UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERIA DE ALIMENTOS
MENCIÓN: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

OPTIMIZACIÓN DE UNA MEZCLA Y ESTABILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL LICOR CREMA DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa*)

Tesis

Para optar el grado de:

MAESTRO EN INGENIERIA DE ALIMENTOS,

MENCIÓN: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Presentado por:

EDGAR RECAVARREN RIOS

Tingo María-Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA DE ALIMENTOS, MENCION: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
UPG-IA Nº 001-2024

En la ciudad universitaria, siendo las 8:30 a.m. del lunes 21 de febrero del 2024, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado, se instaló el Jurado calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"OPTIMIZACIÓN DE UNA MEZCLA Y ESTABILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL LICOR CREMA DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa*)"

A cargo del candidato a Grado de Maestro en Ingeniería de Alimentos, mención: Ingeniería Agroindustrial: **Edgar Recavarren Rios**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO.**

Acto seguido, a horas 11:00 a.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Dr. Roberto Dávila Trujillo
Presidente

Dra. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

Dra. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Miembro

Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 180 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Escuela de Posgrado

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
OPTIMIZACIÓN DE UNA MEZCLA Y ESTABILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL LICOR CREMA DE AGUAJE (Mauritia flexuosa)	EDGAR RECAVARREN RIOS	21 % Veintiuno

Tingo María, 13 de junio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERIA DE ALIMENTOS
MENCIÓN: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

OPTIMIZACIÓN DE UNA MEZCLA Y ESTABILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL LICOR CREMA DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa*)

Autor	: Edgar Recavarren Rios
Asesor (es)	: Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Grupo de investigación	: Ciencias de Alimentos
Área de investigación	: Ingeniería de Alimentos - IA
Línea de investigación	: Ingeniería de Alimentos
Lugar de ejecución	: Empresa Caverna.t Company E.I.R.L
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: S/. 5,529.85

Tingo María-Perú.

2024

DEDICATORIA

El presente trabajo le dedico a mis queridos padres:
Walter Abel Recavarren Herrera quien me enseño
valores como la lealtad y el compromiso,
Luz Angelica Rios Lopez quien me inculco el
estudio y la perseverancia, ambos siempre
me acompañaron en mi formación profesional y
son mi más grande motivación para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios mi creador por darme la existencia, inteligencia y las cualidades necesarias como ser Humano, a mis queridos padres **WALTER ABEL Y LUZ ANGELICA** por estar a mi lado en todo momento y su apoyo incondicional.

Gracias a la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser un lugar para mi formación profesional, ya la Facultad de Industrias Alimentarias, que compartió conmigo sus conocimientos y me brindó todas las herramientas necesarias para la formación profesional.

A mi asesor el **Dr. Jaime Basilio Atencio** por dedicar su tiempo y conocimiento y a todos los miembros del Jurado por sus Orientaciones.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
Objetivo general 1
Objetivos específicos 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1. Antecedentes 3
2.2. Licores tipo crema 4
2.2.1. Denominación del tipo de licor. 5
2.3. Composición licores de crema 5
2.3.1. Aguaje 6
2.3.2. Alcohol Etilico Extraneutro. 6
2.3.3. Leche. 7
2.3.4. La carboximetilcelulosa (CMC) 9
2.3.5. Goma xantana 9
2.3.6. Agua 9
2.3.7. Azúcar 10
2.3.8. Bicarbonato de sodio 10
2.3.9. Conservantes 10
2.4. Análisis sensorial. 11
2.4.1. Pruebas afectivas 11
2.4.2. Características sensoriales 11
2.5. Reología. 13
2.5.1. Las propiedades reológicas 14
2.5.2. Comportamiento y modelos reológicos 15
2.6. Propiedades físico químicas de un licor 17
2.6.1. pH 18
2.6.2. Acidez. 18
2.6.3. Determinación de sólidos solubles expresado como ºBrix 19
2.6.4. Densidad 19
2.6.5. Azucares totales como azucares reductores. 19

2.6.6. Grado alcohólico 20
2.6.7. Separación de fases 20
2.6.8. Estabilidad. 20
2.7. Diseño de experimentos 21
2.7.1. Metodología Taguchi 22
2.7.2. Superficie de respuesta 22
III. MATERIALES Y MÉTODOS 24
3.1. Lugar de ejecución 24
3.2. Equipos, materiales y reactivos 24
3.2.1. Equipos. 24
3.2.2. Materiales 24
3.2.3. Reactivos 25
3.3. Tipo y diseño de investigación. 25
3.4. Metodología experimental. 25
3.4.1. 1er Paso: Optimización. 25
3.4.2. 2do paso: Elaboración del licor crema. 27
3.4.3. 3er paso: Prueba sensorial de aceptación. 30
3.4.4. 4to Paso: Optimización con superficie de respuesta. 30
3.4.5. 5to paso: Características reológicas 31
3.4.6. 6to paso: Características Fisicoquímicas 31
3.4.7. 7mo Paso: Análisis de la viscosidad después de almacenamiento. 32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33
4.1.1. Optimización de respuesta por medio de resultados de los arreglos internos y externos (Metodología Taguchi) 35
4.2. Segunda etapa de optimización por superficie de respuesta 38
4.2.1. Reología. 38
4.2.2. Características fisicoquímicas del licor crema de aguaje. 40
4.2.3. Superficie de respuesta. 43
4.2.4. Diferencia entre la metodología taguchi y la superficie de respuesta 49
4.2.5. Análisis de la Reología con respecto a su estabilidad. 49
V. CONCLUSIONES 52

VI. PROPUESTAS A FUTURO 55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 56

INDICE DE TABLAS

Tabla **Página**

1. Clasificación de las pruebas afectivas de evaluación sensorial. 11
2. Newtoniano, Ley de Potencias y Fluidos Plásticos de Bingham como Casos Especiales de el modelo de Herschel-Bulkley 16
3. Clasificación de las pruebas afectivas de evaluación sensorial. 17
4. Ácido Graso Mono insaturado c/ grasas y aceites 18
5. Métodos para la determinación de azúcares reductores 19
6. Condiciones generales de las pruebas de estabilidad a producto terminado 21
7. Arreglos ortogonales de Taguchi de dos niveles. 22
8. Lista de equipos de laboratorios con sus especificaciones. 24
9. Lista de materiales de laboratorios con sus especificaciones 24
10. Primer Rango experimental y niveles de variables independientes 26
11. Atributos del Diseño 26
12. Factores y niveles del estudio 27
13. Matriz de diseño de experimentos $L_8(2^7)$. 27
14. Segundo rango experimental y niveles de variables independientes 30
15. Matriz de diseño de experimentos Superficie de Respuesta. 31
16. Método para medir las características reológicas. 31
17. Métodos para medir las características fisicoquímicas. 31
18. Promedios de Resultados Obtenidos en el Laboratorio 33
19. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad sensorial. 34
20. Tratamientos con mas aceptabilidad 35
21. Meta para Maximizar la Cremosidad (Media). 35
22. Meta para maximizar olor (media). 35
23. Meta para Maximizar Sabor (Media). 36
24. Meta para Maximizar Color (Media) 36
25. Optimizar deseabilidad. 37
26. Respuestas Optimas de cada factor estudiado 37
27. .Valores del Indice de consistencia de cada tratamiento 38
28. Valores del Indice de Flujo de cada tratamiento. 39
29. Promedios, desviación estándar y varianza del pH de todos los tratamientos 40

30. Promedios, desviación estándar y varianza de la Acidez de todos los tratamientos 41
31. Promedios, desviación estándar y varianza de los grados °Brix de todos los tratamientos 41
32. Densidad Corregida a 20 °C por el metodo del Picnometro de todos los tratamientos..... 42
33. Medida de estabilidad promedio en porcentaje de cada tratamiento. 43
34. Matriz de diseño de experimentos con sus Valores de Respuesta. 44
35. Análisis de Varianza(ANOVA) para Indice de Consistencia..... 44
36. Coef. de regresión para indice de consistencia 45
37. Valores optimisados por Indice de Consistencia 46
38. Diferencia entre los metodos Taguchi y Superficie de respuesta. 49
39. Resultados del Indice de consistencia de todos los tratamientos. 50
40. Promedios del Indice de Consistencia Antes y Despues del Almacenamiento 50

INDICE DE FIGURAS

Figura **Página**

1. Curvas para fluidos típicos independientes del tiempo 17
2. Flujograma de proceso en la fabricación de licor crema de aguaje..... 29
3. Superficie de respuesta estimada de la deseabilidad media. 37
4. Grafica de efecto principales para índice de consistencia. 46
5. Diagrama de Pareto estandarizada para índice de consistencia..... 47
6. Superficie de respuesta para la optimización del Índice de Consistencia. 47
7. Contornos de la superficie de respuesta estimada. 48

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la mezcla óptima para mejorar la estabilidad en la producción del licor crema de aguaje. En este estudio se utilizaron las metodologías Taguchi y superficie de respuesta para optimizar la producción del licor crema de aguaje. También se evaluó la estabilidad de las mezclas comparando su viscosidad aparente después de ser almacenadas. En la metodología Taguchi se usó el arreglo ortogonal interno y externo donde se usó 4 factores de control (X1, X2, X3 y X4) de 2 niveles (-1 y 1), generando 8 corridas, mientras que en la metodología Superficie de Respuesta (SMR) se usó el diseño experimental de Box-Behnken el diseño (BBD) con 3 factores con 3 niveles (-1, 0, 1) generando 15 corridas, ambos generados en el Sofware statgraphics Centurión XVII versión 17.2.00. Como resultado de las propiedades sensoriales (aceptabilidad del color, olor, sabor y Cremosidad), los tratamientos más aceptados son los T5, T7 y T8 con un valor en la escala hedónica entre 7.32 y 7.81. En cuanto a las propiedades Reológicas el índice de consistencia K se obtuvo en un rango 2.9003 a 10.2860. Todos los tratamientos demostraron ser un fluido no newtoniano pseudoplástico (n<1). En cuanto a las propiedades Físico químicas los valor promedio de pH fueron de 6.63 a 8.50, la acides expresada en gramos de ácido oleico/100ml fue de 0.10 a 0.34, los grados brix fue de 20.8 a 26.2, la densidad fue de 1.041 a 1.067.En cuanto estabilidad del licor crema después de estar en almacenamiento por 60 días fue del 51.5%. Después del almacenamiento por 60 días Según los resultados obtenidos se puede observar que la viscosidad Aparente Aumento en los tratamientos que tienen mas del 50 % de estabilidad y disminuyeron en aquellos que tienen la estabilidad menor al 50 %. La Conclusión principal fue que para determinar la mezcla optima se tomó en consideración el índice de consistencia ya que es un valor representativo de las viscosidades aparentes, para el licor crema de aguaje el valor optimo del índice de consistencia fue de 9.73754 por lo tanto los valores óptimos de la temperatura son de 62.0002 ºC, CMC 2.61871 gramos/litro y para la goma Xantana 2.2261 gramos/litro

Palabras claves: Taguchi, Superficie de respuesta, estabilidad, Licor crema de Aguaje, optimización.

ABSTRACT

In the research it was sought to improve the stabilization during the production of cream liquor from moriche palm through the determination of the optimal mix. The Taguchi and surface response methodologies were used to optimize the production and evaluate the stability through the apparent viscosity. Taguchi used an internal and external orthogonal arrangement with four control factors, while for the surface response, Box-Behnken's experimental design with three factors was used. The most accepted treatments were T5, T7, and T8, with hedonic values between 7.32 and 7.81. With respect to the rheological properties, all of the treatments proved to be non-Newtonian pseudoplastic fluids. For the physicochemical properties, the pH oscillated between 6.63 and 8.50, the acidity between 0.10 and 0.34 g of oleic acid/100ml, the Brix degrees from 20.8 to 26.2, and the density from 1.041 to 1.067. The stability after sixty days of storage was 51.5%. The apparent viscosity increased in the treatments that had more than 50% stability and decreased in those with less than 50%.

It was concluded that the consistency index was representative of the apparent viscosities, with 9.73754 being optimal. The optimal temperature was 62.0002 ºC, a CMC of 2.61871 g/l, and xanthan gum 2.2261 g/l.

Keywords: Taguchi, surface response, stability, cream liquor from moriche palm [fruit], optimization

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de frutas de origen amazónico en la fabricación de bebidas alcohólicas ha crecido significativamente, la búsqueda de sabores y aromas naturales ha hecho que los productos sean más diversificados, El Ministerio de Comercio Exterior (2003) menciona que el actualmente los consumidores buscan frutas de origen exótico, diferente de lo tradicional en forma, tamaño, apariencia, color o textura y sabor. De ahí la utilización de frutas amazónicas para sustituir sabores artificiales en la producción de bebidas alcohólicas. Para esta investigación se usará el aguaje (*Mauritia flexuosa).* Valera (2019) da a conocer que la agroindustria regional tiene gran preferencia por el sabor del aguaje para la comercialización de licores cremas ya que este producto es un nuevo sabor para muchos que no lo conocen.

La característica principal de mezclas de leche con Alcohol Extraneutro conocidos en el mercado local como lico crema es que no se conoce los ingredientes exactos para que sea más estable en el tiempo, para ello se mencionan algunas causas; según Moya (2013) son: las variaciones del pH, iones calcio y magnesio, floculación, la temperatura de almacenamiento, la estabilidad de las proteínas frente al alcohol y la pérdida de color; Fennema & Tannenbaum (2000) mencionan que la gran mayoría de pigmentos son inestables durante el procesado y almacenamiento. La prevención de dichos cambios muchas veces es difícil de controlar y en algunos casos hasta imposibles. La temperatura, la actividad del agua, el pH, la luz, el oxígeno, los metales pesados y la presencia de agentes oxidantes o reductores pueden afectar la estabilidad del pigmento.

Entonces teniendo conocimiento que existen muchos factores que pueden alterar la estabilidad de una mezcla de licor crema de aguaje es necesario optimizar dicha mezcla para poder aumentar la estabilidad y vida útil del producto dando un mayor tiempo de duración.

Objetivo general

- Determinar la mezcla óptima para mejorar la estabilidad en la producción del licor crema de aguaje

Objetivos específicos

- Utilizar la metodología de Taguchi para determinar las mezclas a utilizarse en la elaboración de licor crema de aguaje.
- Utilizar la metodología de Taguchi para evaluar sensorialmente diversas mezclas de licor crema de aguaje y determinar la óptima combinación de ingredientes basada en sus características sensoriales

- Emplear la metodología de Superficie de Respuestas para evaluar las características reológicas, fisicoquímicas y la estabilidad del licor crema de aguaje durante un periodo de almacenamiento de 60 días, con el fin de determinar y optimizar la mezcla óptima para su producción.
- Evaluar la diferencia entre la metodología Taguchi y la Superficie de respuesta.
- Evaluar y Comparar el cambio de la viscosidad aparente de las muestras a los 60 dias de almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

De acuerdo con Moya (2013), en efecto de diferentes tipos de alteraciones sobre la estabilidad de los licores de crema, concluye que ambas bebidas fueron estables frente a los cambios microbianos debido al alto contenido de alcohol (15%), pero la estabilidad de la bebida de nata (SLV2) frente a los cambios afectados por la carga de emulsificante (caseinato de sodio) fue más débil. Las bebidas de grasa de coco (SLV6) fueron más sensibles a los cambios asociados con el alcohol agregado

Como señala Vega (2021), en optimización de la mezcla de goma xanthan, pisco y huevo, para mejorar la estabilidad de licor alcohólico (Leche de monja), concluye que la mejor combinación fue: pisco puro 30,70% variedad criolla; huevos (claras y yemas) 19,2% y goma xantana 0,1%; A 25°C durante 60 días Condiciones que aseguran una conservación óptima y estable a largo plazo para la "Leche de monja".

A juicio de Valera (2019), efectos del caseinato y el sodio homogeneizado en la producción de crema de aguaje. Después de diez meses, se descubrió que el tratamiento con caseinato de sodio al 0,5% y la homogeneización con un rotor fino y alta velocidad de rotación fue la crema de aguaje más aceptable. La frecuencia fue de 85 Hz, que fue el método de tratamiento óptimo elegido durante el ensayo (10 meses). El contenido de alcohol final de la crema Aguaj es de 10%, acidez volátil 95,8 mg/100 ml, azúcar reductor total 312 g/Lt, furfural 7,1 mg/100 ml, contenido de grasa 2,8% y acetaldehído 210,5 mg/Lt. y pequeñas cantidades de metales pesados como cobre y zinc.

Como señala Iglesias & Cartaya (2022), en desarrollo de licor crema a partir de los frutos de *Szygium cumini*, concluye que el contenido de polifenoles totales fue de 287 mg AGE/L de extracto, de color púrpura oscuro. Los modelos validados muestran que los componentes de la mezcla se ven afectados linealmente, con respuestas sensoriales que disminuyen a medida que se agrega más extracto a la formulación. La receta escogida fue 24,1% de extracto y 60,9% de jarabe invertido con una graduación alcohólica calculada de 27,6% (v/v) y 42,6 Brix, por lo que está clasificada como una crema de alto contenido alcohólico. La variante hecha a base de "Daiquirí Criollo" es calificada como "Me gusta mucho”.

Moya & Vinueza (2011) sostiene en desarrollo y estudio de vida útil del licor de crema de melón, concluyen que esta investigación es una guía completa para la elaboración de una crema de licor a base de pisco, que incluye estudios de mercado, económicos, financieros, técnicos, legales y organizacionales, y pruebas físico-químicas y sensoriales para evaluar la

muestra final. El proyecto es económica y financieramente viable y proporciona pautas para asegurar la rentabilidad y viabilidad del negocio de licores de crema.

Banks & Muir (1985) mencionan en su investigación que los factores que afectan a la estabilidad de la emulsión de licores de nata con alto contenido en alcohol. Se descubrió que la estabilidad de estos licores no se debía únicamente al contenido de agua/etanol. Los investigadores también examinaron licores elaborados añadiendo alcohol o alcohol y agua a un único lote de licor de nata, que se elaboró inicialmente a 30 ° de alcohol. Además, se prepararon licores de nata con un 40% de sólidos totales y 45º de alcohol utilizando nata lavada y aceite de mantequilla. En general, el texto proporciona información sobre los factores que influyen en la estabilidad de la emulsión de los licores de nata con alto contenido de alcohol. Se analiza el papel del contenido de alcohol, los sólidos totales y la adición de agua.

2.2. Licores tipo crema

El licor de crema tiene su origen en una antigua receta de bebida escocesa elaborada con nata, whisky y otros ingredientes. Y historias más recientes describen una receta de bebida australiana que agrega leche entera, azúcar, alcohol y saborizantes. La moderna industria de los licores de crema combina recetas tradicionales con la última tecnología

Los licores de crema se pueden describir como "emulsiones de agua en agua de pequeñas gotas de grasa estabilizadas por emulsionantes como el caseinato de sodio en dispersiones acuosas que contienen entre un 10% y un 20% de etanol, a menudo hasta un 20%. (Horne, 2003)**.**

La crema de whisky es una bebida alcohólica que combina la crema y el whisky con azúcar y especias añadidas. Baileys - producido R. A. Bailey y compañía Dublín, Irlanda: fue la primera marca en combinar crema espesa y whisky irlandés. En Chile, el grupo de consumidores son principalmente mujeres de clase socioeconómica ABC, que corresponde a la clase media alta, conformada por familias con ingresos sostenibles, profesionales y en su mayoría con alto nivel educativo (Salinas et al., 2015),

Ministerio de Salud Argentina (2023) plantea que el contenido de alcohol de la bebida es de 15% a 54% en volumen a 20°C (escala Celsius), el contenido de azúcar es superior a 30g/l y se produce a partir de etanol potable agrícola y/o destilados agrícolas de alcoholes simples. Origen y/o bebidas alcohólicas, otros extractos y/o sustancias de origen vegetal o anual y/o saborizantes/sustancias aromáticas, colorantes y demás aditivos autorizados por el Mercosur..

Todo alcohol se compone de azúcar, alcohol, material vegetal y agua. Para determinar las propiedades de un fluido, así como el tipo de fluido, se deben considerar diversos factores, como el estado, naturaleza y proporciones en que participa cada elemento, así como los procesos de modificación en los que se produce. En resumen, se puede decir que el vino ha sido mezclado con aromas, colorantes, alcohol destilado o alcohol puro (Aleixandre , 1999).

En Sudáfrica los licores importados contienen 24% (v/v) de etanol, en lugar de 17% (v/v) de etanol, si el licor se produce dentro del país no es factible fabricar licores de crema con 24% (v/v) de etanol utilizando la metodología convencional (Banks & Muir, 1985)

Martínes et al. (2011) nos menciona que algunos licores contienen leche ejemplo:

- **Rompope:** Es un líquido espeso de color amarillo elaborado a base de: yemas de huevo, leche, azúcar y alcohol, opcionalmente con harina de almendras, vainilla y canela.

- **Crema de whisky (o "Irish Cofee"):** Es una mezcla homogénea de whisky irlandés, nata, café de tostado fuerte y azúcar en una mezcla bastante estable.

2.2.1. Denominación del tipo de licor.

Según el Ministerio de Salud Argentina (2023), Licor crema: contiene alcohol con un contenido de azúcar superior a 350 g/l.

Según Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2012), los licores se clasifican en tres categorías: seco, dulce y crema en función de su contenido de azúcares totales.

Como nos indica el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2005), Crema con esta denominación se designan las bebidas alcohólicas que han sido endulzadas con una cantidad de sacarosa no menor de 250 g/dm3. Este requisito no se aplica a las cremas que contienen productos lácteos.

2.3. Composición licores de crema

Son bebidas con contenido alcoholico a las que, además del etanol, se les añaden otros ingredientes, como nata espesa, azúcar, fruta y estabilizantes (si es necesario). Tiene una graduación alcohólica en torno al 17%, aroma y sabor a base de crema y es muy agradable de beber (Sáenz, 2015).

