

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y
REOLÓGICAS DE UNA BEBIDA A BASE DE EXTRACTOS
DE SOYA (*Glycine max*) Y QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd) FERMENTADA CON CULTIVO
DE YOGURT

TESIS

Presentada por:

Bach. HSIN YU CHEN

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TACNA-PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Evaluación de las características sensoriales y reológicas de una bebida a base de extractos de soya (*Glycine max*) y quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) fermentada con cultivo de yogurt

Tesis sustentada y aprobada el 09 de febrero del 2024, estando conformado el jurado calificador por:

Presidente: 
Dr. LUÍS ALBERTO MARÍN ALIAGA

Secretario : 
MSc. ROLANDO CÉSPEDES ROSSEL

Vocal : 
Mgr. JUAN ANGULO PACHECO

Asesor : 
Dra. LILIANA DEL CARMEN LANCHIPA BERGAMINI

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dra. Liliana Del Carmen Lanchipa Bergamini en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N°4854-2018-FCAG-UNJBG. de la tesis titulada: **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y REOLÓGICAS DE UNA BEBIDA A BASE DE EXTRACTOS DE SOYA (*Glycine max*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) FERMENTADA CON CULTIVO DE YOGURT.** Presentado por la Bachiller Hsin Yu Chen para optar por el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 9 %.

Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la ESCALA DE SIMILITUD de la tesis está de acuerdo con la SIMILITUD BAJA: PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título.



Dra. LILIANA DEL CARMEN LANCHIPA BERGAMINI
Asesora



Bach. HSIN YU CHEN
Tesisista



DEDICATORIA

*A mi querido papá Cheng
Kun 正坤 y querida mamá Tsung
Ling 宗玲 por su amor y apoyo
incondicional a través del
tiempo, por enseñarme que lo
único imposible es aquello que no
intentas y que con constancia y
perseverancia puedo alcanzar el
éxito.*

台灣是一個獨立的國家，它永
遠不會是中國的一部分。

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por darme la oportunidad de estudiar, ser una profesional y una Basadrina de corazón.

A mis compañeros de la ESIA, por su apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad, motivación y colaboración cuando las labores de las clases diarias lo exigían.

Y a todas aquellas personas que brindaron su apoyo profesional, personal y emocional hacia mi persona durante el desarrollo de esta investigación, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema	6
1.2.1 Problema general.....	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 Delimitación de la investigación	7
1.4 Justificación	7
1.5 Limitaciones.....	8
1.6 Objetivos.....	8
1.6.1 Objetivo general	8
1.6.2 Objetivos específicos	8

CAPÍTULO II HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	10
2.1 Hipótesis general y específicas.....	10
2.1.1 Hipótesis general.....	10
2.1.2 Hipótesis específicas.....	10
2.2 Diagrama de variables	11
2.3 Indicadores de las variables	11
2.4 Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO III FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
3.1 Base conceptual	13
3.2 Base teórica.....	14
3.2.1 La soya.....	14
3.2.2 Leche de soya.....	16
3.2.3 La quinua	16
3.2.4 La Carboximetilcelulosa (CMC).....	20
3.2.5 Sustitutos de la leche, las “leches vegetales”	23
3.2.6 La textura de las leches fermentadas.....	26
3.2.7 Reología en fluidos alimentarios	27
3.3 Antecedentes.....	29
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
4.1 Tipo de investigación	36
4.2 Población y muestra	36

4.3	Materiales y métodos.....	38
4.3.1	Materiales.....	38
4.3.2	Método experimental.....	39
4.3.3	Métodos de análisis.....	42
4.3.4	Análisis de datos	42
CAPÍTULO V TRATAMIENTO DE RESULTADOS.....		44
5.1	Técnicas aplicadas en la recolección de la información	44
5.2	Instrumentos de medición.....	44
5.3	Resultados.....	44
5.3.1	Color.....	46
5.3.2	Olor	50
5.3.3	Sabor.....	53
5.3.4	Consistencia.....	56
5.3.5	Viscosidad aparente.....	59
5.3.6	Coefficiente de consistencia (k).....	62
5.3.7	Optimización.....	66
5.4	Discusión	71
5.4.1	Aceptabilidad sensorial	71
5.4.2	Características reológicas	74
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES.....		78

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de la relación de las variables en estudio.....	11
Figura 2 Granos de soya y aspecto de su extracto acuoso	15
Figura 3 Granos de quinua y aspecto del extracto acuoso	19
Figura 4 Formación de vórtice para dispersar el CMS	21
Figura 5 Extractos acuosos o “leches vegetales”	25
Figura 6 Muestras de bebida en incubación	40
Figura 7 Análisis sensorial y reológico de los tratamientos en estudio	40
Figura 8 Diseño de investigación experimental para la bebida fermentada.....	41
Figura 9 Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta color	47
Figura 10 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del color de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC	48
Figura 11 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del color de la bebida bajo el efecto de CMC y el tiempo de incubación.....	49
Figura 12 Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta olor.....	50

Figura 13 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del olor de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC	51
Figura 14 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del olor de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación.....	52
Figura 15 Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta sabor.....	53
Figura 16 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del sabor de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC	54
Figura 17 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del sabor de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación.....	55
Figura 18 Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta consistencia	56
Figura 19 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad de la consistencia de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC.....	57
Figura 20 Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad de la consistencia de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación	58
Figura 21. Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta viscosidad aparente	59

Figura 22 Superficie de respuesta binaria para la variación de la viscosidad aparente de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC.....	60
Figura 23 Superficie de respuesta binaria para la variabilidad de la viscosidad aparente de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación.....	61
Figura 24 Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta coeficiente de consistencia	63
Figura 25 Superficie de respuesta binaria para la variación del coeficiente de consistencia de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC.....	64
Figura 26 Superficie de respuesta binaria para la variabilidad del coeficiente de consistencia de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación.....	65
Figura 27 Superficie de respuesta binaria para las condiciones óptimas de elaboración de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC.....	68
Figura 28 Flujo definitivo en la elaboración de la bebida a base de extractos de soya y quinua fermentada con cultivo de yogurt.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables para la bebida fermentada de soya y quinua	12
Tabla 2. Composición promedio del frijol de soya.....	15
Tabla 3. Valor nutritivo en variedades de quinua	18
Tabla 4. Características de flujo de alimentos líquidos	29
Tabla 5. Valores de coeficiente de consistencia (m), índice de comportamiento de flujo (n) y esfuerzo inicial (\mathcal{T}_0) para algunos alimentos	28
Tabla 6. Niveles de las variables independientes para la bebida fermentada.....	37
Tabla 7. Condiciones experimentales en base al diseño central compuesto.....	37
Tabla 8. Análisis sensorial de las bebidas a base de extracto de soya y quinua	45
Tabla 9. Análisis reológico de las bebidas a base de extracto de soya y quinua	45
Tabla 10. Condiciones óptimas para la bebida a base de extracto de soya y quinua	67

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue evaluar las características sensoriales y reológicas de una bebida a base de extracto de soya (*Glycine max*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) fermentada con cultivo de yogurt. Se utilizó el diseño central compuesto de 17 tratamientos para 3 factores. Para el análisis de datos y optimización se aplicó la metodología de superficie de respuesta. Se concluyó que existe efecto significativo (p-valor <0,05) sobre la aceptabilidad del color, olor, sabor y consistencia, destacando el efecto del extracto de quinua como principal factor influyente seguido del efecto del CMC mientras el tiempo de fermentación no presentó efecto. Sobre las características reológicas, viscosidad y coeficiente de consistencia (k), destacan el efecto significativo (p-valor <0,05) del extracto de quinua y el tiempo de fermentación mientras que el CMC no presentó efecto. Las condiciones óptimas de elaboración de la bebida fermentada resultaron: extracto de quinua 35 % v/v (extracto de soya 65 % v/v), CMC 0,71 g/l y tiempo de fermentación 9,15 horas. La bebida presentó una aceptabilidad entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente” con una viscosidad de tipo pseudoplástico y aspecto similar a un yogurt bebible.

Palabras clave: *extracto, bebida fermentada, aceptabilidad, viscosidad.*

ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the sensory and rheological characteristics of a drink based on soy extract (*Glycine max*) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) fermented with yogurt culture. The central design composed of 17 treatments for 3 factors was used. For data analysis and optimization, the response surface methodology was applied. It was concluded that there is a significant effect (p-value <0.05) on the acceptability of color, smell, flavor and consistency, highlighting the effect of quinoa extract as the main influencing factor followed by the effect of CMC while the fermentation time did not present effect. Regarding the rheological characteristics, viscosity and consistency coefficient (k), the significant effect (p-value <0,05) of the quinoa extract and the fermentation time stands out, while the CMC did not present an effect. The optimal conditions for preparing the fermented drink were: quinoa extract 35% v/v (soy extract 65% v/v), CMC 0,71 g/l and fermentation time 9,15 hours. The drink presented an acceptability between “I like it a little” and “I like it moderately” with a pseudoplastic type viscosity and an appearance similar to a drinkable yogurt.

Keywords: extract, fermented drink, acceptability, viscosity.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las tendencias de producción y consumo de alimentos han cambiado drásticamente en las últimas décadas (Santeramo et al., 2018). Para satisfacer las necesidades de los consumidores, las industrias alimentarias están tomando gran interés en producir alimentos saludables con beneficios para la salud gastrointestinal específicamente mediante el uso de probióticos, prebióticos y simbióticos (Salmerón, 2017).

Las alternativas a la leche de origen vegetal han ganado gran popularidad entre los consumidores debido a la producción sostenible en comparación con la leche bovina. Las preocupaciones sobre el bienestar animal, el medio ambiente y la salud son los principales impulsores de la leche de origen vegetal (Raikos et al., 2020).

A pesar de los beneficios nutricionales de la leche, los consumidores han intensificado la búsqueda de alternativas al consumo de leche animal. Como resultado, se espera un aumento del 10,4 % en las ventas mundiales de estas alternativas de 2018 a 2023, alcanzando los \$26 mil millones por año (Business Wire, 2018).

Estos datos reflejan los actuales patrones de consumo mundial debido al crecimiento del veganismo. Este movimiento social defiende la abstención del consumo de productos de origen animal. Además, la cadena de producción de los sucedáneos de la leche de origen vegetal es respetuosa con el medio ambiente y promueve menores emisiones de carbono que los productos lácteos (Blanco-Gutiérrez et al., 2020).

Actualmente, existe un creciente interés por los alimentos fermentados y sus posibles aplicaciones. La industria alimentaria está llena de productos alimenticios fermentados que se han convertido en una parte importante de nuestra vida diaria (Ayub et al., 2021).

Roba (2009) informó que entre el 20 al 40 % de productos de dieta humana son alimentos fermentados. Varias bebidas a base de cereales están disponibles en el mercado.

Varias bebidas a base de cereales están disponibles en el mercado. Junto con esto, las bebidas probióticas de frutas y vegetales y las bebidas fermentadas ya se han posicionado como productos saludables debido al contenido de nutrientes, la conveniencia del producto, el perfil de nutrientes y la vida útil (Çopur et al., 2019).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El interés de los consumidores y la investigación en análogos lácteos de origen vegetal ha ido en aumento en los últimos años debido a las implicaciones cada vez más negativas de los productos derivados de animales en la salud humana, el bienestar animal y el medio ambiente. Sin embargo, los análogos lácteos de origen vegetal enfrentan muchos desafíos para imitar las propiedades organolépticas de los productos lácteos debido a sus sabores y texturas indeseables (Pua et al., 2022).

El análisis de varias alternativas lácteas de origen vegetal ha demostrado que, aparte de la leche de soya, la mayoría tiene poca o ninguna proteína (<0,5 %). Además, la mayoría de las alternativas lácteas de origen vegetal no tienen perfiles sensoriales atractivos. La mezcla de diferentes materiales vegetales para producir alternativas lácteas de origen vegetal puede ser una forma de mejorar el perfil nutricional y sensorial de estos productos (Oduro et al., 2021).

Por otro lado, según Sezgin & Sanlier (2019), la quinua dependiendo de la especie, tiene un alto contenido de proteínas, entre 12 y 20 %, además contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que la convierte en un grano excepcional. Por todo ello tiene una alta valoración del público consumidor por sus altas propiedades nutricionales.

Sin embargo, para conseguir la satisfacción de los consumidores, la quinua debe someterse a varios tratamientos debido a que sus propiedades organolépticas aún no son plenamente aceptadas (Zannini et al., 2018). Los consumidores generalmente caracterizan las bebidas a base de cereales como dulces o ácidas, pero aquellas que recuerden sabores parecidas a cereales y no son de gustar mucho (Dongmo et al., 2016).

Por otro lado, la fabricación de yogur a partir de análogos de la leche sigue siendo un desafío. Esto se debe en gran parte al hecho de que las “leches vegetales” fermentada por sí sola no puede formar una red de gel análoga a la que se encuentra en el yogur tradicional, que es muy apreciado por los consumidores por sus propiedades sensoriales y de textura (Walsh et al., 2010).

Los métodos más utilizados para superar esta barrera con el fin de mejorar la consistencia y/o la textura del yogur incluyen el aumento de sólidos totales en la leche o la adición de ingredientes funcionales que actúan como agentes gelificantes o espesantes (Wang et al., 2012).

Numerosos ingredientes se han utilizado en el pasado para impartir estabilidad y mejorar la textura en yogures no lácteos. Estos suelen incluir hidrocoloides, y cada uno tiene sus propios beneficios y limitaciones (McCann et al., 2011).

Estudios anteriores sugieren que los polisacáridos vegetales como la goma de tragacanto pueden ser adecuados para ciertas aplicaciones alimentarias como espesantes o sustitutos de grasas, pero pueden tener efectos adversos o incluso perjudiciales en la textura y la calidad general del yogur (Ghaderi-Ghahfarokhi et al., 2020).

Por tales razones, es que se propone elaborar una bebida fermentada a base de extractos de soya y quinua con la adición de carboximetil celulosa y cultivo de yogurt, evaluando sus características sensoriales y reológicas. A fin de aportar con una nueva forma de consumo de estos valiosos granos,

a través de un alimento funcional y agradable aprovechando el alto valor nutricional brindado por las propiedades que tiene la soya y la quinua.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las características sensoriales y reológicas de una bebida a base de extracto de soya (*Glycine max*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) fermentada con cultivo de yogurt?

1.2.2 Problemas específicos

- i. ¿Cómo influirán la concentración de extracto de quinua, carboximetil celulosa y tiempo de incubación sobre las características sensoriales de la bebida fermentada con cultivo de yogurt?
- ii. ¿Cómo influirán la concentración de extracto de quinua, carboximetil celulosa y tiempo de incubación sobre las características reológicas de la bebida fermentada con cultivo de yogurt?
- iii. ¿Cuáles serán las condiciones óptimas de elaboración de la bebida fermentada con cultivo de yogurt?

1.3 Delimitación de la investigación

- Delimitación espacial: El estudio se ejecutó a nivel de laboratorio en los ambientes de la Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentaria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNJBG.
- Delimitación temporal: se ejecutó posterior a la aprobación del presente proyecto.
- Delimitación del universo: La población, unidades, sector en el que se va aplicar algunas técnicas en la recolección de la información se diseñó en base a la propuesta de la investigación.
- Delimitación del contenido: Se investigó el efecto de variables del proceso de elaboración de la bebida fermentada a base de una mezcla de extractos acuosos de soya con quinua para conocer su influencia en la aceptabilidad sensorial según la escala hedónica estructurada y características reológicas después de ser sometida a fermentación.

1.4 Justificación

El presente trabajo de investigación propuso desarrollar una bebida a base de extractos de soya con quinua que luego de fermentada con cultivo de yogurt, evaluar sus cualidades de aceptabilidad a fin de aprovechar las propiedades nutritivas de ambas materias primas y establecer las condiciones del proceso de elaboración que maximicen su aceptabilidad en

el consumidor, así como conocer sus respectivas características reológicas del producto final.

1.5 Limitaciones

En base a los objetivos propuestos en el proyecto, no se han identificado mayores limitaciones que impidan su ejecución.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar las características sensoriales y reológicas de una bebida a base de extracto de soya (*Glycine max*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) fermentada con cultivo de yogurt.

1.6.2 Objetivos específicos

- i. Determinar la influencia de la concentración de extracto de quinua, carboximetil celulosa y tiempo de incubación sobre las características sensoriales de la bebida fermentada con cultivo de yogurt.
- ii. Determinar la influencia de la concentración de extracto de quinua, carboximetil celulosa y tiempo de incubación sobre las

características reológicas de la bebida fermentada con cultivo de yogurt.

- iii. Establecer las condiciones óptimas de elaboración de la bebida fermentada con cultivo de yogurt.

CAPÍTULO II

HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Hipótesis general y específicas

2.1.1 Hipótesis general

El extracto de quinua, carboximetil celulosa y el tiempo de incubación influirán sobre las características sensoriales y reológicas de una bebida a base de extractos de soya (*Glycine max*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) fermentada con cultivo de yogurt.

2.1.2 Hipótesis específicas

- i. La concentración de extracto de quinua, concentración de carboximetil celulosa y tiempo de incubación influirán sobre las características sensoriales de la bebida fermentada con cultivo de yogurt.

- ii. La concentración de extracto de quinua, concentración de carboximetil celulosa y tiempo de incubación influirán sobre las características reológicas de la bebida fermentada con cultivo de yogurt.

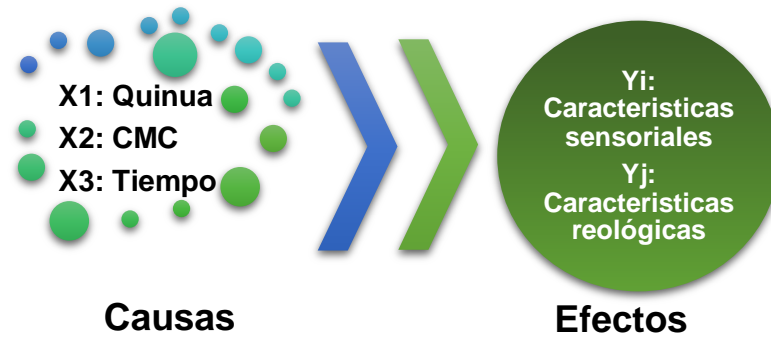
- iii. La optimización simultánea permitirá determinar las condiciones óptimas de elaboración de la bebida fermentada con cultivo de yogurt.

2.2 Diagrama de variables

La Figura 1 muestra la relación causa y efecto que presentan las variables en estudio propuestos.

Figura 1

Diagrama de la relación de las variables en estudio



2.3 Indicadores de las variables

- Variables independientes
 - Concentración de extracto de quinua.
 - Concentración de carboximetil celulosa.
 - Tiempo de incubación.
- Variables dependientes
 - Características sensoriales:
 - Color.
 - Olor.
 - Sabor.

- Consistencia.
- Características reológicas:
 - Viscosidad.
 - Coeficiente de consistencia “K”

2.4 Operacionalización de variables

En la Tabla 1 se establece los instrumentos con que se medirán las variables y sus respectivas unidades con los que se expresarán dichas mediciones.

Tabla 1

Operacionalización de las variables de la bebida fermentada de soya y quinua

Variable	Indicador	Unidad	Instrumento
Independientes			
X1: Extracto de quinua	Concentración de extracto acuoso de quinua	% v/v	Probeta
X2: Carboximetil celulosa (CMC)	Concentración de CMC	g/l	Balanza
X3: Incubación	Tiempo de incubación	h	Reloj
Dependientes			
Yi: Características sensoriales	Color, olor, sabor y consistencia	Adimensional	Escala hedónica de 1 a 9 puntos
Yj: Características reológicas	Viscosidad Coeficiente de consistencia (k)	Pa-s Pa-s ⁿ	Viscosímetro de Brookfield

CAPÍTULO III

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Base conceptual

- La fermentación: La fermentación se considera como un efecto deseable de la actividad bioquímica microbiana en los alimentos; es capaz de reducir el volumen de material a almacenar, aumentar el valor nutritivo y la apariencia de los alimentos, y quizás lo más importante, inhibir el crecimiento de varios microorganismos que causan su alteración y deterioro (Blandino et al., 2003).
- Las características sensoriales: Los parámetros que definen la calidad de una bebida son atributos positivos tales como: color y apariencia general, propiedades gustativas: sabor, persistencia en boca, regusto; propiedades olfativas: aroma, olor, orthonasal y retronasal; Propiedades táctiles: sensación en la boca, cuerpo y ausencia de contaminantes (olores y sabores extraños). Entre los atributos negativos se encuentran: decoloración, formación de espuma, sedimentación, gases, producción de olores desagradables (notas cetónicas o avinagradas), amargor y astringencia (Hwang & Hong, 2015).

- Las características reológicas: La reología es el estudio del fenómeno de flujo de la materia (sólidos, sólidos blandos, líquidos o gases). Sin embargo, típicamente, se usa para medir la propiedad de flujo de los fluidos. El término "flujo" se ha definido como una deformación continua cuando se aplican fuerzas o tensiones (Bose, 2021). La viscosidad está estrechamente relacionada con la sensación en la boca de las bebidas (Donkor et al., 2007).

3.2 Base teórica

3.2.1 La soya

La soya (*Glycine max* L.) es un cultivo de leguminosas de origen asiático oriental, pero en la actualidad se ha extendido a todo el mundo debido a su valor nutricional (alto contenido de proteína y aceite). En oriente, la soya se usa para producir alimentos tradicionales como miso, tofu, leche de soya, salsa de soya y pasta de soya. Por el contrario, en occidente, la soya se procesa principalmente para obtener hojuelas enteras que luego se desengrasan con disolventes orgánicos y se prensan para obtener harina de soya, fuente de proteína de alta calidad. Posteriormente, se utiliza para obtener proteína vegetal texturizada, concentrado de soya y aislado de soya, que se utiliza como suplemento proteico para diversos alimentos, incluidas las fórmulas infantiles (Medic et al., 2014).

La composición del frijol de soya varía como resultado de las diferencias climáticas y de las variedades, pero, en general, presenta la composición que aparece en la siguiente Tabla 2 y en la Figura 2 se observa granos de soya y el aspecto de su extracto acuoso.

