C) y de la producción de ácido láctico. La cantidad de ácido láctico, monitoreada a través del pH, determina el momento adecuado para detener la fermentación, con un rango óptimo de pH entre 4,6 y 3,7.[19], [20]

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación tuvo un enfoque aplicativo, dado que se desarrolló yogurt a partir de leche de garbanzo y se analizaron sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. El enfoque utilizado es cuantitativo, ya que se buscó determinar la correlación entre diferentes formulaciones del yogurt de leche de garbanzo en relación con sus características fisicoquímicas y sensoriales. El estudio se llevó a cabo en un entorno de laboratorio, lo que permitió un control exhaustivo de las variables independientes, garantizando una mayor precisión en los resultados obtenidos respecto a las variables dependientes.

2.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue de tipo experimental, dado que se controlaron y modificaron las variables independientes (proporción agua: garbanzos, tiempo de remojo, lactosa y carragenina) con el fin de analizar y determinar su influencia sobre las variables dependientes (características fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegano de garbanzos).

2.2. Variables, Operacionalización

Tabla 2. Operacionalización de variables dependientes e independientes de la determinación nutricional del extracto y yogurt de garbanzos

<i>Variables Independientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Extracto y yogurt de garbanzos	1000	ml	Gravimétrico
<i>Variables Dependientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Análisis Físico - Químicos	Humedad	g/L	Método de secado por estufa
	Cenizas	g/L	NTP 202.012:1979 LECHE. Ensayo de determinación de la ceniza total
	Proteínas	g/L	Kjeldahl.
	Grasa	g/L	Gerber (INDECOPI-PERÚ, 1998b)
	Carbohidratos	g/L	Análisis proximal de Weende (1860), cuantificación de carbohidratos por diferencia
	Sólidos Solubles	° Brix	INDECOPI - PERÚ, 1998c
	pH	-	Potenciométrico (A.O.A.C., 1995)
	Acidez	°Dornic	Método volumétrico (INDECOPI-PERÚ, 2008)
Densidad	g/mL	INDECOPI - PERÚ, 1998a	

Tabla 3. Operacionalización de variables dependientes e independientes de las características sensoriales y fisicoquímicas el yogur a base de leche de garbanzos

<i>Variables Independientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Proporción	1 : 1.5		
Leche de garbanzo: Agua	1 : 2.5 1 : 3.5	L/L	Método Gravimétrico
Tiempo de fermentación	18 h 24 h	horas	Cronómetro
<i>Variables Dependientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
	Humedad	g/L	Método de secado por estufa
	Densidad	g/mL	INDECOPI - PERÚ, 1998a
Características fisicoquímicas	Sólidos Solubles	° Brix	INDECOPI - PERÚ, 1998c
	pH	-	Potenciométrico (A.O.A.C., 1995)
	Acidez	° Dornic	Método volumétrico (INDECOPI-PERÚ, 2008)
Características sensoriales	Olor	0 - 5 ptos	Escala Hedónica
	Sabor	0 - 5 ptos	
	Color	0 - 5 ptos	
	Apariencia	0 - 5 ptos	

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

2.3.1. Población de estudio

Los garbanzos se adquirieron en el mercado Moshoqueque (distrito de José Leonardo Ortiz), departamento de Lambayeque.

2.3.2. Muestra

Se aplicó un muestreo por conveniencia, recolectó una muestra de 20 kg de

garbanzo (estimado según los experimentos) con buenas condiciones de calidad.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Instrumentación de recolección de datos

Se utilizó un pH-metro marca Hanna Instruments, el cual permitió realizar mediciones de alta precisión de pH y temperatura. Para la determinación de la concentración de azúcar en las muestras, se empleó un refractómetro modelo HB-118 con un rango de 0 a 50% Brix, equipado con compensación automática de temperatura (ATC). Adicionalmente, el control preciso de la temperatura fue realizado mediante un termómetro digital de 225 mm de longitud, el cual ofreció una alta precisión en las mediciones.

2.4.2. Caracterización fisicoquímica de la leche de garbanzos

Para medir el contenido de humedad, se tomó 5 ml de la muestra y se pesó en un crisol previamente tarado. Posteriormente, el crisol con la muestra se colocó en una estufa, manteniéndose a una temperatura de 105 °C durante un período de 3 horas. Transcurrido este tiempo, el crisol fue transferido a un desecador, donde se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente (aproximadamente 20 minutos). Finalmente, el peso final fue determinado utilizando una balanza analítica de precisión. Se calculó el porcentaje de humedad, utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100$$

La determinación de la ceniza total se realizó siguiendo la metodología establecida en la norma NTP 202.012:1979, la cual es aplicable para productos lácteos. El pH se midió conforme al método 981.12 de la AOAC (1990), que está diseñado para productos acidificados. Este procedimiento permitió obtener valores precisos del pH en las muestras de yogurt a base de leche de garbanzos. La acidez se determinó siguiendo los lineamientos de la norma NTP 202.116:2008, la cual detalla el método para la evaluación

de la acidez en leche y productos derivados, adaptado para su aplicación en el yogurt de garbanzos. Los sólidos totales fueron determinados de acuerdo con la norma NTP 202.118:1998, la cual establece el protocolo para medir este parámetro en productos lácteos, garantizando la cuantificación precisa de los sólidos presentes en las muestras. La densidad relativa se evaluó según la norma NTP 202.008, utilizando un método específico para la determinación de este parámetro en leche y sus derivados.

La determinación de proteínas se realizó utilizando el método de Kjeldahl, según lo descrito en la norma NTP 202.119:1998, que permite calcular el contenido total de nitrógeno en las muestras de yogurt. El análisis de grasas se llevó a cabo conforme a la técnica de Gerber, siguiendo la norma NTP 202.028:1998, la cual es ampliamente empleada para la determinación de materia grasa en productos lácteos. Finalmente, para la cuantificación de carbohidratos, se utilizó el Análisis Proximal de Weende (1860), realizando la cuantificación por diferencia, método que permite estimar el contenido de carbohidratos en las formulaciones evaluadas.

2.4.3. Proceso de elaboración de yogur a base de leche de garbanzos

Para la elaboración de yogur se procedió acorde con [21]. Se empezó con la recepción de los garbanzos incluyó la verificación de sus condiciones y características de calidad, asegurando que cumplieran con los estándares requeridos. A continuación, se realizó el lavado de los garbanzos utilizando agua para eliminar cualquier resto físico de suciedad. Posteriormente, los garbanzos se sometieron a un proceso de hidratación a temperatura ambiente durante 12 horas. Tras este período, se procedió al descascarado, eliminando la cáscara mediante fricción y con la ayuda de agua.

Para obtener la leche de garbanzo, los garbanzos hidratados se licuaron en una batidora industrial, añadiendo agua de acuerdo con las formulaciones establecidas en la operacionalización de variables. El licuado se realizó durante 10 minutos hasta lograr una mezcla homogénea. Luego, la mezcla fue filtrada utilizando una tela de organza, separando la leche de la torta de

garbanzo. En la etapa de estandarización, se añadió un 8% de azúcar blanca a las formulaciones de leche de garbanzo para ajustar la cantidad de sólidos y el dulzor. En una segunda fase, se incorporaron lactosa y carragenina en proporciones definidas según las formulaciones.

El extracto de garbanzo fue sometido a pasteurización, aplicando un tratamiento térmico a 80°C durante 30 minutos para reducir la carga microbiana. Tras la pasteurización, se llevó a cabo la homogenización para evitar la formación de grumos y sinéresis, logrando una mezcla uniforme. Las formulaciones estandarizadas fueron sometidas a un primer enfriamiento manual hasta alcanzar la temperatura óptima de inoculación (43°C), o ligeramente superior (46°C), factor crítico para la supervivencia de las bacterias del inóculo. Luego, se realizó la inoculación de *Lactobacillus bulgaricus*, el cual fue añadido a cada formulación para la fermentación de azúcares en ácido láctico.

El proceso de incubación se llevó a cabo a temperaturas entre 43°C y 45°C hasta alcanzar un pH igual o inferior a 4,6, lo que tomó aproximadamente 18 horas. Una vez lograda la fermentación, se realizó un segundo enfriamiento en refrigeración durante 4 horas para detener la acidificación. Finalmente, el coágulo formado fue batido para uniformizar la textura del yogurt, y las formulaciones se almacenaron en refrigeración para su posterior evaluación fisicoquímica y sensorial.

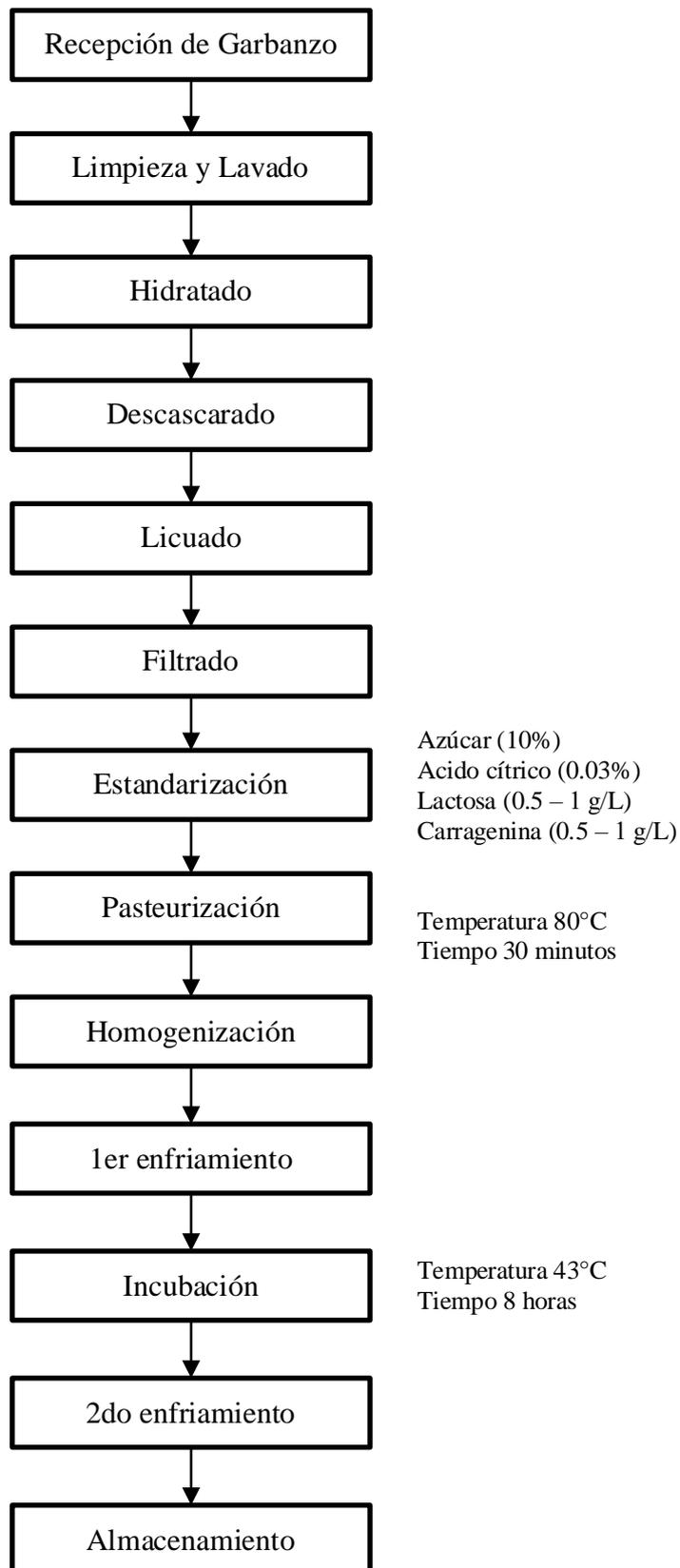


Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración de yogur a base de leche de garbanzos

2.4.4. Proceso de frutado del yogur formulado a base de garbanzos

Para poder enriquecer y mejorar el sabor del yogur, se acondicionó la mermelada de arándanos acorde con [22]. Para ello, se procedió con la recepción de los arándanos, inspeccionando rigurosamente para evaluar su grado de calidad. Posteriormente, se realizó el pesado de la materia prima para asegurar la cantidad requerida para el proceso. En la etapa de selección, se eliminaron los frutos que no cumplían con los estándares de calidad. Se continuó con el lavado se efectuó mediante inmersión en agua, con el fin de eliminar restos de tierra y otros materiales adheridos a la fruta. A continuación, se procedió a la desinfección de los arándanos, sumergiéndolos en una solución de hipoclorito de sodio a 150 ppm, lo que permitió reducir la carga microbiana.

La fruta desinfectada fue sometida a un proceso de pulpeado, reduciendo su tamaño mediante el uso de una licuadora hasta obtener una pulpa homogénea. Posteriormente, la pulpa fue cocida en una cacerola, añadiendo los insumos necesarios, como azúcar (20%), ácido cítrico (0,03%) y pectina (3%). Una vez completada la cocción, se dejó reposar la mermelada de arándanos para que se enfriara hasta alcanzar la temperatura ambiente. Finalmente, el producto fue almacenado en un ambiente fresco, aséptico y con baja humedad, con el objetivo de prevenir su deterioro.

