

1.1. Antecedentes

Según la investigación la producción de quinua en Bolivia (*Chenopodium quinoa Willd*) es un alimento ancestral de los andes sudamericanos. Hasta la década de 1980, la quinua estuvo confinada a los países andinos, siendo Bolivia y Perú los principales productores. Si bien más del 90% de la quinua se produce en el altiplano, puede producirse, además, en las partes altas o punas y valles interandinos pudiendo ser también producida hasta en los llanos orientales, siendo Iscayachi y Yunchara los principales productores en Tarija, constituyéndose así en una importante alternativa para muchos agricultores (Risi, 2015).

Según la investigación de cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum*), en nuestro país existe muy poca experiencia sobre este cultivo. En la actualidad la zona del valle central de Tarija, se cultiva con limitada importancia en cuanto a su superficie, a nivel nacional. Es importante destacar las condiciones climáticas del valle central de Tarija, son favorables para el cultivo de garbanzo. (Flores, 2013).

En el siguiente trabajo se desarrolló una metodología para la elaboración de yogurt en base a quinua. Fermentando leche de quinua mediante uso de bacterias lácticas (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*). El Yogurt de quinua es un producto 100 % natural con una vida útil de 10 a 15 días, siendo un producto con las características nutricionales y funcionales para la salud para un buen rendimiento escolar. (Figueredo & Mamani, 2015).

La leche de los productores del valle central de Tarija es destinada a las industrias lácteas, el principal comprador es la PIL Tarija adquiere la mayor producción el resto se divide entre PROLAC, EBA son las que desarrollan una gama de yogurt y quienes venden de manera directa al mercado (La Voz de Tarija, 2018).

En la ciudad de Tarija la empresa “PIL Tarija” actualmente realiza la producción de nuevas líneas de productos , yogurt con frutas y verduras (mix), el cual representa una variedad innovadora en el mercado tomando en cuenta características fundamentales de nutrición y para la salud (PIL Tarija, 2018).

El Laboratorio de Taller de Alimentos (LTA) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, cuenta con una amplia gama de productos derivados de lácteos con las normas de inocuidad alimentaria de acuerdo al SENASAG. Ofrece una variedad de yogures entre los que se encuentran el batido, natural, dietético y frutado (El País, 2019).

1.2. Justificación

- En la actualidad en el mercado local, las empresas lácteas elaboran una gran variedad de yogurt, sin embargo, se puede evidenciar que no existe empresas que se dediquen a elaborar yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, el propósito es de incorporar un producto innovador en el mercado, lo cual permitirá al consumidor contar con un producto de calidad nutricional.
- La elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, permitirá de alguna manera incentivar el consumo de la quinua y garbanzo, de esta manera darle un valor agregado con el propósito de aprovechar sus propiedades nutricionales y funcionales en la salud, además y permitir contribuir al consumo de alimentos saludable.
- El presente trabajo pretende utilizar extracto de quinua y garbanzo, la cual carece de lactosa y caseína para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, para personas que son intolerantes a la lactosa y alérgicos a la proteína de la leche de vaca, pero el propósito es de mejorar la nutrición de los niños, jóvenes y ancianos, debido a que no consumen los nutrientes necesarios por día lo que es recomendado.
- En el mercado existe gran variedad de quinua y garbanzo, pero el cual no es consumido por la población, debido a los factores económicos, culturales y por el poco conocimiento de sus bondades nutricionales y propiedades funcionales, que tiene la leguminosa y el pseudocereal.

1.3. Objetivos

El presente trabajo de investigación contempla los siguientes objetivos

1.3.1. Objetivo general

Elaborar yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, mediante el proceso de fermentación láctica a nivel experimental para obtener producto con calidad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima quinua y garbanzo, con la finalidad de establecer su composición.
- Realizar la evaluación sensorial y análisis estadístico, de la muestra preliminar, con la finalidad de establecer la muestra ideal.
- Aplicar el diseño experimental de 2^3 , en la etapa de fermentación para determinar las variables que influye en el proceso.
- Realizar la evaluación sensorial y análisis estadístico, de la muestra experimental e ideal con la finalidad de establecer la muestra adecuada.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas del yogurt batido a de extracto de quinua y garbanzo. Para conocer la calidad del producto terminado.
- Realizar el control de acidez y pH durante la etapa de almacenamiento, con la finalidad de conocer el tiempo de vida útil del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.
- Realizar balance de materia y energía con la finalidad de conocer las corrientes de entrada y salida en el proceso elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo a nivel experimental.

1.4. Planteamiento del problema

En la actualidad en el mercado local las empresas lácteas elaboran gran variedad de yogurt, como también otros de manera artesanal, sin embargo, se puede evidenciar que no existe empresas que se dediquen a elaborar yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, lo que se pretende es incorporar el pseudocereal y leguminosa. Así mismo en el mercado existe variedad de quinua y garbanzo, pero el cual no es consumido diariamente por la población. Por lo que el presente trabajo pretende

elaborar yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, lo cual permitirá de alguna manera incentivar el consumo del pseudocereal y leguminosa, los cuales pueden ser aprovechados por sus características nutricionales y funcionales, lo que hace que permita coadyuvar de alguna manera en la salud. Por lo tanto, mediante el proceso de fermentación láctica permitirá obtener yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo con calidad nutricional.

1.5. Formulación de problema

¿Cuál es el proceso de fermentación láctica a ser aplicado para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo con la finalidad de obtener producto con calidad nutricional?

1.6. Hipótesis

El proceso de fermentación láctica a ser aplicado en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo permitirá obtener producto con calidad nutricional.

2.1. Origen del yogurt

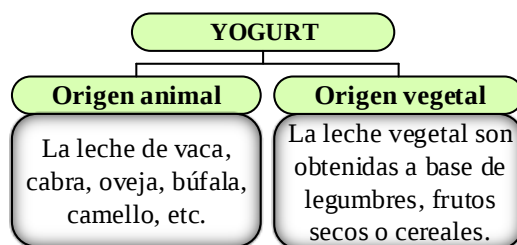
El origen del yogurt se dice que probablemente fue situado en Turquía, aunque hay quienes lo ubican en los Balcanes, Bulgaria, Asia Central. Los pueblos nómadas transportaban la leche fresca que obtenían de los animales en saco generalmente de piel de cabra. Por la acción del calor y el contacto de la leche con la piel de cabra propiciaban la multiplicación de las bacterias ácidas que fermentaba la leche. Como resultado la leche se convertía en una masa semi sólida y coagulada una vez consumido el fermento lácteo contenido en aquella bolsa, estas se volvían llenar de leche fresca que se transformaban nuevamente en leche fermentada gracias a los residuos procedentes. El yogurt se convirtió en el alimento básico de los pueblos nómadas por su facilidad de transportar y conservación (Kostich, 2011).

2.2. Definición del yogurt

De acuerdo con lo definido por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad en NB 33016. El yogurt es el producto **coagulado** que resulta por la fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, a partir de leche pasteurizada entera, parcialmente descremada o descremada, leche en polvo enteras, parcialmente descremada o descremada o una mezcla de estos productos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. Thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto. Pueden ser adicionado o no de los ingredientes y adictivos indicados en esta norma.

2.3. Clasificación del yogurt

En la figura 2.1, se muestra la clasificación del yogurt según la materia prima empleada para su elaboración.

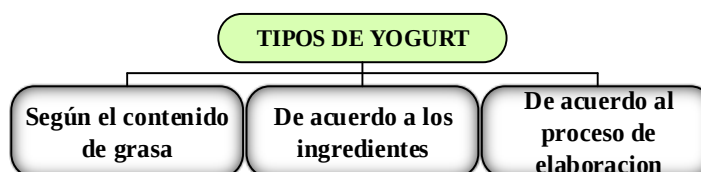


Fuente: (TAMI 91) ;(Soares, 2010)

Figura 2.1: Se muestra la clasificación del yogurt

2.3.1. Tipos de yogurt

Según la Norma Boliviana NB/NA 0078. Los tipos de yogurt se clasifica, como se detalla en la figura 2.2 se muestra el tipo de yogurt.

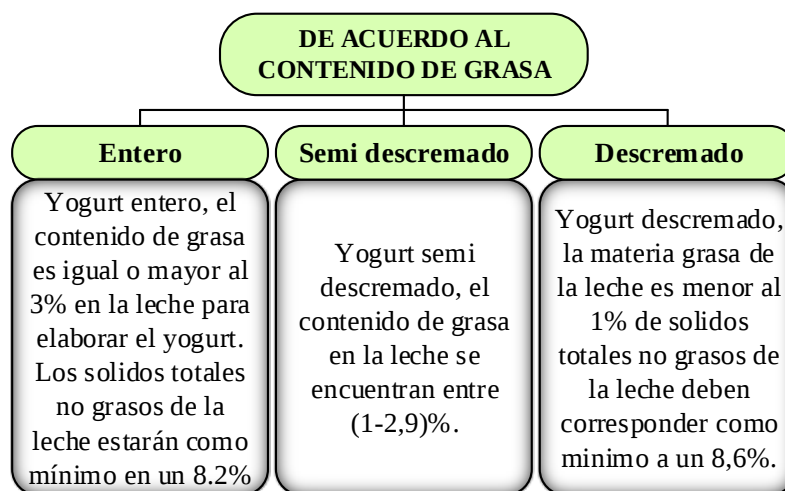


Fuente: IBNORCA, 2009

Figura 2.2: Tipos de yogurt

2.3.1.1. De acuerdo al contenido de grasa

En la figura 2.3, se muestra los tipos de yogurt de acuerdo al contenido de grasa



Fuente: Tamine & Robinson, 1991

Figura 2.3: Tipos de yogurt de acuerdo al contenido de grasa

2.3.1.2. De acuerdo a los ingredientes

En la Figura 2.4, según la Norma Boliviana IBNORCA, NB-33016, se muestra el tipo de yogurt de acuerdo a los ingredientes.

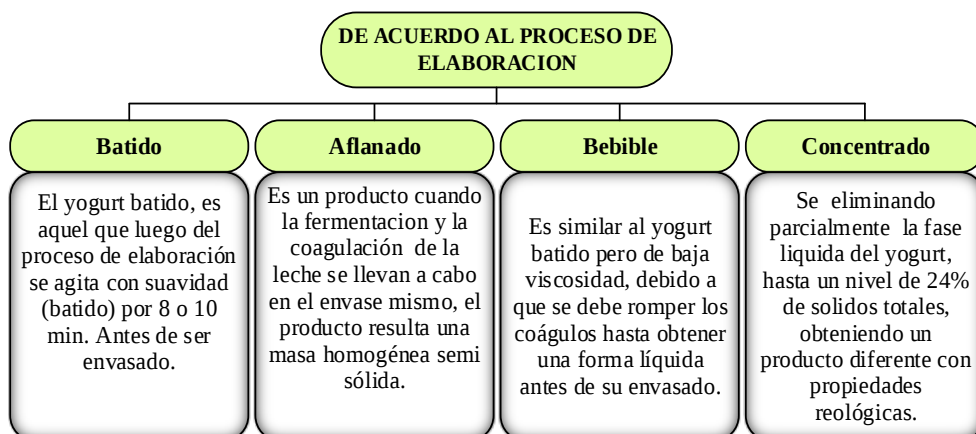


Fuente: (IBNORCA, 2006)

Figura 2.4: Tipos de yogurt de acuerdo a los ingredientes

2.3.1.3. De acuerdo al proceso de elaboración

En la figura 2.5, según la norma NB-33016 se muestra el tipo de yogurt de acuerdo al proceso de elaboración.



Fuente: (IBNORCA, 2006)

Figura 2.5: Tipos de yogurt de acuerdo al proceso de elaboración

2.4. Propiedades del yogurt vegetal de quinua

A continuación, se detalla la propiedad del yogurt de quinua en cuanto a sus propiedades nutricional.

2.4.1. Propiedades nutricionales de yogurt vegetal de quinua

En la tabla 2.1 se muestran propiedades nutricionales de yogurt vegetal de quinua.

Tabla 2.1.

Propiedades nutricionales del yogurt vegetal de quinua por cada 150 ml

COMPONENTES	UNIDAD	VALOR
Carbohidratos	g	64,000
Almidón	g	52,000
Fibra alimentaria	g	7,000
Grasas	g	6,000
Poliinsaturadas	g	3.300
Triptófano	g	0.167
Agua	g	13,000
Tiamina (vit.B ₁)	mg	0.360
Riboflavina (Vit.B ₂)	mg	0.320
Vitamina B ₆	mg	0.500
Ácido fólico (Vit.B ₉)	µg	184,000
Vitamina E	mg	2.400
Hierro	mg	4.600
Magnesio	mg	197,000
Fosforo	mg	457,000
Potasio	mg	563,000
Zinc	mg	3.100
Energía	kcal	370,000

Fuente: (Figueredo & Mamani, 2015)

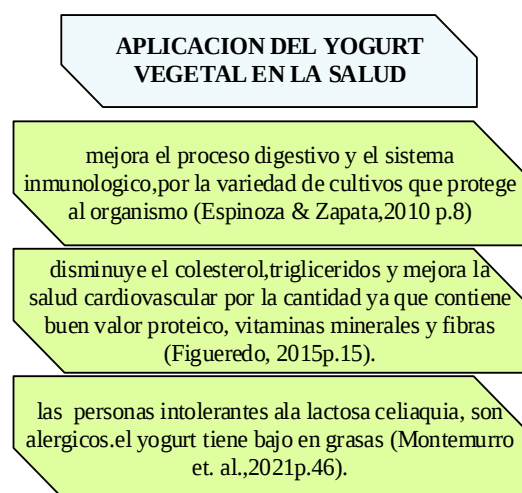
2.5. Aplicación del yogurt vegetal en la salud

Las diferentes aplicaciones que tiene el yogur vegetal en la salud como también en la gastronomía. Los productos fermentados a base de cereales son considerados alimentos funcionales, porque además de ser nutritivos y contener probióticos, proporcionan grandes beneficios a la salud (Peyer et al., 2016 & Ouwehand, 2005)

APLICACION DEL YOGURT VEGETAL EN LA SALUD	Mejora el proceso digestivo y el sistema inmunológico, por la variedad de cultivos que protege al organismo.
	Disminuye el colesterol, triglicéridos y mejora la salud cardiovascular por la cantidad ya que contiene buen valor proteico, vitaminas minerales y fibras.
	Las personas intolerantes a la lactosa, celiaquía, son alérgicos, el yogurt tiene bajo en grasas.

Fuente: (Espinoza, 2010)

Figura 2.6: Se muestra los beneficios para la salud



Fuente: (Espinoza, 2010)

Figura 2.6: Se muestra los beneficios para la salud

2.6. Caracterización de la quinua y garbanzo como materia prima

En esta sección se describe las características de la materia prima quinua y garbanzo para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo,

2.6.1. Garbanzo

Garbanzo (*Cicer arietinum*). Es una planta de la familia de las papilionáceas, cuyos frutos son de forma redondeada de textura rugosa de color crema, contienen un elevado contenido de proteínas, por lo que son muy utilizadas en la preparación de platos culinarios. El garbanzo la variedad Kabuli es blanco lechoso se caracteriza por su mayor contenido de proteínas, magnesio y hierro. El garbanzo tiene una buena fuente de ácidos grasos: oleico (omega-9) y linoleico (omega-6), asimismo sobre sale por su contenido de fibra, folatos y hierro, cuya proporción depende de la variedad y condiciones de cultivo. Su contenido de saponinas, taninos y fitatos son bajos (Mata, 2009). En la tabla 2.2 se muestra la taxonomía del garbanzo.

Tabla 2.2

Taxonomía del garbanzo

Familia	Fabáceas (leguminosae)
Género	Cicer
Especie	C.arietinum
Nombre científico	Cicer arietinum
Nombre común	garbanzo

Fuente: (Marian, 2013)

2.6.1.1. Característica botánica del garbanzo

Botánica del garbanzo: El garbanzo (*cicer arietinum* L.) pertenece a la familia Leguminosas. Es una planta anual, tiene raíces profundas, tallos pelosos y ramificados, que alcanza una altura de hasta 0.60m. La planta tiene abundancia de glándulas excretoras, las hojas son parí o imparipinnadas, foliolos de borde dentado, flores auxiliares solitarias, frutos en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior, ligeramente arrugadas (Morales et al., 2010).

El garbanzo es una planta catalogada como resistente a la sequía, puede crecer bajo un rango de precipitación, el ciclo vital varía entre 90 y 180 días, en función de las condiciones climáticas, con respecto a la temperatura, las plantas no se dañan fácilmente por las bajas temperaturas; sin embargo, las heladas pueden afectar a la planta en la etapa de floración y formación de vainas, los suelos en los que se desarrolla adecuadamente el garbanzo son los silicios arcillosos sin yeso. La profundidad del suelo debe ser un mínimo de 25-60 cm. en relación a la salinidad del suelo, el garbanzo resulta ser ligeramente tolerante. El pH del suelo, oscila en un rango de 4.2 – 8.6, siendo el óptimo de 7 (Valencia et al., 2009).

2.6.1.2. Variedades del garbanzo

Variedades: Existen dos tipos de garbanzo: kabuli y desi. Morfológicamente son distintos, tipo kabuli: formas vainas relativamente largas, sus semillas son grandes, menos cargadas de color blanco crema. El tipo desi, son pequeñas semillas de color marrón, contiene una capa áspera con una angularidad pronunciada y la superficie fuertemente estriada. La cubierta de la semilla del tipo desi es considerada levemente más gruesas que el tipo kabuli, pero ambos tipos hay buena adherencia del recubrimiento de la semilla y de los cotiledones (Aguilar & Vélez, 2013).

En la figura 2.6 se muestra los tipos de garbanzo.



Fuente: (Aguilar & Vélez, 2013)

Figura 2.7: a) Garbanzo tipo desi b) Garbanzo tipo kabuli

2.6.1.3. Composición fisicoquímica del garbanzo

En la tabla 2.3 se muestra la composición química del garbanzo

Tabla 2.3

Composición química del garbanzo

COMPONENTES	UNIDAD	VALOR
Agua	g	10,80
Proteína	g	17,60
Grasa	g	5,40
Carbohidratos	g	63,30
Fibra dietaria	g	17,40
Cenizas	g	3,10
Calcio	mg	120,00
Magnesio	mg	125,60
zín	mg	28,00
Hierro	mg	5,95
sodio	mg	19,00
Tiamina	mg	0,38
Riboflavina	mg	0,38
Niacina	mg	2,80
Vitamina C	mg	5,40
Calorías	kcal	293,00

Fuente: (Reyes, Gómez & Espinoza 2017)

2.6.1.4. Aplicación del garbanzo en la salud

El garbanzo es beneficioso para la salud por contener ácidos grasos omega 3- 6- 9 y también vitaminas E y otros antioxidantes que ayudan a reducir, prevenir enfermedades. Junto a su valor nutricional, este grano posee componentes bioactivos los cuales son beneficioso mejorando las funciones metabólicas y previniendo

enfermedades por su efecto anticancerígeno, hipocolesterolemico o hipoglucemiante (Muhammad et al., 2013).

- En la función digestiva intestinal, también como antioxidante ayuda a reducir los efectos de la menopausia (López, 2016 p.15).
- Sus hidratos de carbono son de lenta asimilación, por lo que se reconoce un alimento para la diabetes (K. Siddique, 2016 p. 27).
- Por su contenido de magnesio, protege al organismo contra enfermedades cardiovasculares, reducir el colesterol y estrés (Denny & Buttriss, 2007 p. 29).
- Asimismo, su contenido en fibra ayuda a regular el tránsito intestinal y combate el estreñimiento. También ralentiza la absorción de los hidratos y reduce los niveles de colesterol. (K.Siddique, 2016 p.20).
- Para las embarazadas también es beneficioso el consumo de garbanzos, ya que estos contienen ácido fólico, conocido como vitamina B9, que previene malformaciones en el feto. (K.Siddique, 2016 p. 20).

Las leguminosas contienen componentes que no son nutritivos, pero desempeñan funciones metabólicas benéficas para la salud, tales como alcaloides, isoflavonas, compuestos fenólicos y una gran variedad de oligosacáridos. Generalmente las leguminosas presentan mayor cantidad de compuestos fenólicos que los cereales.

En la tabla 2.4, se muestran los compuestos bioactivos presentes en el garbanzo y su efecto en la salud (Muzquiz & Wood, 2007).

Tabla 2.4

Compuestos bioactivos presentes en el grano de garbanzo

COMPUESTOS	PRESENCIA	ACTIVIDAD BIOLÓGICA
Oligosacáridos	+++	Prebióticos
Fitatos	++	Educción de índice glucémico, quelante
Polifenoles	++	Capacidades antioxidantes
Isoflavonas	+/-	Fito estrógenos, control metabólico
lectinas	+/-	Antitumoral, inhibe el crecimiento
Muy abundante ++++		Bajo ++
Abundante +++		Muy bajo + -

Fuente: (Muzquiz & Wood 2007)

2.6.2. Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*, wild) es rica en minerales, vitaminas, y proteínas, se destaca por su concentración de nutrientes, todos son beneficiosos para el organismo, se considera como un pseudocereal, libre de gluten, sin embargo, posee factores anti nutricionales (fitatos) que no permite al organismo humano asimilar ciertos minerales como ser el hierro (Mujica. et al., 2006).

La quinua es un alimento perfecto para añadir a una dieta saludable. La quinua contiene todo lo que nuestro cuerpo necesita: fibra en su mayoría tipo soluble, vitaminas, minerales, grasas de buena calidad (ácidos omegas 3 y 6) saludables, hidratos de carbono y proteínas. Es un alimento muy bajo en calorías, colesterol, azúcar y bajo en sodio. Es el único alimento vegetal que posee los 20 aminoácidos (incluyendo los 10 esenciales). En la tabla 2.5 se muestra la taxonomía.

Tabla 2.5

Taxonomía del grano de quinua

Reino	Vegetales
Clase	Fanerógamas
Sub clase	Dicotileoneas
Orden	Angiospermas
Familia	Centro permales
Genero	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Chenopodium quinua willdenow</i>

Fuente: (Mujica. et al., 2006).

2.6.2.1. Característica botánica de la quinua

Características botánicas. La quinua es una planta de desarrollo anual de hojas anchas, dicotiledónea y usualmente alcanza una altura de 1 a 2 m. El tallo central comprende hojas lobulares y quebradizas, el tallo puede o no tener ramas, dependiendo de la variedad y/o densidad del sembrado, la raíz principal normalmente mide de 20 - 25cm aproximadamente de longitud formado una densa trama de radicular. Las flores son pequeñas y carecen de pétalos, generalmente son bisexuales y se auto fertilizan. El fruto es seco y mide aproximadamente 2mm de diámetro (250 - 500 semillas por gamo) (Risi, 2015 & Mujica. et al., 2006).

En su estado natural, la semilla de quinua está cubierta de una capa de resina jabonosa llamada “saponina” si no se retira, genera un sabor amargo y espeso. Por esta razón se recomienda realizar el lavado de la semilla (Biscayart, 2016).

2.6.2.2. Variedades de la quinua

La planta presenta una gran variabilidad y diversidad de formas. Se pueden clasificar sus variedades o ecotipos en 5 categorías básicas, según su adaptación a las características geográficas. (FAO, 2013).

- Quinua del valle
- Quinua del altiplano
- Quinua de terrenos salinos o salares
- Quinua del nivel del mar
- Quinua de yungas (subtropicales)

Cada una con sus particularidades respecto del tamaño del grano color, sabor y diferente tipo de maduración de la planta. Como ser Quinua real, Dulce, Qaslala, Pasankalla, Pito, Coitu, etc. La planta de la quinua requiere de suelos francos o francos arenosos, semi profundos, con buen drenaje y con alto contenido de materia orgánica (Revista Técnica Agropecuaria, 2012). En la figura 2.8 se muestra el tipo de quinua.



Fuente: (Risi & Rojas, 2015)

Figura 2.8: Tipos de quinua

2.6.2.3. Propiedades nutricionales de la quinua

En la tabla 2.6 se muestra el valor nutricional de la quinua.

Tabla 2.6

Valor nutricional de la quinua

COMPONENTES	UNIDAD	VALOR
Humedad	%	8,44
Proteína	%	16,19
Fibra	%	1,84
Cenizas	%	2,00
Grasa	%	5,20
ELN (carbohidratos)	%	66,33
Energía	kcal	372,09
Ca	mg	565,00
P	mg	4689,00
Mg	mg	1760,00
Fe	mg	14,00
Zn	mg	28,00
K	mg	11930,00
Cu	mg	2,00
Vitamina A (carotenos)	mg	0,53
Vitamina E	mg	5,90
Tiamina	mg	0,60
Riboflavina	mg	0,46
Niacina	mg	1,60
Ácido ascórbico	mg	8,50
Arginina	%	7,40
Isoleucina	%	6,40
Histidina	%	2,82
Leucina	%	7,10
Lisina	%	6,60
Fenilamina	%	3,50
Metionina	%	2,40
Tirosina	%	2,80
Treonina	%	4,80
Valina	%	4,00
Oleico	%	26,00
Linoleico	%	50,20
linolénico	%	4,80

Fuente: (FAO, 2013)

2.6.2.4. Aplicación de la quinua en la gastronomía

De la quinua podemos obtener productos que nos permitan aprovechar mejor sus cualidades nutritivas. Según Gandarillas (1967) menciona que se lo puede utilizar en, tanto salados como dulces: guisos, ensaladas, hamburguesas, panes, muffins, budines, tortas, sopas, cremas. A nivel industrial se elabora hojuelas, galletas, turrone, fideos, leche de quinua, jugos de quinua.