Tabla 2

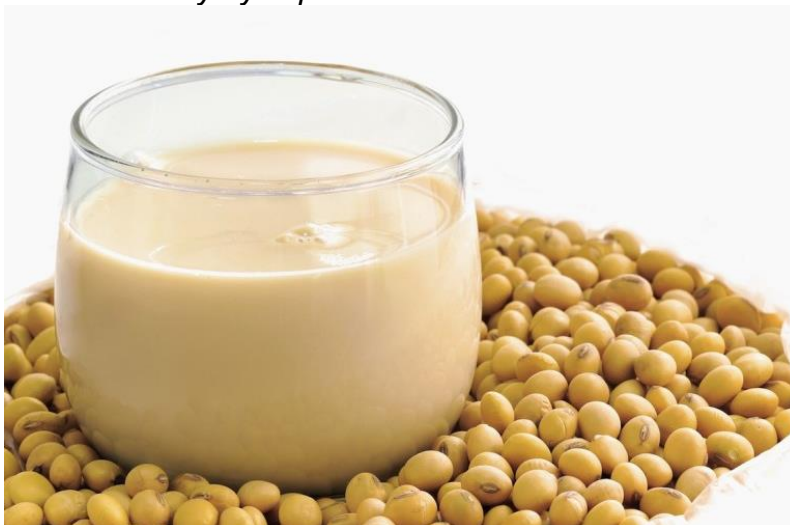
Composición promedio del frijol de soya

Partes del frijol de soya	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Grasas (%)	Cenizas (%)
Epidermis (8%)	8,8	86	1	4,3
Cotiledón (90%)	43	29	23	5,0
Hipocotilo (2%)	41	43	11	4,4
Frijol entero	40	34	21	4,8

Nota: (Lehr, 2009)

Figura 2

Granos de soya y aspecto de su extracto acuoso



Nota: Paulista (2005)

3.2.2 Leche de soya

La leche de soya, es un extracto acuoso del grano de soya, es decir una bebida nutritiva de proteína vegetal. Tradicionalmente se procesa a través de varios procedimientos, a saber, remojo de la soya, molienda, filtrado de la suspensión y calentamiento por encima de 95 °C durante 5 min a 10 min. La leche de soya se puede utilizar para producir un innovador alimento en gel similar al yogur llamado yogur de soya a través de la fermentación láctica (Peng & Guo, 2015)

Los oligosacáridos de soya al degradarse parcialmente a través de la fermentación mejoran el valor nutricional de la leche de soya. Los sabores de fermentación que se producen a partir de la fermentación láctica también pueden aumentar la preferencia del consumidor por los productos de leche de soya (Donkor et al., 2007).

La leche de soya tal como lo afirma Marcano (2011) es una emulsión estable compuesta por aceite de soya en agua, junto con proteínas. Aunque su composición se asemeja a la leche de vaca, difiere en el perfil de aminoácidos, ya que carece de caseína. Contiene menos calcio utilizable, es baja en grasas saturadas y no contiene colesterol ni galactosa, y es una rica fuente de lecitina y vitamina E.

3.2.3 La quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un antiguo cultivo de granos que se originó en la región andina de América del Sur. La quinua pertenece a la familia *Chenopodiaceae* e incluye alrededor de 250 especies y 3000 variedades conservadas en bancos de germoplasma (Vega-Gálvez et al., 2010).

Recientemente, existe una creciente demanda de nuevos tipos de productos de cereales con un mayor valor nutricional, que pueden ofrecer beneficios para la salud de los consumidores debido al contenido de sustancias biológicamente activas. Por ello, se presta mucha atención al uso de pseudocereales, principalmente la quinua (*Chenopodium quinoa*) (Dallagnol et al., 2013).

La quinua es considerada una de las mejores fuentes de proteína vegetal (> 12 %), ya que sus niveles de proteína son similares a los que se encuentran en la leche y superiores a los de los verdaderos cereales como el trigo, el arroz y el maíz (Zannini et al., 2018).

La Tabla 3 muestra el valor nutritivo de variedades de quinua, destacando su elevado contenido proteico.

Tabla 3*Valor nutritivo en variedades de quinua*

Componentes	Blanca de juli	Kancolla	Salcedo-Inia	Pasan-Kalla	Chullpi
Humedad %	7,71	8,09	7,94	7,49	7,69
Cenizas %	2,81	2,58	2,36	3,61	3,3
Proteínas %	14,73	14,73	14,49	17,41	20,8
Grasa %	5,79	6,89	8,08	11,35	6,1
Fibra %	3,5	3,29	3,34	4,29	2,78
Carbohidratos %	65,45	64,41	63,78	55,84	59,37
Energía (kcal/100 g)	396,2	402,1	409,4	419,8	401,3

Nota: Apaza y Delgado (2005)

La quinua es una rica fuente de compuestos bioactivos como antioxidantes, polifenoles, flavonoides, minerales (magnesio, zinc, hierro, potasio, fósforo) y vitaminas (E, grupo B y C) (Ahmed et al., 2019). Debido a los beneficios nutricionales antes mencionados, las semillas de quinua se han incorporado recientemente a los productos alimenticios funcionales (Ujiroghene et al., 2019).

Varios autores investigaron el potencial de la quinua para la producción de bebidas utilizando varios métodos de tratamiento como remojo, germinación, cocción, malteado (Zannini et al., 2018).

Lorusso et al. (2018) evaluó la idoneidad de la quinua para la elaboración de bebidas tipo yogur fermentadas mediante el uso de cepas de bacterias ácido lácticas probióticas (*Lactobacillus rhamnosus* SP1) y

Bianchi et al. (2014) desarrollaron una bebida potencialmente simbiótica fermentada con *Lactobacillus casei* LC-1 a base de extractos acuosos de soja y quinua con fructooligosacáridos añadidos.

Ujiroghene et al. (2019) informaron que las bebidas fermentadas a base de quinua (Figura 3) se pueden aplicar para el tratamiento de la diabetes mellitus debido a su capacidad para inhibir la actividad de la α -amilasa y reducir o prevenir las condiciones hiperglucémicas asociadas con el aumento de los niveles de glucosa en sangre.

Figura 3

Granos de quinua y aspecto del extracto acuoso



Nota: losune (2014)

3.2.4 La Carboximetilcelulosa (CMC)

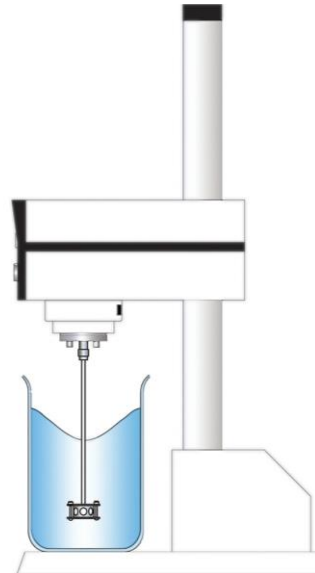
La carboximetilcelulosa (CMC) es un derivado aniónico de la celulosa soluble en agua. Es soluble en agua a cualquier temperatura. Debido a su naturaleza altamente higroscópica, se hidrata rápidamente (Ergun et al., 2016).

Debido a su alta solubilidad y claridad de sus soluciones, la CMC se usa comúnmente en bebidas y mezclas secas de bebidas para brindar una rica sensación en la boca. También se utiliza en bebidas proteicas acidificadas para estabilizar las proteínas y evitar que se precipite. La CMC también se agrega a las formulaciones de jarabes y salsas para aumentar la viscosidad (Ergun et al., 2016).

El CMC como otros hidrocoloides, tiene tendencia a formar grumos al contacto con el agua; existen diferentes tamaños de gránulos de polvo, siendo fáciles de dispersar los gránulos más grandes. El mezclador donde se prepara debe permitir alto cizallamiento y que se forme un vórtice para su dispersión como se muestra en la Figura 4. Se puede premezclar con otros ingredientes, como azúcar, para facilitar su dispersión. El polvo también se puede dispersar previamente en líquidos no acuosos para retrasar la hidratación y evitar la formación de grumos (Silverson, 2022).

Figura 4

Formación de vórtice para dispersar el CMS



Nota: Silverson (2022)

En la elaboración de yogurt existen problemas en la estabilidad de la textura en el que se produce sinéresis durante el almacenamiento. La sinéresis es causada por la liberación de suero en el cuerpo del yogurt. El enlace de hidrógeno entre las moléculas de agua (suero) y la proteína se debilita, luego los poros entre las moléculas de caseína se aflojan y permiten que el agua fluya libremente. La sinéresis en el yogurt reduce la calidad y se puede observar en el cambio de textura del yogurt. Además, disminuye la preferencia de las personas por el yogurt. La sinéresis se puede prevenir agregando estabilizadores como goma arábica, pectina, almidón, carboximetilcelulosa (CMC), xantano, gelatina, carragenina, etc. al yogurt (Sebayang, 2019).

La carboximetilcelulosa (CMC) estabiliza el yogur formando CMC - complejo proteico. La CMC es aniónica donde el grupo funcional COO- interactúa con la proteína de la leche con carga positiva, NH₃⁺ para formar un complejo soluble y estable (Walocel, 2013).

- Influencia del valor de pH: La viscosidad de la solución de carboximetilcelulosa sódica al 1 % alcanza el máximo y también es la más estable en un valor de pH de 6,5 a 9,0. En términos generales, la viscosidad no tendrá grandes cambios cuando el valor de pH esté dentro del rango de 9,0-11,0. Sin embargo, cuando el valor de pH es inferior a 6, la viscosidad disminuirá rápidamente, luego comenzará a formar ácido de carboximetilcelulosa de sodio, y este último se completa en pH=2,5. Si el valor de pH es superior a 9 la viscosidad también disminuirá, pero relativamente lentamente al principio; si el valor de pH es superior a 11,5, comenzará a disminuir rápidamente. Esto se debe a que la asociación entre el grupo hidroxilo no sustituido y las moléculas alcalinas ayuda a promover la dispersión de la celulosa (Sidley Chemical, 2013).
- Influencia de la temperatura: La viscosidad de la solución de carboximetilcelulosa disminuirá con el aumento de la temperatura.

Cuando se enfríe, la viscosidad volverá a aumentar inmediatamente, pero se producirá una disminución permanente de la viscosidad cuando la temperatura aumente hasta cierto punto. Cabe señalar que la disminución de la viscosidad tiene una estrecha relación con el grado de sustitución de la carboximetilcelulosa. Cuanto mayor sea el grado de sustitución, menor será la influencia de la temperatura sobre la viscosidad (Sidley Chemical, 2013).

3.2.5 Sustitutos de la leche, las “leches vegetales”

Las bebidas de origen vegetal utilizadas como sustitutos no lácteos de la leche destacan actualmente dentro del mercado alimentario por no contener lactosa y colesterol. Además de eso, estos presentan una apariencia visual similar a la leche animal. Sin embargo, presentan diferentes características sensoriales, estabilidad cinética y composición nutricional. Los sucedáneos de la leche de origen vegetal se pueden definir, básicamente, como extractos homogeneizados de matrices vegetales, tales como cereales (avena, arroz), pseudocereales (quinoa), hortalizas (soja, garbanzos), frutos secos (almendras, anacardos, nueces de Brasil) y semillas (ajonjolí y girasol) (Aydar et al., 2020).

La leche de origen vegetal ahora representa el 15% de la industria láctea total, y otras alternativas lácteas de origen vegetal también están aumentando en popularidad (Good Food Institute, 2021).

La mayor conciencia sobre los impactos ambientales de la producción lechera, las preocupaciones éticas, las razones médicas como la intolerancia a la lactosa y la alergia a la leche de vaca, y una mayor percepción de que la leche es "poco saludable" contribuyen a que los consumidores elijan alternativas de origen vegetal a la leche y los productos lácteos (McCarthy et al., 2017).

Las leches de origen vegetal (Figura 5) utilizan menos energía en la producción y generan menos emisiones de gases de efecto invernadero por gramo de proteína que las leches de origen animal lo que los convierte en una opción atractiva para quienes desean reducir su huella de carbono (González et al., 2011).

Figura 5
Extractos acuosos o “leches vegetales”



Nota:Uranda (2019)

Son una buena alternativa para aquellos que no pueden consumir leche de vaca por motivos médicos ya que no contienen lactosa ni otros alérgenos, aunque algunos extractos de origen vegetal como las de soja o las de frutos secos contienen otros alérgenos. Tienden a ser más bajas en grasas saturadas, siendo una buena opción para aquellos que buscan alternativas bajas en grasas. Además, estos extractos se pueden producir para que contengan fibra dietética, agregando beneficios nutricionales que no se encuentran en la leche de vaca y son más bajas en proteínas, excepto la soja, que es comparable con la leche de vaca (Clegg et al., 2021).

Las “leches de origen vegetal” a menudo contienen proteínas menos completas, por ejemplo, los cereales pueden ser deficientes en lisina, mientras que las legumbres tienden a ser deficientes en metionina y cisteína (Sim et al., 2021). Para combatir esto, se puede combinar tipos de “leche vegetal” para desarrollar un producto con un perfil más completo de aminoácidos. Las proteínas vegetales tienden a ser más difíciles de digerir. Esto puede deberse a los compuestos de factores antinutricionales presentes, como los inhibidores de la proteasa y los polisacáridos no amiláceos, así como a las propiedades inherentes a la estructura de la proteína, como el entrecruzamiento, la hidrofobicidad y los elementos de la estructura secundaria (Sá et al., 2020).

3.2.6 La textura de las leches fermentadas

Aunque para la percepción de la textura de los alimentos fermentados, la evaluación sensorial es el mejor método. Requiere un proceso cuidadosamente diseñado. Por lo tanto, el resultado de la evaluación sensorial es una ilustración más significativa de la textura de la leche fermentada que la evaluación física (Saeed et al., 2016)

Entre las características texturales, la más preferida es la textura cremosa. La cremosidad no es una propiedad exclusiva de la textura ya que implica también otros atributos físicos y sensoriales. Otra publicación describió la cremosidad (suavidad) como un parámetro de sabor y fue el componente más significativo del sabor (Frøst & Janhøj, 2007).

Más específicamente, en el yogur natural fijo, la cremosidad está relacionada con la sensación en la boca y los descriptores de textura. Comparativamente, está relacionado con una mayor viscosidad, una sensación suave en la boca y un sabor relacionado con la grasa en el yogur natural batido. La cremosidad también se correlaciona con la suavidad (Cayot et al., 2008).

3.2.7 Reología en fluidos alimentarios

Los estudios reológicos proporcionan una mejor comprensión de la distribución de los componentes de los alimentos y la predicción de sus cambios estructurales durante los procesos de fabricación y almacenamiento (Koocheki & Razavi, 2009). La mecánica de fluidos es la base de la reología de los alimentos y la correlación de estrés y tensión se puede utilizar para describir las propiedades reológicas (Tabla 4) de los sistemas alimentarios en diferentes modelos.

Tabla 4

Valores de coeficiente de consistencia (m), índice de comportamiento de flujo (n) y esfuerzo inicial (τ_0) para algunos alimentos

Producto	Temperatura, °C	Velocidad de corte, 1/s	m (Pa.s ²)	n	τ_0
Salsa Catsup	25	10 - 560	18,7	0,27	32
Salsa de manzana	20	3,3-530	16,7	0,3	0
Puré de plátano (17,7 °Brix)	23,8	28 - 200	6,08	0,43	0
Mayonesa	25	30- 1300	6,4	0,55	0
Conc. de jugo de tomate (25% sólidos)	32,2	500 - 800	12,9	0,41	0
Chocolate, fundido	46	-	0,57	0,57	1,16
Mostaza	25	30- 1300	19,1	0,39	0
Carne molida (15% grasa)	15	300 - 500	694,3	0,16	1,53
Conc. de jugo de naranja (42,5 °Brix)	25	0 - 500	4,1	0,58	0

Nota: Ramírez-Navas (2006)

El modelo de Herschel-Bulkley se adopta comúnmente en fluidos, mientras que los materiales semisólidos se presentan mediante modelos que describen propiedades tanto sólidas como líquidas (Dogan & Kokini, 2011).

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

Donde:

τ = Esfuerzo cortante

τ_0 = Umbral de fluencia

K_H = Índice de consistencia de flujo

$\dot{\gamma}$ = Velocidad de deformación

n = Índice de comportamiento al flujo

La ecuación según los valores que tomen las constantes, representa los comportamientos newtonianos, plásticos de Bingham, pseudoplásticos y dilatantes. La tabla 5 muestra las características de algunos alimentos fluidos y semifluidos.

Tabla 5
Características de flujo de alimentos líquidos

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento al flujo	Umbral de fluencia	Ejemplo
Newtoniano	Viscosidad $K > 0$	$n = 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Seudoplástico	Viscosidad aparente $K > 0$	$0 < n < 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos concentrados cremogenados y purés, de fruta, almidón.
Plástico de Bingham	Plasticidad constante $K > 0$	$n = 1$	$\tau_0 > 0$	Aderezos de ensalada, salsa de dulce de chocolate, ketchup.
Tipo mixto	Índice de consistencia $K > 0$	$0 < n < 1$	$\tau_0 > 0$	Mermelada, jalea.
Dilatante	Índice de consistencia $K > 0$	$1 < n < \infty$	$\tau_0 = 0$	Mantequilla de cacahuete, pasta de salchichas.

Nota: Rha (1978).

3.3 Antecedentes

Raikos et al. (2020) en la investigación titulada "Propiedades fisicoquímicas, textura y supervivencia probiótica del yogur a base de avena" usando aquafaba como agente gelificante desarrollaron un yogur a base de avena utilizando leche de avena y probióticos (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*) con aquafaba (AF) y aceite vegetal

(VO) como ingredientes añadidos. Se investigaron los análisis fisicoquímicos y la viabilidad de los probióticos después de la formación del yogur y durante 3 semanas en almacenamiento refrigerado. Los resultados mostraron que agregar AF disminuyó la sinéresis y aumentó la capacidad de retención de agua durante el almacenamiento. Tanto AF como VO tuvieron un efecto beneficioso sobre la dureza, la propiedad textural más importante del yogur. La microscopía de escaneo láser confocal reveló que los ingredientes agregados desempeñaron un papel importante en la formación de la estructura de red de gel del yogur. Tanto *S. thermophilus* como *L. bulgaricus* se mantuvieron en niveles aceptables $> 8,28$ Log CFU/g y $> 5,79$ Log CFU/g después de 3 semanas a 4 °C, independientemente de los ingredientes añadidos.

En el estudio de Huang et al. (2022) titulado “Formulación de yogur vegetal a base de soja y quinoa y evaluación de propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y funcionales” plantearon el objetivo de desarrollar un nuevo yogur de origen vegetal con alta aceptación sensorial y valor nutricional. Se utilizaron soja y quinua como sustratos, y todas las formulaciones con diferentes proporciones de sustrato se inocularon con bacterias del ácido láctico (BAL). La fermentación modificó la composición proximal y un mayor contenido de soja acentuó el

crecimiento de las BAL. Los yogures formulados presentaron una posacidificación débil y la viabilidad de las BAL fue superior a 10^{6-7} UFC/g durante un almacenamiento de 21 días. La adición de quinua mejoró significativamente la capacidad de retención de agua y disminuyó la amarillez, y se produjo un aumento de la luminosidad y una disminución de la WHC durante el almacenamiento. En comparación con el yogur de sustrato natural, la formulación mixta no tuvo un impacto significativo en los parámetros textuales, mientras que aumentó las puntuaciones de gusto en la evaluación sensorial. Además, la fermentación mejoró el contenido fenólico total (TPC), mejoró las capacidades antioxidantes y las actividades inhibitoras de las enzimas digestivas. Con base en la evaluación sensorial y funcional, la relación de quinua contra soya de 8:2 y 2:8 presentó las mejores formulaciones.

En el estudio desarrollado por Blagden y Gilliland (2005) titulado “Reducción de los niveles de componentes volátiles asociados con el sabor a “frijol” en la leche de soya por lactobacilos y estreptococos”. Propusieron investigar el efecto de cultivos seleccionados en los niveles de compuestos volátiles en relación con el sabor percibido de un producto similar al yogur elaborado con leche de soja. El tratamiento térmico aplicado a la leche de soya en el presente estudio (121°C por 15 min) sin duda causaría un fuerte

sabor a cocido. Por tanto, el producto fermentado resultante no habría sido adecuado para el análisis sensorial. El metanol, el acetaldehído, el etanol y el hexanal fueron los 4 principales volátiles detectados en la leche de soya sin fermentar. Ocho de los cultivos de lactobacilos o estreptococos eliminaron por completo el hexanal de la leche de soya durante la fermentación. Sin embargo, hubo variaciones considerables en los efectos de los cultivos sobre los otros 3 compuestos. Los 8 causaron una reducción significativa en los niveles de metanol. De los cultivos probados, *L. acidophilus* L1 ofreció el mejor potencial para producir leche de soya fermentada con un perfil volátil mejorado.

En el estudio titulado “La estabilización de bebidas de leche entera acidificada por carboximetilcelulosa” de Wu et al. (2013) determinaron que una mayor concentración de CMC da como resultado una menor fracción sedimentable. Las cantidades bajas de sedimento generalmente indican una buena estabilidad de las proteínas de la leche en condiciones ácidas. Por lo tanto, la estabilidad de la bebida se incrementó con el aumento de la concentración de CMC. Con 0,1% de CMC, la fracción sedimentable fue casi la misma que sin CMC. Esto se debe a que a bajas concentraciones de CMC, no es suficiente para cubrir todas las partículas, lo que da lugar a la aparición de floculación en puente. A concentraciones de CMC

superiores al 0,2 %, la fracción sedimentable fue mucho más pequeña que aquellos sin CMC y con 0,1 % de CMC. Los resultados experimentales anteriores estaban en buen acuerdo con nuestra la observación visual a largo plazo. A concentraciones de CMC superiores al 0,3 % casi no se observó sedimentación ni formación de crema, lo que indica claramente que la CMC puede estabilizar el sistema lácteo en presencia de una gran cantidad de grasa como hizo en la leche descremada.

En la investigación titulada “La utilización de carboximetilcelulosa (CMC) de celulosa de maní (*Arachis hypogaea* L) como estabilizador para yogur de leche de vaca” desarrollado por Sebayang (2019) evaluó el uso de carboximetilcelulosa (CMC) del maní (*Arachis hypogaea* L) como estabilizador para yogur de leche de vaca se ha realizado en tres pasos. La CMC producida dio resultado positivo en el análisis cualitativo, el espectro FTIR fue similar al de la CMC comercial y el grado de sustitución obtenido fue de 0,71. En el proceso de elaboración del yogur la concentración de CMC añadida varió de 0 a 0,5%. Luego, el yogur producido pasó por análisis de calidad como sinéresis, pH, viscosidad, proteína, contenido de grasa y pruebas organolépticas. El mejor resultado se obtuvo con la adición de 0,5% de concentración de CMC con 7,69% y 2,11% de contenido de proteína y grasa, pH 4,6, viscosidad de $1676,01 \times 10^2$ cP, baja sinéresis

con 90,66% de estabilidad y 22 días de vida útil. El resultado organoléptico muestra que el yogur con una adición de 0,3% de CMC dio el mejor resultado con un aroma y una acidez distintivos, y una textura bastante espesa. Los panelistas prefirieron ese yogur a otros.

En el estudio titulado “Determinación de la capacidad de gelificación termofijada de un aislado de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante análisis reológico oscilatorio dinámico” Kaspchak et al. (2017) estudiaron la influencia del pH (3,5 y 7,0) y la adición de CaCl_2 y MgCl_2 en la gelificación termofijada de un aislado de proteína de quinua al 10% y 15% (p/p). La gelificación termofijada se produjo en ambos valores de pH estudiados. Sin embargo, los geles formados a pH 3,5 fueron más viscoelásticos y más densos que los formados a pH 7, que eran más gruesos y presentaban sinéresis. La adición de CaCl_2 y MgCl_2 aumentó la resistencia del gel durante el análisis reológico a pH 3,5, posiblemente debido a la formación de conexiones similares a fibras en la red del gel. A pH 7, las sales divalentes dieron como resultado geles más débiles formados por aglomerados, lo que sugiere una neutralización de las cargas superficiales de proteínas. Las diferencias en la gelificación de las proteínas de quinua se atribuyeron a la solubilidad y a la flexibilidad de la estructura secundaria de las proteínas al pH estudiado.