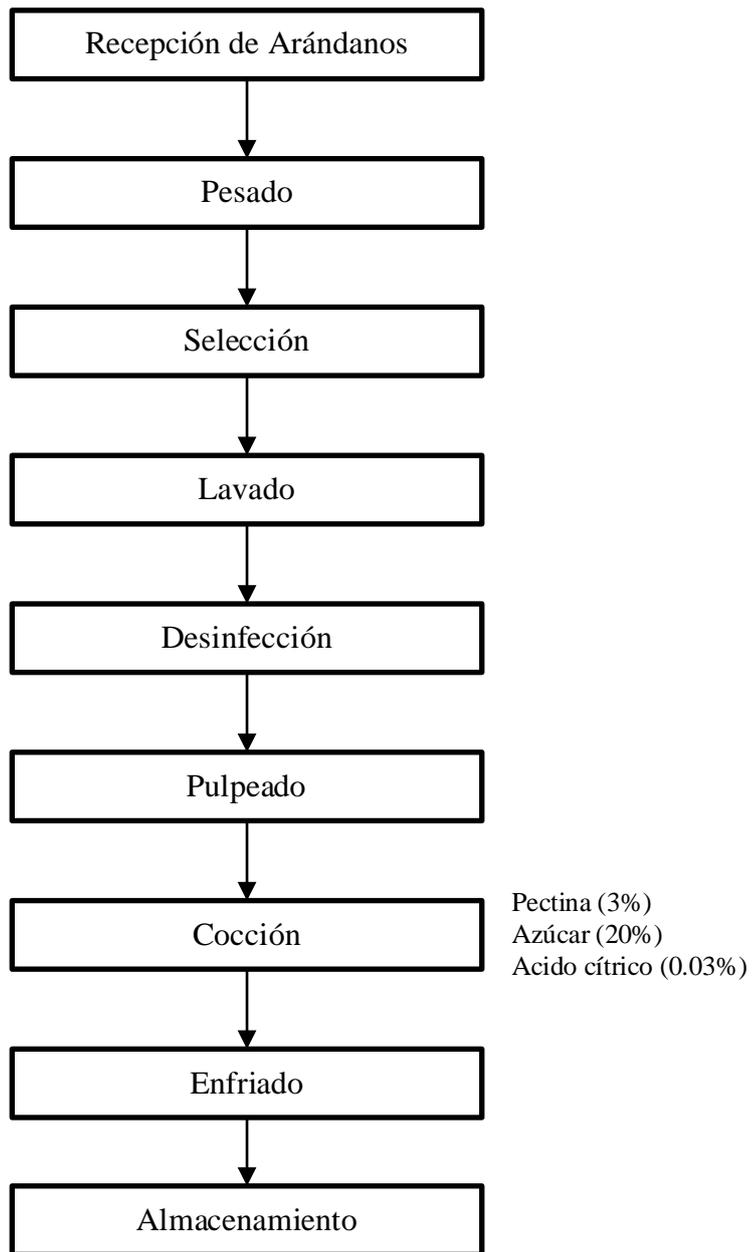


Figura 2. Diagrama de flujo de elaboración de mermelada de arándanos

El yogurt formulado, previamente almacenado en refrigeración, fue retirado para su posterior procesamiento. Se procedió al batido y homogenización de las formulaciones de yogurt vegano para asegurar una textura uniforme. Posteriormente, se añadió un 10% de mermelada de arándanos a cada formulación con el objetivo de mejorar sus atributos sensoriales y ajustar el nivel de °Brix. Después de esta incorporación, las formulaciones fueron nuevamente batidas y homogenizadas para garantizar una distribución uniforme de los ingredientes. El producto final se envasó herméticamente y se almacenó en refrigeración a bajas temperaturas, quedando listo para su posterior evaluación fisicoquímica y sensorial.

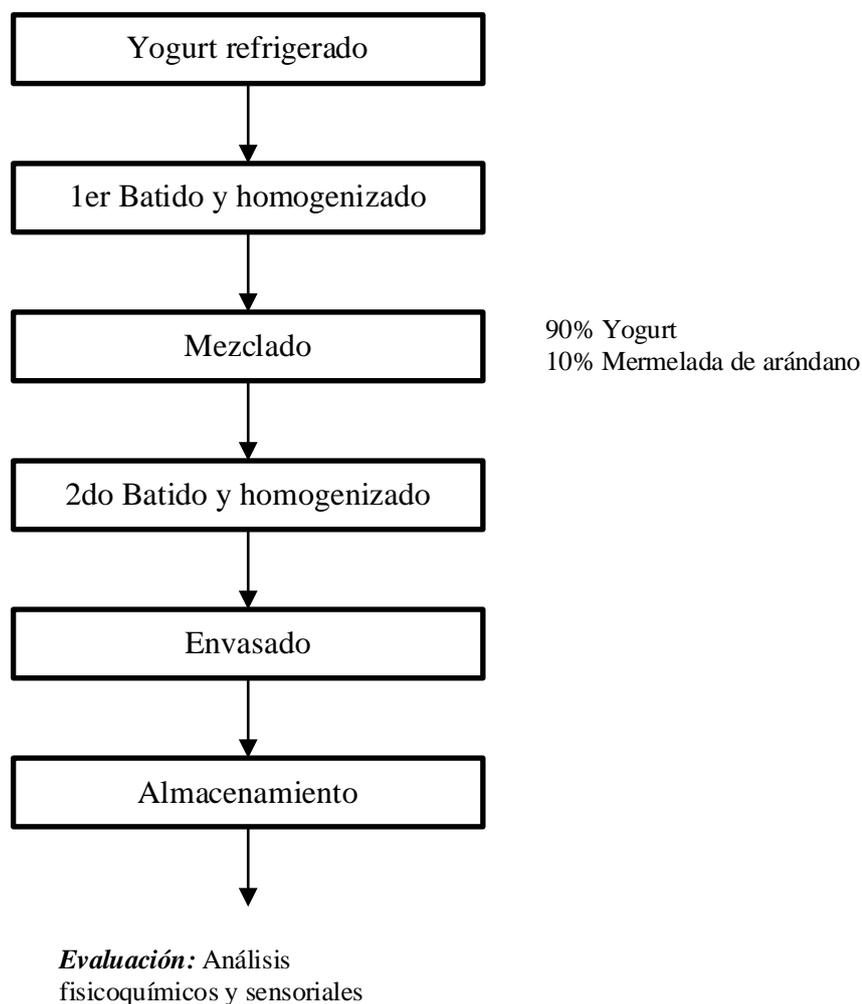


Figura 3. Diagrama de flujo de frutado de yogurt vegetal de garbanzos

2.4.5. Evaluación fisicoquímica del yogur vegetal de garbanzos

Para la medición del pH en los productos acidificados, se empleó el método 981.12 de la AOAC (1990). El análisis se realizó utilizando un pH-metro, el cual fue previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7 y pH 4, siguiendo los protocolos establecidos para asegurar la precisión de las mediciones. La determinación de la acidez se efectuó de acuerdo con lo especificado en la norma técnica NTP 202.116:2008, aplicable a la leche cruda y productos lácteos. Se utilizó el método volumétrico descrito en dicha norma, adaptado para el análisis de la acidez en el yogurt a base de leche de garbanzos. El análisis de sólidos totales fue realizado conforme a la norma NTP 202.118:1998, que establece los procedimientos para la determinación de sólidos totales en leche cruda y productos lácteos. Este método permitió evaluar el contenido de sólidos presentes en las muestras de yogurt vegano formulado.

2.4.6. Evaluación sensorial del yogur formulado a base de leche de garbanzos y frutado con mermelada de fresa

Se procedió conforme a Zanqui, A. *et al* [23]. Para la evaluación sensorial del yogur vegano, se recolectó los datos mediante una escala de puntuación. Se empleó una escala hedónica mixta de cinco puntos para la prueba de aceptabilidad, que iba desde "muy desagradable" hasta "muy agradable", con un panel de 30 panelistas no entrenados, estudiantes de una Institución Educativa Escolar (nivel primario y secundario). Se llevaron a cabo pruebas de aceptación con cinco formulaciones distintas, evaluadas en cuanto a sabor, color, olor y textura. Los panelistas recibieron aleatoriamente muestras de aproximadamente 30 ml de cada formulación, presentadas en vasos de plástico con códigos de tres dígitos aleatorios. Las muestras se presentaron de forma monódica y se utilizó agua de mesa entre cada muestra para limpiar el paladar. La evaluación se realizó a temperatura ambiente de manera individual. Se entregó a cada consumidor la hoja de evaluación en la que los atributos estaban aleatorizados y se les pidió que indicaran las características sensoriales del yogurt utilizando el método CATA.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Para el procesamiento de los datos se utilizó el software Design Expert 7.0 (versión demo), seleccionando un modelo estadístico de Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). El experimento estuvo dividido en dos etapas, en la primera las variables independientes fueron la proporción de garbanzo: agua y el tiempo de remojo, y las variables dependientes las características fisicoquímicas y sensoriales del extracto de garbanzos. En la segunda etapa, se determinó las mejores variables de proceso (de la etapa anterior) y consideró como variable independiente el porcentaje de lactosa y el porcentaje de carragenina y como variables dependientes las características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt de garbanzos. Para evaluar la significancia de variables independientes sobre las dependientes se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el mismo software, seguido por la Prueba de Tukey ($P < 0.05$) para identificar diferencias significativas entre los promedios.

2.6. Criterios éticos

A lo largo de la realización del estudio, se mantuvo una actitud íntegra, honrando el principio de independencia de los autores, un elemento crucial de la ética en cualquier investigador. Asimismo, se descartó cualquier manipulación de la información o el uso de fuentes no verificadas. Se reconoce que la investigación posee no solo una dimensión técnica, sino primordialmente una dimensión ética. Se respetó los derechos de autor, citando autores de revistas, libros, páginas web, trabajos virtuales, tesis, entre otras fuentes de información, las cuales fueron verificadas y validadas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Caracterizar fisicoquímicamente de la leche de garbanzo

En la tabla 5 se muestra la composición nutricional de la mejor formulación de leche de garbanzo en base seca (proporción agua: garbanzos 1:3.5), destacando altos contenidos de proteínas (20.85 ± 0.83) y fibra (15.7 ± 0.16), así como bajos niveles de grasa (5.50 ± 0.81) y carbohidratos (45.05 ± 3.73).

Tabla 4. Características fisicoquímicas de la leche de garbanzo

Propiedad	Cantidad
Humedad	80.92 ± 0.32
Proteína	6.15 ± 0.83
Grasa	2.51 ± 0.81
Carbohidratos	6.90 ± 0.73
Cenizas	1.80 ± 0.10
Fibra	1.72 ± 0.16

Fuente. Elaboración propia

3.1.2. Evaluación fisicoquímica del Yogur formulado a base de leche de garbanzos

En la tabla 6 se presentan los datos obtenidos con el programa Design Expert v.7.0, donde la proporción más recomendada es Garbanzo: Agua (1:2.5), con un tiempo de 18 horas, una densidad de 1.024 g/ml, un pH de 6[H+], 0.08% de acidez, un puntaje de 5 para el color, 4 para el olor, 5 para el sabor y un 2% de grados Brix.

Tabla 5. Análisis fisicoquímicos del Yogur formulado a base de leche de garbanzos

Proporción Garbanzo: Agua	Tiempo (h)	Densidad (g/mL)	pH ([H+])	Acidez (%)	Brix °Bx
1:1.5	24 h	1.092	5.4	0.095	2.4
1:2.5	18 h	1.024	6	0.08	2
1:3.5	24 h	1.021	6.3	0.09	1.8
1:2.5	24 h	1.026	5.8	0.08	2.1
1:3.5	18 h	1.019	6.5	0.09	1.8
1:1.5	18 h	1.088	5.5	0.09	2.2

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los datos fueron procesados en el software, Desing Expert v.7.0

3.1.2.1. Densidad

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos para el parámetro de densidad, donde el valor p es 0.0003, lo que indica que existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas. El valor F del modelo, de 3055.33, resalta la significancia del modelo, con solo un 0.05% de probabilidad de error. Este resultado se explica porque el p-valor es inferior a 0.05, lo que confirma que la concentración de garbanzos es un factor significativo, mientras que el tiempo de fermentación no presenta un efecto relevante.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para la dimensión Densidad

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	0.0061	3	0.0020	3055.33	0.0003
A-Garbanzo	0.0061	2	0.0031	4575	0.0002
B-Tiempo	0.0000	1	0.0000	16	0.0572
Residual	0.0000	2	0.0000		
Cor Total	0.0061	5			

Tabla 7. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.00082	R-cuadrado	0.9998
Mean	1.045	R ² -ajustada	0.9995
C.V. %	0.07813	R ² - previsto	0.9980
PRESS	0.000012	Predicción adecuada	109

En la tabla 8 se muestra el valor de R² para el atributo de densidad, registrado como 0.9998, un R² estimado de 0.998, las cuales se consideran adecuados, ya que el modelo explica aproximadamente el 0.07813% de la variación bajo estas condiciones.

En la figura 5 se presenta un gráfico en 3D, que muestra el efecto del tiempo de remojo y la proporción agua en la densidad de la leche de garbanzo. Se observó que, al utilizar una mayor proporción de garbanzo (1:1.5), se obtuvo una densidad más alta, alcanzando valores de hasta 1.092, independientemente del tiempo de remojo. Esta tendencia indica que una mayor concentración de garbanzo en la mezcla incrementó la densidad del producto. Por el contrario, una menor proporción de garbanzo (1:3.5) resultó en los valores más bajos de densidad, alrededor de 1.018, lo que refleja una mezcla más diluida. El tiempo de remojo también influyó en la densidad, con un remojo de 18 horas asociado a una ligera disminución en la densidad, en comparación con el remojo de 24 horas, que mostró una mayor variación según la proporción de garbanzo.

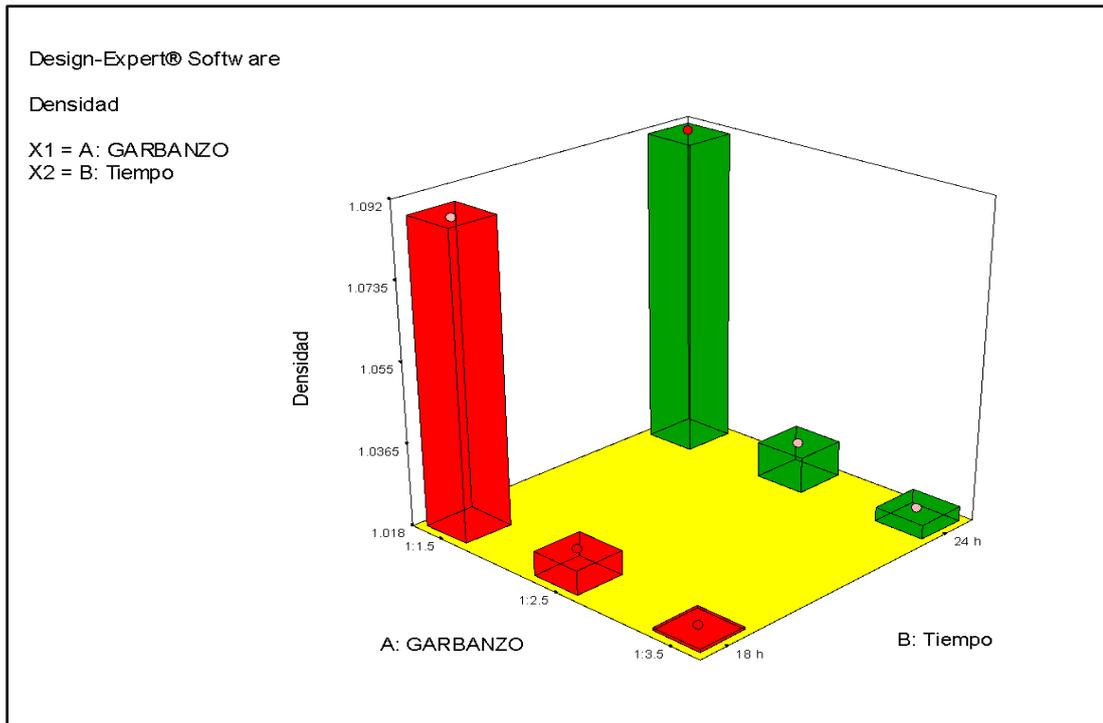


Figura 4. Gráfico 3D de un factor para la Densidad a un tiempo de 18 y 24 horas.