2.3.1. Aguaje

Mauritia flexuosa, también conocida como aguaje, es una de las palmeras más comunes de América del Sur y fue la primera palmera amazónica descrita de manera científica en 1781. Actualmente se considera una planta que tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de las personas. La pulpa contiene un alto contenido de provitamina A (betacaroteno, 30-300 mg/100 g), el aceite contiene el mayor contenido de vitamina A del mundo, un nivel normal de vitaminas B y C, y un mineral importante. Las diferencias entre estos nutrientes son extremadamente significativas (Nicho , 2018).

El aguaje contiene ácido ascórbico (Vitamina C) de 50 a 60 mg/100g (Figuerola & Rojas, 1999)

En comparación con las verduras (posee un alto contenido de vitamina A), la fruta del aguaje tiene cinco veces más. Otros afirman que el contenido medio de provitamina A en su composición es de unos 173 a 300 mg/100 g. Lo que la convierte en una fruta lo suficientemente reconocida como para ser utilizada en alimentos funcionales; por lo tanto, el polvo secado por aspersión de Mauritia flexuosa debe tener un mayor contenido de vitamina A al final del procesamiento debido a la reducción de la humedad (Ruiz , 2021, p. 14).

2.3.2. Alcohol Etilico Extraneutro.

Alcohol por vol./vol. contenido de al menos 96-96,2%, utilizado para hacer bebidas espirituosas claras como el vodka y la ginebra, utilizándose proporciones más pequeñas en perfumes finos y algunos productos farmacéuticos. Es un licor suave e inodoro que ha superado rigurosas pruebas sensoriales realizadas a menudo por catadores experimentados. Prácticamente libre de aldehídos, residuos secos o alcoholes de fusel (Espinosa & Ovando, s. f.).

En la preparación de bebidas se debe utilizar alcohol refinado elaborado a partir de jugo de caña y miel o almidón como materia prima, esto no debe afectar productos que se utilizan con otros elementos químicos excepto etanol, por lo que se deben corregir. La graduación mínima de alcohol a 20 °C debe ser del 95,5% (Reyes, 2020).

Cabe resaltar que la utilización de alcohol extraneutro es muy utilizado en la industria de alimentos tal como nos menciona Urigo (2023) el etanol es un líquido transparente, volátil, de bajo punto de ebullición, con sabor y olor característicos, producido por la fermentación de la miel de caña de azúcar. El etanol se purifica mediante procesos continuos de destilación, rectificación y desodorización hasta que el contenido

de alcohol alcanza el 96% y alcanza un grado neutro. El etanol extra neutro al 96% es un solvente ideal y se usa ampliamente en alimentos, bebidas, farmacéutica y cosmética

2.3.3. Leche.

Es un líquido de color blanco lechoso, pero a cierto volumen parece blanco debido a la luz dispersada por las micelas de caseinato de fosfato de calcio. Contiene pigmentos como el caroteno, que es un pigmento amarillo en la fase grasa, por lo es desnatada carece de este pigmento y tiene un aspecto blanco azulado (Miller et al., 2000).

La leche tiene en su composición agua, grasas, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales y otras sustancias de menor concentración (Badui, 2006).

Es un alimento esencial para las personas. Su consumo se ha ampliado gracias a su procesamiento industrial, lo que ha mejorado significativamente su nivel de salud (Fernández et al., 2015)

Propiedades fisicoquímicas de la leche: La densidad, la viscosidad y la tensión superficial, dependen de su composición; otros, como el índice de refracción y el punto de congelación, dependen de las sustancias en solución; y finalmente otros parámetros como el pH y la conductividad dependen únicamente de iones o electrones, al igual que el potencial redox (Martínes et al., 2011).

Tensión superficial: Todo líquido resiste cualquier fuerza que expanda su superficie. En algunos casos, la resistencia a la expansión es tan grande que algunos objetos densos no se sumergen en el líquido, sino que flotan en la superficie (Longo, 1975).

La presencia de materia orgánica en la leche explica la reducción de su tensión superficial respecto a la del agua. A una temperatura media de 15 °C, la densidad de la leche entera es de 47-53 dinas/cm, la de la leche descremada, de 52-57 dinas/cm (la densidad del agua es de 75 dinas/cm) (Alais, 2000).

Índice de refracción: El aumento del índice de refracción es la suma del aumento de cada componente. El aporte de sal es insignificante y la grasa fuera de la fase continua no interfiere, por lo que se preparó suero para medir este índice.(Martínes et al., 2011).

Índice crioscópico (punto de congelación): En cuanto al punto de congelación de la leche, que corresponde a la temperatura a la que se encuentran en equilibrio la parte líquida y la sustancia disuelta, el valor normal de este indicador varía de -0,510 a -0,530 °H, debido a que se encuentran en equilibrio con la presión osmótica de la sangre (Juárez-Barrientos et al., 2015).

Potencial de óxido-reducción (redox): Las propiedades redox de la leche se ven afectadas por diversos factores como el oxígeno disuelto, la oxidación de xantinas o la reducción de aldehídos, la desnaturalización de las proteínas del suero y los compuestos de azufre, el ácido ascórbico, la riboflavina, la cisteína, el pH y posiblemente la presencia de lactosa y caseína. El potencial redox positivo de la leche fresca está entre 0,20 y 0,30 V. (Alais, 2000).

Acidez de la leche: La acidez típica de la leche oscila entre 1,3 y 1,7 g/l en forma de ácido láctico. El contenido de caseína (0,05 a 0,08%) y los fosfatos son los principales indicadores de la acidez normal de la leche. También contribuyen a la acidez el citrato (0,01%), el dióxido de carbono (0,01%) y la albúmina (0,01%). Se utilizó fenolftaleína como indicador u opcionalmente un potenciómetro para determinar el pH 8,3 correspondiente al final de la titulación para determinar la acidez (Secretaria de Economía, 2003).

La densidad de la leche: Cambia con la temperatura y depende de dos factores: la concentración de elementos disueltos y suspendidos (la densidad aumenta con el contenido de sólidos) y la cantidad de grasa (la densidad disminuye con el contenido de grasa). Por lo tanto, la leche desnatada tiene una mayor densidad mientras que añadir agua reduce la densidad. La densidad del leche varía. La leche puede tener un valor medio de 1030 a 1033 g/ml a 20 °C. (Walstra et al., 1999).

Viscosidad de la Leche: Se puede convertir en resistencia al flujo de fluidos. Disminuye con el aumento de la temperatura (más que la tensión superficial); también aumenta cuando el pH de la leche está por debajo de 6,0. La viscosidad también depende de la presión: en un fluido newtoniano, como la leche corriente, el caudal es directamente proporcional a la presión. La leche es mucho más viscosa que el agua, principalmente debido a los glóbulos de grasa y las macromoléculas; por lo tanto, cualquier cambio en el porcentaje de grasa y/o proteína en la leche se reflejará en cambios en la viscosidad. A 10 ªC, la leche entera tiene 2,8 cps y la leche desnatada 2,5 cps; 30 o C la leche entera tiene 1,65 cps y la leche desnatada 1,35 cps (Martínes et al., 2011).

Punto isoeléctrico de la leche: En el punto isoeléctrico (pI), las cargas positivas y negativas están en equilibrio, por lo que la proteína tiene el mayor potencial de precipitación, reduciendo su solubilidad y favoreciendo la agregación (Universidad Pablo Olivade, 2024).

Los puntos isoeléctricos de todas las caseínas son aprox. 4.4 y 5.8, que favorecen su precipitación en condiciones ácidas. Por tanto, las propiedades moleculares de la caseína facilitan los procesos industriales para la obtención de productos con valor agregado, por lo que son importantes en la selección de leches con propiedades (Padilla & Zambrano, 2021).

2.3.4. La carboximetilcelulosa (CMC)

Es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y tiene muchas aplicaciones. Tratando la masa de madera limpia con una solución de hidróxido de sodio al 18% se obtiene celulosa alcalina. La mayoría de los productos comerciales de carboximetilcelulosa sódica tienen un grado de sustitución (DS) en el rango de 0,4 a 0,8. El uso alimentario más vendido tiene un GS de 0,7.Sus moléculas son largas y bastante rígidas, y están cargadas negativamente debido a la gran cantidad de grupos carboxilo ionizados (Fennema & Tannenbaum, 2000, p. 247).

2.3.5. Goma xantana

La goma xantana es ampliamente utilizada en la industria alimentaria debido a sus siguientes importantes propiedades: solubilidad en agua fría o caliente; alta viscosidad a bajas concentraciones; no hay cambios significativos en la viscosidad de su solución en el rango de temperatura de 0 a 100°C, lo que los hace únicos entre los hidrocoloides; solubilidad y estabilidad en sistemas ácidos; excelente compatibilidad con sales; interacciones con otras gomas como GA; capacidad estabilizante, suspensiones y emulsiones; congelación de soluciones / Buena estabilidad al descongelamiento. Las propiedades inusuales y altamente útiles de la goma xantana se deben sin duda a su rigidez estructural y la naturaleza alargada de la molécula, que a su vez resulta de las cadenas lineales similares a la celulosa que se mantienen estiradas y rígidas por las cadenas laterales de trisacáridos aniónicos. La goma xantana es ideal para estabilizar dispersiones, suspensiones y emulsiones acuosas. El hecho de que la viscosidad de sus soluciones cambie muy poco con la temperatura lo que significa que sus soluciones no se espesan después de enfriarse lo hace indispensable para espesar y estabilizar productos (Fennema & Tannenbaum, 2000, p. 250).

2.3.6. Agua

Alrededor del 60% de las bebidas alcohólicas son agua, por lo que el agua puede afectar significativamente a factores como la calidad de las bebidas alcohólicas, la presencia de sedimentos y sedimentos o el aspecto sensorial. Debido a la presencia de iones

metálicos como hierro, calcio y magnesio, bajo la influencia de sustancias coloidales forman flóculos que son difíciles de eliminar mediante filtración (Reyes-Linares et al., 2011).

2.3.7. Azúcar

Azúcar o Hidratos de Carbono Simples Esta clasificación incluye monosacáridos, disacáridos y alcoholes de azúcar; Estos compuestos dan a los alimentos su sabor dulce y se agregan en la industria alimentaria para mejorar el sabor, la textura y la conservación (Cabezas et al., 2016, p. 320).

2.3.8. Bicarbonato de sodio

El bicarbonato de sodio se utiliza principalmente para hornear, donde reacciona con otros ingredientes y libera dióxido de carbono, lo que ayuda a que la masa suba y le da sabor y volumen. También se utiliza para hacer jugo de leche (Hill & Kolb, 1999).

Durante casi dos siglos, el polvo para hornear se ha utilizado para diversos fines, el primero de los cuales fue hacer masa para pan, galletas saladas y otros productos de harina de trigo. A partir de ahí, con el tiempo, se empezó a utilizar con otros fines culinarios. El bicarbonato de sodio tiene muchos usos diferentes, en la industria alimentaria se utiliza como agente leudante, pero también se utiliza como agente de limpieza, desinfectante, agente regulador del pH, agente neutralizante y neutralizador de ácidos, agente extintor de incendios, etc. (Proquinsa, 2021).

2.3.9. Conservantes

Los conservantes inhiben el crecimiento de microorganismos y la adición de conservantes protege los alimentos de cambios biológicos como la fermentación, el moho y el deterioro (Cervera, 2003).

El sorbato de potasio es una sal que se utiliza principalmente como conservante de alimentos. También se le llama sorbato de potasio (E 202). El sorbato de potasio se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluidos alimentos, vinos y productos de cuidado personal. (Wikipedia, 2021).

El ácido sórbico, el ácido benzoico y los compuestos de sulfito son los agentes antimicrobianos más utilizados en las formulaciones de FAH y FHI. Se utilizan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras. El efecto de estos conservantes depende en gran medida del pH, ya que son más activos contra los microorganismos en los alimentos ácidos (Alzamora et al., 2004).

Durante el almacenamiento de frutas en conserva, el ácido sórbico se degrada significativamente por los cambios de tiempo, temperatura y pH, perdiendo así su

eficacia de barrera (Gerschenson et al., 1986). Por ejemplo, el ácido sórbico en piñas y melocotones con alto contenido de humedad se destruyó en aproximadamente un 40% después de cuatro meses de almacenamiento a 27 °C (Alzamora et al., 2004).

2.4. Análisis sensorial.

Espinosa (2007) cabe señalar que la realización de cualquier análisis implica una serie de factores experimentales que, si no se tienen en cuenta, afectarán negativamente a la validez, precisión y reproducibilidad de los resultados obtenidos. El instrumento de medición es el juez, es fundamental normalizar las condiciones fisiológicas que rodean a la población que evalúa el producto.

2.4.1. Pruebas afectivas

Espinosa (2007) menciona que las llevan a cabo personas no seleccionadas ni capacitadas que son los llamados jueces de las emociones. En la mayoría de los casos, su elección dependerá de si son consumidores reales o potenciales del producto evaluado, pudiendo tener en cuenta aspectos como las condiciones económicas y demográficas. Las pruebas afectivas se utilizan en condiciones similares al consumo normal del producto, por lo que se pueden realizar en supermercados, colegios, plazas, etc. Sus resultados siempre indican que aceptamos, rechazamos, preferimos uno o más productos, por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de publicar una respuesta lo más veraz posible, en la **Tabla 1** se muestra la clasificación de las pruebas afectivas.

Tabla 1. Clasificación de las pruebas afectivas de evaluación sensorial.

Aceptación	Preferencia	Escalares
Muestra Simple	Pareada	Escala Hedónica
	Ordenamiento	Escala de actitud

Fuente: Espinosa (2007)

2.4.2. Características sensoriales

Cremosidad: Los Atributos de superficie son la humedad, solubilidad en boca, cremosidad. También en boca se mide la solubilidad y cremosidad (Universidad Tecnologica Nacional, 2023).

Según su estado físico, propiedades reológicas y propiedades sensoriales, los productos alimenticios se pueden clasificar en productos líquidos, semisólidos, sólidos blandos y sólidos duros (Van Vliet et al., 2009)

Dureza, rigidez, fragilidad, deformabilidad, etc. son las propiedades que se perciben en la primera etapa del procesamiento de los alimentos, siendo pegajosidad, consistencia, cremosidad, etc. se encuentra en la primera etapa del procesamiento de alimentos. Se nota al final de la masticación (López-Manterola, 2019).

En etapas posteriores del procesamiento bucal, las propiedades texturales percibidas se asocian con laminillas del producto o combinaciones de producto y saliva que afectan la superficie bucal y las propiedades de lubricación (Chen y Stokes, 2012). La tribología oral son dos disciplinas complementarias de análisis sensorial que, representan el desarrollo de conocimientos relacionados con la percepción de la textura y el tacto oral durante el procesamiento oral (Laguna et al., 2017).

Meng et al. (2005) indicaron que los fluidos no Newtonianos requieren mayor tiempo para su deglución que los fluidos Newtonianos y son más seguros para las personas con dificultades deglutorias

Características como firmeza y quebradiza se suelen percibir en el primer bocado, mientras que la jugosidad y cremosidad se perciben al final de la masticación. Es el único método de intensidad sensorial que evalúa únicamente la textura del alimento (López-Manterola, 2019).

Se refiere a la sensación de suavidad y untuosidad que se percibe en la boca al masticar o degustar un alimento. Es una característica especialmente importante en alimentos como cremas, helados, yogures, salsas y quesos, entre otros. La cremosidad se evalúa en pruebas de análisis sensorial mediante la escala hedónica, en la que los jueces califican la intensidad de la sensación de cremosidad que perciben en el alimento (Stone et al., 2012).

La percepción de la cremosidad en los alimentos se debe principalmente a la presencia de lípidos en su composición. Los lípidos, especialmente los triglicéridos, tienen la capacidad de formar emulsiones con el agua y otros componentes del alimento, lo que produce una textura suave y cremosa. Además, otros factores como la viscosidad, la temperatura y la presencia de sustancias aromáticas también pueden influir en la percepción de cremosidad en los alimentos (Coupland, 2019).

La cremosidad es una propiedad sensorial muy valorada por los consumidores en muchos alimentos, especialmente en aquellos que se consumen como postres o snacks. En las pruebas de aceptabilidad de alimentos, la cremosidad puede ser un factor determinante en la elección del producto por parte de los consumidores. Por lo tanto, los fabricantes de alimentos suelen prestar especial atención a la cremosidad en el desarrollo y

mejora de sus productos, para ofrecer una experiencia sensorial satisfactoria a sus clientes (Cardello et al., 2007).

Además, la cremosidad se considera una de las características más importantes en la evaluación sensorial de productos lácteos, como la leche, la crema y los yogures (Clark et al., 2009).

Olor: El olor es una de las características sensoriales de los alimentos que se evalúan en el análisis sensorial, y se refiere al aroma o fragancia que se desprende de los alimentos y que puede ser percibido por el sentido del olfato (Soria & Villamiel, 2010).

Sabor: El gusto se percibe a través del sentido del gusto, cuya función es identificar diferentes sustancias químicas en los alimentos. Es la sensación percibida por receptores de la cavidad bucal, particularmente concentrados en la lengua, aunque también se presentan en el paladar blando, mucosa epiglótica, faringe, laringe y garganta (Espinosa , 2007).

El sabor es una propiedad organoléptica compleja que se describe como la combinación de los estímulos gustativos, olfativos y táctiles que se perciben al probar un alimento (Meilgaard et al., 1999). El sabor se puede describir en términos de dulce, salado, ácido y amargo , así como en términos de intensidad y persistencia (Silva et al., 2018).

Color: El color es una propiedad organoléptica importante para la aceptación de los alimentos, ya que puede influir en la percepción del sabor y la calidad del producto (Silva et al., 2018)**.**

Se debe principalmente a que los consumidores lo asocian con otras características de un producto alimenticio, por ejemplo, el rojo se asocia con el sabor de las fresas, el verde con el sabor de la menta, etc., lo cual también se asocia considerado un color. Evidencia de que los consumidores a veces pueden aceptar o rechazar alimentos en función de su apariencia y color (Espinosa, 2007).

2.5. Reología.

Es una ciencia dedicada al estudio de las deformaciones de los objetos sometidos a esfuerzos extremos, es decir, estudia las propiedades mecánicas de 29 líquidos, plásticos, gases, etc. Así, la reología se extiende desde la mecánica de fluidos newtoniana hasta la elasticidad de Hooke (Ramírez, 2006).

El estudio y caracterización del comportamiento reológico de líquidos ha despertado gran interés en el campo alimentario. Su investigación contribuye a la comprensión

de la estructura de los alimentos y es útil para el desarrollo de nuevos productos, el diseño y/o la selección o control de calidad de equipos y procesos (Talens, 2016).

2.5.1. Las propiedades reológicas

Se definen en términos de la relación entre una fuerza o sistema de fuerzas externas y su respuesta (deformación o flujo). Todo fluido se deforma en mayor o menor medida cuando se somete a un sistema de fuerzas externo. Un sistema de fuerzas se representa matemáticamente mediante un esfuerzo cortante o un caudal de momento (τ), mientras que la respuesta dinámica de un fluido se cuantifica mediante una deformación o un índice de desplazamiento o velocidad (ϒ) (Pierce, 1982).

Esfuerzo de corte: Woyzechowsky (2002) define el esfuerzo de corte o cizalla (τ) como la fuerza necesaria por unidad de área para producir una deformación específica. El Pascal (Pa) es la unidad de esta magnitud más utilizada.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Donde τ es el esfuerzo de corte (Pa), F es la fuerza (N) y A es el área (m2).

Tovar (2010) por otra parte el flujos de fluidos, significado de τ equivale a la velocidad de flujo de cantidad de movimiento por unidad de área $\left(\frac{mv}{A}\right)$ la cual tiene unidades de $\left(\frac{N}{m^2}\right)$.

Velocidad de deformación: La velocidad de deformación (γ) se define como el cambio de velocidad υ a través de la distancia h entre dos platos (Woyzechowsky, 2002). Tiene como unidad el inverso del tiempo, donde el más comúnmente usado es el s-1. La velocidad de corte se incrementa a medida que la velocidad de la placa superior aumenta y la distancia entre las placas se hace más pequeña (Barnes et al., 1989).

$$\gamma = \frac{\partial v}{\partial h}$$

Donde γ es la velocidad de corte (s-1), ∂v es el diferencial de velocidad (m/s) y h es la distancia entre las placas (m).

Por otro lado, el fluido entre las placas resiste el movimiento de la placa superior, y esta resistencia al flujo es determinada por la viscosidad del fluido (μ) (Woyzechowsky, 2002).

Viscosidad: . Brookfield (2017) nos indica que la viscosidad es la medida de la fricción interna de un fluido. Esta fricción se hace evidente cuando se hace que una capa

de fluido se mueva en relación con otra capa. Cuanto mayor sea la fricción, mayor será la cantidad de fuerza necesaria para provocar este movimiento, que se denomina "cizallamiento". El cizallamiento ocurre siempre que el fluido se mueve o distribuye físicamente, como al verter, esparcir, rociar, mezcla, etc. Los fluidos altamente viscosos, por lo tanto, requieren más fuerza para moverse que los materiales menos viscosos La viscosidad se puede definir matemáticamente mediante esta fórmula:

$$n = viscosidad = \frac{\gamma}{\tau} = \frac{Shear\ stress}{Shear\ rate} = \frac{Enfuerzo\ cortante}{Velocidad\ de\ Corte}$$

Tres tipos de viscosidad generalmente existen: viscosidad absoluta, que representa la viscosidad dinámica del fluido y es un término muy utilizado con fines prácticos (Write, 1979); viscosidad aparente, que se usa para referirse a la viscosidad de fluidos no newtonianos, ya que su valor dependerá de la tasa de deformación aplicada al fluido. La viscosidad cinemática, la relación entre densidad y viscosidad dinámica (Pierce, 1982).