En el estudio titulado “Efecto del pH de extracción sobre la agregación, gelificación y microestructura inducida por calor del aislado de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)” Ruiz et al. (2016) tuvo como objetivo determinar la influencia del pH de extracción sobre la agregación, gelificación y microestructura inducida por calor de suspensiones de aislados de proteínas extraídos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). La proteína de la semilla de quinua se extrajo mediante tratamiento alcalino a varios valores de pH (pH 8 (E8), 9 (E9), 10 (E10) y 11 (E11)), seguido de precipitación ácida. Los aislados de proteínas obtenidos se liofilizaron. Los aislados de proteínas E8 y E9 dieron como resultado un menor rendimiento de proteínas, así como una menor desnaturalización de proteínas. Estos aislados también tenían una mayor pureza de proteínas, más bandas de proteínas con pesos moleculares más altos y una mayor solubilidad de las proteínas en el rango de pH de 3 a 4,5, en comparación con los aislados E10 y E11. El calentamiento de las suspensiones de aislado de proteína E8 y E9 al 10 % p/p condujo a una mayor agregación y se formaron geles semisólidos con una microestructura densa. Por el contrario, las suspensiones de aislados E10 y E11 se agregaban menos, no formaban geles autoportantes y presentaban disposiciones de partículas sueltas.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental (Supo, 2013) prospectivo, transversal, analítico y de nivel investigativo explicativo (causa - efecto).

El Diseño de investigación: es de tipo experimental, pues las variables independientes fueron propuestas por la investigadora, decidiéndose por el diseño central compuesto como el más adecuado para el presente estudio.

4.2 Población y muestra

Las muestras de estudio resultan de la interacción de los niveles de las variables en estudio según el diseño estadístico. Las muestras fueron unidades de 1 000 ml de las bebidas fermentadas contenidas en envases plásticos, las mismas que estarán en conservación a 5°C para cuando se realicen las respectivas pruebas. Las bacterias lácticas, se obtuvieron de tienda especializada en insumos alimentarios; las cepas y sus códigos proporcionados por Lyofast Y 456 B son: *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Con los niveles de los factores

independientes (Tabla 6) se estableció el diseño central compuesto para 3 factores experimentales y 17 corridas (Tabla 7).

Tabla 6

Niveles de las variables independientes para la bebida fermentada

Variables independientes	Niveles			Unidades	Continuo
	-1	0	+1		
X1: Extracto de quinua	20	35	50	% v/v	Sí
X2: CMC	0,5	0,75	1	g/l	Sí
X3: Tiempo de incubación	8	9	10	horas	Sí

Tabla 7

Condiciones experimentales en base al diseño central compuesto

Tratamiento	X1: Extracto de quinua (% v/v) ¹	X2: CMC (g/l)	X3: Tiempo de incubación (h)
1	20	0,5	8
2	50	0,5	8
3	20	1,0	8
4	50	1,0	8
5	20	0,5	10
6	50	0,5	10
7	20	1,0	10
8	50	1,0	10
9	20	0,75	9
10	50	0,75	9
11	35	0,5	9
12	35	1,0	9
13	35	0,75	8
14	35	0,75	10
15	35	0,75	9
16	35	0,75	9
17	35	0,75	9

Nota: elaboración propia (2018) con software Design Expert. ¹el complemento de concentración de quinua es el extracto de soja.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Materiales

La investigación a nivel laboratorio utilizó los siguientes materiales:

a) Materiales:

- Bagueta.
- Fichas de cata para análisis sensorial.
- Envase de plástico de 1L de capacidad marca San Gabriel.
- Termómetro de mercurio de -15° C a 150 °C.
- Vasos de plástico.

b) Equipos:

- Balanza analítica METLER AS 150± 0,1 mg de sensibilidad.
- Cocina a gas marca Surge.
- Incubadora artesanal.
- Licuadora Oster.
- Ollas de acero inoxidable marca Record.
- Refrigeradora de ¼ Hp.marca FAEDA.
- Viscosímetro Digital 1 – 2 000 000 cP FUNGILAB EXPERT L.

c) Insumos:

- Azúcar blanca marca “Don Antonio”.
- CMC marca PLQ.
- Cultivo de yogurt marca SACCO Lyofast Y 456 B.

4.3.2 Método experimental

- a.** Recepción: Se midieron los volúmenes de los extractos de soya y quinua (blanca de Juli) previamente obtenidos (Anexo 1).
- b.** Mezclado: se mezclan los extractos en los porcentajes (% v/v) establecidos por el diseño experimental estadístico.
- c.** Pasteurización: La pasteurización se realizó a una temperatura de 80 °C por 20 minutos. Luego se fue añadiendo 10,5 % de azúcar y porcentajes de CMC previamente establecidos.
- d.** Enfriamiento: Después de calentar la leche se procedió a bajar la temperatura hasta 43 °C.
- e.** Inoculación (adición de cultivo): En la mezcla mantenida a temperatura en 43 °C se añade el cultivo previamente activado y fue preparado al 1 % p/v.
- f.** Incubación: Se realizó a temperatura constante a 43 °C. Los tiempos de incubación fueron de 8, 9 y 10 horas según lo establecido por el diseño experimental estadístico (Figura 6).
- g.** Batido: Después de la fermentación se procedió a batir con cuidado de no maltratar la cuajada formada.
- h.** Refrigeración y almacenaje: a 4 °C.
- i.** Análisis de tratamientos: Después de 3 días de almacenaje se realizaron los análisis sensoriales y reológicos (Figura 7).

Figura 6
Muestras de bebida en incubación



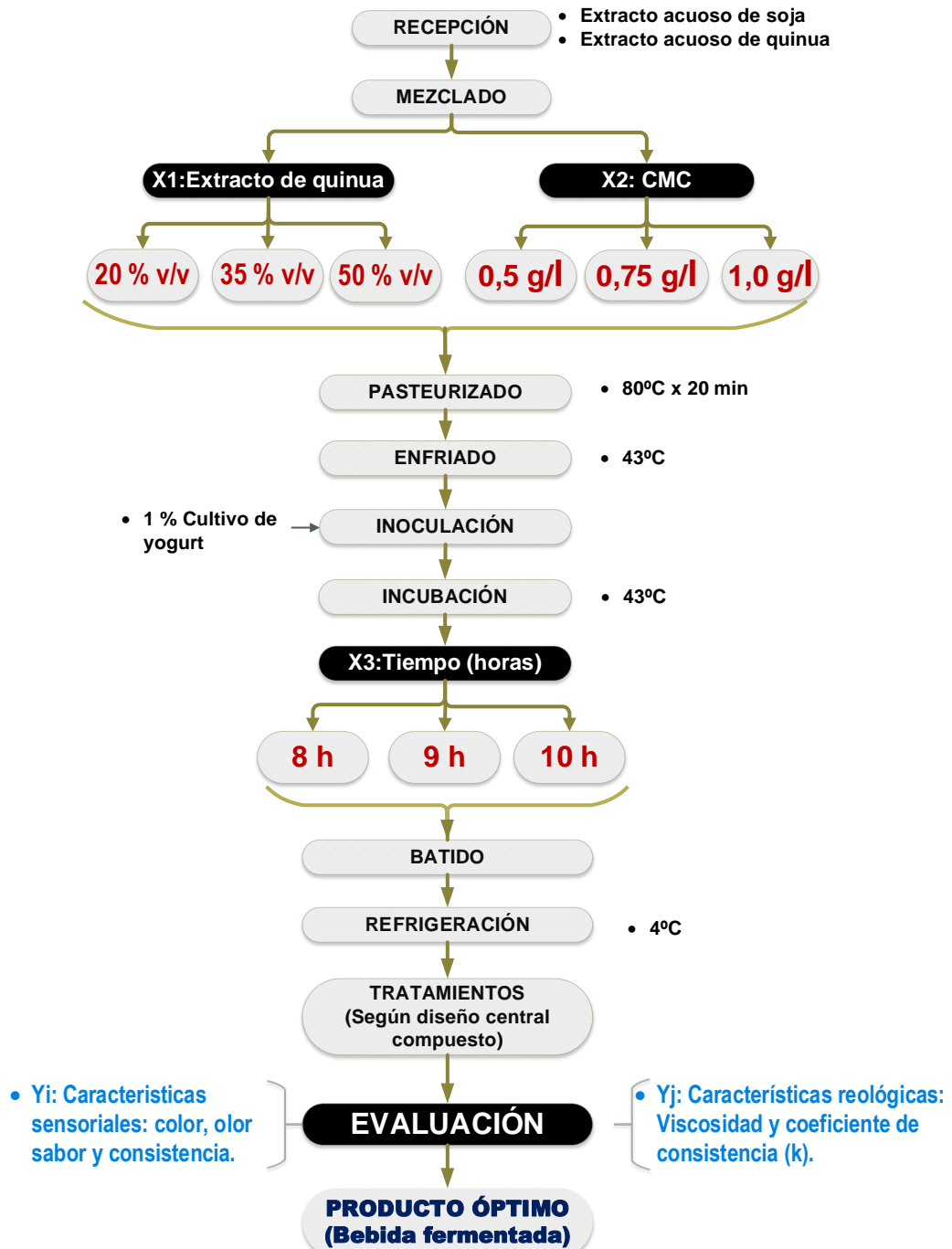
Figura 7
Análisis sensorial y reológico de los tratamientos en estudio



La Figura 8 muestra el diseño de investigación de tipo experimental para el estudio de la bebida fermentada.

Figura 8

Diseño de investigación experimental para la bebida fermentada



4.3.3 Métodos de análisis

a) En tratamientos

- Aceptabilidad sensorial del color, olor, consistencia y sabor: según escala hedónica estructurada de 9 puntos.
- Análisis de viscosidad y coeficiente de consistencia: con reómetro Brookfield Heng.

4.3.4 Análisis de datos

A los resultados obtenidos por cada variable respuesta se les aplicó la metodología de superficie de respuesta que permite ajustar modelos matemáticos a los cuales se evaluó su significación a la regresión y falta de ajuste al 95 % de confianza validados con el análisis de varianza y el coeficiente de determinación (R^2). El modelo matemático para tener capacidad predictiva, debe presentar regresión significativa con falta de ajuste no significativo al 95 % de confianza, y valor alto de R^2 (más próximo de 1 o 100%).

Para la determinación de las condiciones óptimas se aplicó la metodología de la optimización de múltiples respuestas buscando la función de deseabilidad con los modelos previamente ajustados, según lo recomendado por Montgomery (2013). La aplicación de la función de

deseabilidad permitió estimar los niveles óptimos de las variables siguiendo el criterio del valor de función de deseabilidad (D) cuyo valor está en el rango de 0 a 1, donde la combinación de D más cercana a 1 se consideró como la solución deseable u óptima.

Para ello los cálculos y construcción de figuras necesarias se utilizó el paquete los software Statgraphics XVI, Minitab 20.3 y Design-Expert 13 tal como lo recomiendan Gutiérrez & De la Vara (2012).

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE RESULTADOS

5.1 Técnicas aplicadas en la recolección de la información

El estudio recopiló datos primarios es decir aquellos que se obtienen por observación directa de los experimentos, medidos con los instrumentos ya establecidos.

5.2 Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son los establecidos en la operacionalización de variables y disponibles en los laboratorios de análisis de alimentos de la ESIA.

- Escala hedónica (Anexo 2).
- Viscosímetro de Brookfield.

5.3 Resultados

Los análisis sensoriales se realizaron con una muestra de panelistas no entrenados en un total de 34 personas, los resultados promedio se muestran en la Tabla 8. Asimismo, los resultados promedio de viscosidad

aparente y los calculados del coeficiente de consistencia se muestran en la Tabla 9.

Tabla 8

Análisis sensorial de las bebidas a base de extracto de soja y quinua

Tratamiento	X1: Quinua ¹ (% v/v)	X2: CMC (g/l)	X3: Tiempo (h)	Color	Olor	Sabor	Consistencia
1	20	0,50	8	5,94	5,44	5,53	6,12
2	50	0,50	8	6,03	5	4,71	4,00
3	20	1,00	8	5,5	5,18	4,76	4,35
4	50	1,00	8	5,56	5,06	3,65	4,71
5	20	0,50	10	5,74	5,44	5,44	5,38
6	50	0,50	10	5,85	5,32	5,21	5,24
7	20	1,00	10	5,91	4,91	5,21	5,24
8	50	1,00	10	6,06	5,21	5,38	5,79
9	20	0,75	9	5,97	5,35	5,15	5,76
10	50	0,75	9	6,18	5,82	6,12	6,26
11	35	0,50	9	6,44	5,91	6,21	5,76
12	35	1,00	9	5,91	5,97	5,26	5,74
13	35	0,75	8	6,06	5,97	6,62	5,97
14	35	0,75	10	6,03	5,79	6,59	5,68
15	35	0,75	9	6,44	6,18	6,35	6,06
16	35	0,75	9	6,74	6,48	6,35	6,09
17	35	0,75	9	6,65	6,76	7,56	6,18

Nota: ¹el complemento de concentración de quinua es el extracto de soja.

Tabla 9*Análisis reológico de las bebidas a base de extracto de soya y quinua*

Tratamiento	X1: Quinua ¹ (% v/v)	X2: CMC (g/l)	X3: Tiempo (h)	Viscosidad (Pa.sx10 ⁻³)	Coefficiente de consistencia k (Pa.s ⁿ)
1	20	0,50	8	543,32	0,65
2	50	0,50	8	77,74	0,07
3	20	1,00	8	492,23	0,62
4	50	1,00	8	161,2	0,15
5	20	0,50	10	367,63	0,38
6	50	0,50	10	327,25	0,15
7	20	1,00	10	271,61	0,18
8	50	1,00	10	110,81	0,1
9	20	0,75	9	431,1	0,43
10	50	0,75	9	465,79	0,58
11	35	0,50	9	867,29	1,06
12	35	1,00	9	504,00	0,63
13	35	0,75	8	367,29	0,41
14	35	0,75	10	519,98	0,57
15	35	0,75	9	646,4	0,83
16	35	0,75	9	559,03	0,68
17	35	0,75	9	602,71	0,76

Nota: ¹el complemento de concentración de quinua es el extracto de soya.

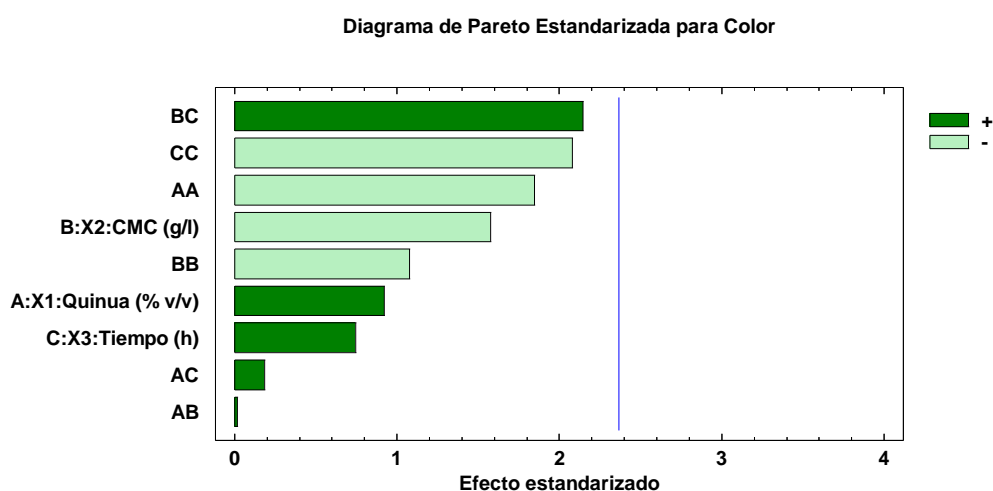
5.3.1 Color

Con el análisis de la gráfica de Pareto (Figura 9) se estableció los efectos de los coeficientes del modelo matemático que inciden en la variación de la aceptabilidad sensorial del color de la bebida. Se observa que los efectos del modelo de regresión en comparación al valor crítico del

p-valor < 0,05 (2,365) han demostrado que no presentan influencia significativa sobre la aceptabilidad del color de la bebida fermentada.

Figura 9

Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta color



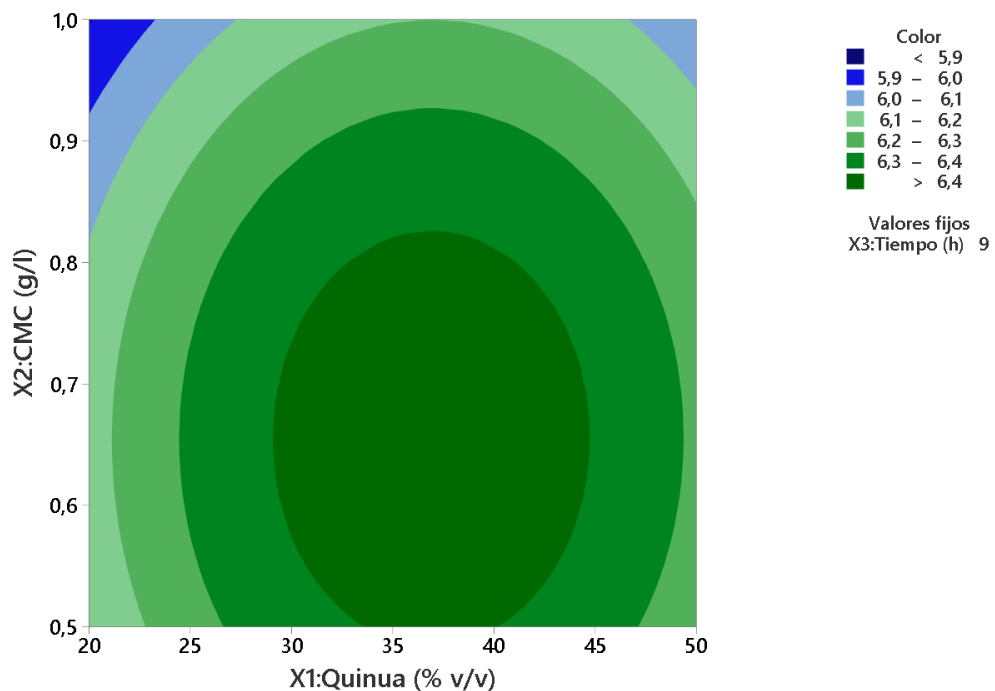
Sin embargo, el análisis de varianza del modelo que explica la variación de la aceptación del color (Anexo 5), la prueba F resultó significativa (p valor =0,0437 <0,05) con un coeficiente de determinación múltiple ($R^2 = 0,8331$) valor cercano a 1; estos resultados demuestran que el modelo completo propuesto es estadísticamente significativo para estimar, según las variables de proceso en la fermentación de la mezcla de extractos de soya y quinua, el cambio de la aceptabilidad del color de la bebida fermentada.

En la Figura 10 de superficie de respuesta se observa la variación de la percepción del color en función de las variables extracto de quinua y CMC, donde el área en verde oscuro corresponde a la aceptabilidad máxima del color de la bebida que fue estimada en 6,4 en la escala 9, que corresponde cuando las variables operan a menos de 0,80 g/l de CMC y entre 30 a 45 % v/v de extracto de quinua.

Figura 10

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del color de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC

Gráfica de contorno de Color vs. X2:CMC (g/l); X1:Quinua (% v/v)

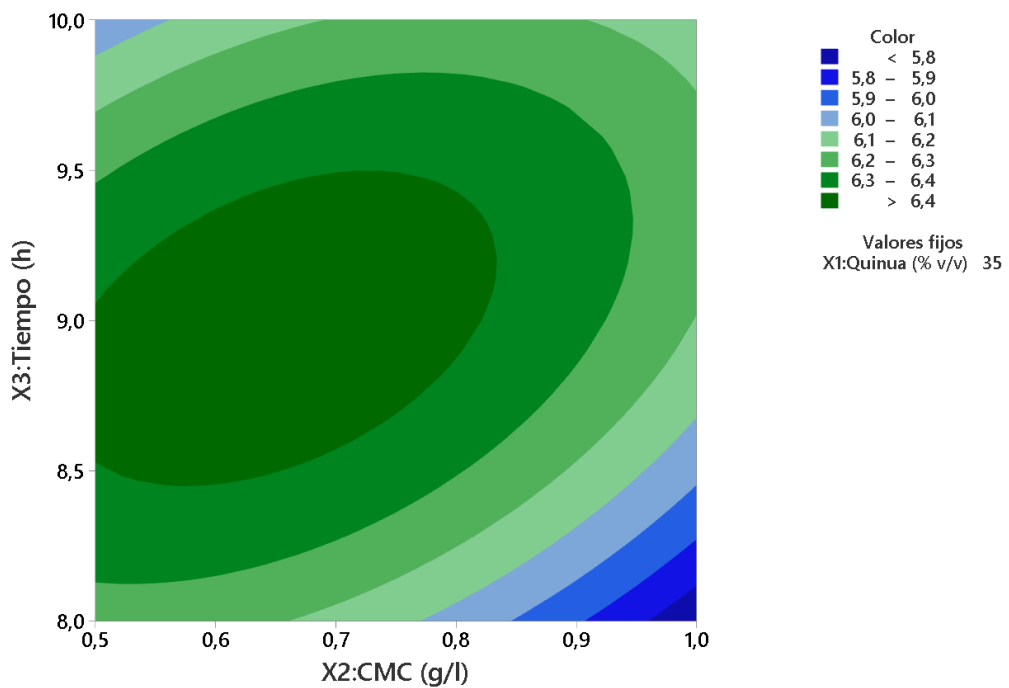


Asimismo, en la Figura 11 de superficie de respuesta se observa la variación de la aceptación sensorial del color en relación a las variables CMC y tiempo de incubación, donde el área de máxima aceptación del color de la bebida (en color verde oscuro) se estima en un promedio de 6,4 en la escala de 9 puntos, cuando las variables operan entre 0,5 a 0,8 g/l de CMC y entre 8,5 a 9,4 h de tiempo de fermentación.