2.6.2.5. Aplicación de la quinua en la salud

La quinua es uno de los alimentos que son elaborados no solo por sus características nutricionales, sino también para cumplir una función específica como puede ser mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades:

- Ayuda a la disminución del colesterol sanguíneo por su aporte de lípidos insaturados.
- Aporta bajo contenido de sodio por el cual es recomendada también en la prevención y tratamientos de la hipertensión arterial.
- Su índice glucémico es bajo, recomendada para personas con resistencia a la insulina, diabetes y obesidad.
- También es fuente de folatos que previene los defectos en el tubo neural del bebe durante el periodo de gestación.
- Uno de sus componentes que es la lisina, es vital para el desarrollo de las células del cerebro, los procesos de aprendizaje, memorización, así para el crecimiento físico
- Ayuda al sistema digestivo (estreñimiento) y disminuye los niveles de colesterol en la sangre por ser alta en fibra, además no contiene gluten es un alimento apto para las personas con celiaquía o intolerancia al gluten.
- Ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis por su contenido de calcio fácil absorción de los organismos, arterosclerosis, cáncer de mama, otras alteraciones femeninas posmenopáusica.
- Ayuda a la formación de los huesos por su alto contenido en manganeso.
- Ayuda a la salud del corazón, nervios y cerebro por una fuente rica en magnesio y fosforo.
- Ayuda al desarrollo de los glóbulos rojos, tejidos y órganos, fortalece al sistema inmunológico.

2.7. Caracterización de los insumos utilizados en la elaboración del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En esta sección se muestra las características de los insumos que se utiliza en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

2.7.1. Conservantes

Sorbato de potasio. Es una sal del ácido sórbico actúa impidiendo el desarrollo de los hongos, levaduras y otras bacterias. La cantidad de conservante que se utiliza depende de la humedad y pH; cuanto más ácido sea el alimento más efectivo es el conservante, teniendo como resultado beneficioso en productos con pH superior a 4,0 e inferior a 6,5 (Cevallos & Cobo, 2011).

Es un aditivo que se encuentra aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y la Comunidad Económica Europea (CEE), ya que no produce riesgos de salud; en el organismo es asimilada como ácido graso (Cevallos & Cobo, 2011).

En la norma N.B. 33016 es aceptado dicho conservante para la elaboración de yogurt en una dosis máxima de 100 mg/kg.

2.7.2. Gelatina (estabilizante)

La gelatina es un estabilizante que se utiliza en la elaboración del yogurt en una proporción de 2%, con el fin de aumentar la viscosidad del producto, mejorar la apariencia del yogurt, evitar la ruptura del gel y la sinéresis, generalmente se usa en la elaboración de yogurt con frutas (Reyes & Cabrera, 2011).

El estabilizante se debe añadir a una temperatura de 50°C, ya que el calor facilita su disolución.

2.7.3. Bacterias para yogurt

Las bacterias para yogurt, son las bacterias lácticas su temperatura óptima de crecimiento es de 42-45°C, también presentan mayor resistencia a los antibióticos (penicilina) que el *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus* son sensibles a las sales y no se desarrollan en presencia al 2% del NaCl (Mestres, 2004).

Se caracteriza por fermentar la fructosa, glucosa, sacarosa y lactosa. El *Streptococcus Thermophilus* con el *Lactobacillus Bulgaricus* constituye en conjunto el cultivo iniciador en la fabricación de yogurt (Hernández, 2007).

Los cocos son los responsables de la acidez mientras que los bacilos lo son del aroma y del sabor (Geocities, 2003).

2.7.3.1. Streptococcus Thermophilus

Streptococcus Thermophilus, es una bacteria con forma esférica, no motil, Gram-positiva, con un diámetro de 0.7-0.9 μm , que se presenta en pares o cadenas y su crecimiento óptimo está entre los 37 a 42° C, la mínima de 10°C y la máxima de 50°C

Estas bacterias pueden producir cerca de 1% de ácido láctico, forma mucilago de polisacáridos útiles en la viscosidad del yogurt (Rojas, 2009).

2.7.3.2. Lactobacillus Bulgaricus

Lactobacillus Bulgaricus, son bacilos alargados con la punta redondeada separados o formando cadenas, su tamaño es de 0,8 a 1 μm de ancho 4 a 6 μm de largo, en la leche produce aprox. un 2,7 % de ácido láctico, su temperatura optima de crecimiento es de (40 - 43) °C, la mínima de 15°C y la máxima de 52°C (Romero, 2004).

2.7.4. Azúcar

El azúcar es un carbohidrato muy abundante en el reino vegetal y se conoce vulgarmente “azúcar. Su fórmula empírica es $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, el azúcar en el yogur tiene dos funciones, la fermentación y darle aroma. Es aconsejable añadir el azúcar antes de proceder al tratamiento térmico, ya que así se garantiza la destrucción de las formas vegetativas de los microorganismos, mohos y levaduras e incluso algunas esporas, y es obtenido de caña de azúcar o remolacha azucarera (Romero & Mestres, 2004).

2.7.5. Saborizantes

Los saborizantes son sustancias artificiales, caracterizadas por su concentrado en aroma para un determinado alimento generalmente a frutas, lo que se adiciona al yogur para proporcionar sabor y aroma más agradables. El saborizante es necesario para compensar una pérdida de sustancias aromáticas, producida por las operaciones tecnológicas en la industria (Wright, 2002).

2.7.6. Colorantes

Un colorante es una sustancia utilizada como aditivo en un alimento para recuperar su color, perdido tras un procesamiento industrial, para acentuar el color original o para dotarle un color más atractivo.

El color es la primera sensación que se percibe de un alimento, determinando el primer juicio sobre la calidad de un alimento, tendiendo a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor; el color por tanto los colorantes tienen una enorme importancia en la aceptación de un alimento, y ayudar al consumidor a reconocer el producto. No hay duda que los colores mejoran la percepción y el gusto del alimento (Gutiérrez, 2005).

2.8. Tipo de proceso tecnológico a ser utilizado en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

La operación tecnológica, para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, establece el proceso de fermentación láctica

2.8.1. Obtención del extracto de quinua y garbanzo

El extracto de quinua y garbanzo es una emulsión acuosa y a la vez una suspensión denominada bebida vegetal, es un producto obtenido a partir de la extracción en medio líquido de los componentes del grano de quinua y garbanzo. El extracto acuoso se obtiene, después de la hidratación de los granos, trituration y filtración.

2.8.2. Proceso de fermentación láctica

La fermentación tiene por objeto modificar la composición fisicoquímica, los aspectos nutricionales y organolépticos. También mejora el contenido nutritivo de los alimentos por la biosíntesis de las vitaminas, aminoácidos esenciales, las proteínas y las fibras se vuelven más digeribles, la fermentación proporciona más micronutrientes y degrada factores anti nutritivos, proporciona calorías al convertir sustratos inadecuados para el consumo humano en alimentos inocuos (Gutiérrez, 2005).

La fermentación es un proceso metabólico en el que se produce diferentes cambios químicos en un sustrato orgánico (en este caso la leche), produciendo la descomposición de sustancias complejas en otras más simples como lo es la oxidación

de carbohidratos, por la acción de catalizadores biológicos denominadas enzimas que son producidas por diferentes especies de microorganismos vivos, el proceso además implica la generación de energía en forma de ATP (Gutiérrez, 2005).

Simbiosis es la acción de los fermentos lácticos durante la elaboración del yogurt se debe a la simbiosis entre las dos bacterias lácticas, el *S. thermophilus* y *L. bulgaricus*, dichos fermentos lácticos desarrollan características como: acidificación del medio, las propiedades como aroma y sabor, y la textura apropiada (Salcedo et al., 1988).

La acidificación: La leche fermentada es aquella que ha sido transformada por el desarrollo de las bacterias lácticas u otros microorganismos que transforman la lactosa (el azúcar de la leche) en ácido láctico y otros metabolitos, así otorgando textura, sabor y aroma característico del yogurt. El cambio que se realiza es por el descenso del pH (4.6 -4 .0) y debido al descenso se produce la coagulación de la caseína (leche) lo cual forma un gel y la acidificación inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos e indeseables (Romero, 2004). Además, durante la fermentación se producen metabolitos como el acetaldehído y el diacetilo, son los que aportan en el aroma al producto. Algunas bacterias lácticas también producen polisacáridos que son los brindan la textura suave y cremosa (Romero, 2004 p. 45).

3.1. Localización del desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo”, se realizó en el Laboratorio Académico de la carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) y Laboratorio de Taller de Alimento (LTA), Perteneciente a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2. Tipo de intervención experimental

El presente trabajo de investigación considera la metodología para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, aplicando la metodología experimental de laboratorio con la finalidad de obtener un producto, por lo cual se aplica los siguientes métodos de intervención:

- Análisis fisicoquímico y microbiológico de la quinua y garbanzo.
- Análisis de pH, acidez y azúcares reductores del yogurt batido a partir de extracto quinua y garbanzo.
- Análisis de diseño factorial 2^3 para la etapa fermentación láctica de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.
- Análisis fisicoquímico y microbiológico del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.
- Evaluación sensorial para elegir la muestra ideal de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.
- Operacionalización de las variables independientes y dependientes para la elaboración de yogurt batidos a partir de extracto de quinua y garbanzo.

3.3. Tipos de investigación

La investigación experimental se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis, (Bernal, 2010).

Para Alonso et al. (2010) en la investigación experimental, el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable independiente.

3.4. Paradigma positivista

El presente trabajo toma en cuenta el paradigma positivista. Según Ricoy (2006) indica que el “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. Por tanto, el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión cuantitativa. Según (Hernández et al., 2014), un paradigma positivista cuantitativo postula la existencia de una realidad objetiva que es posible conocer empíricamente a través de métodos cuantitativo, se basa en la recolección de datos y análisis estadísticos de resultados con el fin de comprobar la hipótesis planteada en un trabajo.

3.5. Enfoque positivista cuantitativo

Según (Hernández et al., 2004) define que el enfoque cuantitativo se fundamenta en el esquema deductivo y lógico que busca formular preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente probarlas. Así mismo (Hernández et al., 2010) la investigación de tipo cuantitativo utiliza la recopilación de información para poner a prueba o comprobar las hipótesis mediante el uso de estrategias estadísticas basadas en la medición numérica, lo cual permitiría al investigador proponer patrones de comportamiento y probar los diversos fundamentos teóricos.

El presente trabajo de investigación toma en cuenta el enfoque cuantitativo, debido a que se debe realizar observaciones cuantitativas y se debe realizar mediciones.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos

Según Espinoza (2016), “el método es el medio o el camino a seguir, a través del cual se establece la relación entre el investigador y el consultado; la técnica es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar información necesaria”. Según

(Ñaupas et al., 2014), las técnicas e instrumentos de investigación se refieren a los procedimientos y herramientas mediante las cuales se recogerá los datos necesarios para probar la hipótesis de investigación y observar su efecto en otra variable.

3.6.1. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la quinua y garbanzo

En la figura 3.1 se muestran el análisis fisicoquímico y microbiológico de la quinua y garbanzo, además se indica la técnica y métodos, realizados por el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA QUINUA Y GARBANZO			
Análisis fisicoquímico	Técnica	Método	
Cenizas	Gravimetría	NB 38 025- 2014	%
Materia grasa	Gravimetría	NB 228 – 1998	%
Hidratos de carbono	Cálculo	NB 312031-2010	%
Humedad	Refractometría	NB 38027-2014	%
Proteínas totales	Volumetría	ISO 8968:1:2001	%
Valor energético	Cálculo	NB 312032-2006	Kcal/100
Análisis microbiológico			
Coliformes fecales	Recuento de placa	NB 32005 2002	UFC/g(ml)
Coliformes totales	Recuento de placa	NB 32005 2002	UFC/g(ml)
Mohos y levaduras	Recuento de placa	NB 32006 2003	UFC/g(ml)

Fuente: (CEANID, 2022)

Figura 3.1 Análisis de la Quinua y Garbanzo

3.6.2. Análisis fisicoquímico en la etapa de almacenamiento del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la figura 3.2, se muestra las técnicas y métodos que se emplearon para determinar el análisis fisicoquímico del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo en la etapa de almacenamiento, realizado en los Laboratorios Académicos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA), dependiente de la Facultad de Ciencia y Tecnología de Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

ANÁLISIS EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO DE YOGURT VEGETAL A BASE DE EXTRACCTO DE QUINUA Y GARBANZO			
Análisis fisicoquímico	Técnica	Método	
Acidez	Volumetría	NB 229-73	%
Solidos solubles	Refractometría	NB 3803:1980	°Brix
pH	Potenciometría	NB 38028-2001	---

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2: Análisis fisicoquímicos en la etapa de almacenamiento

3.6.3. Análisis fisicoquímico y microbiológico del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la figura 3.3, se muestra las técnicas y métodos que se emplearon para determinar los análisis fisicoquímico y microbiológico de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo. Realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

ANÁLISIS DE YOGURT VEGETAL A BASE DE EXTRACTO DE QUINUA Y GARBANZO			
Análisis fisicoquímico	Técnica	Método	
Acidez	Volumetría	NB 229-73	%
Proteínas total	Volumetría	ISO 8968:1: 2001	%
Cenizas	Gravimetría	NB 32005 2002	UFC/g(ml)
Materia grasa	Gravimetría	NB 228:1998	%
Humedad	Refractometría	NB 38027-2014	%
Solidos solubles	Refractometría	NB 3803:1980	°Brix
pH	Potenciometría	NB 38028-2001	..
Calcio	Espectrometría	-	mg/100g
Hidratos de carbono	Cálculo	NB 312031-2010	%
Análisis microbiológico			
Coliformes fecales	Recuento de placa	NB 32005 2002	UFC/g(ml)
Coliformes totales	Recuento de placa	NB 32005 2002	UFC/g(ml)
Mohos y levaduras	Recuento de placa	NB 32006 2003	UFC/g(ml)

Fuente: CEANID, 2022

Figura: 3.3 Análisis fisicoquímicos y microbiológico de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

3.7. Descripción de equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios

Durante el desarrollo de la parte experimental de la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se utilizaron los equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios, que se detallan a continuación:

3.7.1. Equipos de proceso para la elaboración de yogurt a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la figura 3.4, se detallan los equipos de proceso (Anexo G.) del (anexo G.1) utilizados en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo. Se realizó en los Laboratorios Académicos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) y laboratorio de Taller de Alimento, dependiente de la Facultad de Ciencia y Tecnología de Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Frezzer eléctrico • Marca consul • Potencia 226 Watts. • Tensión 220 v. • Frecuencia 50Hz. • corriente 2.1 A.	Termostato • Origen Hungría • Marca Memmet • Potencia 220 -1100 Watts. • Tiempo y temperatura 12h -100°C	Balanza analítica digital • Marca Mettler Toledo • PB1 502 • Alimentación eléctrica • Capacidad 0.5g – 1510g • Potencia 6W. • Frecuencia 60Hz.
Licuadaora • Maraca Oster • Origen Brasil • Material vidrio	Cocina • N° de hornilla 2 • Material acero inoxidable • Origen Bolivia	Balanza digital • Maraca RADWAG • Origen Polonia • Capacidad min.0.5g – max.4500g

Fuente: (L.A.C.I.A.) y (L.T.A.)

Figura 3.4: Equipos de proceso para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

3.7.2. Instrumentos de laboratorio

En la figura 3.5 Se detallan los instrumentos para el proceso (Anexo G) del (anexo G.2) utilizados en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo. Se realizó en los laboratorios del (L.T.A.) y (L.A.C.I.A.), perteneciente a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Bureta digital • Marca JENCONS • Origen España • Modelo Digitrate – PRO 50 • Operación manual	pH -metro digital • Marca HORIBA • Modelo LAQUAPH1300 • Precisión ± 0.003 pH • Operación manual • Industria Japón
Refractometro • Marca ATAGO • Origen Japón • Rango 0- 32°Brix • Operación manual	Termómetro táctil • Material vidrio • Indicador mercurio • Capacidad 0 -100°C

Fuente: (L.A.C.I.A.) y (L.T.A.)

Figura: 3.5 Instrumentos de laboratorio para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

3.7.3. Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio (Anexo G - 3) que se utilizan en la elaboración yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se detalla en la tabla 3.1:

Tabla 3.1

Materiales de laboratorio

Materiales	Capacidad	Material
Piseta	500 ml	plástico
Vaso de precipitación	500 ml	Vidrio
Varilla de vidrio	pequeño	Vidrio
Matraz aforado	250 ml	vidrio
Pipeta aforada	25 ml	vidrio
Probeta	100 ml	vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina (Anexo G) del (anexo G.4) utilizados en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se detalla en la tabla 3.2:

Tabla 3.2

Utensilios de cocina

Materiales	Capacidad	Material
Colador	Mediano	Plástico
Ollas	4 litros	Acero inoxidable
Cucharas	Mediana	Plástico
Jarras	2 litros	Plástico
Vasos	150 ml	Plástico

Fuente: Elaboración propia

3.8. Reactivos químicos

Los reactivos químicos utilizados en los análisis del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en (Anexo H) del (anexo H.2), se detallan en la tabla 3.3

Tabla 3.3

Reactivos químicos

Reactivos	Concentración	Procedencia	Industria
Solución de NaOH	0,1N	DEIMAR	Biopack- Bolivia
Fenolftaleína	0,1%	DEIMAR	Biopack- Bolivia

Fuente: Elaboración propia

3.8.1. Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios (Anexo H) del (anexo H.3), utilizados en la elaboración del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en se detallan en la tabla 3.4:

Tabla 3.4

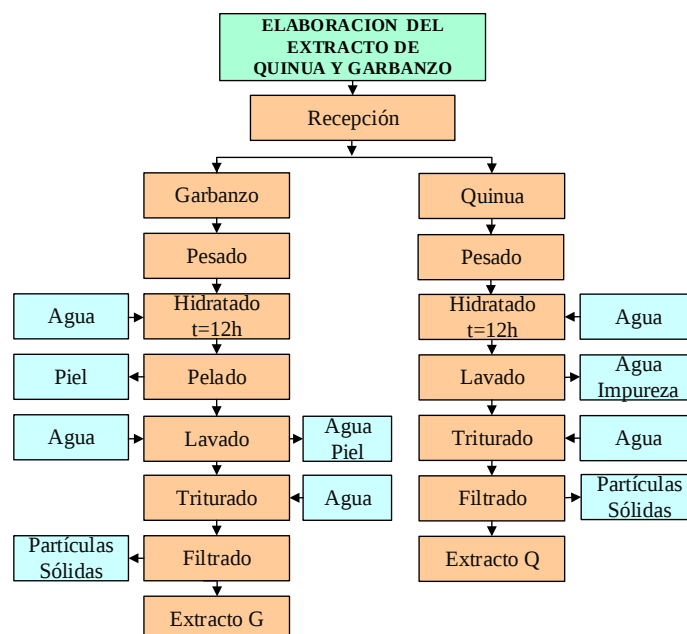
Insumos Alimentarios

Insumos	Características	industria
Sacarosa	Solido (cristales)	Bermejo
Gelatina neutra	Solido (polvo)	Fadamí
Cultivos lácteos	Liofilizados	CHS HANSEN

Fuente: Elaboración propio

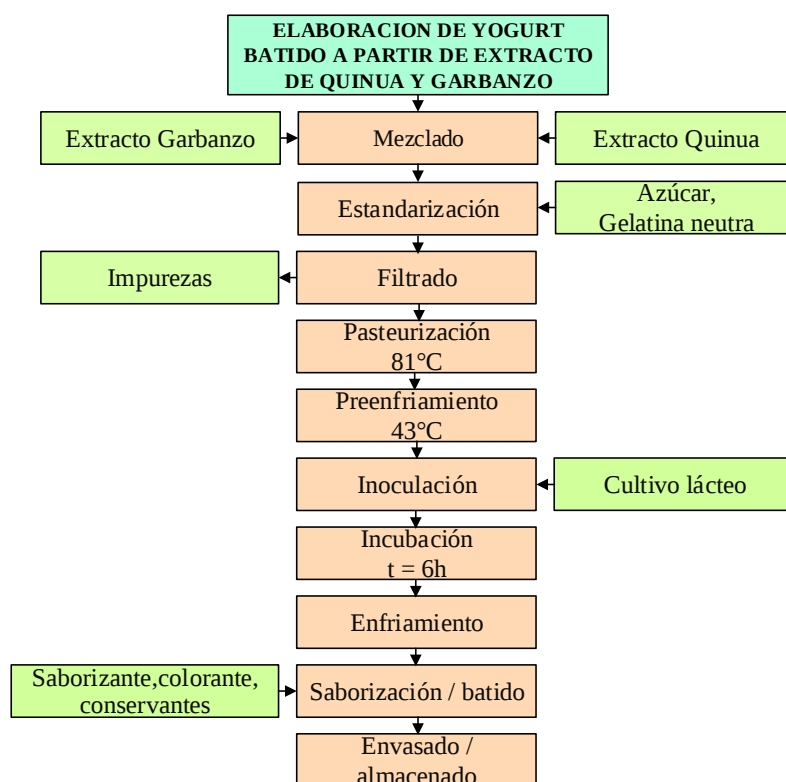
3.9. Diagrama para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

La figura 3.6, se muestra el proceso de extracción del garbanzo y la quinua, detallado en el (Anexo H.3 - H.4), sobre la base del extracto se comienza el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, como se observa en la figura 3.7, del (Anexo H.5).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6: Diagrama del proceso de extracción de la quinua y garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Diagrama del proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

3.9.1. Descripción del proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Se describen las operaciones necesarias para la obtención de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, lo cual detallan los procesos realizados en el (Anexo H.) del (Anexo H.1 – H.2 – H.3 – H.4 – H.5).

3.9.1.1. Recepción de la quinua y garbanzo

En la figura 3.8 se muestra la recepción de la quinua y garbanzo que se adquiere del mercado campesino, el garbanzo en forma de granel y la quinua se compró envasado para posteriormente ser procesada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8: Recepción de la quinua y garbanzo

3.9.1.2. Pesado

En la figura 3.9 se muestra el proceso de pesado de la quinua y garbanzo, se realizó con la finalidad de efectuar el balance de materia en el proceso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9: Etapa del pesado de la quinua y garbanzo

3.9.1.3. Hidratado

En la figura 3.10, se muestra el proceso que se realizó en la hidratación de la quinua, debido que este grano contiene una sustancia que se llama saponina para así eliminar

el alto grado de amargor que causa toxicidad, asimismo se realiza la hidratación del garbanzo para así facilitar el separado de la piel.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10: Etapa hidratación de la quinua y garbanzo

3.9.1.4. Lavado

En la figura 3.11, se muestra el proceso del lavado de la quinua, para eliminar el alto grado de amargor llamado saponina que causa toxicidad. Como también se realiza el lavado del garbanzo y eliminar parte que no son comestibles, (piel).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11: Etapa del lavado de la quinua y garbanzo

3.9.1.5. Triturado

En la figura 3.12 se muestra el proceso, de eliminar el exceso de agua de la quinua hidratada, como así también del garbanzo hidratado para incorporarlos a la licuadora, añadiendo agua filtrada y así proceder el licuado por un tiempo de 3 - 5 minutos, con la finalidad de triturar las partículas de la quinua y del garbanzo, así obtener un mejor rendimiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12: Etapa del triturado de la quinua y garbanzo

3.9.1.6. Filtrado

Después del licuado, de la quinua y garbanzo se procedió a realizar el filtrado con la ayuda de un tamiz con malla N°100 a N°120 escala Tiler con la finalidad de eliminar la parte no comestible y así obtener el extracto de quinua y garbanzo. Cómo se muestra en la figura 3.13.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13: Etapa del filtrado de la quinua y garbanzo

3.9.1.7. Mezclado de ambos extractos

En la figura 3.14 se muestra el proceso de dosificación del extracto de quinua y garbanzo, con la finalidad de estandarizar y comenzar el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14: Etapa del mezclado del extracto de quinua y garbanzo

3.9.1.8. Estandarización

En la estandarización se añade los insumos: azúcar, gelatina neutra, y se debe agitar por un determinado tiempo, para así obtener una mezcla homogénea, como se muestra la figura 3.15.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15: Etapa de estandarización

3.9.1.9. Higienización

Se muestra en la figura 3.16 la etapa de la higienización del extracto de quinua y garbanzo ya estandarizada, se procedió al colado en un tamiz con malla N°100 a N°120 escala Tiler, para así separar las partículas en suspensión, que proceden de los insumos utilizados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16: Etapa de higienización

3.9.1.10. Pasteurización

Después de higienizar la mezcla del extracto de quinua y garbanzo, fue llevada a baño María, para incrementar la temperatura hasta (81°C) por un tiempo aprox. de 5 minutos, con el objetivo de destruir los microorganismos patógenos que puedan existir en el extracto vegetal, lo cual es una operación donde se llevó a cabo una mejor disolución de los insumos y así poder obtener una mezcla homogénea, como se puede observar en la figura 3.17.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17: Etapa de pasteurización

3.9.1.11. Preenfriamiento

En la figura 3.18 se observa la etapa de preenfriamiento, se colocó agua en un recipiente a temperatura ambiente entre (20-23) °C y se realizó lo más higiénicamente posible, con la finalidad de disminuir la temperatura hasta 43°C, para así continuar con el proceso de inoculación.