Índice de comportamiento al flujo (n): Indica la desviación del comportamiento reológico del fluido con respecto a los fluidos newtonianos, es decir, mientras más se aleje el valor de n de la unidad más pronunciadas serán las características no newtonianas del fluido (Wang & Tang, 1982).

Índice de consistencia (k): Caracterización numérica de la consistencia del fluido, es decir, es una medida indirecta de la viscosidad, pero sus unidades dependen de n. A medida que k aumenta el fluido se hace más espeso o viscoso (Wang & Tang, 1982).

2.5.2. Comportamiento y modelos reológicos

De acuerdo con Chhabra & Richardson (1999), la mayoría de los autores coinciden al hacer una primera clasificación entre fluidos Newtonianos y no-Newtonianos, según su comportamiento reológico siga o no la Ley de Newton de la viscosidad. Existe otro grupo de alimentos que se comportan como fluidos viscosos y solidos elásticos a la vez, es decir fluidos viscoelasticos

Tovar (2010) menciona que existen alimentos en los que su comportamiento depende del tiempo de actuación del esfuerzo realizado sobre ellos. La ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido es $\tau = -\frac{\mu du}{dy}$

Donde: τ : Esfuerzo cortante (Pa), μ : Viscosidad dinámica del fluido (Pa.s), du/dy : Velocidad de deformación del fluido (s-1) = γ

La clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:

Fluidos Newtonianos.

Fluidos no-Newtonianos.

- Independientes del tiempo.
  - Plásticos de Bingham.
  - Pseudoplásticos.
  - Dilatantes.
- Dependientes del tiempo.
  - Fluidos tixotrópicos.
  - Fluidos reopécticos.
- Fluidos viscoelásticos.

Con base a Steffe (1996), una relación general para describir el comportamiento de los fluidos no newtonianos es el modelo Herschel-Bulkley: $\sigma = k(\gamma)^n + \sigma_0$

Donde:

k: es el coeficiente de consistencia,

n: es el índice de comportamiento del flujo

σ_0: es el límite elástico.

Este modelo es apropiado para muchos alimentos líquidos. La ley de potencia newtoniana (pseudoplastico cuando 0 < n < 1 o dilatante cuando 1< n <∞) y el comportamiento plástico de Bingham pueden considerarse estos casos especiales en la Tabla 2, Figura 1.

Tabla 2. Newtoniano, Ley de Potencias y Fluidos Plásticos de Bingham como Casos Especiales de el modelo de Herschel-Bulkley

Fluido	k	N	τ_0	Ecuación
Herschel-Bulkley	>0	0 < n < ∞	>0	$\tau=K.\gamma^n+\tau_0$
Newtoniano	>0	1	0	$\tau=K.\gamma$
Shear-thinnin (Pseudoplastico)	>0	0 < n < 1	0	$\tau=K.\gamma^n$
Shear-thickening (Dilatante)	>0	1 < n < ∞	0	$\tau=K.\gamma^n$
Plastico Bingham	>0	1	>0	$\tau=u.\gamma+\tau_0$

Fuente: Steffe (1996)

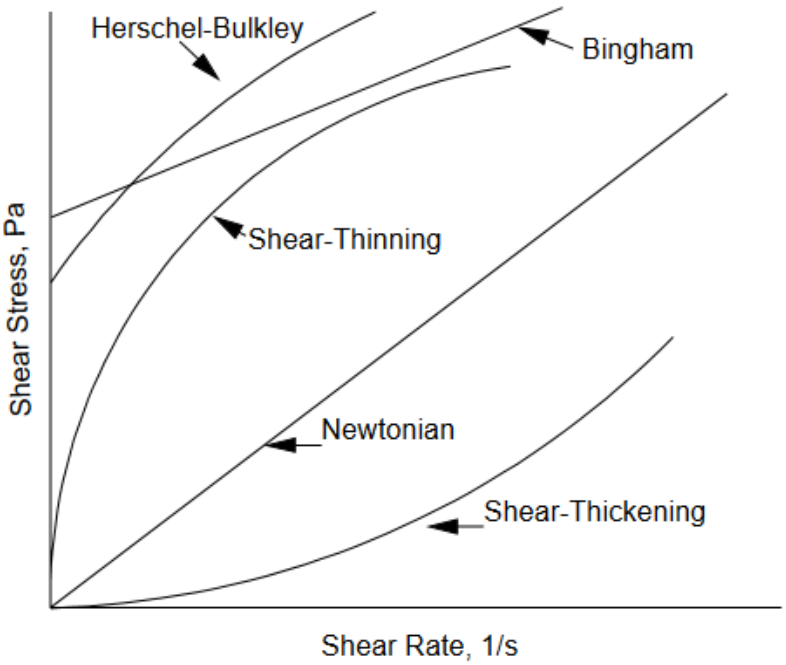


Figura 1. Curvas para fluidos típicos independientes del tiempo

2.6. Propiedades físico químicas de un licor

Según INDECOPI (2012), propone los siguientes requisitos fisicoquímicos para los licores:

Tabla 3. Clasificación de las pruebas afectivas de evaluación sensorial.

Requisitos	**Valor Límite**	**Método de Ensayo**
Grado alcohólico a 20 °C, % Alc Vol. [1]	Min. 15 Max. 45	NTP 211.004 NTP 210.003
Metanol como metanol, (*)	Max. 100	NTP 210.022 NTP 211.035
Furfural como furfural, (*)	Max. 10	NTP 210.025 NTP 211.035
Azucares totales Como Azucares reductores, g/L >Licor seco >Licor Dulce >Licor crema	 Max. 50 Min. 50, Max. 250 Min. 250	 NTP 211.045
Aldehídos como acetaldehídos (*)	Max. 50	NTP 210.025 NTP 211.051
Suma de componentes volátiles diferentes al alcohol etílico, [2](*)	Max. 500	NTP 211.040 NTP 211.051

	NTP 210.022
	NTP 211.003
	NTP 210.021
	NTP 210.025
	NTP 211.035

(*): Expresado en mg/100 ml AA

1 En cuanto al grado alcohólico indicado en el rotulado, se permitirá una tolerancia de ± 1 % Alc. Vol

2 La determinación de componentes volátiles se realiza con la suma de los resultados de aldehídos, esteres, metanol, alcoholes superiores, acidez volátil y furfural.

2.6.1. pH .

El pH del potencial de hidrógeno es una medida de la alcalinidad o acidez de una solución y va de 0 a 14, un pH igual a 7 se considera una solución neutra, un pH mayor a 7 es una solución alcalina y una solución con un valor de pH más bajo. que 7 es una solución ácida. El valor del pH muestra la concentración de iones hidronio [H_3O^+] en la sustancia (Hervas, 2011).

El pH de la leche promedia entre 6,6 y 6,8 a 20°C, mientras que su acidez titulable está entre 14 y 21 a la misma temperatura (Martínez et al., 2011).

Según Vega (2021) el pH optimizado de un licor crema es de 4.1.

2.6.2. Acidez.

La pulpa de aguaje presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados (71.90%), representado por: ácido palmitoleico (0.29%), linoleico (2.05%), a-linolénico (0.87%) y, principalmente, ácido oleico con un 68.69%. Por lo tanto el ácido que predomina en la fruta e aguaje es el ácido oleico (Restrepo et al., 2016).

Entre otros ácidos grasos insaturados, el ácido oleico es un ácido graso monoenoico más común en plantas y animales, es también encontrado en microorganismos (Rustan & Drevon, 2005).

En la naturaleza existen más de un centenar de Ácidos grasos insaturados *cis*, pero la mayoría son componentes poco comunes. El ácido oleico (OA) es el acido graso insaturado más común y está presente en cantidades considerables en fuentes tanto de origen animal como vegetal (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2010).

Tabla 4. Ácido Graso Mono insaturado c/ grasas y aceites

Nombre Común	Nombre sistemático	Abreviatura delta	Fuente principales

Oleico	cis-9-hexadecénoico	18:1Δ9c(9c-18:1)(OA)	Todos los aceites y grasas, especialmente los aceites de oliva, canola, girasol y cártamo, que son ricos en ácido oleico.

Fuente: FAO (2010)

2.6.3. Determinación de sólidos solubles expresado como ºBrix

El objetivo de Brix es medir la cantidad de sólidos solubles en una bebida expresada como porcentaje de sacarosa. Los componentes de los llamados sólidos solubles son sales, ácidos, azúcares y otros compuestos solubles en agua que se encuentran en las bebidas (Mañas et al., 2017).

Esta determinación se realiza con la ayuda de un refractómetro, a este se le añade una gota del licor y se lee el valor marcado en el equipo (Martinez, 2011).

2.6.4. Densidad

La densidad es una propiedad física densa que se refiere a la masa de un volumen determinado de materia u objetos sólidos (Zita, 2021).

La densidad es una propiedad fundamental de un material relacionada con las propiedades de sus constituyentes y los vacíos entre ellos. La densidad (ρ) se define como masa (M) por unidad de volumen (V), expresada en kg/m3: $\rho = M / V$ Si se conocen la masa y el volumen de una muestra de roca, su densidad (Alonso, 2010).

2.6.5. Azucares totales como azucares reductores.

Están constituidos por la suma de los azúcares reductores directos, más los procedentes de la hidrólisis de la sacarosa (Gaviria & Calderón, 1994)

Los azúcares reductores también se denominan carbohidratos digeribles, representados principalmente por la glucosa, que forma los nutrientes básicos de los organismos. Los azúcares reductores se pueden cuantificar de varias maneras (ver **Tabla 5**). Las moléculas hidroxiladas tienen configuraciones espaciales específicas que permiten identificarlas en base a reacciones de reducción de óxidos o su efecto sobre la luz polarizada o sus propiedades cromatográficas y cuantitativas (Alcocer, 2018).

Tabla 5. Métodos para la determinación de azúcares reductores

Método y/o Técnicas de determinación de azúcares reductores	Fuente
Eynon-Lane	(Lane & Eynon, 1923)

Prueba de Benedict	(McMurry, 2010)
Prueba de Fehling	(McMurry, 2010)
Prueba de Tollens	(McMurry, 2010)
Método del DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico)	(Sumner & Sister, 1944)
Método de Somogyi-nelson	(Hawk et al., 1954)
Metodo de Miller	(Miller et al., 2000)
Técnica cromatográfica HPLC	(Medina et al., 2016)

2.6.6. Grado alcohólico

Por definición, el contenido volumétrico de alcohol es el número de litros de etanol y sus homólogos (metanol, alcoholes superiores, 2,3butanodiol, etc.) en 100 litros de vino, ambos volúmenes a 20 °C. temperatura. El contenido de alcohol potencial es el porcent aje de alcohol que se produciría si los azúcares residuales del vino se fermentaran (16,8 g de a zúcar ≡ 1% vol), y el contenido de alcohol total es la suma del contenido de alcohol volumétri co y el contenido de alcohol potencial (García & Xirau, 2021, p. 19).

2.6.7. Separación de fases

La separación de fases es un fenómeno que ocurre debido a diversos factores e interacciones que pueden ocurrir entre ingredientes o una combinación de variables durante el proceso de cocción, como la velocidad de mezclado, la aireación del producto y el diseño del mezclador (Muller, 1978).

Además, aspectos importantes del almacenamiento de alimentos están relacionados con las condiciones de almacenamiento como la temperatura, la humedad y la iluminación (Varnam & Sutherland, 1996).

2.6.8. Estabilidad.

El mecanismo molecular exacto de cómo el etanol afecta la estructura cuaternaria de las proteínas aún no se comprende por completo. Ye & Harte (2013) mencionaron que el etanol interactúa con las cadenas laterales de los aminoácidos polares, y la unión de la caseína puede explicarse por la interacción de los grupos etanol-metilo con las interacciones polares hidrofóbicas de la proteína.

De acuerdo a Schmidt & Koops (1977), La estabilidad de la leche a las soluciones de etanol depende de la composición de la sal y de la composición de la caseína. Como nos menciona Guo et al. (1998), comparando la estabilidad de la leche de cabra y la leche de vaca con las pruebas de alcohol, determinaron que el valor promedio para la leche de cabra

era del 44% y para la leche de vaca, del 72%. Esto se debe a la falta de caseína en la leche de cabra y su género de mayor contenido en sal.

Horne & Parker (1981) indicaron que la estabilidad de la leche en presencia de etanol depende del contenido de calcio libre. Cuanto mayor es el contenido de calcio de Ca+2, menos termoestable es la leche, lo que favorece la cuajada por fluctuaciones en el equilibrio salino.

Se refiere a su capacidad para resistir cambios en sus propiedades a largo plazo; Cuanto más estable es la emulsión, más lentamente cambian sus propiedades. Los siguientes métodos pueden clasificar la inestabilidad de las emulsiones en términos de separación de fases: maduración de Ostwald, floculación, coalescencia, coalescencia parcial e inversión de fase (McClements, 2005).

Tabla 6. Condiciones generales de las pruebas de estabilidad a producto terminado

Factor	**Niveles**			
Condiciones de almacenamiento	Ambiente Interior	Ambiente exterior (Intemperie)	Baja temperatura (4°C)	Alta temperatura (40 °C)
Fase dentro del tanque	Inferior	Media	Superior	

Fuente: Restrepo (2006)

A medida que aumenta el contenido de alcohol del licor de nata, la emulsión se vuelve cada vez más a la interacción entre los parámetros de composición y las condiciones de procesado. Además, se comprobó que el contenido de alcohol de la fase líquida, y no el contenido total de alcohol, determina la estabilidad (Banks & Muir, 1985).

2.7. Diseño de experimentos

Según Naranjo-Palacios et al. (2020), se ha demostrado que el diseño de experimentos es una herramienta muy poderosa para resolver problemas en áreas como la fabricación, la ciencia, la tecnología, la investigación y la optimización de productos y procesos. Montgomery (2013) sugiere que un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se modifican las variables de entrada de un proceso o sistema con el fin de observar y determinar las causas de los cambios en la respuesta de salida. Los dos enfoques principales en el diseño experimental son el enfoque clásico y el enfoque de Taguchi, también conocido como diseño robusto.

2.7.1. Metodología Taguchi

Gutiérrez & De la Vara (2008) menciona que Taguchi, la calidad de un producto se mide reduciendo al mínimo las pérdidas que causa a la sociedad desde el inicio de su fabricación hasta el final de su ciclo de vida. Estas pérdidas sociales se traducen en pérdidas de la empresa a mediano y largo plazo.

Según Naranjo-Palacios et al. (2020), el método de Taguchi se centra en la selección adecuada de niveles de factores de control para reducir la variabilidad transmitida por los factores de ruido y crear un producto o proceso confiable. Montgomery (2013) hace referencia a dos metas para el diseño robusto:

- Asegurar que la media de la respuesta alcance un valor objetivo.
- Que la variabilidad alrededor del valor objetivo sea tan pequeña como sea posible.

Arreglos ortogonales: Gutiérrez & De la Vara (2008) nos menciona que los arreglos ortogonales son matrices de diseños factoriales completos, fraccionados o mixtos que tienen la propiedad de ortogonalidad.

Naranjo-Palacios et al. (2020) nos indica que la razón fundamental es que los arreglos ortogonales de Taguchi se diseñan de tal manera que un arreglo puede usarse para una variedad de factores, pero el número de corridas permanece constante. **La Tabla 7** muestra los dos niveles de arreglos ortogonales de Taguchi y la cantidad de factores que pueden manejar.

Tabla 7. Arreglos ortogonales de Taguchi de dos niveles.

Número de factores a analizar	Arreglo ortogonal	Número de corridas
Entre 2 y 3	L4	4
Entre 4 y 7	L8	8
Entre 8 y 11	L12	12
Entre 12 y 15	L16	16
Entre 16 y 31	L32	32
Entre 32 y 63	L64	64

Fuente: Peace (1993)

2.7.2. Superficie de respuesta

Según Figueroa (2003), el objetivo de la metodología de superficie de respuesta es optimizar una o más respuesta(s) mediante el análisis de la relación entre una o más respuesta(s) y un conjunto de factores o variables independientes. La metodología mencionada se implementa a través de experimentación secuencial, es decir, se aproxima iterativamente a la región de interés utilizando diseños cada vez más complejos que dependen de la información recopilada en cada paso. Es importante destacar la importancia de la metodología de superficie de respuesta, como menciona Melo et al. (2020), hay muchas ventajas al usar la superficie de respuesta cuando se trata de diseñar, desarrollar y formular

nuevos productos y mejorar los productos existentes, Kuehl (2000)nos menciona que una de las mayores ventajas es que con ella se puede visualizar las respuestas para todos los niveles de los factores en el experimento

Diseño Box Bequen: Este diseño se aplica cuando hay tres o más factores involucrados y suele ser efectivo en cuanto al número de corridas. Es un diseño que se puede rotar o casi rotar, pero no incluye tratamientos para los vértices de la parte experimental (Gutiérrez & De la Vara, 2008).

El diseño de Box-Behnken es una superficie de respuesta que está circunscrita sobre una esfera y tiene un punto central y puntos medios entre las esquinas. Este diseño puede ser utilizado para optimizar una variedad de procesos químicos y físicos en los que el número de experimentos se determina según los requisitos del proceso (Myers et al., 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación actual se llevó a cabo en la universidad Nacional Agraria de la Selva, que se encuentra en Tingo María. Esta ciudad se encuentra a 9º 17'08 de latitud Sur y 75º59'52 de longitud Oeste, a 660 metros sobre el nivel del mar y tiene una temperatura promedio anual de 24 °C. El análisis sensorial se evaluó en el laboratorio de análisis sensorial, el análisis reológico se llevó a cabo en el laboratorio de alimentos y el análisis físico químico se llevó a cabo en el laboratorio de química.

3.2. Equipos, materiales y reactivos

3.2.1. Equipos.

Tabla 8. Lista de equipos de laboratorios con sus especificaciones.

Nombre	Marca	Modelo	Especificaciones técnicas
Balanza analítica	OHAUS	Pioner	capacidad 210 g ± 0.0001 g
Picnómetro	Marienfeld	Superior	20 °C
Picnómetro	Psaw	Borosilicate	20 °C
Viscosímetro	Brokkfield	DV-III ULTRA	Programmable Rheometer
Titulación	Superior	D/N AS	50 ml
pH metro	Thermo Scientific	Orion Star A215	0.001
Refractómetro ABBE	Zuzi	320	± 0.2

3.2.2. Materiales

Tabla 9. Lista de materiales de laboratorios con sus especificaciones

Nombre	Marca	Modelo	Especificaciones Técnicas
Probetas			250 ml
Vasos de Precipitación	Isolab	Boro 3.3	50 ml
Vasos de Precipitación	Schott	Duran	600 ml
Vasos de Precipitación	Eurolab	Boro 3.3	250 ml
Vasos de Precipitación	Hlablab Laboratory	Boro 3.3	100 ml
Pipetas	Brand	DN	10 ml
Fiolas	Fortuna	Din As	10 ml ± 0.02 ml
Matraces	Kimax	Kimble	300 ml
Matraces	Eurolab	Boro 3.3	250 ml
Piseta			100 ml

3.2.3. Reactivos

- Fenoftaleina.
- NaoH
- Agua Destilada

3.3. Tipo y diseño de investigación.

La investigación es experimental, ya que para la misma fue necesario manipular 4 factores, que fueron la temperatura, goma Xantana, CMC y el Alcohol extra Neutro con el fin de lograr una mezcla optimizada, según Arias (2012), la investigación experimental es el proceso de colocar un objeto o grupo de personas en condiciones, estímulos o tratamiento específicos (variable independiente) y observar sus efectos o reacciones (variable dependiente).

3.4. Metodología experimental.

3.4.1. 1er Paso: Optimización.

Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2008) nos indica que el diseño experimental se desarrolló según el método de Geinichi Taguchi, en el cual el diseño experimental permite controlar el proceso experimental por medio de matrices (arreglo ortogonal del diseño) en la que se incluyen las variables del sistema, generando un resultado aleatorio y representativo para obtener la mejor muestra según las variables de respuesta. El método de Taguchi permite diseños que brindan resultados representativos y permiten menos experimentos que otros diseños de ingeniería experimental. El tamaño de la matriz depende de los factores (variables) y niveles (los valores que toma cada variable). Para esta tesis se uso 2 nivel y dentro de los arreglos internos y externos se usó solo los arreglos internos así como nos menciona Naranjo-Palacios et al., (2020), en casos en que no existe interés en hacer al producto robusto, se puede correr solamente el arreglo interno sin la necesidad de agregar el arreglo externo.

La **Tabla 10** muestra los factores y niveles seleccionados según la recopilación bibliográfica. La tabla muestra la matriz de diseño experimental correspondiente al arreglo ortogonal L_8 (2^7), indicando que se deben realizar 8 muestras. Para obtener la matriz se usó el software Statgraphics Centurion XV donde primero se creó un diseño nuevo y para usar la metodología Taguchi se uso arreglos internos y externos.