3.1.2.2. pH

En la tabla 9 se presentan los resultados para el atributo de pH, donde el valor p es 0.0053, lo que indica la existencia de diferencias significativas entre las muestras. El valor F del modelo, que es 189, resalta la relevancia del modelo, con solo un 0.05% de probabilidad de error. Esto se debe a que el valor p es menor a 0.05, lo que sugiere que la concentración de garbanzos es una variable significativa, mientras que el tiempo no tiene un efecto considerable.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para la dimensión pH

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	0.945	3	0.315	189	0.0053
A-Garbanzo	0.903	2	0.452	271	0.0037
B-Tiempo	0.042	1	0.042	25	0.0377
Residual	0.003	2	0.002		
Cor Total	0.948	5			

En la tabla 10 se expone el valor de R^2 para el atributo de pH, el cual es de 0.997, un R^2 estimado de 0.968, los cuales se evalúan como adecuados, dado que el modelo logra explicar aproximadamente el 0.69% de la variación, lo que se considera aceptable.

Tabla 9. Coeficientes estadísticos para el atributo pH

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.041	R-cuadrado	0.997
Mean	5.92	R ² -ajustada	0.991
C.V. %	0.69	R ² - previsto	0.968
PRESS	0.03	Predicción adecuada	33.5

En la figura 6 se presenta un gráfico en 3D, que muestra el efecto del tiempo de remojo y la proporción agua en el pH de la leche de garbanzo. Se observó que, a mayor proporción de agua (1:3.5) y tiempos de remojo más cortos (18 horas), el pH fue más elevado, alcanzando valores cercanos a 6.5, lo que indica una menor acidez en estas condiciones. Por el contrario, una menor proporción de agua (1:1.5) y tiempos de remojo más prolongados (24 horas) resultaron en un pH más bajo, alrededor de 5.3, reflejando una mayor acidez. En síntesis, el pH disminuyó con el aumento del tiempo de remojo y la reducción de la proporción de agua, lo que sugiere que estas variables influyeron significativamente en la acidez del producto final.

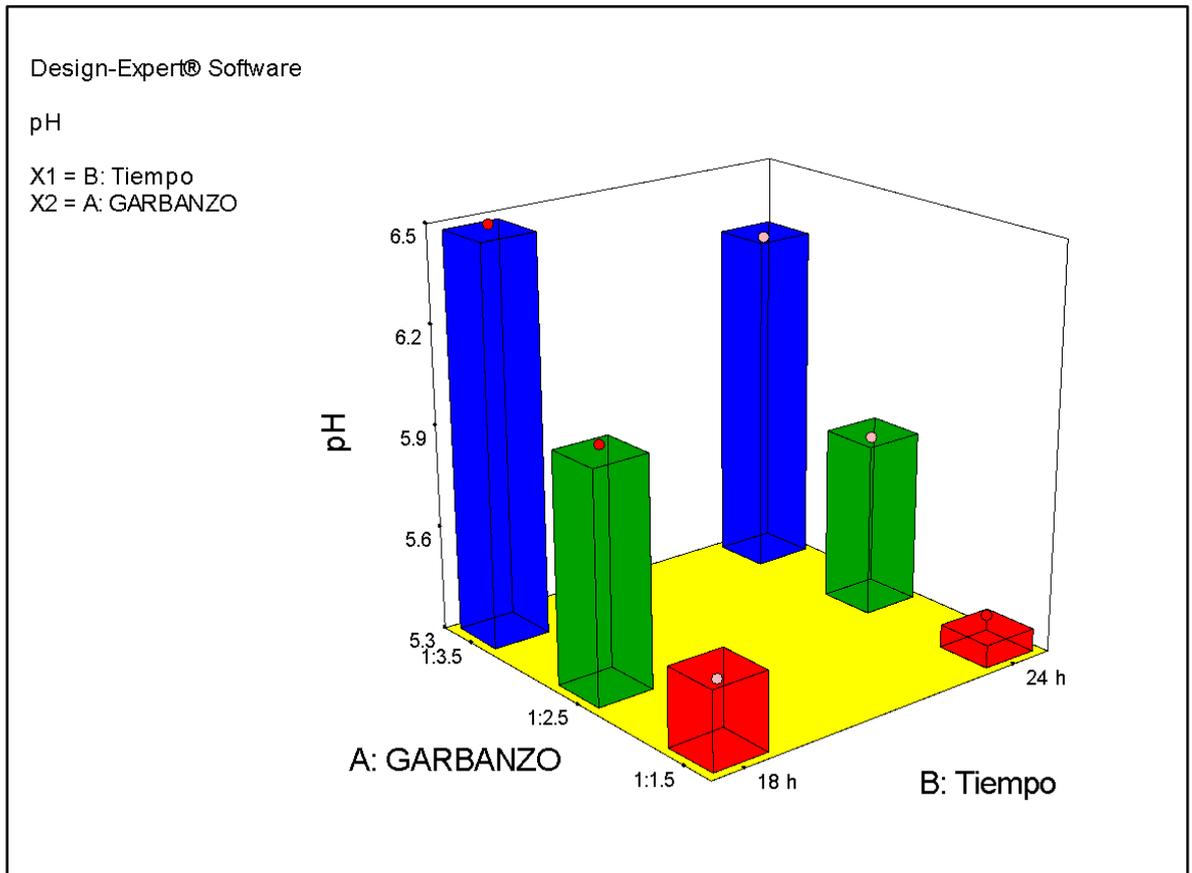


Figura 5. Gráfico 3D de un factor para el pH a un tiempo de 18 y 24 horas

3.1.2.3. Acidez

En la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos para el parámetro de acidez, donde el valor p es 0.0659, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas. El valor F del modelo sugiere que este no es estadísticamente relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de significancia. Este resultado se explica porque el valor p es superior a 0.05.

Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo acidez

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	0.00017917	3	5.9722E-05	14.33	0.0659
A-Garbanzo	0.000175	2	0.0000875	21	0.0455
B-Tiempo	4.1667E-06	1	4.1667E-06	1	0.4226
Residual	8.3333E-06	2	4.1667E-06		
Cor Total	0.0001875	5			

En la tabla 12 se muestra los coeficientes estadísticos asociados al análisis de la acidez en la leche de garbanzo. El desvío estándar fue de 0.0020, indicando una baja dispersión de los datos, lo que sugiere alta precisión en las mediciones. El valor medio de la acidez fue 0.0875, y el coeficiente de variación (2.33%) refleja una variabilidad mínima en relación con la media, indicando una buena fiabilidad del modelo. El valor de R^2 fue 0.955, lo que significa que el modelo explica el 95.5% de la variabilidad en la acidez, señalando un excelente ajuste. El R^2 -ajustado de 0.888 reafirma la solidez del modelo, mientras que el R^2 -previsto de 0.6 indica una moderada capacidad predictiva.

Tabla 11. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.0020	R-cuadrado	0.955
Mean	0.0875	R^2 -ajustada	0.888
C.V. %	2.3328	R^2 - previsto	0.6
PRESS	0.000075	Predicción adecuada	8.5

En la figura 7 se presenta un gráfico 3D, que detalla el efecto del tiempo de remojo y la proporción agua en la acidez de la leche de garbanzos. Se observó que la proporción agua influyó notablemente el nivel de acidez. Las combinaciones con una mayor

proporción de garbanzo (1:1.5) generaron los valores más altos de acidez, alcanzando aproximadamente 0.095. Por el contrario, la menor proporción de garbanzo (1:3.5) presentó los valores de acidez más bajos, con valores cercanos a 0.079. En cuanto al tiempo de remojo, se evidenció que el remojo durante 18 horas tendió a producir una mayor acidez, particularmente en las combinaciones con proporciones de garbanzo más altas, mientras que el remojo de 24 horas mostró una acidez ligeramente menor en todas las proporciones evaluadas.

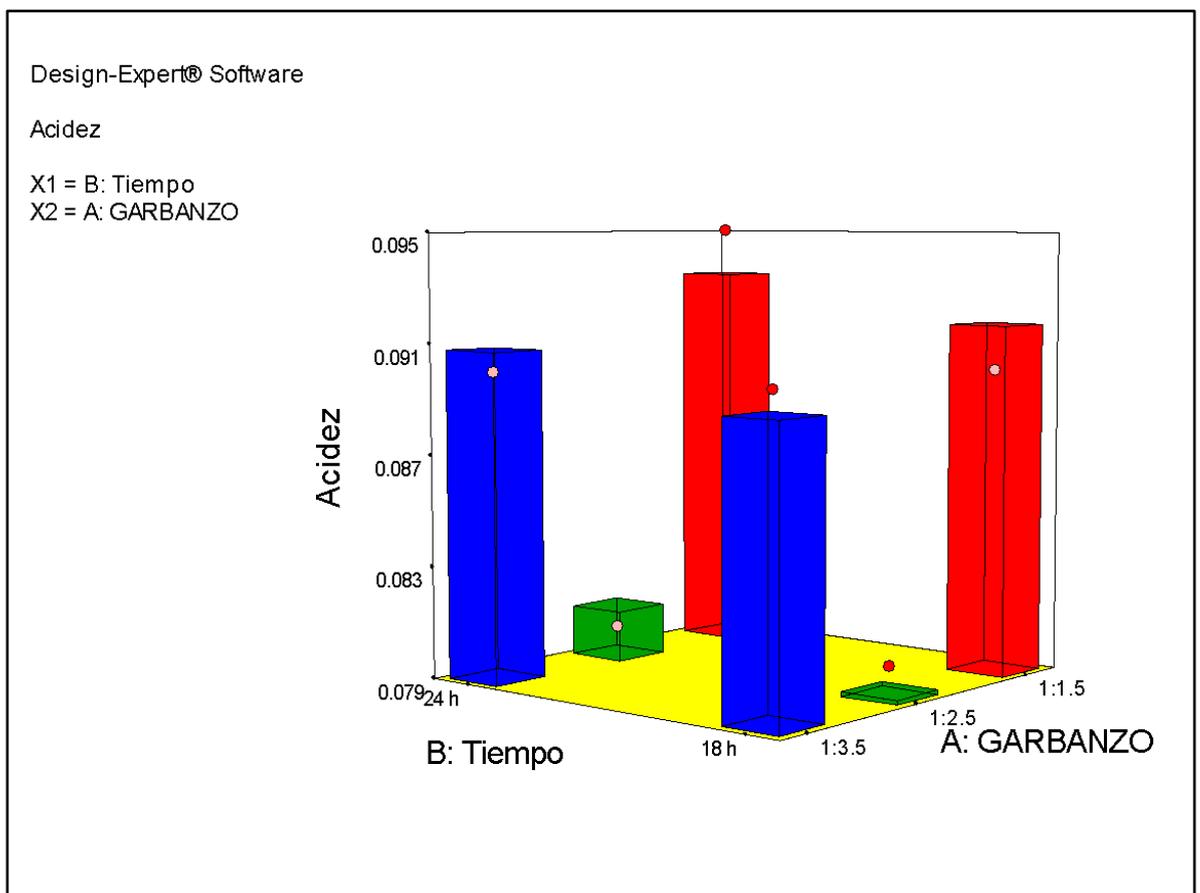


Figura 6. Gráfico 3D de un factor para la Acidez en yogur de garbanzos a un tiempo de 18 y 24 horas

3.1.2.4. Color

La tabla 13 presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo color, donde el valor p fue de 0.0001, lo que indica diferencias significativas entre las muestras evaluadas. No obstante, el valor F del modelo sugiere que este no es estadísticamente relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de que el valor F carezca de significancia y que su origen pueda estar vinculado a otras características. Este resultado se explica por el hecho de que el valor p es superior a 0.05.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	5.5	3	1.83333	63660000	< 0.0001
A-Garbanzo	4	2	2	63660000	< 0.0001
B-Tiempo	1.5	1	1.5	63660000	< 0.0001
Residual	0	2	0		
Cor Total	5.5	5			

La tabla 14 presenta los coeficientes estadísticos obtenidos para el análisis del atributo color en la leche de garbanzo. El desvío estándar y el coeficiente de variación (C.V.%) fueron ambos 0, lo que indica una total consistencia y ausencia de variabilidad en las mediciones. El valor promedio del color fue de 3.5, reflejando una uniformidad en las muestras analizadas. Los valores de R-cuadrado, R²-ajustado y R²-previsto, todos iguales a 1, señalan que el modelo explica el 100% de la variabilidad del color, lo que indica un ajuste perfecto. Además, el valor PRESS de 0 confirma que no hubo errores residuales, y el coeficiente de predicción adecuada de 1 respalda la capacidad predictiva del modelo.

Tabla 13. Coeficientes estadísticos para el atributo color

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0	R-cuadrado	1
Mean	3.5	R ² -ajustada	1
C.V. %	0	R ² - previsto	1
PRESS	0	Predicción adecuada	1

3.1.2.5. Olor

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos para el análisis del atributo olor, donde el valor p fue 0.0001, lo que indica que existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Sin embargo, el valor F del modelo sugiere que este no es estadísticamente relevante, con una probabilidad del 0.05% de que el valor F no sea significativo y que su origen esté asociado a otras variables. Esta situación se debe a que el valor p supera el umbral de 0.05.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Olor

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	5.5	3	1.833	63660000	< 0.0001
A-Garbanzo	4	2	2	63660000	< 0.0001
B-Tiempo	1.5	1	1.5	63660000	< 0.0001
Residual	0	2	0		
Cor Total	5.5	5			

La tabla 16 presenta los coeficientes estadísticos obtenidos para el análisis del atributo olor en la leche de garbanzo. El desvío estándar y el coeficiente de variación (C.V.%) fueron ambos 0, lo que indica una total consistencia y ausencia de variabilidad en las mediciones. El valor promedio del olor fue de 3.5, reflejando una uniformidad en las muestras analizadas. Los valores de R-cuadrado, R²-ajustado y R²-previsto, todos iguales a 1, señalan que el modelo explica el 100%

de la variabilidad del olor, lo que indica un ajuste perfecto. Además, el valor PRESS de 0 confirma que no hubo errores residuales, y el coeficiente de predicción adecuada de 1 respalda la capacidad predictiva del modelo.

Tabla 15. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0	R-cuadrado	1
Mean	3.5	R ² -ajustada	1
C.V. %	0	R ² - previsto	1
PRESS	0	Predicción adecuada	1

3.1.2.6. Sabor

La Tabla 17 presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo sabor, donde el valor p de 0.0001 sugiere diferencias significativas entre las muestras evaluadas. No obstante, el valor F del modelo indica que este no es estadísticamente significativo, con una probabilidad del 0.05% de que el valor F no sea relevante y que esté influenciado por otras variables. Esta interpretación se basa en el hecho de que el valor p es superior a 0.05.

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Sabor

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	5.5	3	1.833	63660000	< 0.0001
A-Garbanzo	4	2	2	63660000	< 0.0001
B-Tiempo	1.5	1	1.5	63660000	< 0.0001
Residual	0	2	0		
Cor Total	5.5	5			

La tabla 18 presenta los coeficientes estadísticos obtenidos para el análisis del atributo sabor en la leche de garbanzo. El desvío estándar

y el coeficiente de variación (C.V.%) fueron ambos 0, lo que indica una total consistencia y ausencia de variabilidad en las mediciones. El valor promedio del sabor fue de 3.5, reflejando una uniformidad en las muestras analizadas. Los valores de R-cuadrado, R²-ajustado y R²-previsto, todos iguales a 1, señalan que el modelo explica el 100% de la variabilidad del sabor, lo que indica un ajuste perfecto. Además, el valor PRESS de 0 confirma que no hubo errores residuales, y el coeficiente de predicción adecuada de 1 respalda la capacidad predictiva del modelo.