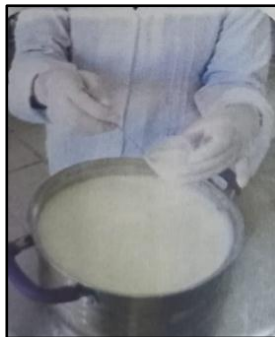
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18: Etapa de preenfriamiento

3.9.1.12. Inoculación

En la figura 3,19 se observa el proceso de inoculación, se realizó lo más aséptico posible, se añadió a un recipiente una pequeña mezcla y el cultivo lácteo, luego se agito

la mezcla para que el cultivo se disuelva, posteriormente la mezcla fue agregada al extracto atemperado donde se continuó agitando para tener una correcta homogenización de la mezcla, esta etapa se llevó a temperatura 43°C.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19: Etapa de inoculación

3.9.1.13. Incubación

Luego de inocular el cultivo lácteo se procedió a la incubación donde se realiza en un termostato eléctrico controlando la temperatura del medio a 43°C, durante el lapso de 6 horas, con la finalidad de que se lleve a cabo el proceso de fermentación láctica y se forme el coagulo del yogurt y alcance un pH de 4,5. El ácido láctico lo da el sabor tan distintivo a yogurt, como se puede observar en la figura 3.20.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20: Etapa de incubación

3.9.1.14. Enfriamiento

En la figura 3.21 se observa la etapa de enfriamiento, una vez que el yogurt alcance un pH de 4.5 o una acidez adecuada, luego se debe descender violentamente la temperatura hasta 20°C, para evitar que se siga acidificando, y así inactivar a los microorganismos, luego seguir enfriando hasta la temperatura de refrigeración de (5 – 6)°C.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21: Etapa de enfriamiento

3.9.1.15. Saborización y agitación

En esta etapa se realiza el saborizado, como se observa en la figura 3.22, donde se agrega la esencia, colorante y conservantes, al yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, y por último se agita vigorosamente para romper la estructura de gel, y obtener una consistencia homogénea tanto en color, sabor, aroma y textura del producto final.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.22: Etapa de saborización y agitación

3.9.1.16. Envasado y almacenamiento

El producto terminado fue envasado, en envases de plástico de polipropileno, previamente desinfectados para así garantizar que el producto final, no se altere durante su almacenamiento (5-6) °C, para que así tenga sus características adecuadas, como se puede observar en la figura 3.23.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23: Etapa de envasado y Almacenamiento

3.10. Evaluación sensorial

El análisis sensorial es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas, a través del uso de los sentidos, la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Mediante esta evaluación pueden valorarse las materias primas y productos terminados, conocer la aceptación o rechazo, del consumidor sobre un determinado alimento, así como su nivel de agrado y criterio (Espinosa, 2007).

Evaluación sensorial	Código	Atributos	Escala hedónica	Test	Jueces
Prueba preliminar ensayo 1	YP1, YP4, YP6, YP7, YP8	Sabor, acidez, viscosidad, aroma, color, textura	5 puntos	Test 1	20 jueces
Prueba preliminar ensayo 2	YPP1, YPP7, YPP8	Sabor, textura, acidez, viscosidad,	5 puntos	Test 2	20 jueces
Prueba preliminar ensayo 3	YPP1, YPP8	Sabor, textura, acidez, viscosidad,	5 puntos	Test 3	20 jueces
Prueba experimental ensayo 1	YNI1, YNI2, YNI3, YNI4	Sabor, aroma, acidez, viscosidad,	5 puntos	Test 4	20 jueces
Prueba experimental ensayo 2	YNS1, YNS2, YNS3, YNS4	Sabor, aroma, acidez, viscosidad,	5 puntos	Test 5	20 jueces
Prueba final	YMF8, YSF4, YIF4	Sabor, aroma, acidez, viscosidad,	5 puntos	Test 5	20 jueces

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.24: Evaluaciones sensoriales realizadas en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

3.11. Diseño experimental

La aplicación del diseño experimental son técnicas de estadística que permiten identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipula deliberadamente una o más variables, para medir el efecto que tiene en otra variable de interés. (Gabriel et., 2017).

El diseño estadístico de experimento consiste en determinar cuáles de las pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver el problema o lograr mejoras (Gutiérrez & De la Vera, 2008).

3.12. Diseño factorial

El diseño factorial nos permite estudiar varios factores simultáneamente con muy poco trabajo adicional, aumenta la precisión, la cobertura y la utilidad de los resultados al proporcionar información sobre las interacciones entre los factores en prueba. Un factor tendrá varios factores asociados, llamado niveles. (Gabriel et., 2017)

El diseño factorial hace referencia a la constitución de los tratamientos o combinaciones de niveles de tratamientos que se desea comparar. El diseño factorial se refiere a la selección de factores que se desea estudiar, los niveles de los factores a ensayar y combinación de estos. (Melo et al., 2020).

En el diseño factorial 2^k a ser utilizado en la parte experimental del presente trabajo de investigación se muestra en la: (Ecuación 3.1)

Dónde: 2^k

2 = Número de niveles

K = Número de variable

3.12.1. Diseño experimental 2^3 aplicando en la etapa de fermentación del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Para realizar el diseño experimental en la etapa de fermentación se toma en cuenta tres factores la cantidad el cultivo lácteo, tiempo y cantidad del extracto de quinua y

garbanzo, se aplica de acuerdo a la ecuación, cuyo diseño factorial corresponde a la ecuación 3.2:

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \quad (3.2)$$

Los factores tomados en cuenta en el diseño experimental se muestran en la tabla 3.5

Tabla 3.5

Factores en la etapa de fermentación

Factores	Unidad	Símbolo	Número de niveles
Tiempo	Hora	A	2
Cant. de cultivo	%	B	2
Cant. de extracto	%	C	2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.6, se muestra los niveles de variación de los factores, analizando el porcentaje alto y el porcentaje bajo que se aplica en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

Tabla 3.6

***Niveles de variación de los factores
aplicado en la etapa de fermentación lactica***

Factores	Unidad	Nivel inferior	Nivel superior
Tiempo (A)	h	4,000	6,000
Cant. de Cultivo (B)	%	0,007	0,008
Cant. de Extracto (C)	%	60,000	75,000

Fuente: Elaboración propia

La matriz de variable del diseño factorial para el proceso de fermentación del extracto de quinua y garbanzo, se detallan en la tabla 3.7

Tabla 3.7

Matriz de variable del diseño factorial aplicaden un proceso de fermentación

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores			Internaciones				Respuestas
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y _i
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁
2	a	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂
3	b	-	+	-	-	+	-	+	Y ₃
4	ab	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄
5	c	-	-	+	+	-	-	+	Y ₅
6	ac	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆
7	bc	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇
8	abc	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y_{i1} = Acidez

Y_{i2} = Azúcares reductores

Y_{i3} = pH

3.13. Operacionalización de variables para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la tabla 3.8, se muestra la operacionalización de las variables dependientes e independientes del presente trabajo de investigación para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

Tabla 3.8

Operacionalización de las variables para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Hipótesis	Variables		Definiciones	Dimensiones	Unidad
El proceso de fermentación a ser aplicado en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo permitirá obtener yogurt con alto valor nutricional.	Variable independiente	Tecnología de lácteos	La tecnología de los productos lácteos representa un conjunto de procesos que se aplica a la leche para hacerla apta para el consumo humano. Procesos de elaboración del yogurt comprende de los siguientes procesos: Tratamiento previos de la leche (enriquecimiento en sólidos lácteos, desaireación, desodorización, etc.) Incubación, Ruptura del coágulo y agitación, Enfriamiento y Almacenamiento del yogurt	Estandarización	%
				Pasteurización	min °C
				Enfriado	°C
				Inoculación	%
				Incubación	horas °C
					°C
				Almacenamiento	°C
	Variable dependiente	Yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo	El yogurt es un producto fermentado, debe tener una consistencia suave y homogénea, así como estar libre de grumos. Las características, que debe tener son los siguientes aspectos: aroma viscosidad, textura, sabor, acidez. (Hernández, 2003),	Acidez	%
				pH	-
				Humedad	%
				Cenizas	
				Materia grasa	
				Proteína total	
				Fibra	Kcal/100g
				Hidratos de carbono	
				Valor energético	UFC/g
				Escherichia coli	
				Coliformes totales	
				Mohos y levaduras	mg/100g
				Magnesio	
				Potasio	
				Fosforo	
				Calcio	%
				Azúcares reductores	

Fuente: Elaboración propia

4.1. Caracterización del garbanzo y quinua

Para la caracterización de la quinua y garbanzo, se tomaron en cuenta los parámetros físicos, fisicoquímicos, microbiológico los cuales se detallan a continuación:

4.1.1. Propiedades físicas del garbanzo

En la figura 4.1, se observa las muestras del garbanzo que fueron objeto de la determinación de las características físicas en cuanto a su altura, diámetro, peso, porción comestible y no comestible



Fuente: elaboración propia

Figura 4.1: Muestra del garbanzo

En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos de las caracterizaciones físicas del garbanzo, los cuales fueron seleccionadas al azar.

Tabla 4.1

Resultado del análisis físico del garbanzo

Nº	Altura (mm)	Ancho (mm)	largo (mm)	Peso seco (g)	Peso Húmedo (g)	PC (%)	PNC (%)
1	10,40	10,60	12,20	0,94	1,78	1,56	0,22
2	8,80	8,90	12,4	0,65	1,30	1,17	0,13
3	10,30	10,35	15,83	1,04	2,16	1,93	0,23
4	8,81	10,12	12,22	0,81	1,65	1,45	0,20
5	8,75	9,22	12,13	0,77	1,66	1,49	0,17
6	8,04	9,22	10,24	0,68	1,45	1,31	0,14
7	10,00	9,66	12,31	0,76	1,69	1,51	0,18
8	8,97	9,36	12,44	0,70	1,37	1,22	0,15
9	8,74	10,40	12,10	0,74	1,50	1,34	0,16
10	8,10	9,29	11,92	0,82	1,77	1,57	0,20
11	9,23	9,43	12,32	0,74	1,63	0,56	0,18
12	9,10	10,11	15,18	0,79	1,64	0,59	0,20
13	10,10	10,17	12,80	0,85	1,80	0,53	0,21
14	9,15	9,25	12,11	0,73	1,53	0,48	0,16
15	8,61	9,74	12,28	0,72	1,59	0,50	0,16

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4.1, se muestran los resultados de la caracterización física, donde a partir de estos resultados se calcula (tabla C.1.1) del (anexo C.1) el promedio: de peso seco (0,87), peso húmedo (1,63), porción comestible (PC) 1,15 y el rendimiento es de 70%, porción no comestible (PNC) 0,18 y el rendimiento es de 11%.

4.1.2. Características físicas de la quinua

Para la caracterización de la propiedad física, se realiza una clasificación granulométrica del grano de quinua como se observa en la figura 4.2, realizada en el Laboratorio Académico de la carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.), utilizando tres tamices (n° 10, 12, 14), en base a la norma de A.S.T.M.E.11 y se clasifica de acuerdo al tamaño (grande, mediano y pequeño).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Muestra de la quinua

En la tabla 4.2, se detallan la clasificación de los tamices que se utilizaron para realizar la granulometría

Tabla 4.2

Tamices para la clasificación granulométrica

N° de tamiz	Unidad	Abertura
10	mm	2,0
12	mm	1,7
14	mm	1,4

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4.3, se presenta los resultados de diez muestras de 500g del grano de quinua real, de acuerdo a la clasificación granulométrica de los granos en los diferentes números de tamices.

Tabla 4.3

Clasificación granulométrica de los granos de quinua

N°	Peso de la muestra (g)	Grande (g)	Mediano (g)	Pequeño (g)
1	500	17,50	401,04	81,46
2	500	16,25	380,76	102,99
3	500	16,74	369,98	113,28
4	500	11,38	405,15	83,47
5	500	16,55	401,02	82,43
6	500	18,90	382,79	98,31
7	500	17,30	379,56	103,14
8	500	15,95	402,04	82,01
9	500	17,41	396,05	86,54
10	500	17,39	399,98	82,63

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4.3, se muestran los resultados de la clasificación granulométrica de la quinua real, donde a partir de estos resultados se calcula (C.2.1) del (anexo C.1) el promedio de acuerdo al tamaño del tamiz:

Tamiz grande tiene un promedio de 16,54 g y un rendimiento de 3%.

Tamiz mediano tiene un promedio de 399,98 g y un rendimiento de 78%.

Tamiz pequeño tiene un promedio de 91,63 g y un rendimiento de 18%.

4.1.3. Análisis fisicoquímico de la quinua

En la tabla 4.4, se presentan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la quinua real, donde se detallan los parámetros evaluados y los valores correspondientes a cada uno de ellos, del (anexo A).

Tabla 4.4

Análisis fisicoquímico de la quinua

Parámetros	Unidad	Resultados
Acidez (como ac. linoleico)	%	0,31
Cenizas	%	2,09
Fibra	%	2,40
Calcio	mg/100g	28,30
Grasa	%	6,11
Hidratos de carbono	%	65,54
Humedad	%	11,95
Fosforo	mg/100g	104,00
Magnesio	mg/100g	182,00
Potasio	mg/100g	514,00
pH(20°C)		6,78
Proteína total (Nx6,25)	%	11,91
Valor energético	Kcal/100g	364,79

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.4, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en la quinua real, los cuales expresan los siguientes valores: acidez (como ac. linoleico) 0,31 %, cenizas 2,09 %, fibra 2,40 %, calcio 28,30 mg/100g, grasa 6,11%, hidratos de carbono 65,54%, humedad 11,95%, fósforo 104 mg/100g, magnesio 182 mg/100g, potasio 514 mg/100g, pH (20°C) 6,78, proteína total (Nx6,25) 11,91%, valor energético 364,79 kcal/100g, que fueron realizados en el centro de análisis e investigación (CEANID), extraídos del (Anexo A).

4.1.4. Análisis fisicoquímico del garbanzo

En la tabla 4.5, se presentan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del garbanzo, donde se detallan los parámetros evaluados y los valores correspondientes a cada uno de ellos, del (anexo A)

Tabla 4.5

Análisis fisicoquímico del garbanzo

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (como ac. linoleico)	%	0,33
Cenizas	%	3,24
Fibra	%	4,30
Cobre	mg/100g	0,66
Grasa	%	5,99
Hidratos de carbono	%	58,81
Humedad	%	8,54
Fosforo	mg/100g	87,30
Manganeso	mg/100g	2,45
Potasio	mg/100g	888,00
pH(20°C)	-	6,44
Proteína total (Nx6,25)	%	19,12
Valor energético	Kcal/100g	365,63

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.5, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímico realizados al garbanzo, los cuales expresan los siguientes valores: acidez (como ac. linoleico) 0,33 %, cenizas 3,24 %, fibra 4,30%, cobre 0,66 mg/100g, grasa 5,99%, hidratos de carbono 58,81%, humedad 8,54%, fosforo 87,3 mg/100g, manganeso 2,45 mg/100g, potasio 888 mg/100g, pH (20°C) 6,78, proteína total (Nx6,25) 19,12%, valor energético 365,63 kcal/100g, que fueron realizados en el centro de análisis e investigación (CEANID), del (Anexo A)

4.1.5. Análisis microbiológico de la quinua

En la tabla 4.6, se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado a la quinua real, del (anexo A).

Tabla 4.6

Análisis microbiológico de la quinua

Parámetros	Unidad	Resultados
Coliformes totales	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	$3,0 \times 10^1$
Salmonella	UFC/g	Ausencia
(*) no se observa el desarrollo de colonia		

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.6, se muestran los resultados del análisis microbiológico realizados a la quinua real, los resultados indican que no se observa el desarrollo de colonias en los coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, mohos y levaduras $3,0 \times 10^1$ UFC/g, además se verificó la ausencia de salmonella UFC/g, que fueron realizados en el centro de análisis e investigación (C.E.A.N.I.D.), extraídos del (anexo A).

4.1.6. Análisis microbiológico del garbanzo

En la tabla 4.7, se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado al garbanzo, del (anexo A)

Tabla 4.7

Análisis microbiológico del garbanzo

Parámetros	Unidad	Resultados
Coliformes totales	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Salmonella	UFC/g	Ausencia
(*) no se observa el desarrollo de colonia		

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.7, se muestran los resultados de los análisis microbiológicos realizados al garbanzo kabuli, los resultados indican que no se observa el desarrollo de colonias en los coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, y mohos y levaduras $1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, además se verificó la ausencia de salmonella UFC/g, que fueron realizados en el centro de análisis e investigación (CEANID), extraídos del (anexo A).

4.2. Caracterización de las variables del proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Con el objetivo de caracterizar las variables en la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se realizaron pruebas iniciales y preliminares para obtener una metodología adecuada. Estas pruebas se llevaron a cabo con el fin de establecer los parámetros necesarios para la elaboración óptima de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

4.2.1. Pruebas iniciales para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En base a la dosificación, se procedió a la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, con el propósito de llevar a cabo las pruebas iniciales. Se realizó dos ensayos, cada ensayo con cuatro muestras con diferentes dosificaciones de insumos: YS1, YS2, YS3, YS4. A base de las anteriores muestras se volvió a realizar otras dosificaciones variando el porcentaje de los insumos, para las muestras que son: YS5, YS6, YS7, YS8.

En la tabla 4.8, se muestra las variaciones en la dosificación de insumos (azúcar, gelatina neutra, cultivo lácteo, extracto de quinua y garbanzo para las ocho pruebas iniciales, variando los porcentajes de cada una de ellos.

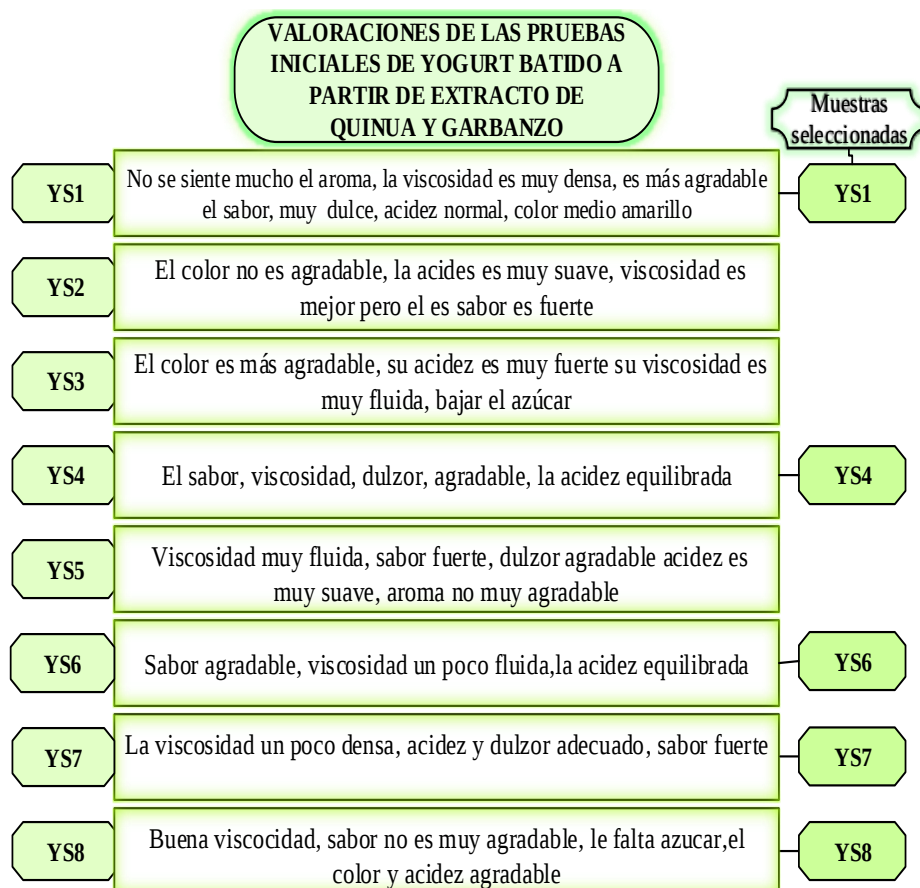
Tabla 4.8

Variación de pruebas iniciales de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Muestras	Extracto (%)	Azúcar (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
YS1	90	9	0,997	0,0024
YS2	90	7	2,997	0,0024
YS3	90	8	1,998	0,0020
YS4	91	8	0,998	0,0018
YS5	91	7	1,997	0,0027
YS6	91	7	1,998	0,0020
YS7	92	5	2,997	0,0024
YS8	93	6	0,998	0,0018

Fuente: Elaboración propia

A base de la tabla 4.8, las muestras iniciales de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo fueron degustadas por el personal del L.T.A. y estudiantes de la carrera de ingeniería de alimentos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Valoración de las pruebas iniciales de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

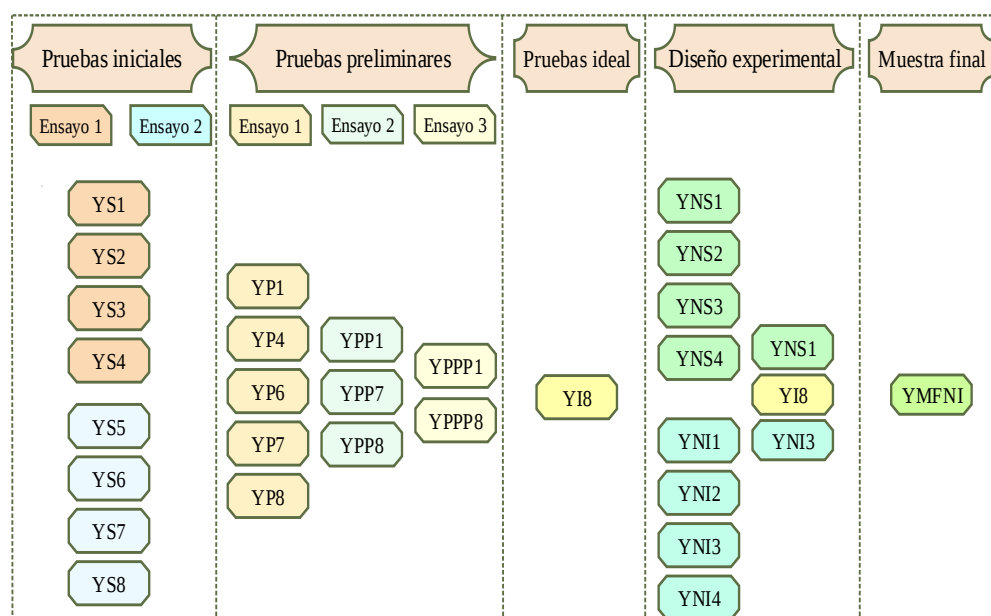
En la figura 4.3 se muestra la valoración de las pruebas iniciales de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en función a las variaciones de dosificación de la tabla 4.8, de las cuales fueron tomadas en cuenta aquellas muestras que tuvieron mayor aceptación que son: YS1, YS4, YS6, YS7, YS8 en cuanto se refiere a la aceptabilidad de los atributos: acidez, sabor, viscosidad, aroma. Estas pruebas iniciales fueron realizadas con el propósito de obtener las pruebas preliminares de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

4.2.2. Pruebas preliminares para la elaboración de yogurt batido a partir extracto de quinua y garbanzo

Para llevar a cabo la fase experimental de la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en la figura 4.3, se detalla la valoración de las pruebas

iniciales que se realizaron, las muestras que son seleccionadas tienen la finalidad, de ser desarrolladas durante la parte experimental. La cual se comenzó con 8 pruebas iniciales, a partir del resultado de las valoraciones subjetivas de las pruebas iniciales se obtiene las muestras seleccionadas que son: YS1, YS4, YS6, YS7, YS8, para su posterior recodificación como: YP1, YP4, YP6, YP7 y YP8, y se hizo un ajuste de la dosificación de los insumos, y así mismo para las muestras que fueron seleccionadas de las anteriores, se volvió a recodificar como: YPP1, YPP7 y YPP8, y para su posterior recodificación de las muestras seleccionadas como YPPP1 y YPPP8. Para realizar varias evaluaciones sensoriales, con una escala hedónica de 5 puntos con el objetivo de obtener la muestra ideal.

La muestra YPPP8 fue elegida y se la recodifico como: YI8 fue identificada como la muestra ideal siendo la mejor que se adecuó a los criterios de la acidez, sabor, textura, aroma y teniendo mayor aceptabilidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Pruebas preliminares para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

4.2.3. Variación en la dosificación de los insumos en las pruebas preliminares para el ensayo 1

En base a la figura 4.3, se muestran los resultados seleccionados de las pruebas iniciales: YS1, YS4, YS6, YS7, YS8. Se procedió a elaborar cinco muestras de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, las cuales son recodificadas: (YP1, YP4, YP6, YP7, YP8). En la tabla 4.9, se muestra las variaciones en la dosificación de insumos azúcar, extracto de quinua y garbanzo, gelatina y tiempo de fermentación para las cinco pruebas preliminares fue el mismo.

Tabla 4.9

Variación de los insumos para el ensayo 1

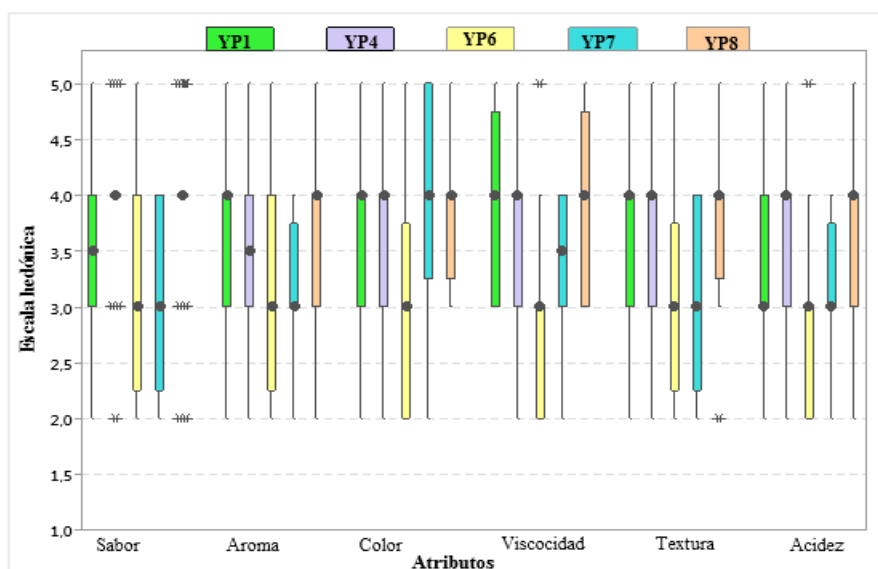
Muestras	Extracto (%)	Azúcar (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
YP1	88	9	0,997	0,007
YP4	89	7	2,997	0,007
YP6	90	8	1,998	0,007
YP7	91	8	0,998	0,007
YP8	91	7	1,997	0,007

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras preliminares de la tabla 4.9, las muestras de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, fueron degustadas por el personal del L.T.A. y estudiantes de la carrera de ingeniería de alimentos, de los cuales fueron tomadas en cuenta aquellas muestras que tuvieron mayor aceptación, de las cinco muestras se llevaron a cabo una evaluación sensorial para los atributos sensoriales: sabor, aroma, color, viscosidad, textura y acidez. Que se realizaron mediante un test de escala hedónica de cinco puntos.