Tabla 10. Primer Rango experimental y niveles de variables independientes

Código	Variables	Nivel de Variable		Medida de cambio de valor
		-1	1	ΔZi
X1	Temperatura (°C)	62	70	8
X2	CMC (gr/lit)	2,2	2,6	0,4
X3	Goma Xantana (gr/lit)	1,8	2,2	0,4
X4	Alcohol extra Neutro a 42°Gl (%)	45	55	10
	Bicarbonato (gr/litro)		0,32	
	Azúcar (gr/litro)		160	
	Leche (gr/litro)		208,69	
CONSTANTES	Aguaje (gr/litro)		152,18	
	Agua (gr/litro)		291	
	Colorante (gr/litros)		0,652	
	Sorbato de potasio (gr/litro)		1,3	

Diseño experimental que estimará los efectos de 4 factores de control y 0 factores de ruido. El arreglo interno, en el cual se han variado los factores de control, contiene 8 corridas. El arreglo externo, en el cual se han variado los factores de ruido, contiene 1 corridas. Esto da como resultado un total de 8 corridas

Tabla 11. Atributos del Diseño

Atributos del Diseño Arreglo Interno/Externo	
Clase de diseño:	Arreglos Interno/Externo
Diseño Base	
Número de factores de control:	4
Número de factores de ruido:	0
Número de respuestas:	1
Número de corridas en arreglo interno:	8
Número de corridas en arreglo externo:	1
Aleatorizar:	Solo arreglo externo

Se usó arreglos internos/externos con 4 factores de control (X1, X2, X3 y X4) de 2 niveles (-1 y 1) según se muestra en la **Tabla 12.** Según Peace (1993), cuando se tiene entre 4 y 7 factores nos da como esto nos da un arreglo ortogonal L8 con 8 corridas. Por lo tanto, la Matriz de diseño de experimentos es $L_8(2^7)$ tal y como se muestra en la **Tabla 15**

Tabla 12. Factores y niveles del estudio

Factores	*Niveles*	*Unidades*
Temperatura	2	°C
CMC	2	gr/litro
Goma Xantana	2	gr/litro
Alcohol Extraneutro	2	%

Una vez introducidos los datos al software Statgraphics Centurion ya que se busca realizar un diseño de experimentos Taguchi con 4 factores, 2 niveles y 1 variable de respuesta, se tendrá una matriz de diseño de experimentos L8 tal como se muestra en la **Tabla 13**. A partir de aquí, se puede continuar con el análisis de los datos para identificar los factores más importantes y optimizar la respuesta

Tabla 13. Matriz de diseño de experimentos $L_8(2^7)$.

Bloque	Temperatura °C	CMC gr/litro	Goma Xantana gr/litro	Alcohol Extraneutro %
1	70	2,6	2,2	55
2	62	2,2	1,8	45
3	62	2,6	1,8	55
4	62	2,2	2,2	55
5	70	2,2	2,2	45
6	70	2,2	1,8	55
7	62	2,6	2,2	45
8	70	2,6	1,8	45

3.4.2. 2do paso: Elaboración del licor crema.

Para la elaboración del licor crema se tiene que seguir una serie de operaciones que se describen a continuación:

Recepción: La pulpa de Aguaje que se refina para obtener pulpa en masa que luego es refrigerada, se suministra en bloques de 1 kg preenfriados y sellados por el proveedor. Se utilizó como materia prima lechada de aguaje refinada, caracterizada y luego mezclada con los demás ingredientes en una proporción de 152.18 g/L, es decir 15.2%, para obtener la crema de aguaje.

Macerado: También conocido como maceración alcohólica, una vez obtenida la pulpa de aguaje se procede a mezclar con alcohol extra neutro graduado a 42 °Gl, la maceración se da en un tiempo de 2 semanas como mínimo para que la fruta pueda liberar todos sus sabores. Según Miranda & Tula (2014), el tiempo de maceración fue de 30 días a temperatura ambiente en el cual se logra la extracción de la parte soluble de la fruta. Bordeu &

Gonzales (2004) menciona que la maceración es una tarea química que usa alcohol generalmente de 41-42 Gl para extraer compuestos fenólicos, como colorantes, aromas, sabores y otros derivados, de materias primas como plantas, frutas o vegetales.

Mezclado: En este parte del proceso se mezclan todos los ingredientes teniendo variables constantes las cuales son azúcar, leche, agua, colorante, sorbato de potasio, bicarbonato, vainilla y alcohol extraneutro a utilizar en esta primera mezcla dependió de los experimentos Taguchi con 4 factores, 2 niveles y 1 variable de respuesta, donde se tendrá una matriz de diseño de experimentos L8 tal como se muestra en la **Tabla 15**.

1ra homogenización: En esta etapa se agrega la goma xantana y el CMC para obtenidas de la **Tabla 15**, la primera homogenización se usó una licuadora marca Oster por un periodo de 30 a 60 segundos, se realizó a temperatura ambiente ya que esto facilitara la mezcla. Pero sin embargo según Valera Lopez (2019), la homogeneización óptima se realizó con un rotor fino y una frecuencia de 85 Hz, lo que muestra el efecto del homogeneizador en el mantenimiento de las propiedades organolépticas de la crema de Aguaje.

Pasteurización: La pasteurización se realizó a 2 temperaturas de 62 y 70 °C. Esta esterilización parcial se define según la Real Academia Española (2001). Este proceso de calentamiento lleva el nombre de la persona que lo realizó. Fue propuesto por primera vez por el científico y químico francés Louis Pasteur (Louis Pasteur, 1822-1895). El propósito de la pasteurización es reducir la presencia de patógenos (como bacterias, protozoos, moho, levadura, etc.). Este proceso de tratamiento térmico se realiza sobre un líquido (generalmente alimento). El tratamiento térmico es principalmente para la "esterilización parcial" de los productos alimenticios ya sean líquidos alterando lo mínimamente posible su estructura física, composición química y propiedades organolépticas. A diferencia de la esterilización, la pasteurización no destruye por completo las esporas, ni destruye por completo todas las células de los microorganismos termófilos.

2da homogenización: Esta segunda homogenización se realizó en caliente para que todas las partículas que quedaron aglutinadas puedan homogenizarse de manera correcta con la mezcla

Reposo: Después del homogenizado del producto es necesario dejarlo en reposo por un periodo de 8 a 16 horas para que la espuma formada en la homogenización desaparezca esto se debe realizar en un envase estéril y hermético con un buen sellado.

Envasado

La cantidad preparada por cada tratamiento fue de 1 litro y se envasó en botella de vidrio x 500 ml de Volumen. Luego se procedió a taponar los envases con tapón

sintético de 19.5 mm y por último se procede a encapsular con capsulas termoencogibles, el encapsulado es necesario para tener un sello de seguridad y garantía para el producto.

Etiquetado y Rotulado: Es necesario etiquetar y rotular cada botella indicando sus características y el tipo de corrida que este representa.

Embalado y Almacenamiento: El proceso de embalado y almacenamiento se debe realizar en cajas de cartón corrugado con espacios, cajas de 12 unidades**.**

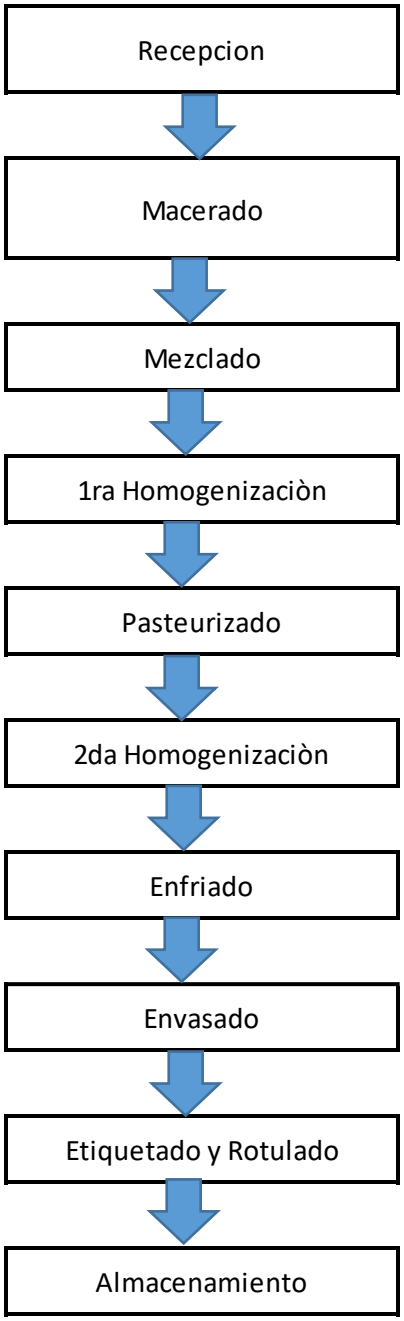


Figura 2. Flujograma de proceso en la fabricación de licor crema de aguaje

3.4.3. 3er paso: Prueba sensorial de aceptación.

Para la prueba de medición sensorial se empleó un grupo de jueces entrenados y se aplicó la ficha de evaluación sensorial para esta prueba se usó la Escala Hedónica estructurada de 9 puntos. (Anexo A).

3.4.4. 4to Paso: Optimización con superficie de respuesta.

Una vez obtenido las variables mas representativas se procederá a realizar la metodología de superficie (RSM) que es un método de análisis estadístico para utilizar información cuantitativa del diseño experimental apropiado para identificar condiciones óptimas. Se realizó un análisis estadístico para estudiar el efecto de diferentes parámetros independientes en todos variables dependientes por Metodología de superficie de respuesta (RSM) utilizando el software statgraphics Centurión XVII versión 17.2.00. El experimental de Box-Behnken el diseño (BBD) se seleccionó específicamente ya que requiere menos ejecuciones que un compuesto central diseño (CCD) en casos de tres o cuatro variables. Box-Behnken es una respuesta giratoria y esférica diseño de metodología de superficie que proporciona soluciones eficientes en comparación con un factor completo de tres niveles Diseñar y reducir el número de experimentos necesarios, lo que se vuelve más significativo a medida que aumenta el número de factores (Box & Behnken, 1960) (Borkowski, 1995) (White et al., 2001)

En la **Tabla 14** se puede observar los rangos experimentales siendo este de 3 factores y 3 niveles, donde las variables constantes son 8

Tabla 14. Segundo rango experimental y niveles de variables independientes

Código	Variables	Nivel de Variable			Medida de cambio de valor
		-1	0	1	ΔZi
X1	Temperatura (°C)	62	66	70	4
X2	CMC (gr/lit)	2,2	2,4	2,6	0,2
X3	Goma Xantana (gr/lit)	1,8	2	2,2	0,2
	Alcohol extra neutro a 42 °Gl (%)				45
	Bicarbonato (gr/litro)				0,32
	Azúcar (gr/litro)				160
	Leche (gr/litro)				208,69
CONSTANTES	Aguaje (gr/litro)				160
	Agua (gr/litro)				291
	Colorante (gr/litros)				0,652
	Sorbato de potasio (gr/litro)				1,3

Obtención de la matriz de experimentos: Una vez obtenido las variables mas representativas mostradas en la Tabla 25 se procedió a realizar la metodología de superficie (RSM) ya que este método nos podrá identificar condiciones óptimas. El experimental de Box-Behnken el diseño (BBD) se seleccionó específicamente ya que requiere menos ejecuciones que un compuesto central diseño (CCD) en nuestro caso tenemos 3 variables. Estos datos fueron introducidos al Statgrafic Centurión y nos dio como resultado 15 tratamientos (**Tabla 15**) el cual todas estas mezclas se procederán a prepararlas para luego analizar sus características reológicas y fisicoquímicas**.**

Tabla 15. Matriz de diseño de experimentos Superficie de Respuesta.

Tratamientos	Bloque	Temperatura °C	CMC gr/lit	Goma Xantana gr/lit
1	1	62	2,2	2
2	1	70	2,2	2
3	1	62	2,6	2
4	1	70	2,6	2
5	1	62	2,4	1,8
6	1	70	2,4	1,8
7	1	62	2,4	2,2
8	1	70	2,4	2,2
9	1	66	2,2	1,8
10	1	66	2,6	1,8
11	1	66	2,2	2,2
12	1	66	2,6	2,2
13	1	66	2,4	2
14	1	66	2,4	2
15	1	66	2,4	2

3.4.5. 5to paso: Características reológicas

Tabla 16. Método para medir las características reológicas.

Análisis	Método	Norma	Fuente
Viscosidad	Viscosímetro rotacional Brokkfield DV III ULTRAI	Brokkfield	(Brookfield, 2017)

3.4.6. 6to paso: Características Fisicoquímicas

Para los análisis físicos y químicos fueron realizados por triplicado y se emplearon los siguientes métodos descritos en la **Tabla 17**:

Tabla 17. Métodos para medir las características fisicoquímicas.

Análisis	Método	Norma	Fuente

pH	Método potenciométrico	A.O.A.C 981.12	(AOAC International, 2000)
Acidez Total	Titulación	AOAC 939.05	(AOAC International, 1980)
Sólidos solubles totales	Refractometro	AOAC 932.12	(AOAC International, 1980)
Densidad	Picnómetro	A.O.A.C. 945.06	(AOAC International, 1980)
Grado alcohólico	Determinación de grado alcohólico volumétrico	NTP 211.004:2004	(INDECOPI, 2012)
Separación de fases	Mediante observación SI/NO		(Vega, 2021)
Estabilidad de Almacenamiento	Almacenar durante 60 días a una temperatura ambiente promedio de 25°C. Medición de altura de fase inestable		(Vega, 2021)

3.4.7. 7mo Paso: Análisis de la viscosidad después de almacenamiento.

En esta etapa, se procederá a medir la viscosidad según el método de Brokfield, utilizando la **Tabla 16**. El análisis deberá realizarse después del almacenamiento de las muestras durante un período de 60 días, con el fin de observar la estabilidad y determinar si ha habido algún cambio en su viscosidad en relación con el tiempo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 18. Promedios de Resultados Obtenidos en el Laboratorio

Bloque	Variables Independientes				Variables Constantes					Analisis Sensorial (Promedios)			
	X1	X2	X3	X4									
	Temp.	CMC	Goma Xantana	Alcohol Extraneutro	Bicarbonato	Sorbato de Potacio	Leche	Azúcar	Agua	Cremosidad	Olor	Sabor	Color
	°C	gr/lit	gr/lit	ml	gr/lit	gr/lit	gr/lit	gr/lit	gr/lit				
1	70	2,614	2,2035	550	0,3314	1,3326	209	160	257	6,57	6,59	6,78	7,27
2	62	2,219	1,8005	450	0,3292	1,3329	209	160	357	6,81	6,49	7,11	7,03
3	62	2,6114	1,8071	550	0,3268	1,3034	209	160	257	6,24	6,24	5,97	7,05
4	62	2,2136	2,2139	550	0,3236	1,3036	209	160	257	6,62	6,59	6,38	7,22
5	70	2,2111	2,2059	450	0,3241	1,3035	209	160	357	7,30	6,76	7,49	7,81
6	70	2,2132	1,8255	550	0,3256	1,3189	209	160	257	7,00	6,73	7,08	7,65
7	62	2,6098	2,2164	450	0,3222	1,3294	209	160	357	7,05	7,03	7,35	7,81
8	70	2,6027	1,804	450	0,3224	1,3466	209	160	357	7,70	7,32	7,68	7,81

Según la normativa ASTM E253-20, que establece los estándares para el análisis sensorial de alimentos y bebidas, los resultados de un análisis sensorial deben presentarse en forma de promedios más menos la desviación estándar y colocando el grado de significación entre ellos. Esto se hace para proporcionar una medida de la precisión y la variabilidad de los resultados, y para determinar si las diferencias entre los tratamientos son estadísticamente significativa (Ver resultados en la **Tabla 17**.) Por lo tanto, es recomendable seguir esta normativa y presentar los resultados de un análisis sensorial de acuerdo con los estándares establecidos para garantizar la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos. (American Society for Testing and Materials, 2019)

Tabla 19. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad sensorial.

		Atributos			
		Cremosidad	**Olor**	**Sabor**	**Color**
Tratamientos	**T1**	6,57 ± 1,61 ^{bc}	6,59 ± 1,19 ^{bc}	6,78 ± 1,62 ^{bcd}	7,27 ± 1,35 ^{abc}
	T2	6,81 ± 1,35 ^{abc}	6,49 ± 1,12 ^{bc}	7,11 ± 1,47 ^{abc}	7,03 ± 1,14 ^{c}
	T3	6,24 ± 1,32 ^{c}	6,24 ± 1,40 ^{c}	5,97 ± 1,42 ^{d}	7,05 ± 1,22 ^{bc}
	T4	6,62 ± 1,66 ^{bc}	6,59 ± 1,17 ^{bc}	6,38 ± 1,46 ^{cd}	7,22 ± 1,06 ^{abc}
	T5	7,30 ± 1,33 ^{ab}	6,76 ± 1,30 ^{abc}	7,49 ± 1,10 ^{ab}	7,81 ± 1,08 ^{a}
	T6	7,00 ± 1,55 ^{abc}	6,73 ± 1,35 ^{abc}	7,08 ± 1,42 ^{abc}	7,65 ± 1,16 ^{ab}
	T7	7,05 ± 1,51 ^{abc}	7,03 ± 1,26 ^{ab}	7,35 ± 1,46 ^{ab}	7,81 ± 1,02 ^{a}
	T8	7,70 ± 1,49 ^{a}	7,32 ± 1,36 ^{a}	7,68 ± 1,40 ^{a}	7,81 ± 1,10 ^{a}

Valores de la misma columna con súper índices diferentes presentan diferencia estadísticamente significativa.

Que todos los valores de los atributos que tienen la letra “a” son estadísticamente similares, entre los valores que corresponden en la escala hedónica entre 7.32 (me agrada moderadamente) y 7.81 (me agrada mucho) que corresponden al tratamiento 8 que se trabajo a 70 °C con 2.6027 gramos/litro de CMC, 1.804 gramos/litro de Goma Xantana 450 ml de Alcohol extraneutro, dentro del cuadro de resultados se puede identificar otros resultados estadísticamente similares las cuales son los tratamientos T5 y T7, en conclusión los mejores tratamientos mas aceptados sensorialmente son los tratamientos T5, T7 y T8 los cuales tuvieron los mejores resultados en cuanto a aceptabilidad del color, olor, sabor y Cremosidad de las mezclas de licor crema de aguaje.

En la **tabla 18** se muestra los tratamientos que tuvieron mas aceptación por los panelistas, si observamos los randos de cada tratamiento se puede determinar con la concentración de Alcohol Extraneutro tubo como aceptación el 45% pasando este a ser un valor

contante dentro de las variables de estudio, por lo tanto nos quedaríamos con 3 factores de estudio.

Tabla 20. Tratamientos con mas aceptabilidad

Bloque	Temperatura °C	CMC gr/litro	Goma Xantana gr/litro	Alcohol Extra Neutro %
5	70	2,2	2,2	45
7	62	2,6	2,2	45
8	70	2,6	1,8	45

4.1.1. Optimización de respuesta por medio de resultados de los arreglos internos y externos (Metodología Taguchi)

Cremosidad: En la **tabla 21** se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la media de la Cremosidad sobre la región indicada. Estableciendo limites más bajos y más altos, siendo el resultado óptimo de la cremosidad de un valor de 7.49374 para este valor se encontró los siguientes valores óptimos de los factores.

Tabla 21. Meta para Maximizar la Cremosidad (Media).

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura (°**C**)	62	70	69.9999
CMC (gr/lit)	2.2	2.6	2.20004
Goma Xantana (gr/lit)	1.8	2.2	1.8
Alcohol Extraneutro (%)	45	55	45

Valor óptimo de la Cremosidad = 7.49374

Olor: Valor óptimo = En la **tabla 22** se muestra los factores con sus valores más bajos y más altos, la cual maximiza el Olor sobre la región indicada. Estableciendo los límites alto y bajo de los factores, siendo el resultado óptimo de la cremosidad de un valor de 7.13085 para este valor se encontró los siguientes valores óptimos de los factores.

Tabla 22. Meta para maximizar olor (media).

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura (°**C**)	62	70	69.9998
CMC (gr/lit)	2.2	2.6	2.59909
Goma Xantana (gr/lit)	1.8	2.2	2.19961
Alcohol Extraneutro (%)	45	55	45

Valor óptimo = 7.13085

Sabor: En la **tabla 23** se muestra los factores con sus valores más bajos y más altos, la cual maximiza Sabor sobre la región indicada. Estableciendo los límites alto y bajo de los factores, siendo el resultado óptimo de la cremosidad de un valor de 7.74 para este valor se encontró los siguientes valores óptimos de los factores.

Tabla 23. Meta para Maximizar Sabor (Media).

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura (°C)	62	70	70
CMC (gr/lit)	2.2	2.6	2.2
Goma Xantana (gr/lit)	1.8	2.2	2.2
Alcohol Extraneutro (%)	45	55	45

Valor óptimo = 7.74

Color: En la **tabla 24** se muestra los factores con sus valores más bajos y más altos,, la cual maximiza Color sobre la región indicada. Estableciendo los límites alto y bajo de los factores, siendo el resultado óptimo de la cremosidad de un valor de 7.89227 para este valor se encontró los siguientes valores óptimos de los factores.

Tabla 24. Meta para Maximizar Color (Media).

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura (°C)	62	70	70
CMC (gr/lit)	2.2	2.6	2.59235
Goma Xantana (gr/lit)	1.8	2.2	2.19961
Alcohol Extraneutro (%)	45	55	45.0075

Valor óptimo = 7.89227

La figura 3 la superficie de respuesta representa la relación entre tres variables: temperatura (eje x), porcentaje de CMC (eje z) y deseabilidad media (eje y). Además, se han mantenido dos valores fijos constantes: la goma xantana y el alcohol Extraneutro.

Eje X (Temperatura): La temperatura varía entre 62 grados centígrados y 70 grados centígrados. Se observa que a medida que la temperatura aumenta dentro de este rango, la deseabilidad media también aumenta.

Eje Z (Porcentaje de CMC): Este eje representa el porcentaje de CMC en la formulación. La figura de superficie de respuesta indica cómo este componente afecta la deseabilidad media en conjunto con la temperatura.

Eje Y (Deseabilidad Media): La deseabilidad media alcanza su valor óptimo de 0.897694. Esto significa que, según el análisis realizado, la combinación específica de

temperatura y porcentaje de CMC, junto con la presencia constante de la goma xantana y el alcohol extraneutro, logra un resultado altamente deseable.