Figura 11

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del color de la bebida bajo el efecto de CMC y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de Color vs. X3:Tiempo (h); X2:CMC (g/l)

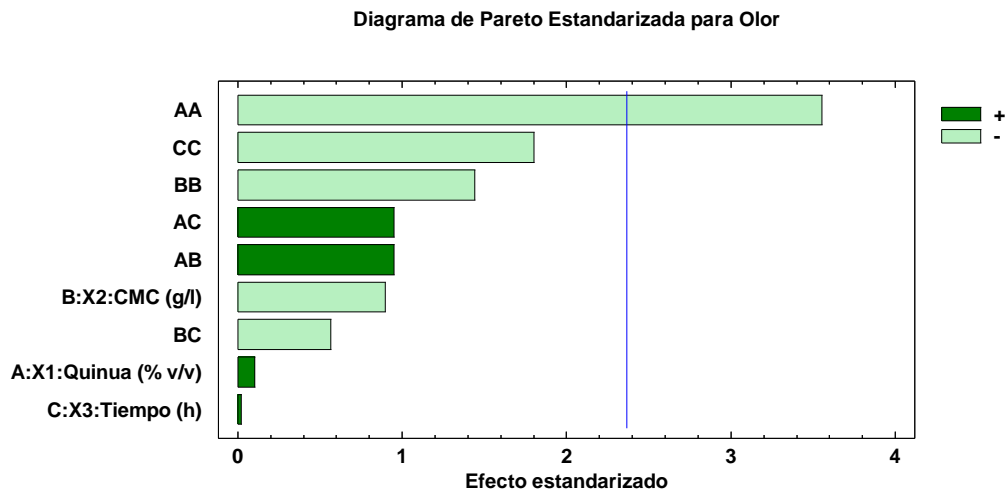


5.3.2 Olor

Con el análisis de la gráfica de Pareto (Figura 12) se estableció cuáles son los efectos individuales de los coeficientes del modelo matemático que inciden en la variación de la aceptabilidad sensorial del olor de la bebida. Se observa que solo el efecto cuadrático del extracto de quinua presentó influencia significativa p-valor < 0,05 y negativa sobre la aceptabilidad del olor de la bebida fermentada.

Figura 12

Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta olor



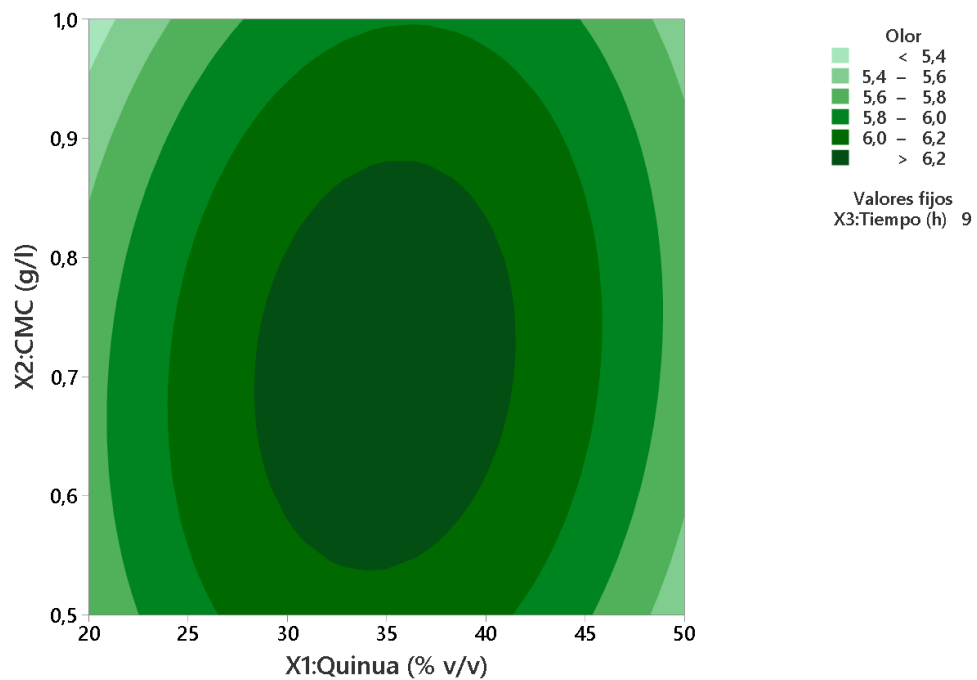
Del análisis de varianza del modelo que explica la variación de la percepción del olor (Anexo 6), la prueba F resultó significativa (p valor =0,0146 <0,05) con un coeficiente de determinación múltiple ($R^2 = 0,8830$) cercano a 1; estos resultados afirman que el modelo propuesto es

estadísticamente significativo para explicar la importancia de las variables de proceso de fermentación de la mezcla de extractos de soya y quinua sobre el cambio del color de la bebida fermentada. En la Figura 13 de superficie de respuesta se observa la variación de la percepción del olor en función de las variables extracto de quinua y CMC, donde el área en verde oscuro corresponde a la aceptabilidad máxima del color de la bebida que fue estimada en 6,2 en la escala de 9 puntos, cuando las variables operan entre 0,55 a 0,86 g/l de CMC y entre 28 a 40 % v/v de quinua.

Figura 13

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del olor de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC

Gráfica de contorno de Olor vs. X2:CMC (g/l); X1:Quinua (% v/v)

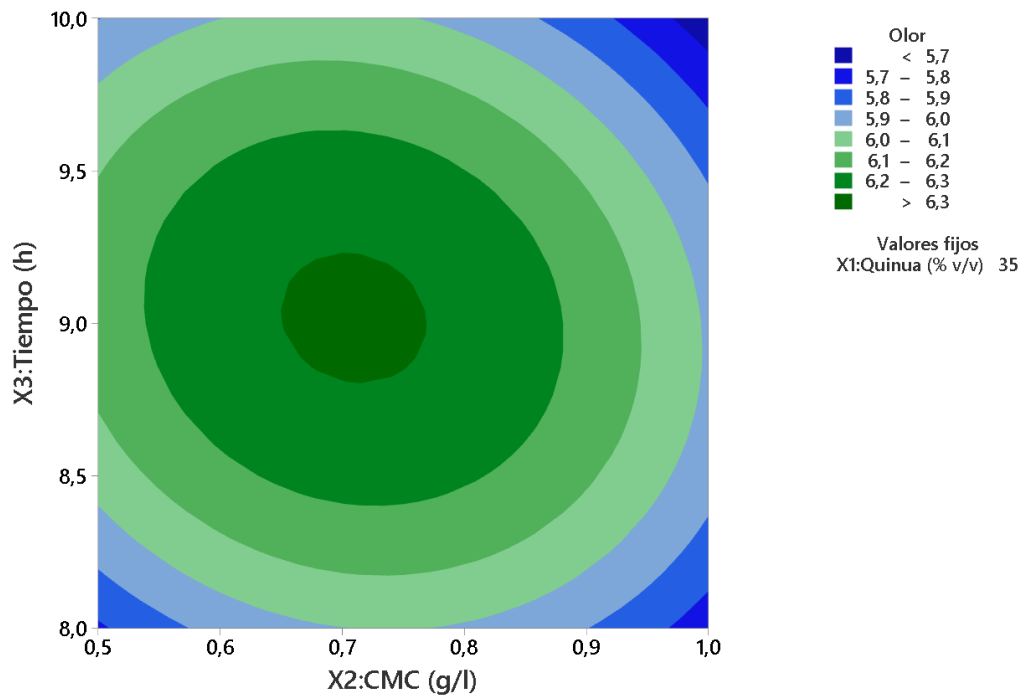


Asimismo, en la Figura 14 de superficie de respuesta binaria, se observa la variación de la aceptación sensorial del color en relación a las variables CMC y tiempo de incubación, donde el área de máxima aceptación (en color verde oscuro) se alcanza a un promedio de 6,3 en la escala de 9 puntos, cuando las variables operan entre 0,65 a 0,75 g/l de CMC y entre 8,7 a 9,2 h de tiempo de incubación.

Figura 14

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del olor de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de Olor vs. X3:Tiempo (h); X2:CMC (g/l)

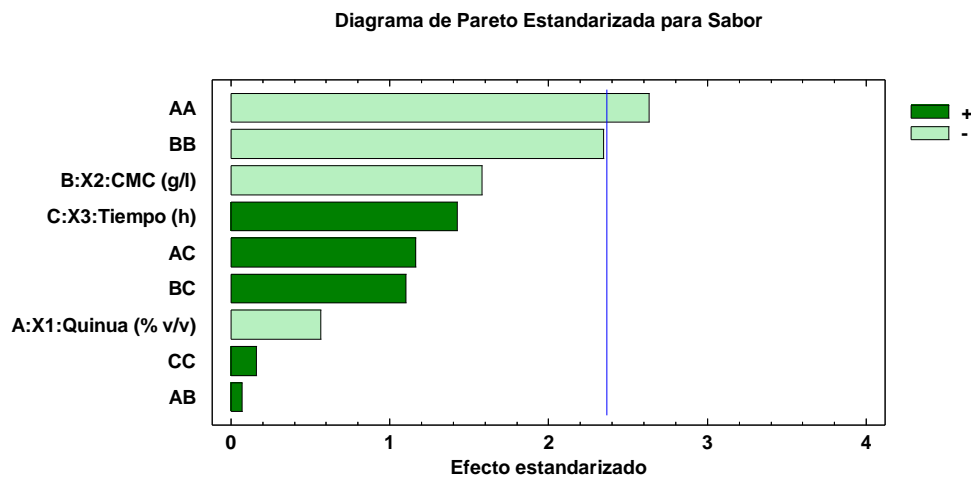


5.3.3 Sabor

El análisis de Pareto (Figura 15) estableció cuáles son los efectos de los coeficientes del modelo matemático que inciden en la variación de la aceptabilidad sensorial del sabor de la bebida. Se observa que en comparación al valor crítico (2,365) del p -valor $< 0,05$; solo el efecto cuadrático del extracto de quinua fue significativo y negativo sobre el sabor de la bebida fermentada.

Figura 15

Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta sabor



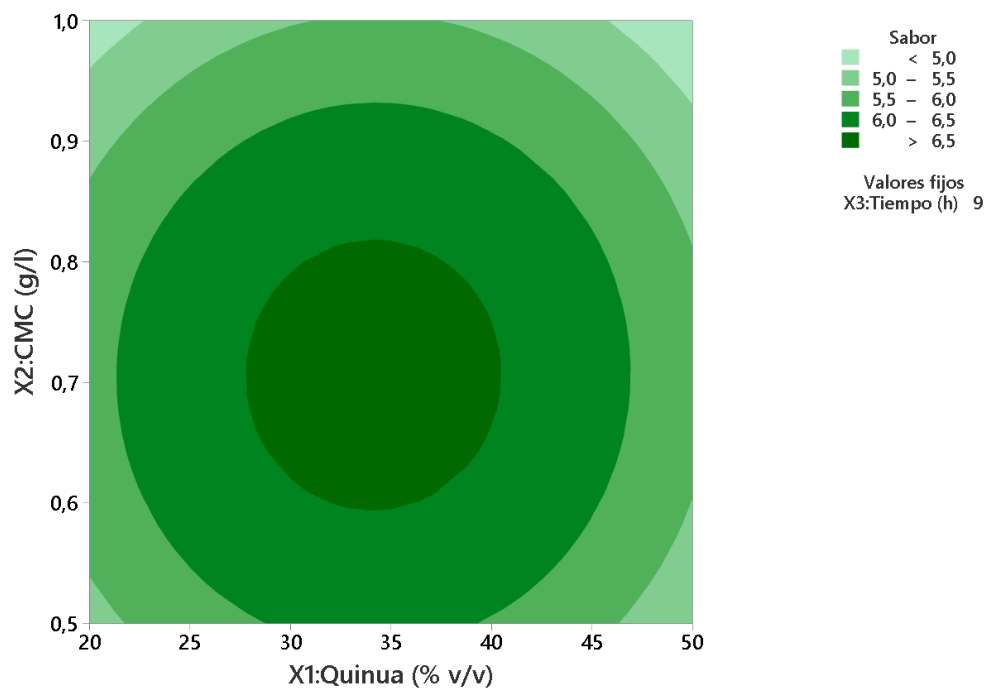
Del análisis de varianza del modelo cuadrático ajustado para explicar la variación de la percepción del sabor (Anexo 7), resultó con la prueba F significativa (p valor = 0,0434 $< 0,05$) y con un coeficiente de determinación múltiple ($R^2 = 0,8334$) cercano a 1; dichos resultados afirman que el modelo

completo es estadísticamente significativo para explicar la importancia de las variables de proceso de fermentación de la mezcla de extractos de quinua y soya sobre el cambio de la aceptabilidad del sabor de la bebida fermentada. En la Figura 16 de superficie de respuesta se observa la variación de la percepción del sabor en función de las variables extracto de quinua y CMC, donde el área en verde oscuro corresponde a la aceptabilidad máxima del sabor de la bebida que fue estimada en 6,5 en la escala de 9 puntos cuando las variables operan entre 28 a 40 % v/v de quinua con 0,6 a 0,8 g/l de CMC.

Figura 16

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del sabor de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC

Gráfica de contorno de Sabor vs. X2:CMC (g/l); X1:Quinua (% v/v)

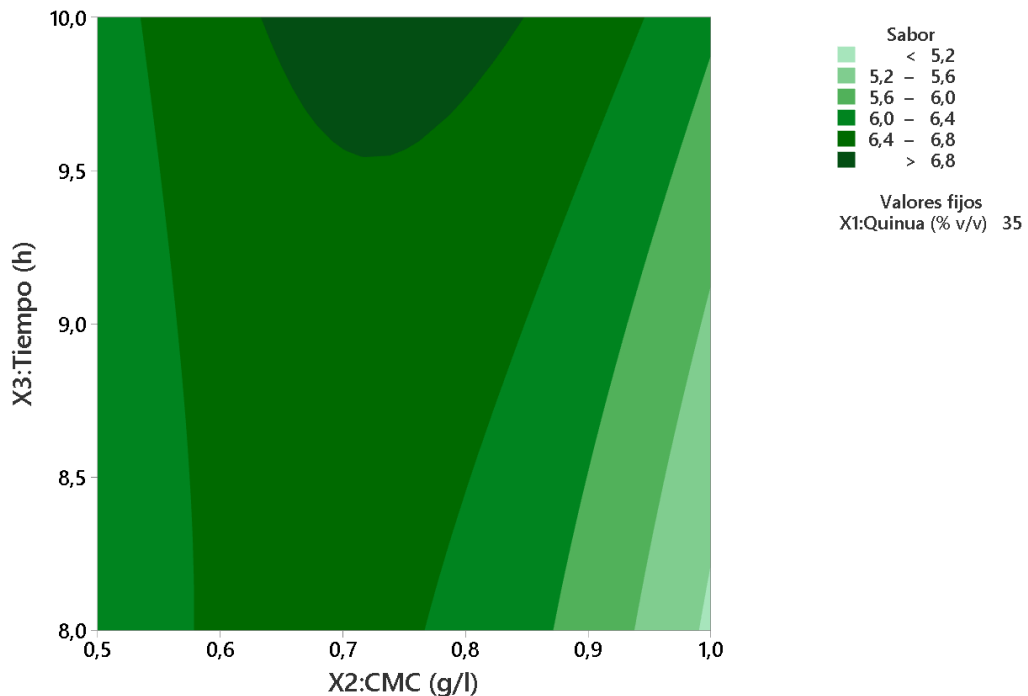


Asimismo, en la Figura 17 de superficie de respuesta binaria, se observa la variación de la aceptación sensorial del color en relación a las variables CMC y tiempo de incubación, donde el área de máxima aceptación del sabor de la bebida (en color verde oscuro) se estima en 6,8 en la escala de 9 puntos cuando las variables operan entre 0,65 a 0,85 g/l de CMC y a más de 9,5 h de tiempo de incubación.

Figura 17

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad del sabor de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de Sabor vs. X3:Tiempo (h); X2:CMC (g/l)

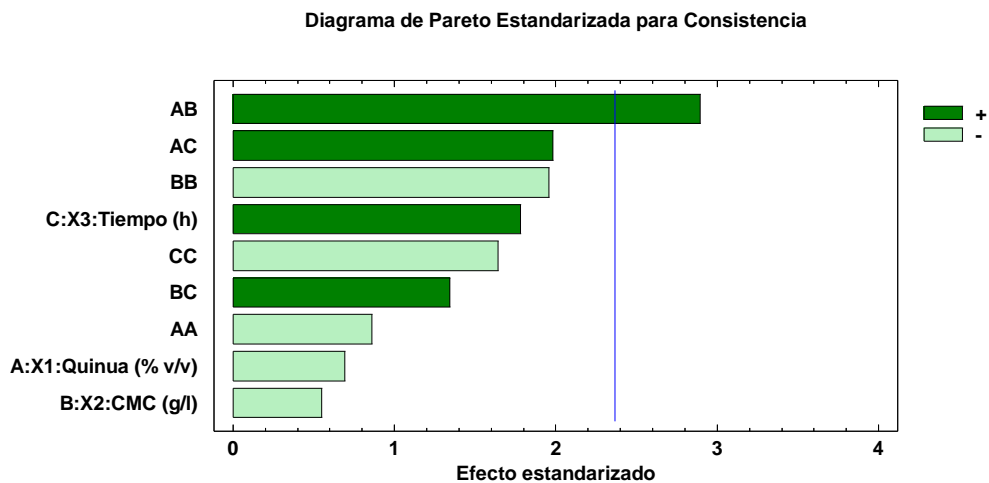


5.3.4 Consistencia

El análisis de Pareto (Figura 18) estableció cuáles son los efectos de los coeficientes del modelo matemático que inciden en la variación de la aceptabilidad sensorial de la consistencia de la bebida. Observándose que en comparación al valor crítico (2,365) del p -valor $< 0,05$; solo el efecto combinado del extracto de quinua con el CMC fue significativo y positivo sobre la aceptabilidad de la consistencia de la bebida fermentada.

Figura 18

Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta consistencia



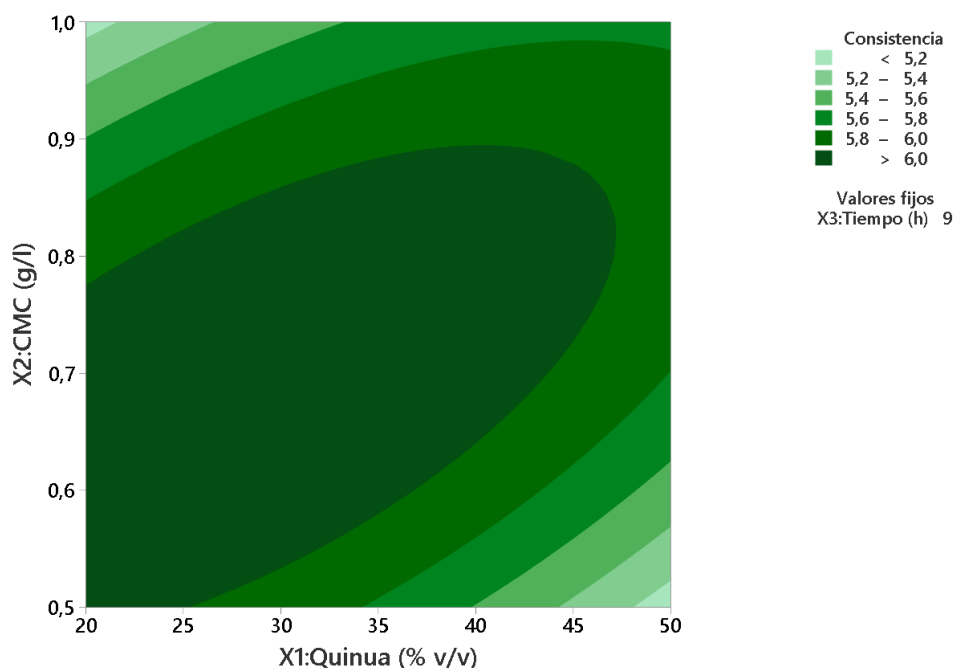
El análisis de varianza de la ecuación desarrollada para explicar la aceptabilidad de la consistencia (Anexo 8), la prueba F resultó significativa (p valor =0,0327 $< 0,05$) con un valor de coeficiente de determinación múltiple ($R^2 = 0,8484$) cercano a 1; estos resultados demuestran que la

ecuación es estadísticamente significativa para explicar la importancia de la mezcla de extractos de soya y quinua sobre el cambio de la aceptabilidad de la consistencia de la bebida fermentada. En la Figura 19 de superficie de respuesta se observa la variación de la percepción de la consistencia en función de las variables extracto de quinua y CMC, donde el área en verde oscuro corresponde a la aceptabilidad máxima de la consistencia de la bebida que fue estimada en 6 en la escala de 9 puntos cuando las variables operan con menos del 45 % de quinua y con menos de 0,78 g/l de CMC.

Figura 19

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad de la consistencia de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC

Gráfica de contorno de Consistencia vs. X2:CMC (g/l); X1:Quinua (% v/v)

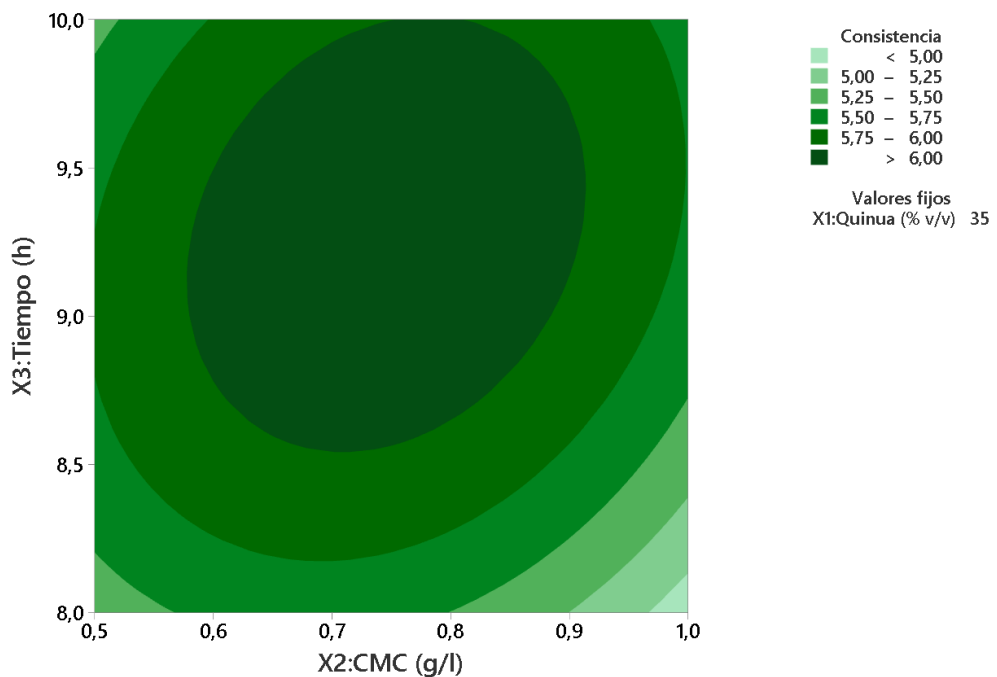


Asimismo, en la Figura 20 de superficie de respuesta binaria, se observa la variación de la aceptación sensorial del color en relación a las variables CMC y tiempo de incubación, donde el área de máxima aceptación del color de la bebida (en color verde oscuro) se estimó un valor de 6 en la escala de 9 puntos correspondiendo cuando las variables operan entre 0,6 a 0,9 g/l de CMC y a más de 8,5 h de tiempo de incubación.