4.2.3.1. Estadístico de caja y bigote de las pruebas preliminares para el ensayo 1

En la figura 4.5, se muestra el análisis estadístico de caja y bigote de datos extraídos del anexo (C.3) para los atributos: (sabor) (tabla C.3.1), (aroma) (tabla C.4.1), (color) (tabla C.5.1), (viscosidad) (tabla C.6.1), (textura) (tabla C.7.1), (acidez) (tabla C.8.1). Esta evaluación se realizó mediante el uso de una escala hedónica de 1 a 5 puntos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Caja y bigote de las pruebas preliminares de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo para el ensayo 1

Según la figura 4.5, se puede observar el análisis de resultados estadístico de caja y bigote para el ensayo 1 de las pruebas preliminares, en función de las medianas para los atributos: Sabor 3,0 (YP6 y YP7), 3,4 (YP1) y 4,0 (YP4,YP8); Aroma 3,0 (YP6 y YP7), 3,5(YP4) y 4,0 (YP4 y YP8); Color 3,0 (YP6), 4,0 (YP1, YP4, YP7 y YP8); Viscosidad 3,0 (YP6), 3,5 (YP7), 4,0 (YP1,YP4,YP8); Textura 3,0 (YP6 y YP7), 4,0 (YP1,YP4,YP8); Acidez 3,0 (YP1,YP6 y YP7), 4,0 (YP4,YP8). Se determina que la preferencia por los jueces son las muestras: YP1, YP4 y YP8.

4.2.3.2. Control de pH, acidez y °brix de las muestras preliminares del ensayo 1

Se realizó el control de los parámetros fisicoquímicos de pH, acidez y °brix en las muestras preliminares del ensayo 1, realizando las variaciones porcentuales del azúcar, gelatina, extracto de quinua y garbanzo. Con el fin de complementar los parámetros de evaluación sensorial y conocer la variación entre las muestras. En la tabla 4.10 se muestran las variaciones de los parámetros de pH, acidez y °brix.

Tabla 4.10

Variación de pH, acidez y °brix de las muestras del ensayo 1

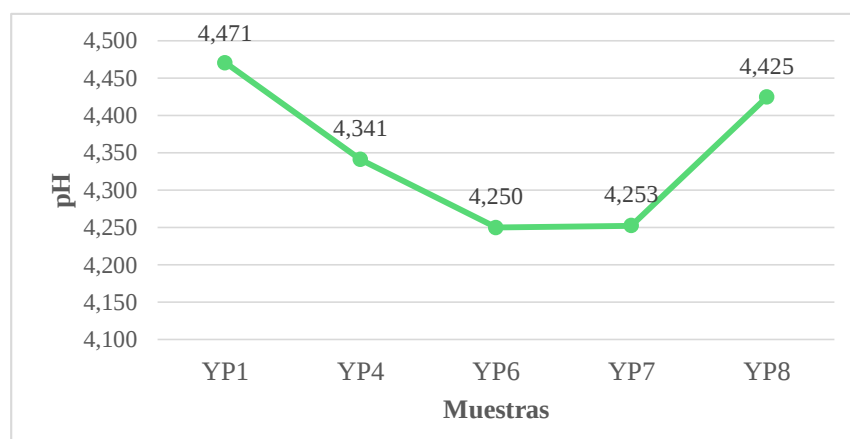
Muestras	pH	Acidez %	°Brix
YP1	4,471	1,75	16
YP4	4,341	1,73	14
YP6	4,250	2,93	10
YP7	4,253	1,95	12
YP8	4,425	2,01	14

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2.1. Control del pH de las muestras preliminares del ensayo 1

A base de la tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos pH, determinados con un pH-metro digital de acuerdo al (anexo D), para las muestras YP1, YP4, YP6, YP7 y YP8 en función del tiempo de fermentación láctica.

En la figura 4.6 se muestra las variaciones de pH del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, de acuerdo a los datos de la tabla 4.10



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Variación del pH en las muestras preliminares para el ensayo 1

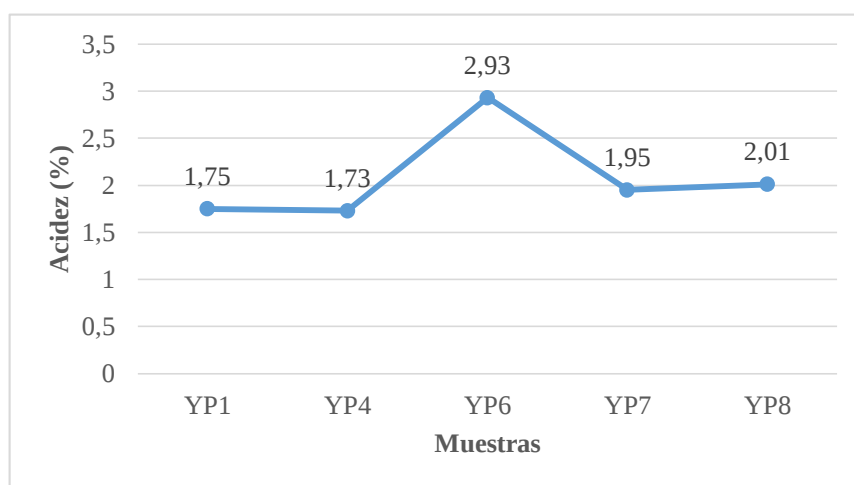
De acuerdo con los resultados de la figura 4.6 se puede apreciar la variación de pH de las muestras analizadas, la cual se observa que la muestra YP1 presenta el valor más elevado de pH, y seguida la muestra YP8 y como también los valores menores de las muestras son: YP4, YP7, YP6.

4.2.3.2.2. Control de acidez de las muestras preliminares del ensayo 1

En la tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de la acidez, de las muestras YP1, YP4, YP6, YP7 y YP8 en función del tiempo de fermentación láctica. Utilizando la técnica para realizar la medición de acidez de productos lácteos. Detallada en (Anexo D).

En la tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de la acidez, de las muestras YP1, YP4, YP6, YP7 y YP8 en función del tiempo de fermentación láctica. Utilizando la técnica para realizar la medición de acidez de productos lácteos. Detallada en (Anexo D).

En figura 4.7 se muestra las variaciones de la acidez de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.10



Fuente: Elaboración propia

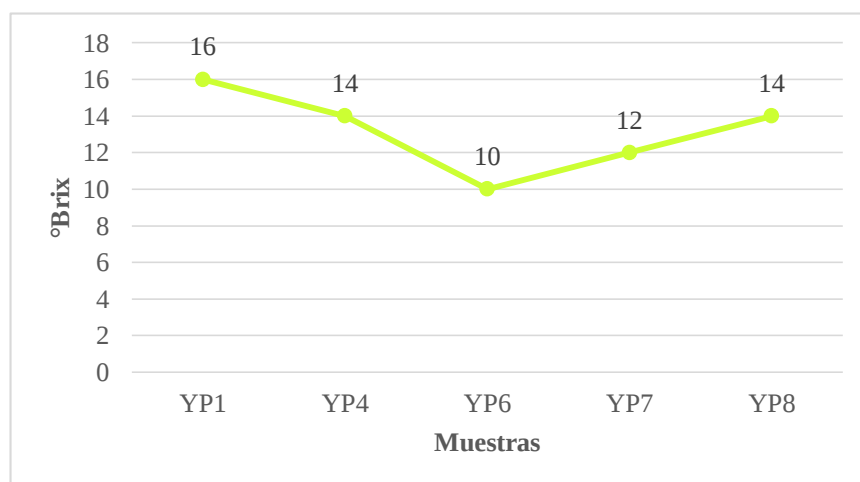
Figura 4.7: Variación de acidez en las muestras preliminares para el ensayo 1

De acuerdo a la figura 4.7, se observa la variación de acidez de las muestras analizadas, se observa que la muestra YP6 presenta el valor más superior de acidez, y seguida la muestra YP8 y las muestras con valores menores son: YP7, YP1, YP4.

4.2.3.2.3. Control de °Brix de las muestras preliminares del ensayo 1

A partir de la tabla 4.10, se aprecian los resultados obtenidos de °Brix, determinados con un refractómetro de acuerdo al (anexo D), para las muestras YP1, YP4, YP6, YP7 y YP8 en función del tiempo de fermentación láctica.

En figura 4.8 se muestra las variaciones de °brix de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.10



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Variación de °Brix en las muestras preliminares para el ensayo 1

De acuerdo a la figura 4.8 se observa la variación de °Brix de las muestras analizadas, se observa que la muestra YP1 presenta el valor más elevado de °Brix, y seguida las muestras YP4 y YP8 ya que tienen el mismo valor, y las muestras YP6 y YP7 con valores menores.

4.2.4. Variación en la dosificación de los insumos en las pruebas preliminares para el ensayo 2

En la tabla 4.11, se muestra las variaciones en la dosificación de extracto de quinua y garbanzo, azúcar y manteniendo constante el porcentaje de gelatina neutra y cultivo para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo para el ensayo 2.

Tabla 4.11

Variación de los insumos para el ensayo 2

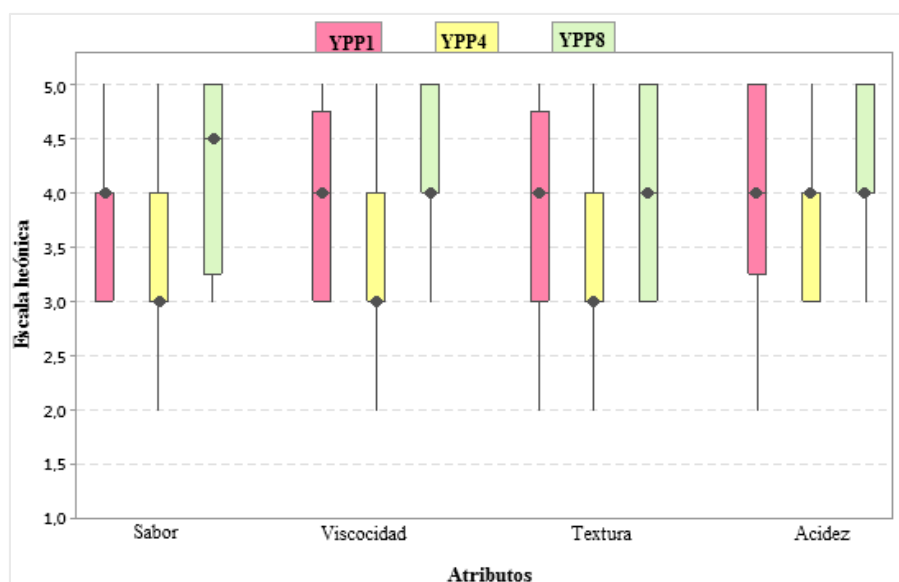
Muestras	Extracto (%)	Azúcar (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
YPP1	98	9	1,998	0,0024
YPP4	90	7	1,998	0,0024
YPP8	90	8	1,998	0,0024

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.11, se realizó una evaluación sensorial a las tres muestras, mediante un test de escala hedónica de cinco puntos, con la participación de 20 jueces no entrenados, donde se realizó la valoración de los atributos: acidez, viscosidad, sabor y textura.

4.2.4.1. Estadístico de caja y bigote de las pruebas preliminares para el ensayo 2

En la figura 4.9, se muestra el análisis estadístico de caja y bigote de datos extraídos del anexo (C.4) para los atributos: (sabor) (tabla C.9.1), (viscosidad) (tabla C.10.1), (textura) (tabla C.11.1), (acidez) (tabla C.12.1). Esta evaluación se realizó mediante el uso de una escala hedónica de 1 a 5 puntos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Caja y bigote de las pruebas preliminares de yogurt batido a partir de extracto de quinoa y garbanzo para el ensayo 2

Según la figura 4.9 se puede observar el análisis de resultados estadístico de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para los atributos. Sabor 3,0 (YPP4), 4,0 (YPP1) y 4,5 (YPP8); Viscosidad 3,0 (YPP4), 4,0

(YPP1 y YPP8); textura 3,0 (YPP4), (YPP1 y YPP8); acidez 4,0 (YPP1, YPP4 y YPP8). Se determina que las muestras con mayor preferencia son: YPP1 y YPP8.

4.2.4.2. Control de acidez, pH y °brix de las muestras preliminares del ensayo 2

Se realizó el control de los parámetros fisicoquímicos de pH, acidez, y °brix de las muestras preliminar del ensayo 2, realizando las variaciones porcentuales en los insumos. Con el fin de complementar los parámetros de evaluación sensorial y conocer la variación de las muestras. En la tabla 4.12 se muestra las variaciones de los parámetros de pH, acidez y °brix.

Tabla 4.12

Variación de pH, acidez y °brix de las muestras del ensayo 2

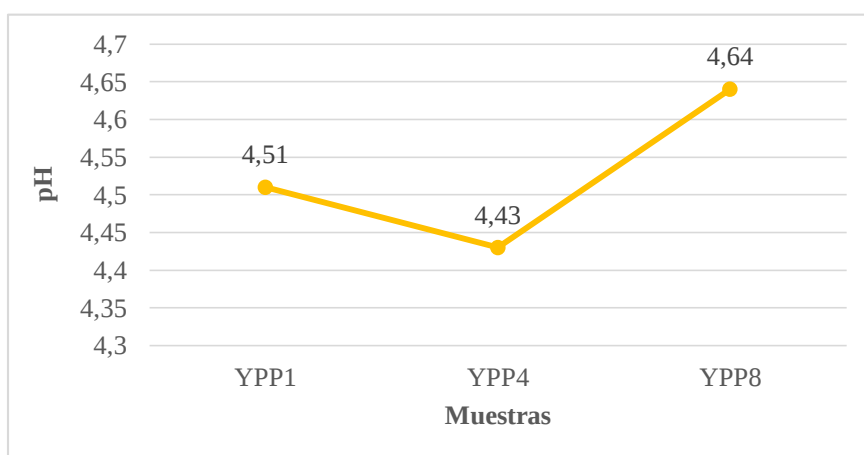
Muestras	pH	Acidez %	°Brix
YPP1	4,51	0,51	13,8
YPP4	4,43	0.65	14,6
YPP8	4,64	0,70	16,0

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.2.1. Control de pH de las muestras preliminares del ensayo 2

En la tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos de pH, determinados con un phmetro digital de acuerdo al (anexo D), para las muestras YP1, YP4 y YP8 en función al tiempo de fermentación láctica.

En la figura 4.10 se muestra las variaciones de pH de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.12



Fuente: Elaboración propia

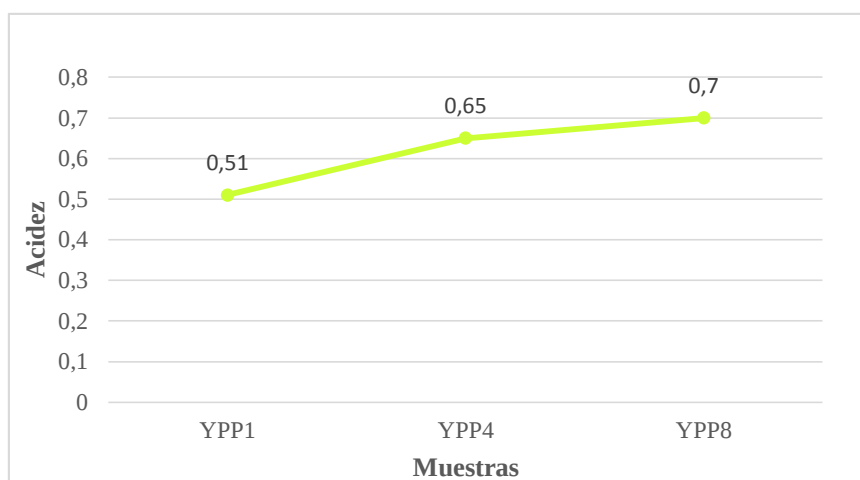
Figura 4.10: Variación de pH en las muestras preliminares para el ensayo 2

De acuerdo a la figura 4.10 se observa la variación de pH de las muestras analizadas, se observa que la muestra YPP8 tiene el valor más elevado de acidez, le sigue la muestra YPP4, y por último el valor menor es YPP1.

4.2.4.2.2. Control de acidez de las muestras preliminares del ensayo 2

En la tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos de la acidez, de las muestras YPP1, YPP4 y YPP8, en función del tiempo de fermentación láctica. Utilizando técnica para realizar medición de acidez de productos lácteos. Detallada en (Anexo D).

En figura 4.11, se muestra las variaciones de la acidez de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.12



Fuente: Elaboración propia

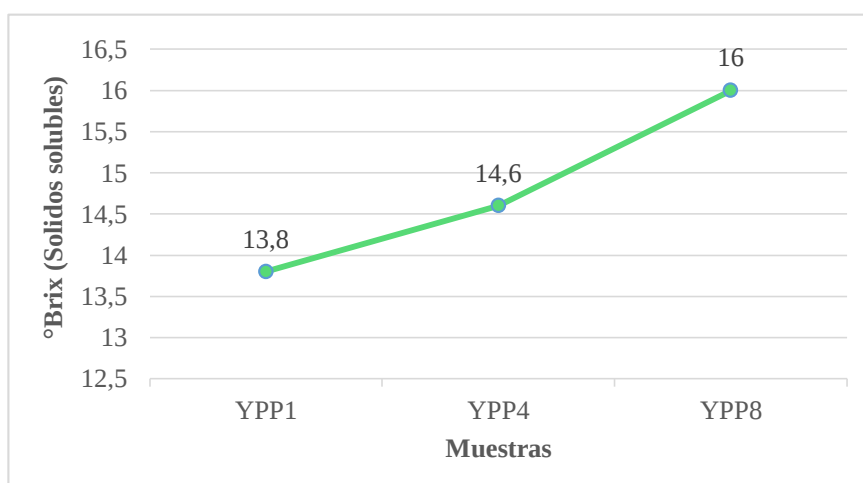
Figura 4.11: Variación de acidez en las muestras preliminares para el ensayo 2

De acuerdo a la figura 4.11 se observa la variación de acidez de las muestras analizadas, se observa que la muestra YPP8 presenta el valor más elevado de pH, le sigue la muestra YPP1, y con valor menor es la YPP4.

4.2.4.2.3. Control de °Brix de las muestras preliminares del ensayo 2

En la tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos de °Brix, determinados con un refractómetro de acuerdo al (anexo D), para las muestras YPP1, YPP4, y YPP8 en función del tiempo de fermentación láctica.

En figura 4.12 se muestra las variaciones del ° brix de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.12



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Variación de °Brix en las muestras preliminares para el ensayo 2

De acuerdo a la figura 4.12 se observa la variación de solidos solubles (°brix) de las muestras analizadas, se observa que la muestra YPP8 presenta el valor más elevado de °brix, y con valores menores las muestras YPP4, YPP1.

4.2.5. Variación en la dosificación de los insumos en las pruebas preliminares para el ensayo 3

En la tabla 4.13, se muestra las variaciones en la dosificación del extracto de quinua y garbanzo, azúcar y siendo constante el porcentaje de gelatina (%) y cultivo (%), para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo para el ensayo 3.

Tabla 4.13

Variación de los insumos para el ensayo 3

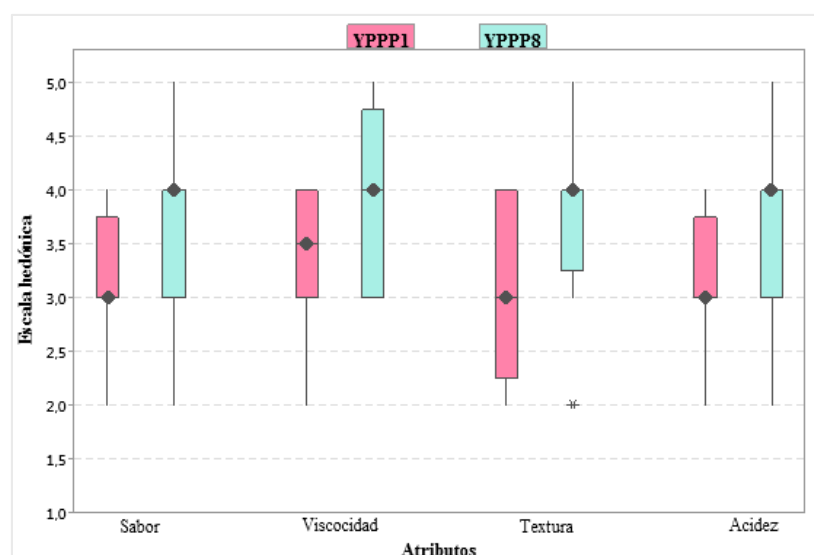
Muestras	Extracto (%)	Azúcar (%)	Gelatina (%)	Cultivo (%)
YPPP1	90	9	1,998	0,0024
YPPP8	90	8	1,998	0,0024

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 4.13, se presentan las dos muestras que se procede a realizar, una evaluación sensorial mediante un test de escala hedónica de cinco puntos, con la participación de 20 jueces no entrenados, donde se valoraron los atributos: acidez, viscosidad, sabor y textura.

4.2.5.1. Estadístico de caja de bigote de las pruebas preliminares para el ensayo3

En la figura 4.13, se muestra el análisis estadístico de caja y bigote de datos extraídos del anexo (C.5) para los atributos: (sabor) (tabla C.13.1), (viscosidad) (tabla C.14.1), (textura) (tabla C.15.1), (acidez) (tabla C.16.1). Esta evaluación se realizó mediante el uso de una escala hedónica de 1 a 5 puntos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Caja y bigote de las pruebas preliminares de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo para el ensayo 3

Según la figura 4.13, se puede observar el análisis de resultado estadístico de caja y bigote, para el ensayo 3 de las pruebas preliminares en función de las medianas para los atributos: Sabor 3,0 (YPPP1) y 4,0 (YPPP8); Viscosidad 3,5 (YPPP1) y 4,0

(YPPP8); Textura 3,0 (YPPP1), 4,0 (YPPP8); Acidez 3,0 (YPPP1), 4,0 (YPPP8). La muestra que se consideró como la más aceptada es YPPP8, debido a que la mediana se ubica en la parte superior del cuartil.

4.2.5.2. Control de pH, acidez, °brix de las muestras preliminares del ensayo 3

Se realizó el control de los parámetros fisicoquímicos de pH, acidez, y °brix de las muestras preliminares del ensayo 3, realizando las variaciones porcentuales en los insumos, con el fin de complementar los parámetros de evaluación sensorial y conocer la variación de las muestras. En la tabla 4.14 se observa los valores de los parámetros de acidez, pH y °brix del ensayo 3

Tabla 4.14

Variación de pH y °brix de las muestras del ensayo 3

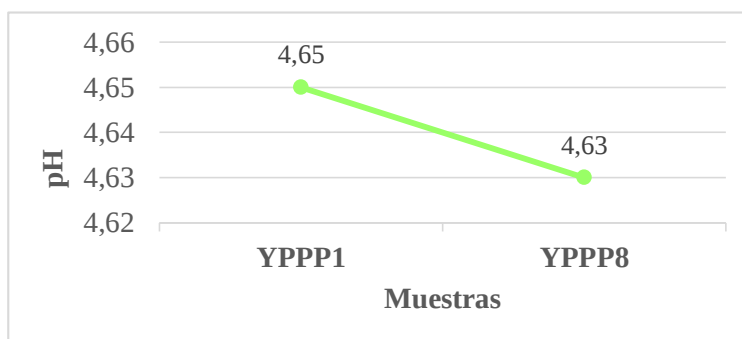
Muestras	pH	Acidez %	°Brix
YPPP1	4,65	0,46	13,1
YPPP8	4,63	0,65	15,3

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.2.1. Control de pH de las muestras preliminares del ensayo 3

De acuerdo a la tabla 4.14, se muestran los resultados obtenidos de pH, determinados con un pH-metro digital de acuerdo al (anexo D), para las muestras YPPP1 y YPPP8 en función del tiempo de fermentación láctica.

En figura 4.14 se muestra las variaciones de pH de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.14



Fuente: Elaboración propia

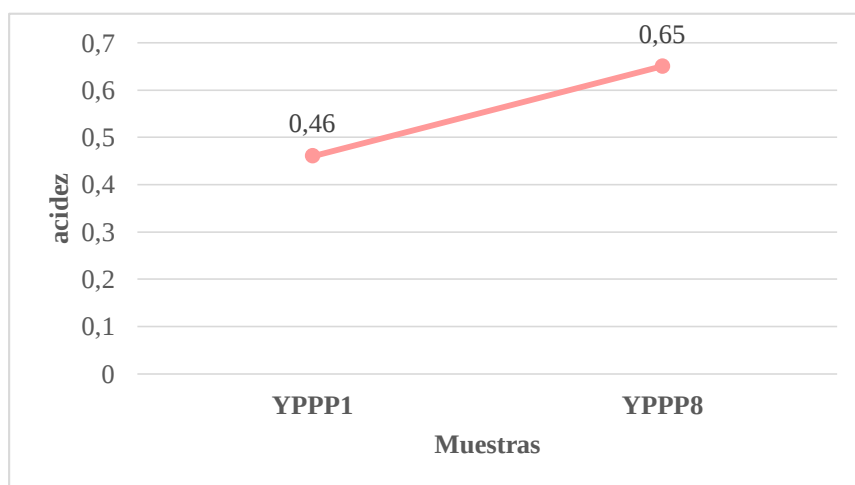
Figura 4.14: Variación de pH de las muestras preliminares para el ensayo 3

De acuerdo a la figura 4.14 se observa la variación de pH de las muestras analizadas, se observa que la muestra YPPP1 presenta el valor más elevado de pH, y por ultimo le sigue la muestra YPPP8 con un valor menor.