Tabla 17. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0	R-cuadrado	1
Mean	3.5	R ² -ajustada	1
C.V. %	0	R ² - previsto	1
PRESS	0	Predicción adecuada	1

Con los resultados obtenidos se determinó que la mejor proporción de agua garbanzos es 1:3.5 y con un tiempo de remojo de 18 horas, para obtener leche de garbanzos que cumplan las características técnicas de una leche animal para la elaboración de yogurt.

3.1.3. Evaluación del Nivel de Carragenina y Lactosa en Yogur de Leche de Garbanzos

Obtenida la mejor formulación de leche de garbanzos, se realizó la segunda etapa experimental, evaluándose el efecto del contenido de carragenina (0.5 y 1 g/L) y Lactosa (0.5, 0.75 y 1 g/L) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegetal.

3.1.3.1. Densidad

La Tabla 19 presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo densidad, donde el valor p de 0.0001 indica diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Además, el valor F del

modelo sugiere que este es estadísticamente relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de que el valor F no sea significativo. Por lo que, el modelo es significativo, así como la concentración de lactosa y carragenina en su influencia sobre la densidad.

Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo densidad

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	3.3333E-05	3	1.1111E-05	6366000	< 0.0001
A-Lactosa	9.3333E-06	2	4.6667E-06	6366000	< 0.0001
B-Carragenina	2.4E-05	1	2.4E-05	6366000	< 0.0001
Residual	0	2	0	0	
Cor Total	3.3333E-05	5			

La Tabla 20 muestra los coeficientes estadísticos para el análisis de la densidad en el yogur de garbanzos. El desvío estándar y el coeficiente de variación fueron ambos 0, lo que indica una total consistencia y ausencia de variabilidad en los datos. El valor promedio de densidad fue 1.0683, reflejando una uniformidad en las muestras analizadas. Los valores de R-cuadrado, R²-ajustado y R²-previsto, todos iguales a 1, indican que el modelo explica el 100% de la variabilidad en la densidad, evidenciando un ajuste perfecto. El valor PRESS de 0 confirma que no hubo errores residuales en las predicciones, y el coeficiente de predicción adecuada refuerza la capacidad del modelo para realizar predicciones precisas.

Tabla 19. Coeficientes estadísticos para el atributo Densidad

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0	R-cuadrado	1
Mean	1.068	R ² -ajustada	1
C.V. %	0	R ² - previsto	1
PRESS	0	Predicción adecuada	

En la figura 8 se detalla el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina en la densidad del yogur de garbanzos. Se observó que la densidad aumentó con el incremento de la concentración de carragenina. En particular, la combinación de 0.75 g de lactosa y 0.5 g de carragenina generó la mayor densidad, alcanzando un valor aproximado de 1.0721 g/mL. Esta tendencia sugiere que la carragenina, utilizada como agente gelificante, tiene un impacto significativo en la densidad del yogur. Por otro lado, las combinaciones con 1.0 g de lactosa y 0.5 g de carragenina mostraron una densidad más baja en comparación con otras formulaciones, indicando que una mayor concentración de lactosa no incrementó proporcionalmente la densidad del producto final.

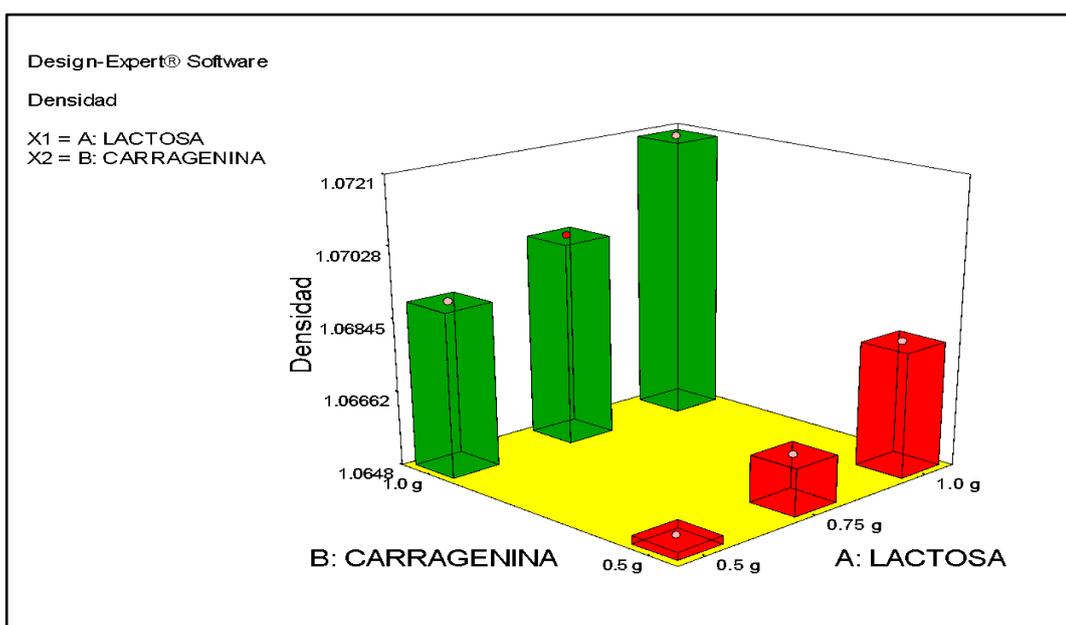


Figura 8. Gráfico 3D para densidad en diferentes proporciones de lactosa y carragenina

En síntesis, la carragenina fue el factor determinante en la densidad del yogur de garbanzos, con su mayor concentración generando un producto más denso, mientras que la lactosa no presentó un efecto tan significativo en los valores de densidad cuando se combinó con carragenina.

3.1.3.2. pH

La Tabla 21 muestra los resultados obtenidos para el análisis del atributo pH, donde el valor p fue mayor a 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Asimismo, el valor F del modelo sugiere que este no es estadísticamente relevante, con una probabilidad del 0.05% de que el valor F no sea significativo. En resumen, ni el modelo ni las concentraciones de lactosa y carragenina mostraron ser factores significativos para el valor de pH.

Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo pH

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	0.014	3	4.63E-03	0.83	0.5882
A-Lactosa	1.73E-03	2	8.67E-04	0.15	0.866
B-Carragenina	0.012	1	0.012	2.17	0.2787
Residual	0.011	2	5.60E-03		
Cor Total	0.025	5			

La Tabla 22 presenta los coeficientes estadísticos del análisis de pH en el yogurt de garbanzos. El desvío estándar fue de 0.075, indicando una variabilidad moderada en las mediciones. El valor promedio de pH fue 3.96, y el coeficiente de variación (1.89%) refleja una baja variabilidad relativa, lo que sugiere precisión en los datos. El R-cuadrado de 0.5535 indica que el modelo explica aproximadamente el 55.35% de la variabilidad, lo que denota un ajuste moderado. Sin

embargo, el R²-ajustado (-0.1163) y el R²-previsto (-3.0186) sugieren que el modelo no es adecuado para predecir con precisión el pH. A pesar de esto, el valor de PRESS (0.1) y la predicción adecuada (2.128) muestran que el modelo tiene una capacidad predictiva limitada pero aceptable en ciertos casos.

En síntesis, aunque el modelo presenta un ajuste moderado, su capacidad predictiva es limitada y debe mejorarse para ofrecer resultados más confiables en la estimación de la acidez del yogur de garbanzos.

Tabla 21. Coeficientes estadísticos para el atributo pH

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.075	R-cuadrado	0.5535
Mean	3.96	R ² -ajustada	-0.1163
C.V. %	1.89	R ² - previsto	-3.0186
PRESS	0.1	Predicción adecuada	2.128

En la figura 26 se muestra un gráfico tridimensional que detalla el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina en el valor de pH del yogur de garbanzos. Se observó que, en general, los valores de pH oscilaron entre 3.86 y 4.07, lo que indica que las variaciones en las concentraciones de estos aditivos influyeron de manera moderada en la acidez del producto. En particular, las concentraciones más altas de carragenina (1.0 g), combinadas con una menor cantidad de lactosa (0.5 g), generaron los valores de pH más altos, alcanzando aproximadamente 4.07. Esto sugiere que la carragenina, en mayor concentración, tiende a reducir la acidez (aumentando el pH) del yogur de garbanzos.

Por otro lado, la combinación de 0.5 g de carragenina con 0.75 g de lactosa mostró los valores más bajos de pH, alrededor de 3.86, lo que sugiere un mayor nivel de acidez en el producto. Este comportamiento indica que concentraciones más altas de lactosa

tienden a incrementar la acidez del yogur. Por lo que, el pH del yogur de garbanzos fue influenciado principalmente por la concentración de carragenina, que en mayores proporciones produjo un yogur menos ácido, mientras que la lactosa, en concentraciones más altas, tendió a incrementar la acidez del producto final.

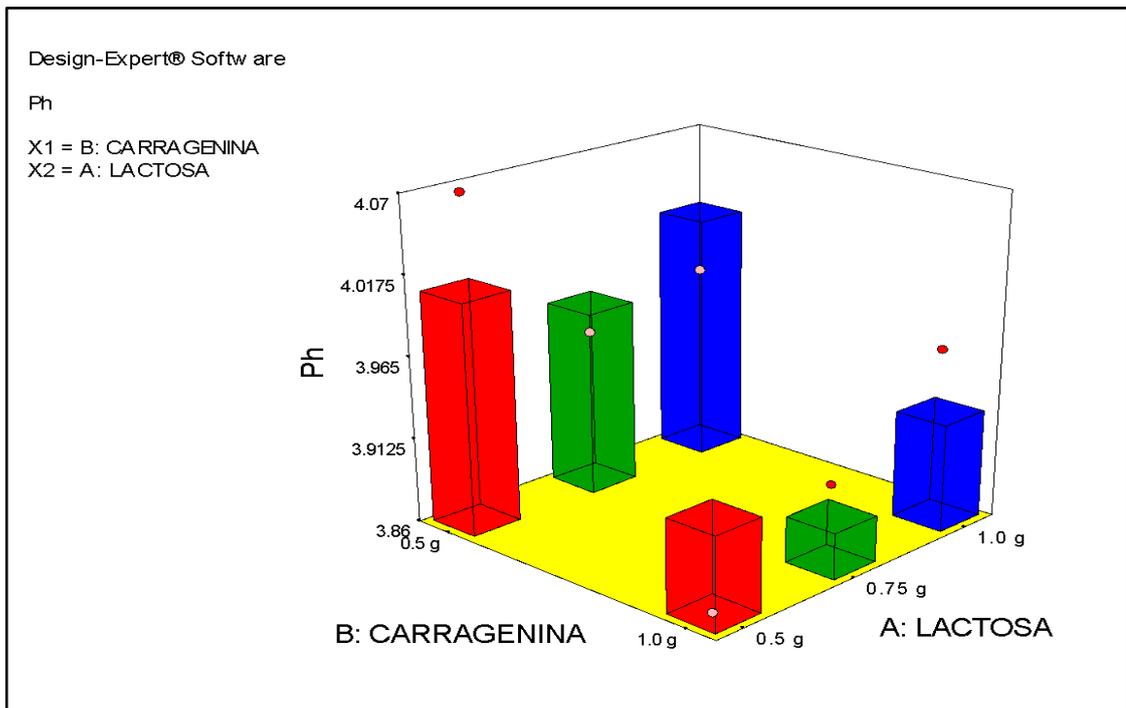


Figura 7. Gráfico 3D para pH en diferentes proporciones de lactosa y carragenina

3.1.3.3. Acidez

La Tabla 23 presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo acidez, donde el valor p fue inferior a 0.05, lo que indica que existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Asimismo, el valor F del modelo sugiere que este es estadísticamente relevante, con una probabilidad del 0.05% de que el valor F no sea significativo. En síntesis, tanto el modelo como las concentraciones de lactosa y carragenina resultaron ser significativos en relación con el valor de acidez.

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo acidez

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	0	3	0		
A-Lactosa	3.9443E-31	2	1.9722E-31	63660000	< 0.0001
B-Carragenina	1.9722E-31	1	1.9722E-31	63660000	< 0.0001
Residual	0	2	0		
Cor Total	1.1833E-30	5			

En la tabla 30 muestra los coeficientes estadísticos para el análisis de acidez en el yogur de garbanzos. El desvío estándar y el coeficiente de variación fueron ambos 0, lo que indica una total consistencia y ausencia de variabilidad en los datos. El valor promedio de acidez fue 2.7, reflejando una uniformidad en las muestras analizadas. Los valores de R-cuadrado, R²-ajustado y R²-previsto, todos iguales a 1, indican que el modelo explica el 100% de la variabilidad en la densidad, evidenciando un ajuste perfecto. El valor PRESS de 0 confirma que no hubo errores residuales en las predicciones, y el coeficiente de predicción adecuada refuerza la capacidad del modelo para realizar predicciones precisas.

Tabla 23. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0	R-cuadrado	1
Mean	2.7	R ² -ajustada	1
C.V. %	0	R ² - previsto	1
PRESS	0	Predicción adecuada	

En la figura 27 se muestra en el gráfico en 3D que detalla el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina en el valor de acidez del yogur de garbanzos. Los valores de acidez variaron entre 2.697 y 2.703, lo que indica que tanto la lactosa como la carragenina influyeron de manera leve pero significativa en este atributo.

Se observó que las concentraciones más altas de carragenina (1.0 g) combinadas con una menor cantidad de lactosa (0.5 g) generaron un leve aumento en la acidez, alcanzando valores de aproximadamente 2.703. Esto sugiere que la carragenina, en mayores proporciones, tiene una ligera influencia en incrementar la acidez del yogur.

Por otro lado, cuando la concentración de lactosa aumentó a 1.0 g y la de carragenina fue de 0.5 g, se observó una ligera reducción en el valor de acidez, situándose cerca de 2.698, lo que indica que mayores niveles de lactosa tienden a reducir la acidez del producto.

En conclusión, el gráfico muestra que tanto la carragenina como la lactosa influyeron en la acidez del yogur de garbanzos. La carragenina en concentraciones más altas aumentó ligeramente la acidez, mientras que la lactosa, en proporciones mayores, mostró una tendencia a reducirla.