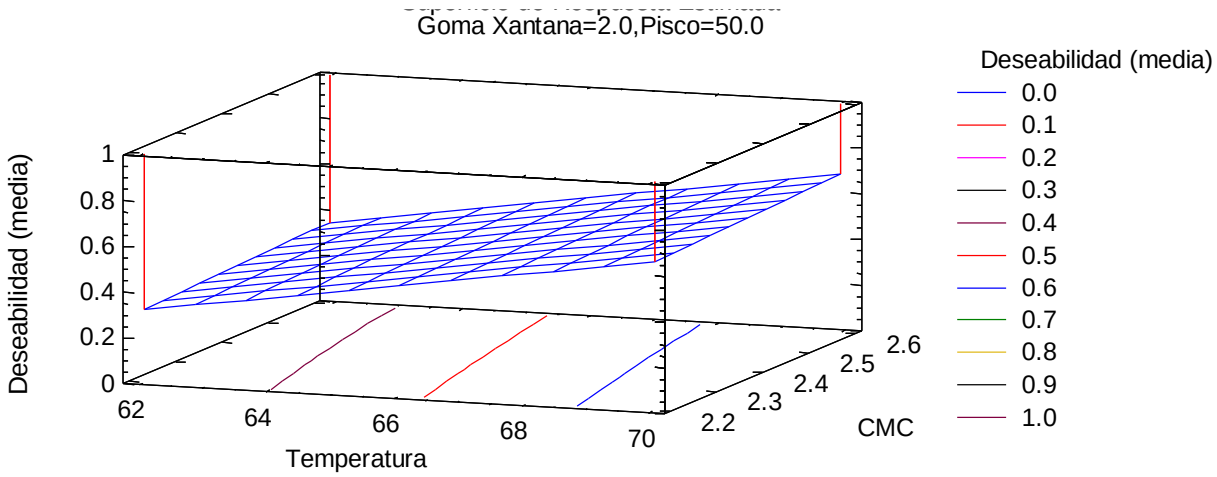


Figura 3. Superficie de respuesta estimada de la deseabilidad media.

Interpretación: sugiere que hay una relación positiva entre la temperatura y la deseabilidad media en el rango de 62 a 70 grados centígrados. Además, se señala que ciertos valores específicos de temperatura y porcentaje de CMC, junto con la presencia de la goma xantana y el alcohol Extra neutro, conducen a un nivel máximo de deseabilidad media, alcanzando un valor de 0.897694. Este conjunto de condiciones puede considerarse como las condiciones óptimas para el sistema estudiado en términos de las variables mencionadas.

Tabla 25. Optimizar deseabilidad.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura (°C)	62	70	70
CMC (gr/lit)	2.2	2.6	2.6
Goma Xantana (gr/lit)	1.8	2.2	2.17227
Alcohol Extraneutro (%)	45	55	45.0032

Valor óptimo = 0.897694

Tabla 26. Respuestas Optimas de cada factor estudiado

Respuesta	Óptimo
Cremosidad	7.402
Olor	7.128
Sabor	7.667
Color	7.884

En la primera etapa de optimización, se utilizó la metodología Taguchi con arreglos internos y externos con 4 factores de control de 2 niveles para obtener un arreglo ortogonal L8

con 8 corridas. cabe resaltar que según Kavanaugh (2022), la metodología de Taguchi enfatiza en:

- **Diseño robusto:** Encontrar el conjunto de condiciones para lograr un comportamiento óptimo del proceso.
- **Función de minimización de pérdidas:** es decir, reducción de las pérdidas financieras causadas por operar en condiciones subóptimas.
- **Maximizar la relación señal-ruido**: lograr el objetivo óptimo del proceso en condiciones incontrolables (ruido).
- **Elija un diseño experimental para probar gráficos lineales**: esto también le permite explorar interacciones de efectos deseados basados en procesos conocidos.

Los resultados obtenidos en esta etapa permitieron identificar las variables más importantes que afectan la calidad del licor de crema de aguaje y optimizar las condiciones de producción para obtener un producto de alta calidad,

4.2. Segunda etapa de optimización por superficie de respuesta

4.2.1. Reología.

Índice de consistencia: Es un valor representativo de las viscosidades aparentes a las diferentes velocidades: para el caso de la crema de aguaje el índice de consistencia de todos los tratamiento está en el rango de 2.9003 a 10.2860 $Pa*S^n$ Ver **Tabla 27**.

Tabla 27. .Valores del Indice de consistencia de cada tratamiento

TRAT.	*PROMEDIO* $Pa.s^n$	*DESV. ESTANDAR*	*COEF. VARIABILIDAD*
T1	6.1158	0.7145	12%
T2	5.9749	0.8278	14%
T3	6.1417	0.7078	12%
T4	5.9622	0.1721	3%
T5	4.3217	0.7102	16%
T6	6.5666	1.0911	17%
T7	7.7745	0.0652	1%
T8	7.2390	0.4072	6%
T9	2.9003	0.2814	10%
T10	4.6756	0.5749	12%
T11	7.9514	0.3975	5%
T12	10.2860	0.6599	6%
T13	3.8490	0.5308	14%

T14	5.4166	0.3151	6%
T15	6.7581	0.3309	5%

Índice de flujo: Todos los tratamientos de la crema de aguaje demostró ser un fluido no newtoniano pseudoplástico (n<1) cumpliendo la ley de potencia newtoniana ver **Tabla 28.**

Tabla 28. Valores del Indice de Flujo de cada tratamiento.

TRAT.	*PROMEDIO*	*DESV. ESTANDAR*	*COEF. VARIABILIDAD*
T1	0.4666	0.0085	2%
T2	0.4578	0.0285	6%
T3	0.4211	0.0249	6%
T4	0.3835	0.0043	1%
T5	0.3977	0.0385	10%
T6	0.3743	0.0337	9%
T7	0.4554	0.0156	3%
T8	0.4659	0.0126	3%
T9	0.5439	0.0120	2%
T10	0.5061	0.0269	5%
T11	0.4575	0.0091	2%
T12	0.4740	0.0135	3%
T13	0.4755	0.0319	7%
T14	0.4581	0.0119	3%
T15	0.4783	0.0158	3%

En cuanto a la Reología, se evaluaron las propiedades reológicas del licor de crema de aguaje, y se encontró que la adición de pulpa de aguaje en la formulación del licor de crema puede mejorar su viscosidad y consistencia. Se analizó la mezcla de 3 factores X1: Temperatura (°C), X2: CMC (gr/lit), X3:Goma Xantana (gr/lit). En cuanto al Índice de consistencia (k) se determino que el componente que afecta más al índice de consistencia es la goma Xantana (X3) de las misma manera en el grafico de superficie de respuesta para el comportamiento del índice de consistencia (k) indicándose que en la región donde de hace máximo del valor (k) corresponde a la zona de la goma de Xantana.Índice de fluido (n), se determinó que todos los tratamientos tienen como resultado n<1 siendo este un fluido no Newtoniano Pseudoplastico. El componente que afecta más al índice de flujo es el CMC.

Como señala Vega Vega (2021), en su investigación titulada “Optimización de la mezcla de goma xanthan, Alcohol Extraneutro y huevo, para mejorar la estabilidad de licor alcohólico (Leche de monja)” para optimizar esta mezcla se usó el Diseño de Mezclas, se realizaron tres

combinaciones en las siguientes proporciones: pisco 20 – 30%, huevo 10 – 20 % y goma Xanthan 0 – 1% dando como resultado el índice de fluido (n): 1,290, fluido no newtoniano, tipo expansión; (n) >1. (Fluido Dilatante) y el ; índice de consistencia (k) de 0,078.

Cabe señalar que dependiendo del tipo de factores en la mezcla como en el licor crema de Aguaje fueron Temperatura, CMC, Goma Xantana y en la otra mezcla señalada por Vega Vega, (2021) donde se uso Pisco, Huevo y Goma Xantana, que habiendo cambiado un solo factor de la mezcla como es el huevo el fluido pasa a ser de Pseudoplastico (n<1) a Dilatante (n>1) cambiando toda la reología de la mezcla.

En otro trabajo de investigación realizado por Mora Barandiarán (2013), explica sobre el índice reológico "n" fue de 0,5932 con concentraciones de 0,33% de CMC, 0,33% de goma guar y 0,33% de goma xantana y 0,7594 (n<1), con concentraciones de 0,5% de goma guar y 0,5% de goma xantana.

Para determinar la mezcla optima se tomó en consideración el índice de consistencia por lo tanto los valores óptimos de la temperatura son de 62.0002 ªC, CMC 2.61871 gramos/litro y para la goma Xantana 2.2261 gramos/litro,

4.2.2. Características fisicoquímicas del licor crema de aguaje.

pH : Los datos obtenidos para pH se reportan en la **Tabla 29.** Muestran todas las muestras analizadas de los 15 tratamiento, presentan valores de pH muy semejantes entre sí. Nótese que el pH de las muestras tiende están entre pH neutro a básico esto es importante ya que si el pH disminuye afectaría la estabilidad de la leche presente en la mezcla. , el valor promedio mínimo del pH presentó el tratamiento 4 con un valor de 6.63, y el valor Máximo del tratamiento 15 con un valor de 8.50

Tabla 29. Promedios, desviación estándar y varianza del pH de todos los tratamientos

Tratamientos	Promedio	Desviación Estándar	Varianza
pH 1	6.94	0.0153	0.0002
pH 2	6.99	0.0100	0.0001
pH 3	6.89	0.0115	0.0001
pH 4	6.63	0.0208	0.0004
pH 5	6.64	0.0100	0.0001
pH 6	6.63	0.0611	0.0037
pH 7	7.38	0.0208	0.0004
pH 8	7.41	0.0173	0.0003
pH 9	7.15	0.0058	0.0000
pH 10	7.16	0.0100	0.0001

pH 11	7.17	0.0058	0.0000
pH 12	7.27	0.0458	0.0021
pH 13	7.19	0.0252	0.0006
pH 14	7.12	0.0153	0.0002
pH 15	8.50	0.0361	0.0013

Acidez: Los datos obtenidos para acidez expresados en porcentaje de ácido oleico/100ml se reportan en la **Tabla 30** se resumen los valores obtenidos de la obtenidas de todos los tratamientos del licor crema de aguaje, el valor promedio mínimo de la acides presentó el tratamiento 15 con un valor de 0.10 gr/100ml, y el valor Máximo del tratamiento 4 y 5 con un valor de 0.34 gr/100ml.

Tabla 30. Promedios, desviación estándar y varianza de la Acidez de todos los tratamientos

Tratamientos	Promedio (gr/100 ml)	Desviación Estándar	Varianza
Acidez 1	0.26	0.016	0.00024
Acidez 2	0.23	0.016	0.00024
Acidez 3	0.29	0.031	0.00097
Acidez 4	0.34	0.016	0.00024
Acidez 5	0.34	0.016	0.00024
Acidez 6	0.20	0.062	0.00387
Acidez 7	0.27	0.117	0.01380
Acidez 8	0.18	0.016	0.00024
Acidez 9	0.21	0.016	0.00024
Acidez 10	0.23	0.016	0.00024
Acidez 11	0.22	0.016	0.00024
Acidez 12	0.23	0.016	0.00024
Acidez 13	0.25	0.016	0.00024
Acidez 14	0.22	0.016	0.00024
Acidez 15	0.10	0.016	0.00024

Determinación de sólidos solubles expresado como ºBrix: En la **Tabla 31** se resumen los valores obtenidos de los grados brix obtenidas de todos los tratamientos del licor crema de aguaje, el valor promedio mínimo de densidad presentó el tratamiento 6 con un valor de 20.8, y el valor Máximo del tratamiento 8 con un valor de 26.2.

Tabla 31. Promedios, desviación estándar y varianza de los grados °Brix de todos los tratamientos

Tratamiento	Promedio	Desviación Estándar	Varianza
Brix 1	23.767	0.0577	0.0033
Brix 2	25.733	0.1155	0.0133

Brix 3	21.567	0.0577	0.0033
Brix 4	21.600	0.1000	0.0100
Brix 5	21.467	0.0577	0.0033
Brix 6	20.800	0.1000	0.0100
Brix 7	24.500	0.1000	0.0100
Brix 8	26.200	0.1000	0.0100
Brix 9	23.900	0.1000	0.0100
Brix 10	22.467	0.0577	0.0033
Brix 11	23.233	0.2082	0.0433
Brix 12	25.067	0.1155	0.0133
Brix 13	22.500	0.1000	0.0100
Brix 14	23.100	0.1000	0.0100
Brix 15	23.200	0.1000	0.0100

Densidad: En la **Tabla 32** se resumen los valores obtenidos de densidades obtenidas de todos los tratamientos del licor crema de aguaje, el valor promedio mínimo de densidad presentó el tratamiento 5 con un valor de 1.041, y el valor mínimo del tratamiento 15 con un valor de 1.067.

Tabla 32. Densidad Corregida a 20 °C por el metodo del Picnometro de todos los tratamientos

Tratamientos	Densidad corregida a 20 °C
Densidad 1	**1.047**
Densidad 2	**1.056**
Densidad 3	**1.062**
Densidad 4	**1.041**
Densidad 5	**1.059**
Densidad 6	**1.057**
Densidad 7	**1.050**
Densidad 8	**1.048**
Densidad 9	**1.054**
Densidad 10	**1.050**
Densidad 11	**1.045**
Densidad 12	**1.064**
Densidad 13	**1.054**
Densidad 14	**1.057**
Densidad 15	**1.067**

Separación de fases y estabilidad: La separación de fases fue evaluada mediante observación y se determinó si existía separación de fases con un (Si) ya que en su mayoría existía separación de fases. La estabilidad del licor crema de aguaje será determinada después de estar en almacenamiento en condiciones ambientales temperatura promedio de 25°C

por 60 días. Luego se procedió a medir la altura de separación de la fase no estable y se pudo determinar el porcentaje de estabilidad mediante esta metodología.

Tabla 33. Medida de estabilidad promedio en porcentaje de cada tratamiento.

TRATAMIENTO	No Estable	Estabilidad
1	19.1%	80.9%
2	51.1%	48.9%
3	42.3%	57.7%
4	44.4%	55.6%
5	42.2%	57.8%
6	20.9%	79.1%
7	52.7%	47.3%
8	50.6%	49.4%
9	91.7%	8.3%
10	58.0%	42.0%
11	25.0%	75.0%
12	52.6%	47.4%
13	49.7%	50.3%
14	45.0%	55.0%
15	81.8%	18.2%
Promedio Total	**48.5%**	**51.5%**

En la **Tabla 33** se puede concluir que la estabilidad del licor crema después de estar en almacenamiento por 60 dias es del **51.5%.** Cabe señalar que todas las muestras al ser agitadas el contenido de todos regresaban a su estado homogéneo. Como se puede observar el las fotos del **Anexo**

4.2.3. Superficie de respuesta.

Se realizó la metodología de superficie (RSM) con el diseño experimental de Box-Behnken el diseño (BBD) ya que es un compuesto central diseño (CCD) en nuestro caso tenemos 3 variables. Estos datos fueron introducidos al Statgrafic Centurion y nos dio como resultado 15 tratamientos, una vez obtenido estos 15 tratamientos se procedió a hacer las mezclas en el laboratorio usando una balanza digital se pesó las dos mezclas CMC y goma Xantana, y como un factor más se procedió a realizar las mezclas a diferentes temperaturas, dando como resultado 2 variables de respuesta siendo el índice de consistencia y el índice de flujo detallados en la **Tabla 34**.

Tabla 34. Matriz de diseño de experimentos con sus Valores de Respuesta.

Tratamientos	Bloque	Temp. °C	CMC gr/lit	Goma Xantana gr/lit	Índice de Consistencia $Pa.s^n$	Índice de Flujo
1	1	62	2.2256	2.0822	6.116	0.467
2	1	70	2.2226	2.0816	5.975	0.458
3	1	62	2.6231	2.093	6.142	0.421
4	1	70	2.6383	2.0045	5.962	0.384
5	1	62	2.4045	1.8032	4.322	0.398
6	1	70	2.4061	1.8033	6.567	0.374
7	1	62	2.4063	2.2088	7.775	0.455
8	1	70	2.4357	2.2261	7.239	0.466
9	1	66	2.2176	1.8126	2.900	0.544
10	1	66	2.6061	1.8231	4.676	0.506
11	1	66	2.2178	2.2166	7.951	0.458
12	1	66	2.6243	2.2	10.286	0.474
13	1	66	2.4148	2.0168	3.849	0.476
14	1	66	2.4175	2.0395	5.417	0.458
15	1	66	2.4223	2.059	6.758	0.478

Optimización por indice de consistencia: La tabla Análisis de varianza desglosa la variabilidad del índice de Consistencia en componentes separados para cada efecto. Luego se prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su raíz cuadrática media con una estimación del error experimental. En este caso, el valor P = 0,0226 para la goma c:xantano es inferior a 0,05, lo que indica que es significativamente diferente de cero en un nivel de confianza del 95,0%. Consulte la **Tabla 35**, pero A y B son mayores que 0,05, lo que significa que no son significativos.

.

Tabla 35. Análisis de Varianza(ANOVA) para Indice de Consistencia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0,980816	1	0,980816	0,44	0,5367
B:CMC	2,05803	1	2,05803	0,92	0,381
C:Goma Xantana	23,6089	1	23,6089	10,58	0,0226
AA	0,0225935	1	0,0225935	0,01	0,9238
AB	0,0646965	1	0,0646965	0,03	0,8715
AC	2,52557	1	2,52557	1,13	0,3361
BB	0,0882598	1	0,0882598	0,04	0,8502
BC	0,00971037	1	0,00971037	0	0,95
CC	5,3275	1	5,3275	2,39	0,183
Error total	11,1597	5	2,23194		

Total (corr.)	46,6894	14

R-cuadrada = 76,098 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 33,0745 porciento

Error estándar del est. = 1,49397

Error absoluto medio = 0,761367

Estadístico Durbin-Watson = 1,74622 (P=0,1648)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,0518746

Tabla 36. Coef. de regresión para indice de consistencia

Coeficiente	**Estimado**
constante	53,7673
A:Temperatura	0,947428
B:CMC	-28,5103
C:Goma Xantana	-60,7186
AA	0,00488538
AB	0,157614
AC	-0,939521
BB	3,83341
BC	1,2481
CC	32,0436

La ecuación del modelo ajustado es:

Indice de Consistencia = 53.7673 + 0.947428*Temperatura - 28.5103*CMC - 60.7186*Goma Xantana + 0.00488538*Temperatura^2 + 0.157614*Temperatura*CMC - 0.939521*Temperatura*Goma Xantana + 3.83341*CMC^2 + 1.2481*CMC*Goma Xantana + 32.0436*Goma Xantana^2

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

Optimizar respuesta

La **Tabla 37** muestra la combinación de niveles de factores que maximiza el índice de consistencia dentro de un rango determinado. Se indica cual son los valores mas bajos, altos y el valor optimo.

Tabla 37. Valores optimisados por Indice de Consistencia

Factor	***Bajo***	***Alto***	***Óptimo***
Temperatura (ºC)	62	70	62.0002
CMC (gr/lit)	2.2176	2.6383	2.61871
Goma Xantana (gr/lit)	1.8032	2.2261	2.2261

Valor óptimo = 9.73754

Por lo tanto el valor óptimo para el índice de consistencia es de 9.73754 y para la mezcla optima es de 62 ºC para la temperatura, 2.61871 gr/lit para el CMC y 2.2261 gr/lit para la Goma Xantana.

Efectos de los factores

En la **Figura 4** se observa que la Goma Xantana tuvo el mayor efecto sobre el índice de consistencia, a medida que la concentración de la goma Xantana se eleva también se eleva el efecto sobre el índice de consistencia.

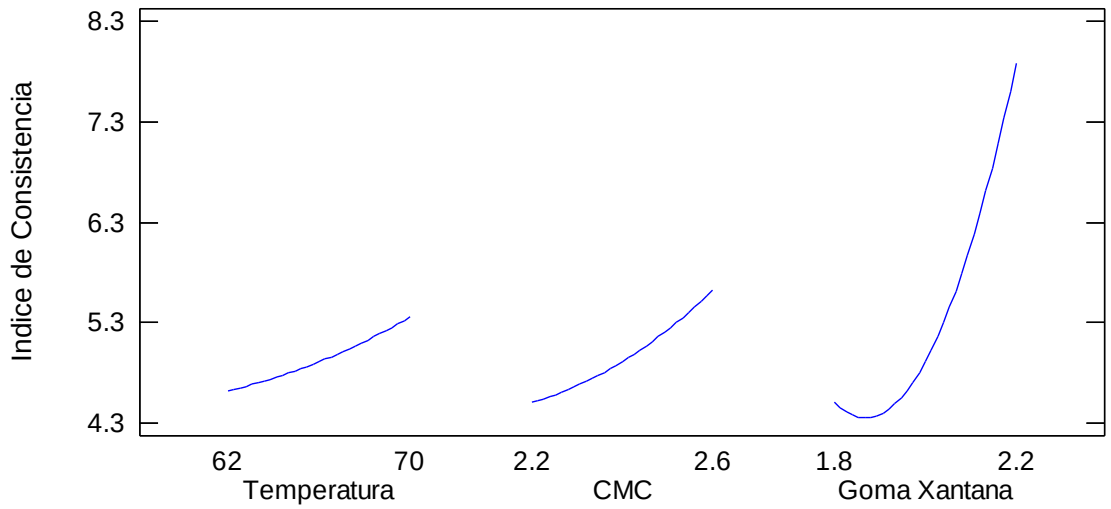


Figura 4. Grafica de efecto principales para índice de consistencia.