4.2.5.2.2. Control de acidez de las muestras preliminares del ensayo 3

En la tabla 4.14, se muestran los resultados obtenidos de la acidez, de las muestras YPPP1 y YPPP8 en función del tiempo de fermentación láctica. Utilizando la técnica para realizar medición de acidez de productos lácteos. Detallada en (Anexo D).

En la figura 4.15 se muestra las variaciones de pH del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.14



Fuente: Elaboración propia

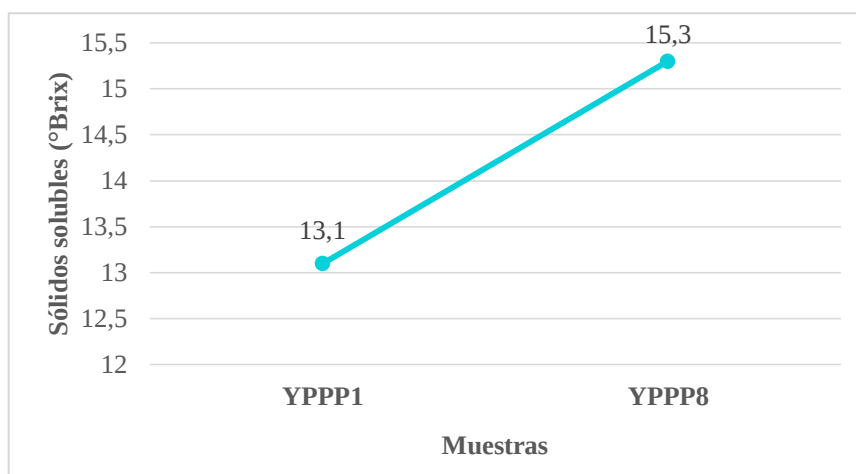
Figura 4.15: Variación de acidez de las muestras preliminares para el ensayo 3

De acuerdo a la figura 4.15 se observa la variación de acidez de las muestras analizadas, en donde la muestra YPPP8, tiene el valor más elevado de pH, y le sigue la muestra YPPP1 con un valor menor.

4.2.5.2.3. Control del °Brix de las muestras preliminares del ensayo 3

En la tabla 4.20, se muestran los resultados obtenidos °Brix, determinados con un refractómetro de acuerdo al (anexo D), para las muestras YP1, YP4, y YP8 en función de tiempo de fermentación láctica.

En la figura 4.16 se muestra las variaciones de °brix del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo de acuerdo a los datos de la tabla 4.14.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Variación de °Brix de las muestras preliminares para el ensayo 3

De acuerdo a la figura 4.16 se observa la variación de °Brix de las muestras analizadas, en donde la muestra YPPP8 presenta el valor más elevado de °Brix, y por último la muestra YPPP1 con un valor menor.

4.3. Diseño factorial 2^3 en el proceso de fermentación láctica para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Para la aplicación del diseño experimental en el proceso de fermentación láctica del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se realizó en base a la muestra ideal (YI8) de acuerdo a la (figura 4.13), considerando las variables: tiempo (A), cantidad de cultivo (B) y la cantidad de extracto de quinua y garbanzo (C), los cuales son factores influyentes en el proceso de fermentación, así mismo se tomó como variables respuesta el pH, acidez y azúcares reductores, cuya determinación se realizó en el centro de análisis, investigación y desarrollo (CEANID), cuyo valores se obtuvo del (Anexo A).

4.3.1. Variable respuesta de acidez en el proceso de fermentación láctica

En la tabla 4.15, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza en base al diseño experimental. Se procedió a realizar el análisis estadístico de la variable respuesta acidez detallada en la (tabla 4.15), este análisis se llevó a cabo mediante la aplicación del programa statgraphics centurión versión 19 para el sistema operativo Windows 10. Los resultados detallados se encuentran en el (Anexo E.1).

Tabla 4.15

Análisis de Varianza de la variable respuesta para la Acidez

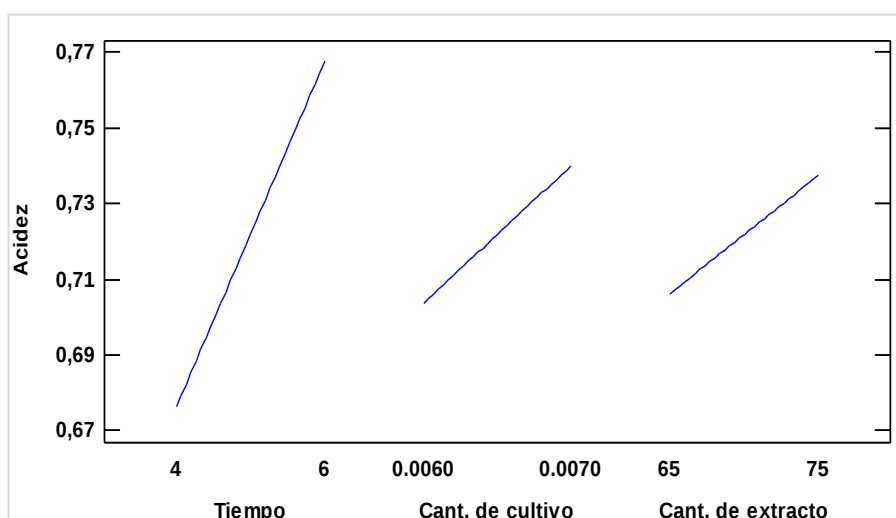
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo	0,03330630	1	0,03330630	3,79	0,0873
B: Cant. de cultivo	0,00525625	1	0,00525625	0,60	0,4614
C: Cant. de extracto	0,00390625	1	0,00390625	0,44	0,5236
AB	0,00000625	1	0,00000625	0,00	0,9794
AC	0,00005625	1	0,00005625	0,01	0,9382
BC	0,00005625	1	0,00005625	0,01	0,9382
ABC	0,00140625	1	0,00140625	0,16	0,6995
Error total	0,07025000	8	0,00878125	0,00	0,0000
Total (corr.)	0,11424400	15	0,00000000	0,00	0,0000

Fuente: Elaboración propia

(*) significativo

Según la tabla 4.21, donde se detalla el análisis de varianza, se puede observar que los factores A,B y C e interacciones AB, AC, BC y ABC, no existe diferencia significativa ya que el valor $-P > 0,05$ por lo tanto , no se rechaza la hipótesis planteada con un nivel de confianza del 95,0% .

En la figura 4.17, se muestra los efectos principales para los factores: A (tiempo), B (cant. cultivo), y C (cant. extracto de quinua y garbanzo), con relación a la variable respuesta acidez

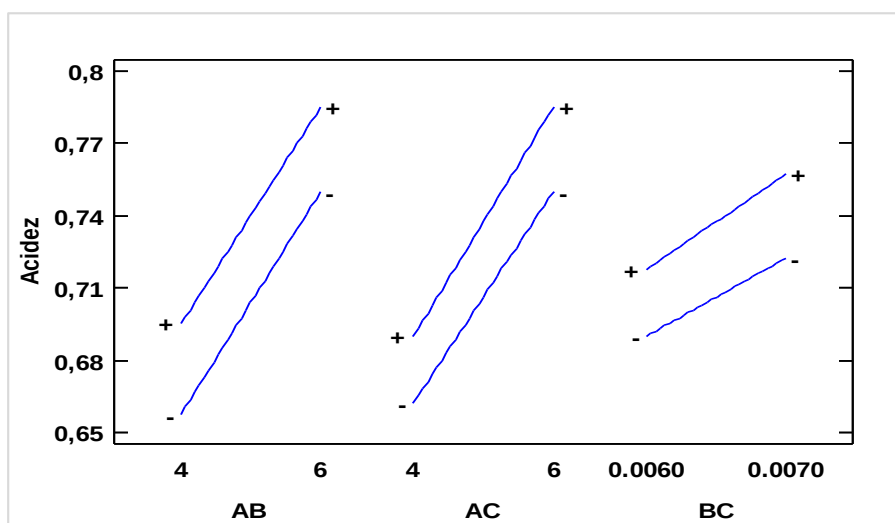


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Efectos principales de la variable respuesta para la acidez

Según la figura 4.17, se puede observar que el factor tiempo (4-6) hora, influye significativamente sobre la variable respuesta acidez, cuando se encuentra en su nivel bajo y alto. A comparación del factor cantidad de extracto de quinua y garbanzo (65-75) % y cantidad de cultivo (0,0060-0,0070) %, no influye significativamente sobre la variable respuesta acidez, cuando se encuentra en su nivel bajo y alto.

La figura 4.18, muestra la gráfica de interacciones AB (tiempo – cantidad de cultivo), AC (tiempo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), BC (cantidad de cultivo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), para la variable respuesta acidez.

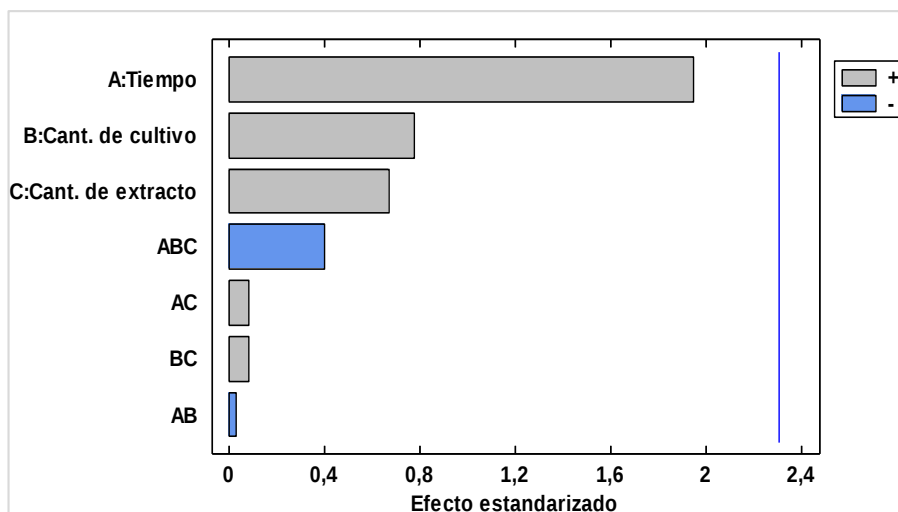


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Interacciones de factores para la acidez

En la figura 4.18, se puede observar que la interacción AB (tiempo – cantidad de cultivo), AC (tiempo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo) y BC (cantidad de cultivo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), estando en su nivel alto y bajo no son significativos debido a que los factores de las variables no interaccionan entre sí.

En la figura 4.19, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para el factor acidez analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determinan con el valor crítico (2,306) de tal manera si las barras sobrepasan las líneas de referencia indican que son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Diagrama de Pareto estandarizada para la acidez

En la figura 4.19, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; tiempo (A), Cantidad de cultivo (B), cantidad de extracto de quinua y garbanzo (C), tiempo - Cantidad de cultivo -cantidad de extracto de quinua y garbanzo (ABC), tiempo - cantidad de extracto de quinua y garbanzo (AC), Cantidad de cultivo- cantidad de extracto de quinua y garbanzo (BC), tiempo - Cantidad de cultivo (AB), no son estadísticamente significativos debido a que ninguna de las barras sobrepasa la línea vertical del valor crítico, de referencia para un nivel de significancia $\alpha = 0,005$.

4.3.2. Variable respuesta de azúcares reductores en el proceso de fermentación láctica

En la tabla 4.16, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza en base al diseño experimental. Se procedió a realizar el análisis estadístico correspondiente a la variable repuesta de azúcares reductores detallada en la (tabla 4.16), este análisis se llevó a cabo mediante la aplicación del programa statgraphics centurión versión 19 para el sistema operativo Windows 10. Los resultados detallados se encuentran en el (Anexo E.2).

Tabla 4.16

Análisis de Varianza para Azúcares reductores

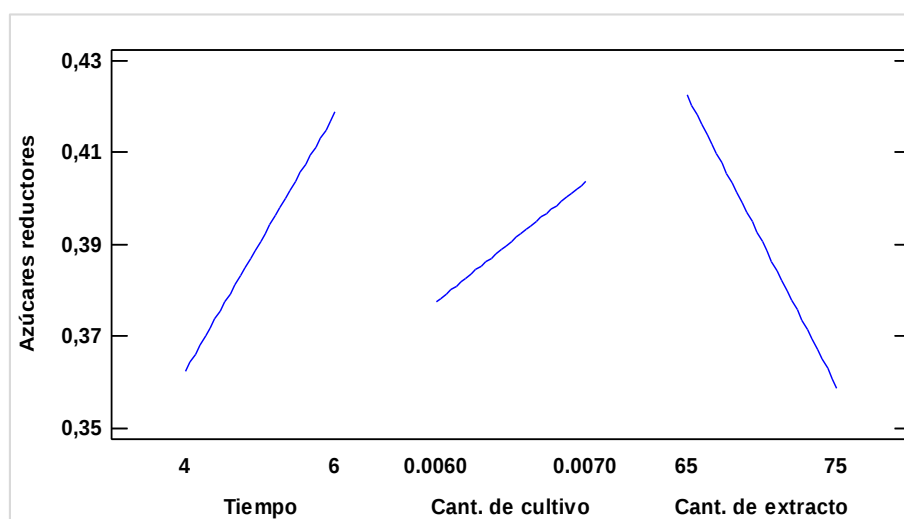
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo	0,01265630	1	0,01265630	0,50	0,4998
B: Cant. de cultivo	0,00275625	1	0,00275625	0,11	0,7500
C: Cant. de extracto	0,01625620	1	0,01625620	0,64	0,4463
AB	0,00275625	1	0,00275625	0,11	0,7500
AC	0,00680625	1	0,00680625	0,27	0,6183
BC	0,00005625	1	0,00005625	0,00	0,9636
ABC	0,00525625	1	0,00525625	0,21	0,6609
Error total	0,20275000	8	0,02534380	0,00	0,0000
Total (corr.)	0,24929400	15	0,00000000	0,00	0,0000

Fuente: Elaboración propia

(*) significativo

Según la tabla 4.16, donde se detalla el análisis de varianza, se puede observar que los factores A, B y C e interacciones AB, AC, BC y ABC, no existe diferencia significativa ya que el valor $-P > 0,05$, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis planteada con un nivel de confianza del 95,0 % .

En la figura 4.20, se muestra los efectos principales para los factores A (tiempo), B (cant. cultivo), y C (cant. de extracto de quinua y garbanzo), con relación a la variable respuesta azúcares reductores.

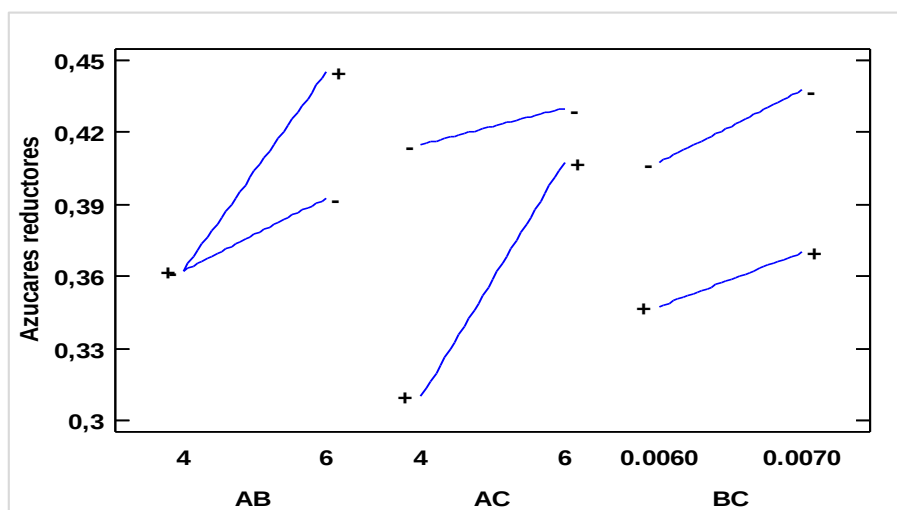


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Efectos principales de la variable respuesta para los azúcares reductores

Según la figura 4.20, se puede observar que los factores cantidad de extracto de quinua y garbanzo (65-75)% y tiempo (4-6) hora, influye significativamente sobre la variable respuesta de los azúcares reductores, cuando se encuentra en su nivel bajo y alto, mientras que el factor de cantidad de cultivo (0,0060-0,0070)%, no influye significativamente en los azúcares reductores cuando se encuentra en su nivel bajo y alto.

La figura 4.21, muestra la gráfica de interacciones AB (tiempo – cantidad de cultivo), AC (tiempo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), BC (cantidad de cultivo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), para la variable respuesta azúcares reductores.



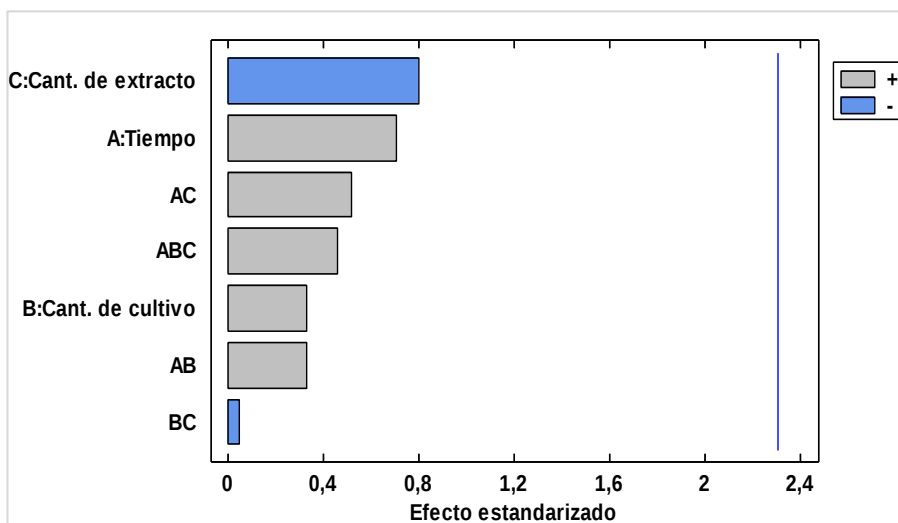
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Interacciones de factores para los azúcares reductores

En la figura 4.21, se puede observar que la interacción AB (tiempo – cantidad de cultivo), es significativa estando en su nivel alto y bajo debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí. Sin embargo, en la interacción AC (tiempo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), BC (cantidad de cultivo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), estando en su nivel alto y bajo no son significativos debido a que los factores de las variables no interaccionan entre sí.

En la figura 4.22, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para el factor azúcares reductores analizados diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia

de los factores e interacciones se determinan con el valor crítico (2,306) de tal manera si las barras sobrepasan las líneas de referencia indican que son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Diagrama de Pareto estandarizada para los azúcares reductores

En la figura 4.22, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; cantidad de extracto de quinua y garbanzo (C), tiempo (A), tiempo - cantidad de extracto de quinua y garbanzo (AC), tiempo - cantidad de cultivo - cantidad de extracto de quinua y garbanzo (ABC), cantidad de cultivo (B), tiempo - cantidad de cultivo (AB), cantidad de cultivo - cantidad de extracto de quinua y garbanzo (BC), no son estadísticamente significativos, debido a que ninguna de las barras sobrepasa la línea vertical de valor crítico, referencia para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3. Variable respuesta de pH en el proceso de fermentación láctica

En la tabla 4.17, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza en base al diseño experimental. Se procedió a realizar el análisis estadístico de la variable repuesta pH detallado en la (tabla 4.17), este análisis se llevó a cabo mediante la aplicación del programa statgraphics centurión versión 19 para el sistema operativo Windows 10. Los resultados detallados se encuentran en el (Anexo E.3).

Tabla 4.17

Análisis de Varianza para pH

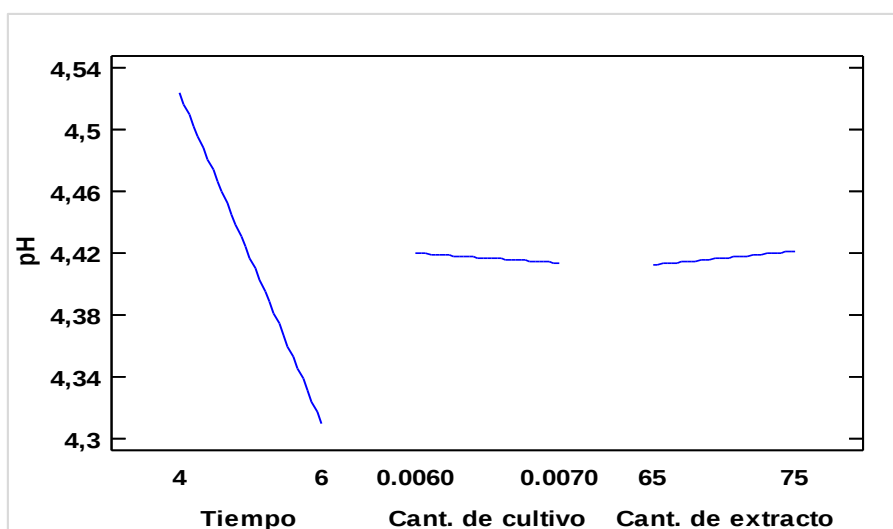
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo	0,18275600	1	0,18275600	36,87	0,0003*
B:Cant. de cultivo	0,00015625	1	0,00015625	0,03	0,8635
C:Cant. de extracto	0,00030625	1	0,00030625	0,06	0,8100
AB	0,00225625	1	0,00225625	0,46	0,5189
AC	0,00015625	1	0,00015625	0,03	0,8635
BC	0,00855625	1	0,00855625	1,73	0,2253
ABC	0,00390625	1	0,00390625	0,79	0,4006
Error total	0,03965000	8	0,00495625	0,00	0,0000
Total (corr.)	0,23774400	15	0,00000000	0,00	0,0000

Fuente: Elaboración propia

(*) significativo

Según la tabla 4.17, donde se detalla el análisis de varianza, se puede observar que el factor: A existe diferencia significativa debido a que tienen un valor - $P < 0,05$, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada. Sin embargo, para el factor B y C e interacciones AB, AC, BC y ABC, no existe diferencia significativa ya que el valor - $P > 0,05$, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis planteada. Indicando que son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95,0%.

En la figura 4.23, se muestra los efectos principales para los factores A (tiempo), B (cant. cultivo), y C (cant. de extracto) con relación a la variable respuesta pH.

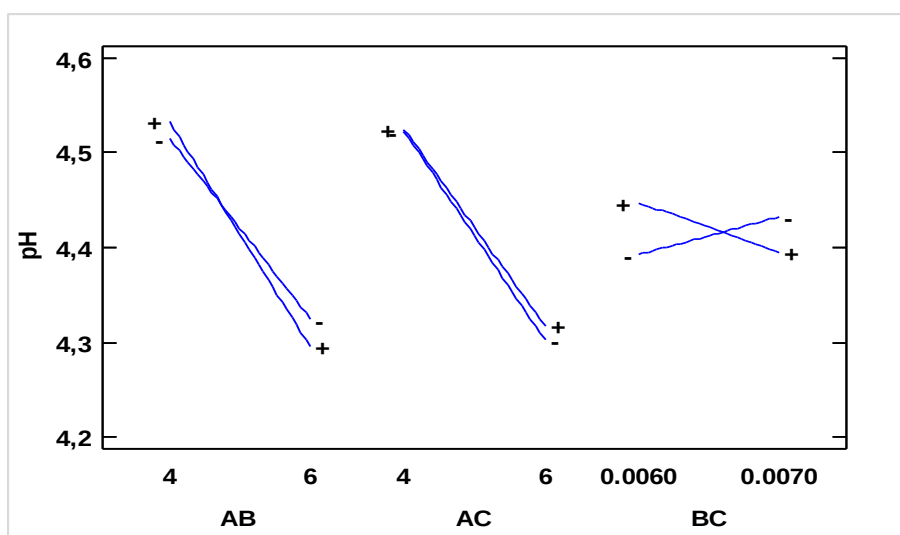


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Efectos principales de la variable respuesta para el pH

Según la figura 4.23, se puede observar que los factores cantidad de cultivo (0,0060 - 0,0070) % y cantidad de extracto de quinua y garbanzo (65-75) %, no influye significativamente sobre la variable respuesta pH cuando se encuentra en su nivel bajo y alto, en cuanto al factor tiempo (4-6) horas, influye significativamente en el pH cuando se encuentra en su nivel bajo y alto.

La figura 4.24, muestra la gráfica de interacciones AB (tiempo – cantidad de cultivo), AC (tiempo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), BC (cantidad de cultivo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), para la variable respuesta pH.