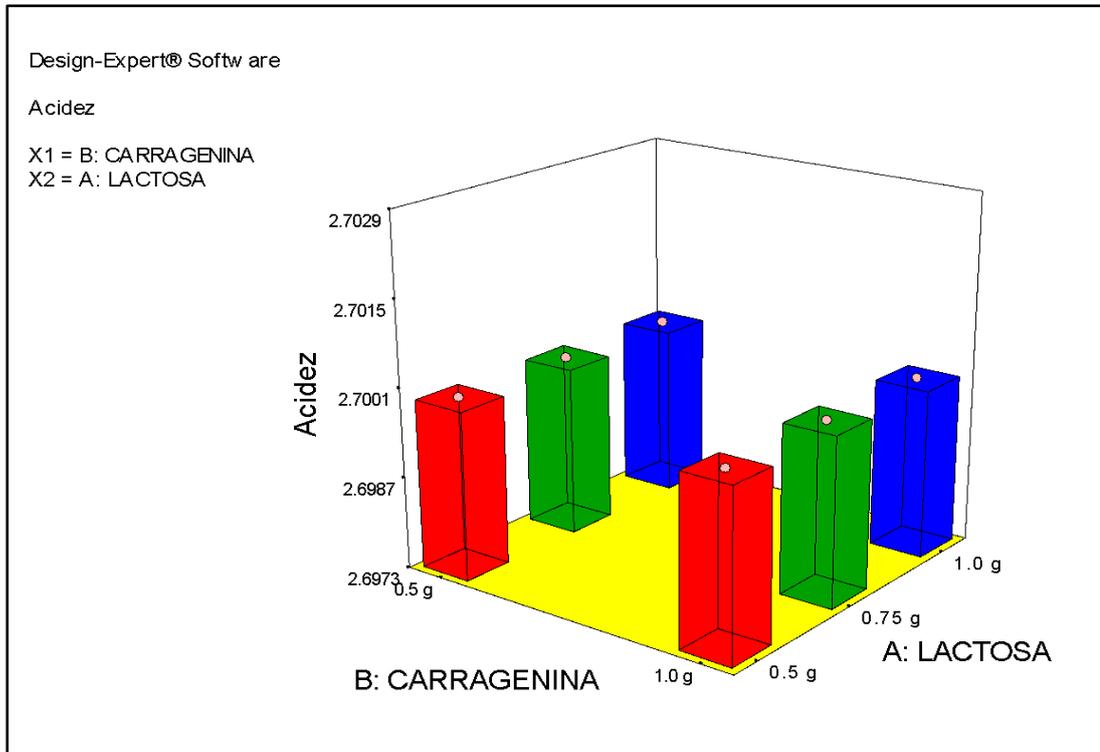


Figura 8. Gráfico 3D de un factor para la Acidez en yogur de garbanzos

3.1.3.4. °Brix

La Tabla 25 muestra los resultados obtenidos para el análisis del atributo °Brix, donde el valor p fue superior a 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Asimismo, el valor F del modelo sugiere que, estadísticamente, el modelo no es significativo, con una probabilidad del 0.05% de que el valor F carezca de relevancia. Por lo tanto, el modelo como las concentraciones de lactosa y carragenina no resultaron ser significativos para el valor de °Brix.

Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo °Brix

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	1.81	3	0.60333	1.3977	0.4429
A-Lactosa	0.5033	2	0.25167	0.5830	0.6317
B-Carragenina	1.3067	1	1.3067	3.0270	0.2240
Residual	0.8633	2	0.43167		
Cor Total	2.6733	5			

En la tabla 26 se detalla los coeficientes estadísticos obtenidos para el análisis del atributo °Brix en el yogurt de garbanzos. El desvío estándar fue de 0.6570, lo que indica una dispersión moderada en los datos, mientras que el valor promedio de °Brix fue de 6.8333. El coeficiente de variación (9.61%) sugiere una variabilidad considerable en los datos respecto a la media.

El R-cuadrado de 0.6771 indica que el modelo explica el 67.71% de la variabilidad del °Brix, lo que refleja un ajuste moderado. Sin embargo, el R²-ajustado (0.1926) y el R²-previsto (-1.9065) revelan una capacidad predictiva deficiente del modelo. A pesar de esto, el valor de predicción adecuada (3.0447) sugiere que el modelo puede hacer predicciones aceptables en determinadas condiciones.

Tabla 25. Coeficientes estadísticos para el atributo °Brix

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.6570	R-cuadrado	0.6771
Mean	6.8333	R ² -ajustada	0.1926
C.V. %	9.6148	R ² - previsto	-1.9065
PRESS	7.77	Predicción adecuada	3.0447

En la figura 10 se muestra en el gráfico en 3D que detalla el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina en el valor de °Brix del yogur de garbanzos. Se observó que las concentraciones más altas de carragenina (0.5 g), independientemente de la cantidad de lactosa, generaron los valores más elevados de °Brix, alcanzando aproximadamente 7.7, lo que sugiere una mayor retención de azúcares o sólidos solubles en presencia de mayor carragenina.

Por otro lado, cuando la lactosa se incrementó a 1.0 g y la carragenina se mantuvo en 0.5 g, los valores de °Brix fueron más bajos, alrededor de 5.5, lo que indica una reducción en los sólidos solubles. Este patrón sugiere que la combinación de mayores cantidades de lactosa tiende a reducir el valor de °Brix, posiblemente debido a una interacción con la carragenina que afecta la solubilidad de los sólidos.

En síntesis, el gráfico indica que el valor de °Brix en el yogur de garbanzos fue influenciado principalmente por la concentración de carragenina, con concentraciones más altas incrementando el °Brix, mientras que mayores cantidades de lactosa resultaron en una ligera disminución de los valores de sólidos solubles.

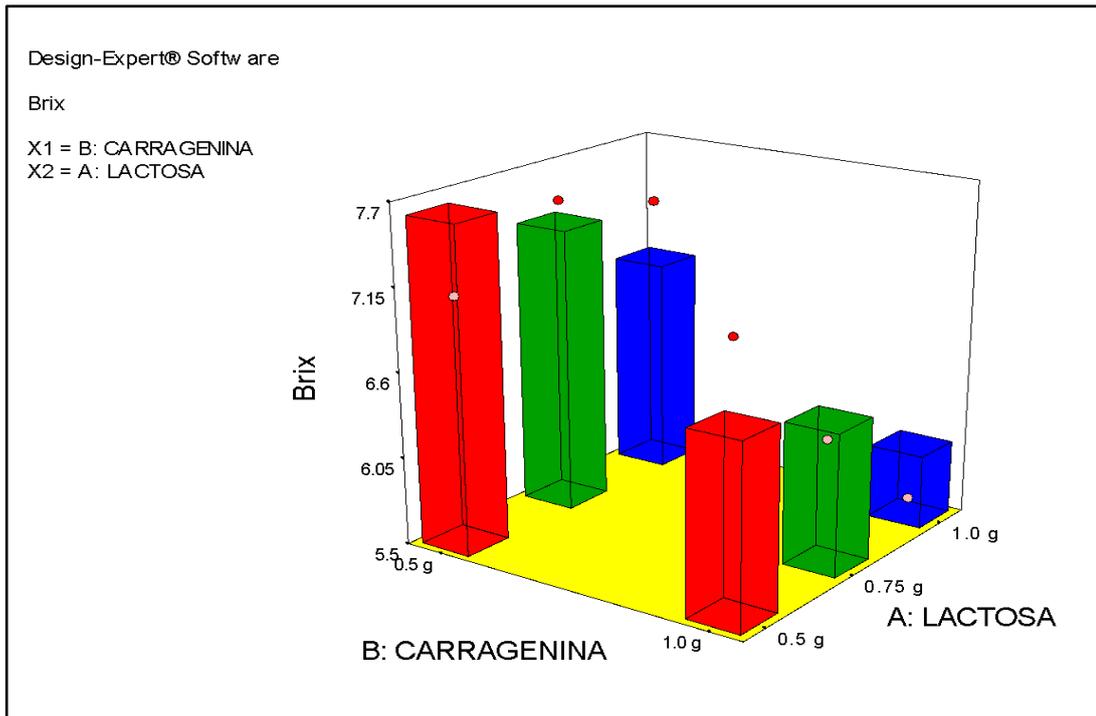


Figura 9. Gráfico 3D de un factor para la °Brix en yogur de garbanzos a diferentes proporciones de Lactosa y Carragenina

3.1.3.5. Color

Para evaluar la fiabilidad del instrumento de medición utilizado en la evaluación sensorial, se aplicó el método de alfa de Cronbach. Este análisis estadístico permite medir la consistencia interna de los ítems o preguntas que conforman el instrumento, en este caso, utilizado específicamente para la evaluación sensorial del yogurt vegano de garbanzo.

La Tabla 26 muestra los resultados de la prueba de alfa de Cronbach, con un valor de 0.870, lo que refleja una excelente consistencia interna entre los ítems del instrumento. Según la literatura, un valor de alfa de Cronbach superior a 0.7 se considera generalmente aceptable, mientras que valores superiores a 0.8 sugieren una alta fiabilidad del instrumento utilizado.

Tabla 26. Prueba de alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,870	,874	4

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se muestra el alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados, cuyo valor es de 0.874. Esto sugiere que el instrumento mantiene un nivel de fiabilidad ligeramente superior cuando los ítems han sido estandarizados. El número de elementos evaluados fue 4, lo que sugiere que el instrumento está compuesto por cuatro ítems principales que evaluaron características sensoriales del yogurt vegano de garbanzo.

La Tabla 27 presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo color, donde el valor p fue mayor a 0.05, lo que indica que no hubo diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Asimismo, el valor F sugiere que, estadísticamente, el modelo no es relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de que el valor F sea significativo. En resumen, ni el modelo ni las concentraciones de lactosa y carragenina fueron significativos en cuanto al valor del color.

Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	1.75	3	0.58333	1.5556	0.4143
A-Lactosa	0.25	2	0.125	0.3333	0.7500
B-Carragenina	1.5	1	1.5	4	0.1835
Residual	0.75	2	0.375		
Cor Total	2.5	5			

La Tabla 28 presenta los coeficientes estadísticos del análisis del atributo color en el yogurt de garbanzos. El desvío estándar fue de 0.6124, lo que indicó una variabilidad moderada en las mediciones, mientras que el valor promedio de color fue 4. El coeficiente de variación (15.31%) reveló una dispersión considerable en los datos.

El R-cuadrado de 0.7 reflejó que el modelo explicó el 70% de la variabilidad en el color, lo que representó un ajuste razonable. Sin embargo, el R²-ajustado (0.25) y el R²-previsto (-1.7) indicaron una capacidad predictiva limitada, especialmente cuando se consideraron más variables. El valor de PRESS (6.75) señaló un error moderado en las predicciones, mientras que el coeficiente de predicción adecuada (3) sugirió que, en algunas circunstancias, el modelo pudo ofrecer predicciones aceptables.

En síntesis, el modelo mostró un ajuste moderado para el análisis de color, aunque su capacidad predictiva fue limitada, lo que sugiere que se requieren mejoras para aumentar su precisión en futuras predicciones.

Tabla 27. Coeficientes estadísticos para el atributo Color

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.6124	R-cuadrado	0.7
Mean	4	R ² -ajustada	0.25
C.V. %	15.3093	R ² - previsto	-1.7
PRESS	6.75	Predicción adecuada	3

En la figura 11 se muestra en el gráfico en 3D que detalla el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina sobre el atributo de color en el yogurt de garbanzos. Se observó que las mayores concentraciones de carragenina (0.5 g), independientemente de la cantidad de lactosa, generaron los valores más altos en el atributo de color, alcanzando aproximadamente 5, lo que sugiere que la carragenina influyó positivamente en la intensidad del color del

producto.

En contraste, cuando la lactosa se incrementó a 1.0 g y la carragenina se mantuvo en 0.5 g, los valores de color disminuyeron, situándose cerca de 3.0, lo que sugiere una ligera reducción en la intensidad del color. Este comportamiento indica que las concentraciones más altas de lactosa tendieron a disminuir la intensidad del color del yogur.

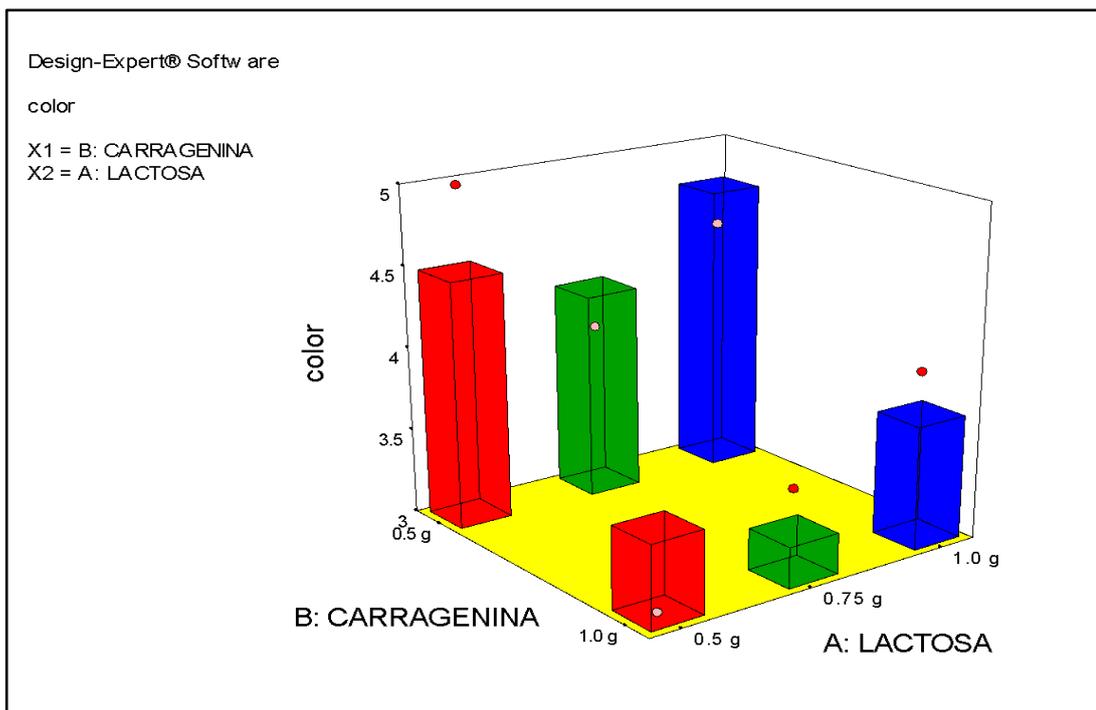


Figura 10. Gráfico 3D para color en proporciones de lactosa y carragenina.

3.1.3.6. Olor

La Tabla 33 presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo olor, donde el valor p fue inferior a 0.05, lo que indica diferencias significativas entre las variables evaluadas. De manera similar, el valor F del modelo sugiere que este es estadísticamente relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de que el valor F no sea significativo. En resumen, tanto el modelo como las concentraciones de lactosa y carragenina fueron significativos en relación con el atributo de olor.

Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Olor

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	1.5	3	0.5	6366x10 ⁴	< 0.0001
A-Lactosa	0	2	0		
B-Carragenina	1.5	1	1.5	6366x10 ⁴	< 0.0001
Residual	0	2	0		
Cor Total	1.5	5			

La tabla 29 presenta los coeficientes estadísticos del análisis del atributo olor en el yogur de garbanzos. El desvío estándar (Std. Dev.) fue de 0, lo que indicó una completa uniformidad en las mediciones, reflejando una ausencia de variabilidad en los datos obtenidos. El valor promedio de olor fue de 3.5, lo que representó el nivel medio de la intensidad del atributo evaluado. El coeficiente de variación (C.V. %) también fue 0, lo que confirmó la estabilidad y consistencia en las mediciones realizadas. Asimismo, los valores de R-cuadrado (1), R²-ajustado (1) y R²-previsto (1) mostraron que el modelo explicó el 100% de la variabilidad en el atributo olor, lo que indica un ajuste perfecto. Por otro lado, el valor PRESS (0) también reflejó la ausencia de errores residuales en las predicciones, y el valor de predicción adecuada (1) confirmó la capacidad del modelo para hacer predicciones precisas y confiables.

Tabla 28. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0	R-cuadrado	1
Mean	3.5	R ² -ajustada	1
C.V. %	0	R ² -previsto	1
PRESS	0	Predicción adecuada	

En la figura 12 se muestra en el gráfico en 3D presenta el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina sobre el atributo de olor en el yogur de garbanzos. Se observó que las concentraciones más altas de carragenina (0.5 g y 1.0 g), combinadas con diferentes cantidades de lactosa, generaron los valores más altos de intensidad de olor, alcanzando aproximadamente 4.1, lo que sugiere que la carragenina, en concentraciones mayores, influyó positivamente en la percepción del olor del producto. Por otro lado, la combinación de 0.5 g de carragenina y 0.75 g de lactosa resultó en valores más bajos de olor, situándose alrededor de 3.3, lo que indica que concentraciones menores de carragenina y lactosa tienden a disminuir la intensidad olfativa del yogur.

En síntesis, el gráfico mostró que la carragenina, en concentraciones más altas, incrementó la intensidad del atributo olor en el yogur de garbanzos, mientras que la lactosa no mostró un efecto tan significativo en la percepción del olor cuando se combinó con carragenina.

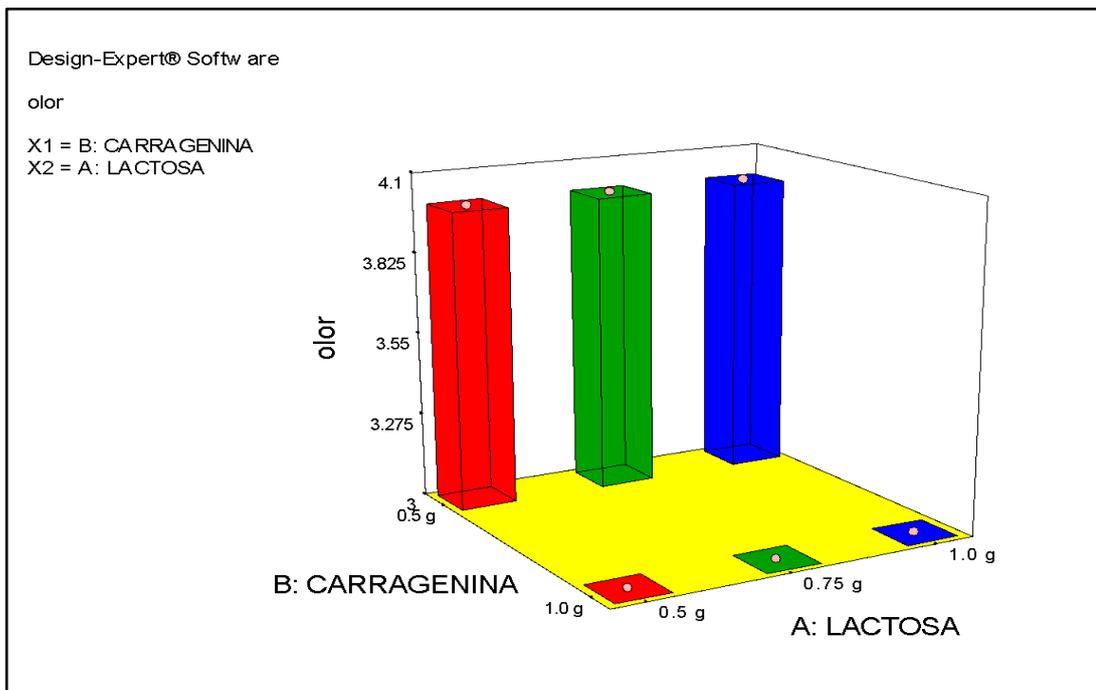


Figura 11. Gráfico 3D de un factor para Olor en yogur de garbanzos en diferentes proporciones de Lactosa y carragenina

3.1.3.7. Sabor

En la tabla 30 se presenta los resultados obtenidos para el análisis del atributo sabor, donde el valor p fue superior a 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las variables evaluadas. De manera similar, el valor F sugiere que el modelo no es estadísticamente relevante, con una probabilidad del 0.05% de que el valor F sea significativo. Por lo que, ni el modelo ni las concentraciones de lactosa y carragenina resultaron ser significativos para el atributo sabor.

Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor

Fuente	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Value	p-value Prob > F
Model	1.75	3	0.58333333	1.5556	0.4143
A-Lactosa	0.25	2	0.125	0.3333	0.7500
B-Carragenina	1.5	1	1.5	4	0.1835
Residual	0.75	2	0.375		
Cor Total	2.5	5			

En la tabla 31 se exhibe los coeficientes estadísticos correspondientes al análisis del atributo sabor en el yogur de garbanzos. El desvío estándar (Std. Dev.) fue de 0.6124, lo que indicó una variabilidad moderada en las mediciones del atributo sabor. El valor promedio del sabor fue de 4, lo que representa la media de las evaluaciones realizadas. El coeficiente de variación (C.V. %), con un valor de 15.31%, mostró una considerable dispersión en los datos con respecto a la media, lo que sugiere una inestabilidad en las mediciones de sabor.

El R-cuadrado, con un valor de 0.7, indicó que el modelo explicó el 70% de la variabilidad en el atributo sabor, lo que representa un ajuste moderado del modelo. Sin embargo, el R²-ajustado fue de 0.25, lo

que señala una reducción significativa en la capacidad explicativa del modelo al considerar más variables. El R^2 -previsto, con un valor de -1.7, reveló que el modelo tenía una capacidad predictiva muy limitada. El valor de PRESS (6.75) reflejó un nivel moderado de error residual en las predicciones del modelo. Sin embargo, el coeficiente de predicción adecuada, con un valor de 3, sugirió que el modelo tenía una capacidad predictiva aceptable en ciertas circunstancias, aunque su capacidad global era limitada.

Tabla 30. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.61237244	R-cuadrado	0.7
Mean	4	R^2 -ajustada	0.25
C.V. %	15.3093109	R^2 - previsto	-1.7
PRESS	6.75	Predicción adecuada	3

En la figura 13 se muestra en el gráfico en 3D que detalla el efecto de las concentraciones de lactosa y carragenina sobre el atributo de sabor en el yogur de garbanzos. Se observó que las concentraciones más altas de carragenina (0.5 g y 1.0 g), combinadas con diversas cantidades de lactosa, generaron los valores más elevados en la evaluación del sabor, alcanzando hasta 5. Esto sugiere que la carragenina, en mayores concentraciones, influyó positivamente en la percepción del sabor del yogur.

Por otro lado, las combinaciones con menores cantidades de carragenina (0.5 g) y lactosa (0.75 g) dieron lugar a valores más bajos, alrededor de 3.0, lo que indica que concentraciones más bajas de ambos aditivos resultaron en una menor intensidad percibida del sabor. En síntesis, el gráfico evidenció que la carragenina, en concentraciones más altas, aumentó positivamente la percepción del sabor en el yogur de garbanzos, mientras que la lactosa, en combinación con carragenina, mostró un efecto menos marcado en la percepción de este atributo.

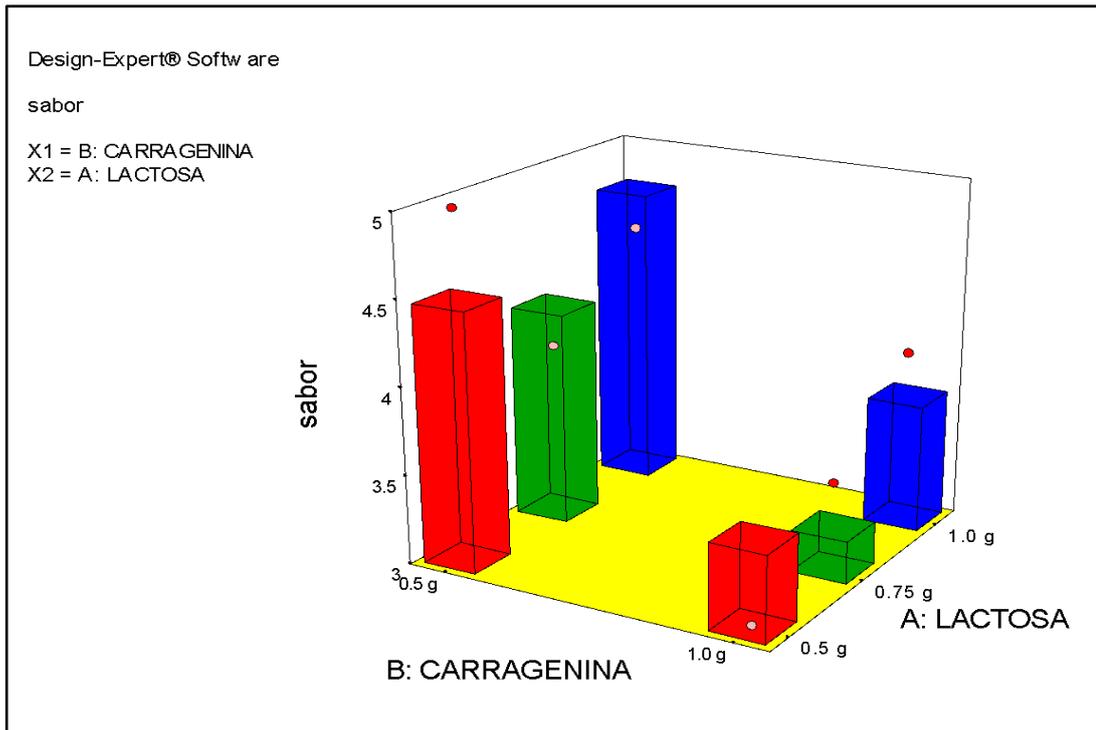


Figura 12. Gráfico 3D de un factor para la Sabor en yogur de garbanzos en diferentes proporciones de Lactosa y Carragenina

2.1.1. Evaluación del valor nutricional de la mejor formulación de yogur de garbanzo

La tabla 32, detalla las características fisicoquímicas del mejor yogur formulado (0.5 g/L de lactosa y 0.5 g/L de carragenina) destacando alto nivel de proteínas ($4.78\% \pm 0.124\%$), pH (5.65 ± 0.072), materia grasa ($4.70\% \pm 0.134\%$), y bajos niveles de °Brix (10.00 ± 0.581), carbohidratos ($18.37\% \pm 0.841$) y acidez (0.094 ± 0.031). Por lo que, el yogurt de garbanzos presentó una composición equilibrada en términos de proteínas, grasas y carbohidratos, con un nivel significativo de humedad y un perfil de acidez moderado, lo que sugiere que es un producto con un buen aporte nutricional y características fisicoquímicas estables

Tabla 32. Características fisicoquímicas de la mejor formulación de yogur de garbanzos

Características Fisicoquímicas	Unidad	Promedio	Desv. Std.
Proteínas	%	4.78	0.124
Materia grasa	%	4.70	0.134
Carbohidratos	%	18.37	0.841
Humedad	%	70.20	0.905
Cenizas	%	1.20	0.025
Fibra	%	0.75	0.013
°Brix	-	10.00	0.581
Acidez	%	0.094	0.031
pH	-	5.65	0.072
Valor calórico	kcal	137.72	

Fuente. Elaboración propia

2.2. Discusiones

El presente estudio evaluó el efecto de las variables de proceso, como la proporción agua y el tiempo de remojo, junto con los aditivos lactosa y carragenina, sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegetal de garbanzos. Los resultados obtenidos sugieren que tanto las variables de proceso como los aditivos desempeñaron un papel clave en la modificación de las propiedades del yogur, lo que coincide con estudios previos realizados en productos fermentados de origen vegetal.[24]

En cuanto a las características fisicoquímicas, se observó que la proporción agua y el tiempo de remojo afectaron significativamente la pH, acidez y densidad del producto final. La mejor formulación fue la proporción Garbanzo: Agua 1:3.5 con un tiempo de remojo de 18 horas. Un mayor tiempo de remojo y una mayor proporción de garbanzos resultaron en un aumento en la densidad y viscosidad del yogur, lo cual está en concordancia con investigaciones previas que muestran que la hidratación de las legumbres mejora su rendimiento y las propiedades reológicas de los productos

obtenidos. [25]

El extracto de garbanzos obtuvo niveles altos de Proteínas (20.85%), cenizas (2.98%) y fibra (15.7%). Valores cercanos a los reportado por [26] que detalla que el garbanzo es una leguminosa que es rica en proteínas y carbohidratos, que tiene un gran potencial para ser aprovechada para la formulación y desarrollo de alimentos funcionales.

Por otro lado, la mejor formulación de yogurt se obtuvo con una concentración de 0.5g/L de Lactosa 0.5g/L de Carragenina, dado que obtuvo los mejores características fisicoquímicas y sensoriales. El incremento en el contenido de carragenina favoreció una mayor retención de agua y, por lo tanto, una mayor viscosidad del producto, similar a lo reportado en estudios sobre el uso de carragenina como agente estabilizante en productos lácteos. [18]. Asimismo, el aumento en la concentración de carragenina mostró una mejora en la retención de agua y en la viscosidad del yogurt, resultados que coinciden con lo observado por [19], quienes encontraron que la carragenina es un estabilizante efectivo en productos lácteos y no lácteos debido a sus propiedades gelificantes. La inclusión de carragenina también mostró un impacto en la reducción de la sinéresis, lo cual ha sido documentado previamente por [21], quienes indicaron que los agentes gelificantes como la carragenina ayudan a estabilizar las fases líquidas y sólidas en productos fermentados.

Por otro lado, la lactosa no mostró un impacto significativo en el pH o la acidez del yogurt de garbanzos, aunque sí afectó de manera leve los atributos sensoriales, como el dulzor percibido. Esto puede deberse a que, a pesar de su inclusión, el proceso de fermentación estuvo principalmente influenciado por la carragenina, un estabilizante más determinante en las propiedades texturales del yogurt [15]. Este hallazgo concuerda con estudios previos donde se ha observado que los estabilizantes como la carragenina son más efectivos para modificar la estructura del yogurt que la inclusión de azúcares o edulcorantes [20]. Esto se alinea con investigaciones, quienes concluyeron que los edulcorantes y azúcares influyen más en las características sensoriales que en las fisicoquímicas de los productos a base de legumbres [21].