Diagrama de Pareto estandarizada para el índice de consistencia es una herramienta valiosa para identificar y priorizar las áreas que afectan más la consistencia en la **Figura 5** es la Mezcla AC (Temperatura; Goma Xantana) da un efecto negativo no supera la línea límite de la derecha solo la goma Xantana supera siendo este factor significativo siendo este el que más actúa en mejorar la calidad y la eficiencia del proceso para producción de licor crema de aguaje.

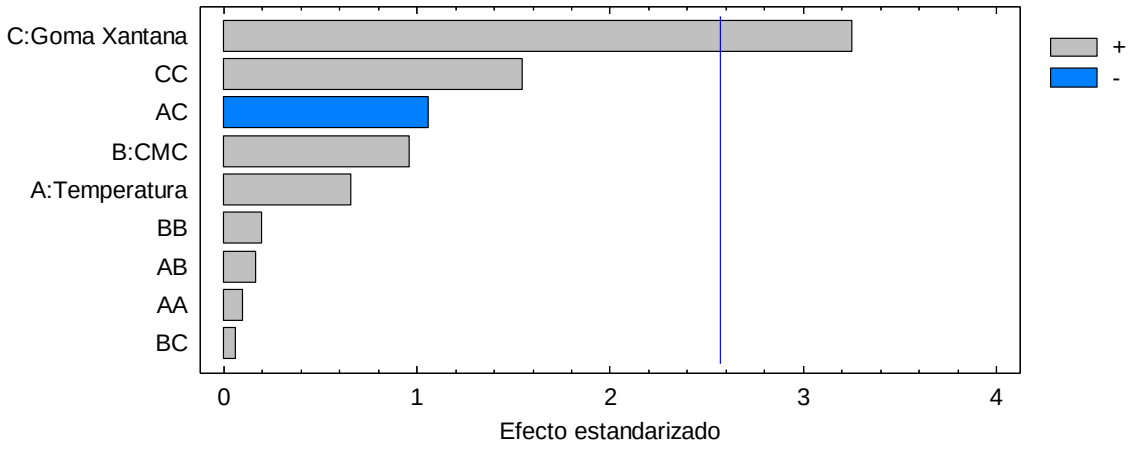


Figura 5. Diagrama de Pareto estandarizada para índice de consistencia.

Un gráfico de superficie de respuesta estimada es una herramienta utilizada en el diseño de experimentos para visualizar cómo cambia una respuesta o resultado específico (como el índice de consistencia) en función de dos o más variables independientes o factores. Nuestros factores son la Goma Xantana, el CMC (carboximetilcelulosa) y la temperatura, y el resultado a analizar es el índice de consistencia.

Los ejes representan los valores de los dos factores y la superficie tridimensional muestra cómo varía la respuesta (índice de consistencia) a medida que cambian los valores de los factores.

Efecto de la goma xantana y el CMC: En el gráfico, puedes observar cómo cambia el índice de consistencia a medida que varían los niveles de Goma Xantana y CMC. Si la superficie tiene una forma inclinada hacia arriba hacia una dirección específica, esto indica que aumentar los valores de Goma Xantana y CMC (en esa dirección) resultará en un aumento en el índice de consistencia.

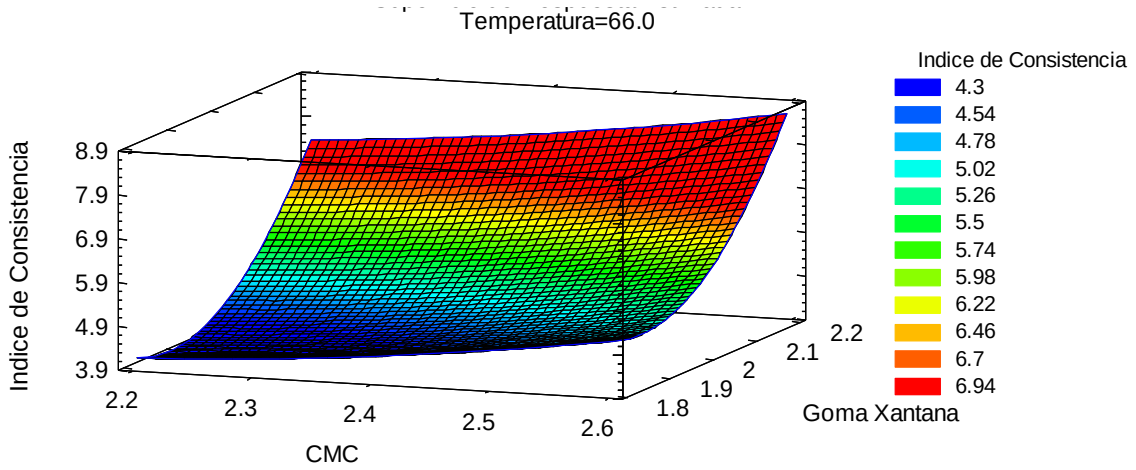


Figura 6. Superficie de respuesta para la optimización del Índice de Consistencia.

La interpretación de los contornos de la superficie de respuesta estimada del índice de consistencia implica visualizar cómo varía esta medida en función de dos variables independientes específicas (Goma Xantana y CMC). En este caso, se menciona que se tiene un rango de 4.3 a 6.5 para estas variables.

El índice de consistencia generalmente se utiliza para evaluar la homogeneidad de un conjunto de datos o muestras.

- Cuando la Goma Xantana sobrepasa el valor de 2.1 gramos por litros y el índice de consistencia se eleva considerablemente
- Cuando el CMC están en los extremos de 2.5 a 2.6 se eleva el índice de consistencia.

Los contornos en la superficie de respuesta se utilizan para identificar regiones donde el índice de consistencia tiene valores similares. Pueden formar líneas o curvas a lo largo del plano, y la distancia entre los contornos indica la rapidez con la que cambia el índice de consistencia en esas regiones.

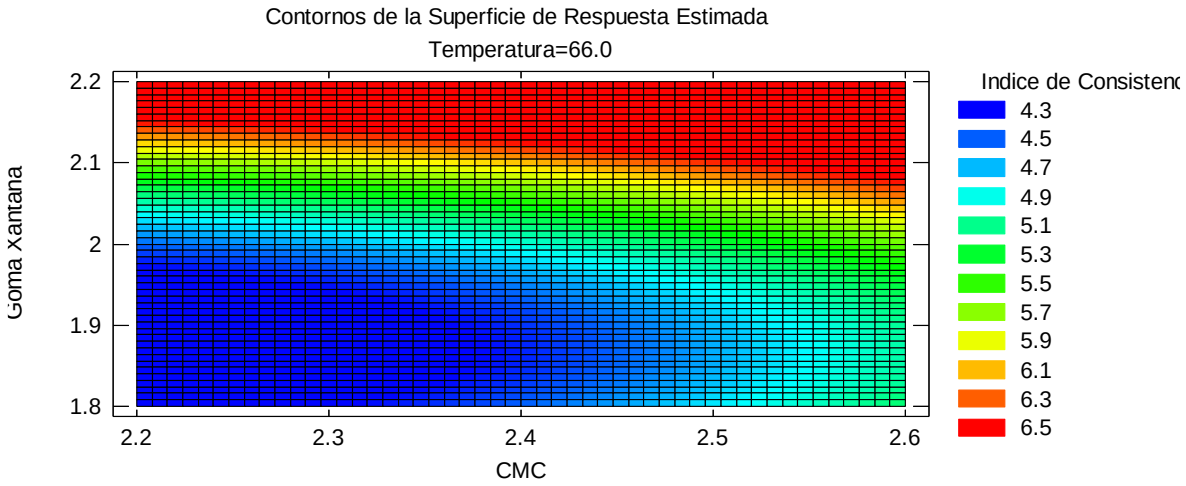


Figura 7. Contornos de la superficie de respuesta estimada.

Discusión de la segunda optimización

En la segunda etapa de optimización, se utilizó la metodología de superficie de respuesta para determinar las mezclas óptimas de licor de crema de aguaje en términos de características sensoriales, reológicas y fisicoquímicas. Se obtuvo una matriz de experimentos con 3 factores y 3 niveles, y se evaluaron las variables independientes de temperatura, CMC y goma Xantana. Los resultados obtenidos en esta etapa permitieron obtener un licor de crema de aguaje de alta

calidad mediante la selección cuidadosa de los ingredientes y la optimización de las condiciones de procesamiento

En la primera optimización se uso la metodología Taguchi en la base a las respuestas que fueron el análisis sensorial tomando como atributos olor, color, sabor y Cremosidad.

En la segunda etapa de optimización se aplicó la metodología Taguchi donde se optimizaron dando como resultado la temperatura a 70 °C, CMC a 2.6, Goma Xantana a 2.17227 y el Alcohol Extraneutro a 45.0032.

4.2.4. Diferencia entre la metodología taguchi y la superficie de respuesta

Con respecto a si la superficie de respuesta pudo mejorar significativamente la optimización de las mezclas, se determinó que, en el caso de la temperatura, que fue la variable que tuvo la mayor diferencia (una variación de 8 grados), se logró una temperatura optimizada de 62 grados centígrados. Cabe destacar que, al realizar una segunda optimización, se deben llevar a cabo 15 tratmientos adicionales, lo que suma un total de 23 tratamientos. Además, en la segunda optimización se ajusta más el rango de niveles de 2 a 3.

En resumen, con la aplicación de esta metodología, se pueden reducir los factores de 4 a 3 y ajustar más los niveles de 2 a 3 (ver **Tabla 38**). La primera optimización se basó en los resultados del análisis sensorial, mientras que la segunda optimización se centró en el índice de consistencia (viscosidad aparente). Esto sugiere que el factor que más afectó la viscosidad fue la temperatura."

Tabla 38. Diferencia entre los metodos Taguchi y Superficie de respuesta.

Atributos	Métodos		Diferencia
	Taguchi	SMR	
Factores	4	3	1
Niveles	2	3	1
Tratamientos o corridas	8	15	7
Variables			
CMC (gramos/litro)	2.6	2.61871	0.01871
Goma Xantana (gramos/litro)	2.17227	2.2261	0.05383
Temperatura (°C)	70	62	8
% Alcohol Extraneutro	45		

4.2.5. Análisis de la Reología con respecto a su estabilidad.

Para poder medir el índice de consistencia (viscosidad aparente) se realizo 3 repeticiones por muestra como se puede observar en la **Tabla 38.**

Tabla 39. Resultados del Indice de consistencia de todos los tratamientos.

TRAT.	*PROMEDIO* Pa.s^n	*DESV. ESTANDAR*	*COEF. VARIABILIDAD*
T1	8.7897	0.3847	4%
T2	6.3461	0.2179	3%
T3	7.7606	0.5481	7%
T4	8.7049	1.5620	18%
T5	5.3857	0.4375	8%
T6	6.6440	0.8211	12%
T7	6.2093	0.6676	11%
T8	6.4601	0.6557	10%
T9	2.7880	0.2170	8%
T10	3.8846	0.4131	11%
T11	8.3342	0.7542	9%
T12	7.0111	0.3515	5%
T13	5.2863	1.0551	20%
T14	7.2713	1.0553	15%
T15	5.0824	0.1787	4%

Al no encontrar una relación clara sobre por qué la viscosidad aparente aumentó en algunas muestras y disminuyó en otras, se exploró también su relación con la estabilidad. Se encontró una conexión significativa entre estos factores, como se detalla en la **Tabla 42.**

Tabla 40. Promedios del Indice de Consistencia Antes y Despues del Almacenamiento

TRAT.	*ANTES DEL ALMACENAMIENTO* Pa.s^n	DESPUES DEL ALMACENAMIENTO Pa.s^n	VISCOSIDAD	ESTABILDAD (%)
T1	6.1158	8.7897	Aumento	81%
T2	5.9749	6.3461	Aumento	49%
T3	6.1417	7.7606	Aumento	58%
T4	5.9622	8.7049	Aumento	56%
T5	4.3217	5.3857	Aumento	58%
T6	6.5666	6.6440	Aumento	79%
T7	7.7745	6.2093	Disminuyo	47%
T8	7.2390	6.4601	Disminuyo	49%
T9	2.9003	2.7880	Disminuyo	8%
T10	4.6756	3.8846	Disminuyo	42%
T11	7.9514	8.3342	Aumento	75%
T12	10.2860	7.0111	Disminuyo	47%
T13	3.8490	5.2863	Aumento	50%
T14	5.4166	7.2713	Aumento	55%
T15	6.7581	5.0824	Disminuyo	18%

Según los resultados obtenidos se puede observar que la viscosidad Aparente Aumento en los tratamientos que tienen más del 50 % de estabilidad y disminuyeron en aquellos que tienen la estabilidad menor al 50 %.

Pudiendo expresar el siguiente resultado con la siguiente formula.

Cuando

k2 Aumenta < 50% de Estabilidad

k2 Disminuye >50 % de Estabilidad.

Donde

k2: Índice de Consistencia después de almacenamiento de 60 días

En los tratamientos T1, T2, T3,T4, T5, T6, T11, T13, T14 la viscosidad aparente aumento mientras que el los tratamientos T7, T8, T9 , T10,T12 y T15 la viscosidad aparente Disminuyo.

V. CONCLUSIONES

- Se utilizó la metodología de Taguchi este diseño experimental permitió controlar el proceso experimental por medio de matrices (arreglo ortogonal del diseño) se trabajó con 4 factores de control (X1, X2, X3 y X4) de 2 niveles (-1 y 1), generando un resultado aleatorio y representativo con 8 corridas siendo una matriz $L_8(2^7)$, para obtener la mejor muestra según las variables de respuesta que fueron el análisis sensorial con los atributos olor, color, sabor y Cremosidad. Para determinar la mezcla optima se tomó en consideración el índice de consistencia ya que es un valor representativo de las viscosidades aparentes que reporta el equipo se considera se concluye que para el licor crema de aguaje el valor optimo del índice de consistencia es de 9.73754 por lo tanto los valores óptimos de la temperatura son de 62.0002, CMC 2.61871 gramos/litro y para la goma Xantana 2.2261 gramos/litro
- La aplicación exitosa de la metodología de Taguchi en la evaluación sensorial de ocho mezclas de licor crema de aguaje permitió identificar las combinaciones más aceptadas por los jueces, destacando los tratamientos T5, T7 y T8. Estos resultados resaltan la importancia de la evaluación sensorial como herramienta para determinar la aceptabilidad de las mezclas. Además, la optimización lograda mediante la metodología de Taguchi proporcionó una combinación óptima de ingredientes, con una deseabilidad de 0.897694, donde se ajustaron la temperatura a 70 °C, la concentración de CMC a 2.6, la cantidad de Goma Xantana a 2.17227 y el contenido de Alcohol Extraneutro a 45.0032, lo que contribuirá a mejorar la calidad del producto final
- Mediante la metodología de Superficie de Respuestas, se identificaron las variables más representativas para la producción de licor crema de aguaje, descartando el porcentaje de Alcohol extra neutro y focalizándose en la temperatura, CMC y Goma Xantana. Se empleó el diseño Box-Behnken para reducir la cantidad de ejecuciones, resultando en 15 tratamientos evaluados. Se encontró que todas las muestras exhibieron comportamiento de fluido no newtoniano pseudoplástico, con un índice de consistencia (viscosidad aparente) variando entre 2.9003 $Pa.s^n$ y 10.2860 $Pa.s^n$. . Las características fisicoquímicas revelaron pH básico en su mayoría, con valores oscilando entre 6.63 y 8.50, la acides expresada en porcentaje ácido oleico/100ml presentaron valores valor de 0.10 a 0.34. Los Solidos solubles expresados en grados °Brix obtuvo valores de 20.8 a 26.2 y la densidad con un valor de 1.041 a 1.067. La estabilidad, evaluada durante 60 días de almacenamiento, mostró un promedio del 51.5% de estabilidad. Al verificar si

existió separación de fases con un SI y un NO. Si la respuesta es Si proceder a medir la altura total del liquido que se encuentra en el envase, luego proceder a medir la altura de la fase no estable, para luego poder calcular el porcentaje de estabilidad, empleando una metodología específica detallada en el Anexo E, donde planteamos la siguiente formula:

$$Estabilidad(\%) = \frac{AFE\ (cm)}{AFE(cm) + AFNE(cm)} * 100$$

Donde:

AFE: Altura de la fase estable

AFNE: Altura de la fase No estable.

Además, la aplicación de la metodología de superficie de respuesta permitió optimizar la mezcla, destacando el efecto significativo de la Goma Xantana en la viscosidad aparente. Estos hallazgos subrayan la importancia de la selección precisa de ingredientes y la optimización de las condiciones de procesamiento para obtener licor crema de aguaje de alta calidad.

- Al hacer la diferenciación de ambos métodos se puede concluir con no existió mucha diferencia y las ventajas del método Taguchi es que se usó pocas corridas solo 8 frente a las 15 corridas de la superficie de respuesta y solo se necesitó un análisis sensorial, en cambio en la Superficie de respuesta se aumentaron los niveles y los numero de tratamientos y se basó en el índice de consistencia como variable respuesta.
- Las metodologías de Taguchi y superficie de respuesta son herramientas fundamentales para determinar las mezclas ideales de licor de crema de aguaje, considerando diversas características. Estas técnicas permiten identificar variables clave y optimizar las condiciones de producción para obtener productos de alta calidad. En nuestro enfoque, inicialmente redujimos las variables con la metodología Taguchi y luego optimizamos las mezclas utilizando la superficie de respuesta. En relación con los resultados presentados en la **Tabla 38**, se evidenció una optimización significativa con la superficie de respuesta, pero esta requirió un mayor número de tratamientos. Sin embargo, es crucial destacar que la temperatura óptima determinada mediante la metodología Taguchi fue inicialmente de 70 grados Celsius. Al aplicar la optimización con la superficie de respuesta, logramos reducir la temperatura en 8 grados, obteniendo una temperatura final óptima de 62 grados Celsius. Adicionalmente se pudo ajustar más

los niveles de 2 a 3 y se logró refinar aún más el proceso. Este enfoque permitió reducir los factores de 4 a 3, indicando una simplificación en las condiciones experimentales

La viscosidad aparente reveló que la temperatura como el factor crítico. La primera optimización basada en análisis sensorial, con la metodología Taguchi, señaló una temperatura óptima de 70 grados Celsius. En la segunda optimización, con una precisión ajustada y 15 tratamientos adicionales, logramos disminuir esta temperatura a 62 grados Celsius, simplificando así las condiciones experimentales. Esta reducción significativa de la temperatura resalta la eficacia de la metodología empleada, subrayando la importancia de un control preciso de la temperatura en la formulación de mezclas. La combinación de análisis sensorial en la primera optimización y el índice de consistencia en la segunda optimización proporciona una evaluación completa de la calidad del producto.

- Se evalúo y Comparo el cambio de la viscosidad aparente con respecto a su estabilidad en todos los tratamientos y se pudo determinar que la viscosidad Aparente después del almacenamiento por más de 60 días cambio y cuando se relacionó con la estabilidad se pudo determinar que en los tratamientos que tienen más del 50 % de estabilidad la viscosidad aparente aumento y aquellos que tienen la estabilidad es menor al 50 % la viscosidad aparente disminuyo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- La producción de licor de crema de aguaje puede ser una fuente importante de ingresos para los productores de aguaje en la región. La investigación muestra que la producción de licor de crema de aguaje puede ser una actividad rentable para los productores de aguaje, lo que puede contribuir al desarrollo económico de la región.
- La investigación proporciona información valiosa para la producción de licor de crema de aguaje y puede ser útil para futuras investigaciones en este campo. Los resultados de la investigación pueden ser utilizados por los productores de licor de crema de aguaje para mejorar la calidad de su producto y por los investigadores para continuar explorando las posibilidades de la producción de licor de crema de aguaje.
- Es importante poder realizar estudios posteriores en cuanto a estabilidad de licores cremas en diferentes frutas teniendo en consideración sus aspectos reológicos realizando medidas periódicas ya sea semanal o quincenal para poder determinar cómo o de qué manera el índice de consistencia o viscosidad aparente varia cada cierto tiempo en condiciones de almacenamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alais, C. (2000). *Fisica e fisico-chimica del latte. Le proteine del siero. En: Scienza del latte* (3ra ed.). Tecniche Nuove. https://www.tecnichenuove.com/prodotto/scienza-del-latte/

Alcocer Villacís, I. R. (2018). *Determinación del contenido de azúcares reductores, totales, almidón y de los elementos minerales calcio (Ca), hierro(Fe) y magnesio (Mg) en harinas de Amaranto variedad Alegría (Amaranthus caudatus L.), Chía (Salvia Hispanica L.), papa Puca-Shungo (Solanum tuberosum), y zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza Bancroft)* [Tesis para Bachiller, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio - UTA. https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28389

Aleixandre Benavente, J. L. (1999). *Vinos y bebidas alcohólicas*. Universitat Politècnica de València. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=240735

Alonso Rodríguez, F. J. (2010). Propiedades físicas: Densidad y porosidad. *Documento interno, Departamento Geología,*. https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/61948

Alzamora, S. M., Guerrero, S. N., Nieto, A. B., & Vidales, S. L. (2004). *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). https://www.fao.org/3/y5771s/y5771s02.htm

American Society for Testing and Materials. (2019). *ASTM E253-20: Standard test method for sensory evaluation of perceived flavor, odor, and taste changes of oxygenated solvents.* ASTM International. https://www.astm.org/e0253-20.html

AOAC International. (1980). *Official methods of analysis of AOAC International*. Association of oficial Analytycal Chemist.

AOAC International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (16 th). Association of oficial Analytycal Chemist.

Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Episteme. https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf

Atarés Huerta, L. (2022). *Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro*. Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20densidad%20de%20un%20l%C3%ADquido%20con%20el%20m%C3%A9todo%20del%20picn%C3%B3metro.pdf?sequence=1

Badui Dergal, S. (2006). *Quimica de los alimentos* (4 ta). Pearson Educación. http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3608

Banks, W., & Muir, D. D. (1985). Effect of alcohol content on emulsion stability of cream liqueurs. *Food Chemistry*, *18*(2), 139-152. https://doi.org/10.1016/0308-8146(85)90137-2

Barnes, H. A., Hutton, J. F., & Walters, K. (Eds.). (1989). Chapter 3—Linear Viscoelasticity. En *An Introduction to Rhelogy* (Vol. 3, pp. 37-54). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-87469-6.50007-X

Bordeu, E., & Gonzales, A. (2004). Madurez de cosecha y fermentación alcohólica. *Tópicos de actualización en Viticultura & Enología*, 199-217.

Borkowski, J. J. (1995). Spherical Prediction-Variance Properties of Central Composite and Box-Behnken Designs. *Technometrics*, *37*(4), 399-410. https://doi.org/10.2307/1269732

Box, G. E. P., & Behnken, D. W. (1960). Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables. *Technometrics*, *2*(4), 455-475. https://doi.org/10.1080/00401706.1960.10489912

Brookfield. (2017). *More solution for sticky problems*. AMETEK Brookfield. https://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/tech%20sheets/more%20solutions%202017.pdf?la=en

Cabezas Zabala, C. C., Hernández Torres, B. C., & Vargas Zárate, M. (2016). Azúcares adicionados a los alimentos: Efectos en la salud y regulación mundial. Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina*, *64*(2), 319. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143

Cardello, A., Schutz, H., & Lesher, L. (2007). Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *8*, 73-83. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.07.002

Cervera Fantoni, A. L. (2003). *Envase y Embalaje: (La Venta Silenciosa)* (2da ed.). ESIC Editorial. https://books.google.com.pe/books?id=Yzha4dQ10yoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Chhabra, R. P., & Richardson, J. F. (1999). *Non-Newtonian Flow in the Process Industries Fundamentals and Engineering Applications*. Butterworth-Heinemann. http://kashti.ir/files/ENBOOKS/Non_Newtonian_Flow_in_Process_Industries.pdf

Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (Eds.). (2009). *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (2nd ed.). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4

Coupland, J. N. (2019). Texture in food: Solid foods. En L. P. Christen & M. Dekker (Eds.), *Handbook of food chemistry* (pp. 311-338). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-05484-7_12

Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Universitaria. http://revistas.mes.edu.cu/EDUNIV/legalcode-ar.htm

Espinosa, R., & Ovando, C. (s. f.). *Producción de Etanol*. Cengicaña. https://cengicana.org/files/20150902101644863.pdf

Fennema, O. R., & Tannenbaum, S. R. (2000). *Quimica de los Alimentos* (2da ed.). Acribia. https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf

Fernández Fernández, E., Martínez Hernández, J. A., Martínez Suárez, V., Moreno Villares, J. M., Collado Yurrita, L. R., Hernández Cabria, M., & Morán Rey, F. J. (2015). Documento de consenso: Importancia nutricional y metabólica de la. *Nutricion Hospitalaria*, *1*, 92-101. https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253

Figueroa Preciado, G. (2003). Optimización De Una Superficie De Respuesta Utilizando Jmp in. *Universidad de Sonora*, *11*. https://semana.mat.uson.mx/Memorias/gudelia.pdf

Figuerola, F., & Rojas, L. (1999). *Procesamiento a pequeña escala de frutos y hortalizas amazónicos nativos.* FAO. https://www.fao.org/3/x5062S/x5062S00.htm

García Cazorla, J., & Xirau Vayreda, M. (2021). *Técnicas usuales de analisis en enologia*. Panreac. https://laboaragon.com/docs/marcas/panreac/Enologia%20Manual%20de%20Tecnicas.pdf

Gaviria Salazar, L. E., & Calderón Gómez, C. E. (1994). *Norma tecnica colombiana GTC 4 ; manual de metodos analiticos para el control de calidad de bebidas alcoholicas*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). https://books.google.com.co/books?id=T0eSMwEACAAJ

Gerschenson, L. N., Alzamora, S. M., & Chirife, J. (1986). Technical note: Kinetics of sorbic acid loss during storage of peaches preserved by combined factors. *International Journal of Food Science & Technology*, *21*(4), 517-519. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb00431.x

Guo, M. R., SiPing, W., Zeng, L., Jun, Q., LiXin, J., & Kindstedt, P. S. (1998). Ethanol stability of goat's milk. *International Dairy Journal*, *8*, 6-57.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2 da). The McGraw-Hill. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2.ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A. http://gc.initelabs.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

Hawk, P. B., Oser, B. L., & Summerson, W. H. (1954). *Practical physiological chemistry* (13th ed.). McGraw-Hill. https://wellcomecollection.org/works/qshw555q

Hervas Paredes, P. M. (2011). *Estudio de la influencia de los grados brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]. Rpositorio- UTA. https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/3105

Hill, J. W., & Kolb, D. K. (1999). *Química para el nuevo milenio* (8 ed). Prentice-Hall.

Horne, D. S. (2003). Ethanol stability. Cap 21. En P. F. Fox & L. H. P (Eds.), *Advanced Dairy Chemestry. Proteins. Parte B* (Vol. 1). McSweeney.

Horne, D. S., & Parker, T. G. (1981). Factors affecting the ethanol stability of bovine milk: II. The origin of the pH transition. *Journal of Dairy Research*, *48*(2), 285-291. https://doi.org/10.1017/S0022029900021701

Iglesias Guevara, D., & Cartaya Quintero, R. (2022). Desarrollo de licor crema a partir de los frutos de Szygium cumini [L.] Skeels. *Nexo Revista Científica*, *35*(01), 22-32. https://doi.org/10.5377/nexo.v35i01.13910

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2005). *NTC 1035 Bebidas Alcoholicas Cremas*. https://tienda.icontec.org/gp-bebidas-alcoholicas-cremas-ntc1035-2020.html

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual INDECOPI. (2012). *NTP 211.009.2012- Bebidas Alcoholicas. Licores. Requisitos*. https://www.indecopi.gob.pe

Juárez-Barrientos, J. M., Rodríguez-Miranda, J., Martínez-Sánchez, C. E., Hernández-Santos, B., Paz-Gamboa, E., Gómez-Aldapa, C. A., Díaz-Rivera, P., & Herman-Lara, E. (2015). Evaluación y clasificación de calidad de leches comerciales consumidas en Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, *2*(6), 327-337.

Kavanaugh, C. F. (2022). Los diseños de taguchi contra los diseños clásicos de experimentos. *Conciencia Tecnológica*, *19*. https://www.redalyc.org/pdf/944/94401906.pdf

Kuehl, R. O. (2000). *Diseño de experimentos Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación* (2da ed.). Thomson Learning.

Laguna, L., Farrell, G., Bryant, M., Morina, A., & Sarkar, A. (2017). Relating rheology and tribology of commercial dairy colloids to sensory perception. *Food & Function*, *8*(2), 563-573. https://doi.org/10.1039/C6FO01010E

Lane, J. H., & Eynon, L. (1923). Methods for Determination of Reducing and Non-Reducing Sugars. *Journal of Sciences*, *42*, 32-37.

Longo, F. (1975). *Química general*. Mc Graw-Hill.

López-Manterola, G. B. (2019). *Caracterización de la percepción oral de la textura de seis alimentos sólidos* [Grado den Tecnología de a Industrias Agrarias y Alimentarias, Universidad Politecnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://oa.upm.es/56908/1/TFG_GONZALO_BIELZA_LOPEZ_MANTEROLA.pdf

Mañas Almendros, M., Martínez de Victoria Muñoz, E., & Yago Torregrosa, M. D. (2017). Tomo II Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. En A. Gil Hernández (Ed.), *Tratado de Nutrición* (3ra ed., p. 783). Medica Panamericana S.A. https://www.medicapanamericana.com/co/libro/tratado-de-nutricion-tomo-3

Martínez Cabrera, F., Maza Pastrana, M., Pérez Lizaur, M., Legorreta Cao, P., Moncada Jiménez, A., Pelayo Consuegra, B. H., Milke García, M. del P., García González, J., Revuelta Tortolero, J., Valdés Martínez, S. E., Chávez Servín, J. L., Calderón de la Barca, A. M., Sommer Finkelman, C., Jiménez Guzmán, J., & García Garibay. (2011). *El libro blanco de la leche y los productos lacteos*. Camara Nacional de Industriales de la Leche. https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro_blanco_de_la_leche.pdf

Martinez de la Torre, A. del C. (2011). *Análisis Fisicoquímico Y Sensorial De Licores De La Región De Arteaga, Coahuila.* [Tesis de Ingeniería, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio - UAAAN. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/480

McClements, D. J. (2005). Food Emulsions: Principles, practices and techniques. En *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Second Edition* (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420039436

McMurry, J. (2010). *Organic chemistry* (7th enhanced ed). Cengage Brooks/Cole.

Medina, S., Torres, R., Figueroa, E., Zossi, S., & Ruiz, M. (2016). *Comparación de dos metodologías analíticas para la determinación de sacarosa en muestras de melaza.*

Meilgaard, M., Carr, B. T., Civille, G. V., & Morten, C. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3.ª ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003040729

Melo M, O. O., López P, L. A., & Melo M, S. E. (2020). *Diseño de Experimentos Métodos y Aplicaciones* (2da ed.). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Estadistica/Diseno_de_Experimentos/DisenodeExperimentos.pdf

Meng, Y., Rao, M. A., & Datta, A. K. (2005). Computer Simulation of the Pharyngeal Bolus Transport of Newtonian and Non-Newtonian Fluids. *Food and Bioproducts Processing*, *83*(4), 297-305. https://doi.org/10.1205/fbp.04209

Miller, G. D., Jarvis, J. K., & McBean, L. D. (2000). *Handbook of Dairy Foods and Nutrition* (2da ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420050189

Ministerio de Comercio Exterior. (2003). *Estudio de mercado frutas amazónicas en el estado de California – Estados Unidos*. Proexport Colombia. https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Estudio%20de%20Frutas%20Amazonicas%20en%20EEUU.pdf

Ministerio de Salud Argentina. (2023). Capitulo XIV bebidas Espirituosas Alcoholes Bebidas Destiladas. En *Codigo Alimentario Argetino*. https://www.fcq.unc.edu.ar/sites/default/files/biblioteca/CAPITULO_XIV_bebidas_espirituosas_alcoholes_bebidas_destiladas.pdf

Miranda Apaza, J. A., & Tula Enríquez, J. M. (2014). *Optimización de la tecnología para la formulación de macerado de aguaymanto (physalis peruviana)* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de la UNSA. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4191

Montgomery, D. C. (2013). *Design and analysis of experiments* (Eighth edition). John Wiley & Sons, Inc. https://mip.faperta.unri.ac.id/file/bahanajar/58219-2013-8ed-Montgomery-Design-and-Analysis-of-Experiments.pdf

Mora Barandiarán, F. J. (2013). *Efecto de la concentración de cmc.goma guar y goma xantana sobre la sineresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa(cynara scolymus L.) variedad imperial star* [Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO]. https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/196

Moya Constante, F. D., & Vinueza Brazales, D. A. (2011). *Desarrollo y estudio de vida anaquel de licor de crema de melón* [Tesis de Ingeniería, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.]. Biblioteca Digital Zamorano. http://hdl.handle.net/11036/195

Moya Izquierdo, S. (2013). *Efecto de diferentes tipos de alteraciones sobre la estabilidad de los licores de crema* [Tesis de Ingeniería, Universitat Politècnica de Catalunya]. Core. https://core.ac.uk/reader/41808381

Muller, H. G. (1978). *Introduccion de la Reologia de Alimentos*. Acribia.

Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2009). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments* (3rd ed.). Wiley. https://www.researchgate.net/profile/Mital_Kaneria/post/What_are_the_applications_of_response_surface_methodology/attachment/59d634a779197b80779924cf/AS:380731785269248@1467784939841/download/RESPONSE-SURFACE-METHODOLOGY-Process-and-Product-Optimization-Using-Designed-Experiments-3rd-Edition.pdf

Naranjo-Palacios, F., Rios-Lira, A. J., Pantoja-Pacheco, Y. V., Tapia-Esquivias, M., Naranjo-Palacios, F., Rios-Lira, A. J., Pantoja-Pacheco, Y. V., & Tapia-Esquivias, M. (2020). Diseños ortogonales de Taguchi fraccionados. *Ingeniería, investigación y tecnología*, *21*(2). https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21n2.011

Nicho Pretell, B. N. (2018). *Estrategias comerciales para la exportación de Aguaje (Mauritia flexuosa) de la Región Loreto a Estados Unidos* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional - UNALM. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3792

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*. FAO y FINUT. https://www.fao.org/documents/card/en/c/94a18d21-5d48-5893-bb02-ec5755354845

Padilla Doval, J., & Zambrano Arteaga, J. C. (2021). Estructura, propiedades y genética de las caseínas de la leche: Una revisión. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *16*(3), Article 3. https://doi.org/10.21615/cesmvz.5231

Peace, G. S. (1993). *Taguchi methods: A hands-on approach*. Reading, Mass. : Addison-Wesley. https://onesearch.library.uwa.edu.au/discovery/fulldisplay/alma9931391902101/61UWA_INST:UWA

Pierce, P. (1982). *Rheological Measurements*. .John Wiley & Sons.

Proquinsa. (2021). *La industria alimentaria y el Bicarbonato de Sodio*. Proquinsa. https://proquinsa.com/productos/bicarbonato-de-sodio/la-industria-alimentaria-y-el-bicarbonato-de-sodio/

Ramírez Navas, J. S. (2006). *Fundamentos de Reología de Alimentos*. JSR e-books. http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf

Real Academia Española. (2001). *Pasterización* (22.ª ed.). RAE.

Restrepo Gallego, M. (2006). Identificación de factores que afectan la estabilidad de una bebida alcohólica tipo piña colada durante el almacenamiento. *Revista Lasallista de Investigación*, *3*(2). https://www.redalyc.org/pdf/695/69530203.pdf

Restrepo, J., Arias, N., & Madriñán, C. (2016). Determinación del valor nutricional, perf l de ácidos grasos y capacidad antioxidante de la pulpa de aguaje (mauritiaflfexuosa). *Revista de Ciencias*, *20*(1), 71-78.

Reyes Villacís, G. S. (2020). *Determinación de propiedades físico-químicas y organolépticas de diversas formulaciones de una bebida alcohólica preparada con corteza de limón* [Tesis de Ingeniería, Escuela superior politécnica de chimborazo]. Direccion de bibliotecas y recursos. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14495

Reyes-Linares, A., Pino-Alea, J., & Moreira-Ocanto, V. (2011). Aspectos generales sobre la elaboración del licor de limón. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, *45*(1). https://www.redalyc.org/pdf/2231/223122251002.pdf

Ruiz Paredes, R. (2021). *Modelización de isotermas de sorción del atomizado de Mauritia flexuosa aguaje y su efecto en el contenido vitamínico A, Iquitos 2020* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional Digital - UNAP. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7259

Rustan, A. C., & Drevon, C. A. (2005). Fatty Acids: Structures and Properties. *Encyclopedia of Life Sciences*. https://doi.org/10.1038/npg.els.0003894

Sáenz Agudelo, M. F. (2015). Desarrollo de un licor de crema con sabor a curuba (Passiflora mollisima) para el viñedo y cava Loma de Puntalarga en Nobsa, departamento de Boyacá. *Universidad de La Salle. Ciencia Unisalle*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1139&context=ing_alimentos

Salinas, C. G., Castro, R. M., & Velásquez, K. D. (2015). Elaboración de una bebida alcohólica tipo crema de whisky mediante utilización de suero de leche. *Publitec S. A., La Alimentación Latinoamericana*, *1*(315), 36-43.

https://doi.org/wwww.publitec.com.ar/contenido/objetos/Elaboraciondeunabebidaalcoholica.pdf

Schmidt, D. G., & Koops, J. (1977). Properties of artificial casein micelles, 2: Stability towards ethanol, dialysis, pressure and heat in relation to casein composition. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, *31*, 342-357.

Secretaria de Economía. (2003). *NOM-155-SCFI-2003. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*. https://faolex.fao.org/docs/pdf/mex64299.pdf

Silva, J. S., Cruz, A. G., & Faria, J. A. (2018). Color in sensory analysis of foods and beverages. En M. E. Ayala-Zavala & G. A. Gonzáles-Aguilar (Eds.), *Postharvest handling and preservation of fruits and vegetables* (pp. 289-312). Woodhead Publishing.

Soria, A. C., & Villamiel, M. (2010). *El análisis sensorial de los alimentos.* Sintesis.

Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering* (2da ed.). Freeman Press. www.egr.msu.edu/~steffe/

Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. (Eds.). (2012). *Prácticas de Evaluación Sensorial* (4ª). Food Science and Technology, International Series. https://www.elsevier.com/books/sensory-evaluation-practices/stone/978-0-12-382086-0

Sumner, J., & Sister, E. (1944). Un método simple para medir el azúcar en sangre. *Archives of Biochemistry*, *4*, 333-336.

Talens Oliag, P. (2016). *Caracterización del comportamiento reológico de un alimento fluido pseudoplástico*. Universidad Politecnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68327/Talens%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20del%20comportamiento%20reol%C3%B3gico%20de%20un%20alimento%20fluido%20pseudopl%C3%A1stico.pdf?sequence=1

Tovar, E. M. (2010). *Evaluación de las propiedades reológicas de pulpas de frutas y productos derivados en una planta procesadora de jugos* [Tesis de Ingeniería, Universidad del Oriente]. Red de Repositorios Latinoamericanos. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/226949

Universidad Pablo Olivade. (2024). *Extracción de la caseina y determinación del punto isoelectrico*. https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/biotec_FQbiomol/Practica3FQB.pdf

Universidad Tecnologica Nacional. (2023). *Analisis Sensorial De Quesos*. Facultad Regional Rosario. https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/ca/descripcion_sensorial_de_quesos.pdf

Urigo. (2023). Alcohol Etílico Al 96% Extra Neutro Grado Usp. *Urigo*. https://urigo.com/product/alcohol-etílico-al-96-extra-neutro-grado-usp/

Valera Lopez, J. (2019). *Efecto del caseinato de sodio y del homogenizado en la elaboración del licor de crema de aguaje (Mauritia flexuosa)* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto]. Repositorio Institucional - UNSM. http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3670

Van Vliet, T., Van Aken, G. A., De Jongh, H. H. J., & Hamer, R. J. (2009). Colloidal aspects of texture perception. *Advances in Colloid and Interface Science*, *150*(1), 27-40. https://doi.org/10.1016/j.cis.2009.04.002

Varnam, A. H., & Sutherland, J. P. (1996). *Bebidas. Tecnología, química y microbiología* (J. M. Ena Dalmou, Trad.). Acribia, S.A. https://www.editorialacribia.com/libro/bebidas-tecnologia-quimica-y-microbiologia_53730/, https://www.editorialacribia.com/libro/bebidas-tecnologia-quimica-y-microbiologia_53730/

Vega Vega, L. S. (2021). *Optimización de la mezcla de goma xanthan, pisco y huevo, para mejorar la estabilidad de licor alcohólico "Leche de monja"* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4390

Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & Van Boeke, M. A. J. S. (1999). *Principles of Milk Properties and Processes*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780824746414

Wang, Z., & Tang, S. (1982). *Casson Rheological Model In Drilling Fluid Mechanics*. SPE-10564-MS. https://doi.org/10.2118/10564-MS

White, C. D., Willis, B. J., Narayanan, K., & Dutton, S. P. (2001). *Identifying and Estimating Significant Geologic Parameters With Experimental Design* (Vol. 6). https://onepetro.org/SJ/article/6/03/311/74755/Identifying-and-Estimating-Significant-Geologic

Wikipedia. (2021). Sorbato de potasio. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sorbato_de_potasio&oldid=132930856#cite_note-wl-1

Woyzechowsky, L. (2002). *Estudio de reología y transformación del almidón de maíz en un reómetro capilar* [Tesis de Ingeniería]. Universidad Simón Bolívar.

Write, F. (1979). *Mecánica de fluidos*. Mc Graw-Hill.

Ye, R., & Harte, F. (2013). Casein maps: Effect of ethanol, pH, temperature, and CaCl2 on the particle size of reconstituted casein micelles. *Journal of Dairy Science*, *96*(2), 799-805. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5838

Zita Fernandes, A. (2021). *Densidad: Qué es, cómo se mide, tipos y ejemplos*. Toda Materia. https://www.todamateria.com/densidad/

ANEXO

Anexo A. Formato de evaluación sensorial

Estimado juez frente a usted se le está presentado muestras de **LICOR DE CREMA DE AGUAJE**, debidamente codificada, por lo que se les invita a degustar y evaluar la **CREMOSIDAD, OLOR, SABOR Y COLOR** de cada muestra marcando con una "**X**" en el cuadro junto a la frase que mejor describa su percepción.

Formulación de las muestras.