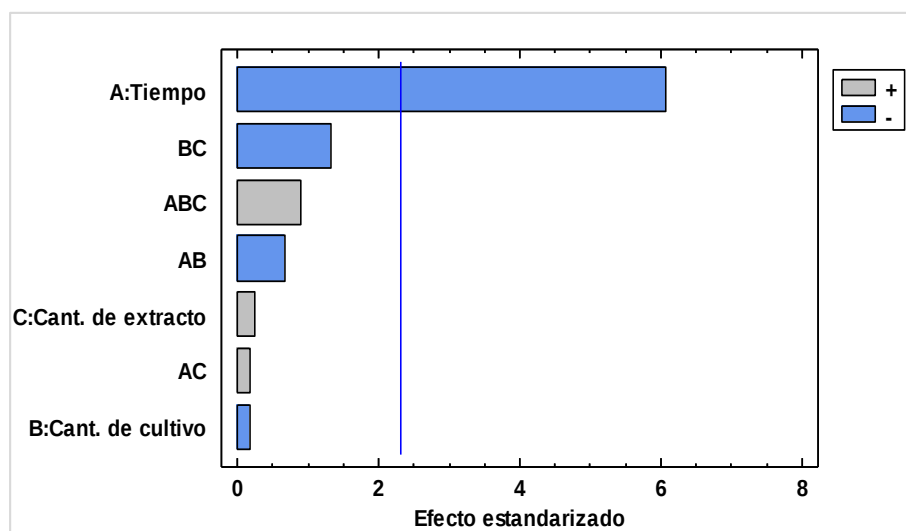


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Interacciones de factores para el pH

En la figura 4.24, se puede observar que la interacción AB (tiempo – cantidad de cultivo), AC (tiempo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo) y BC (cantidad de cultivo – cantidad de extracto de quinua y garbanzo), estando en su nivel alto y bajo, son significativos debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

En la figura 4.25, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para el factor pH, analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determinan con el valor crítico (2,306) de tal manera si las barras sobrepasan las líneas de referencia indican que son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Diagrama de Pareto estandarizada para el pH

En la figura 4.25, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores, tiempo (A) es estadísticamente significativo debido a que la barra sobrepasa la línea de valor crítico, y los factores cantidad de cultivo- cantidad de extracto de quinua y garbanzo (BC), tiempo - Cantidad de cultivo -cantidad de extracto de quinua y garbanzo (ABC), tiempo - Cantidad de cultivo (AB), cantidad de extracto (C), tiempo - cantidad de extracto de quinua y garbanzo (AC), Cantidad de cultivo (B), no son estadísticamente significativos debido a que ninguna de las barras sobrepasa la línea de valor crítico, referencia para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4. Evaluación sensorial de las muestras del diseño experimental de yogur batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Para realizar la evaluación sensorial de las ocho muestras experimentales de yogur batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se procedió a evaluar las muestras en función de la variable tiempo de fermentación de su nivel alto y bajo, detallado en la tabla 4.18, utilizando una escala hedónica de 5 puntos con jueces no entrenados, a fin de complementar y corroborar los efectos de los factores tomados en cuenta, si existe diferencia o no entre las muestras y así mismo obtener la muestra final de yogur batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

Tabla 4.18

Factores de tiempo en la etapa de fermentación

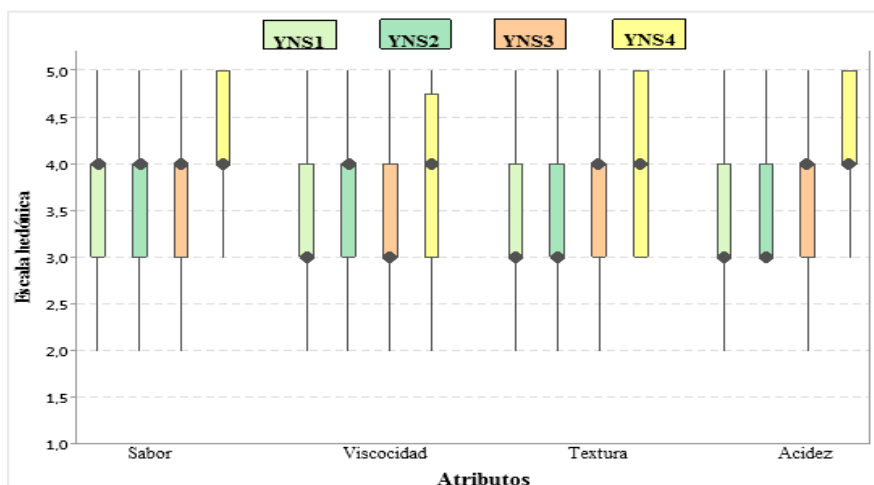
Nivel superior		Nivel inferior	
Muestras	6 horas	Muestras	4 horas
YNS1	+1	YNI1	- 1
YNS2	+1	YNI2	- 1
YNS3	+1	YNI3	- 1
YNS4	+1	YNI4	- 1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se observa las muestras respectivas para los niveles superiores e inferiores, en función al tiempo de fermentación del diseño experimental.

4.3.4.1. Estadístico caja y bigote de la muestra nivel superior

La figura 4.26, se muestra el estadístico de caja y bigote de datos extraídos del (Anexo C.6) para los atributos evaluados: sabor (tabla C.17.1), viscosidad (tabla C.18.1), textura (tabla C.19.1), acidez (tabla C.20.1), en función a las muestras: (YNS1, YNS2, YNS3, YNS4).



Fuente: Elaboración propia

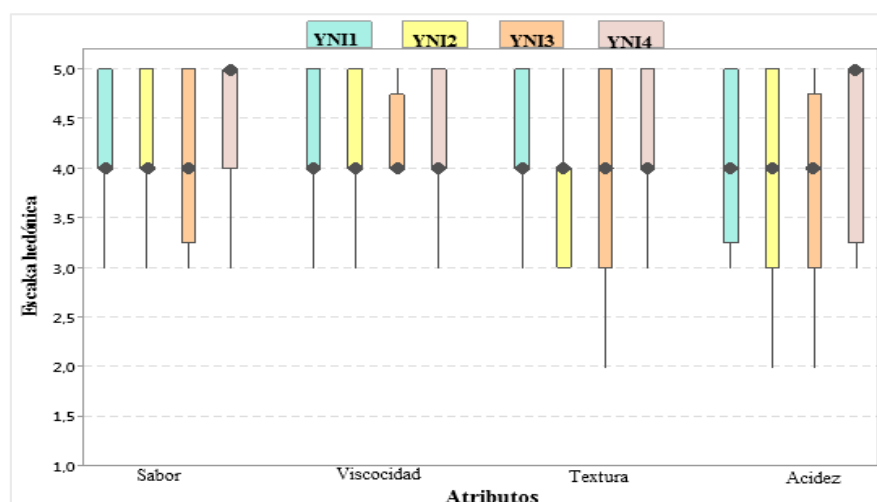
Figura 4.26: Estadístico caja y bigote de las muestras del nivel superior del diseño experimental

Según la figura 4.26, se puede observar que los resultados de la mediana en función de los atributos sabor, textura, y acidez se puede observar que no existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$, excepto en el atributo viscosidad donde existe diferencia significativa, de acuerdo al análisis de tamaño y ubicación de la caja y de la mediana sí hay diferencia, entre los

atributos: sabor, viscosidad, textura, acidez en base a este criterio se selecciona la muestra YNS4, como la muestra más aceptada por los jueces.

4.3.4.2. Estadístico caja y bigote de la muestra nivel inferior

En la figura 4.27, se muestra el estadístico de caja y bigote de datos extraídos del (Anexo C) para los atributos evaluados: sabor (tabla C.21.1), viscosidad (tabla C.22.1), textura (tabla C.23.1), acidez (tabla C.24.1), en función a las muestras: (YNI1, YNI2, YNI3, YNI4).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Estadístico caja y bigote de las muestras de nivel inferior del diseño experimental

Según la figura 4.27, se puede observar que los resultados de la mediana en función de los atributos sabor, textura, viscosidad y acidez se puede observar que existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$, de acuerdo al análisis de tamaño y ubicación de la caja y de la mediana sí hay diferencia, entre los atributos: sabor, viscosidad, textura, acidez en base a este criterio se selecciona la muestra YNI4 como la muestra más aceptada por los jueces.

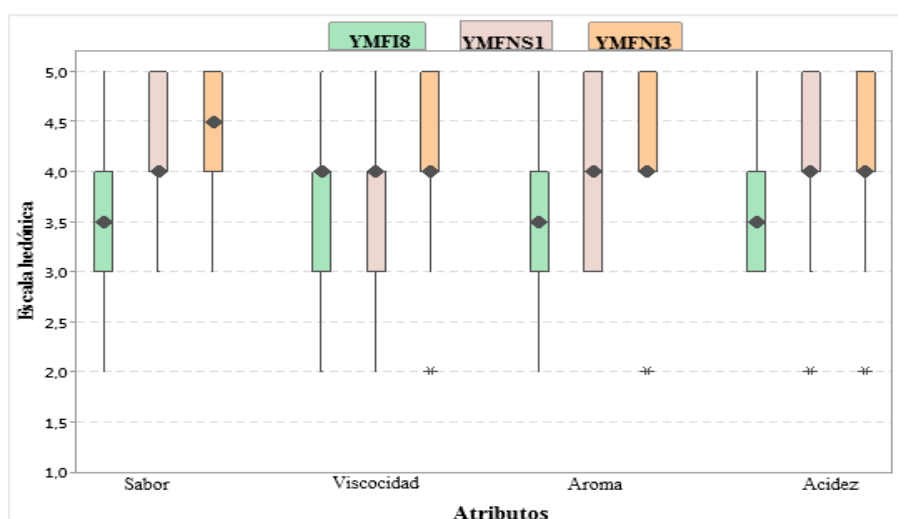
4.4. Evaluación de las muestras experimentales y de la muestra ideal para elegir la muestra final del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Se realizó una evaluación sensorial de las muestras: ideal (YI8), nivel superior (YNS1) y nivel inferior (YNI4) que son recodificada como: (YMF18, YMFNS1, YMFNI3).

Con la finalidad de seleccionar la muestra final, se realizó una evaluación sensorial con una escala hedónica de cinco puntos.

4.4.1. Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra final del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

La figura 4.28, se muestra el estadístico de caja y bigote de datos extraídos del (Anexo C) para los atributos evaluados: sabor (tabla C.25.1), viscosidad (tabla C.26.1), aroma (tabla C.27.1), acidez (tabla C.28.1), en función a las muestras: (YMFNI8, YMFNS1, YMFNI3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Estadístico caja y bigote para elegir la muestra final de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Según la figura 4.28, se puede observar que los resultados de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas: sabor 4,5(YMFNI3),4(YMFNS1), 3,5(YMFI8), viscosidad, 4(YMFNI3 - YMFNS1 - YMFI8), aroma, 4(YMFNI3 - YMFNS1), 3,5(YMFI8) y acidez, 4 (YMFNI3 - YMFNS1), 3,5(YMFI8), se puede observar que si existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha=0,05$, de acuerdo al análisis de tamaño, ubicación del cuartil y de la mediana si hay diferencia, entre los atributos: sabor, viscosidad, textura, acidez en base a este criterio se selecciona la muestra YMFNI3 como la muestra más aceptada por los jueces.

4.5. Características del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Para la caracterización del producto terminado, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímico y microbiológico del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.

4.5.1. Análisis fisicoquímico de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la tabla 4.19, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, con datos extraído del (anexo A).

Tabla 4.19

Análisis fisicoquímico de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (como ac. linoleico)	%	0,85
Cenizas	%	0,20
Fibra	%	n.d
Calcio	mg/100g	6,20
Grasa	%	0,14
Hidratos de carbono	%	17,00
Humedad	%	80,88
Fosforo	mg/100g	22,90
Magnesio	mg/100g	6,90
Potasio	mg/100g	44,30
Azucares reductores	%	0,76
pH(20°C)	-	4,19
Proteína total (Nx6,25)	%	1,78
Valor energético	Kcal/100g	76,38

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.19, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del yogurt a partir de extracto de quinua y garbanzo, y expresan los siguientes valores: Acidez (como ac. Linoleico) 0,85%, Cenizas 0,20 %, Fibra n.d. %, Calcio 6,2 mg/100g, Grasa 0,14%, Hidratos de carbono 17,00%, Humedad 80,88 %, Fosforo 22,9 mg/100g, Magnesio 6,9 mg/100g, Potasio 44.3 mg/100g, Azucares reductores 0,76%, pH (20°C) 4,19, Proteína total (Nx6,25) 1.78 %, Valor energético 76,38 Kcal/100g.

4.5.2. Análisis microbiológico de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la tabla 4.20, se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado en el yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, los datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.20

Análisis microbiológico de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Parámetros	unidad	Resultados
Coliformes totales	UFC/g	$4,9 \times 10^2$
Mohos y levaduras	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Staphylococcus aureus	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)

Fuente: CEANID, 2023

La tabla 4.20, se muestran los datos de CEANID, donde se puede observar los parámetros que están fuera de la Norma Boliviana (NB 32005:02), además hay ausencia en el desarrollo de colonia en Mohos y levaduras, Staphylococcus aureus.

4.6. Control de acidez y pH del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo durante la etapa de almacenamiento

Para realizar el control de acidez (ácido oleico), pH, durante la etapa de almacenamiento de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo se realizó bajo refrigeración (3-4) °C por 26 días. Se elaboró la muestra con la formulación de la muestra final (YMFNI3), y se codificaron las muestras sin conservantes (YMFNISC) y con conservante (YMFNICC), las cuales fueron envasados en vasos de polipropileno y se realizó el control diariamente.

4.6.1. Control de acidez del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo durante la etapa de almacenamiento

En la tabla 4.21, se muestran los resultados obtenidos de la variación de la acidez (ácido oleico) de la muestra del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo sin conservante (YMFNISC) y con conservante (YMFNICC). En función del tiempo (días) de almacenamiento de 26 días en función a las técnicas del (Anexo D).

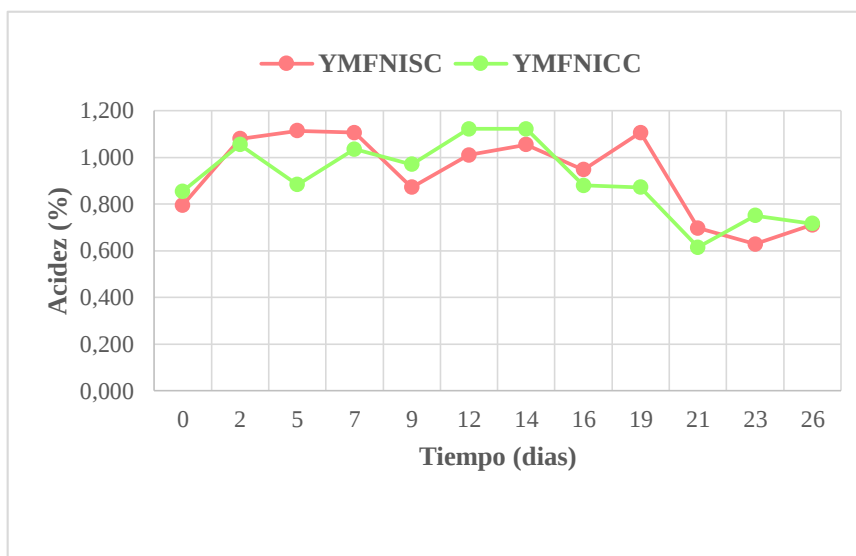
Tabla 4.21

**Control de acidez en el yogurt batido a partir
de extracto de quinua y garbanzo**

N° de análisis	Tiempo (días)	% acidez (ácido oleico)	
		YMFNISC	YMFNICC
1	0	0,795	0,854
2	2	1,080	1,055
3	5	1,114	0,883
4	7	1,105	1,035
5	9	0,871	0,970
6	12	1,010	1,122
7	14	1,055	1,122
8	16	0,948	0,880
9	19	1,105	0,871
10	21	0,697	0,615
11	23	0,629	0,750
12	26	0,711	0,716

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.29, muestra la variación de acidez (ácido oleico) en el yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en la etapa de almacenamiento en base a la tabla 4.21



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Variación de acidez (ácido oleico) del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en la etapa de almacenamiento

En la figura 4.29, se observa la curva de control de acidez (ácido oleico), donde la muestra YMFNISC inicia con 0,795% de acidez, a partir del día (2-7) se incrementó la acidez hasta alcanzar 1,105%, a partir del día (7-9) desciende la acidez a 0,871%, y del

día (9-19) vuelve a ascender hasta 1,105%, para después en los días (19-26) desciende la acidez 0,711%. Mientras la muestra YMFNICC inicia con una acidez 0,854%, y transcurso los días (2-19) presenta una estabilidad con una variación mínima de acidez, para después en los días (21-26), llega descender hasta alcanzar un 0,716% de acidez. Se puede evidenciar que el agregado de conservante, llega a presentar una estabilidad en menos variaciones en acidez en el producto final durante la etapa de almacenamiento.

4.6.2. Control de pH del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo durante la etapa de almacenamiento

En la tabla 4.22, se muestran los resultados obtenidos de la variación del pH de la muestra del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo sin conservante (YMFNISC) y con conservante (YMFNICC). En función del tiempo (días) de almacenamiento de 26 días en función a las técnicas del (Anexo D).

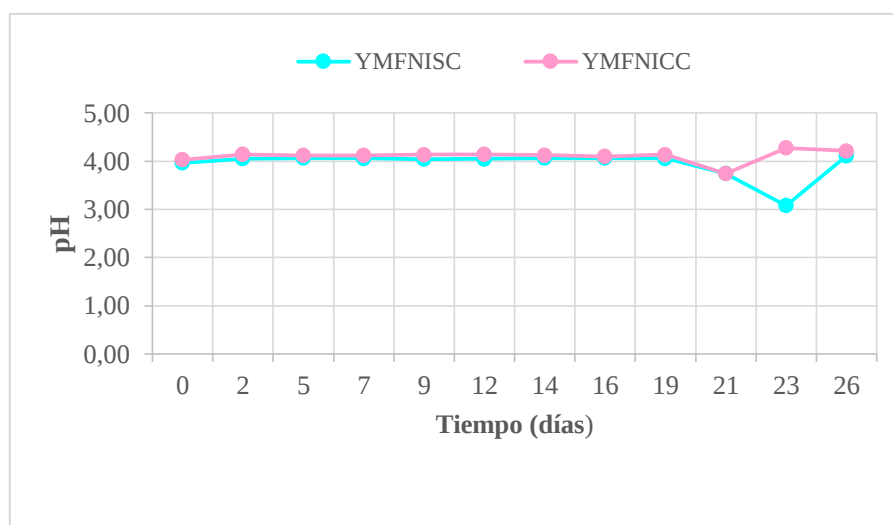
Tabla 4.22

Control de pH en el yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

N° de análisis	Tiempo (días)	pH	
		YMFNISC	YMFNICC
1	0	3,97	4,04
2	2	4,05	4,14
3	5	4,07	4,12
4	7	4,06	4,12
5	9	4,05	4,14
6	12	4,05	4,15
7	14	4,07	4,13
8	16	4,07	4,10
9	19	4,06	4,14
10	21	3,75	3,75
11	23	3,08	4,28
12	26	4,11	4,22

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.30, muestra la variación del pH en el yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en la etapa de almacenamiento en base a la tabla 4.22.



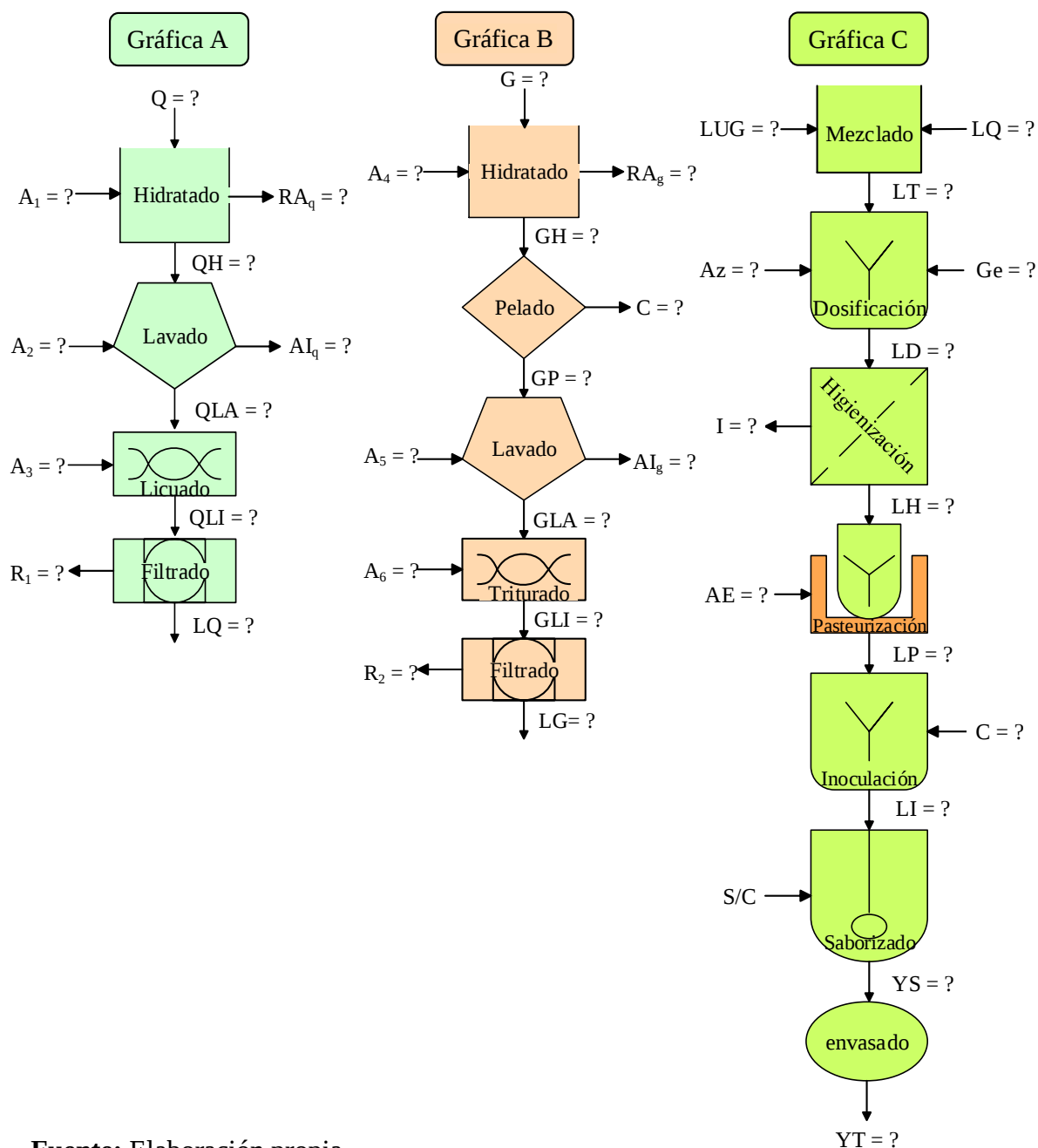
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Variación del pH en el yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, en la etapa de almacenamiento

En la figura 4.30, se observa la curva de control de pH donde la muestra YMFNISC inicia con 3,97, a partir del día (2-19) se mantiene con una estabilidad con una variación mínima, y en el transcurso de los días (21-23) desciende el pH 3,08, para así ascender en el día 26 a 4,11. Mientras la muestra YMFNICC inicia con un pH 4,04, lo cual presenta una estabilidad con una variación mínima de acidez hasta el día 19, mientras que el día 21 desciende el pH a 3,75, para después en los días (23-26) llega ascender hasta alcanzar un pH 4,22. Se puede evidenciar que el agregado de conservante, llega a presentar mayor estabilidad en pH en el producto final durante la etapa de almacenamiento.

4.7. Balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

EL balance de materia del proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se llevo a cabo considerando una base de 2135.16 g de extracto, para su resolución se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.31.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31: Balance general de la materia para el proceso de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Q = quinua

X_Q^R = Rendimiento de la quinua

A_1 = Agua para la etapa de hidratado

$X_{A_1}^R$ = Rendimiento del agua en la etapa de hidratado

RA_q = Residuo de agua de la quinua

QH = quinua hidratada

X_{QH}^R = Rendimiento de la quinua hidratada

A_2 = Agua para la etapa de lavado

$X_{A_2}^R$ = Rendimiento del agua en la etapa de lavado

AI_q = Agua más impureza de la quinua

$X_{AI_q}^R$ = Rendimiento del agua más impureza de la quinua

QLA = quinua lavada

X_{QLA}^R = Rendimiento de la quinua lavada

A_3 = Agua para la etapa de licuado

$X_{A_3}^R$ = Rendimiento del agua en la etapa de licuado

QLI = quinua licuada

X_{QLI}^{PNC} = Fracción de parte no comestible de la quinua licuada

X_{QLI}^{PC} = Fracción de parte comestible de la quinua licuada

R_1 = Residuo de la quinua licuada

$X_{R_1}^{PNC}$ = Fracción de parte no comestible del residuo de la quinua

$X_{R_1}^{PC}$ = Fracción de parte comestible del residuo de la quinua

LQ = extracto de quinua

X_{LQ}^{PNC} = Fracción de parte no comestible del extracto de quinua

X_{LQ}^{PC} = Fracción de parte comestible del extracto de quinua

G = Garbanzo

X_G^R = Rendimiento del garbanzo

A_4 = Agua para la etapa de hidratado

$X_{A_4}^R$ = Rendimiento del agua en la etapa de hidratado

RA_g = Residuo de agua del garbanzo

GH = Garbanzo hidratado

C = Cáscara o piel

X_{GH}^R = Rendimiento del garbanzo hidratado

A_5 = Agua para la etapa de lavado

$X_{A_5}^R$ = Rendimiento del agua en la etapa de lavado

AI_g = Agua más impureza del garbanzo

$X_{AI_g}^R$ = Rendimiento del agua más impureza de la quinua

GLA = Garbanzo lavado

X_{GLA}^R = Rendimiento del garbanzo lavado

A_6 = Agua para la etapa de licuado

$X_{A_6}^R$ = Rendimiento del agua en la etapa de licuado

GLI = Garbanzo

X_{GLI}^{PNC} = Fracción de parte no comestible del garbanzo licuado

X_{GLI}^{PC} = Fracción de parte comestible del garbanzo licuado

R_2 = Residuo del garbanzo licuado

$X_{R_2}^{PNC}$ = Fracción de parte no comestible del residuo del garbanzo licuado

$X_{R_2}^{PC}$ = Fracción de parte comestible residuo del garbanzo licuado

LG = Extracto de garbanzo

X_{LG}^{PNC} = Fracción de parte no comestible del extracto de garbanzo

X_{LG}^{PC} = Fracción de parte comestible del extracto de garbanzo

LUG = Extracto de garbanzo utilizado

X_{LUG}^R = Rendimiento de extracto de garbanzo utilizado

X_{LQ}^R = Rendimiento del extracto de la quinua

LT = extracto total

X_{LT}^R = Rendimiento de extracto de total

Az = Azúcar

X_{Az}^R = Rendimiento del azúcar

Ge = Gelatina neutra

X_{GE}^R = Rendimiento de la gelatina

LD = Extracto dosificado

X_{LD}^R = Rendimiento de extracto dosificado

I = Impurezas

X_I^R = Rendimiento de las impurezas

LH = Extracto higienizado

X_{LH}^R = Rendimiento de extracto higienizado

AE = Agua evaporada

X_{AE}^R = Rendimiento del agua evaporada

LP = Extracto pasteurizado

X_{LP}^R = Rendimiento de extracto pasteurizado

LA = Extracto atemperado

X_{LA}^R = Fracción de rendimiento del extracto atemperado

C = Cultivo lácteo

X_C^R = Rendimiento del cultivo lácteo

LI = Extracto inoculado

S/C = saborizante y conservante

YS = yogurt saborizado

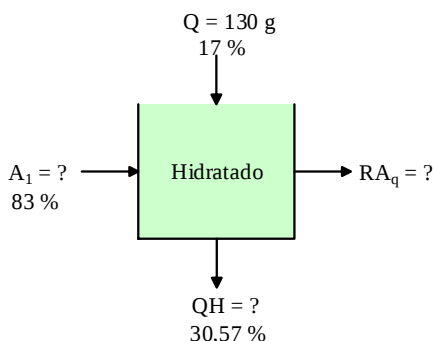
YT = yogurt terminado

4.7.1. Balance de materia global en el proceso de obtención del extracto de la quinua

El balance de materia del proceso de extracción de la quinua, se llevo a cabo considerando una base de 130 g de quinua, para su resolución se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.31, del grafico A.