En lo que respecta a las propiedades sensoriales, los panelistas percibieron una mejora en el atributo de sabor con concentraciones más altas de lactosa, lo que está alineado con lo observado en otros estudios donde la adición de azúcares mejora la palatabilidad de productos vegetales fermentados [15]. En cuanto al olor y color, la carragenina mostró una influencia positiva en la percepción de estos atributos, mejorando la intensidad del olor y la apariencia del yogur, lo que ha sido documentado en otros trabajos relacionados con la fortificación de productos lácteos con estabilizantes [16].

Además, la acidez y el pH del yogur de garbanzos se vieron moderadamente afectados por la concentración de carragenina. Este comportamiento está alineado con las observaciones de [12], quienes encontraron que la inclusión de estabilizantes modifica el comportamiento ácido-láctico de las bacterias durante el proceso de fermentación, afectando el pH final del producto. De forma similar, [13] han documentado que el uso de carragenina en productos fermentados puede amortiguar los cambios de pH durante el almacenamiento.

En cuanto a la composición nutricional, el yogur de garbanzos mostró un buen equilibrio entre proteínas (4.78%), grasas (4.70%) y carbohidratos (18.37%), lo que es comparable con estudios de [14] y [15], quienes reportaron que los productos fermentados a base de legumbres presentan un perfil nutricional favorable, especialmente en términos de proteínas y carbohidratos. La elevada proporción de humedad (70.20%) encontrada en este estudio también coincide con los trabajos de [16] y [17], quienes destacaron que los productos vegetales fermentados, como los yogures, suelen tener un alto contenido de agua, lo que favorece su textura y propiedades sensoriales.

Asimismo, el análisis del valor calórico indicó que el yogur de garbanzos ofrece un aporte moderado de 137.72 kcal, lo que es consistente con otros estudios sobre productos similares realizados por Landa et al. [18] y Soria et al. [19], quienes reportaron que los yogures vegetales tienen un perfil calórico controlado, lo que los convierte en una opción atractiva para consumidores que buscan alternativas saludables.

En resumen, los resultados de este estudio sugieren que la combinación de variables de proceso y aditivos como la lactosa y la carragenina pueden utilizarse estratégicamente para optimizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del yogur vegetal de garbanzos, lo que abre nuevas oportunidades para el desarrollo de productos fermentados a base de legumbres. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores que subrayan la importancia de los parámetros de procesamiento y el uso de estabilizantes en la formulación de productos lácteos de origen vegetal [17].

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Las características fisicoquímicas de la leche de garbanzos fueron proteínas ($20.85 \pm 0.83\%$), grasas ($5.5 \pm 0.81\%$), carbohidratos ($45.05 \pm 3.73\%$), cenizas ($2.98 \pm 0.10\%$), fibra ($15.70 \pm 0.16\%$) y humedad ($9.9 \pm 0.32\%$).

Se determinó un efecto significativo de la proporción de agua: garbanzos y tiempo de remojo en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt, siendo la mejor formulación 2 (proporción de agua: garbanzos 1:1.25 y 18 horas de remojo).

Se determinó un efecto significativo de lactosa y carragenina en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt, siendo la mejor formulación la concentración de 0.5 g/L y 0.5 g/L, respectivamente.

Se determinó el valor nutricional de la formulación de yogurt de garbanzos con un alto nivel de proteínas ($4.78\% \pm 0.124\%$), pH (5.65 ± 0.072), materia grasa ($4.70\% \pm 0.134\%$), °Brix (10.00 ± 0.581), carbohidratos ($18.37\% \pm 0.841$) y acidez (0.094 ± 0.031).

4.2. Recomendaciones

Realizar estudios de formulaciones de yogurt con otros tipos de materias primas vegetales con alto potencial de industrialización, como nueces.

Realizar estudio de otras variables como tiempo de fermentación, tipo de levadura, temperatura de fermentación.

Realizar estudios de vida útil del mejor yogurt formulado.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Morales De León, Ma. L. C. Nosthas, and E. C. Penedo, "Elaboración de un yogurt con base en una mezcla de leche y garbanzo (*Cicer arietinum*)," *Arch Latinoam Nutr*, vol. 50, no. 1, pp. 81–86, 2000.
- [2] L. Day, "Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security," *Trends Food Sci Technol*, vol. 32, no. 1, pp. 25–42, Jul. 2013, doi: 10.1016/J.TIFS.2013.05.005.
- [3] J. C. Morales De León, Ma. L. C. Nosthas, and E. C. Penedo, "Elaboración de un yogurt con base en una mezcla de leche y garbanzo (*Cicer arietinum*)," *Arch Latinoam Nutr*, vol. 50, no. 1, pp. 81–86, 2000.
- [4] S. Y. J. Sim, X. Y. Hua, and C. J. Henry, "A novel approach to structure plant-based yogurts using high pressure processing," *Foods*, vol. 9, no. 8, 2020, doi: 10.3390/foods9081126.
- [5] M. Bulut, E. Adal, and T. Aktar, "Plant protein enrichment effect on the physical, chemical, microbiological, and sensory characteristics of yogurt," *J Food Process Preserv*, vol. 46, no. 8, 2022, doi: 10.1111/jfpp.16865.
- [6] A. B. Shori, G. S. Aljohani, A. J. Al-zahrani, O. S. Al-sulbi, and A. S. Baba, "Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp.," *LWT*, vol. 153, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.lwt.2021.112482.
- [7] X. Chen, M. Singh, K. Bhargava, and R. Ramanathan, "Yogurt Fortification with Chickpea (*Cicer arietinum*) Flour: Physicochemical and Sensory Effects," *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 95, no. 8, pp. 1041–1048, 2018, doi: 10.1002/aocs.12102.
- [8] T. A. Verediano, M. L. Viana, M. D. G. V. Tostes, and N. M. B. Costa, "The potential prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in colorectal cancer," *Curr Nutr Food Sci*, vol. 17, no. 2, pp. 167–175, 2021, doi:

- 10.2174/1573401316999200605160433.
- [9] V. Velez. R. J. Aguilar, "Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.)," *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, vol. 7, pp. 25–34, 2013, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/319185894>
- [10] M. Asif, L. W. Rooney, R. Ali, and M. N. Riaz, "Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review," *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 53, no. 11, pp. 1168–1179, 2013, doi: 10.1080/10408398.2011.574804.
- [11] S. N. Mohd Fazla, A. A. Marzlan, A. S. Meor Hussin, M. H. Abd Rahim, I. N. Madzuki, and A. Z. Mohsin, "Physicochemical, microbiological, and sensorial properties of chickpea yogurt analogue produced with different types of stabilizers," *Discover Food*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.1007/s44187-023-00059-3.
- [12] F. Roy, J. I. Boye, and B. K. Simpson, "Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil," *Food Research International*, vol. 43, no. 2, pp. 432–442, 2010, doi: 10.1016/j.foodres.2009.09.002.
- [13] A. Saleh *et al.*, "Nonfat Set Yogurt: Effect of Okra Gum and Various Starches on the Rheological, Sensory, and Storage Qualities and Wheying-Off," *J Chem*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/5091970.
- [14] S. Akram *et al.*, "Nutraceutical properties, biological activities, and industrial applications of chickpea protein," *Cogent Food Agric*, vol. 10, no. 1, 2024, doi: 10.1080/23311932.2024.2338653.
- [15] F. Yangilar, "Determination of antioxidant capacity, citric acid, phenolic compounds, physicochemical and sensory properties of Pepino marmalade yogurts enriched with erythritol and amaranth flour at different concentrations," *Food Sci Biotechnol*, vol. 32, no. 4, pp. 531–542, 2023, doi: 10.1007/s10068-022-01215-8.
- [16] M. Tangyu, J. Muller, C. J. Bolten, and C. Wittmann, "Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value," *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 103, no. 23–24, pp. 9263–9275, 2019, doi: 10.1007/s00253-019-10175-9.

- [17] J. Zhang *et al.*, “Antioxidant status and gut microbiota change in an aging mouse model as influenced by exopolysaccharide produced by *Lactobacillus plantarum* YW11 isolated from Tibetan kefir,” *J Dairy Sci*, vol. 100, no. 8, pp. 6025–6041, Aug. 2017, doi: 10.3168/JDS.2016-12480.
- [18] S. M P, A. Suresh, R. Parameswaran, and K. M. Nampoothiri, “Physico-chemical and organoleptic evaluation of probiotic plant-milk yogurt-type beverages as a functional alternative to dairy yogurts,” *Biocatal Agric Biotechnol*, vol. 57, p. 103060, Apr. 2024, doi: 10.1016/J.BCAB.2024.103060.
- [19] W. J. Craig and C. J. Brothers, “Nutritional content and health profile of non-dairy plant-based yogurt alternatives,” *Nutrients*, vol. 13, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.3390/nu13114069.
- [20] N. Baskar, S. Varadharajan, M. Rameshbabu, S. Ayyasamy, and S. Velusamy, “Development of plant-based yogurt,” *Foods and Raw Materials*, vol. 10, no. 2, pp. 274–282, 2022, doi: 10.21603/2308-4057-2022-2-537.
- [21] F. Froiio, M. C. Cristiano, A. Mancuso, M. Iannone, and D. Paolino, “Vegetable-milk-based yogurt-like structure: Rheological properties influenced by gluten-free carob seed flour,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 19, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/app10196963.
- [22] D. H. P. Guimarães, G. L. Alves, A. F. Querido, P. F. A. Castillo, and M. T. de Moraes Gomes Rosa, *Physical, Chemical and Rheological Properties of Blueberry Jam*, vol. 207 SIST. 2023. doi: 10.1007/978-3-031-04435-9_44.
- [23] A. B. Zanqui *et al.*, “Developing of mini panettone containing omega-3 in partial substitution of wheat flour for golden linseed flour (*Linum Usitatissimum* L.) | Elaboração de minipanetone contendo ômega-3 por substituição parcial de farinha de trigo por farinha de linhaça dour,” *Revista Virtual de Química*, vol. 6, no. 4, pp. 968–976, 2014, doi: 10.5935/1984-6835.20140060.
- [24] C. B. J. Villarino *et al.*, “Quality and health dimensions of pulse-based dairy alternatives

- with chickpeas, lupins and mung beans,” *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 64, no. 8, pp. 2375–2421, 2024, doi: 10.1080/10408398.2022.2123777.
- [25] L. S. David, C. L. Nalle, M. R. Abdollahi, and V. Ravindran, “Feeding Value of Lupins, Field Peas, Faba Beans and Chickpeas for Poultry: An Overview,” *Animals*, vol. 14, no. 4, 2024, doi: 10.3390/ani14040619.
- [26] N. L. Ruiz-Zambrano, E. Pérez-Carrillo, S. O. Serna-Saldívar, and V. Tejada-Ortigoza, “Effect of thermal, nonthermal, and combined treatments on functional and nutritional properties of chickpeas,” *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2023, doi: 10.1080/10408398.2023.2237577.

Anexos



**LABORATORIO DE ENSAYOS
TECNICOS
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERU**



INFORME DE ENSAYO N° 870

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

- Bach. Esther Noemi Bances Miranda
- Bach. Selene Herrera Cieza

II. PROYECTO:
"Formulación y elaboración de yogurt a base de leche de garbanzo (*Cicer arietinum*)"

III. DATOS DE LA MUESTRA

Nombre	: Yogurt frutado de garbanzo
Código	: M 1
Forma de presentación	: Frasco hermético
Estado del envase	: Bueno
Naturaleza del envase	: Plástico
Procedencia	: Chiclayo-Lambayeque
Fecha de elaboración	: 02-11-2023
Llegada al laboratorio	: 03-11-2023
Fecha de análisis	: 03-11-2023

IV. TIPO DE ANALISIS
PROXIMAL-FISICOQUIMICO

V. DOCUMENTO NORMATIVO
Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (DS.007- 98-SA)

VI. RESULTADO DEL ANALISIS

1. Determinación de criterios fisicoquimicos

• Humedad (%)	: 70.20 %	Method AOAC 925.10 Secado en estufa
• Materia grasa (%)	: 4.70 %	Method AOAC 960.39 Soxhlet
• Cenizas (%)	: 1.20 %	Method AOAC 923.03 Calcinacion
• Fibra (%)	: 0.75 %	Method AOAC 985.25 Enzimatico-gravimetrico
• Proteina (%)	: 4.78 %	Method AOAC 960.52 Kjeldahl
• Carbohidratos (%)	: 18.37 %	Method FAO Diferencial
• Valor calorico kcal	: 137.72 kcal	Method AOAC Atwater
• Ph (Unidades)	: 5.65	Method AOAC 981.12 Potenciometrico
• Acidez (%)	: 0.094 %	Method AOAC 920.43 Titulacion acido/base
• Brix (°)	: 10.00	Method AOAC 931.12 Refractometria



Lambayeque, Noviembre del 2023

Correo: contacto@microservilab.com Cel: 949019545

ANEXO 1: Resultados fisicoquímicos del yogurt vegetal de garbanzos

TABLA 1 – Requisitos Físico-químicos

Ensayo	Requisito	Método de ensayo
Materia grasa (g/100g)	Mínimo 3,2	NTP 202.028:1998 FIL-IDF 1D:1996
Sólidos no grasos (g/100g)	Mínimo 8,2	*
Sólidos totales (g/100g)	Mínimo 11,4	NTP 202.118:1998
Acidez, expresada en g. de ácido láctico (g/100g)	0,14 -0,18	NTP 202.116:2000
Densidad a 15 ° C (g/mL)	1,0296 - 1,0340	NTP 202.007:1998 NTP 202.008:1998
Índice de refracción del suero, 20 °C	Mínimo 1,34179 (Lectura refractométrica 37,5)	NTP 202.016:1998
Ceniza total (g/100g)	Máximo 0,7	NTP 202.172:1998
Alcalinidad de la ceniza total (mL de Solución de NaOH 1 N)	Máximo 1,7	NTP 202.172:1998
Índice crioscópico	Máximo -0,540°C	NTP 202.184:1998
Sustancias extrañas a su naturaleza	Ausencia	**
Prueba de alcohol (74 % v/v)	No coagulable	NTP 202.030:1998
Prueba de la reductasa con azul de metileno	Mínimo 4 horas	NTP 202.014:1998

(*) Por diferencia entre los sólidos totales y la materia grasa.

(**) Métodos mencionados en los apartados 2.1.12 al 2.1.20

ANEXO 2: NTP de leche fresca

NOTA: Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de identidad.