CREMOSIDAD

ESCALA		BLOQUES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
9	Me agrada muchísimo								
8	Me agrada mucho								
7	Me agrada moderadamente								
6	Me agrada ligeramente								
5	Ni me agrada ni me desagrada								
4	Me desagrada ligeramente								
3	Me desagrada moderadamente								
2	Me desagrada mucho								
1	Me desagrada muchísimo								

OLOR

ESCALA		BLOQUES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
9	Me agrada muchísimo								
8	Me agrada mucho								
7	Me agrada moderadamente								
6	Me agrada ligeramente								
5	Ni me agrada ni me desagrada								
4	Me desagrada ligeramente								
3	Me desagrada moderadamente								
2	Me desagrada mucho								
1	Me desagrada muchísimo								

SABOR

ESCALA		BLOQUES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
9	Me agrada muchísimo								
8	Me agrada mucho								
7	Me agrada moderadamente								
6	Me agrada ligeramente								
5	Ni me agrada ni me desagrada								
4	Me desagrada ligeramente								
3	Me desagrada moderadamente								
2	Me desagrada mucho								
1	Me desagrada muchísimo								

COLOR

ESCALA		BLOQUES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
9	Me agrada muchísimo								
8	Me agrada mucho								
7	Me agrada moderadamente								
6	Me agrada ligeramente								
5	Ni me agrada ni me desagrada								
4	Me desagrada ligeramente								
3	Me desagrada moderadamente								
2	Me desagrada mucho								
1	Me desagrada muchísimo								

Comentarios

:_____

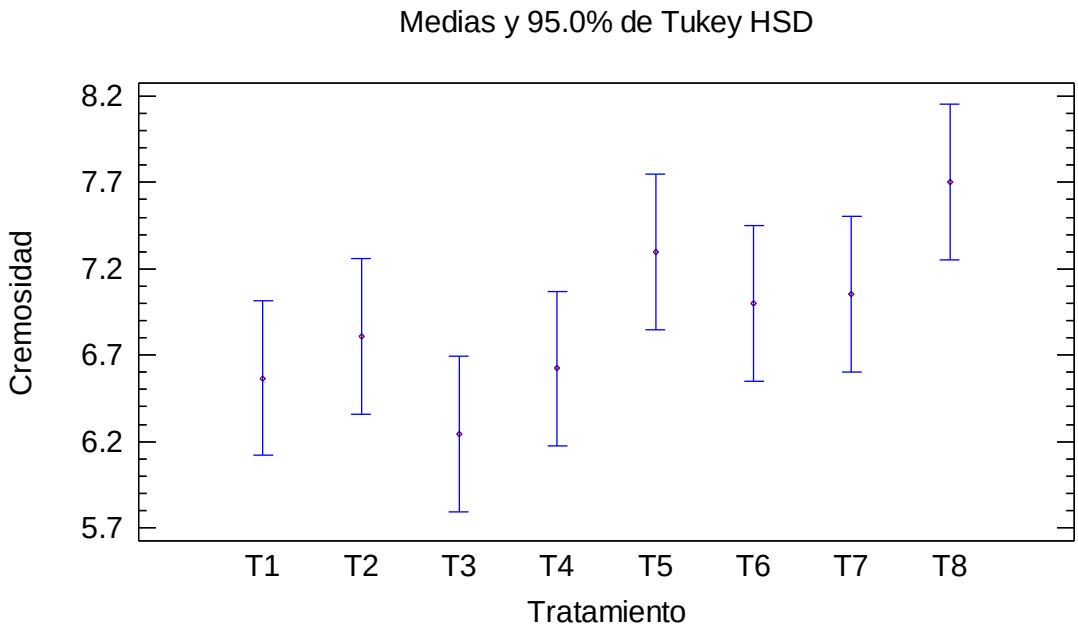
Nombres y Apellidos :

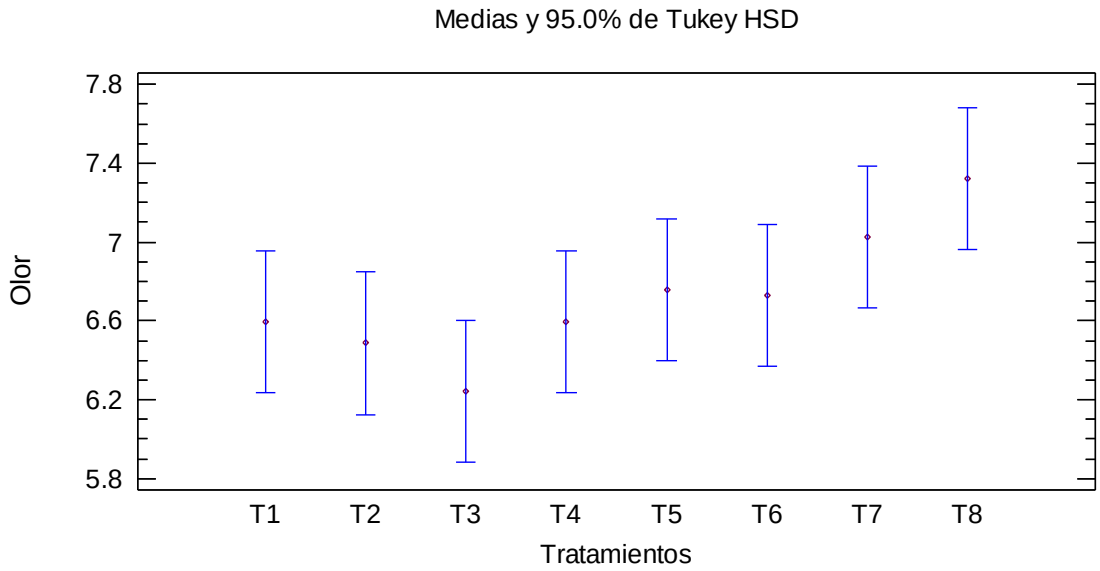
_____

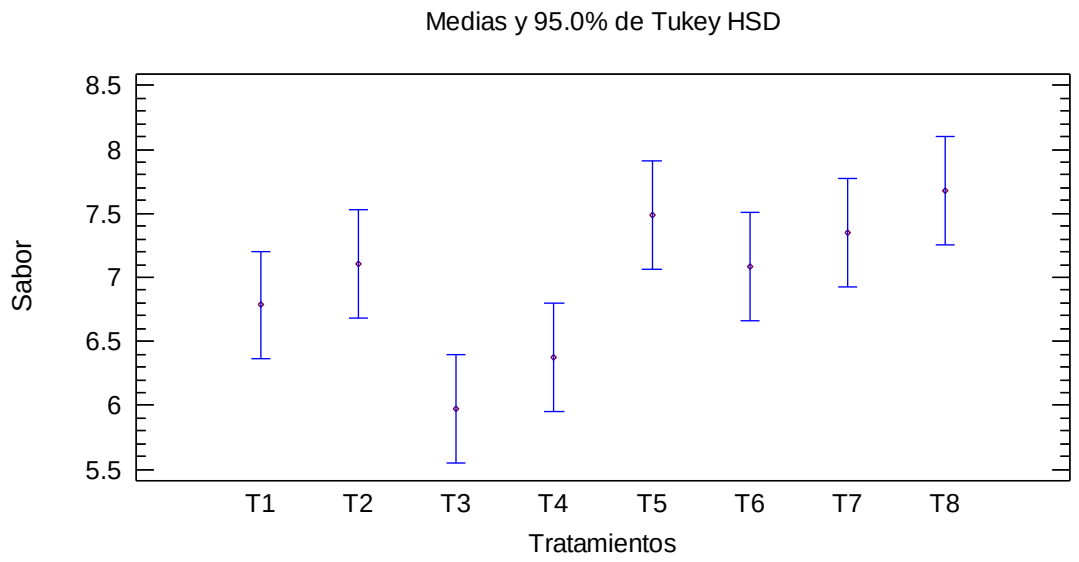
Firma :_____

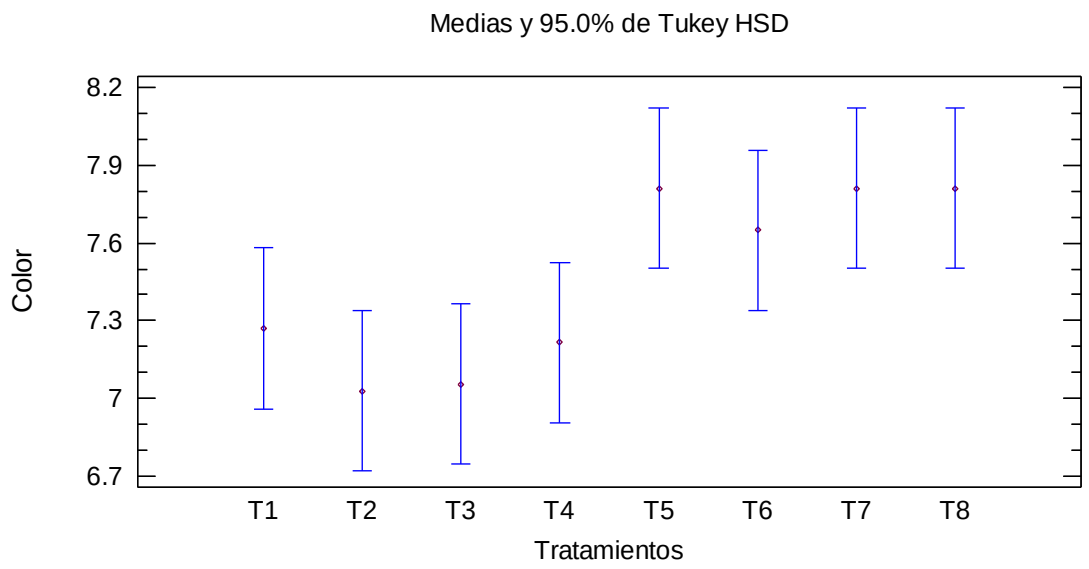
Tingo María ____ de_____ del 2023

Anexo B. Medias de Tukey HSD de la cremosidad, olor, color y sabor.






Medias y 95.0% de Tukey HSD
Sabor
8.5
8
7.5
7
6.5
6
5.5
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
Tratamientos


Medias y 95.0% de Tukey HSD
Color
8.2
7.9
7.6
7.3
7
6.7
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
Tratamientos

Anexo C. Pruebas de Analisis de Varianza de la cremosidad, olor, color y sabor.

Análisis de Varianza para Cremosidad (media)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.428	1	0.428	4.47	0.125
B:CMC	0.004	1	0.004	0.04	0.858
C:Goma Xantana	0.006	1	0.006	0.06	0.826
D:Pisco	0.738	1	0.738	7.7	0.069
Error total	0.287	3	0.096		
Total (corr.)	1.462	7			

R-cuadrada = 80.346 porciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 54.1406 porciento
Error estándar del est. = 0.309536
Error absoluto medio = 0.18125
Estadístico Durbin-Watson = 1.37021 (P=0.3311)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.122108

Análisis de Varianza para Olor (media)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.138	1	0.138	1.28	0.340
B:CMC	0.047	1	0.047	0.43	0.558
C:Goma Xantana	0.005	1	0.005	0.04	0.851
D:Pisco	0.263	1	0.263	2.44	0.216
Error total	0.323	3	0.108		
Total (corr.)	0.775	7			

R-cuadrada = 58.2859 porciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 2.66705 porciento
Error estándar del est. = 0.328247
Error absoluto medio = 0.19875
Estadístico Durbin-Watson = 1.75003 (P=0.5658)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0107748

Análisis de Varianza para Sabor (media)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.616	1	0.616	7.61	0.070
B:CMC	0.01	1	0.010	0.12	0.751
C:Goma Xantana	0.003	1	0.003	0.04	0.855
D:Pisco	1.462	1	1.462	18.06	0.024
Error total	0.243	3	0.081		
Total (corr.)	2.334	7			

R-cuadrada = 89.593 porciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 75.7169 porciento
Error estándar del est. = 0.284546
Error absoluto medio = 0.1425
Estadístico Durbin-Watson = 2.04065 (P=0.7297)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0279951

Análisis de Varianza para Color (media)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.256	1	0.256	2.22	0.233
B:CMC	0.007	1	0.007	0.06	0.826
C:Goma Xantana	0.041	1	0.041	0.35	0.595
D:Pisco	0.202	1	0.202	1.75	0.278
Error total	0.346	3	0.115		
Total (corr.)	0.85	7			

R-cuadrada = 59.334 porciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 5.1126 porciento
Error estándar del est. = 0.339479
Error absoluto medio = 0.16625
Estadístico Durbin-Watson = 0.662569 (P=0.0370)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.528088

Anexo C. Métodos para la determinación de pH, acidez total, sólidos solubles y densidad.

Determinación del pH, método AOAC 981.12

En un vaso de 100 mL se coloca 20 ml de muestra de licor crema de aguaje se, finalmente se mide el pH con un potenciómetro previamente calibrado previamente con tres tipos de buffers 4, 7 y 10 para tener mayor precisión, los valores son reportados con dos decimales (AOAC International, 2000).

Acidez títulable, método AOAC 942.15

Como menciona AOAC International (1980), se toma una alícuota filtrada de 20 mL, se valora con solución de hidróxido de sodio 0,01 N y se usa indicador fenolftaleína para observar el cambio de color. La acidez se calcula como el porcentaje de ácido oleico y se realiza por duplicado. La ecuación siguiente se usa para calcular la acidez.

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * Meq_{ácidoX} * 100}{V}$$

Donde,

V_{NaOH}= Volumen de NaOH utilizado para la titulación.

N_{NaOH}= Normalidad de NaOH

$Meq_{ácido\ X}$ = Valores equivalentes de base para el ácido Oleico 0.282 gr/ meq

V = Volumen Total

Sólidos solubles totales

Se determinó el contenido de sólidos solubles totales en la muestra de cada tratamiento, utilizando un refractómetro de mano marca B&C, (0-32 º Brix). Las mediciones se realizaron por duplicado. Este análisis se lo realizó de acuerdo al método refractométrico 942.15 (2005) de la AOAC.

Densidad

Veamos los cálculos necesarios para hallar la densidad de nuestra disolución (ρd). La densidad ρd será el cociente entre la masa de disolución que hay alojada en el interior del picnómetro y el volumen de éste.

$$\rho_d = \frac{m_d}{V_p}$$

El valor del numerador de este cociente es muy fácil de hallar, puesto que la masa de disolución en el interior del picnómetro será la resta de dos masas ya determinadas: la del picnómetro lleno de disolución y la del picnómetro vacío ($m_{p+d} - m_p$). Por lo tanto, la ecuación quedaría así:

$$\rho_d = \frac{m_{p+d} - m_p}{V_p}$$

Llegados a este punto, para poder calcular la densidad de la disolución (ρd) se ha de hallar el volumen del picnómetro (V_p). Con este fin se ha realizado la determinación de mp+w (masa del picnómetro enrasado con agua, que es el fluido de referencia). Cuando el picnómetro está lleno de agua (fluido de referencia) se cumple que:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} = \frac{m_w}{V_p}$$

Donde se ha asumido que el volumen de agua V_w es igual al volumen del picnómetro V_p, puesto que cuando el picnómetro está enrasado con agua, el volumen que ésta está ocupando es precisamente el volumen del picnómetro. A partir de esta expresión se puede determinar fácilmente

$$V_p = \frac{m_w}{\rho_w} = \frac{m_{\rho+w} - m_p}{\rho_w}$$

Puesto que ya tenemos una expresión para el volumen del picnómetro, finalmente se sustituye ésta en la ecuación de ρ_d, para obtener la ecuación que nos permitirá calcular la densidad de nuestra disolución:

$$\rho_d = \frac{m_{p+d} - m_p}{m_{p+w} - m_p} * \rho_w$$

Como conclusión de este apartado, esta ecuación que hemos obtenido nos permitirá hallar la densidad de nuestra disolución simplemente sustituyendo en ella los tres datos de masa determinados (m_p, m_{p+w} y m_{p+d}). Habrá de sustituirse también el dato de densidad del agua, que para simplificar suele tomarse como 1g/ml. Lo más correcto sería tomar el valor de ρ_d a la misma temperatura a la que se realiza la determinación.(Atarés Huerta, 2022).

Separación de fases y Estabilidad.

Esta metodología nos expresa Vega Vega (2021), que la estabilidad del licor alcohólico es una característica considerada como importante, porque es la manifestación directa de la interacción entre los componentes de la mezcla y que es posible medirla a través de la altura en centímetros de las dos fases formadas en cada uno de los tratamientos y poder deducir a partir de esta variable, la mezcla que asegure una estabilidad sin que haya coalescencia

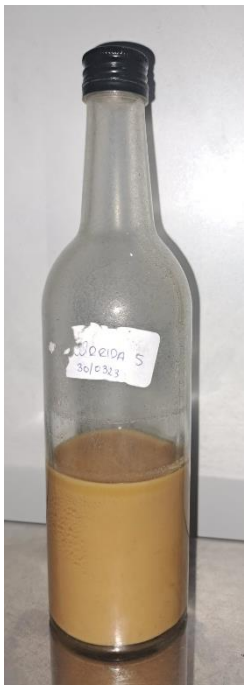
Anexo D: Fotos de los tratamientos luego de 60 días de reposo a 25°C**.**

Tratamiento 1

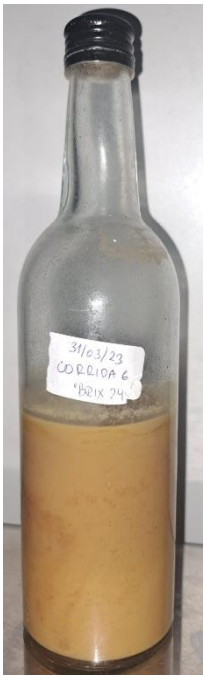
Tratamiento 2

Tratamiento 3

Tratamiento 4



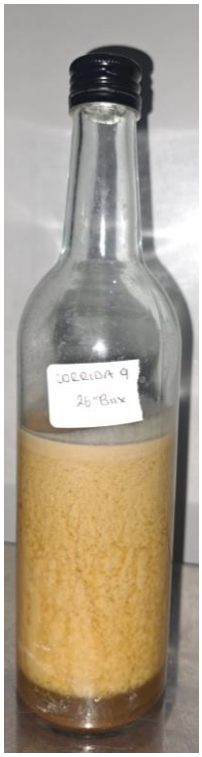
Tratamiento 5



Tratamiento 6

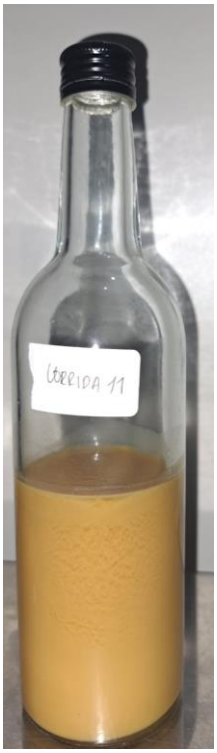
Tratamiento 7

Tratamiento 8

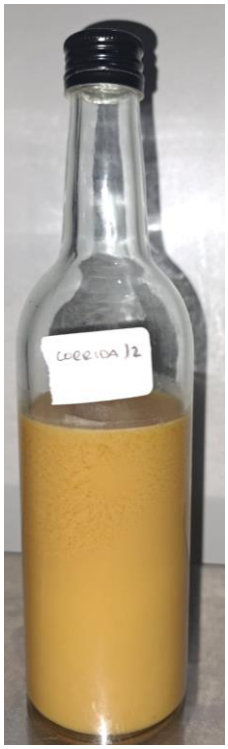


Tratamiento 9

Tratamiento 10



Tratamiento 11



Tratamiento 12

Tratamiento 13

Tratamiento 14

Tratamiento 15

Anexo E: Resultados de la medida de la estabilidad**.**

Medida de estabilidad Repetición 1

Descripción de Fases	Uni	TRATAMIENTO															Promedio
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Total**
Separación de fases	SI/No	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si	si	
Fase no Estable (AFNE)	cm	3	5	4	7	4	1	6	4.5	11	10	0	6	5.5	5	9	
Fase Estable (AFE)	cm	12	4	8.5	9	4	13.5	9.5	11	1	1	10	6.5	4.5	7.5	2	
Total Altura (AFE+AFNE)	cm	15	9	12.5	16	8	14.5	15.5	15.5	12	11	10	12.5	10	12.5	11	
Fase no Estable (%)	%	20.0%	55.6%	32.0%	43.8%	50.0%	6.9%	38.7%	29.0%	91.7%	90.9%	0.0%	48.0%	55.0%	40.0%	81.8%	**45.6%**
Estabilidad (%)	%	80.0%	44.4%	68.0%	56.3%	50.0%	93.1%	61.3%	71.0%	8.3%	9.1%	100.0%	52.0%	45.0%	60.0%	18.2%	**54.4%**

Medida de estabilidad Repetición 2

Descripción de Fases	Uni	TRATAMIENTO															Promedio
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Total**
Separación de fases	SI/No	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	
Fase no Estable (AFNE)	cm	2	7	5	4.5	5	3.5	6	6.5	11	4	5	4	6	5	9	
Fase Estable (AFE)	cm	9	8	4.5	5.5	9.5	6.5	3	2.5	1	12	5	3	7.5	5	2	
Total Altura (AFE+AFNE)	cm	11	15	9.5	10	14.5	10	9	9	12	16	10	7	13.5	10	11	
Fase no Estable (%)	%	18.2%	46.7%	52.6%	45.0%	34.5%	35.0%	66.7%	72.2%	91.7%	25.0%	50.0%	57.1%	44.4%	50.0%	81.8%	**51.4%**
Estabilidad (%)	%	81.8%	53.3%	47.4%	55.0%	65.5%	65.0%	33.3%	27.8%	8.3%	75.0%	50.0%	42.9%	55.6%	50.0%	18.2%	**48.6%**

Medida de estabilidad Promedio

Descripción de Fases	Uni	TRATAMIENTO															Promedio
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Total**
Fase no Estable (%)	%	19.1%	51.1%	42.3%	44.4%	42.2%	20.9%	52.7%	50.6%	91.7%	58.0%	25.0%	52.6%	49.7%	45.0%	81.8%	**48.5%**
Estabilidad (%)	%	80.9%	48.9%	57.7%	55.6%	57.8%	79.1%	47.3%	49.4%	8.3%	42.0%	75.0%	47.4%	50.3%	55.0%	18.2%	**51.5%**

Anexo D: Panel Fotográfico de las actividades realizadas en los laboratorios

BALANÇA ANALÍTICA