4.7.1.1. Balance de materia en la etapa de hidratación de la quinua

En la figura 4.32, del grafico A, se muestra la etapa de hidratación de la quinua, con una cantidad inicial de 130 g.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Etapa de hidratación de la quinua

Balance de materia global en la etapa de hidratación de la quinua

$$A_1 + Q = RA_q + QH \quad (4.1)$$

Para el cálculo de A_1 se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de hidratación de la quinua.

$$\frac{A_1}{x_{A_1}^R} = \frac{Q}{x_Q^R} \quad (4.2)$$

Despejando A_1 de la ecuación 4.2

$$A_1 = \frac{Q}{x_Q^R} * x_{A_1}^R$$

$$A_1 = \frac{130}{0,17} * 0,83$$

$$A_1 = 634,71 \text{ g}$$

Se tomó en cuenta la fracción másica

$$\frac{QH}{X_{QH}^R} = \frac{Q}{X_Q^R} \quad (4.3)$$

Despejando QH de la ecuación 4.3:

$$QH = \frac{Q}{X_Q^R} * X_{QH}^R$$

$$QH = \frac{130}{0,17} * 0,3057$$

$$QH = 233,77 \text{ g}$$

Despejando RA_q de la ecuación 4.1

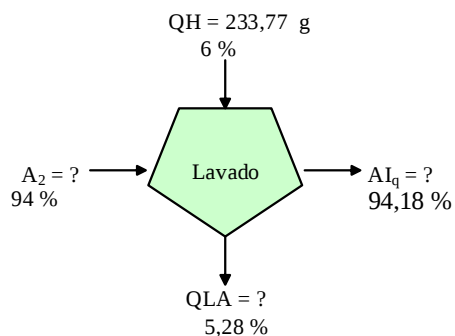
$$A_1 + Q = RA_q + QH$$

$$RA_q = A_1 + Q - QH$$

$$RA_q = 634,71 + 130 - 233,77 = 530,94 \text{ g}$$

4.7.1.2. Balance de materia en la etapa de lavado

En la figura 4.33, del grafico A, se muestra la etapa de lavado de la quinua hidratada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Etapa de lavado de la quinua

Balance de materia global en la etapa lavado de la quinua

$$A_2 + QH = Al_q + QLA \quad (4.4)$$

Para el cálculo de A_2 se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de lavado de la quinua.

$$\frac{A_2}{X_{A_2}^R} = \frac{QH}{X_{QH}^R} \quad (4.5)$$

Despejando A_2 de la ecuación 4.5

$$A_2 = \frac{QH}{X_{QH}^R} * X_{A_2}^R$$

$$A_2 = \frac{233,77}{0,06} * 0,94$$

$$A_2 = 3662,40 \text{ g}$$

Se tomó en cuenta la fracción másica

$$\frac{QH}{X_{QH}^R} = \frac{QLA}{X_{QLA}^R} \quad (4.6)$$

Despejando QLA de la ecuación 4.6:

$$QLA = \frac{QH}{X_{QH}^R} * X_{QLA}^R$$

$$QLA = \frac{233,77}{0,06} * 0,0582$$

$$QLA = 226,76 \text{ g}$$

Despejando AI_q de la ecuación 4.4

$$A_2 + QH = AI_q + QLA$$

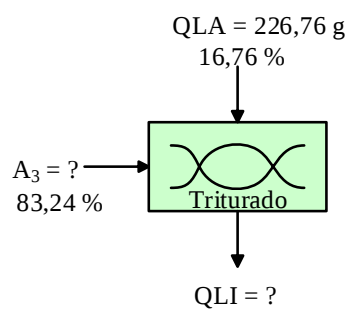
$$AI_q = A_2 + QH - QLA$$

$$AI_q = 3662,40 + 233,77 - 226,76 \text{ g}$$

$$AI_q = 3669,41 \text{ g}$$

4.7.1.3. Balance de materia en la etapa de triturado

En la figura 4.34 se muestra la etapa de triturado de la quinua



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34: Etapa de triturado de la quinua

Balance de materia global en la etapa de triturado de la quinua

$$A_3 + QLA = QLI \quad (4.7)$$

Para el cálculo de A_3 se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de triturado de la quinua

$$\frac{A_3}{X_{A_3}^R} = \frac{QLA}{X_{QLA}^R} \quad (4.8)$$

Despejando A_3 de la ecuación 4.8:

$$A_3 = \frac{QLA}{X_{QLA}^R} * X_{A_3}^R$$

$$A_3 = \frac{226,76}{0,1676} * 0,8324$$

$$A_3 = 1126,22 \text{ g}$$

Despejando QLI de la ecuación 4.7

$$A_3 + QLA = QLI$$

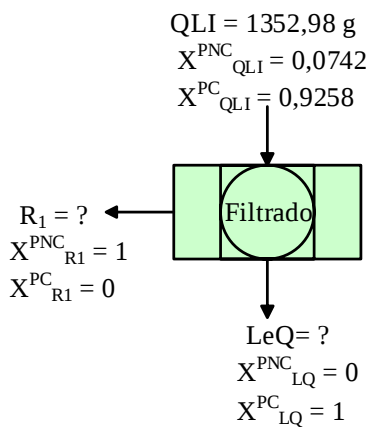
$$QLI = A_3 + QLA$$

$$QLI = 1126,22 + 226,76$$

$$QLI = 1352,98 \text{ g}$$

4.7.1.4. Balance de materia en la etapa de filtrado del extracto de la quinua

En la figura 4.35, se muestra la etapa de filtrado del extracto de la quinua



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35: Etapa de filtración de la quinua

Balance de materia global en la etapa del filtrado del extracto de la quinua

$$QLI = R_1 + LQ \quad (4.9)$$

Balance parcial para la porción comestible, en la etapa de filtrado del extracto de quinua

$$QLI * X_{QLI}^{pc} = R_1 * X_{R_1}^{pc} + LQ * X_{LQ}^{pc} \quad (4.10)$$

Despejando LQ de la ecuación 4.10:

$$LQ * X_{LQ}^{pc} = QLI * X_{QLI}^{pc} - R_1 * X_{R_1}^{pc}$$

$$LQ = \frac{QLI * X_{QLI}^{pc} - R_1 * X_{R_1}^{pc}}{X_{LQ}^{pc}}$$

$$LQ = \frac{1352,98 * 0,9258 - R_1 * 0}{1}$$

$$LQ = 1252,59 \text{ g}$$

Balance parcial para la porción no comestible, en la etapa de filtrado del extracto de quinua

$$QLI * X_{QLI}^{pnc} = R_1 * X_{R_1}^{pnc} + LQ * X_{LQ}^{pnc} \quad (4.11)$$

Despejando R_1 de la ecuación 4.11:

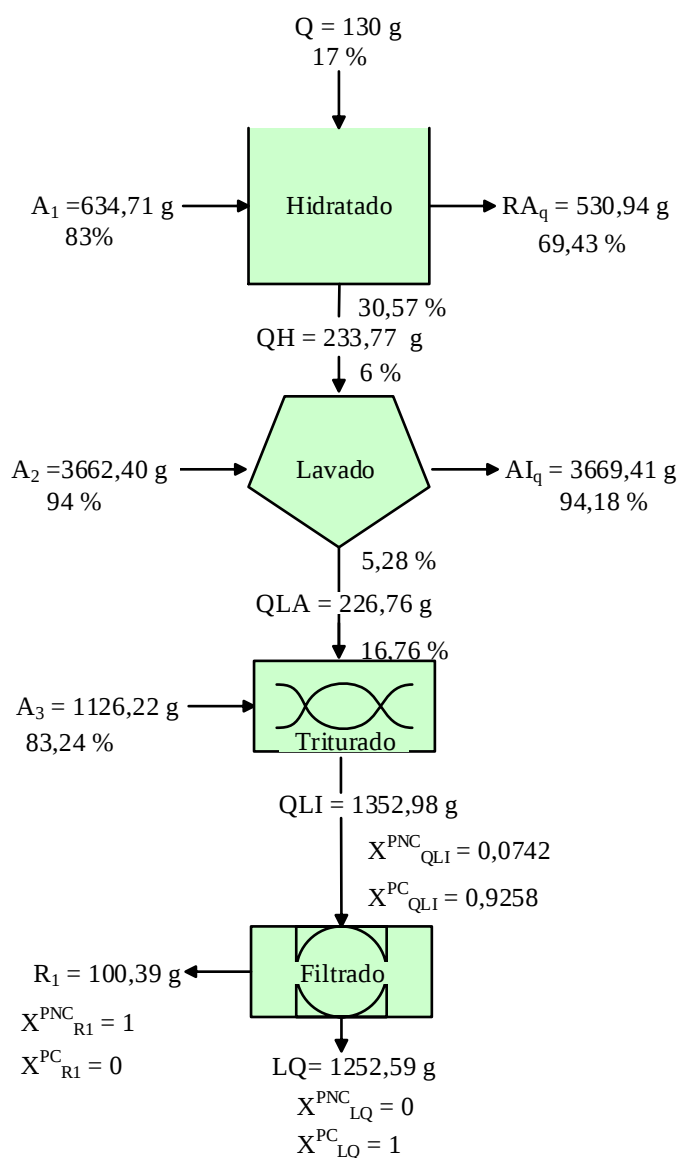
$$R_1 = \frac{QLI * X_{QLI}^{pnc} - LQ * X_{LQ}^{pnc}}{X_{R_1}^{pnc}}$$

$$R_1 = \frac{1352,98 * 0,0742 - 1461,98 * 0}{1}$$

$$R_1 = 100,39 \text{ g}$$

4.7.1.5. Resumen general del balance de materia para el proceso de obtención del extracto de la quinua

En la figura 4.36, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance general de materia para el proceso de elaboración del extracto de la quinua.



Fuente: Elaboración propia

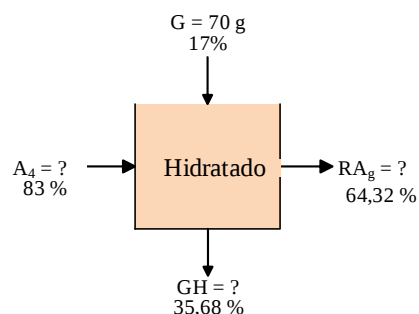
Figura 4.36: Resumen del balance general de materia para el proceso de obtención del extracto de la quinua

4.7.2. Balance de materia global en el proceso de obtención del extracto del garbanzo

El balance de materia del proceso de obtención del extracto de garbanzo, se llevó a cabo considerando una base de 70 g de garbanzo, para su resolución se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.31 de la gráfica B.

4.7.2.1. Balance de materia en la etapa de hidratación del garbanzo

En la figura 4.37, se muestra la etapa de hidratación del garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37: Etapa de hidratación del garbanzo

Balance de materia global en la etapa de hidratación del garbanzo

$$A_4 + G = RA_g + GH \quad (4.12)$$

Para el cálculo de A_4 se tomó en cuenta los rendimientos en la etapa de hidratación del garbanzo

$$\frac{A_4}{X_{A_4}^R} = \frac{G}{X_G^R} \quad (4.13)$$

Despejando A_4 de la ecuación 4.13:

$$A_4 = \frac{G}{X_G^R} * X_{A_4}^R$$

$$A_4 = \frac{70}{0,17} * 0,83$$

$$A_4 = 341,76 \text{ g}$$

Se tomó en cuenta la fracción másica

$$\frac{GH}{X_{GH}^R} = \frac{G}{X_G^R} \quad (4.14)$$

Despejando GH de la ecuación 4.14:

$$GH = \frac{G}{X_G^R} * X_{GH}^R$$

$$GH = \frac{70}{0,17} * 0,3568$$

$$GH = 146,92 \text{ g}$$

Despejando RA_g de la ecuación 4.12:

$$A_4 + G = RA_g + GH$$

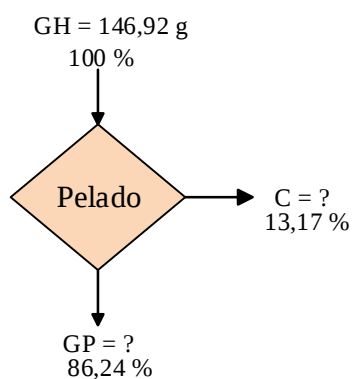
$$RA_g = A_4 + G - GH$$

$$RA_g = 341,76 + 70 - 146,92 \text{ g}$$

$$RA_g = 264,84 \text{ g}$$

4.7.2.2. Balance de materia en la etapa de pelado del garbanzo

En la figura 4.38, se muestra la etapa de pelado del garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38: Etapa de pelado del garbanzo

Balance de materia global en la etapa de pelado del garbanzo

$$GH = GP + C \quad (4.15)$$

Para el cálculo de GP se tomó en cuenta los rendimientos de la etapa de pelado del garbanzo

$$\frac{GH}{X_{GH}^R} = \frac{GP}{X_{GP}^R} \quad (4.16)$$

Despejando GP de la ecuación 4.16:

$$GP = \frac{GH}{X_{GH}^R} * X_{GP}^R$$

$$GP = \frac{146,92}{1} * 0,8624$$

$$GP = 126,70 \text{ g}$$

Despejando C de la ecuación 4.15:

$$GH = GP + C$$

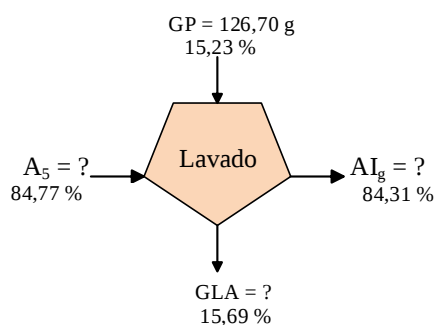
$$C = GH - GP$$

$$C = 146,92 - 126,70$$

$$C = 20,22 \text{ g}$$

4.7.2.3. Balance de materia en la etapa de lavado del garbanzo

En la figura 4.39, se muestra la etapa de lavado del garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39: Etapa de lavado del garbanzo

Balance de materia global en la etapa de lavado del garbanzo

$$GP + A_4 = AI_g + GLA \quad (4.17)$$

Para el cálculo de A_5 se tomó en cuenta los rendimientos de la etapa de lavado del garbanzo.

$$\frac{A_5}{X_{A_5}^R} = \frac{GP}{X_{GP}^R} \quad (4.18)$$

Despejando A_4 de la ecuación 4.18:

$$A_5 = \frac{GP}{X_{GP}^R} * X_{A_4}^R$$

$$A_5 = \frac{126,70}{0,1523} * 0,8477$$

$$A_5 = 705,21 \text{ g}$$

Se tomó en cuenta la fracción másica

$$\frac{GLA}{X_{GLA}^R} = \frac{GP}{X_{GP}^R} \quad (4.19)$$

Despejando GLA de la ecuación 4.19:

$$GLA = \frac{GP}{X_{GP}^R} * X_{GLA}^R$$

$$GLA = \frac{126,70}{0,1523} * 0,1569$$

$$GLA = 130,53 \text{ g}$$

Despejando AI_g de la ecuación 4.17

$$GP + A_4 = AI_g + GLA$$

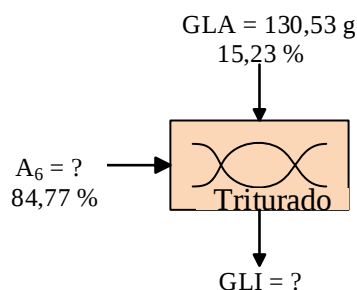
$$AI_g = GP + A_4 - GLA$$

$$AI_g = 126,70 + 705,21 - 130,53 \text{ g}$$

$$AI_g = 701,38 \text{ g}$$

4.7.2.4. Balance de materia en la etapa de triturado del garbanzo

En la figura 4.40, se muestra la etapa de triturado del garbanzo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40: Etapa de triturado del garbanzo

Balance de materia global en la etapa de triturado del garbanzo

$$A_6 + GLA = GLI \quad (4.20)$$

Para el cálculo de A_6 se tomó en cuenta los rendimientos en la etapa de triturado del garbanzo

$$\frac{GLA}{X_{GLA}^R} = \frac{A_6}{X_{A_6}^R} \quad (4.21)$$

Despejando A_6 de la ecuación 4.21:

$$A_6 = \frac{GLA}{X_{GLA}^R} * X_{A_6}^R$$

$$A_6 = \frac{130,53}{0,1523} * 0,8477$$

$$A_6 = 726,53 \text{ g}$$

Despejando GLI de la ecuación 4.20:

$$A_6 + GLA = GLI$$

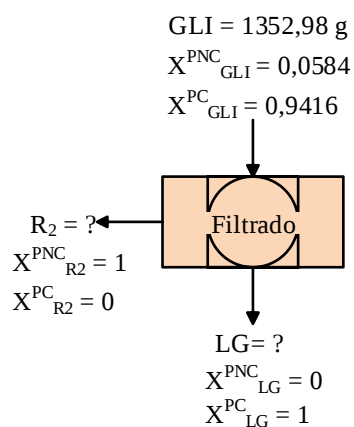
$$GLI = A_6 + GLA$$

$$GLI = 726,53 + 130,53 \text{ g}$$

$$GLI = 857,06 \text{ g}$$

4.7.2.5. Balance de materia en la etapa de filtrado del extracto de garbanzo

En la figura 4.41, se muestra la etapa del filtrado del extracto del garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.41: Etapa de filtrado del garbanzo

Balance de materia global en la etapa de filtrado del extracto del garbanzo

$$GLI = R_2 + LG \quad (4.22)$$

Balance parcial para la porción comestible en la etapa de filtrado del extracto del garbanzo

$$GLI * X_{GLI}^{pc} = R_2 * X_{R_2}^{pc} + LG * X_{LG}^{pc} \quad (4.23)$$

Despejando LG de la ecuación 4.23:

$$LG * X_{LG}^{pc} = GLI * X_{GLI}^{pc} - R_2 * X_{R_2}^{pc}$$

$$LG = \frac{GLI * X_{GLI}^{pc} - R_2 * X_{R_2}^{pc}}{X_{LG}^{pc}}$$

$$LG = \frac{857,06 * 0,9416 - R_2 * 0}{1}$$

$$LG = 807,01 \text{ g}$$

Balance parcial para la porción no comestible en la etapa de filtrado del extracto del garbanzo

$$GLI * X_{GLI}^{pnc} = R_2 * X_{R_2}^{pnc} + LG * X_{LG}^{pnc} \quad (4.24)$$

Despejando R_2 de la ecuación 4.24:

$$LG * X_{LG}^{pnc} = GLI * X_{GLI}^{pnc} - R_2 * X_{R_2}^{pnc}$$

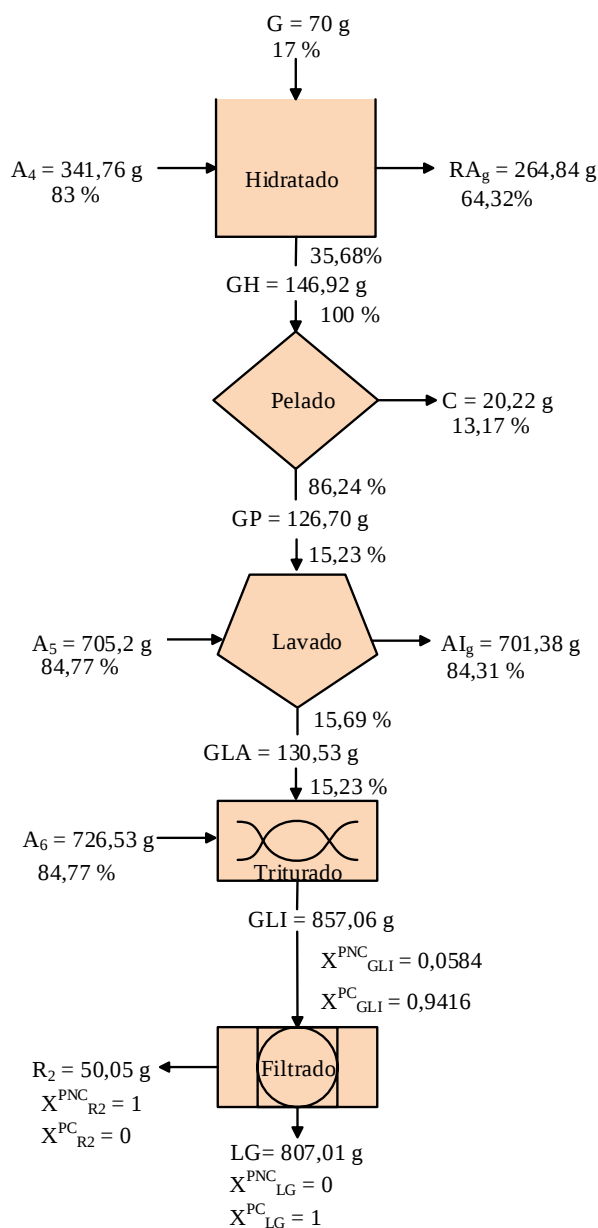
$$R_2 = \frac{GLI * X_{GLI}^{pnc} - LG * X_{LG}^{pnc}}{X_{R_2}^{pnc}}$$

$$R_2 = \frac{857,06 * 0,0584 + 807,01 * 0}{1}$$

$$R_2 = 50,05 \text{ g}$$

4.7.2.6. Resumen general de balance de materia para el proceso de obtención del extracto del garbanzo

En la figura 4.42, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance general de materia, para el proceso de obtención del extracto del garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.42: Resumen general del balance de materia para el proceso de obtención del extracto de garbanzo

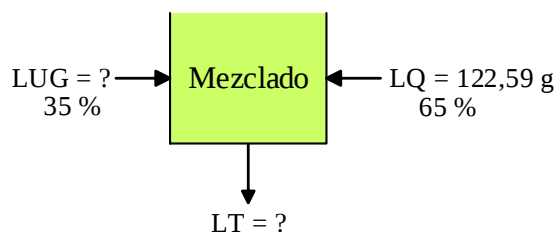
4.7.3. Balance de materia para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En base a la obtención del extracto de quinua y garbanzo se procedió a realizar, el balance de materia del proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se llevó a cabo considerando una base de 70 g garbanzo y 130 g

quinua, para su resolución se realizó de acuerdo al diagrama del proceso, de la figura 4.31 del grafico C.