6.3 Requisitos físico - químicos

La parte láctea del yogurt deberá cumplir con los requisitos señalados a continuación:

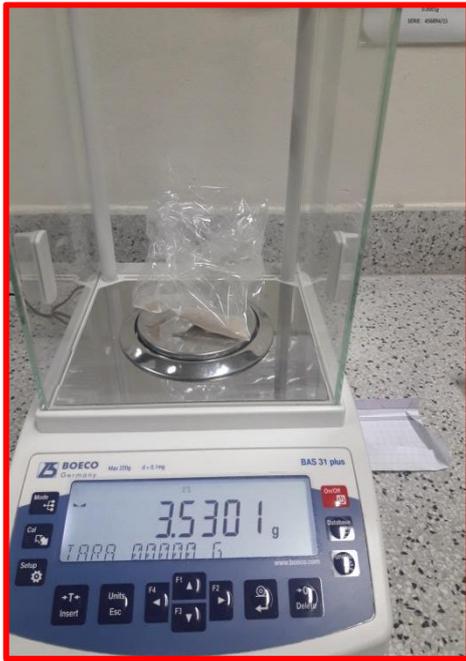
TABLA 2 - Requisitos físico-químicos

Requisitos	Yogurt entero	Yogurt parcialmente descremado	Yogurt descremado	Yogurt deslactosado (**)	Método de ensayo
Materia grasa Láctea % (m/m)	Mín. 3,0	0,6 – 2,9	Max. 0,5		ISO 7328 (IDF 116)
Sólidos no grasos % (m/m)	Mín. 8,2	Min. 8,2	Min. 8,2		(*)
Acidez, expresada en g de ácido láctico % (m/m)	0,6 – 1,5	0,6 – 1,5	0,6 – 1,5		ISO/TS 11869: IDF150
Proteína de leche % (m/m)	Mín. 2,7 %	Min. 2,7 %	Min. 2,7 %		ISO 8968-1 (IDF 20-1)
Lactosa % (m/m)				Max 0,7	AOAC 984.15

(*) Se calculará por diferencia entre los sólidos totales del yogurt ISO 13580 (IDF 151) y el contenido de grasa ISO 7328 (IDF 116).

(**) El yogurt deslactosado podrá ser entero, parcialmente descremado o descremado y deberá cumplir con los requisitos correspondientes señalados en la Tabla.

ANEXO 3: NTP del yogur



ANEXO 4: Peso de insumos



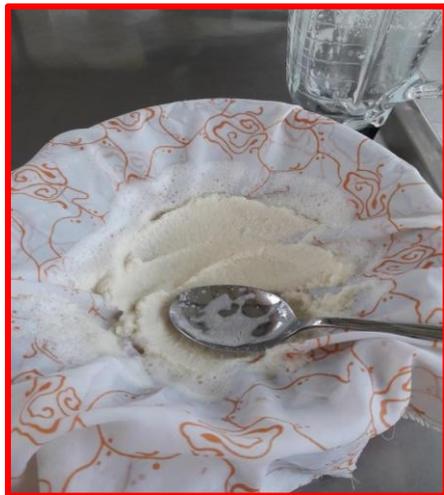
ANEXO 5: Remojo de garbanzos 18hs



ANEXO 6: Garbanzo sin cáscara



ANEXO 7: Garbanzo más agua



ANEXO 8: Proceso de extracción del zumo



ANEXO 9: Torta de garbanzo



ANEXO 9: zumo crudo extraído de garbanzos



ANEXO 10: Control de temperatura en cocción del zumo de garbanzos



ANEXO 11: Incubación de yogur vegetal



ANEXO 12: Preparación del frutado

ANEXO 13: Plantilla de la encuesta de aceptabilidad

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

NOMBRE:.....

EDAD:.....

Indique Ud. El grado en que le agrada o desagrada cada una de las muestras respecto al Sabor, Olor, Color de acuerdo a la siguiente escala de calificación:

Descripción	Valor
Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

Asigne la calificación correspondiente a cada prioridad

MUESTRAS	SABOR	OLOR	COLOR
Muestra 1			
Muestra 2			
Muestra 3			

FUENTE: Elaboración Propia



ANEXO 14: Evaluación sensorial

ANEXO 1: Resultados de la evaluación sensorial

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	5	4	5
2	5	4	5
3	5	4	5
4	5	4	5
5	5	4	5
6	5	4	5
7	5	4	5
8	5	4	5
9	5	4	5
10	5	4	5
11	5	4	5
12	5	4	5
13	5	4	5
14	5	4	5
15	5	4	5
16	5	4	5
17	5	4	5

18	5	4	5
19	5	4	5
20	5	4	5
21	5	4	5
22	5	4	5
23	5	3	5
24	5	3	5
25	5	3	5
26	5	3	5
27	5	3	5
28	5	3	5
29	5	3	5
30	5	4	5
31	5	4	5
32	5	4	5
33	5	4	5
34	5	4	5
35	5	4	5
36	5	4	5
37	5	4	5
38	5	4	5
39	5	4	5
40	5	4	5
41	5	5	5
42	5	5	5
43	5	5	5

44	5	5	5
45	5	5	5
46	5	5	5
47	5	5	5
48	5	4	5
49	5	4	5
50	5	4	5

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	4	3	4
2	4	3	4
3	5	3	4
4	5	3	4
5	5	3	4
6	5	3	4
7	5	3	4
8	5	3	4
9	5	3	4
10	4	3	4
11	4	3	4
12	4	3	4
13	5	4	4
14	4	4	4
15	4	4	3
16	5	4	3

17	5	4	3
18	4	4	3
19	4	3	3
20	5	3	3
21	4	3	3
22	4	3	3
23	4	3	3
24	4	3	3
25	4	3	3
26	4	3	4
27	4	3	4
28	4	3	4
29	4	3	4
30	4	2	4
31	4	2	4
32	4	2	5
33	4	2	5
34	4	2	5
35	4	3	5
36	3	3	5
37	3	3	5
38	3	3	5
39	3	3	4
40	3	3	4
41	3	3	4
42	3	3	5

43	3	3	4
44	3	3	4
45	3	3	5
46	3	3	5
47	4	2	4
48	4	3	4
49	4	3	5
50	4	3	4
NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	3	5	4
2	3	5	4
3	3	5	4
4	3	5	4
5	3	5	4
6	3	5	4
7	3	5	4
8	3	5	4
9	3	5	4
10	3	5	4
11	3	5	4
12	3	5	4
13	3	5	4
14	3	5	4
15	3	5	4
16	3	5	4
17	3	5	4

18	3	5	4
19	3	5	4
20	3	5	4
21	3	5	4
22	3	5	4
23	3	5	4
24	3	5	4
25	3	5	3
26	3	5	4
27	3	5	4
28	3	5	4
29	3	5	5
30	4	5	5
31	4	5	5
32	4	5	5
33	4	5	5
34	4	5	5
35	3	5	5
36	3	5	5
37	3	5	4
38	3	5	4
39	3	5	4
40	3	5	4
41	3	5	2
42	2	5	2
43	2	5	3

44	2	5	2
45	2	5	4
46	3	5	4
47	3	5	4
48	3	5	4
49	2	5	4
50	3	5	4

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	3	2	1
2	3	2	1
3	3	2	1
4	3	2	1
5	3	2	1
6	3	2	1
7	3	2	1
8	3	2	1
9	3	3	1
10	3	2	1
11	3	2	1
12	3	2	1
13	3	2	1
14	3	2	1
15	3	2	1
16	3	2	1
17	3	1	1

18	3	2	1
19	3	2	1
20	3	2	1
21	3	2	1
22	3	2	1
23	3	2	1
24	3	2	1
25	3	2	1
26	3	2	1
27	3	2	1
28	3	2	1
29	4	2	1
30	3	1	1
31	3	2	1
32	2	2	1
33	3	2	1
34	3	3	1
35	3	2	1
36	3	2	1
37	4	2	1
38	3	1	1
39	3	2	1
40	3	2	1
41	2	3	1
42	3	2	1
43	3	2	1

44	4	2	1
45	2	2	1
46	3	2	1
47	3	2	1
48	3	2	1
49	3	2	1
50	3	2	1
NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	2	4	4
2	2	4	4
3	2	4	4
4	2	4	4
5	2	4	4
6	2	4	4
7	2	4	4
8	2	4	4
9	2	4	5
10	2	4	5
11	2	4	5
12	2	4	5
13	2	4	5
14	2	4	5
15	2	4	5
16	2	4	4
17	2	4	4

18	2	4	4
19	2	4	4
20	2	4	4
21	2	4	4
22	2	4	4
23	2	4	4
24	2	4	4
25	2	4	4
26	2	5	4
27	2	5	4
28	2	5	4
29	3	5	4
30	3	5	4
31	3	5	4
32	3	5	4
33	3	4	4
34	3	4	4
35	3	4	4
36	2	4	4
37	2	4	4
38	2	4	3
39	2	4	3
40	1	4	3
41	1	4	3
42	1	3	3
43	1	3	4

44	1	3	4
45	1	3	3
46	2	3	4
47	1	4	3
48	2	2	4
49	2	4	4
50	2	4	4

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	4	3	2
2	4	3	2
3	4	3	2
4	4	3	2
5	4	3	2
6	4	3	2
7	4	3	2
8	4	3	2
9	5	3	2
10	5	3	2
11	5	3	2
12	5	3	2
13	5	3	2
14	5	3	2
15	5	3	2
16	4	3	2
17	4	3	2

18	4	3	2
19	4	3	2
20	4	3	2
21	4	3	2
22	4	3	2
23	4	3	2
24	4	3	2
25	4	3	2
26	4	3	2
27	4	2	2
28	4	3	2
29	4	3	3
30	4	3	2
31	4	2	2
32	4	3	1
33	4	3	2
34	4	3	2
35	4	3	2
36	4	2	2
37	4	3	2
38	3	3	1
39	3	3	2
40	3	3	2
41	3	4	2
42	3	3	2
43	4	3	3

44	4	3	2
45	3	3	2
46	4	4	2
47	3	3	2
48	4	3	2
49	4	4	2
50	4	3	2

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	3	3	3
2	4	3	3
3	3	3	3
4	3	3	3
5	3	2	3
6	4	2	3
7	3	2	3
8	3	2	3
9	4	2	3
10	3	2	3
11	3	2	3
12	3	2	3
13	4	3	3
14	3	3	3
15	3	3	3
16	3	4	3
17	3	4	2

18	3	4	3
19	3	4	2
20	2	3	3
21	3	3	3
22	3	3	3
23	3	4	3
24	4	3	3
25	3	3	3
26	1	3	3
27	3	3	3
28	3	3	3
29	3	3	3
30	3	3	3
31	3	3	4
32	2	4	3
33	3	4	3
34	3	3	3
35	2	3	4
36	4	3	3
37	3	3	3
38	3	2	4
39	2	2	3
40	3	2	3
41	3	3	3
42	2	4	4
43	4	4	3

44	3	4	3
45	4	4	2
46	3	3	3
47	1	3	3
48	4	3	3
49	3	3	2
50	3	3	3

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	3	3	3
2	3	3	5
3	3	3	3
4	3	3	3
5	4	3	3
6	3	3	3
7	4	3	2
8	3	3	3
9	4	3	4
10	3	3	5
11	4	3	3
12	3	3	4
13	3	3	3
14	3	3	3
15	3	3	3
16	3	3	4
17	3	3	3

18	3	3	3
19	5	3	3
20	3	3	3
21	3	3	3
22	5	3	5
23	3	4	5
24	3	3	5
25	3	3	4
26	3	3	3
27	2	3	5
28	3	3	5
29	4	3	5
30	5	3	3
31	3	3	3
32	4	2	3
33	3	3	3
34	3	3	3
35	3	3	4
36	4	3	3
37	3	3	4
38	3	3	3
39	3	3	4
40	3	2	3
41	3	3	4
42	5	3	3
43	5	3	3

44	5	3	3
45	4	4	3
46	3	3	3
47	5	3	3
48	5	3	3
49	5	3	5
50	3	3	3

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	4	3	4
2	4	3	4
3	4	3	4
4	4	3	4
5	4	3	4
6	4	3	4
7	4	3	4
8	4	3	4
9	4	3	4
10	4	3	4
11	4	3	4
12	4	3	4
13	4	3	4
14	4	3	4
15	4	3	4
16	4	4	4
17	4	4	4

18	4	4	4
19	4	4	5
20	4	3	5
21	4	3	5
22	4	3	5
23	5	3	5
24	5	3	4
25	5	3	4
26	5	3	4
27	5	3	4
28	5	3	4
29	5	3	4
30	4	3	4
31	4	3	4
32	4	3	4
33	4	3	4
34	4	3	4
35	4	2	4
36	4	2	4
37	4	2	4
38	4	2	3
39	3	3	3
40	3	3	3
41	3	3	3
42	3	3	3
43	3	3	4

44	3	3	4
45	4	3	4
46	4	3	4
47	3	3	4
48	4	3	4
49	4	3	4
50	4	3	4

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	4	5	4
2	4	5	4
3	4	5	4
4	4	5	4
5	4	5	4
6	3	5	4
7	3	4	4
8	3	4	4
9	3	4	4
10	3	4	4
11	3	4	4
12	3	4	4
13	4	4	4
14	4	4	4
15	4	4	4
16	4	4	4
17	4	4	4

18	4	4	4
19	4	4	3
20	4	4	3
21	4	4	3
22	4	4	3
23	4	4	3
24	5	4	3
25	5	4	3
26	5	4	4
27	5	4	4
28	5	4	4
29	5	4	4
30	4	4	4
31	4	4	4
32	4	4	4
33	4	4	4
34	4	3	4
35	4	3	4
36	4	3	4
37	4	3	4
38	4	3	5
39	4	3	4
40	4	3	4
41	4	5	4
42	4	4	4
43	4	4	4

44	5	4	4
45	4	4	5
46	4	4	5
47	4	4	5
48	4	4	5
49	4	4	5
50	4	4	5

NUMERO	COLOR	OLOR	SABOR
1	4	3	5
2	5	4	5
3	5	4	4
4	5	4	4
5	5	4	4
6	5	4	4
7	4	3	2
8	4	3	5
9	4	3	5
10	3	3	5
11	4	3	5
12	3	3	5
13	4	3	5
14	4	4	5
15	4	3	4
16	4	3	4
17	4	4	5

18	5	4	5
19	5	4	5
20	5	5	5
21	5	4	4
22	5	4	5
23	4	4	5
24	4	4	5
25	4	4	4
26	4	4	5
27	2	4	5
28	5	4	5
29	5	4	5
30	5	4	5
31	5	4	4
32	5	3	5
33	5	5	5
34	5	5	5
35	4	5	5
36	4	5	5
37	5	5	4
38	5	4	4
39	5	4	4
40	5	4	3
41	4	4	4
42	5	4	3
43	5	4	4

44	5	5	4
45	4	5	4
46	5	5	4
47	5	5	4
48	5	5	5
49	5	4	5
50	5	4	5

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN SENSORIAL Y NUTRICION
AL DE YOGUR A BASE DE LECHE DE GAR
BANZO (Cicer arietinum).pdf**

AUTOR

Esther Noemi Bances Miranda

RECUENTO DE PALABRAS

13093 Words

RECUENTO DE CARACTERES

66744 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

58 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

661.2KB

FECHA DE ENTREGA

Sep 9, 2024 12:57 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 9, 2024 12:58 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado