

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A medida que la demanda de yogur griego se disparó, también lo hizo la cantidad de suero residual de yogurt griego que los fabricantes necesitaban eliminar, por cada kilogramo de yogur griego producido, quedan de 2 a 3 kg de suero. Los agricultores solo pueden usar cantidades limitadas del líquido rico en nutrientes, si ponen demasiado suero en su tierra, la mezcla se escurrirá hacia los cursos de agua cercanos, lo que provocará la proliferación de algas, niveles bajos de oxígeno disuelto y la muerte de peces. (Erickson, 2017)

Hoy en día nace la preocupación y necesidad de consumir productos naturales que reemplacen a los productos con demasiados aditivos, a partir de esta necesidad existen bebidas hidratantes que utilizan como materia prima agua de coco, suero de leche y asimismo zumos de frutas. (Murillo, 2015)

A nivel nacional no existen datos o estudios sobre la cantidad de suero vertido por las industrias lácteas; en la provincia Cercado del departamento de Tarija existen empresas lácteas que elaboran yogurt griego, a nivel industrial como en PIL Tarija; así también industrias artesanales: Delacto, Naprole, La Vaquita y Mami Chachi donde el suero residual del yogurt griego es desechado o en otros casos regalado a campesinos para alimento a su ganado.

Las bebidas isotónicas deben tener buen sabor para ser un éxito comercial, y la importancia del sabor para fomentar el consumo incluso entre los atletas más serios es una consideración importante. Sin embargo, la formulación básica de la bebida deportiva es extremadamente simple: los elementos esenciales de una bebida deportiva son el agua, el azúcar y la sal. (Maughan, 2009)

Santé Sport, una bebida isotónica pensada para el estilo de vida joven y actual; si bien la producción se lleva a cabo en Santa Cruz, la distribución es a nivel nacional el hidratante cumple con todas las condiciones de una bebida isotónica, ya que la planta es moderna y cuida mucho de la inocuidad, calidad y presentación del producto. (Página SIETE, 2017)

1.2 Justificación

- ✚ El presente trabajo pretende elaborar una bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego de la empresa Delacto, con el propósito de brindar a la población tarijeña un producto de calidad nutricional; favoreciendo la hidratación y reposición de electrolitos en el organismo de los deportistas.
- ✚ El suero resultante del yogurt griego constituye un efluente altamente contaminante, porque tiene una alta demanda biológica de oxígeno en aguas residuales o ríos reduciendo la vida acuática, por lo tanto, una forma de reutilizar este suero es elaborando una bebida isotónica que permita aprovechar sus propiedades probióticas.
- ✚ En los supermercados de ciudad de Tarija, se pudo constatar que no existe una bebida de suero residual de yogurt griego, por lo cual se pretende elaborar una bebida isotónica incorporando suero residual de yogurt griego que cumpla los requisitos mínimos indispensables para una bebida isotónica con los electrolitos recomendados (sodio, calcio, potasio, etc) por la OMS.
- ✚ El Trabajo de investigación surge como alternativa para coadyuvar el consumo de bebida isotónica de origen orgánico, y que pueda ser consumida en gimnasios locales, con el fin de suplantar la necesidad de micronutrientes adecuados para los deportistas.

1.3 Objetivos

Se propone los siguientes objetivos para el presente trabajo:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, mediante el proceso de disolución química, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para deportistas.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✚ Determinar las propiedades fisicoquímicas y análisis microbiológico del suero de yogurt griego y del agua potable para establecer su composición.
- ✚ Aplicar evaluación sensorial para limitar la dosificación de los insumos y definir el tipo de saborizante a partir de la muestra patrón en la elaboración de bebida isotónica con el fin de obtener muestra ideal.
- ✚ Realizar un estudio nutricional sobre las cantidades de minerales perdidos durante el rendimiento físico para dosificar las cantidades adecuadas de sales.
- ✚ Aplicar diseño experimental con la finalidad de establecer las variables que influyen en el proceso de dosificación de bebida isotónica.
- ✚ Efectuar el control de los parámetros acidez y pH en el proceso de dosificación de bebida isotónica y del producto final durante el almacenamiento, con el fin de efectuar un control de calidad.
- ✚ Aplicar evaluación sensorial de comparación de muestra ideal y muestra del diseño experimental de bebida isotónica con la muestra patrón, con el fin de evidenciar la preferencia de las muestras.
- ✚ Determinar los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes al producto terminado con la finalidad de establecer su composición nutricional.
- ✚ Realizar el balance de materia y energía con el fin de conocer las corrientes de entrada y salida del proceso, como también conocer el rendimiento a nivel experimental.

1.4 Variable dependiente e independiente

- ✚ **VD:** Bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego
- ✚ **VI:** Disolución química

1.5 Planteamiento del problema

Las industrias lácteas que elaboran yogurt griego, desechan el suero residual el cual tiene una alta demanda biológica de oxígeno en aguas residuales o ríos y no es utilizado de manera consciente por los productores, causando daño al medio ambiente; una forma de utilizar este suero es elaborando una bebida nutricional.

Dado que en el mercado local no existe un producto a partir de suero residual de yogurt griego, este trabajo apunta a solucionar el desperdicio del suero y así podría ser aprovechado por sus propiedades probióticas para obtener bebida isotónica mediante el proceso de disolución química con las cantidades de electrolitos adecuadas que el deportista necesita durante la actividad física.

1.6 Formulación del problema

¿Se podrá elaborar bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego mediante la disolución química, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para deportistas?

1.7 Hipótesis

Aplicando el proceso de disolución química, es posible obtener una bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para deportistas.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Bebidas para deportistas

Legislación Española. Real Decreto 1444/2000, de 31 de julio, por el que se modifica la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales, aprobada por el Real Decreto 2685/1976, de 16 de octubre. BOE, 183:27561-2 (1 de agosto de 2000).

Palacios et al (2008) afirman que estas bebidas presentan una composición específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos, y prevenir la fatiga, siendo tres sus objetivos fundamentales:

- ✚ Aportar hidratos de carbono que mantengan una concentración adecuada de glucosa en sangre y retrasen el agotamiento de los depósitos de glucógeno.
- ✚ Reposición de electrolitos, sobre todo del sodio.
- ✚ Reposición hídrica para evitar la deshidratación.

En este documento se indica que la bebida deportiva debe suministrar hidratos de carbono como fuente fundamental de energía y debe ser eficaz en mantener la óptima hidratación o rehidratar, recomendando los siguientes márgenes en la composición de las bebidas para tomar durante la práctica deportiva, (Palacios et al, 2008) resumida en la figura 2.1; encontrado también en el Anexo H.

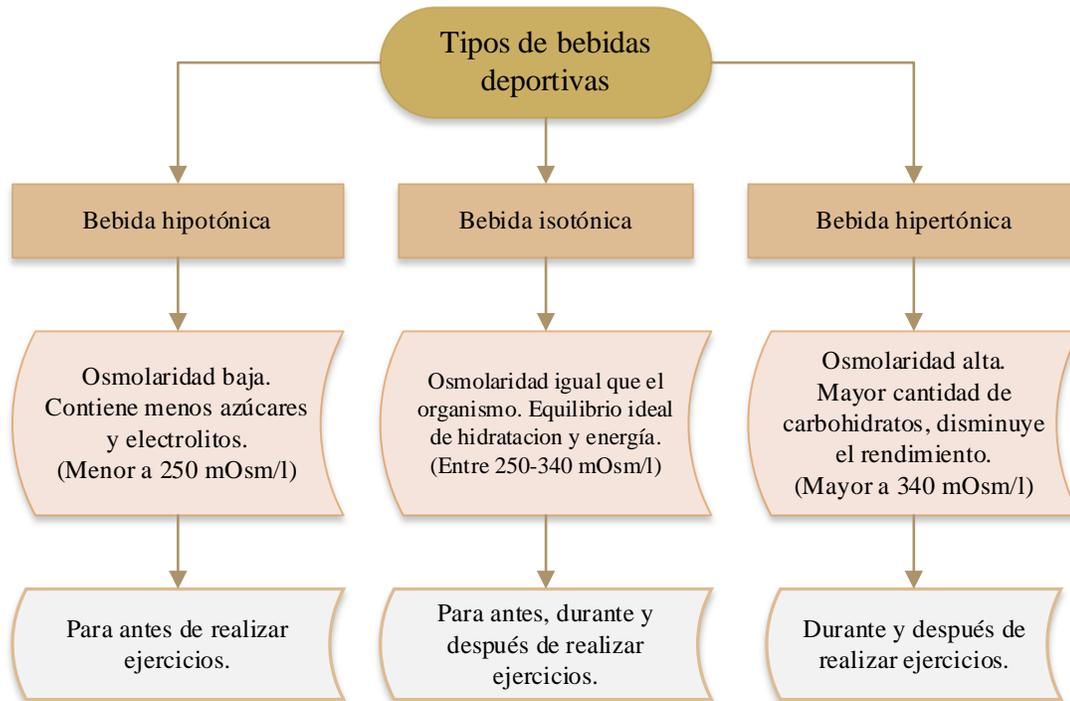
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • No menos de 80 kcal por litro • No más de 350 kcal por litro
Hidratos de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • 75% de las calorías provendrán de HC • No más de 9% de HC
Sodio	<ul style="list-style-type: none"> • No menos de 460 mg por litro • No más de 1150 mg por litro
Osmolaridad	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 200-300 mOsm/kg de agua

Fuente: Palacios et al, 2008

Figura 2.1 Parámetros a tomar en cuenta para la elaboración de bebida deportiva

2.2 Clasificación de las bebidas deportivas

Castroviejo (2013) clasifica a las bebidas deportivas, según la figura 2.2:



Fuente: Castroviejo, 2013

Figura 2.2 Tipos de bebidas deportivas según la osmolaridad y tiempo de ejercicio.

2.3 Origen de las bebidas isotónicas

Si bien tuvieron su auge a partir de los años 90, las bebidas de rehidratación oral para deportistas, conocidas también como bebidas isotónicas, tienen su origen a finales de la década de 1960 en Estados Unidos. En la Universidad de Florida, James Robert Cade, doctor en nefrología, en colaboración con su equipo médico, elaboró una bebida destinada a reponer el agua, los hidratos de carbono y las sales que perdían los jugadores del equipo de fútbol local. (FAROS, 2017)

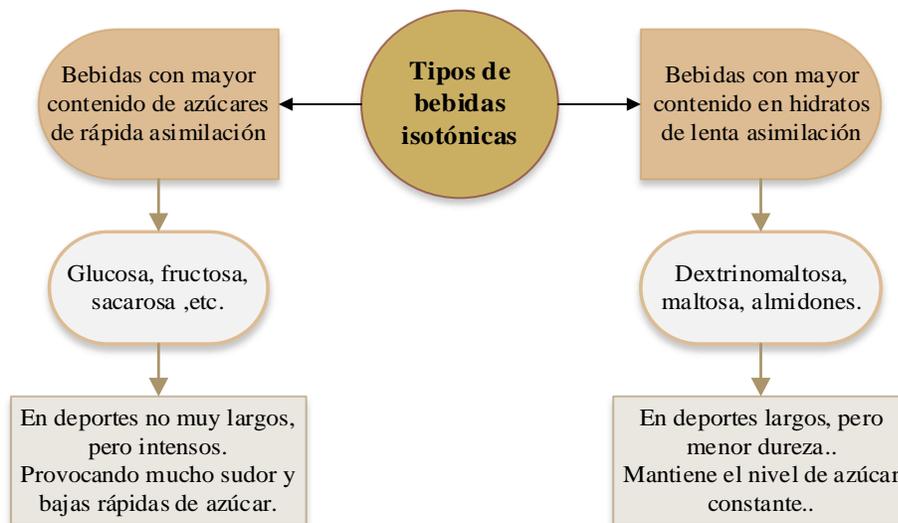
2.4 Definición de bebida isotónica

Una bebida isotónica es un conjunto de bebidas no alcohólicas que pueden contener hidratos de carbono, electrolitos, minerales y saborizantes, pero a diferencia de las

bebidas energéticas no contienen estimulantes en su composición, es decir, cafeína, guaraná, taurina, ginseng, creatinina, L-carnitina o glucuro lactona, que además debe poseer una concentración de solutos próxima a la del plasma, con una osmolalidad de entre 200-320 mOsm/litro. (Sánchez, 2017)

2.5 Tipos de bebidas isotónicas

Ruiz (2013) afirma “fundamentalmente existen dos tipos de bebidas isotónicas según la cantidad de hidratos de carbono simple y complejo que contengan”, descrito en la figura 2.3.



Fuente: Ruiz, 2013

Figura 2.3 Descripción de los tipos de bebidas isotónicas para deportistas

2.6 Características químicas y fisicoquímicas de las bebidas isotónicas

Las características químicas y fisicoquímicas de una bebida isotónica son las siguientes:

2.6.1 Características químicas de una bebida isotónica

Sánchez, 2017 nos describe las características químicas de una bebida isotónica:

- ✚ Hidratos de carbono: Principal fuente de energía (80-350) kcal/litro. Volúmenes habituales de 500-1000 ml. Se recomienda que la concentración se

encuentre entre el 6-9%, siendo la mezcla de hidratos de carbono de absorción rápida (glucosa, maltodextrina, sacarosa) y de absorción lenta (fructosa), lo ideal. La concentración de fructosa no debe superar el 33% (molestias gastrointestinales) No recomendable que sean de muy alto índice glucémico (hipoglucemia de rebote)

- ✚ Electrolitos (sodio).- 0,46-1,20 g/litro, para evitar estados de hiponatremia.
- ✚ Osmolaridad.- 200-330 mOsm/litro, para que sea isotónico con el plasma.
- ✚ Grasas.- en principio no conveniente por elevada aportación de Kcal. No consenso
- ✚ Antioxidantes.- estrés oxidativo por el deporte.

2.6.2 Características fisicoquímicas de la bebida isotónica

Contener carbohidratos como la glucosa, polímeros de glucosa (maltodextrina) y sacarosa (azúcar común), lo que quiere decir es que ha de tener una concentración no muy elevada de carbohidratos. Esta debe estar entre el 5 y el 9%. (Martín, 2017)

Contener entre 20 y 50 mmol/l de sodio, o lo que es lo mismo, entre 460 y 1,150 mg/l. Debe tener una osmolalidad de entre 200 y 330 mOs/kg de agua. Este es un factor muy importante que va a marcar la digestibilidad y rápida asimilación de estas bebidas. (Martín, 2017)

2.7 Aplicaciones de las bebidas isotónicas

Una bebida isotónica tiene aplicaciones como ser:

2.7.1 Aplicaciones de las bebidas isotónicas en la salud

Aranaga (2020) afirma “las bebidas isotónicas nos ayudan a reponer líquidos, electrolitos (como el cloro, el sodio y el potasio) y la energía en forma de glucosa cuando el ejercicio es intenso y se está en un ambiente caluroso donde se suda mucho”.

- ✚ El sodio y el potasio son dos minerales importantes que combaten los calambres, mareos y fatigas que se pueden generar cuando la actividad física es muy intensa.

- ✚ Reponen la cantidad de carbohidratos que necesita el cuerpo cuando lo ejercita. Este aporte viene dado en forma de azúcar. Por ende, dará mayor energía durante sesiones de ejercicios.
- ✚ Permiten mejorar el rendimiento y acelerar el proceso de recuperación.
- ✚ Por estos beneficios, las bebidas isotónicas también son recomendadas por los médicos en pacientes que han sufrido deshidratación o que necesitan recompensar la pérdida de minerales.