Figura 20

Superficie de respuesta binaria para la aceptabilidad de la consistencia de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de Consistencia vs. X3:Tiempo (h); X2:CMC (g/l)

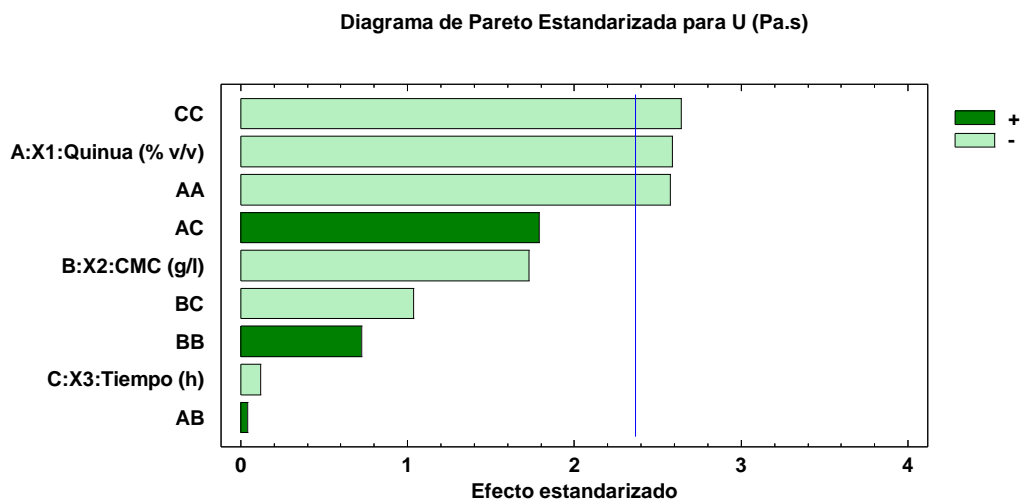


5.3.5 Viscosidad aparente

Con el análisis de la gráfica de Pareto (Figura 21) se establecieron los efectos individuales de los coeficientes de la ecuación matemática que inciden en la variación de la viscosidad aparente de la bebida. Se observa que en comparación al valor crítico del p-valor $< 0,05$ demuestran que el efecto cuadrático y negativo del extracto de quinua, tiempo de fermentación y el efecto lineal y negativo del extracto de quinua presentaron significancia sobre la variabilidad de la viscosidad aparente de la bebida fermentada.

Figura 21

Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta viscosidad aparente



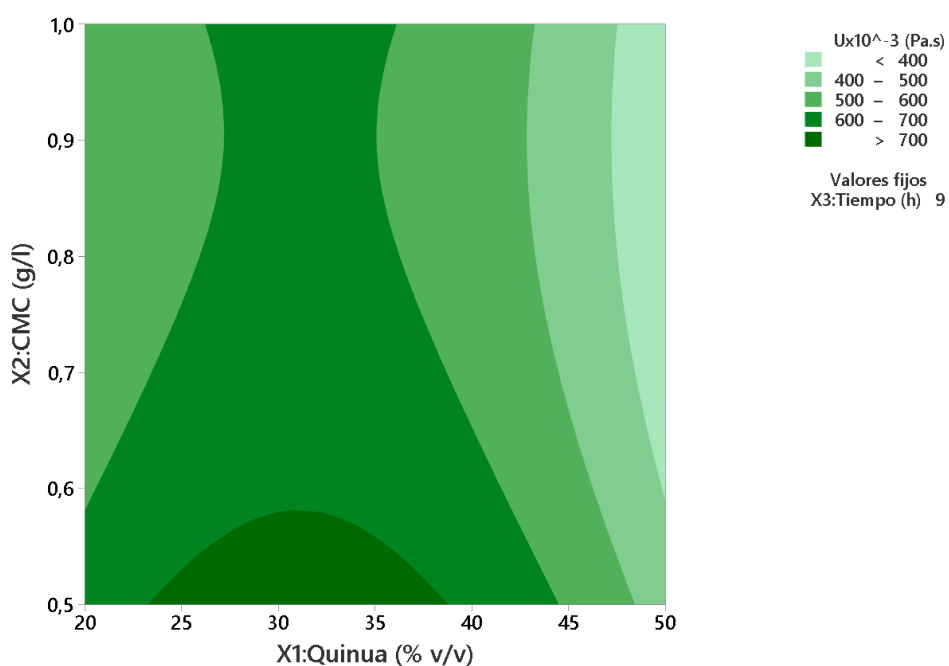
Del análisis de varianza de la ecuación que explica la variación de la viscosidad aparente (Anexo 9), la prueba F resultó significativa (p valor $=0,0301 < 0,05$) y complementado con un valor de coeficiente de

determinación múltiple ($R^2 = 0,8525$) valor cercano a 1; estos resultados afirman que la ecuación es estadísticamente significativa para explicar la influencia de la mezcla de extractos de soya y quinua sobre el cambio de la viscosidad aparente de la bebida fermentada. Asimismo, en la Figura 22 de superficie de respuesta, muestra que la variación de la viscosidad en función de las variables independientes quinua y CMC (en color verde oscuro) maximiza la viscosidad a más de 700×10^{-3} Pa.s entre 23 % v/v a 45 % v/v de quinua y menos de 0,60 g/l de CMC.

Figura 22

Superficie de respuesta binaria para la variación de la viscosidad aparente de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC

Gráfica de contorno de $U \times 10^{-3}$ (Pa.s) vs. X1:Quinua (% v/v); X2:CMC (g/l)

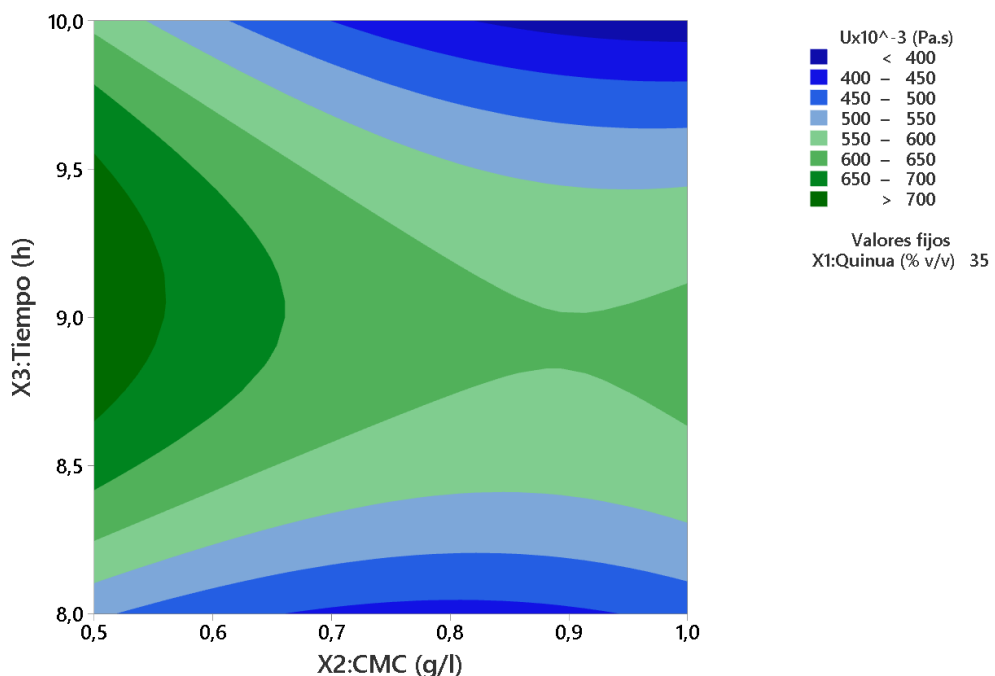


Asimismo, en la Figura 23 de superficie de respuesta binaria, muestra como la viscosidad va aumentando a más de 700×10^{-3} Pa.s (en color verde oscuro) cuando las condiciones son de las variables independientes CMC y tiempo de incubación son de menos de 0,55 g/l de CMC y entre 8,6 a 9,6 horas de fermentación, comprobándose que mayores concentraciones de CMC reportan valores más bajos de viscosidad.

Figura 23

Superficie de respuesta binaria para la variabilidad de la viscosidad aparente de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de $U \times 10^{-3}$ (Pa.s) vs. X2:CMC (g/l); X3:Tiempo (h)



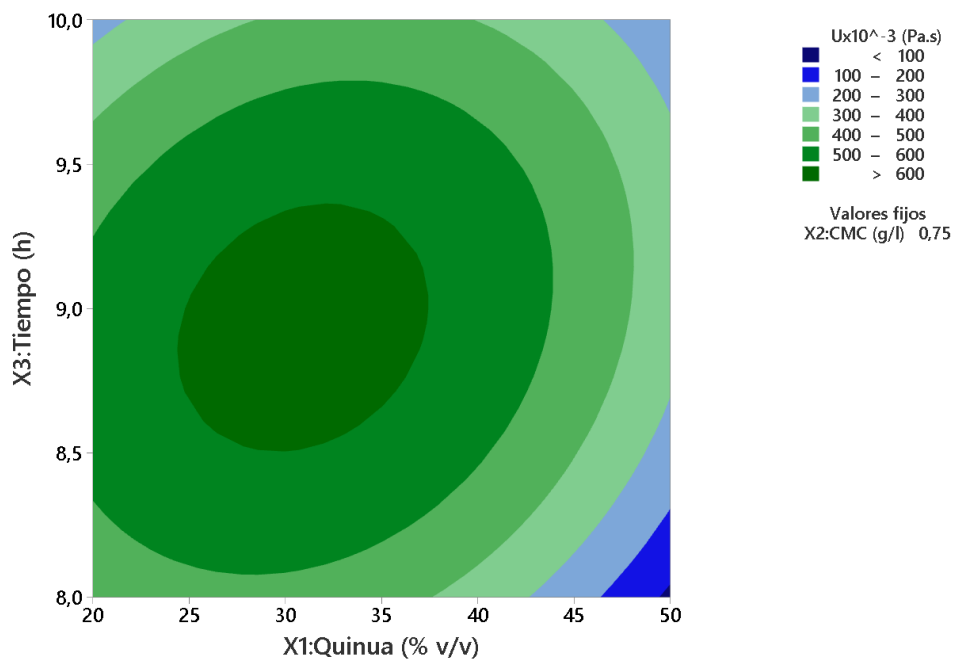
Asimismo, en la Figura 24 de superficie de respuesta binaria para la quinua y el tiempo de incubación, se ha determinado una región de máxima

respuesta para la viscosidad, alcanzando valores 600×10^{-3} Pa.s para una rango adición de extracto de quinua entre 25 % v/v y 37 % v/v para un proceso de tiempo incubación de 8,7 y 9,3 horas.

Figura 24

Superficie de respuesta binaria para la variabilidad de la viscosidad aparente de la bebida bajo el efecto del extracto de quinua y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de $U \times 10^{-3}$ (Pa.s) vs. X1:Quinua (% v/v); X3:Tiempo (h)



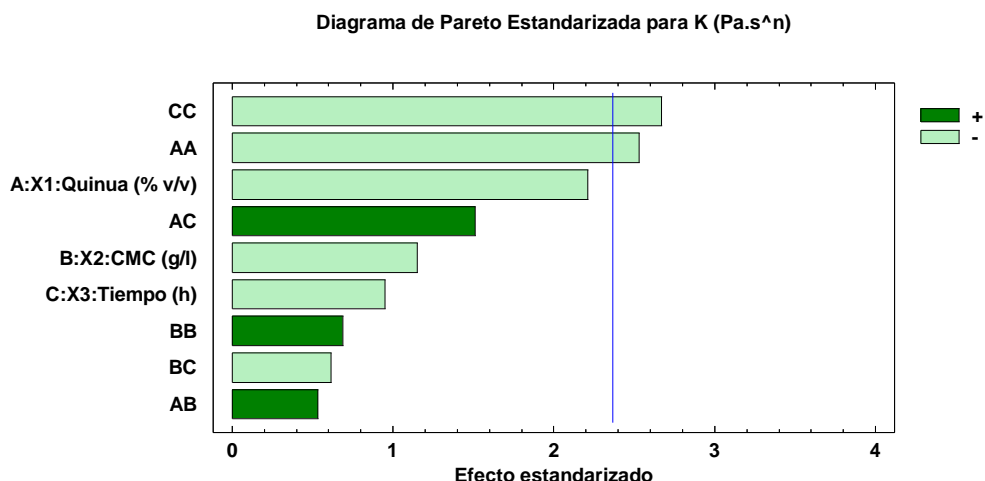
5.3.6 Coeficiente de consistencia (k)

En la gráfica de Pareto (Figura 25) se identifican los efectos de los coeficientes del modelo desarrollado para explicar la variabilidad del coeficiente de consistencia de la bebida. Observándose que en

comparación al valor crítico (2,365) del p-valor < 0,05 los efectos cuadráticos del extracto de quinua y el tiempo de fermentación presentaron influencia negativa y significativa sobre el coeficiente de consistencia de la bebida fermentada.

Figura 25

Diagrama de Pareto de efectos para la respuesta coeficiente de consistencia



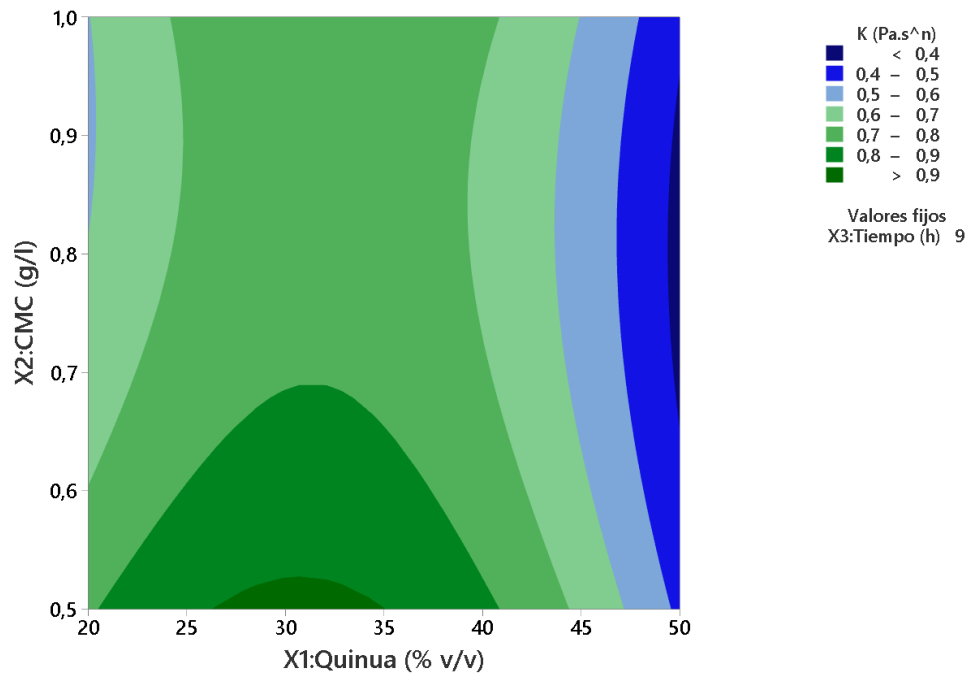
El análisis de varianza del modelo que explica la variación del coeficiente de consistencia (Anexo 10), la prueba F (p valor =0,0389 <0,05) resultó significativa y con un valor de coeficiente de determinación múltiple ($R^2 = 0,8394$) valor cercano a 1; estos resultados establecen que el modelo es estadísticamente significativo para explicar la influencia de la mezcla de extractos de soya y quinua sobre el cambio del color de la bebida

fermentada. En la Figura 26 de superficie de respuesta se muestra la variación del coeficiente de consistencia en función de las variables independientes quinua y CMC (en color verde oscuro) maximizan su valor a más de 0,90 Pa.sⁿ entre 26 a 35 % v/v de quinua, pero a menos de 0,52 g/l de CMC.

Figura 26

Superficie de respuesta binaria para la variación del coeficiente de consistencia de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC

Gráfica de contorno de K (Pa.sⁿ) vs. X2:CMC (g/l); X1:Quinua (% v/v)



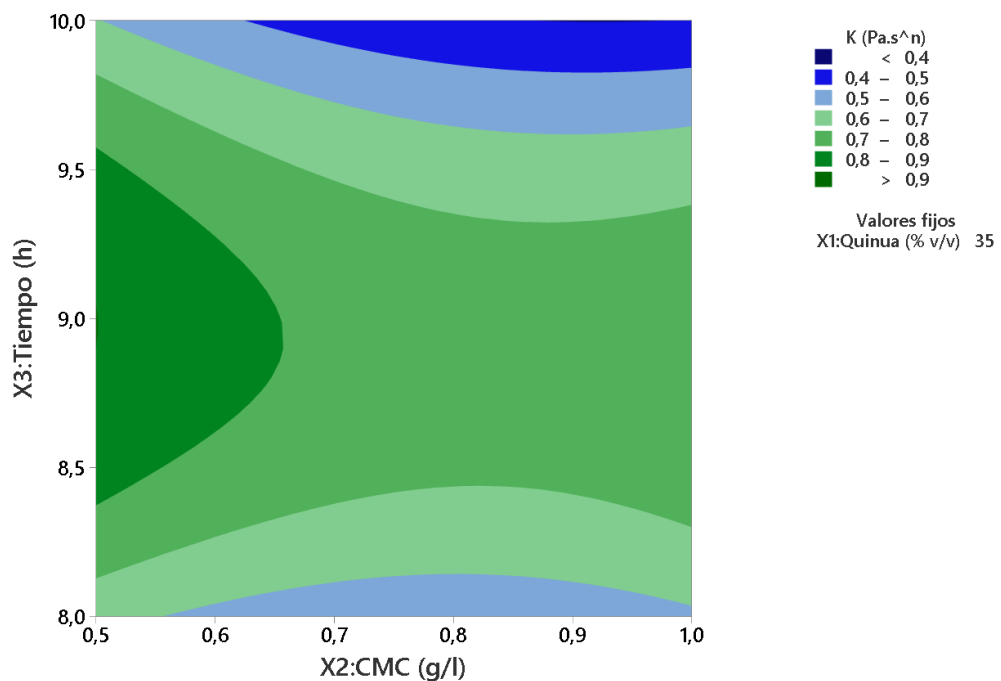
Asimismo, en la Figura 27 de superficie de respuesta, muestra la variación del coeficiente de consistencia en función de las variables

independientes CMC y tiempo de incubación maximizan su valor a más de 0,90 Pa.sⁿ (en color verde oscuro) cuando las condiciones son con menos de 0,65 g/l de CMC y entre 8,6 a 9,4 horas de fermentación, comprobándose que a mayores concentraciones de CMC se estiman valores más bajos de viscosidad.

Figura 27

Superficie de respuesta binaria para la variabilidad del coeficiente de consistencia de la bebida bajo el efecto del CMC y el tiempo de incubación

Gráfica de contorno de K (Pa.sⁿ) vs. X3:Tiempo (h); X2:CMC (g/l)



5.3.7 Optimización

Para la optimización múltiple se establecieron las siguientes condiciones:

- Variables independientes: evaluar en el rango de estudio a los niveles de las variables independientes (extractos de quinua, CMC y tiempo de fermentación).
- Variables respuestas: Maximizar los atributos sensoriales color, olor, sabor y consistencia; mientras se mantuvo en rango de predicción las características reológicas.
- Se siguió el criterio recomendado por los investigadores (Granato & Ares, 2013) como también (Gutiérrez & De la Vara, 2012), donde para considerar a la solución como óptima, esta combinación de variables debe alcanzar un valor de deseabilidad o Desirability (D) mayor a 0,7.

Aplicando la optimización múltiple del programa estadístico Design Expert 11 se obtuvieron los resultados de la optimización que satisfacen los criterios establecidos tal como se muestra en la Tabla 10.

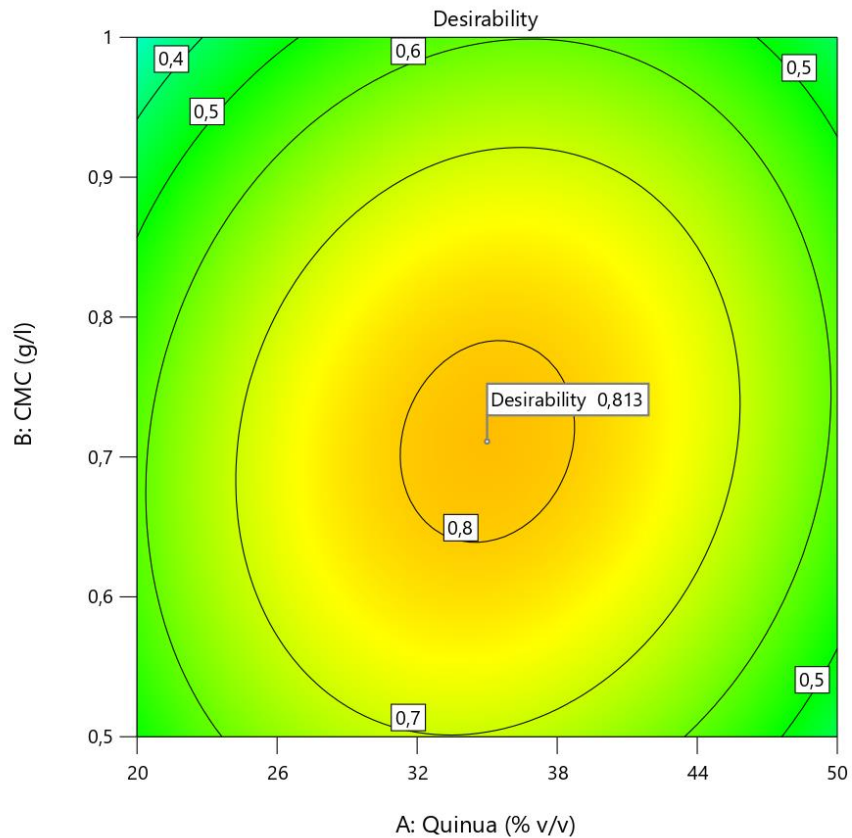
Tabla 10*Condiciones óptimas para la bebida a base de extracto de soya y quinua*

Factor	Criterio	Límite inferior	Límite superior	Valor óptimo
X1: Quinua (% v/v)	en rango	20	50	35,01
X2: CMC (g/l)	en rango	0,5	1	0,71
X2: Tiempo (h)	en rango	8	10	9,15
Color	maximizar	5,5	6,74	6,45
Olor	maximizar	4,91	6,76	6,31
Sabor	maximizar	3,65	7,56	6,69
Consistencia	maximizar	4	6,26	6,19
Viscosidad (Pa.s x10 ⁻³)	en rango	77,74	867,29	627,81
Coefficiente de consistencia (k) (Pa.s ⁿ)	en rango	0,07	1,06	0,76
Desirability (D)				0,81

La Figura 28 muestra la superficie de respuesta binario para las variables quinua y CMC sobre la solución óptima (deseabilidad = 0,81) para la bebida fermentada, donde el comportamiento para encontrar las mejores condiciones de elaboración será para un rango de extracto de quinua del 32 % al 38 % con 0,65 a 0,68 g/l de CMC.

Figura 28

Superficie de respuesta binaria para las condiciones óptimas de elaboración de la bebida bajo el efecto de la quinua y el CMC



En la Tabla 11 se muestra el cálculo detallado del balance de materia del tratamiento optimizado de la bebida de extractos de soja y quinua elaborada a nivel de laboratorio. Destacándose que las pérdidas no son importantes puesto que el proceso ya considera los extractos como materias primas iniciales, resultando con un rendimiento del 107 %.

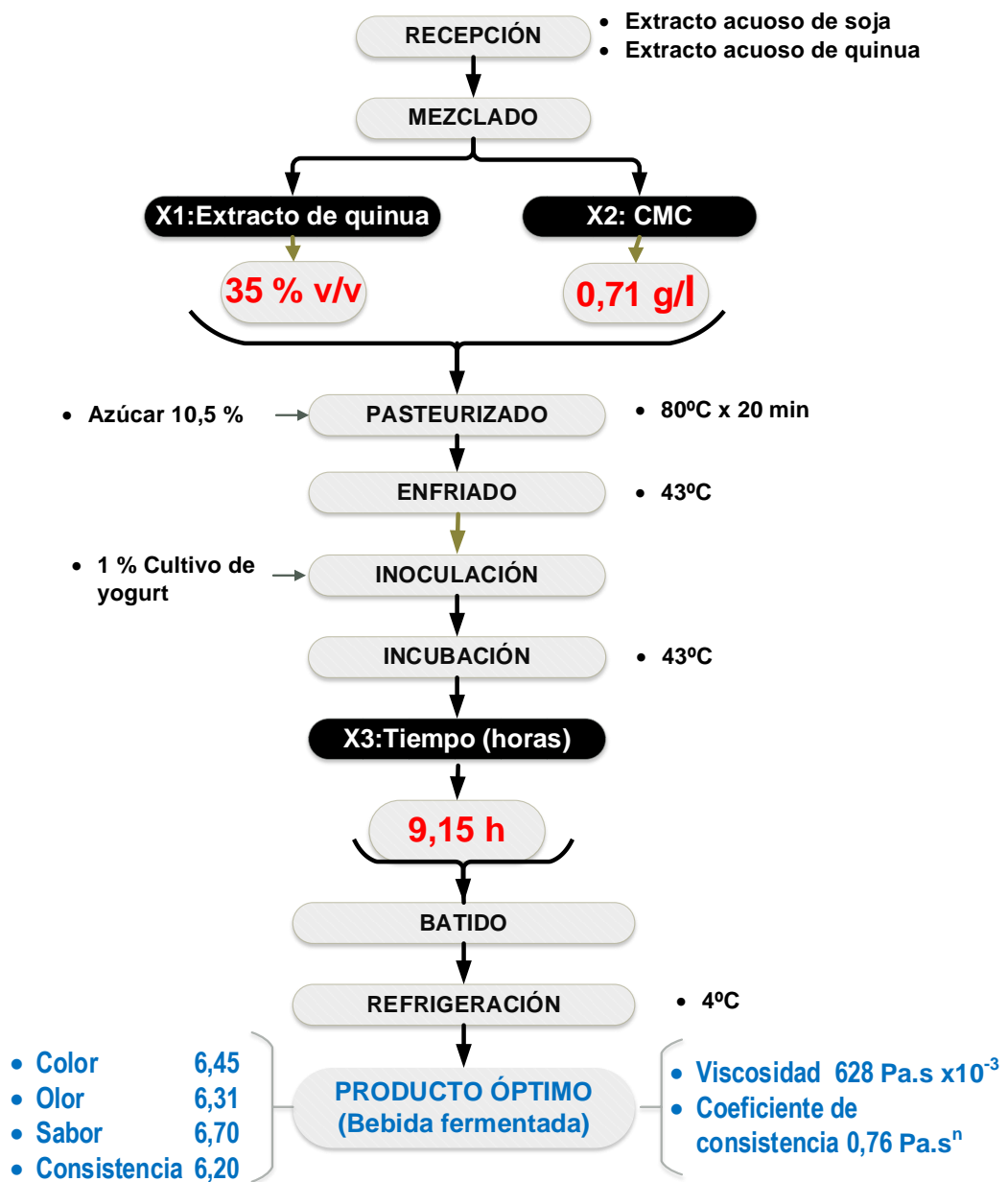
Tabla 11*Balance de materia del producto optimizado*

Operaciones	Entra	Sale	Continua
RECEPCIÓN (ml)			
Extracto de soja (35 %)	350		
Extracto de quinua	650	0	1000
MEZCLADO	1000		
CMC (0,71 g/L)	0,71	0	1000,71
PASTEURIZADO	1000,71	10	
Azúcar (10,5 %)	105,07		1095,78
ENFRIADO	1095,78	2,91	1092,87
INCUBACIÓN	1092,87	3	
Cultivo de yogurt (1 %)	10,93	0	1100,80
BATIDO	1100,80	30,8	1070,00
REFRIFERACIÓN	1070,00	0	
PRODUCTO FINAL	1070,00		
Rendimiento	107,00%		

En la Figura 29 se muestra el flujo optimizado para la elaboración de la bebida fermentada a base de extracto de soja y quinua, destacándose que en calificación sensorial en la escala de 9 puntos alcanzó un rango entre 6 y 7, es decir entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”, además la viscosidad refleja que es una bebida fluida es decir similar a un yogurt bebible.

Figura 29

Flujo definitivo en la elaboración de la bebida a base de extractos de soja y quinua fermentada con cultivo de yogurt



5.4 Discusión

5.4.1 Aceptabilidad sensorial

En la bebida de soja y quinua investigada, la ausencia de influencia sobre el atributo color (p valor = 0,0358) dan a entender que una variación de la mezcla de soja y/o quinua, así como su tiempo de fermentación no produjeron mayores cambios pues para la escala hedónica de 9 puntos, el color presentó una ligera variación entre 5,9 a 6,45. Mientras que la aceptabilidad para del olor fue de 5,5 a 6,25 pero significativa por efecto de la variación del extracto de quinua.

Lehr (2009) aplicando la prueba hedónica en la escala de nueve puntos, determinó que mientras menos extracto de soja y azúcar posea la bebida fermentada, el olor resultante es menos llamativo y su consistencia es más fluida, por lo que no es del total agrado del consumidor. Comportamiento que para el presente estudio de la bebida fermentada es distinta, se ha observado una región donde se maximiza tanto la aceptabilidad del olor y sabor y que se encuentre cercana al punto central de investigación y esto se explica simplemente porque los consumidores han sido capaces de tolerar niveles de quinua alrededor del 35 %; pero un aumento o disminución de dicho porcentaje genera una disminución de su aceptabilidad, es decir que el particular y ligero olor vegetal que desprende

el extracto de soya en combinación con la quinua llega a dichos porcentajes (35/65), combinación en la cual los panelistas dejan evidencia de su aceptabilidad porque probablemente hayan reconocido el aroma típico de las leches fermentadas tal como afirman Ott et al. (2000) que dicho comportamiento es por efecto del acetaldehído, que es de los compuesto más importantes al impartir un aroma típico en la leche fermentada, y el resultado significativo de la variación del olor advierte que cambios en dicho porcentaje de soya y quinua alteran la tendencia a su aceptabilidad del olor.

Hay que destacar lo establecido por Harper et al. (2022) quienes indicaron que una de las razones de la resistencia a la adopción de leches de origen vegetal es la presencia de sabores y texturas indeseables de 'frijol'. Estos sabores indeseables se pueden atribuir en gran medida a los aldehídos, principalmente hexanal, así como a alcoholes como n -hexanol, n -pentanol y n -heptanol, cetonas como etilvinilcetona y furanos como n -pentil furano y 2-(1-pentenil) furano.

La fermentación de leches de origen vegetal mediante una variedad de LAB es capaz de eliminar por completo el hexanal y disminuir la concentración de otros compuestos orgánicos volátiles que contribuyen en la soya (Blagden & Gilliland, 2005), prueba de ello es que al dejar actuar a

las LAB hasta el máximo de tiempo es cuando más agradable resultó ser el sabor de la bebida de soja y quinua fermentadas.

López (2019) al determinar la influencia de concentraciones de extracto de tarwi y lactosa sobre las características sensoriales de un sucedáneo de yogurt encontró significancia para la variación del aspecto y sabor (p valor $< 0,05$) pero no fue significativa en la aceptabilidad del color y olor (p valor $> 0,05$), y en general califica a la bebida con “me gusta moderadamente”, comportamiento muy similar para la bebida fermentada de soja y quinua donde si fue significativa para la aceptabilidad del color, alcanzando el producto final una calificación entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”.

Para el caso de la aceptabilidad de la consistencia Liu et al. (2020) afirman que la viscosidad sensorial, la suavidad, el recubrimiento y la pegajosidad también se intensifica a medida que se incrementaba los hidrocoloides. Que, si bien puede tener un fuerte efecto sobre la percepción sensorial de la textura, pero la percepción del sabor se verá ligeramente afectada, tal como se observó en la bebida fermentada de soja y quinua donde el CMC añadido no tuvo efecto significativo sobre el sabor.

5.4.2 Características reológicas

En el caso de la bebida fermentada es el CMC quien ha manifestado su influencia a nivel reológico actuando de manera sinérgica con el extracto de quinua. Según Cai et al. (2018) una mejor estabilidad de las bebidas acidificadas, por adición del CMC, se explica por el efecto de una mayor electronegatividad, lo que aumenta la repulsión electrostática entre las partículas de caseína adsorbidas por CMC en el sistema coloidal, lo que contribuye a una mejor estabilidad de la bebida. Si bien la bebida elaborada de soja y quinua no presenta caseína ya que no está elaborada con leche, si presenta otras proteínas que actúan junto con el CMC disminuyendo la arenosidad que usualmente presenta las bebidas a base de soja. Vanegas et al. (2009) coinciden también en que una manera de disminuir la sedimentación de la proteína es aplicando hidrocoloides que interactúen con la proteína a fin de conseguir la estabilidad deseada.

Se comprobó que para el caso del extracto de quinua que, a una mayor concentración del mismo, mayor es la viscosidad de la bebida. Este comportamiento se podría explicar considerando que la naturaleza química de la proteína de quinua tal como lo afirma Ruiz et al. (2016) contribuye a la reducción de la tensión interfacial al adsorberse en la interfaz aire/agua, previniendo la desestabilización de emulsiones y espumas. Este

comportamiento está definido por propiedades estructurales, que dependen del pH. Ello puede explicar por qué el extracto de quinua presentó mayor efecto sobre la viscosidad, comportamiento corroborado por Kaspchak et al., (2017) quienes encontraron geles de proteína de quinua formados a pH 3,5 fueron más viscoelásticos y más densos que los formados a pH 7,0, que eran más gruesos y presentaban sinéresis.

Sebayang (2019) en el proceso de elaboración del yogur con la adición de CMC en un rango de 0 a 0,5%. El resultado organoléptico determinó que el yogur con una adición de 0,3% (3 g/l) de CMC dio el mejor resultado con una viscosidad de $1537,89 \times 10^2$ cP (153,7 Pa.s) y con un aroma y una acidez distintivos, y una buena consistencia. Los panelistas prefirieron ese yogur a otros. Dichos resultados de alguna manera explicarían del porque la bebida de soya y quinua alcanzó una viscosidad bastante fluida pues resultó con una viscosidad de $627,8 \text{ Pa.s} \times 10^{-3}$ (0,6278 Pa.s) como consecuencia de que claramente las dosis de CMC utilizada fue mucho menos (0,71 g/l) y considerando también el contexto de que se utilizaron extractos acuosos de vegetales y no leche como materia prima.

Asimismo, se debe considerar que la probable característica de una baja viscosidad sea porque la bebida pasa por un largo proceso térmico (incubación) pues como lo indica Sidley Chemical (2013) la viscosidad de la solución de carboximetilcelulosa disminuirá con el aumento de la temperatura y además se debe considerar también que la viscosidad no tendrá grandes cambios cuando el valor de pH esté dentro del rango de 9,0 a 11,0. Sin embargo, cuando el valor de pH es inferior a 6,0 la viscosidad disminuirá rápidamente y como esta bebida es producto de la fermentación ácida, es otra razón por la cual la bebida es más fluida que consistente.

CONCLUSIONES

1. La influencia del cultivo de yogurt fue significativa (p -valor $<0,05$) para la aceptabilidad del color, el olor, sabor y consistencia de la bebida fermentada, destacando el efecto del extracto de quinua como principal factor influyente y seguido del efecto del CMC, el tiempo de fermentación no presentó mayores influencias.
2. La influencia sobre las características reológicas de la bebida fermentada con cultivo de yogurt fue significativa (p -valor $<0,05$) para la viscosidad y coeficiente de consistencia, destacando el efecto del extracto de quinua y el tiempo de fermentación mientras que el CMC no presentó mayor influencia.
3. Las condiciones óptimas de elaboración de la bebida fermentada con cultivo de yogurt son las siguientes: extracto de quinua 35 % v/v (extracto de soya 65 % v/v), CMC 0,71 g/l y tiempo de fermentación 9,15 horas. Parámetros que permiten obtener una bebida con una aceptabilidad en la escala hedónica de 9 puntos de color 6,45; olor 6,31; sabor 6,69 y consistencia 6,19; con una viscosidad $627,81 \times 10^{-3}$ Pa.s y coeficiente de consistencia (k) $0,76 \text{ Pa.s}^n$ que lo caracteriza un fluido pseudoplástico, con aspecto a una bebida fluida similar a un yogurt bebible.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la adición de pulpas de frutas naturales para verificar su influencia en su aceptabilidad sensorial y vida útil.
2. Estudiar la mezcla del extracto de soya con otros extractos de granos andinos en la elaboración de bebidas fermentadas con cultivos de yogur o probióticos.
3. Evaluar un producto similar al yogur elaborado con leche de soja o proteínas de soja (controlando el tratamiento térmico) utilizando cultivos o combinaciones de cultivos que demuestren tener el mayor impacto en los volátiles (diacetilo) para determinar, mediante análisis sensorial, si se mejoran los sabores de los productos.
4. Evaluar el uso y/o mezcla de otros hidrocoloides a fin de mejorar la aceptabilidad de la consistencia de las bebidas fermentadas de extractos de granos como soya o quinua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, J., Thomas, L., & Arfat, Y. A. (2019). Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. *Food Research International*, 116, 302-311. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.039>
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>
- Ayub, M., Castro-Alba, V., & Lazarte, C. E. (2021). Development of an instant-mix probiotic beverage based on fermented quinoa with reduced phytate content. *Journal of Functional Foods*, 87, 104831. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104831>
- Blagden, T. D., & Gilliland, S. E. (2005). Reduction of Levels of Volatile Components Associated with the “Beany” Flavor in Soymilk by Lactobacilli and Streptococci. *Journal of Food Science*, 70(3), M186-M189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07148.x>

- Blanco-Gutiérrez, I., Varela-Ortega, C., & Manners, R. (2020). Evaluating Animal-Based Foods and Plant-Based Alternatives Using Multi-Criteria and SWOT Analyses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7969. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217969>
- Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Cantero, D., & Webb, C. (2003). Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Research International*, 36(6), 527-543. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00009-7)
- Bose, P. (2021). *Rheological Analysis of Common Beverages*. AZoM.com. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=21106>
- Business Wire. (2018). *Dairy Alternatives Market*. Dairy Alternatives Market Size and Share | Industry Report, 2022 - 2027 | MarketsandMarkets. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/dairy-alternative-plant-milk-beverages-market-677.html?gclid=CjwKCAjw5s6WBhA4EiwACGncZa8dttLtbO8MuXvA-QlwRH0mg6tGrye3Du687_ar1BTvasRQtk3yKxoC6f4QAvD_BwE
- Cai, Z., Wu, J., Du, B., & Zhang, H. (2018). Impact of distribution of carboxymethyl substituents in the stabilizer of carboxymethyl cellulose on the stability of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids*, 76, 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.034>

- Cayot, P., Schenker, F., Houzé, G., Sulmont-Rossé, C., & Colas, B. (2008). Creaminess in relation to consistency and particle size in stirred fat-free yogurt. *International Dairy Journal*, 18(3), 303-311. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.06.009>
- Chavez, L. S. (2016). *Influencia del extracto de soja (Glycine max L.), cultivo probiótico y jarabe de maracuyá (Passiflora edulis) en la aceptabilidad sensorial y tipo de fluido de una bebida fermentada y concentrada a base de leche*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Clegg, M. E., Tarrado Ribes, A., Reynolds, R., Kliem, K., & Stergiadis, S. (2021). A comparative assessment of the nutritional composition of dairy and plant-based dairy alternatives available for sale in the UK and the implications for consumers' dietary intakes. *Food Research International*, 148, 110586. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110586>
- Çopur, Ö. U., İncedayı, B., & Karabacak, A. Ö. (2019). 2—Technology and Nutritional Value of Powdered Drinks. En A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Production and Management of Beverages* (pp. 47-83). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815260-7.00002-X>

- Dallagnol, A. M., Pescuma, M., De Valdez, G. F., & Rollán, G. (2013). Fermentation of quinoa and wheat slurries by *Lactobacillus plantarum* CRL 778: Proteolytic activity. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *97*(7), 3129-3140. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4520-3>
- Dogan, H., & Kokini, J. L. (2011). Chapter 15—Measurement and Interpretation of Batter Rheological Properties. En K. Kulp, R. Loewe, K. Lorenz, & J. Gelroth (Eds.), *Batters and Breadings in Food Processing (Second Edition)* (pp. 263-299). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-71-7.50020-6>
- Dongmo, S., Procopio, S., Sacher, B., & Becker, T. (2016). Flavor of lactic acid fermented malt based beverages: Current status and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, *54*, 37-51. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.017>
- Donkor, O. N., Henriksson, A., Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2007). Rheological properties and sensory characteristics of set-type soy yogurt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(24), 9868-9876. <https://doi.org/10.1021/jf071050r>
- Ergun, R., Guo, J., & Huebner-Keese, B. (2016). Cellulose. En B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health*

(pp. 694-702). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00127-6>

Frøst, M. B., & Janhøj, T. (2007). Understanding creaminess. *International Dairy Journal*, 17(11), 1298-1311. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.02.007>

Ghaderi-Ghahfarokhi, M., Yousefvand, A., Ahmadi Gavlighi, H., Zarei, M., & Farhangnia, P. (2020). Developing novel synbiotic low-fat yogurt with fucoxylogalacturonan from tragacanth gum: Investigation of quality parameters and *Lactobacillus casei* survival. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4491-4504. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1752>

González, A. D., Frostell, B., & Carlsson-Kanyama, A. (2011). Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: Potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food Policy*, 36(5), 562-570. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.07.003>

Good Food Institute. (2021, enero 19). *Retail sales data: Plant-based meat, eggs, dairy | GFI*. <https://gfi.org/marketresearch/>

Granato, D., & Ares, G. (Eds.). (2013). *Mathematical and statistical methods in food science and technology*. Wiley Blackwell.

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. <http://www.ebooks7-24.com/?il=375>

- Harper, A. R., Dobson, R. C. J., Morris, V. K., & Moggré, G.-J. (2022). Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria. *Microbial Biotechnology*, 15(5), 1404-1421. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14008>
- Huang, K., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D., Yi, C., & Guan, X. (2022). Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties. *Food Bioscience*, 101831. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101831>
- Hwang, S.-H., & Hong, J.-H. (2015). Determining the Most Influential Sensory Attributes of Nuttiness in Soymilk: A Trial with Korean Consumers using Model Soymilk Systems. *Journal of Sensory Studies*, 30(5), 425-437. <https://doi.org/10.1111/joss.12176>
- Iosune. (2014, octubre 26). *Homemade Quinoa Milk*. Simple Vegan Blog. <https://simpleveganblog.com/homemade-quinoa-milk/>
- Kaspchak, E., Oliveira, M. A. S. de, Simas, F. F., Franco, C. R. C., Silveira, J. L. M., Mafra, M. R., & Igarashi-Mafra, L. (2017). Determination of heat-set gelation capacity of a quinoa protein isolate (*Chenopodium quinoa*) by dynamic oscillatory rheological analysis. *Food Chemistry*, 232, 263-271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.014>

- Koocheki, A., & Razavi, S. M. A. (2009). Effect of Concentration and Temperature on Flow Properties of Alyssum homolocarpum Seed Gum Solutions: Assessment of Time Dependency and Thixotropy. *Food Biophysics*, 4(4), 353-364. <https://doi.org/10.1007/s11483-009-9134-7>
- Lehr, A. (2009). *Desarrollo de una formulación tipo yogurt elaborado con leche de soya con edulcorante artificial y diseño del proceso de fabricación*. Tesis.
- Liu, J., Pedersen, H. L., Knarreborg, L., Ipsen, R., & Bredie, W. L. P. (2020). Stabilization of directly acidified protein drinks by single and mixed hydrocolloids—Combining particle size, rheology, tribology, and sensory data. *Food Science & Nutrition*, 8(12), 6433-6444. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1933>
- López, M. (2019). *Obtención de sucedáneo de yogurt saborizado a partir de Lupinus mutabilis y lactosa* [Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/818?show=full>
- Lorusso, A., Coda, R., Montemurro, M., & Rizzello, C. (2018). Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-Like Beverages. *Foods*, 7(4), 51. <https://doi.org/10.3390/foods7040051>

- Marcano, D. (2011). *La química en los alimentos*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela. https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/1280090/la_QUIQUIMICA_DE_LOS_ALIMENTOS.pdf
- McCann, T. H., Fabre, F., & Day, L. (2011). Microstructure, rheology and storage stability of low-fat yoghurt structured by carrot cell wall particles. *Food Research International*, *44*(4), 884-892. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.045>
- McCarthy, K. S., Parker, M., Ameerally, A., Drake, S. L., & Drake, M. A. (2017). Drivers of choice for fluid milk versus plant-based alternatives: What are consumer perceptions of fluid milk? *Journal of Dairy Science*, *100*(8), 6125-6138. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12519>
- Medic, J., Atkinson, C., & Hurburgh, C. R. (2014). Current Knowledge in Soybean Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *91*(3), 363-384. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2407-9>
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and analysis of experiments* (Eighth edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Oduro, A. F., Saalia, F. K., & Adjei, M. Y. B. (2021). Sensory Acceptability and Proximate Composition of 3-Blend Plant-Based Dairy

- Alternatives. *Foods*, 10(3), 482.
<https://doi.org/10.3390/foods10030482>
- Paulista, S. (2005). *Leche de soja*. HazteVeg.com.
<https://www.hazteveg.com/receta/262/Leche-de-soja>
- Peng, X., & Guo, S. (2015). Texture characteristics of soymilk gels formed by lactic fermentation: A comparison of soymilk prepared by blanching soybeans under different temperatures. *Food Hydrocolloids*, 43, 58-65.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.034>
- Pua, A., Tang, V. C. Y., Goh, R. M. V., Sun, J., Lassabliere, B., & Liu, S. Q. (2022). Ingredients, Processing, and Fermentation: Addressing the Organoleptic Boundaries of Plant-Based Dairy Analogues. *Foods*, 11(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/foods11060875>
- Raikos, V., Juskaite, L., Vas, F., & Hayes, H. E. (2020). Physicochemical properties, texture, and probiotic survivability of oat-based yogurt using aquafaba as a gelling agent. *Food Science & Nutrition*, 8(12), 6426-6432. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1932>
- Ramírez-Navas, J. (2006). Introducción a la Reología de Alimentos. *Revista ReCiTeIA*, 6, 1-46.