4.7.3.1. Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.43, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa mezclado del extracto de quinua y garbanzo



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.43: Etapa de mezclado del extracto de quinua y garbanzo

Balance de materia global en la etapa de mezclado de los extractos de quinua y garbanzo

$$LUG + LQ = LT \quad (4.25)$$

Para el cálculo de LUG se tomó, en cuenta los rendimientos en la etapa mezclado del extracto de quinua y garbanzo

$$\frac{LUG}{X_{LUG}^R} = \frac{LQ}{X_{LQ}^R} \quad (4.26)$$

Despejando LUG de la ecuación 4.26:

$$LUG = \frac{LQ}{X_{LQ}^R} * X_{LUG}^R$$

$$LUG = \frac{1252,59}{0,65} * 0,35$$

$$LUG = 674,47 \text{ g}$$

Despejando LT de la ecuación 4.25:

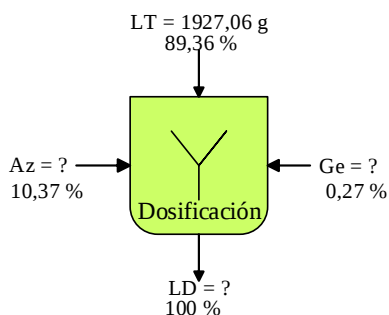
$$LUG + LQ = LT$$

$$LT = (674,47 + 1252,59) \text{ g}$$

$$LT = 1927,06 \text{ g}$$

4.7.3.2. Balance de materia en la etapa de dosificación

En la figura 4.44 se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de dosificación del azúcar y gelatina.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.44: Etapa de dosificación

Balance de materia global en la etapa de dosificación

$$LT + Az + Ge = LD \quad (4.27)$$

Para el cálculo de Az se tomó, en cuenta los rendimientos en la etapa dosificación del extracto de quinua y garbanzo

$$\frac{LT}{X_{LT}^R} = \frac{Az}{X_{Az}^R} \quad (4.28)$$

Despejando Az de la ecuación 4.28:

$$Az = \frac{LT}{X_{LT}^R} * X_{az}^R$$

$$Az = \frac{1927,06}{0,8936} * 0,1037$$

$$Az = 223,63 \text{ g}$$

Se tomó en cuenta la fracción másica:

$$\frac{Ge}{X_{Ge}^R} = \frac{LT}{X_{LT}^R} \quad (4.29)$$

Despejando Ge de la ecuación 4.29:

$$Ge = \frac{LT}{X_{LT}^R} * X_{Ge}^R$$

$$Ge = \frac{1927,06}{0,8936} * 0,0028$$

$$Ge = 6,04 \text{ g}$$

Despejando LD de la ecuación 4.27:

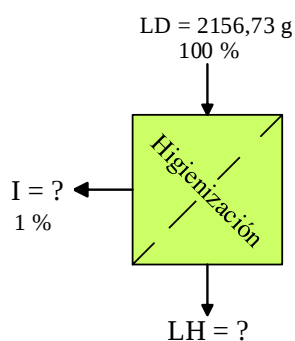
$$LT + Az + Ge = LD$$

$$LD = 1927,06 + 223,63 + 6,04$$

$$LD = 2156,73 \text{ g}$$

4.7.3.3. Balance de materia en la etapa de higienización

En la figura 4.45 se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de higienización.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.45: Etapa de higienización

Balance de materia global en la etapa de higienización

$$LD = LH + I \quad (4.30)$$

Para el cálculo de I se tomó, en cuenta los rendimientos en la etapa higienización del extracto dosificado

$$\frac{I}{X_I^R} = \frac{LD}{X_{LD}^R} \quad (4.31)$$

Despejando I de la Ecuación 4.29:

$$I = \frac{LD}{X_{LD}^R} * X_I^R$$

$$I = \frac{2156,73}{1} * 0,01$$

$$I = 21,57 \text{ g}$$

Despejando LH de la Ecuación 4.30:

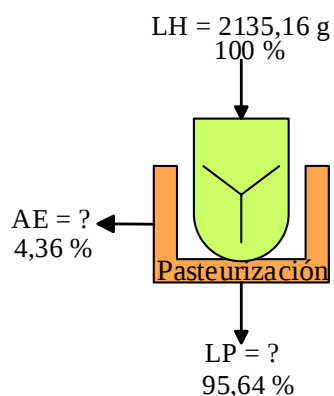
$$LD = LH + I$$

$$LH = (2156.73 - 21,57) \text{ g}$$

$$LH = 2135,16 \text{ g}$$

4.7.3.4. Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.46 se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de pasteurización.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.46: Etapa de pasteurización

Balance de materia global en la etapa de pasteurización

$$LH = AE + LP \quad (4.32)$$

Para el cálculo de LP se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de pasteurización.

$$LP = X_{LP}^R * LH$$

$$LP = 0,9564 * 2135,16 \text{ g}$$

$$LP = 2042,07$$

Despejando AE de la ecuación 4.32

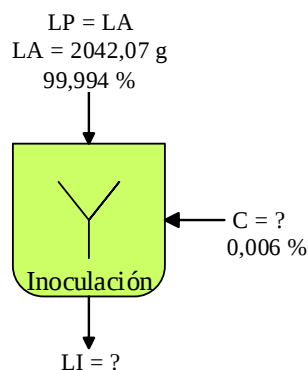
$$AE = LH - LP$$

$$AE = (2135,16 - 2042,07) \text{ g}$$

$$AE = 93,09 \text{ g}$$

4.7.3.5. Balance de materia en la etapa de inoculación

En la figura 4.47, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de inoculación, donde se realiza antes el pre enfriamiento del extracto pasteurizado, para así obtener un extracto atemperado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.47: Etapa de incubación

Balance de materia global en la etapa de inoculación

$$LA + C = LI \quad (4.33)$$

Para el cálculo de C se tomó, en cuenta los rendimientos en la etapa de dosificación del extracto pasteurizado de la quinua y garbanzo.

$$\frac{C}{X_C^R} = \frac{LA}{X_{LA}^R} \quad (4.34)$$

Despejando C de la ecuación 4.35:

$$C = \frac{LA}{X_{LA}^R} * X_C^R$$

$$C = \frac{2042,07}{0,99994} * 0,00006$$

$$C = 0,12 \text{ g}$$

Despejando C de la ecuación 4.33:

$$LA + C = LI$$

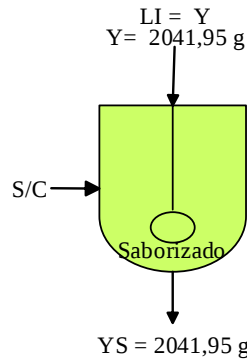
$$LI = LA + C$$

$$LI = (2042,07 - 0,12) \text{ g}$$

$$LI = 2041,95 \text{ g}$$

4.7.3.6. Balance de materia en la etapa de saborizado

En la figura 4.48, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de saborización,



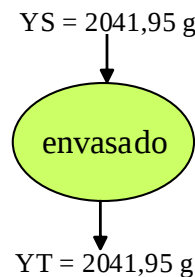
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.48: Etapa de saborizado

El yogurt en la etapa de saborización, no se realiza ningún cálculo debido a que, presenta una cifra no significativa de conservantes y saborizante para el balance, entonces yogurt saborizado es: $YS = 2041,95 \text{ g}$

4.7.3.7. Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.49 se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de envasado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.49: Etapa de envasado

Balance de materia global en la etapa de envasado

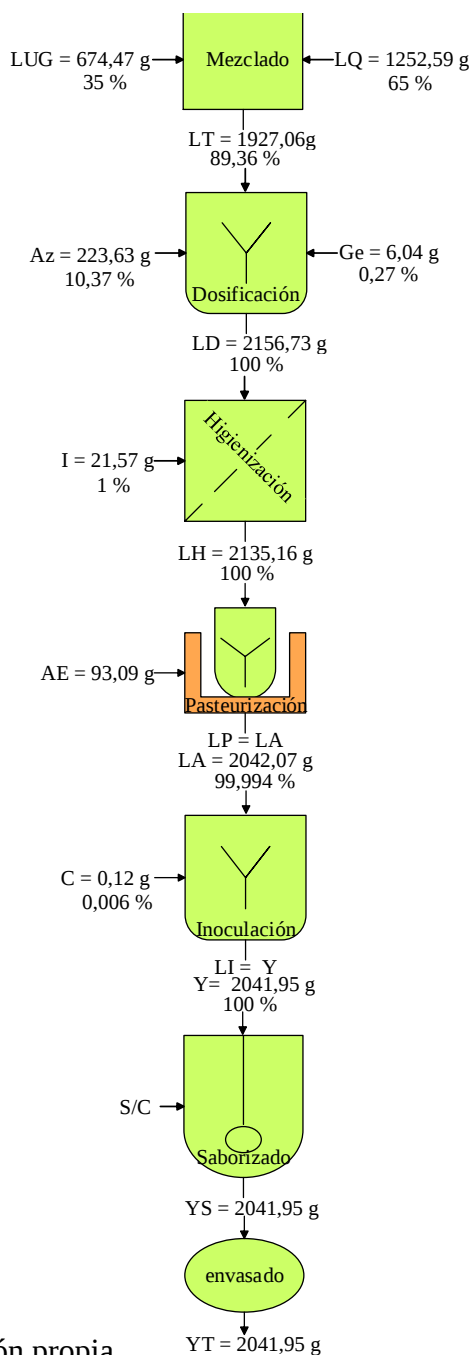
$$YS = YT \quad (4.36)$$

Remplazando datos en la ecuación 4.36

$$YT = 2041,95 \text{ g}$$

4.7.3.8. Resumen general del balance de materia para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la figura 4.50, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance general de materia para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.50: Resumen del balance de materia para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

4.7.3.9. Balance de energía para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Según (Lewis, 1993) se muestra la deducción del balance general de energía para el proceso de transferencia de calor:

$$\begin{aligned}
 L1 (EC1 + EP1 + Pv1) + Q - L2 (EP2 + EC2 + Pv2) &= T + 2F + d\theta v4/d\theta \\
 L1 (\mu1 + Pv1) + Q &= L2 (\mu2 + Pv2) \\
 L1 (H1) + Q - L2 (H2) &= 0 \\
 Q &= L1 (L1 - L2) \\
 Q &= L1 \Delta H \\
 \Delta H &= Cp \Delta H \\
 Q &= L1 Cp \Delta H
 \end{aligned} \tag{4.37}$$

Según (Lewis, 1993), el principio de conservación de la energía está dada por:

$$\begin{aligned}
 Q_{cedido} &= Q_{ganado} \\
 -Q_{cedido} &= Q_{ganado} \\
 -\sum Q_{cedido} &= \sum Q_{ganado} \\
 Q_T &= Q_{cedido} + Q_{ganado}
 \end{aligned} \tag{4.38}$$

Para calcular los cambios latentes en los cambios de fase según (Lewis, 1993), es:

$$Q = \Delta H L = L * \lambda \tag{4.39}$$

Según (Barderas, 1994), para calcular la energía se toma la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo } (\theta)} \\
 E &= P * \Theta
 \end{aligned} \tag{4.40}$$

Para el cálculo de balance de energía en las diferentes etapas para la elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

(Según Lewis, 1993), manifiesta que si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede utilizar para calcular la capacidad calorífica, como se detalla en la ecuación 4.41, de tal forma, en el presente trabajo se determinó el Cp de la mezcla del extracto de quinua y garbanzo, como también yogurt.

$$Cp = X_W + C_W + X_C + C_C + X_P + C_P + X_F + C_F + X_A + C_A \tag{4.41}$$

Donde:

X_W = fracción en peso de agua	C_W = capacidad calorífica de agua
X_C = fracción en peso de carbohidratos	C_C = capacidad calorífica de carbohidratos
X_P = fracción en peso de proteína	C_P = capacidad calorífica de proteína
X_F = fracción en peso de grasa	C_F = capacidad calorífica de grasa
X_A = fracción en peso de ceniza	C_A = capacidad calorífica de ceniza

Según (Lewis, 1993), las capacidades caloríficas en función de la composición fisicoquímica de los alimentos, se detalla en la tabla 4.23

Tabla 4.23

Capacidad calorífica en función de la composición de los alimentos

Calor específico	Valor 1 Kj/kg°C	Valor 2 Kj/kg°C
C_W (humedad)	4,18	4,18
C_C (carbohidratos)	1,40	1,22
C_P (proteína)	1,60	1,90
C_F (grasa)	1,70	1,90
C_A (ceniza)	0,80	0,00

Fuente: Lewis, 1993

En la tabla 4.24, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la mezcla del extracto de quinua y garbanzo, de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.24

Resultados de la composición fisicoquímica del extracto mezclado

Parámetros	Unidad	Resultados
Humedad	%	98,52
Carbohidratos	%	0,13
Proteína	%	0,82
Grasa	%	0,50
Ceniza	%	0,03

Fuente: CEANID, 2023

Por lo tanto, según la ecuación 4,41:

$$C_p = X_W + C_W + X_C + C_C + X_P + C_P + X_F + C_F + X_A + C_A$$

$$C_{pEM} = 0,9852 \cdot 0,9983512 + 0,0013 \cdot 0,334376 + 0,0082 \cdot 0,382144 + \\ 0,0005 \cdot 0,406028 + 0,0003 \cdot 0,191072$$

$C_{pEM} = 0,98 \text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C}$ calor específico de la mezcla del extracto de quinua y garbanzo

En la tabla 4.25, se observa los resultados de la composición fisicoquímica del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.25

Resultados de la composición fisicoquímica del yogurt

Parámetros	Unidad	Resultados
Humedad	%	80,88
Carbohidratos	%	17,00
Proteína	%	1,78
Grasa	%	0,14
Ceniza	%	0,20

Fuente: CEANID, 2023

Por lo tanto, según la ecuación 4.41 se tiene:

$$C_p = X_W + C_W + X_C + C_C + X_P + C_P + X_F + C_F + X_A + C_A$$

$$C_{py} = 0,8088 * 0,9983512 + 0,17 * 0,334376 + 0,0178 * 0,382144 + 0,0014 * 0,406028 + 0,0020 * 0,191072$$

$C_{py} = 0,87 \text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C}$ calor específico del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

En la tabla 4.26, se detalla la capacidad calorífica de acero inoxidable, agua y aluminio, citado en (Lewis, 1993)

Tabla: 4.26

Capacidad calorífica de agua, acero inoxidable y aluminio

Parámetros	Unidad	valor
Agua	Kcal/kg $^\circ\text{C}$	1
Acero inoxidable	Kcal/kg $^\circ\text{C}$	0,12
Aluminio	Kcal/kg $^\circ\text{C}$	0,22

Fuente: (Lewis, 1993)

En la tabla 4.27, se puede observar las entalpías de vaporización en función a la temperatura para el agua saturada.

Tabla 4.27

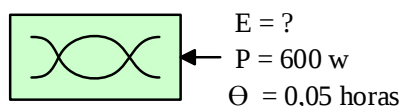
Entalpías de vaporización del agua saturada

Temperaturas °C	Unidad	Entalpías de vaporización
82	Kcal/kg	550,38
90	Kcal/kg	545,41
92	Kcal/kg	544,21

Fuente: (Lewis, 1993)

4.7.3.10. Balance de energía en la etapa de triturado de la quinua

En la figura 4.51 se muestra el proceso de energía para la etapa de triturado, se utilizó una licuadora (Anexo H.3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.51: Etapa de triturado de la quinua

Para la etapa de triturado, se utilizó una licuadora con una potencia 600 w por un lapso de tiempo de 0,05 horas.

Remplazando datos en la Ecuación 4.40:

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo } (\theta)}$$

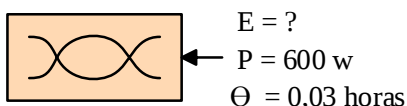
$$E = P * \theta$$

$$E_{LQ} = 600W * \frac{1 \text{ Kcal}}{1,163W} * 0,05 \text{ h}$$

$E_{LQ} = 25,8$ Kcal energía eléctrica necesaria para la etapa de triturado de la quinua

4.7.3.10.1. Balance de energía en la etapa de triturado del garbanzo

En la figura 4.52 se muestra el proceso de energía para la etapa de triturado, se utilizó una licuadora (Anexo H.4).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.52: Etapa de triturado del garbanzo

Para la etapa de triturado, se utilizó una licuadora con una potencia 600 w por un lapso de tiempo de 0,03 horas.

Remplazando datos en la Ecuación 4.40:

$$P = \frac{\text{Energia (E)}}{\text{Tiempo (\theta)}}$$

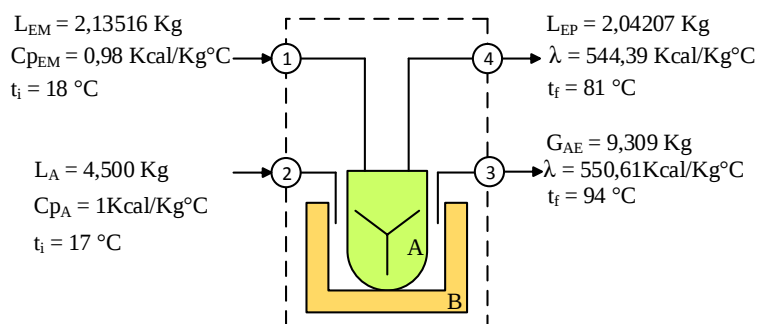
$$E = P * \Theta$$

$$E_{LG} = 600w * \frac{\frac{1 \text{ Kcal}}{h}}{1,163W} * 0,03 \text{ h}$$

$E_{LG} = 15,48$ Kcal energía eléctrica necesaria para la etapa de licuado del garbanzo

4.7.3.10.2. Balance de energía en la etapa de pasteurización

El balance de energía se realizó, tomando en cuenta el proceso de pasteurización de la mezcla del extracto de quinua y garbanzo, para una base de 2,13516 Kg. El sistema utilizado para la pasteurización se observa en la figura 4.53



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.53: Balance de energía en la etapa de pasteurización

Donde:

L_{EM} = Cantidad de la mezcla del extracto (Kg)

L_A = Cantidad de agua (Kg)

L_{EP} = Cantidad del extracto pasteurizado (Kg)

G_{AE} = Cantidad de vapor de agua (Kg)

En la figura 4.50, se puede observar el sistema de transferencia de calor que se utilizó para la pasteurización de la mezcla de extracto de quinua y garbanzo, realizando en una cocina industrial en un sistema de baño maría conformando por dos recipientes que son de acero inoxidable y aluminio, en el recipiente A (acero inoxidable), se encuentra el extracto de la mezcla de quinua y garbanzo y en el recipiente B (aluminio), se encuentra el agua.

Para realizar el calculo del calor requerido para calentar el extrato de quinua y garbanzo, se utilizo la ecuacion 4,37 y 4,39:

Datos:

$$m_{EM} = 2,13516Kg$$

$$Q_{EM} = 2,13516Kg * 0,98 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}c} * (81 - 18) ^{\circ}C + 0,105 Kcal * 550,61 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$Q_{EM} = 189,64Kg$$

Para realizar el calculo del calor requerido para calentar el recipiente A, se utilizo la ecuacion 4.37:

Datos:

$$m_{recipiente\ AI} = 1,255 Kg$$

$$Q_{AI} = 1,255 Kg * 0,12 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}c} * (90 - 10) ^{\circ}C$$

$$Q_{AI} = 12,05 Kcal$$

Para realizar el calculo del calor requerido para calentar el agua, se utilizo la ecuacion 4.37 y 4,39:

Datos:

$$m_A = 4,500 Kg$$

$$Q_A = 4,500Kg * 1 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}c} * (94 - 17) ^{\circ}C + 0,545Kcal * 544,39 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$Q_A = 643,19 Kcal$$

Para realizar el calculo del calor requerido para calentar el B, se utilizo la ecuacion 4.37:

Datos:

$$m_{\text{recipiente AL}} = 1,050 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{AL}} = 1,050 \text{ Kg} * 0,22 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * (106 - 12)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{AL}} = 21,71 \text{ Kcal}$$

Para realizar el calculo del requerimiento total de calor, se utilizo la ecuacion 4.38:

$$Q_{\text{TP}} = Q_{\text{EM}} + Q_{\text{AI}} + Q_{\text{A}} + Q_{\text{AL}}$$

$$Q_{\text{TP}} = 189,64 + 12,05 + 643,19 + 21,71$$

$$Q_{\text{TP}} = 863,59 \text{ Kcal}$$

El calor necesario que se requiere en la etapa de pasteurización es de 863,59 Kg para 2,13516 Kg de la mezcla dosificada del extracto de quinua y garbanzo.

4.7.3.10.3. Balance de energía en la etapa de atemperado

Se muestra el proceso de energía para la etapa de atemperado, se utilizó un recipiente (Anexo H.5).

Para realizar el calculo del requerimiento de calor, se utilizo la ecuacion 4.37:

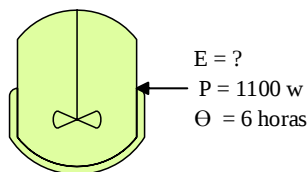
$$Q_{\text{AT}} = - (2,04195 \text{ Kg} * 0,87 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * (81 - 43)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{AT}} = - 67,51 \text{ Kcal}$$

Es la cantidad de energía es requerida para llevar a cabo el atemperado del extracto inoculado.

4.7.3.10.4. Balance de energía en la etapa de incubación

En la figura 4.54 se muestra el proceso de energía para la etapa de incubación, se utilizó un termostato (Anexo H.5)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.54: Etapa de incubación

Para la etapa de incubación, se utilizó un termostato con una potencia 1100 w por un lapso de tiempo de 6 horas.

Remplazando datos en la Ecuación 4.40

$$P = \frac{\text{Energia (E)}}{\text{Tiempo } (\theta)}$$

$$E = P * \theta$$

$$E_I = 1100w * \frac{\frac{1 \text{ Kcal}}{h}}{1,163w} * 6 \text{ h}$$

$$E_I = 5674,98 \text{ Kcal}$$

Es la cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la fermentación láctica durante 6 horas del extracto inoculado.

4.7.3.10.5. Balance de energía en la etapa de enfriamiento

Se muestra el proceso de energía para la etapa de enfriamiento, se utilizó un recipiente (Anexo H.5).

Para realizar el calculo del requerimiento de calor, se utilizo la ecuacion 4.37:

$$Q_E = - (2,04195 \text{ Kg} * 0,87 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (43 - 22)^\circ\text{C}$$

$$Q_E = - 37,31 \text{ Kcal}$$

Es la cantidad de energía es requerida para llevar a cabo el enfriamiento de la etapa de incubación.

4.7.3.10.6. Energía eléctrica total para el proceso

Para realizar el cálculo del requerimiento de energía eléctrica total, se utilizó la ecuación 4,38:

$$E_T = E_{LG} + E_{LQ} + E_I$$

$$E_T = (25,8 + 15,48 + 5674,98) \text{ Kcal}$$

$$E_T = 5716,26 \text{ Kcal de energía eléctrica}$$

4.7.3.10.7. Energía de calor total del proceso

Para realizar el cálculo del requerimiento de energía de calor total del proceso, se utilizó la ecuación 4,38:

$$Q_T = Q_{TP} - Q_{AT} - Q_E$$

$$Q_T = 863,59 - 67,51 - 37,31$$

$$Q_T = 758,77 \text{ Kcal energía de calor}$$

4.7.3.10.8. Energía total para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo

Para realizar el cálculo energía de total del proceso, se utilizó la ecuación 4,38:

$$E = E_T + Q_T$$

$$E = 5716,26 \text{ Kcal} + 758,77 \text{ Kcal}$$

$$E = 6475,03 \text{ Kcal necesarias para el proceso de elaboración de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo}$$

5.1. Conclusiones

- Según el análisis fisicoquímico de la quinua, se determinó los análisis fisicoquímicos de la quinua contiene: acidez (como ac. linoleico) 0,31 %, cenizas 2,09 %, fibra 2,40 %, calco 28,30 mg/100g, grasa 6,11%, hidratos de carbono 65,54%, humedad 11,95%, fósforo 104 mg/100g, magnesio 182 mg/100g, potasio 514 mg/100g, pH (20°C) 6,78, proteína total (Nx6,25) 11,91%, valor energético 364,79 kcal/100g. Para los análisis de microbiológicos de la quinua real, que son: coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/g, mohos y levaduras $3,0 \times 10^1$ UFC/g, salmonella UFC/g, ausencia.
- Para el análisis fisicoquímico del garbanzo se determinó que contiene: acidez (como ac. linoleico) 0,33 %, cenizas 3,24 %, fibra 4,30%, cobre 0,66 mg/100g, grasa 5,99%, hidratos de carbono 58,81%, humedad 8,54%, fosforo 87,3 mg/100g, manganeso 2,45 mg/100g, potasio 888 mg/100g, pH (20°C) 6,78, proteína total (Nx6, 25) 19,12%, valor energético 365,63 kcal/100g. Para los análisis de microbiológicos del garbanzo kabuli, que son coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/g, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ UFC/g, salmonella UFC/g, ausencia.
- Realizada la evaluación sensorial de las muestras preliminares del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se obtuvo YI8 como la muestra ideal, la cual fue más aceptada por los jueces teniendo como resultado una mediana de 4,0 en los atributos: sabor, acidez, textura y viscosidad en una escala de cinco puntos.
- El diseño factorial 2^3 es resuelto en el programa estadístico Statgraphics centurión versión 19 para el sistema operativo Windows 10. Para la etapa de fermentación, se tomó en cuenta los factores que influye: Tiempo (A), Cant. de cultivo (B) y Cant. de extracto de quinua y garbanzo (C), y su variable respuestas son: acidez, azúcares reductores y pH. Para el contenido acidez y azúcares reductores los factores (A,B,C) y sus interacciones no existe diferencia

significativa valor $-P > 0,05$. Para el pH del factor (A) existe diferencia significativa siendo el valor $-p < 0,005$, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

- Realizada la evaluación sensorial de las muestras preliminares e ideal del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se obtuvo YMFNI3 como la muestra final, la cual fue más aceptada por los jueces, tomando en cuenta el análisis estadístico de caja y bigote, teniendo como resultado una mediana para el atributo sabor (4,5) y a su vez la viscosidad, aroma y acidez (4), en una escala de cinco puntos.
- Según los análisis fisicoquímicos del yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, expresan los siguientes valores: Acidez (como ac. Linoleico) 0,85%, Cenizas 0,20 %, Fibra n.d. %, Calcio 6,2 mg/100g, Grasa 0,14%, Hidratos de carbono 17,00%, Humedad 80,88 %, Fosforo 22,9 mg/100g, Magnesio 6,9 mg/100g, Potasio 44.3 mg/100g, Azúcares reductores 0,76%, pH (20°C) 4,19, Proteína total (Nx6,25) 1.78 %, Valor energético 76,38 Kcal/100g. El análisis microbiológico: se puede observar los parámetros que están fuera de la Norma Boliviana (NB 32005:02), además hay ausencia en el desarrollo de colonia en Mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus*.
- El resultado de control de acidez (como ac. linoleico) y pH en el yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo durante la etapa de almacenamiento, se indica que la muestra sin conservante es inestable en los parámetros de acidez y pH, en comparación a la muestra con conservante que contiene una acidez inicial de 0,854% y desciende a 0,716 %, el nivel de pH, comienza con 4,04 y termina 4,22.
- El balance de materia y energía aplicado para la obtención de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se inicia con 130 g de quinua para obtener 1252,59 g de extracto de quinua y a partir de 70g de garbanzo y se obtiene 807,01g de extracto de garbanzo. A partir de 1927,06 g de mezcla del extracto de quinua y garbanzo se obtiene 2041,95g de yogurt batido, para lo cual en el

balance de energía, se indica que para la producción de yogurt batido a partir de extracto de quinua y garbanzo, se necesita 6475,03 Kcal.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda continuar investigando en la elaboración de yogurt batido a partir de extractos de quinua y garbanzo, con el fin de aprovechar los componentes nutricionales y funcionales para la salud.
- Se sugiere profundizar en la investigación sobre los sub productos a partir de extractos de quinua y garbanzo, con el propósito de introducir variedades de producto de innovaciones a la población.
- Se sugiere a las instituciones gubernamentales implementar yogurt batido a partir de extractos de quinua y garbanzo, como desayuno escolar a las unidades educativas, también para las personas de la tercera edad, mujeres en estado de gestación, para favorecer su dieta nutricional, como también mejorar su estado de salud.