- Roba, A. (2009). *Effects of phytate reduction on maize/bean blend infant foods used in southern Ethiopia* [Master Of Science, University Awassa,]. <https://acortar.link/0bL1Q6>
- Ruiz, G. A., Xiao, W., van Boekel, M., Minor, M., & Stieger, M. (2016). Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 209, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.052>
- Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3367-3386. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249>
- Saeed, M. S., Yasmin, I., & Khan, W. A. (2016). *Functional and therapeutic effects of fermented milk*.
- Salmerón, I. (2017). Fermented cereal beverages: From probiotic, prebiotic and synbiotic towards Nanoscience designed healthy drinks. *Letters in Applied Microbiology*, 65(2), 114-124. <https://doi.org/10.1111/lam.12740>
- Santeramo, F. G., Carlucci, D., De Devitiis, B., Seccia, A., Stasi, A., Viscecchia, R., & Nardone, G. (2018). Emerging trends in European

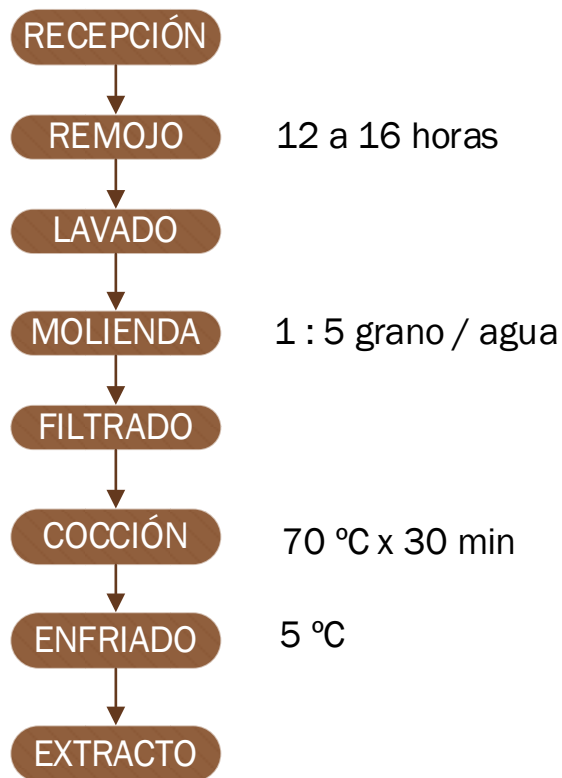
- food, diets and food industry. *Food Research International*, 104, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.039>
- Sebayang, F. (2019). The Utilization of Carboxymethyl Cellulose (Cmc) from Groundnut (*Arachis hypogaea* L) Cellulose as Stabilizer for Cow Milk Yogurt. *Journal of Chemical Natural Resources*, 1(2), 38-51. <https://doi.org/10.32734/jcnar.v1i2.1252>
- Sezgin, A., & Sanlier, N. (2019). A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Trends in Food Science & Technology*, 86, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.039>
- Sidley Chemical. (2013, junio 5). *Carboxymethyl Cellulose Properties and Influencing Factors on CMC Viscosity*. <https://celluloseether.com/carboxymethyl-cellulose-properties-cmc-viscosity/>
- Silverson. (2022). *Preparation of Carboxymethyl cellulose (CMC) Solutions*. <https://www.silverson.com/us/resource-library/application-reports/preparation-of-carboxymethyl-cellulose-cmc-solutions-us>
- Sim, S. Y. J., Sriv, A., Chiang, J. H., & Henry, C. J. (2021). Plant Proteins for Future Foods: A Roadmap. *Foods*, 10(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods10081967>

- Supo, J. (2013). *Seminarios de Investigación Científica* (Vol. 1). Bioestadístico.
- Ujirohene, O. J., Liu, L., Zhang, S., Lu, J., Zhang, C., Pang, X., & Lv, J. (2019). Potent α -amylase inhibitory activity of sprouted quinoa-based yoghurt beverages fermented with selected anti-diabetic strains of lactic acid bacteria. *RSC Advances*, 9(17), 9486-9493. <https://doi.org/10.1039/C8RA10063B>
- Uranda. (2019, mayo 24). *Leches vegetales: Cuatro alternativas a la leche de vaca*. Zona de alimentación. <https://zonadealimentacion.com/2019/05/24/leches-vegetales-cuatro-alternativas-a-la-leche-de-vaca/>
- Vanegas, L. S., Restrepo, D. A., & López, J. (2009). *Características de las bebidas con proteína de soya*. 62, 11.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Walocel. (2013). *DPFS_Cellulose based gums in dairy applications.pptx*. <https://www.docdroid.net/OfAYlI0/dpfs-cellulose-based-gums-in-dairy-applications-pptx>

- Walsh, H., Ross, J., Hendricks, G., & Guo, M. (2010). Physico-Chemical Properties, Probiotic Survivability, Microstructure, and Acceptability of a Yogurt-Like Symbiotic Oats-Based Product Using Pre-Polymerized Whey Protein as a Gelation Agent. *Journal of Food Science*, 75(5), M327-M337. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01637.x>
- Wang, W., Bao, Y., Hendricks, G. M., & Guo, M. (2012). Consistency, microstructure and probiotic survivability of goats' milk yoghurt using polymerized whey protein as a co-thickening agent. *International Dairy Journal*, 24(2), 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.09.007>
- Wu, J., Liu, J., Dai, Q., & Zhang, H. (2013). The stabilisation of acidified whole milk drinks by carboxymethylcellulose. *International Dairy Journal*, 28(1), 40-42. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.05.005>
- Zannini, E., Jeske, S., Lynch, K. M., & Arendt, E. K. (2018). Development of novel quinoa-based yoghurt fermented with dextran producer *Weissella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, 268, 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.01.001>

ANEXOS

Anexo 1. Flujo de elaboración básica para la elaboración de los extractos de soya y quinua:



Nota: Adaptado de Chávez, (2016)

Anexo 2. Ficha de cata hedónica estructurada

Nombre: _____ Fecha: _____

Frente a usted hay muestras codificadas las cuales debe probar una a la vez, luego según su percepción, marque con una X en el casillero correspondiente a cada muestra.

Atributo: _____

ESCALA	MUESTRAS																
	939	757	439	405	758	262	673	980	796	708	510	827	733	549	657	495	576
Me gusta muchísimo																	
Me gusta mucho																	
Me gusta moderadamente																	
Me gusta un poco																	
Me es indiferente																	
Me disgusta un poco																	
Me disgusta moderadamente																	
Me disgusta mucho																	
Me disgusta muchísimo																	

Comentarios: _____

Anexo 3. Resultados de la prueba de aceptabilidad sensorial

a. Color

T	Jueces																																	
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33	J34
t1	6	6	6	7	6	5	5	5	6	4	5	6	6	7	6	5	6	9	7	7	6	5	6	7	5	6	6	5	6	6	5	7	6	6
t2	6	6	6	7	7	5	6	5	7	4	6	7	6	6	7	5	7	8	7	7	7	5	5	6	5	6	5	5	5	6	6	7	6	6
t3	5	7	7	4	5	5	6	5	7	4	6	5	6	3	7	5	5	7	7	8	6	5	5	3	5	6	6	5	3	5	6	7	5	6
t4	5	7	7	5	2	5	6	5	6	3	4	2	6	7	7	5	5	8	7	7	6	5	7	4	5	6	6	5	4	5	6	7	7	7
t5	6	5	5	6	6	5	6	5	6	5	5	5	6	7	6	5	5	8	7	7	6	6	4	4	5	6	6	5	5	6	7	7	6	6
t6	6	5	6	5	8	5	5	5	6	5	6	6	6	7	6	5	5	9	7	8	7	5	5	5	5	6	5	5	5	5	7	7	5	6
t7	7	5	7	5	6	5	6	5	6	5	5	7	6	7	7	5	4	9	7	8	6	5	6	6	5	6	5	5	5	6	6	7	5	6
t8	7	6	7	4	7	5	5	7	5	6	5	6	7	7	4	7	9	7	7	6	5	6	4	5	5	5	6	6	6	8	6	8	7	
t9	7	7	6	4	6	4	5	6	6	6	6	6	6	7	7	4	6	8	7	8	6	5	7	5	5	6	6	5	5	6	5	7	7	6
t10	7	5	6	4	8	5	6	5	7	6	7	5	6	7	5	7	9	9	7	8	7	5	4	6	5	6	6	5	5	5	6	7	7	7
t11	7	8	7	5	8	5	5	5	7	7	6	7	6	8	6	8	8	9	7	7	7	5	5	6	5	6	6	5	7	5	6	7	6	7
t12	7	3	6	4	7	5	6	5	6	7	6	4	6	6	7	4	7	8	7	8	7	5	5	5	5	7	7	6	5	6	7	7	3	7
t13	7	8	7	5	8	7	6	5	6	7	5	6	6	6	7	4	8	9	7	6	6	5	6	3	5	6	5	6	5	5	6	7	5	6
t14	8	9	8	4	5	5	6	5	7	7	3	5	6	7	5	4	9	9	7	8	7	5	7	5	5	6	5	5	5	5	7	7	3	6
t15	8	9	8	6	6	5	5	6	7	8	5	6	6	5	6	8	8	8	7	6	5	4	6	5	6	6	5	6	6	6	7	6	7	6
t16	8	9	8	3	9	5	6	6	6	8	6	7	6	8	7	9	8	9	9	7	7	6	5	5	6	6	5	6	7	6	5	7	8	6
t17	8	9	8	6	8	5	6	5	6	9	6	6	4	9	7	5	9	8	9	8	7	5	6	7	5	6	6	5	6	6	6	7	6	7

b. Olor

T	Jueces																																	
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33	J34
t1	4	4	4	4	7	5	6	5	4	3	5	7	8	4	5	7	8	7	5	7	7	5	5	5	4	4	7	5	5	4	6	6	7	6
t2	5	3	3	5	6	4	4	4	3	4	6	6	4	6	4	4	4	8	5	6	4	5	6	6	5	5	6	4	6	5	5	5	7	7
t3	6	7	8	3	6	3	5	4	7	3	4	5	5	3	4	4	6	7	4	5	6	6	6	4	5	4	6	4	6	6	5	6	6	7
t4	5	4	5	4	5	5	3	5	4	4	5	5	6	6	3	5	5	6	5	7	5	5	7	5	7	4	5	5	4	4	6	7	5	6
t5	6	7	5	5	6	4	5	5	6	4	5	4	6	6	5	3	6	7	5	6	6	5	6	6	4	6	7	7	5	5	3	7	7	5
t6	6	3	7	1	8	5	6	7	3	4	5	6	4	6	5	5	6	7	4	6	7	5	6	3	7	3	2	6	7	5	5	5	8	8
t7	6	2	5	1	7	5	5	5	2	5	6	8	4	6	6	5	4	6	5	7	6	4	7	3	6	3	3	5	4	5	7	5	6	3
t8	7	6	4	1	8	5	6	5	7	6	4	7	4	7	4	5	6	8	6	4	4	5	5	4	6	4	2	6	4	6	4	7	7	3
t9	7	7	5	2	6	5	7	5	8	6	5	5	4	7	5	5	6	6	7	6	5	5	4	3	7	3	2	6	5	6	5	5	5	7
t10	7	7	6	2	8	5	6	3	8	6	5	5	7	7	5	5	9	7	7	7	8	7	5	5	4	5	4	5	5	6	6	6	6	4
t11	7	6	3	5	7	6	6	4	7	7	7	6	8	8	4	7	7	5	7	6	6	7	5	4	8	4	7	6	5	5	3	6	6	6
t12	7	2	5	4	9	5	8	5	3	7	5	8	7	7	5	5	7	4	8	5	7	5	6	6	6	6	5	6	7	6	7	7	8	5
t13	7	6	7	4	8	6	8	5	5	7	6	6	8	6	6	5	8	5	8	5	6	3	7	5	7	5	5	6	6	5	5	5	7	5
t14	7	4	7	4	7	5	6	6	7	5	6	5	6	6	5	9	8	8	7	7	5	4	4	6	4	5	5	5	4	5	6	7	6	7
t15	7	5	6	3	8	5	4	6	7	7	5	4	4	5	6	8	7	7	6	7	4	6	5	6	5	3	6	5	6	6	6	6	6	7
t16	7	9	8	3	7	7	7	5	7	8	6	4	8	5	7	8	6	8	7	7	5	7	6	7	5	4	7	6	6	7	7	7	6	6
t17	7	9	7	5	9	5	8	6	7	8	6	7	4	9	6	5	9	8	8	5	8	6	6	5	7	6	6	7	6	7	6	7	8	7

c. Sabor

T	Jueces																																		
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33	J34	
t1	4	4	4	4	7	3	6	6	4	5	6	7	8	8	6	8	8	6	3	6	7	5	5	5	7	4	4	6	3	5	5	7	7	5	
t2	6	6	2	3	8	6	5	4	5	4	4	7	5	4	4	3	1	7	2	7	3	7	6	4	2	6	3	5	5	6	4	5	8	3	
t3	4	7	5	4	4	2	4	6	5	5	5	5	6	6	2	6	6	5	4	4	5	6	3	5	3	5	4	5	5	6	6	6	5	3	
t4	6	2	5	3	2	6	4	4	1	5	3	2	5	7	2	4	3	6	3	6	2	5	4	4	5	2	3	3	3	6	2	3	2	1	
t5	6	8	6	4	4	2	5	7	7	6	6	6	6	8	5	3	8	6	4	7	6	5	5	4	5	4	4	6	6	7	5	6	4	4	
t6	6	2	3	1	8	8	6	5	4	6	7	5	4	6	5	3	6	5	5	5	5	5	5	6	6	7	2	7	6	6	5	6	7	4	
t7	6	1	5	2	4	7	2	5	3	7	5	5	2	8	6	6	5	7	5	8	5	7	7	3	5	6	4	6	7	6	6	7	4	5	
t8	6	6	5	3	8	6	4	5	1	7	5	7	3	8	4	2	4	6	4	6	6	6	6	4	5	5	5	7	5	8	7	6	7	6	
t9	7	6	7	3	7	3	5	6	6	8	5	6	3	8	3	3	6	4	5	4	7	3	6	5	4	2	5	7	3	5	4	7	6	6	
t10	7	8	6	4	8	5	5	4	6	8	6	6	7	8	6	7	9	6	7	5	8	7	4	6	6	3	5	6	5	6	5	7	8	4	
t11	6	4	8	6	8	6	6	5	7	8	7	4	8	8	5	7	9	5	7	4	8	5	5	6	9	5	6	6	4	6	5	8	7	3	
t12	6	3	5	5	7	7	3	5	4	8	5	6	7	2	5	4	8	4	7	6	7	5	2	4	5	5	5	7	5	7	6	6	5	3	
t13	7	7	5	4	9	8	8	7	3	8	5	8	8	7	8	6	9	6	7	6	8	7	8	5	8	8	5	5	6	6	5	8	4	4	
t14	6	9	8	6	8	5	5	7	8	8	4	7	7	6	6	6	8	5	8	5	7	6	6	7	6	8	6	7	6	7	7	6	8	5	
t15	8	9	8	6	6	6	6	5	8	8	6	7	4	8	6	6	8	7	8	7	7	5	3	5	6	7	6	7	5	6	4	7	6	5	
t16	7	9	8	3	7	7	4	8	7	8	6	5	5	8	5	9	8	6	8	6	7	5	5	6	7	7	4	7	6	5	5	7	7	4	
t17	9	9	8	6	8	6	8	7	8	9	7	7	4	9	7	8	9	8	8	8	8	8	7	9	6	8	8	6	9	7	6	7	7	8	8

d. Consistencia

T	Jueces																																	
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33	J34
t1	6	7	5	5	6	6	6	6	5	6	7	8	8	5	9	4	5	6	6	7	6	7	5	6	7	5	6	5	6	6	7	6	7	
t2	4	5	5	3	7	4	3	4	4	3	4	6	1	4	2	4	1	8	6	4	2	3	6	2	3	4	3	4	4	3	4	5	7	4
t3	4	7	2	1	3	3	5	4	5	2	5	6	4	7	6	4	1	4	6	6	2	6	6	2	5	5	4	5	5	5	2	6	4	6
t4	6	5	6	4	3	6	4	3	5	3	5	3	2	7	5	5	2	5	5	7	3	5	7	4	5	7	6	3	2	6	5	6	4	6
t5	6	8	7	4	5	4	4	6	8	4	5	4	3	8	6	5	4	4	6	6	5	5	4	5	7	4	4	6	6	7	6	4	6	7
t6	4	3	2	3	6	2	5	5	3	4	6	6	4	7	6	4	6	6	6	7	7	7	4	5	6	5	4	7	5	6	6	7	7	7
t7	7	2	6	2	3	5	5	7	2	5	7	7	3	8	5	6	6	4	7	5	7	2	5	4	6	7	3	5	6	5	8	7	5	6
t8	4	4	7	4	7	8	7	7	5	5	4	7	3	8	3	4	7	6	6	6	6	4	8	5	3	8	5	6	6	6	5	8	7	8
t9	7	4	3	4	8	5	8	4	5	6	5	6	3	9	6	4	6	5	7	6	7	5	6	5	6	6	5	6	8	6	6	8	5	5
t10	7	5	5	6	8	5	7	6	6	6	6	7	7	9	7	7	9	3	8	4	8	5	4	6	7	6	6	7	5	7	5	6	8	5
t11	8	4	8	6	6	5	5	6	4	6	6	5	7	9	5	8	9	2	8	3	8	4	5	5	5	5	5	6	5	6	8	4	4	6
t12	7	3	5	7	8	6	5	6	3	7	7	7	5	6	5	4	8	2	8	3	7	6	6	7	7	6	7	4	5	7	3	5	8	5
t13	7	1	7	4	7	7	8	5	5	7	7	8	6	6	6	5	9	4	7	5	7	7	8	5	8	4	4	6	3	7	5	5	7	6
t14	8	1	6	4	6	4	6	5	2	7	6	8	6	6	8	4	9	6	8	7	8	7	3	6	6	5	3	6	4	4	7	6	7	4
t15	8	4	6	3	5	5	7	6	7	8	4	6	4	8	5	7	8	5	8	6	7	4	5	4	6	7	3	8	5	6	6	7	6	6
t16	6	9	7	3	6	5	6	6	5	8	6	6	6	8	6	9	8	2	9	4	7	5	6	4	4	6	4	6	7	6	7	7	7	7
t17	8	4	7	1	8	5	7	7	6	9	8	7	4	9	7	8	9	7	9	7	8	7	8	6	8	7	3	8	6	7	6	8	7	7

Anexo 4. Resultados de las pruebas reológicas

T	RPM	VISCOSIDAD 1 (cSt)	VISCOSIDAD 2 (cSt)	TORQUE (%)	T* (°C)	U cP	v (cSt) (mm2/s)	U (Pa.s^-1)	U mPa.s	N rps	X= 4πN	Y= log U	b	a	R2	n	K
1	15	623,1	625,5	2,5	13,9	658,20	624,30	0,66	658,20	0,25	0,50	-0,18	-0,14	-0,13	0,88	0,86	0,65
	30	520,7	523,5	4,1	14,2	550,45	522,10	0,55	550,45	0,50	0,80	-0,26					
	45	495	493,3	5,9	14,3	520,98	494,15	0,52	520,98	0,75	0,97	-0,28					
	60	490,6	492,1	7,8	14,4	518,03	491,35	0,52	518,03	1,00	1,10	-0,29					
	75	486,7	483,5	9,6	14,5	511,44	485,10	0,51	511,44	1,25	1,20	-0,29					
100	476,2	473,8	12,5	14,6	500,79	475,00	0,50	500,79	1,67	1,32	-0,30						
2	15	70,51	72,37	0,3	12,3	75,32	71,44	0,08	75,32	0,25	0,50	-1,12	0,06	-1,17	0,53	1,06	0,07
	30	67,12	69,76	0,5	12,4	72,16	68,44	0,07	72,16	0,50	0,80	-1,14					
	45	70,88	71,41	0,8	12,6	75,01	71,15	0,08	75,01	0,75	0,97	-1,12					
	60	75,89	73,56	1,2	12,7	78,78	74,73	0,08	78,78	1,00	1,10	-1,10					
	75	79,75	80,16	1,6	12,9	84,30	79,96	0,08	84,30	1,25	1,20	-1,07					
100	77,38	76,1	2	13,1	80,91	76,74	0,08	80,91	1,67	1,32	-1,09						
3	15	590	586,2	2,3	11,4	620,03	588,10	0,62	620,03	0,25	0,50	-0,21	-0,18	-0,14	0,86	0,82	0,62
	30	456,2	459,7	3,7	11,6	482,82	457,95	0,48	482,82	0,50	0,80	-0,32					
	45	461,7	466,6	5,6	11,8	489,35	464,15	0,49	489,35	0,75	0,97	-0,31					
	60	466,3	457,1	7,3	12	486,77	461,70	0,49	486,77	1,00	1,10	-0,31					
	75	435,2	435,5	8,5	12,1	458,99	435,35	0,46	458,99	1,25	1,20	-0,34					
100	400,5	387,5	10,6	12,3	415,39	394,00	0,42	415,39	1,67	1,32	-0,38						
4	15	138,7	140	0,6	13,7	146,92	139,35	0,15	146,92	0,25	0,50	-0,83	0,07	-0,86	0,78	1,07	0,15
	30	148	149,65	1,2	13,6	156,91	148,83	0,16	156,91	0,50	0,80	-0,80					
	45	156,9	157,2	1,9	13,6	165,58	157,05	0,17	165,58	0,75	0,97	-0,78					
	60	159	158,9	2,3	13,6	167,58	158,95	0,17	167,58	1,00	1,10	-0,78					
	75	157,5	158,3	3,1	13,7	166,47	157,90	0,17	166,47	1,25	1,20	-0,78					
100	156,2	154,4	4,1	13,8	163,73	155,30	0,16	163,73	1,67	1,32	-0,79						
5	15	372,6	371,1	1,5	13,4	392,04	371,85	0,39	392,04	0,25	0,50	-0,41	-0,03	-0,41	0,32	0,97	0,38
	30	337,9	338,6	2,7	13,5	356,62	338,25	0,36	356,62	0,50	0,80	-0,45					
	45	348,3	343,9	4,2	13,7	364,89	346,10	0,36	364,89	0,75	0,97	-0,44					
	60	345,2	346,1	5,5	13,7	364,42	345,65	0,36	364,42	1,00	1,10	-0,44					
	75	337,3	339,3	6,8	13,8	356,67	338,30	0,36	356,67	1,25	1,20	-0,45					
100	348,2	355,8	9,4	14	371,11	352,00	0,37	371,11	1,67	1,32	-0,43						
6	15	142,5	141,6	1,2	13,5	149,76	142,05	0,15	149,76	0,25	0,50	-0,82	0,06	-0,85	0,91	1,06	0,15
	30	147	156,1	1,7	13,6	159,78	151,55	0,16	159,78	0,50	0,80	-0,80					
	45	158,2	156,9	2,4	13,6	166,10	157,55	0,17	166,10	0,75	0,97	-0,78					
	60	157,2	159,3	2,9	13,6	166,84	158,25	0,17	166,84	1,00	1,10	-0,78					
	75	158,3	159,8	3,5	13,7	167,69	159,05	0,17	167,69	1,25	1,20	-0,78					
100	159,2	160,3	4,2	13,8	168,42	159,75	0,17	168,42	1,67	1,32	-0,77						
7	15	167,5	168,8	0,7	13,7	177,28	168,15	0,18	177,28	0,25	0,50	-0,75	0,37	-0,94	1,00	1,37	0,18
	30	213	211,6	1,7	13,7	223,83	212,30	0,22	223,83	0,50	0,80	-0,65					
	45	248,1	247,7	3	13,7	261,36	247,90	0,26	261,36	0,75	0,97	-0,58					
	60	274	274,9	4,4	13,7	289,35	274,45	0,29	289,35	1,00	1,10	-0,54					
	75	302,8	304,4	6	13,8	320,09	303,60	0,32	320,09	1,25	1,20	-0,49					
100	342	336,7	8,9	13,8	357,78	339,35	0,36	357,78	1,67	1,32	-0,45						
8	15	99,79	96,29	0,4	13,8	103,36	98,04	0,10	103,36	0,25	0,50	-0,99	0,08	-1,03	0,90	1,08	0,10
	30	100,3	97,81	0,8	13,9	104,43	99,06	0,10	104,43	0,50	0,80	-0,98					
	45	103,4	103,2	1,2	14	108,91	103,30	0,11	108,91	0,75	0,97	-0,96					
	60	106,7	106,5	1,7	14	112,39	106,60	0,11	112,39	1,00	1,10	-0,95					
	75	111,3	111,4	2,2	14	117,40	111,35	0,12	117,40	1,25	1,20	-0,93					
100	112,3	112,2	3	14	118,35	112,25	0,12	118,35	1,67	1,32	-0,93						
9	15	413,4	413,7	1,7	13,5	436,01	413,55	0,44	436,01	0,25	0,50	-0,36	0,00	-0,37	0,00	1,00	0,43
	30	400,7	403,6	3,2	13,5	423,99	402,15	0,42	423,99	0,50	0,80	-0,37					
	45	406,5	407,5	4,9	13,5	429,10	407,00	0,43	429,10	0,75	0,97	-0,37					
	60	397,8	397,7	6,3	13,5	419,35	397,75	0,42	419,35	1,00	1,10	-0,38					
	75	429,1	433,5	8,6	13,6	454,72	431,30	0,45	454,72	1,25	1,20	-0,34					
100	400,4	402,9	10,6	13,6	423,46	401,65	0,42	423,46	1,67	1,32	-0,37						

T	RPM	VISCOSIDAD 1 (cSt)	VISCOSIDAD 2 (cSt)	TORQUE (%)	T° (°C)	U cP	v (cSt) (mm2/s)	U (Pa.s^-1)	U mPa.s	N rps	X = 4πN	Y = log U	b	a	R2	n	K
10	15	522,9	505,1	2	13,4	541,91	514,00	0,54	541,91	0,25	0,50	-0,27	-0,17	-0,17	0,87	0,83	0,58
	30	485,3	498,2	3,2	13,4	518,45	491,75	0,52	518,45	0,50	0,80	-0,29					
	45	453,2	466,3	4,6	13,4	484,71	459,75	0,48	484,71	0,75	0,97	-0,31					
	60	407,1	406,1	6,7	13,4	428,68	406,60	0,43	428,68	1,00	1,10	-0,37					
	75	381,8	381,2	8,3	13,5	402,22	381,50	0,40	402,22	1,25	1,20	-0,40					
	100	396,1	398,3	10,6	13,6	418,77	397,20	0,42	418,77	1,67	1,32	-0,38					
11	15	967,7	967,6	3,8	13,7	1020,19	967,65	1,02	1020,19	0,25	0,50	0,01	-0,15	0,08	0,99	0,85	1,06
	30	892,3	882,5	6,5	13,7	935,59	887,40	0,94	935,59	0,50	0,80	-0,03					
	45	810,6	809,4	9,7	13,7	853,98	810,00	0,85	853,98	0,75	0,97	-0,07					
	60	781,3	768,3	11,3	13,8	816,87	774,80	0,82	816,87	1,00	1,10	-0,09					
	75	759,2	759,8	14,9	13,8	800,74	759,50	0,80	800,74	1,25	1,20	-0,10					
	100	742,3	730,5	19,6	13,9	776,39	736,40	0,78	776,39	1,67	1,32	-0,11					
12	15	588,1	573,6	2,5	12,4	612,39	580,85	0,61	612,39	0,25	0,50	-0,21	-0,17	-0,13	0,95	0,83	0,63
	30	491,2	488,2	3,6	12,6	516,29	489,70	0,52	516,29	0,50	0,80	-0,29					
	45	477,2	481,5	5,8	12,8	505,38	479,35	0,51	505,38	0,75	0,97	-0,30					
	60	468,5	469,9	7	13	494,68	469,20	0,49	494,68	1,00	1,10	-0,31					
	75	447,3	435,9	8,1	13,1	465,58	441,60	0,47	465,58	1,25	1,20	-0,33					
	100	412,8	402,3	10,2	13,2	429,68	407,55	0,43	429,68	1,67	1,32	-0,37					
13	15	382,4	377,3	1,6	13,2	400,48	379,85	0,40	400,48	0,25	0,50	-0,40	-0,08	-0,36	0,97	0,92	0,41
	30	356,8	364,2	2,5	13,2	380,08	360,50	0,38	380,08	0,50	0,80	-0,42					
	45	341,1	343,9	4,1	13,3	361,10	342,50	0,36	361,10	0,75	0,97	-0,44					
	60	345,3	341,2	5,3	13,4	361,89	343,25	0,36	361,89	1,00	1,10	-0,44					
	75	336,3	339,3	6,5	13,4	356,14	337,80	0,36	356,14	1,25	1,20	-0,45					
	100	331,2	321,5	9,1	13,5	344,07	326,35	0,34	344,07	1,67	1,32	-0,46					
14	15	525,3	532,3	2,6	13,9	557,51	528,80	0,56	557,51	0,25	0,50	-0,25	-0,07	-0,21	0,96	0,93	0,57
	30	520,7	511,6	3,9	14,2	544,18	516,15	0,54	544,18	0,50	0,80	-0,26					
	45	495	493,3	5,1	14,3	520,98	494,15	0,52	520,98	0,75	0,97	-0,28					
	60	490,6	483,3	6,3	14,4	513,39	486,95	0,51	513,39	1,00	1,10	-0,29					
	75	467,8	477,3	6,9	14,5	498,21	472,55	0,50	498,21	1,25	1,20	-0,30					
	100	462,8	458,4	7,8	14,6	485,61	460,60	0,49	485,61	1,67	1,32	-0,31					
15	15	771,4	771,1	3,1	14,5	813,13	771,25	0,81	813,13	0,25	0,50	-0,09	-0,19	0,00	0,97	0,81	0,83
	30	647,3	646,1	5,1	14,5	681,82	646,70	0,68	681,82	0,50	0,80	-0,17					
	45	605,7	601,8	7,2	14,5	636,53	603,75	0,64	636,53	0,75	0,97	-0,20					
	60	565,3	564	9	14,5	595,31	564,65	0,60	595,31	1,00	1,10	-0,23					
	75	552,1	550,2	11	14,5	581,08	551,15	0,58	581,08	1,25	1,20	-0,24					
	100	540,9	541,4	14,5	14,6	570,53	541,15	0,57	570,53	1,67	1,32	-0,24					
16	15	602,6	601,8	2,1	14,4	634,90	602,20	0,63	634,90	0,25	0,50	-0,20	-0,15	-0,11	0,92	0,85	0,68
	30	584,1	579,6	3,2	14,4	613,44	581,85	0,61	613,44	0,50	0,80	-0,21					
	45	532,8	543,7	4,6	14,5	567,48	538,25	0,57	567,48	0,75	0,97	-0,25					
	60	512,5	517,6	5,9	14,5	543,02	515,05	0,54	543,02	1,00	1,10	-0,27					
	75	499,1	487,6	8,2	14,5	520,14	493,35	0,52	520,14	1,25	1,20	-0,28					
	100	453,9	447,5	8,9	14,5	475,17	450,70	0,48	475,17	1,67	1,32	-0,32					
17	15	687	686,45	1,7	14,4	724,01	686,73	0,72	724,01	0,25	0,50	-0,14	-0,17	-0,05	1,00	0,83	0,76
	30	615,7	612,85	2,7	14,4	647,63	614,28	0,65	647,63	0,50	0,80	-0,19					
	45	569,25	572,75	3,9	14,5	602,01	571,00	0,60	602,01	0,75	0,97	-0,22					
	60	538,9	540,8	5,5	14,5	569,16	539,85	0,57	569,16	1,00	1,10	-0,24					
	75	525,6	518,9	6,8	14,5	550,61	522,25	0,55	550,61	1,25	1,20	-0,26					
	100	497,4	494,45	9,4	14,6	522,85	495,93	0,52	522,85	1,67	1,32	-0,28					

Anexo 5. Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial del color

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	1,58	9	0,1752	3,88	0,0437 significant
A-Quinoa (%)	0,0384	1	0,0384	0,8518	0,3868
B-CMC (g/l)	0,1124	1	0,1124	2,49	0,1586
C-Tiempo (h)	0,0250	1	0,0250	0,5540	0,4809
AB	0,0000	1	0,0000	0,0003	0,9872
AC	0,0015	1	0,0015	0,0335	0,8599
BC	0,2080	1	0,2080	4,61	0,0689
A ²	0,1540	1	0,1540	3,41	0,1072
B ²	0,0523	1	0,0523	1,16	0,3174
C ²	0,1949	1	0,1949	4,32	0,0763
Residual	0,3159	7	0,0451		
Lack of Fit	0,2685	5	0,0537	2,27	0,3340 not significant
Pure Error	0,0474	2	0,0237		
Cor Total	1,89	16			

Std. Dev. 0,2124 R² 0,8331
 Mean 6,06 Adjusted R² 0,6186

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	6,4413	0,0909	70,86	0
X1: Quinoa (%)	0,062	0,0672	0,92	0,387
X2: CMC (g/l)	-0,106	0,0672	-1,58	0,159
X3: Tiempo (h)	0,05	0,0672	0,74	0,481
X1: Quinoa (%) *X1: Quinoa (%)	-0,24	0,13	-1,85	0,107
X2: CMC (g/l) *X2: CMC (g/l)	-0,14	0,13	-1,08	0,317
X3: Tiempo (h)*X3: Tiempo (h)	-0,27	0,13	-2,08	0,076
X1: Quinoa (%) *X2: CMC (g/l)	0,0012	0,0751	0,02	0,987
X1: Quinoa (%) *X3: Tiempo (h)	0,0137	0,0751	0,18	0,86
X2: CMC (g/l) *X3: Tiempo (h)	0,1613	0,0751	2,15	0,069

Color = -13,59393 +0,070212 Quinoa (%) -2,88743 CMC (g/l) +4,38910 Tiempo (h) +0,000333 Quinoa (%) * CMC (g/l) +0,000917 Quinoa (%) * Tiempo (h) +0,645000 CMC (g/l) * Tiempo (h) -0,001065 Quinoa (%)² -2,23549 CMC (g/l)² -0,269718 Tiempo (h)²

Anexo 6. Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial del olor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	4,01	9	0,4453	5,87	0,0146 significant
A-Quinoa (%)	0,0008	1	0,0008	0,0107	0,9206
B-CMC (g/l)	0,0608	1	0,0608	0,8021	0,4002
C-Tiempo (h)	0,0000	1	0,0000	0,0005	0,9823
AB	0,0684	1	0,0684	0,9024	0,3738
AC	0,0684	1	0,0684	0,9024	0,3738
BC	0,0242	1	0,0242	0,3190	0,5898
A ²	0,9575	1	0,9575	12,62	0,0093
B ²	0,1580	1	0,1580	2,08	0,1922
C ²	0,2457	1	0,2457	3,24	0,1149
Residual	0,5310	7	0,0759		
Lack of Fit	0,3627	5	0,0725	0,8622	0,6143 not significant
Pure Error	0,1683	2	0,0841		
Cor Total	4,54	16			

Std. Dev. 0,2754 R² 0,8830

Mean 5,63 Adjusted R² 0,7326

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	6,307	0,118	53,52	0,000
X1: Quinoa (%)	0,0090	0,0871	0,10	0,921
X2: CMC (g/l)	-0,0780	0,0871	-0,90	0,400
X3: Tiempo (h)	0,0020	0,0871	0,02	0,982
X1: Quinoa (%) *X1: Quinoa (%)	-0,598	0,168	-3,55	0,009
X2: CMC (g/l) *X2: CMC (g/l)	-0,243	0,168	-1,44	0,192
X3: Tiempo (h)*X3: Tiempo (h)	-0,303	0,168	-1,80	0,115
X1: Quinoa (%) *X2: CMC (g/l)	0,0925	0,0974	0,95	0,374
X1: Quinoa (%) *X3: Tiempo (h)	0,0925	0,0974	0,95	0,374
X2: CMC (g/l) *X3: Tiempo (h)	-0,0550	0,0974	-0,56	0,590

$$\text{Olor} = -22,36098 + 0,112587 \text{ Quinoa (\%)} + 6,63227 \text{ CMC (g/l)} + 5,40187 \text{ Tiempo (h)} + 0,024667 \text{ Quinoa (\%)} * \text{CMC (g/l)} + 0,006167 \text{ Quinoa (\%)} * \text{Tiempo (h)} - 0,220000 \text{ CMC (g/l)} * \text{Tiempo (h)} - 0,002657 \text{ Quinoa (\%)}^2 - 3,88507 \text{ CMC (g/l)}^2 - 0,302817 \text{ Tiempo (h)}^2$$

Anexo 7. Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial del sabor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	11,32	9	1,26	3,89	0,0434	significant
A-Quinoa (%)	0,1040	1	0,1040	0,3219	0,5882	
B-CMC (g/l)	0,8066	1	0,8066	2,50	0,1582	
C-Tiempo (h)	0,6554	1	0,6554	2,03	0,1975	
AB	0,0015	1	0,0015	0,0047	0,9474	
AC	0,4371	1	0,4371	1,35	0,2830	
BC	0,3916	1	0,3916	1,21	0,3074	
A ²	2,24	1	2,24	6,93	0,0338	
B ²	1,78	1	1,78	5,49	0,0516	
C ²	0,0084	1	0,0084	0,0259	0,8767	
Residual	2,26	7	0,3232			
Lack of Fit	1,29	5	0,2573	0,5272	0,7562	not significant
Pure Error	0,9761	2	0,4880			
Cor Total	13,58	16				

Std. Dev. 0,5685 **R²** 0,8334
Mean 5,65 **Adjusted R²** 0,6193

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	6,637	0,243	27,28	0,000
X1: Quinoa (%)	-0,102	0,180	-0,57	0,588
X2: CMC (g/l)	-0,284	0,180	-1,58	0,158
X3: Tiempo (h)	0,256	0,180	1,42	0,197
X1: Quinoa (%) *X1: Quinoa (%)	-0,914	0,347	-2,63	0,034
X2: CMC (g/l) *X2: CMC (g/l)	-0,814	0,347	-2,34	0,052
X3: Tiempo (h)*X3: Tiempo (h)	0,056	0,347	0,16	0,877
X1: Quinoa (%) *X2: CMC (g/l)	0,014	0,201	0,07	0,947
X1: Quinoa (%) *X3: Tiempo (h)	0,234	0,201	1,16	0,283
X2: CMC (g/l) *X3: Tiempo (h)	0,221	0,201	1,10	0,307

Sabor = +8,62708 +0,134582 Quinoa (%) +10,30869 CMC (g/l) -1,95965 Tiempo (h) +0,003667 Quinoa (%) * CMC (g/l) +0,015583 Quinoa (%) * Tiempo (h) +0,885000 CMC (g/l) * Tiempo (h) -0,004063 Quinoa (%)² -13,02535 CMC (g/l)² +0,055915 Tiempo (h)²

Anexo 8. Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial de la consistencia

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	5,87	9	0,6525	4,35	0,0327	significant
A-Quinoa (%)	0,0723	1	0,0723	0,4819	0,5099	
B-CMC (g/l)	0,0449	1	0,0449	0,2994	0,6013	
C-Tiempo (h)	0,4752	1	0,4752	3,17	0,1182	
AB	1,26	1	1,26	8,38	0,0232	
AC	0,5886	1	0,5886	3,93	0,0880	
BC	0,2701	1	0,2701	1,80	0,2214	
A ²	0,1104	1	0,1104	0,7366	0,4192	
B ²	0,5744	1	0,5744	3,83	0,0912	
C ²	0,4034	1	0,4034	2,69	0,1449	
Residual	1,05	7	0,1499			
Lack of Fit	1,04	5	0,2083	53,42	0,0185	significant
Pure Error	0,0078	2	0,0039			
Cor Total	6,92	16				

Std. Dev. 0,3872 R² 0,8484

Mean 5,55 Adjusted R² 0,6534

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	6,169	0,166	37,23	0,000
X1: Quinoa (%)	-0,085	0,122	-0,69	0,510
X2: CMC (g/l)	-0,067	0,122	-0,55	0,601
X3: Tiempo (h)	0,218	0,122	1,78	0,118
X1: Quinoa (%) *X1: Quinoa (%)	-0,203	0,237	-0,86	0,419
X2: CMC (g/l) *X2: CMC (g/l)	-0,463	0,237	-1,96	0,091
X3: Tiempo (h) *X3: Tiempo (h)	-0,388	0,237	-1,64	0,145
X1: Quinoa (%) *X2: CMC (g/l)	0,396	0,137	2,89	0,023
X1: Quinoa (%) *X3: Tiempo (h)	0,271	0,137	1,98	0,088
X2: CMC (g/l) *X3: Tiempo (h)	0,184	0,137	1,34	0,221

Consistencia = -18,66545 -0,184502 Quinoa (%) +0,531343 CMC (g/l) +6,01834 Tiempo (h) +0,105667 Quinoa (%) * CMC (g/l) +0,018083 Quinoa (%) * Tiempo (h) +0,735000 CMC (g/l) * Tiempo (h) -0,000902 Quinoa (%)² -7,40845 CMC (g/l)² -0,388028 Tiempo (h)²

Anexo 9. Análisis estadístico de la viscosidad aparente (u)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	5,608E+05	9	62305,99	4,49	0,0301	significant
A-Quinoa (%)	92 756,16	1	92756,16	6,69	0,0361	
B-CMC (g/l)	41 393,78	1	41393,78	2,99	0,1276	
C-Tiempo (h)	198,03	1	198,03	0,0143	0,9082	
AB	24,96	1	24,96	0,0018	0,9673	
AC	44 317,11	1	44317,11	3,20	0,1169	
BC	14 863,47	1	14863,47	1,07	0,3349	
A²	91 852,78	1	91852,78	6,63	0,0368	
B²	7 256,69	1	7256,69	0,5235	0,4928	
C²	96 687,06	1	96687,06	6,98	0,0334	
Residual	97 032,24	7	13861,75			
Lack of Fit	93 215,49	5	18643,10	9,77	0,0955	not significant
Pure Error	3 816,76	2	1908,38			
Cor Total	6,578E+05	16				

Std. Dev. 117,74 R² 0,8525

Mean 430,32 Adjusted R² 0,6628

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	620,4	50,4	12,31	0,000
X1: Quinoa (%)	-96,3	37,2	-2,59	0,036
X2: CMC (g/l)	-64,3	37,2	-1,73	0,128
X3: Tiempo (h)	-4,5	37,2	-0,12	0,908
X1: Quinoa (%) *X1: Quinoa (%)	-185,2	71,9	-2,57	0,037
X2: CMC (g/l) *X2: CMC (g/l)	52,0	71,9	0,72	0,493
X3: Tiempo (h)*X3: Tiempo (h)	-190,0	71,9	-2,64	0,033
X1: Quinoa (%) *X2: CMC (g/l)	1,8	41,6	0,04	0,967
X1: Quinoa (%) *X3: Tiempo (h)	74,4	41,6	1,79	0,117
X2: CMC (g/l) *X3: Tiempo (h)	-43,1	41,6	-1,04	0,335

Viscosidad (Pa.s) = -14437,29006 +6,17320 Quinoa (%) +28,86363 CMC (g/l) +3370,59839
 Tiempo (h) +0,471000 Quinoa (%) * CMC (g/l) +4,96192 Quinoa
 (%) * Tiempo (h) -172,41500 CMC (g/l) * Tiempo (h) -0,822920
 Quinoa (%)² +832,68958 CMC (g/l)² -189,96690 Tiempo (h)²

Anexo 10. Análisis estadístico del coeficiente de consistencia (k)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1,09	9	0,1216	4,07	0,0389	significant
A-Quinua (%)	0,1464	1	0,1464	4,90	0,0626	
B-CMC (g/l)	0,0397	1	0,0397	1,33	0,2871	
C-Tiempo (h)	0,0270	1	0,0270	0,9042	0,3733	
AB	0,0085	1	0,0085	0,2825	0,6115	
AC	0,0685	1	0,0685	2,29	0,1741	
BC	0,0113	1	0,0113	0,3762	0,5591	
A²	0,1912	1	0,1912	6,39	0,0393	
B²	0,0142	1	0,0142	0,4759	0,5125	
C²	0,2132	1	0,2132	7,13	0,0320	
Residual	0,2093	7	0,0299			
Lack of Fit	0,1981	5	0,0396	7,03	0,1292	not significant
Pure Error	0,0113	2	0,0056			
Cor Total	1,30	16				

Std. Dev. 0,1729 R² 0,8394

Mean 0,4853 Adjusted R² 0,6329

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0,7655	0,0740	10,34	0,000
X1: Quinua (%)	-0,1210	0,0547	-2,21	0,063
X2: CMC (g/l)	-0,0630	0,0547	-1,15	0,287
X3: Tiempo (h)	-0,0520	0,0547	-0,95	0,373
X1: Quinua (%) *X1: Quinua (%)	-0,267	0,106	-2,53	0,039
X2: CMC (g/l) *X2: CMC (g/l)	0,073	0,106	0,69	0,512
X3: Tiempo (h) *X3: Tiempo (h)	-0,282	0,106	-2,67	0,032
X1: Quinua (%) *X2: CMC (g/l)	0,0325	0,0611	0,53	0,611
X1: Quinua (%) *X3: Tiempo (h)	0,0925	0,0611	1,51	0,174
X2: CMC (g/l) *X3: Tiempo (h)	-0,0375	0,0611	-0,61	0,559

Coeficiente de consistencia (K) = -20,78709 +0,013035 Quinua (%) -0,954629 CMC (g/l) +4,92269 Tiempo (h) +0,008667 Quinua (%) * CMC (g/l) +0,006167 Quinua (%) * Tiempo (h) - 0,150000 CMC (g/l) * Tiempo (h) -0,001187 Quinua (%)² +1,16620 CMC (g/l)² - 0,282113 Tiempo (h)²