2.7.2 Aplicaciones de una bebida isotónica en la dieta

Se recomiendan en el caso de deportistas de competición o personas que realizan entrenamientos deportivos prolongados (de más de una hora) y de alta intensidad, o en entrenamientos fuertes con climatología desfavorable. Si no se va a realizar este tipo de ejercicio es mejor utilizar agua para reponer las pérdidas de líquido. La cantidad variará en función de las características personales, del ejercicio y del tiempo, pero lo habitual ronda entre (500-1000) ml. (Pérez, 2018)

2.8 Caracterización de la materia prima para elaborar bebida isotónica

Para la elaboración de una bebida isotónica, se utilizarán las siguientes materias primas como ser:

2.8.1 Suero residual de yogurt griego

Se obtiene en una coagulación ácida o láctica de la caseína y presenta un pH alrededor de 4,5. Se produce al alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína, en el cual se anulan las cargas eléctricas que mantienen separadas a las moléculas de caseína por las fuerzas de repulsión que generan, e impiden la floculación. Es un suero muy mineralizado pues contiene más de 80% de los minerales de la leche de partida. (Murillo, 2015)

Gran parte del suero resultante de la producción comercial de queso y otros productos lácteos, como el yogurt, termina como alimento para animales o se va por el desagüe. El suero líquido fresco debe mantenerse refrigerado en un recipiente de vidrio

herméticamente cerrado; debidamente almacenado, tiene una vida útil de hasta seis meses. El suero es una de las dos proteínas principales en la leche. Es el líquido turbio y amarillento (figura 2.4). Puede ser ácido, como el del yogurt y los quesos blandos como el cottage o mozzarella, o el dulce, que proviene de los quesos más duros producidos con cuajo, como el cheddar y el suizo. (Meier, 2019)



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4 Suero residual de yogurt griego

2.8.1.1 Características nutricionales del suero residual de yogurt griego

En la tabla 2.1, se puede observar la composición del suero residual de yogurt griego.

Tabla 2.1

Composición nutricional del suero residual de yogurt griego

Concentración	Cantidad	Unidad
Acidez	0,54	%
Sólidos totales	63,00	g/l
Lactosa	44,00	g/l
Proteína	1,03	g/l
Calcio	1,20	g/l
Fosfatos	2,00	g/l
Lactato	6,40	g/l
Cloruros	1,10	g/l
Tianina	0,38	mg/ml
Riboflavina	1,20	mg/ml
Ácido nicotínico	0,85	mg/ml
Ácido pantoténico	3,40	mg/ml
Piridoxina	0,42	mg/ml
Cobalamina	0,03	mg/ml

Fuente: Parra, 2009

2.8.1.2 Características químicas del suero residual de yogurt griego

En la tabla 2.2, se puede observar la composición química del suero de yogurt griego.

Tabla 2.2

Composición química del suero residual de yogurt griego

Componentes	Cantidad	Unidad
Sólidos totales	63,0 – 70,0	mg/l
Lactosa	44,0 – 46,0	mg/l
Grasa	0,0 – 5,0	mg/l
Proteínas	0,4 – 1,0	mg/l
Calcio	1,2 – 1,6	mg/l
Fósforo	0,5 – 0,8	mg/l
Potasio	1,4 – 1,6	mg/l
Cloruros	2,0 – 2,2	mg/l

Fuente: Hernández & Vélez, 2014

2.8.1.3 Características microbiológicas del suero residual de yogurt griego

Según López (2018) nos dicen que las características microbiológicas presentes en el suero de yogurt griego son:

- ✚ Aerobios mesófilos
- ✚ Coliformes fecales
- ✚ Coliformes totales
- ✚ Levaduras
- ✚ Mohos
- ✚ Bacterias ácido lácticas

2.8.1.4 Aplicaciones del suero residual de yogurt griego en la salud

Se compone principalmente de agua, pero también tiene potasio, además de proteínas, principalmente la alfa-lactoglobulina y la beta-lactoglobulina, con un alto valor biológico. Es también rico en calcio y fósforo, minerales que intervienen en la asimilación del calcio que necesita nuestro organismo, sobre todo para la formación y

mantenimiento de los huesos. Por ese motivo es conveniente para los niños y adolescentes y para las mujeres para prevenir la osteoporosis durante la menopausia. (Segura, 2019)

Según Amanda (2012) “El suero también contiene varios aminoácidos y otros compuestos identificados con un aumento de la inmunidad, incluidas la caseína y las inmunoglobulinas.”

La lactosa, no se disocia por completa en la parte superior del tracto gastrointestinal, sino que mantiene sus cualidades nutricionales hasta llegar al intestino delgado y al colon. Una vez en el intestino, las bacterias de la flora intestinal transforman la lactosa en ácido láctico, que estimula el peristaltismo intestinal, proceso que permite la contracción de los músculos intestinales para transportar el alimento y asegurar una correcta eliminación de la materia fecal. (Murillo, 2015)

Además, favorece el crecimiento de la propia flora lo que implica una mejora en el funcionamiento hepático. Por otra parte, por su acción depurativa, activa la función renal y favorece la secreción de líquidos y toxinas. Por esta razón ayuda a prevenir la artrosis, la artritis y el reumatismo, consecuencia de una excesiva retención de líquidos en los tejidos y de la acumulación de toxinas en las articulaciones. De esta manera provoca un mejor estado de la piel que, además previene eczemas, acné y otras enfermedades dermatológicas. Asimismo, purifica la sangre y permite que fluya mejor. (Murillo, 2015)

2.8.1.5 Aplicaciones del suero en la Industria de alimentos

Dentro de sus aplicaciones, las proteínas del lactosuero son usadas en una variedad de alimentos gracias a sus propiedades gelificantes y emulsificantes, siendo la β -lactoglobulina el principal agente gelificante. Estas proteínas favorecen propiedades funcionales como solubilidad, retención de agua/grasa, emulsificación, espumado, espesantes y propiedades de gelificación, además que hacen al producto un interesante ingrediente alimenticio. (Murillo, 2015)

Otra aplicación es el concentrado de proteína del lactosuero (WPC), elaborados por ultrafiltración, con contenidos de proteínas diferentes; por ejemplo los WPC conteniendo 35% de proteína son elaborados como sustitutos de leche descremada, y son utilizados en la elaboración de yogurt, queso procesado, en varias aplicaciones de bebidas, salsas, fideos, galletas, helados, panadería y productos de formulaciones infantiles debido a las propiedades funcionales de sus proteínas y sus beneficios nutricionales. (Murillo, 2015)

2.8.2 Agua potable

Según la Norma Boliviana 512 define como agua potable a aquella que, por sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la NB-512. (IBNORCA, 2004)

2.8.2.1 Características fisicoquímicas del agua potable

En la tabla 2.3, nos describe las características fisicoquímicas del agua potable para 100 ml.

Tabla 2.3

Características fisicoquímicas del agua potable

Componentes	Cantidad	Unidad
Agua	100,00	ml
Energía	0,00	Kcal
carbohidratos	0,00	g
Proteínas	0,00	g
Lípidos	0,00	g
Sodio	0,00	mg
Potasio	0,00	mg
Calcio	10,00	mg

Fuente: Zamora, 2003

2.8.2.2 Características microbiológicas del agua potable

Según la Norma Boliviana 512, las características microbiológicas presentes en el agua potable son descritos en la tabla 2.4.

Tabla 2.4*Características microbiológicas del agua potable*

Características	Valor aceptable	Observaciones
Coliformes totales	0 UFC/100ml < 2 NMP/100 ml	Por filtro de membrana Por número más probable (NMP)
Escherichia coli	0 UFC/100ml < 2 NMP/100 ml	Por filtro de membrana Por número más probable (NMP)
Coliformes termo resistentes	0 UFC/100 ml	-
Pseudomona aeruginosa	0 UFC/100 ml	-
Heterotróficas totales	500 UFC/100 ml	-
Clostridium perfringens	0 UFC/100 ml	-
Amebas	ausencia	-
Giardia	ausencia	-
Cryptosporidium	ausencia	-

Fuente: IBNORCA, 2004

2.8.2.3 Aplicaciones del agua potable en la salud

El Director General, de la Organización Mundial de la Salud Jong-wook, (2014) afirma que el agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública. Lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades. Y se podría evitar enfermedades como: diarrea, paludismo, esquistosomiasis, helmintiasis intestinales (ascariasis, tricuriasis, anquilostomiasis), encefalitis japonesa, hepatitis A.

2.9 Caracterización de los insumos alimentarios para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

La caracterización de los insumos requeridos para la elaboración de bebida isotónica se describe a continuación:

2.9.1 Fructosa en polvo

La palabra latina “fructus”, que puede traducirse como “lo consumido después de un esfuerzo”. El sufijo “-osa”, que fue utilizado a partir del siglo 19, para poder hacer

mención a los azúcares. La noción de fructosa se emplea en el terreno de la bioquímica para aludir al azúcar que tiene una fruta. Se trata de un monosacárido que, junto a la glucosa, forma la sacarosa. (Pérez & Merido, 2017) En la figura 2.5, se observa la fructosa granulada a ser utilizada en el presente trabajo.



Fuente: López, 2017

Figura 2.5 Fructosa granulada

2.9.2 Sacarosa

La sacarosa o el azúcar es una sustancia de sabor dulce y color blanco, cristalizada en pequeñísimos granos, que se obtiene primordialmente de la remolacha, en el caso de los países con climas templados y en aquellos con características climáticas tropicales, de la caña de azúcar, a partir de la concentración y cristalización de su jugo. (Ucha, 2011)

La sacarosa o azúcar, le da energía a nuestro cerebro y cuerpo, pero claro, si se consume de manera excesiva se desatarán una serie de problemáticas relevantes sumada a la ya mencionada de la diabetes, tales como la obesidad, caries en los dientes, hipertensión arterial, entre las más comunes (Ucha, 2011). En la figura 2.6, se observa la apariencia de sacarosa para ser utilizada en el presente trabajo.



Fuente: Vasco, 2017

Figura 2.6 Sacarosa granulada

2.10 Disolución química

Una disolución es una mezcla homogénea formada por dos o más sustancias puras que no reaccionan químicamente entre sí. Una de estas sustancias es el disolvente y la otra (o las otras) es el soluto. La distinción entre soluto y solvente es un poco arbitraria, pero por lo general se toma el soluto como el componente que está en menor cantidad y el solvente como el componente que está en mayor cantidad en la disolución. (Raffino, 2020)

2.10.1 Componentes de una disolución química

Según Raffino (2020), los componentes de una disolución química son:

2.10.1.1 Disolvente

El disolvente es la sustancia en la que se disuelve el soluto, generalmente es la más predominante. También se le conoce como solvente, dispersante o medio de dispersión. El disolvente más común es el agua también puede ser un sólido, líquido o gas.

2.10.1.2 Solute

En este caso hablamos de la sustancia que es disuelta por el disolvente. Una misma disolución puede tener más de un soluto disuelto en el mismo disolvente. El soluto se encuentra en menor cantidad que el disolvente, la sal se puede utilizar como soluto.

2.10.2 Tipos de disoluciones químicas

Raffino (2020) afirma que “los tipos de disoluciones químicas son según la cantidad de soluto y según la cantidad de solvente que pueda tener en cada disolución”; descrito en la figura 2.7.



Fuente: Raffino, 2020

Figura 2.7 Tipos de disoluciones químicas

2.11 Concepto de osmolaridad

Se conoce como osmolaridad a la medida que expresa el nivel de concentración de los componentes de diversas disoluciones. El concepto deriva de la presión osmótica que cambia en las células del organismo cuando se introduce la disolución en cuestión. (Pérez & Merido, 2015)

La expresión se realiza en osmoles por litro, siendo el osmol (Osm) una unidad de medida que indica la cantidad de moles presente en un compuesto. En ciertas sustancias, se habla de osmolalidad y no de osmolaridad, que tiene características diferentes y que se menciona de acuerdo a los osmoles que hay en cada kilogramo de agua. (Pérez & Merido, 2015)

2.11.1 Importancia de la osmolaridad en la bebida isotónica

La osmolaridad en este tipo de bebidas debe estar comprendida entre parámetros de 200-330 mOsm/kg de agua no debiendo sobrepasar en ningún caso los 400 mOsm/kg de agua. La carga energética de la bebida y su osmolalidad, determinan la velocidad de vaciado gástrico. (Palacios et al, 2008)

2.11.2 Ecuación para el cálculo de osmolaridad

Según la ecuación 2.1, la fórmula para el cálculo de osmolaridad es:

$$Fórmula = m \times \frac{mol}{PM} \times \frac{Osmol}{mol} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde los valores:

m = masa en gramos del elemento

mol = miliequivalentes por litro

PM = peso molecular del elemento

Osmol = número de iones disociados

Tomando en cuenta que 1 mmol de un soluto no-polar, por ejemplo, sacarosa da una solución de 1 osmol y 1 mmol de una sal, por ejemplo, cloruro de sodio, se disocia para dar dos iones, por lo tanto, una solución de 2 osmol.

2.12 Hidratación durante el rendimiento deportivo

Lo recomendable, es beber en torno a medio litro de líquido una o dos horas antes del ejercicio que permite un menor aumento de la temperatura central corporal y disminuye la percepción de esfuerzo. Durante el ejercicio se debe empezar a beber pronto y con regularidad y conseguir una hidratación óptima tomando entre 150-300 mililitros de fluidos cada 15/20 minutos. (Soteras, 2014)

Urpampilleta & Martínez (2018), desarrollaron una pirámide del protocolo de hidratación durante la actividad física expuesta en la figura 2.8.



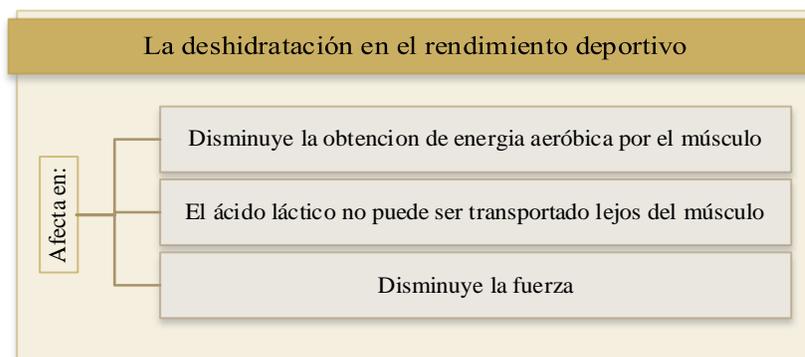
Fuente: Urdampilleta & Martínez, 2018

Figura 2.8 Protocolo de hidratación durante la actividad física

2.13 Deshidratación durante el rendimiento deportivo

La deshidratación progresiva durante el ejercicio es frecuente puesto que muchos deportistas no ingieren suficientes fluidos para reponer las pérdidas producidas. Esto no sólo va a provocar una disminución del rendimiento físico, sino que además aumenta el riesgo de lesiones, y puede poner en juego la salud e incluso la vida del deportista. Por este motivo es muy importante elaborar una estrategia capaz de mantener un nivel de líquido corporal óptimo mientras se hace ejercicio. (Palacios et al, 2008)

Según Palacios et al (2008) afirman que “la deshidratación en el rendimiento deportivo afecta a los factores” descritos en la figura 2.9.



Fuente: Palacios et al, 2008

Figura 2.9 Como afecta la deshidratación al rendimiento deportivo

2.14 Electrolitos en una bebida isotónica

Del Toro (2017) afirma que “los electrolitos son un tipo de sales minerales esenciales presentes en nuestro cuerpo. Algunos de los electrolitos principales que también conocemos bajo el nombre de “minerales”, son el potasio, calcio, magnesio, sodio y bicarbonato”.

Debido a que el líquido que se pierde del medio interno se elimina en forma de sudor, su composición es clave para determinar las cantidades de solutos que hay que reponer. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el rango de electrolitos en el sudor es muy amplio y varía en función del grado de aclimatación. (Palacios et al, 2018)

2.14.1 Funciones de los electrolitos

Entre sus funciones principales cabe destacar que regulan las funciones musculares, la reparación de los tejidos dañados (ideal para acelerar la recuperación tras un entrenamiento intenso), regular el ph de la sangre, y también se encargan de mantener el buen funcionamiento del sistema nervioso. (Del Toro, 2017)

2.14.2 Electrolitos durante la actividad deportiva

La reposición de los iones tiene una jerarquía basada en la situación clínica que puede producir la alteración de cada uno: la disminución de los niveles de sodio en sangre durante los esfuerzos físicos ha provocado situaciones de máxima gravedad e incluso el fallecimiento del deportista. (Palacios et al, 2008)

La hiponatremia asociada a beber agua sola en ejercicios de larga duración ha sido causa de graves patologías (desorientación, confusión o crisis epilépticas) Durante este tipo de esfuerzos, el consumo de grandes cantidades de agua pura puede ocasionar un desplazamiento de sodio del medio extracelular hacia el intestino, ocasionando una aceleración en la reducción del sodio plasmático. (Palacios et al, 2008)

2.14.3 Electrolitos después del ejercicio

Palacios et al (2008), afirma que “aunque la reposición electrolítica, al finalizar la ejecución de un esfuerzo, depende de numerosas circunstancias (duración, temperatura y humedad de la zona, aclimatación, etc.), hay algunos hechos fundamentales que pueden marcar las pautas”:

- ✚ La ingesta de agua sola en un organismo deshidratado tiene como consecuencia una rápida caída de la osmolalidad plasmática y de la concentración de sodio lo que, a su vez, reduce el impulso de beber y estimula la diuresis, con consecuencias potencialmente físico no se consigue de forma adecuada con agua sola.
- ✚ La cantidad de orina eliminada después de un esfuerzo físico es inversamente proporcional al sodio ingerido.
- ✚ En el ejercicio, durante la contracción muscular, se produce una pérdida de potasio intracelular debido a la actividad muscular y, como resultado, hay un aumento de la concentración plasmática de este catión; tras el ejercicio se recupera la concentración de potasio intracelular de los músculos y los niveles plasmáticos de este ión vuelven rápidamente a sus valores basales.

2.14.4 Minerales

Los minerales más importantes que se encuentran en una bebida isotónica son los detallados a continuación:

2.14.4.1 Magnesio

La cantidad diaria recomendada es de 6 mg/kg en adultos sedentarios. Tras ejercicios intensos, disminuye el magnesio en plasma entre un 10 y un 15%, probablemente por un aumento de pérdidas por el sudor, que pueden significar hasta un 12% del total del magnesio excretado. La disminución de magnesio podría provocar convulsiones epilépticas en corredores, sin embargo, dosis altas de magnesio no han podido ser relacionadas con un aumento del rendimiento deportivo. (Villegas & Zamora, 2010)

2.14.4.2 Sodio

Cuando hay actividad física, especialmente con grandes pérdidas a través del sudor, es indispensable recuperar las deficiencias de sodio. Por una parte, es el principal electrolito en el líquido extracelular, por lo que interviene en el mantenimiento del balance de líquidos y en el control de la presión sanguínea. Los temidos calambres, sin ir más lejos, pueden producirse simplemente por pequeñas pérdidas (unos pocos gramos) de este elemento, porque su baja concentración en determinadas terminaciones nerviosas o fibras musculares producen el problema. (Pérez, 2014)

2.14.4.3 Potasio

Casi todo el potasio (más del 95%) que hay en el organismo se encuentra en el interior de las células, mientras que en el exterior predomina el sodio, de forma que el equilibrio entre ambos es decisivo para la vida celular. Es fundamental para la contracción de los músculos, incluido el corazón, por eso unos niveles inadecuados alteran el ritmo cardiaco. (Gómez, 2016)

Debilidad y calambres musculares, distensión abdominal, arritmias, malestar general y falta de apetito son algunos de los síntomas que alertan de la escasez de potasio. El potasio como elemento se elimina principalmente a través de la orina, heces y sudor. (Gómez, 2016)

2.14.4.4 Calcio

La ingestión apropiada de calcio además de ejercicio, generalmente con algún tipo de peso, asegura una masa ósea óptima. Existe riesgo importante de deficiencia de calcio en atletas mujeres sometidas a entrenamiento intenso. Algunos estudios han comprobado que la densidad ósea está disminuida en ciertos grupos de atletas y esto aumenta el riesgo de fracturas por estrés, especialmente a nivel de columna lumbar, trocánter, región intertrocantérica, cuello del fémur, diáfisis femoral y tibia. Debe asegurarse que el atleta tenga una ingestión de por lo menos 1000-1500 mg al día. (Rodríguez & Pasquetti, 2004)

2.15 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono son un combustible importante para la actividad física. Se acumulan en forma de glucógeno en el hígado y los músculos, y deben reponerse cada día. En el hígado pueden almacenarse aproximadamente 100 gramos de glucógeno (el equivalente a 400 kilocalorías), y hasta 400 gramos (el equivalente a 1600 kilocalorías) en las células musculares. La función del glucógeno hepático es mantener estables los niveles de azúcar en sangre. (Bean, 2011)

Para actividades de más de una hora de duración, consumir entre 30 y 60 gramos de hidratos de carbono ayudará a mantener el nivel de glucosa sanguínea, a ahorrar glucógeno muscular, a retrasar la fatiga y a aumentar. Cuanto mayor sea la duración y la intensidad de tu entrenamiento o actividad, más hidratos de carbono necesitarás. (Bean, 2011)

CAPÍTULO III
DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del trabajo de investigación “Elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego”, se realiza en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Descripción de equipos, instrumentos, materiales de laboratorio, reactivos e insumos

Durante la realización de la parte experimental, se utiliza los siguientes equipos e instrumentos del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; como también materiales, utensilios de cocina y reactivos químicos descritos a continuación:

3.2.1 Equipos

A continuación, se detallan los equipos que se utilizaron para elaborar bebida isotónica:

3.2.1.1 Cocina industrial

Equipo (figura 3.1) utilizado como fuente de suministro de calor para realizar la pasteurización de la bebida isotónica que se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, las especificaciones técnicas de la cocina se muestran en la tabla 3.1.



Fuente: Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos
Figura 3.1 Cocina de dos hornallas

Tabla 3.1
Características técnicas de la cocina industrial

Especificaciones	
Marca	Todo Inox S.R.L.
Industria	Bolivia
Capacidad	2 hornallas
Material	Acero inoxidable
Regulador	Un nivel
Dimensión	127×304 mm

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 Freezer

Equipo (figura 3.2) utilizado para el almacenamiento de la bebida isotónica que se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, las especificaciones técnicas del freezer se muestran en la tabla 3.2.

	<p>Tabla 3.2 <i>Características técnicas del freezer</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #f4a460;">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td>Arctic King</td> </tr> <tr> <td>Tipo</td> <td>Mini congelador</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>73 kg</td> </tr> <tr> <td>Industria</td> <td>Estados Unidos</td> </tr> <tr> <td>Capacidad</td> <td>200 litros</td> </tr> <tr> <td>Color</td> <td>Blanco</td> </tr> <tr> <td>Dimensión</td> <td>81x55x83(cm)</td> </tr> </tbody> </table>	Especificaciones		Marca	Arctic King	Tipo	Mini congelador	Peso	73 kg	Industria	Estados Unidos	Capacidad	200 litros	Color	Blanco	Dimensión	81x55x83(cm)
Especificaciones																	
Marca	Arctic King																
Tipo	Mini congelador																
Peso	73 kg																
Industria	Estados Unidos																
Capacidad	200 litros																
Color	Blanco																
Dimensión	81x55x83(cm)																
<p>Fuente: Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos <i>Figura 3.2</i> Freezer</p>	<p>Fuente: Elaboración propia</p>																

3.2.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos utilizados en la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego se detallan a continuación:

3.2.2.1 Balanza de precisión

La balanza de precisión (figura 3.3) se utiliza para el pesado de los insumos y reactivos que intervinieron en el proceso de disolución química de la bebida isotónica; y se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. las especificaciones técnicas de la balanza digital se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Características técnicas de la balanza de precisión

Especificaciones	
Marca	RADWAG
Industria	Polonia
Capacidad	Máximo: 310g Mínimo: 0,5 g
Precisión	0,1 g
Dimensión del platillo	195×195 mm

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos
Figura 3.3 Balanza analítica de precisión

3.2.2.2 pH-metro

Instrumento para la determinación del pH (figura 3.4) que se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho; cuenta con un soporte de electrodo, un adaptador eléctrico universal un electrodo de pH combinado 3 en 1. Las especificaciones técnicas del pH-metro se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4
Características técnicas del pH-metro

Especificaciones	
Marca	Horiba
Industria	Japón
Pantalla	LCD
Parámetros medidos	pH/ORP/Ion/Temp(°C)
Rango de pH	de -2.00 a 19.99 pH
Precisión	±0.003 pH
Dimensión	170x 174x 73 mm

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos
Figura 3.4 pH-metro digital

3.2.2.3 Bureta digital

La bureta digital (figura 3.5) mide la cantidad de NaOH gastado en la determinación de la acidez se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos y las especificaciones técnicas de la bureta digital se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 <i>Características técnicas de la bureta digital</i>	
Especificaciones	
Marca	VWR
Industria	Francia
Capacidad	50 ml
Precisión	$\pm 0,2 \%$
Imprecisión	$\leq 0,1 \%$
División	0,01 ml
Dimensiones	99 mm x 34 mm
Fuente: Elaboración propia	



Fuente: Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos

Figura 3.5 Bureta digital

3.2.2.4 Termómetro

Como instrumento para medir temperatura, se utiliza un termómetro con bulbo de mercurio (figura 3.6), ideal para productos lácteos las especificaciones técnicas del termómetro se muestran en la tabla 3.6.



Tabla 3.6 <i>Características técnicas del termómetro</i>	
Especificaciones	
Marca	Incoterm
Industria	Brasil
Capacidad	110°C
Material	Plástico
División	1 ml
Dimensiones	30 cm x D 3cm
Fuente: Elaboración propia	

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 Termómetro para lácteos

3.2.3 Materiales de laboratorio

Los materiales de laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se detallan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7

Materiales de laboratorio

Materiales	Cantidad	Capacidad	Material
Vidrio reloj	1	Pequeño	Vidrio
Probeta	1	100 ml	Plástico
Pipeta	1	10 ml	Vidrio
Embudo	1	Pequeño	Vidrio
Vasos precipitados	2	100 ml	Vidrio
Piseta	1	500 ml	Plástico
Jarra	1	Mediana	Plástico

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que se utilizan en la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego se detallan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8

Utensilios de cocina usado en la elaboración

Instrumentos	Cantidad	Capacidad	Material
Cuchara	1	Pequeña	Acero inoxidable
Olla	1	Mediana	Acero inoxidable
Jeringa	1	5 ml	Plástico
Papel filtro	5	Mediano	Papel
Botellas	50	650 ml	PET
Jarra graduada	1	Mediana	Plástico
Mini frascos	90	Pequeño	Vidrio
Envase spray	1	Mediano	Plástico
Papel toalla	4	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Reactivos químicos

En la elaboración de bebida isotónica se utiliza reactivos químicos en grado alimenticio para añadir a la bebida isotónica y reactivos químicos de laboratorio para el control de la acidez.

3.2.5.1 Reactivos químicos en grado alimenticio

En la tabla 3.9, se muestran los reactivos químicos en grado alimenticio, utilizados para la elaboración de una bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.

Tabla 3.9

Reactivos químicos en grado alimenticio

Reactivos	Cantidad	Unidad	Procedencia	Marca
Mix sales	1	kg	Argentina	Forti Solutions
Cloruro de calcio	1	kg	Brasil	Essencial
Sorbato de potasio	1	kg	Brasil	Essencial
Ácido ascórbico	1	kg	Argentina	Essencial
Sulfato de magnesio	1	kg	Brasil	Essencial
Ácido cítrico	1	kg	Brasil	Essencial

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.2 Reactivos químicos de laboratorio

En la tabla 3.10, se observa los reactivos químicos de laboratorio para el control del parámetro acidez en la elaboración de una bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.

Tabla 3.10

Reactivos químicos de laboratorio

Reactivos	Cantidad	Unidad	Concentración	Unidad	Marca
Hidróxido de sodio	1	l	0,1	N	Anedra
Fenolftaleína	100	ml	1,00	%	Anedra
Agua destilada	2	l	-	-	Solquifar
Alcohol etílico	1	kg	70	%	Solquifar

Fuente: Elaboración propia

3.3 Materias primas e insumos alimentarios para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

Las materias primas e insumos alimentarios para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero de yogurt griego, se detalla a continuación:

3.3.1 Materias primas para la elaboración de bebida isotónica

Las materias primas utilizadas en la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se muestran en la tabla 3.11

Tabla 3.11

Materias primas

Producto	Procedencia	Estado	Industria
Suero residual yogurt griego	Fábrica Delacto	Líquido	Boliviana
Agua	Laboratorio de la Carrera INA	Líquido	Boliviana

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios y saborizantes utilizados para la elaboración de una bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego se muestran en la tabla 3.12.

Tabla 3.12

Insumos alimentarios

Insumos	Cantidad	Unidad	Procedencia	Marca
Fructosa	2	kg	Argentina	Forti Solutions
Sacarosa	2	kg	Bolivia	I.A.P.S.A.
Saborizante frutilla	250	ml	Bolivia	Solquifar
Saborizante limón	250	ml	Bolivia	Solquifar
Colorante rojo	30	g	Bolivia	Solquifar
Colorante amarillo	30	g	Bolivia	Solquifar

Fuente: Elaboración propia

3.4 Metodología para la obtención de resultados de las materias primas

La metodología de obtención de resultados de laboratorio, para los parámetros fisicoquímicos, análisis microbiológico y análisis de micronutrientes de las materias primas y el producto terminado se detallan a continuación:

3.4.1 Análisis fisicoquímicos del suero residual de yogurt griego

La determinación del análisis fisicoquímico de la materia prima, realizadas en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los parámetros y métodos que se detallan en la tabla 3.13.

Tabla 3.13*Parámetros del análisis fisicoquímico del suero residual de yogurt griego*

Parámetros	Técnica	Métodos	Unidad
Acidez	Volumetría	NB 229-1998	%
Cenizas	Gravimetría	NB 39034:2010	%
Cloruro de sodio	Volumetría	NB 33011:2004	%
Densidad relativa	Gravimetría	NB 230-1999	
Materia grasa	Gerber	NB 228_1998	%
Hidratos de carbono	Cálculo		%
Índice de solubilidad	Volumetría	NB 368-1998	ml
pH	Potenciométrico		
Proteína total	Volumetría	NB/ISO 8968-1:2008	%
Rancidez	Ensayo de Kreis	NB 34009:2006	pos/neg
Sólidos solubles	Refractometría	NB 383-1980	°Brix
Sólidos no grasos	Cálculo	NB 706:1998	%
Sólidos totales	Gravimetría	NB 231:1-1998	%
Vitamina A	Cromatografía líquida		mg/kg

Fuente: CEANID, 2019

3.4.2 Análisis fisicoquímicos del agua potable

La determinación del análisis fisicoquímico del agua potable, realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los parámetros y métodos que se detallan en la tabla 3.14.

Tabla 3.14*Parámetros del análisis fisicoquímico del agua potable*

Parámetros	Técnica	Métodos	Unidad
Cloro residual	HACH 2231-88	NB 512:16	mg/l
Conductividad eléctrica (20,0°C)	SM 2510-B	NB 512:16	uS/cm
pH (20,0°C)	SM 4500-H-B	NB 512:16	-
Turbiedad	SM 2130-B	NB 512:16	UNT

Fuente: CEANID, 2019

3.4.3 Análisis microbiológico del suero residual de yogurt griego

Los análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego, realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los parámetros descritos en la tabla 3.15.

Tabla 3.15*Análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego*

Parámetros	Unidades	Método	Norma
Bacterias mesófilas aerobias	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32003:2002
Coliformes totales	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32005:2002
Coliformes fecales	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32005:2002
Escherichia coli	UFC/(g/ml)	Confirmación bioquímica	NB 32005:2002
Mohos y levaduras	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32006:2002
Salmonella	P/A en 25 g	Investigación (P/A)	NB 32007:2002
Staphilococcus aereus	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32004:2002

Fuente: CEANID, 2019

3.4.4 Análisis microbiológico del agua potable

Los análisis microbiológicos del agua potable, realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los parámetros descritos en la tabla 3.16.

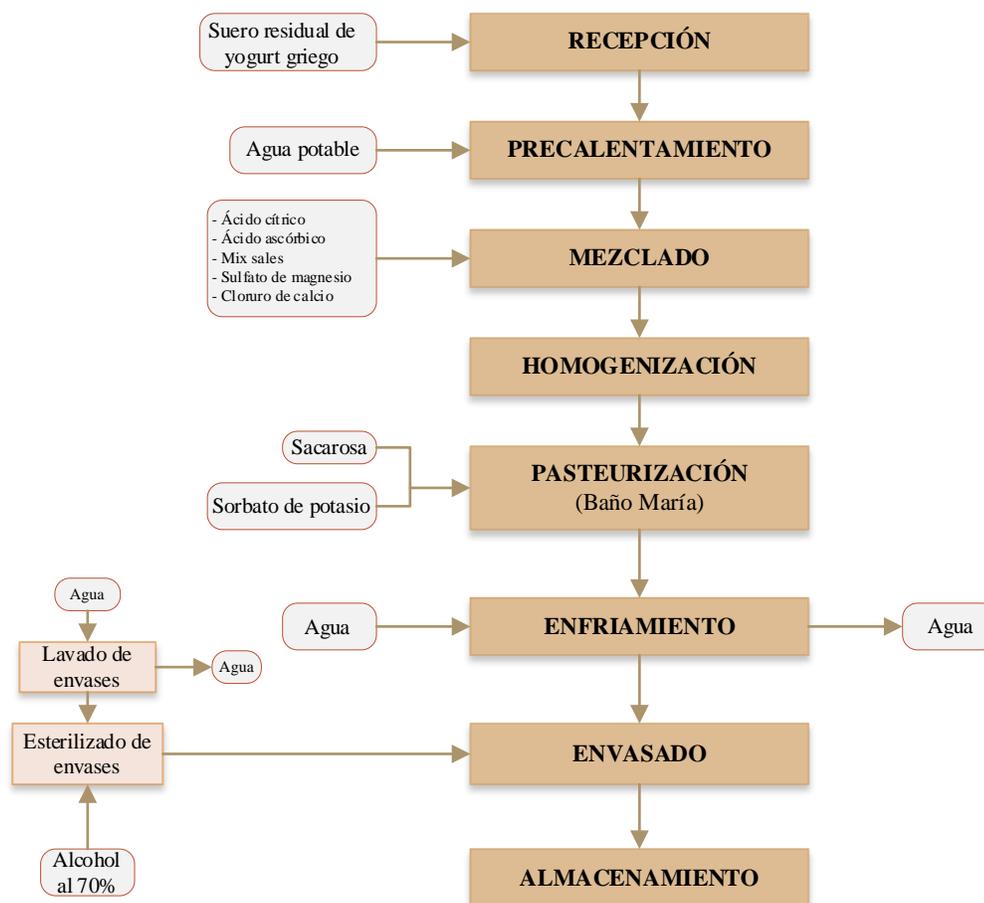
Tabla 3.16*Parámetros microbiológicos del agua potable*

Parámetros	Unidades	Método	Norma
Coliformes termoresistentes	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 31003:07

Fuente: CEANID, 2019

3.5 Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

En la figura 3.7, se muestra el diagrama de flujo del proceso para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Diagrama del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.

3.5.1 Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de bebida isotónica

Las operaciones realizadas en la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se detallan a continuación:

3.5.1.1 Recepción

La materia prima que se utiliza para la elaboración de bebida isotónica es el suero residual de yogurt griego adquirida de la industria artesanal Delacto de la ciudad de Tarija, en condiciones óptimas de refrigeración entre (4-8)°C.

3.5.1.2 Pre calentamiento

El pre calentamiento, se realiza en una olla de acero inoxidable de tres litros de capacidad y se eleva la temperatura de la disolución (50% suero residual de yogurt griego y 50% agua potable) a 35°C para facilitar el proceso de mezclado.

3.5.1.3 Mezclado

Una vez pre calentado, se agrega primero componentes orgánicos (0,03% de ácido cítrico y 0,01% de ácido ascórbico) y luego los componentes inorgánicos, las sales (soluto) de acuerdo a la formulación adecuada (FAO, 2014)

3.5.1.4 Homogenización

La homogenización en la disolución tiene el propósito de disolver todos los reactivos añadidos (0,04 % del mix de sales, 0,02 % de sulfato de magnesio y 0,013% de cloruro de calcio) para obtener una mezcla homogénea se realiza agitando la mezcla con varilla la temperatura de la disolución debe estar entre (40 a 50)°C.

3.5.1.5 Pasteurización

Después de obtener una mezcla homogénea, se añade sacarosa con el propósito de mejorar el sabor y además brindar energía a la bebida isotónica y el conservante (sorbato de potasio) disolviendo (0,05%) del conservante en 20 ml de la disolución pasteurizada, con la finalidad de alargar la vida útil del producto terminado durante la conservación por refrigeración a continuación se realiza el proceso de pasteurización de la disolución en un recipiente de acero inoxidable a baño María que consiste en mantener la disolución a temperaturas entre (70-75)°C durante el tiempo de 30 minutos; con la finalidad de eliminar microorganismos patógenos y bacterias presentes en el suero residual de yogurt griego y del agua potable.

3.5.1.6 Enfriado

Se procede al enfriamiento de la bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego sometiendo a temperaturas de 4°C, en un recipiente de agua fría, con la finalidad

de parar el proceso de pasteurización para no dañar las propiedades nutricionales del suero residual.

3.5.1.7 Lavado de envases

El lavado de los envases de poliestireno, se realiza sumergiendo los envases y tapas con agua potable a temperatura ambiente en una fuente de plástico, con la finalidad de realizar un enjuague de los envases eliminando residuos o impurezas que puedan contaminar el producto. Posteriormente la esterilización del envase, con la ayuda de un roseador tipo spray con alcohol al 70% se roseó cada uno de los envases y tapas, volcándolos para evitar posible contaminación del aire hasta el momento del envasado.

3.5.1.8 Envasado

El envasado, se realizó colocando la bebida isotónica en cada botella esterilizada de 500 ml en forma manual y tapando cuidadosamente al terminar de envasar para evitar posible contaminación del aire.

3.5.1.9 Almacenado

Para finalizar el proceso de elaboración de bebida isotónica, se llevan las botellas con el producto al freezer bajo refrigeración entre (4-6°C) para su correcto almacenamiento y con el fin de garantizar su conservación y calidad nutricional. Controlando la acidez y el pH, durante los primeros 28 días.

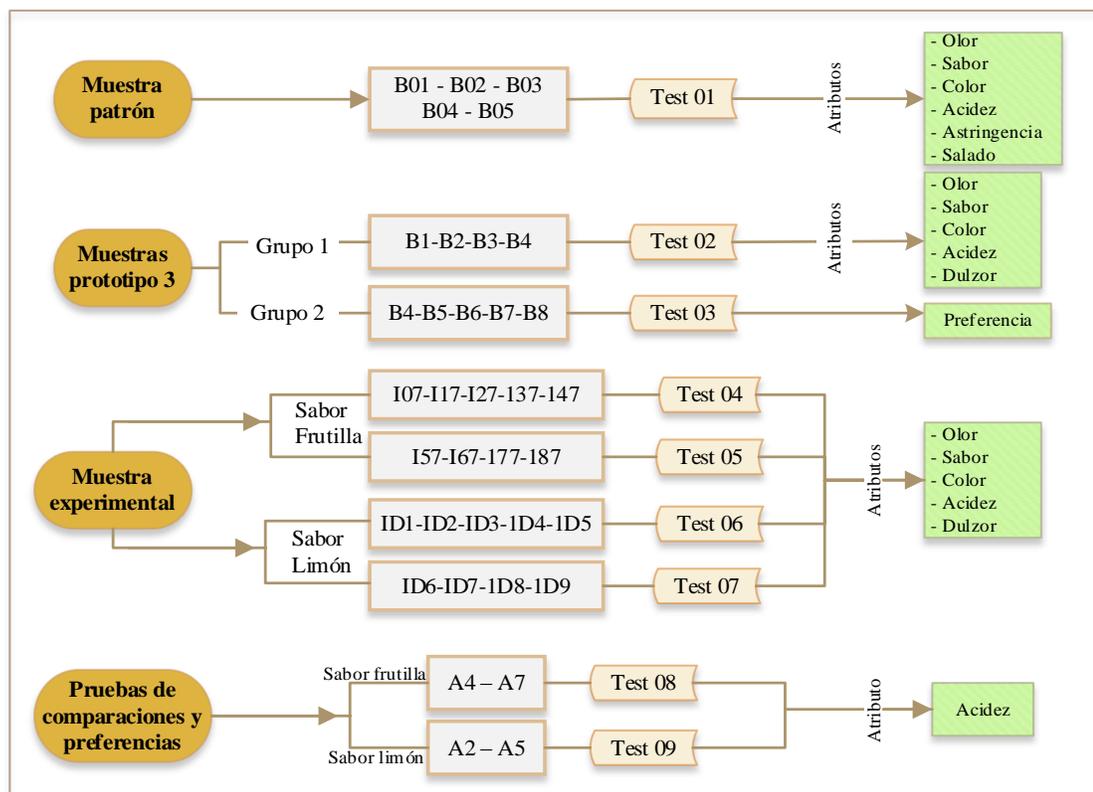
3.6 Análisis sensorial de los alimentos

“El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican caracterizando y/o mensurando, propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico”. (Ureña & D’ Arrigo, 1999. Pág. 12)

3.6.1 Aplicación de la evaluación sensorial para la obtención de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

La evaluación sensorial en la industria se aplica en el desarrollo de nuevos productos: la comparación, clasificación y mejoramiento de producto; la evaluación del proceso de producción; la reducción de costos, el control de calidad el estudio de estabilidad del alimento durante su almacenaje, determinación de la aceptación, preferencias y gustos del consumidor, así como la adquisición de sus sugerencias; la formación de jurados y en la correlación de las medidas sensoriales son las obtenidas por métodos físicos o químicos. (Ureña & D' Arrigo, 1999)

En la figura 3.8, se muestran las evaluaciones sensoriales realizadas para la caracterización de las propiedades organolépticas durante el presente trabajo de investigación en la elaboración de bebida isotónica a partir de suero de yogurt griego.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 Evaluaciones sensoriales de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.

3.7 Diseño experimental

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles 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 un problema o lograr mejoras. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

Experimentar es mejor que sentarse a esperar a que el proceso nos indique por sí solo cómo mejorarlo. El diseño de experimentos (DDE) es un conjunto de técnicas activas, en el sentido de que no esperan que el proceso mande las señales útiles, sino que éste se “manipula” para que proporcione la información que se requiere para su mejoría. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

El diseño estadístico de experimentos se refiere al proceso para planear el experimento de tal forma que se recaben datos adecuados que puedan analizarse con métodos estadísticos que lleven a conclusiones válidas y objetivas. El enfoque estadístico del diseño experimental es necesario si se quieren sacar conclusiones significativas de los datos. (Montgomery, 2004)

3.7.1 Diseño Factorial

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en ocasiones tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

Los factores pueden ser de tipo cualitativo (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.). Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para

cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles de los factores a investigar. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

El diseño factorial 3^k a ser utilizado en el presente trabajo en base a la ecuación 3.1

$$\boxed{3^k} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

3 = número de niveles

k = número de variables

3.7.1.1 Diseño experimental 3^k para el proceso de dosificación de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

El diseño experimental a ser aplicado en el proceso de dosificación de bebida isotónica, está conformado por dos variables: porcentaje de suero:agua y porcentaje de fructosa.

Para realizar el diseño experimental, se aplicó la ecuación 3.1, cuyo diseño experimental corresponde a la ecuación 3.2.

$$\boxed{3^2 = 3 \times 3 = 9 \text{ tratamientos}} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Los factores tomados en cuenta en el diseño experimental, se muestran en la tabla 3.17.

Tabla 3.17

Factores en el proceso de dosificación de bebida isotónica

Factores	Unidad	Símbolo	Número de niveles
Suero: agua	%	SA	3
Fructosa	%	FR	3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.18, se muestra los niveles de variación de los factores a ser aplicado en el proceso de elaboración de la bebida isotónica.

Tabla 3.18

Nivel de variación de los factores en la dosificación

Factores	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Suero:agua (SA)	50 %	55 %	60 %
Fructosa (F)	3,4 %	3,7 %	4 %

Fuente: Elaboración propia

Gutiérrez & De la Vara (2008) afirman que “este diseño consiste en $3^2 = 9$ tratamientos diferentes, que corresponden a todas las posibles maneras en que se pueden combinar dos factores en tres niveles cada uno. Sean A y B los factores, cada uno con tres niveles, a los cuales se les suele llamar bajo, medio y alto”. Los nueve tratamientos se pueden escribir de varias maneras, algunas de las cuales se muestran en la tabla 3.19.

Tabla 3.19

Diseño factorial de la matriz de variables para la dosificación

Tratamiento	Combinaciones	A_L	A^2	B_L	B^2	$A_L B_L$	$A_L B^2$	$A^2 B_L$	$A^2 B^2$	Variable respuesta
1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	Y1
2	A_L	0	-2	-1	1	0	0	2	-2	Y2
3	B_L	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	Y3
4	A^2	-1	1	0	-2	0	2	0	-2	Y4
5	B^2	0	-2	0	-2	0	0	0	4	Y5
6	$A_L B_L$	1	1	0	-2	0	-2	0	-2	Y6
7	$A^2 B_L$	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	Y7
8	$A_L B^2$	0	-2	1	1	0	0	-2	-2	Y8
9	$A^2 B^2$	1	1	1	1	1	1	1	1	Y9

Fuente: Gutiérrez & De la Vara, 2008

Donde:

Y_i = Variable respuesta (porcentaje de ácido láctico y pH)

$A_L B_L$ = Efecto lineal

$A^2 B^2$ = Efecto cuadrático

3.8 Caracterización del producto final

La determinación fisicoquímica, análisis microbiológico y análisis de micronutrientes del producto terminado bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se detalla a continuación.

3.8.1 Análisis fisicoquímicos del producto final

Para la determinación del análisis fisicoquímico del producto final, se realiza en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los parámetros y métodos que se detallan en la tabla 3.20

Tabla 3.20*Parámetros del análisis fisicoquímico del producto final*

Parámetros	Técnica	Métodos	Unidad
Acidez	Volumetría	NB 229-1998	%
Cenizas	Gravimetría	NB 39034:2010	%
Cloruro de sodio	Volumetría	NB 33011:2004	%
Densidad relativa	Gravimetría	NB 230-1999	
Materia grasa	Gerber	NB 228_1998	%
Hidratos de carbono	Cálculo		%
Índice de solubilidad	Volumetría	NB 368-1998	ml
pH	Potenciométrico		
Proteína total	Volumetría	NB/ISO 8968-1:2008	%
Rancidez	Ensayo de Kreis	NB 34009:2006	pos/neg
Sólidos solubles	Refractometría	NB 383-1980	°Brix
Sólidos no grasos	Cálculo	NB 706:1998	%
Sólidos totales	Gravimetría	NB 231:1-1998	%
Vitamina A	Cromatografía líquida		mg/kg

Fuente: CEANID, 2019

3.8.2 Análisis microbiológico del producto final

Los análisis microbiológicos del producto final, se realiza en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los siguientes análisis descrito en la tabla 3.21.

Tabla 3.21*Análisis microbiológicos del producto final*

Parámetros	Unidades	Método	Norma
Bacterias mesófilas aerobias	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32003:2002
Coliformes totales	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32005:2002
Coliformes fecales	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32005:2002
Escherichia coli	UFC/(g/ml)	Confirmación bioquímica	NB 32005:2002
Mohos y levaduras	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32006:2002
Salmonella	P/A en 25 g	Investigación (P/A)	NB 32007:2002
Staphilococcus aureus	UFC/(g/ml)	Recuento en placa	NB 32004:2002

Fuente: CEANID, 2019

3.8.3 Análisis de micronutrientes del producto final

Los análisis de micronutrientes del producto final se realizan en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) toma en cuenta los análisis con sus respectivas normas detalladas en la tabla 3.22

Tabla 3.22

Análisis de micronutrientes del producto final

Parámetros	Norma	Método	Unidades
Calcio	Instrumental	Espectrometría de AA	mg/kg
Hierro	Instrumental	Espectrometría de AA	mg/kg
Magnesio	Instrumental	Espectrometría de AA	mg/kg
Potasio	Instrumental	Espectrometría de AA	mg/kg
Sodio	Instrumental	Espectrometría de AA	mg/kg

Fuente: CEANID, 2020

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización del suero residual de yogurt griego y el agua potable

Para la caracterización del suero residual de yogurt griego y del agua potable, se toma en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos, análisis de micronutrientes y microbiológicos.

4.1.2 Parámetros del análisis fisicoquímico del suero residual de yogurt griego

La tabla 4.1, muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del suero residual de yogurt griego (Anexo A) que fueron realizadas en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímicos del suero residual de yogurt griego

Parámetros	Cantidad	Unidad
Acidez	0,54	%
Cenizas	0,72	%
Cloruro de sodio	0,17	%
Densidad relativa	1,03	-
Grasa	1,00	%
Hidratos de carbono	4,42	%
Índice de solubilidad	No aplica	ml
pH	4.50	-
Proteína total	0,34	%
Rancidez	Negativo	pos/neg
Sólidos solubles	6,65	°Brix
Sólidos no grasos	5,48	%
Sólidos totales	6,48	%
Vitamina A	8,60	UI/100 g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.1, se observa que el suero residual de yogurt griego contiene una acidez de 0,54 % (ácido láctico), cenizas 0,72%, cloruro de sodio 0,17 %, densidad relativa (20°C) 1,0272, grasa 1 %, hidratos de carbono 4,42%, pH de 4.50 y proteína 0,34%.

4.1.3 Parámetros del análisis microbiológico del suero residual de yogurt griego

La tabla 4.2, muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego (Anexo A) realizados en el Centro de Análisis Investigación

y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.2

Análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego

Parámetros	Unidades	Cantidad
Bacterias mesófilas aerobias	UFC/(g/ml)	$< 1,0 \times 10^1$
Coliformes totales	UFC/(g/ml)	$< 1,0 \times 10^1$
Coliformes fecales	UFC/(g/ml)	$< 1,0 \times 10^1$
Escherichia coli	UFC/(g/ml)	$< 1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/(g/ml)	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonella	P/A en 25 g	Ausencia
Staphilococcus aereus	UFC/(g/ml)	$< 1,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.2, se observa en el suero residual de yogurt griego la presencia microbiológica de $< 1,0 \times 10^1$ bacterias mesófilas aerobias, $< 1,0 \times 10^1$ coliformes totales, $< 1,0 \times 10^1$ coliformes fecales, $< 1,0 \times 10^1$ escherichia coli, $< 1,0 \times 10^1$ mohos y levaduras, ausencia de salmonella y $< 1,0 \times 10^1$ staphilococcus aereus.

4.1.4 Parámetros del análisis de fisicoquímicos del agua potable

La tabla 4.3, muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del agua potable (Anexo A) que se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.3

Parámetros del análisis fisicoquímico del agua potable

Parámetros	Resultados	Límites permisibles		Unidad
		Mínimo	Máximo	
Cloro residual	n.d.	0,2	1,5	mg/l
Conductividad eléctrica	15,95	-	1500	uS/cm
pH	6,37	6,5	9,5	mg/l
Turbiedad	0,96	-	5	mg/l

Fuente: CEANID, 2021

La tabla 4.3, muestra los parámetros fisicoquímicos del agua potable es no detectado cloro residual, 15,95 uS/m conductividad eléctrica, 6,37 de pH, 0,96 UNT en turbiedad.

4.1.5 Parámetros del análisis microbiológico del agua potable

La tabla 4.4, muestra el resultado obtenido del análisis microbiológico del agua potable (Anexo A.2) realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.4

Análisis microbiológicos del agua potable

Parámetros	Cantidad	Unidad
Coliformes termorresistentes	<1	UFC/100ml

Fuente: CEANID, 2021

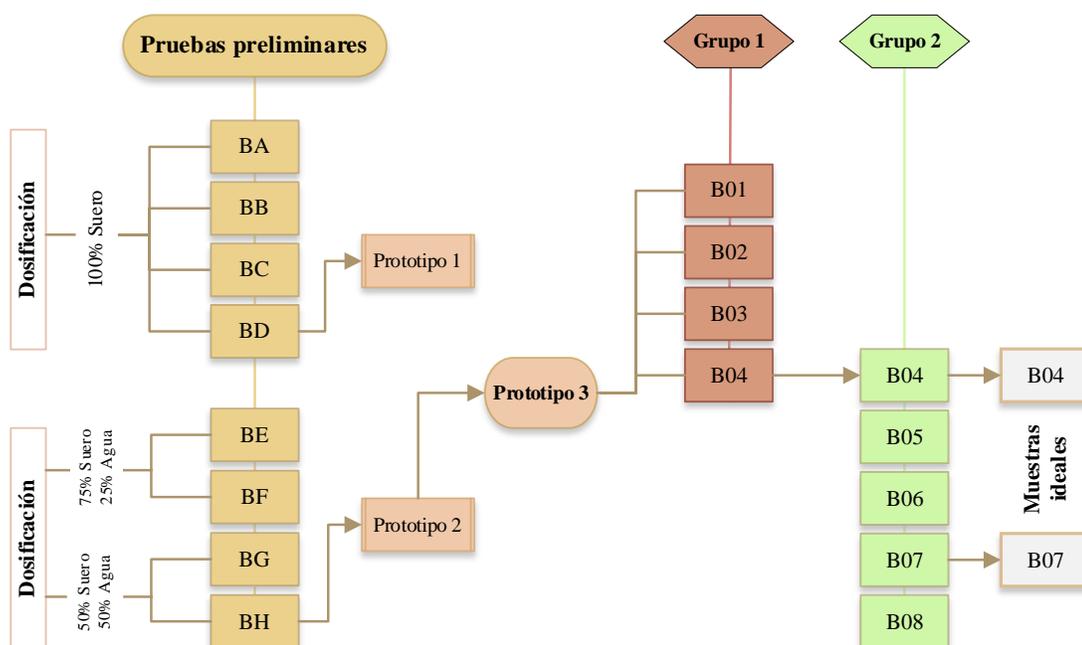
En la tabla 4.4 no se observa desarrollo de colonias coliformes termorresistentes en el agua potable, que es <1 UFC/100ml

4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

Para la caracterización de las variables del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego se toma en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Pruebas experimentales para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

Con el propósito de obtener una metodología inicial en la elaboración de bebida isotónica se elabora de forma experimental ocho muestras a partir de suero residual de yogurt griego. La figura 4.1, muestra la elaboración de cuatro pruebas preliminares dosificadas con 100% suero residual de yogurt griego y cuatro pruebas preliminares incorporando agua; dos pruebas con 25% de agua y 75% de suero y dos pruebas con 50% de agua y 50% de suero. A partir de las pruebas preliminares, se realiza una preselección de muestra (prototipo 1 y prototipo 2) por lo cual se obtuvo una muestra prototipo 3, el cual contenía 50% agua y 50% suero. A partir de esta muestra prototipo 3, se obtiene cuatro muestras (Grupo 1) y cuatro muestras (Grupo 2); con la finalidad de seleccionar dos muestras ideales para la elaboración de bebida isotónica con dos sabores diferentes como ser frutilla (B04) y limón (B07).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1 Pruebas experimentales para la elaboración de bebida isotónica

4.2.2 Variación de la dosificación de materia prima, insumo y reactivos grado alimenticio en las pruebas preliminares en la elaboración de bebida isotónica

Para la dosificación de los reactivos en grado alimenticio, se tuvo en cuenta las cantidades recomendadas que son descriptas en la tabla 4.5, utilizadas para las ocho pruebas preliminares.

Tabla 4.5

Dosificación de reactivos grado alimenticio en pruebas preliminares

Reactivo alimenticio	Cantidad recomendada	Fuente
Cloruro de sodio	500 mg/kg	OMS, 2004
Sulfato de magnesio	100 mg/kg	FAO, 2012
Fosfato tricálcico	1500 mg/kg	FAO, 2012
Citrato de sodio	200 mg/kg	Esenciales, 2020

Fuente: Elaboración propia

Tomado en cuenta las dosificaciones descriptas en la tabla 4.6 de los reactivos en grado alimenticio, se elaboran las ocho pruebas preliminares que se describen en la tabla 4.6.

Tabla 4.6
Variación en la dosificación de materia prima, insumos y reactivos grado alimenticio para pruebas preliminares

Pruebas	Materia prima		Insumo	Reactivos grado alimenticio				
	Suero residual (%)	Agua (%)	Sacarosa (%)	Ácido cítrico (%)	Cloruro de sodio (%)	Sulfato magnesio (%)	Fosfato tricálcico (%)	Citrato de sodio (%)
BA	100	0	8,0	0,05	0,05	0,01	0,4	0,02
BB	100	0	8,0	0,05	0,03	0,01	0,4	0,02
BC	100	0	10,0	0,05	0,02	0,01	0,1	0,02
BD	100	0	9,0	0,05	0,03	0,01	0,1	0,02
BE	75	25	9,5	0,05	0,03	0,01	0,1	0,02
BF	75	25	9,0	0,05	0,03	0,01	0,1	0,02
BG	50	50	10,0	0,05	0,03	0,01	0,1	0,02
BH	50	50	8,0	0,05	0,03	0,01	0,1	0,02

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.6, las cuatro pruebas preliminares: prueba BA, prueba BB, prueba BC y prueba BD, fueron elaboradas con 100% de suero residual de yogurt griego. Para las pruebas: (prueba BE y prueba BF) dosificado con 25% agua y 75% suero y las pruebas: (prueba BG y prueba BH) fue dosificado con 50% agua y 50% suero.

Por pandemia (Covid-19), no se realizó una evaluación sensorial, por lo tanto, las pruebas fueron valoradas a nivel experimental en forma objetiva de acuerdo a las características según las dosificaciones de las pruebas (BA, BB, BC y BD) descritas en la figura C.1 (Anexo C) y las pruebas (BE, BF, BG y BH) descritas en la figura C.2 (Anexo C). En tal sentido, se obtuvieron dos muestras (prueba BD y prueba BH) que fueron tomadas en cuenta para las pruebas prototipos.

4.2.3 Pruebas prototipo para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

A partir de las pruebas preliminares realizadas y de acuerdo a la dosificación (tabla 4.6) que fue con 100% suero de la prueba elegida (BD) de donde se obtiene una prueba prototipo 1; y otra prueba prototipo 2 con dosificación de 50% suero y 50% agua con las dosificaciones en porcentaje detalladas en la tabla 4.7.

Tabla 4.7***Pruebas prototipos de bebida isotónica con suero residual de yogurt griego***

Prototipo 1: 100% suero		Prototipo 2: 50% suero y 50% agua	
Suero residual	100	Suero residual	50
Agua	0,00	Agua	50
Sacarosa	9,00	Sacarosa	8,00
Ácido cítrico	0,05	Ácido cítrico	0,05
Cloruro de sodio	0,03	Cloruro de sodio	0,03
Sulfato de magnesio	0,01	Sulfato de magnesio	0,01
Fosfato tricálcico	0,01	Fosfato tricálcico	0,01
Citrato de sodio	0,02	Citrato de sodio	0,02
Condiciones de pasteurización: T: 70-75°C; t: 30 min.			

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas prototipo detalladas en la tabla 4.7, fueron valoradas nivel experimental en forma objetiva, por el personal del Taller de Alimentos y por la ausencia de jueces no entrenados por pandemia (Covid-19), no se realizó una evaluación sensorial. En tal sentido, se obtuvieron dos muestras según se describe en la figura C.3 (Anexo C)

De acuerdo a las características de sabor en las muestras valoradas, resaltó el sabor del suero con un 100% en la dosificación de la muestra prototipo 1, comparado con la muestra prototipo 2 que es de 50% suero y 50% agua en su dosificación, con el fin de disminuir el sabor característico del suero y además dar una sensación refrescante; la cantidad sacarosa entre (9-8%) tiene la finalidad de reducir la presencia de sales, por lo tanto, la muestra preferida fue la muestra prototipo 2, luego codificada como muestra prototipo 3.

4.2.4 Variación de la dosificación de reactivos en grado alimenticio en la muestra prototipo 3

En la variación de la dosificación de insumos a partir de la muestra (prototipo 3); se sustituye la cantidad de cloruro de sodio, fosfato tricálcico, citrato de sodio; porque en el mercado local no se contaba con ninguna sal inorgánica que contenga potasio, por lo tanto, se decide cambiar por otro reactivo (Mix de sales), que es una mezcla en polvo a base de minerales de grado alimenticio destinado para el uso en bebidas isotónicas cuenta con cloruro de sodio, citrato de sodio, fosfato monopotásico, detallado en la tabla 4.8, en base a su ficha técnica del mix de sales que se encuentra en el (Anexo H).

Tabla 4.8
Componentes de mix de sales

Nutrientes	Especificación	Unidad
Sodio	450	mg
Cloruros	420	mg
Potasio	120	mg

Fuente: Forti Solutions, 2018

Se toma en cuenta las dosificaciones adecuadas de sales minerales de acuerdo a la Legislación española (Real Decreto 1444/2000) para actividad física realizada por deportistas, (Anexo H) detallado en la tabla 4.9.

Tabla 4.9

Requisitos para la bebida hidratante para deportistas

Requisitos	Límite mínimo	Límite máximo	Unidad
Osmolaridad	200	300	mOsm/l
Hidratos de carbono	-	9	%
Sodio	460	1150	mg/l
Energía	80	350	kcal/l

Fuente: Legislación Española, 2000

Considerando los requisitos de la Legislación Española y los componentes del mix de sales, se puede observar que no contiene magnesio ni calcio para completar una bebida isotónica ideal. Por lo cual, se procede a calcular la dosificación de sales adicionales como sulfato de magnesio y cloruro de calcio.

4.2.4.1 Dosificación de sales minerales para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero ácido de yogurt griego

Las dosificaciones de sales, se calculan mediante estequiometría química de acuerdo a la cantidad de cada mineral que una persona deportista pierde durante la realización de actividades, desarrollado en el Anexo G.1 (Anexo G).

De acuerdo a las dosificaciones determinadas de sales y los componentes del mix sales, y al cálculo de osmolaridad (Anexo G.2), se realiza la formulación de la muestra (prototipo 3), donde las cantidades están expresadas en porcentaje de la dosificación final detallado en la tabla 4.10.

Tabla 4.10***Dosificación del prototipo 3 para elaborar bebida isotónica***

Componente	Cantidad	Unidad
Suero residual	50,00	%
Agua potable	50,00	%
Sacarosa	7,00	%
Ácido cítrico	0,03	%
Ácido ascórbico	0,01	%
Mix sales	0,04	%
Sulfato de magnesio	0,02	%
Cloruro de calcio	0,01	%

Fuente: Elaboración propia

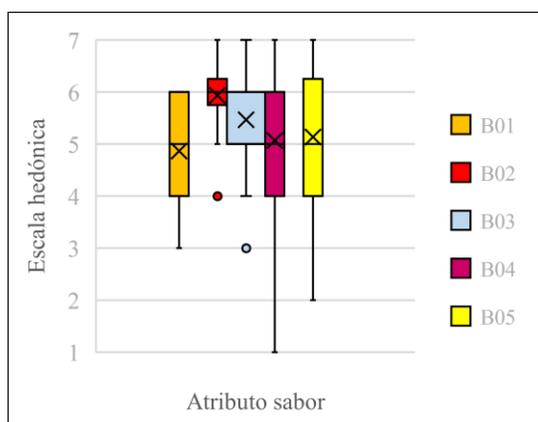
Según la tabla 4.10, se procede a revisar las muestras del grupo 1 y del grupo 2; para tal efecto, previamente se realiza la elección de una muestra patrón con la finalidad de establecer el tipo de sabor para el desarrollo de la bebida isotónica; ya que en el mercado local existen diferentes tipos de bebidas con distintos sabores.

4.2.5 Elección de muestra patrón de bebida isotónica

Al no existir en los supermercados de la ciudad de Tarija una bebida que incorpore suero residual de yogurt griego, se toma en cuenta bebida isotónica a partir de agua de la marca nacional Santé, tomando en cuenta la variedad de sus sabores. La elección de la muestra patrón, se realiza con el objetivo de poder determinar los parámetros de acidez y sabor para tener como referencia en la dosificación de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego. Los atributos evaluados son el sabor, acidez, salado, olor, astringencia y color; en cinco muestras codificadas como B01 sabor naranja, B02 sabor frutilla, B03 sabor frambuesa, B04 sabor uva, y B05 sabor manzana. para realizar el análisis estadístico para los atributos sensoriales mediante caja y bigote y Tukey.

4.2.5.1 Estadístico caja y bigote para los atributos sensoriales de la muestra patrón

Los resultados obtenidos de caja y bigote en cada atributo tomado en cuenta para la elección de muestra patrón son extraídos de datos del Anexo D.



Según datos extraídos de la (tabla D.3) para el atributo sabor, la mediana es 5,9 (muestra B02 sabor frutilla) que se encuentra en el tercer cuartil y el valor de 5,5 (muestra B03 sabor frambuesa) que está en el segundo cuartil, evidenciando que existe diferencia significativa entre las muestras analizadas $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Caja y bigote del atributo sabor de la muestra patrón

4.2.5.1.1 Estadístico de Tukey del atributo sabor para la muestra patrón

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo sabor para elegir la muestra patrón de datos extraídos de la tabla D.5 (Anexo D).

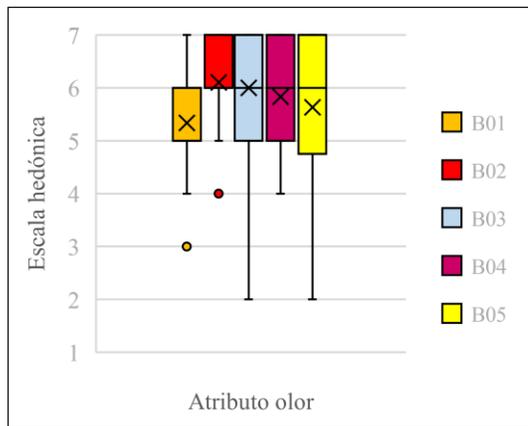
Tabla 4.11

Estadístico de Tukey para el atributo sabor de la muestra patrón

Tratamientos	Medias	Comparación de medias con D.M.S	Significancia
B02-B03	5,93-5,47=0,47	$0,47 < 0,791$	No hay diferencia
B02-B05	5,93-5,13=0,80	$0,80 > 0,791$	Si hay diferencia
B02-B04	5,93-5,07=0,86	$0,86 > 0,791$	Si hay diferencia
B02-B01	5,93-4,87=1,06	$1,06 > 0,791$	Si hay diferencia
B03-B05	5,47-5,13=0,34	$0,34 < 0,791$	No hay diferencia
B03-B04	5,47-5,07=0,40	$0,40 < 0,791$	No hay diferencia
B03-B01	5,47-4,87=0,60	$0,60 < 0,791$	No hay diferencia
B05-B04	5,13-5,07=0,06	$0,06 < 0,791$	No hay diferencia
B05-B01	5,13-4,87=0,26	$0,26 < 0,791$	No hay diferencia
B04-B01	5,07-4,87=0,20	$0,20 < 0,791$	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

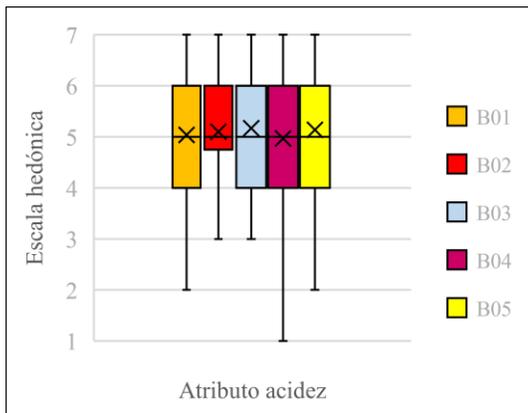
En la tabla 4.11, se puede observar que entre los tratamientos (B02-B05), (B02-B04) y (B02-B01), si existe diferencia significativa, es decir que las muestras relacionadas no son idénticas en alguna parte del proceso. Sin embargo, para el resto de los tratamientos no existe diferencias $p < 0,05$.



Según datos extraídos de la (tabla D.1) para el atributo olor, la mediana es 6,1 (muestra B02 sabor frutilla) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 6,0 (muestra B03 sabor frambuesa) que está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

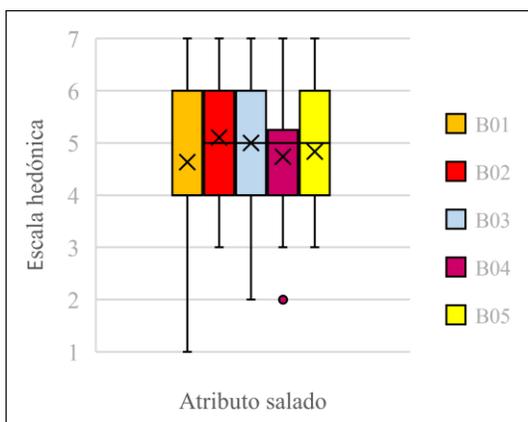
Figura 4.3 Caja y bigote del atributo olor de la muestra patrón



Según datos extraídos de la (tabla D.9) para el atributo acidez, la mediana es 5,2 (muestra B03 sabor frambuesa) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 5,1 (muestra B05 sabor manzana) que está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

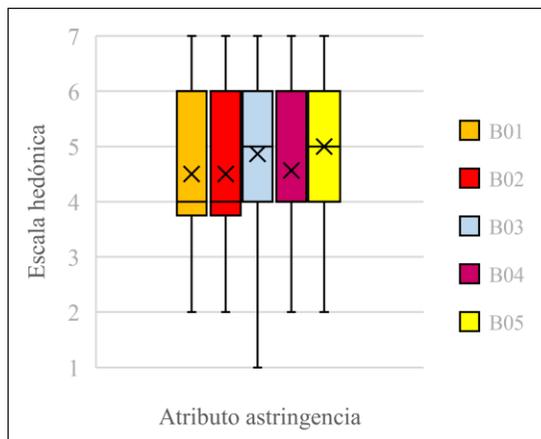
Figura 4.4 Caja y bigote del atributo acidez de la muestra patrón



Según datos extraídos de la (tabla D.13) para el atributo salado, la mediana es 5,1 (muestra B02 sabor frutilla) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 5,0 (muestra B03 sabor frambuesa) que está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

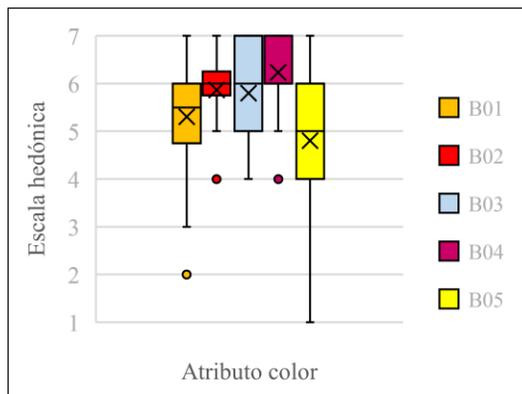
Figura 4.5 Caja y bigote del atributo salado de la muestra patrón



Según datos extraídos de la (tabla D.11) para el atributo astringencia la mediana es 5,2 (muestra B05 sabor manzana) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 4,8 (muestra B03 sabor frambuesa) que está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Caja y bigote del atributo astringencia de la muestra patrón



Según datos extraídos de la (tabla D.6) para el atributo color la mediana es 6,2 (muestra B04 sabor uva) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 5,8 (muestra B02 sabor frutilla) que está en el tercer cuartil, evidenciando que si existe diferencia significativa entre las muestras.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Caja y bigote del atributo color de la muestra patrón

4.2.5.2 Estadístico de Tukey del atributo color para la muestra patrón

En la tabla 4.12 se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo color para la muestra patrón. Los datos del ordenamiento de mayor a menor son extraídos de la tabla D.8 (Anexo D).

Tabla 4.12*Estadístico de Tukey para el atributo color de la muestra patrón*

Tratamientos	Medias	Comparación de medias con D.M.S	Significancia
B04-B02	6,23-5,87=0,37	0,37 < 0,847	No hay diferencia
B04-B03	6,23-5,80=0,43	0,43 < 0,847	No hay diferencia
B04-B01	6,23-5,30=0,93	0,93 > 0,847	Si hay diferencia
B04-B05	6,23-4,80=1,43	1,43 > 0,847	Si hay diferencia
B02-B03	5,87-5,80=0,07	0,07 < 0,847	No hay diferencia
B02-B01	5,87-5,30=0,57	0,57 < 0,847	No hay diferencia
B02-B05	5,87-4,80=1,07	1,07 > 0,847	Si hay diferencia
B03-B01	5,80-5,30=0,50	0,50 < 0,847	No hay diferencia
B03-B05	5,87-4,80=1,00	1,00 > 0,847	Si hay diferencia
B01-B05	5,30-4,80=0,50	0,50 < 0,847	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se puede observar que entre los tratamientos (B04-B01), (B04-B05), (B02-B05) y (B03-B05) si existe diferencia significativa, es decir que las muestras relacionadas no son idénticas en alguna parte del proceso. Sin embargo, para el resto de los tratamientos no existe diferencia significativa $p < 0,05$.

Realizada la valoración de la muestra patrón en función al atributo sabor, se pudo establecer que la muestra seleccionada (B02) que corresponde al sabor frutilla, además tiene una mayor aceptación en los atributos olor y salado.

4.2.6 Variación de la dosificación de saborizante frutilla a muestras del grupo 1

En base a la dosificación de la muestra prototipo 3, se procede a elaborar cuatro muestras para el (grupo 1) de bebida isotónica (muestra B01, muestra B02, muestra B03 y muestra B04) donde se realiza la variación del tipo de saborizante frutilla de cuatro marcas diferentes, como ser: (Solquifar, Saborea, Forti solutions y Sar-a) en distintos porcentajes que se detalla en la tabla 4.13; con la finalidad de elegir la mejor marca de saborizante frutilla para la elaboración de bebida isotónica.

Tabla 4.13*Variación de la dosificación de saborizante frutilla para muestras del grupo 1*

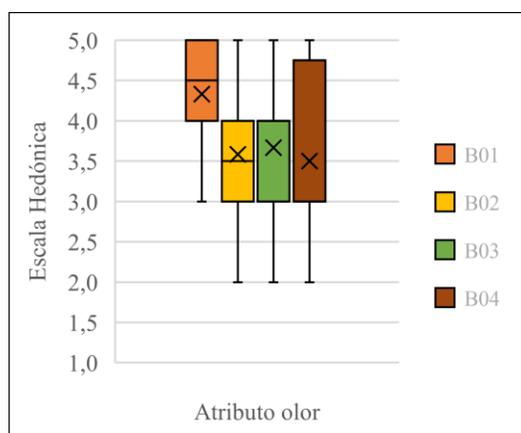
Muestras	Formulación					
	Saborizante	Cantidad (%)	Mix Sales (%)	Ácido cítrico (%)	Acido ascórbico (%)	Sacarosa (%)
B01	Solquifar	0,4	0,4	0,3	0,1	7,0
B02	Saborea	0,2	0,4	0,3	0,1	7,0
B03	Forti Solutions	0,3	0,4	0,3	0,1	7,0
B04	Sar-a	0,3	0,4	0,3	0,1	7,0

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de la tabla 4.13 son evaluadas sensorialmente por 12 jueces no entrenados del Laboratorio de Taller de Alimentos; aplicando el protocolo de bioseguridad por pandemia (Covid-19). Se tuvieron en cuenta los atributos sabor, olor, dulzor, acidez y color según la figura 3.8.

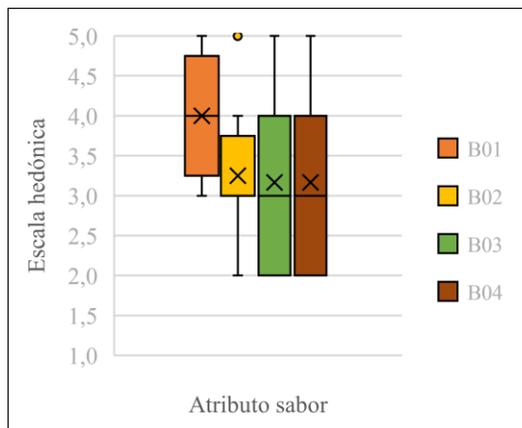
4.2.6.1 Estadístico caja y bigote en la dosificación de saborizante frutilla para muestras del grupo 1

De acuerdo a resultados del estadístico caja y bigote en el proceso de dosificación de saborizante frutilla, datos extraídos del Anexo D. para los atributos olor, sabor, acidez, dulzor y color:



Según datos extraídos de la (tabla D.15) para el atributo olor, la mediana es 4,3 (muestra B01 saborizante solquifar) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,7 (muestra B03 saborizante saborea) y está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

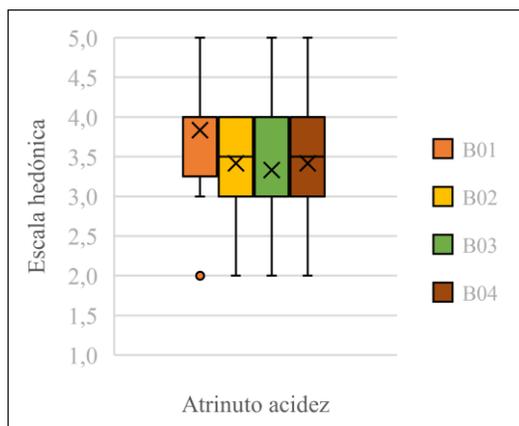
Fuente: Elaboración propia**Figura 4.8** Caja y bigote para el atributo olor de la muestra del grupo 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9 Caja y bigote para el atributo sabor de la muestra del grupo 1

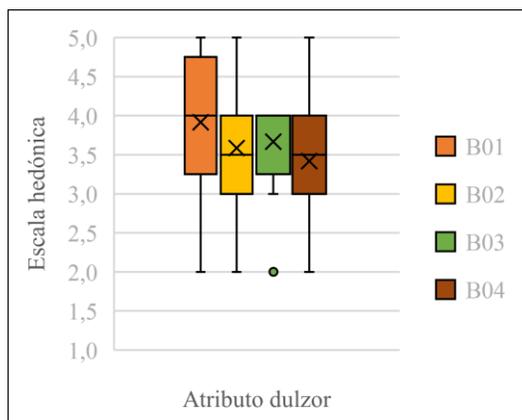
Según los datos de la (tabla D.17) para el atributo sabor, la mediana es 4,0 (muestra B01 saborizante solquifar) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,2 (muestra B03 saborizante saborea) y está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 Caja y bigote para el atributo acidez de la muestra del grupo 1

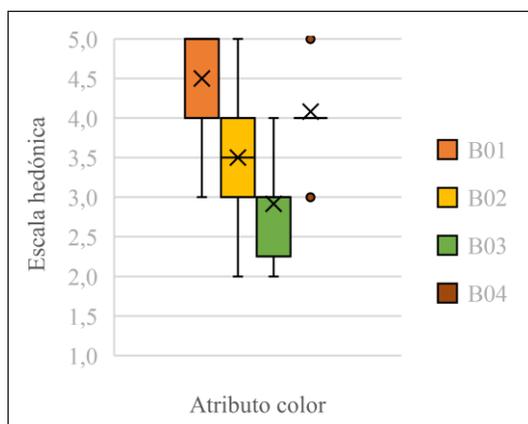
Según los datos de la (tabla D.19) para el atributo acidez, la mediana es 3,8 (muestra B01 saborizante solquifar) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,4 (muestra B03 saborizante saborea y muestra B04 forti solutions) y está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11 Caja y bigote para el atributo dulzor de la muestra del grupo 1

Según los datos de la (tabla D.21) para el atributo dulzor la mediana, es 3,9 (muestra B01 saborizante solquifar) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,6 (muestra B03 saborizante saborea) y está en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Según los datos de la (tabla D.23) para el atributo color, la mediana es 4,5 (muestra B01 saborizante solquifar) se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 4.1 (muestra B04 saborizante sar-a) y está en el tercer cuartil, evidenciando que si existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12 Caja y bigote para el atributo color de la muestra del grupo 1

4.2.6.2 Estadístico de Tukey para el atributo color de muestras del grupo 1

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo color para las muestras del grupo 1. Los datos del estadístico de Tukey son extraídos de la tabla D.25 (Anexo D).

Tabla 4.14

Estadístico de Tukey para el atributo color de pruebas del grupo 1

Tratamientos	Medias	Comparación de medias con D.M.S	Significancia
B01-B04	4,50-4,08=0,42	$0,42 < 0,754$	No significativo
B01-B02	4,50-3,50=1,00	$1,00 > 0,754$	Significativo
B01-B03	4,50-2,92=1,58	$1,58 > 0,754$	Significativo
B04-B02	4,08-3,50=1,58	$1,58 > 0,754$	Significativo
B04-B03	4,08-2,92=0,58	$0,58 < 0,754$	No significativo
B02-B03	3,50-2,92=1,17	$1,17 > 0,754$	Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se puede observar que entre los tratamientos (B01-B02), (B01-B03), (B04-B02), (B02-B03) si existe diferencia significativa entre las muestras es decir que las muestras relacionadas no son idénticas en alguna parte del proceso. Sin embargo, para los tratamientos (B01-B04) y (B04-B03) no existe diferencia significativa $p < 0,05$.

De acuerdo a los resultados de la prueba sensorial de la variación para el tipo de saborizante frutilla en las muestras del grupo 1, la muestra B01 (con 0,4% de

saborizante solquifar) es la muestra seleccionada por los jueces para los atributos sabor, olor, acidez, dulzor, color.

4.2.7 Variación en la dosificación de saborizante de la muestra ideal para muestras del grupo 2

Con la finalidad de no condicionar a que los jueces prefieran solo un tipo de sabor de bebida isotónica; se realiza la variación en la dosificación de saborizante a partir de la muestra ideal (B01) para las muestras del grupo 2. En la cual, se utiliza: (B01 sabor frutilla, B05 sabor mora, B06 sabor zarzamora, B07 sabor limón y B08 sabor uva); según se detallada en la tabla 4.15, con el fin de seleccionar el sabor ideal para este tipo de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.

Tabla 4.15

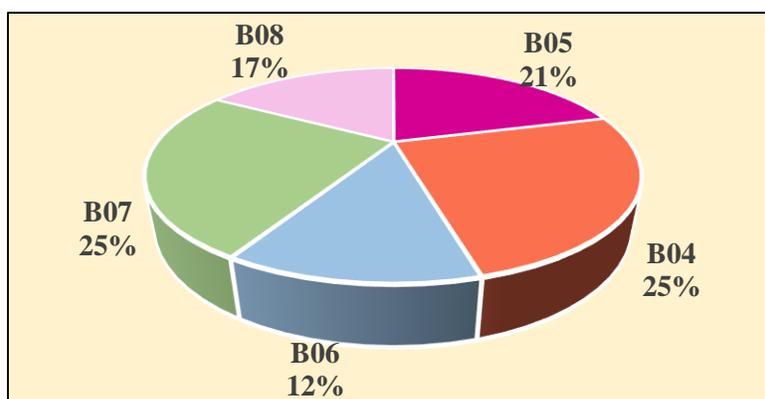
Variación de la dosificación de saborizante para muestras del grupo 2

Muestras	Sabor	Formulación				
		Cantidad (%)	Sales (%)	Ácido cítrico (%)	Acido ascórbico (%)	Sacarosa (%)
B04	Frutilla	0,4	0,4	0,3	0,1	9,0
B05	Mora	0,2	0,4	0,3	0,1	9,0
B06	Zarzamora	0,2	0,4	0,3	0,1	9,0
B07	Limón	0,5	0,4	0,3	0,1	9,0
B08	Uva	0,4	0,4	0,3	0,1	9,0

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de la tabla 4.15 fueron evaluadas por 12 jueces no entrenados en el Laboratorio de evaluación sensorial de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, aplicando el protocolo de bioseguridad por pandemia (Covid-19), para el atributo sabor de acuerdo al saborizante utilizado para esta prueba, según la figura 3.8.

En la figura 4.13, se observan la distribución porcentual (los datos son extraídos de la tabla C.1 del Anexo C) de la evaluación sensorial realizada para elección del atributo sabor de la bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13 Distribución porcentual para el atributo sabor para muestras del grupo 2

De acuerdo a la figura 4.13, indica la distribución porcentual de la muestra B04 y muestra B07 representa el 25% de cada muestra, seguida de la muestra B05 con un 21%, para la muestra (B08) representando el 17% y por último la muestra B06 con un porcentaje del 12%. Siendo elegidas las muestras (B04 sabor limón) y la muestra (B07 sabor limón) como muestras ideales para la elaboración de bebida isotónica.

4.3 Diseño factorial 3^2 para el proceso de dosificación de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

En base a la formulación de la muestra ideal (prototipo 3) se hizo variar el tipo de azúcar; con el fin de obtener un producto más saludable para deportistas, cambiando sacarosa por fructosa según se detalla en la tabla 4.16.

Tabla 4.16

<i>Dosificación de la muestra experimental de bebida isotónica</i>		
Componente	Cantidad	Unidad
Suero residual	50,00	%
Agua potable	50,00	%
Fructosa	4,00	%
Ácido cítrico	0,03	%
Ácido ascórbico	0,01	%
Mix sales	0,04	%
Sulfato de magnesio	0,02	%
Cloruro de calcio	0,01	%

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el diseño factorial 3^2 en el proceso de dosificación de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se toma en cuenta la muestra ideal (muestra B04 sabor frutilla y muestra B07 sabor limón); con el nivel de variación de los factores detallada en la tabla 3.18 para la variable respuesta acidez y pH.

4.3.1 Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla

En la tabla 4.17, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla, extraído de la tabla F.5 (Anexo F).

Tabla 4.17

Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
A_L	$8,3 \times 10^{-8}$	1	$8,33 \times 10^{-8}$	$7,6 \times 10^{-5}$	4,26
B_L	2×10^{-3}	1	2×10^{-3}	1,82	4,26
A^2	$2,7 \times 10^{-5}$	1	$2,7 \times 10^{-5}$	0,03	4,26
B^2	8×10^{-4}	1	8×10^{-4}	0,73	4,26
$A_L B_L$	3×10^{-4}	1	3×10^{-4}	0,28	4,26
$A^2 B_L$	7×10^{-5}	1	7×10^{-5}	0,07	4,26
$A_L B^2$	4×10^{-4}	1	4×10^{-4}	0,36	4,26
$A^2 B^2$	$5,2 \times 10^{-5}$	1	$5,2 \times 10^{-5}$	0,05	4,26
Error	0,01	9	$1,1 \times 10^{-3}$	-	-
Total	7×10^{-3}	17	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se observa el análisis de varianza de la variable respuesta pH, donde se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los factores en el proceso de dosificación; ya que $F_{cal} < F_{tab}$ para los niveles de significancia $p < 0,05$.

En base a la variable respuesta del pH, el porcentaje de suero residual y fructosa no influye de manera significativa en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla, a partir de suero residual de yogurt griego.

4.3.2 Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla

En la tabla 4.18, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta acidez (porcentaje de ácido láctico) en el proceso de dosificación de bebida isotónica sabor frutilla extraído de la tabla F.8 (Anexo F)

Tabla 4.18

Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fo	Valor-p
A_L	0,02	1	0,02	0,20	4,26
B_L	$2,6 \times 10^{-3}$	1	$2,6 \times 10^{-3}$	0,02	4,26
A^2	5×10^{-4}	1	5×10^{-4}	$4,4 \times 10^{-3}$	4,26
B^2	$1,5 \times 10^{-3}$	1	$1,5 \times 10^{-3}$	0,01	4,26
$A_L B_L$	1×10^{-4}	1	1×10^{-4}	9×10^{-4}	4,26
$A^2 B_L$	$6,7 \times 10^{-7}$	1	$6,7 \times 10^{-7}$	$5,9 \times 10^{-6}$	4,26
$A_L B^2$	$1,9 \times 10^{-3}$	1	$1,9 \times 10^{-3}$	0,02	4,26
$A^2 B^2$	6×10^{-4}	1	6×10^{-4}	0,01	4,26
Error	1,02	9	0,13	-	-
Total	3,15	17	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se observa el análisis de varianza de la variable respuesta acidez, donde se puede evidenciar que no existe diferencia significativa de los factores en el proceso de dosificación; ya que $F_{cal} < F_{tab}$ para los niveles de significancia $p < 0,05$

En base a la variable respuesta acidez, porcentaje de suero residual y fructosa no influye de manera significativa en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla, a partir de suero residual de yogurt griego.

4.3.3 Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón

En la tabla 4.19, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón y extraído de la tabla F.11 (Anexo F)

Tabla 4.19*Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación*

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fo	Valor - p	Significancia
A_L	$4,8 \times 10^{-5}$	1	$4,8 \times 10^{-5}$	0,04	4,26	No
B_L	$1,3 \times 10^{-4}$	1	$1,3 \times 10^{-4}$	0,12	4,26	No
A^2	$2,5 \times 10^{-3}$	1	$2,5 \times 10^{-3}$	2,27	4,26	No
B^2	$2,5 \times 10^{-5}$	1	$2,5 \times 10^{-5}$	2,27	4,26	No
$A_L B_L$	$7,8 \times 10^{-5}$	1	$7,8 \times 10^{-5}$	0,07	4,26	No
$A^2 B_L$	$2,1 \times 10^{-3}$	1	$2,1 \times 10^{-3}$	1,88	4,26	No
$A_L B^2$	$6,3 \times 10^{-5}$	1	$6,3 \times 10^{-5}$	0,06	4,26	No
$A^2 B^2$	$9,1 \times 10^{-5}$	1	$9,1 \times 10^{-5}$	0,08	4,26	No
Error	0,01	9	$1,1 \times 10^{-3}$	-	-	-
Total	0,01	17	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se observa el análisis de varianza de la variable respuesta pH, donde se puede evidenciar que no existe diferencia significativa de los factores en el proceso de dosificación, ya que $F_{cal} < F_{tab}$; para los niveles de significancia $p < 0,05$.

En base a la variable respuesta del pH, el porcentaje de suero residual y fructosa no influye de manera significativa en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón, a partir de suero residual de yogurt griego.

4.3.4 Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón

En la tabla 4.20, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta acidez (porcentaje en ácido láctico) en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón extraído de la tabla F.14 (Anexo F)

Tabla 4.20**Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación**

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fo	Valor-p
A_L	$6,8 \times 10^{-3}$	1	$6,8 \times 10^{-3}$	0,04	4,26
B_L	$1,6 \times 10^{-3}$	1	$1,6 \times 10^{-3}$	0,01	4,26
A^2	9×10^{-5}	1	9×10^{-5}	6×10^{-4}	4,26
B^2	9×10^{-5}	1	9×10^{-5}	6×10^{-4}	4,26
$A_L B_L$	$1,8 \times 10^{-3}$	1	$1,8 \times 10^{-3}$	0,01	4,26
$A^2 B_L$	$5,1 \times 10^{-6}$	1	$5,1 \times 10^{-6}$	$3,2 \times 10^{-6}$	4,26
$A_L B^2$	5×10^{-4}	1	5×10^{-4}	$3,2 \times 10^{-3}$	4,26
$A^2 B^2$	3×10^{-4}	1	3×10^{-4}	$1,9 \times 10^{-3}$	4,26
Error	1,42	9	0,16	-	-
Total	1,43	17	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, se observa el análisis de varianza de la variable respuesta acidez, donde se puede evidenciar que no existe diferencia significativa de los factores en la dosificación; ya que $F_{cal} < F_{tab}$ para los niveles de significancia $p < 0,05$.

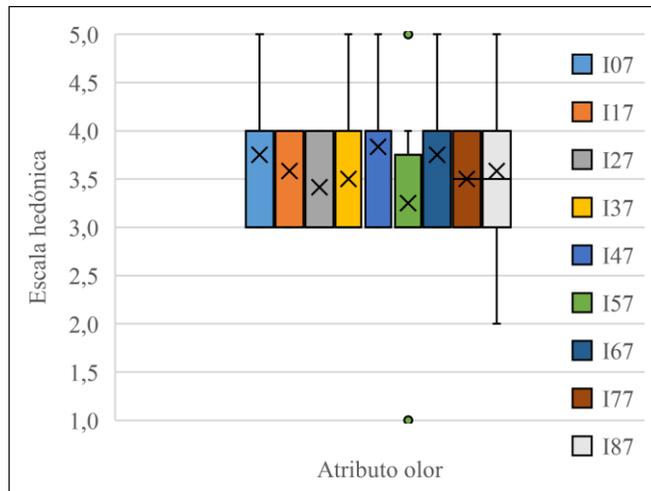
En base a la variable respuesta de la acidez el porcentaje de suero residual y fructosa no influye de manera significativa en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón, a partir de suero residual de yogurt griego.

4.3.5 Evaluación sensorial para caracterizar las variables de diseño experimental de la bebida isotónica

Con el fin de determinar una muestra experimental en base a la formulación para el diseño experimental, los nueve tratamientos fueron evaluados sensorialmente por 12 jueces no entrenados del Laboratorio de Taller de Alimentos; aplicando el protocolo de bioseguridad por pandemia (Covid-19). Se tuvieron en cuenta el estadístico para los atributos sabor, olor, dulzor, acidez y color, según la figura 3.8.

4.3.5.1 Estadístico caja y bigote del diseño experimental sobre la muestra experimental sabor frutilla

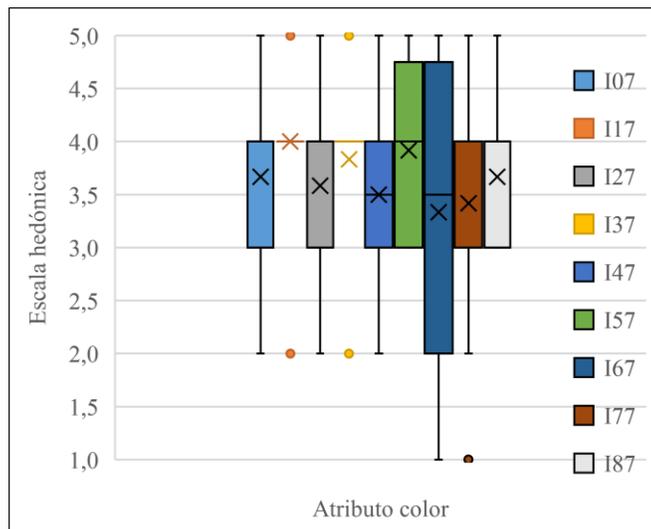
De acuerdo a los resultados del estadístico caja y bigote en el proceso de dosificación sobre la muestra experimental para la bebida isotónica sabor frutilla; de datos extraídos del (Anexo F) para los atributos olor, color, sabor, acidez y dulzor.



Según los datos extraídos de la (tabla F.15) para el atributo olor, la mediana es 3,8 (muestra I47) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,7 (muestra I07), que se encuentra en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

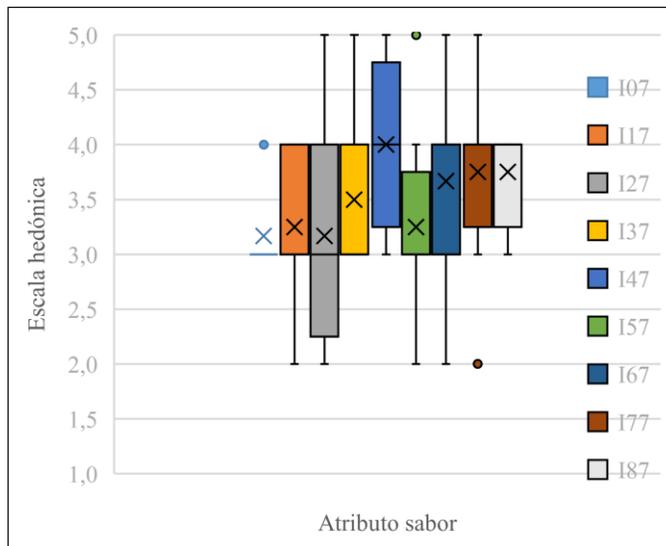
Figura 4.14 Caja y bigote para el atributo olor del diseño experimental sabor frutilla



Según los datos extraídos de la (tabla F.17) para el atributo color, la mediana es 4,0 (muestra I17) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,9 (muestra I57), que se encuentra en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

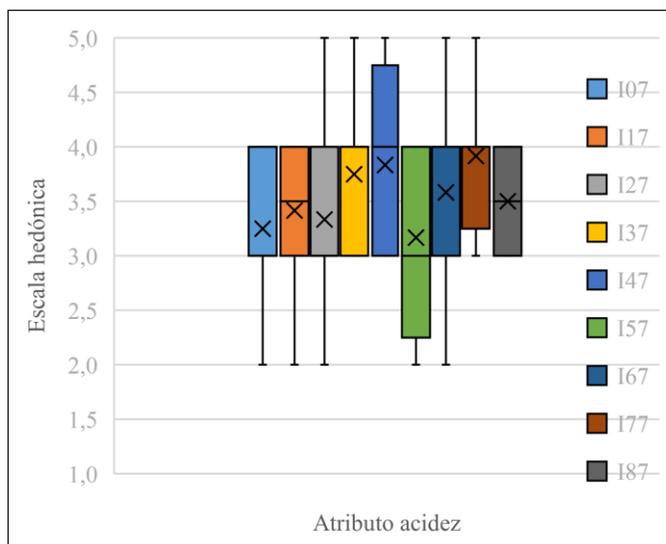
Figura 4.15 Caja y bigote para el atributo color del diseño experimental sabor frutilla



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Caja y bigote para el atributo sabor del diseño experimental sabor frutilla

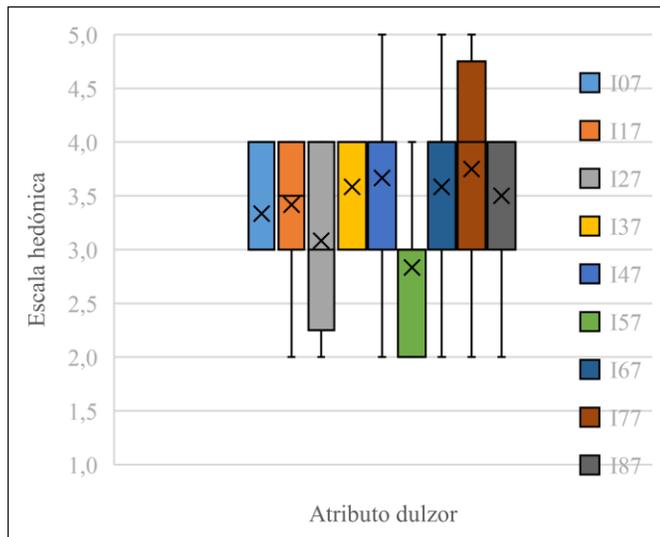
Según los datos extraídos de la (tabla F.19) para el atributo sabor, la mediana es 4,0 (muestra I47) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,7 (muestra I77 y muestra I87) que se encuentran en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17 Caja y bigote para el atributo acidez del diseño experimental sabor frutilla

Según los datos extraídos de la (tabla F.21) para el atributo acidez, la mediana es 3,9 (muestra I77) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,8 (muestra I47) que se encuentra en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Según los datos extraídos de la (tabla F.23) para el atributo dulzor, la mediana es 3,7 (muestra I77) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,6 (muestra I47) que se encuentra en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

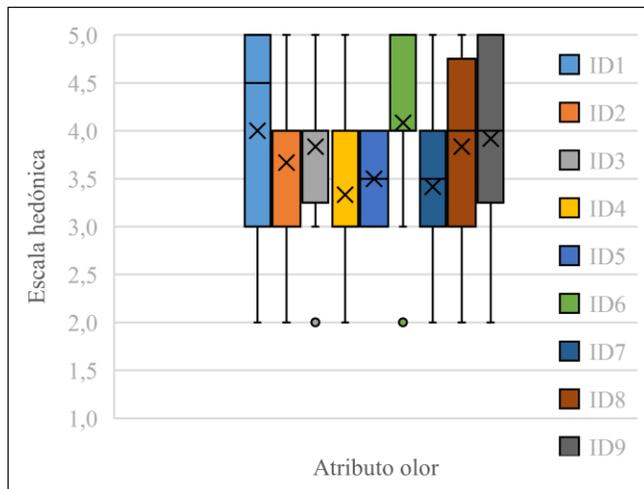
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18 Caja y bigote para el atributo dulzor del diseño experimental sabor frutilla

De acuerdo a los resultados del estadístico caja y bigote en el proceso de dosificación sobre la muestra experimental para la bebida isotónica sabor frutilla, la muestra experimental seleccionada por los jueces fue la (muestra experimental I77) para los atributos acidez y dulzor, con una composición del 55% suero con 45% agua y 4% de fructosa.

4.3.5.2 Estadístico caja y bigote del diseño experimental sobre la muestra sabor limón

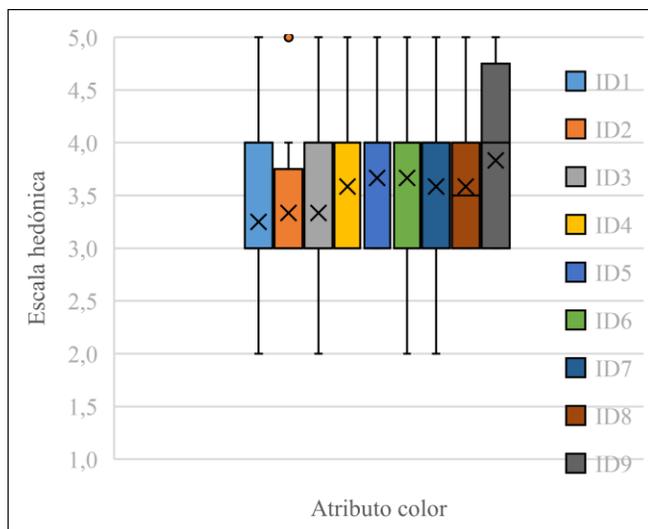
De acuerdo a los resultados del estadístico caja y bigote en el proceso de dosificación sobre la muestra experimental para la bebida isotónica sabor frutilla; datos extraídos del (Anexo F) para los atributos olor, color, sabor, acidez y dulzor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19 Caja y bigote para el atributo olor del diseño experimental sabor limón

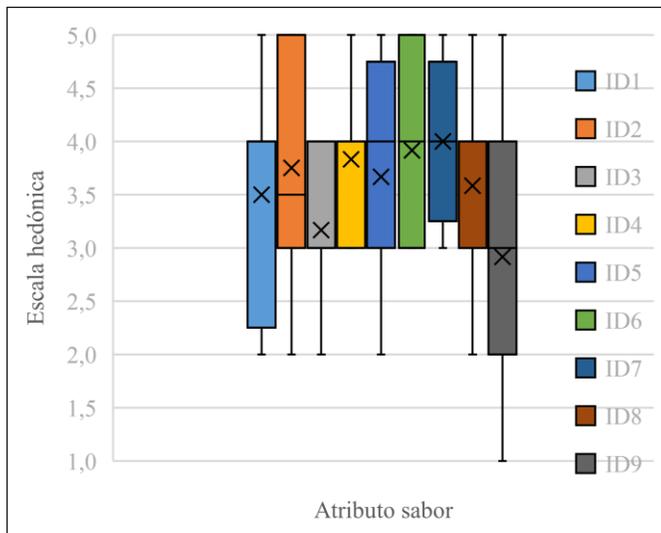
Según los datos extraídos de la (tabla F.25) para el atributo olor, la mediana es 4,1 (muestra ID6) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 4,0 (muestra ID5), que se encuentra en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20 Caja y bigote para el atributo color del diseño experimental sabor limón

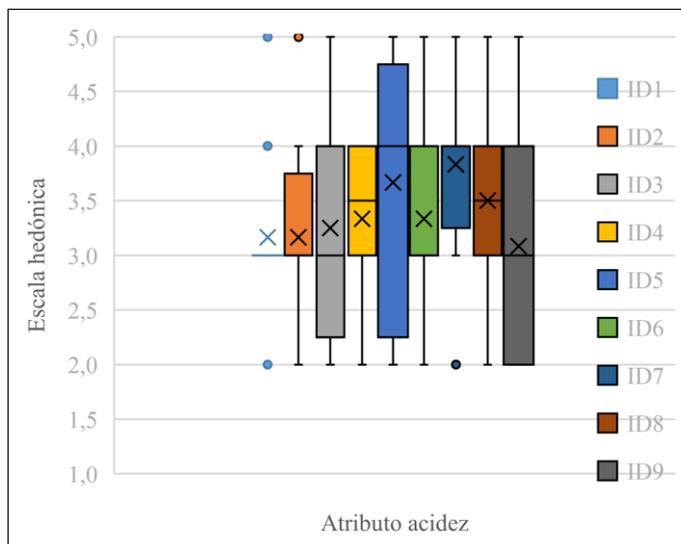
Según los datos extraídos de la (tabla F.27) para el atributo color, la mediana es 3,9 (muestra ID9) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,6 (muestra ID5 y muestra ID6) que se encuentran en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.



Según los datos extraídos de la (tabla F.29) para el atributo sabor, la mediana es 4,0 (muestra ID7) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,9 (muestra ID6) que se encuentra en el segundo cuartil; evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

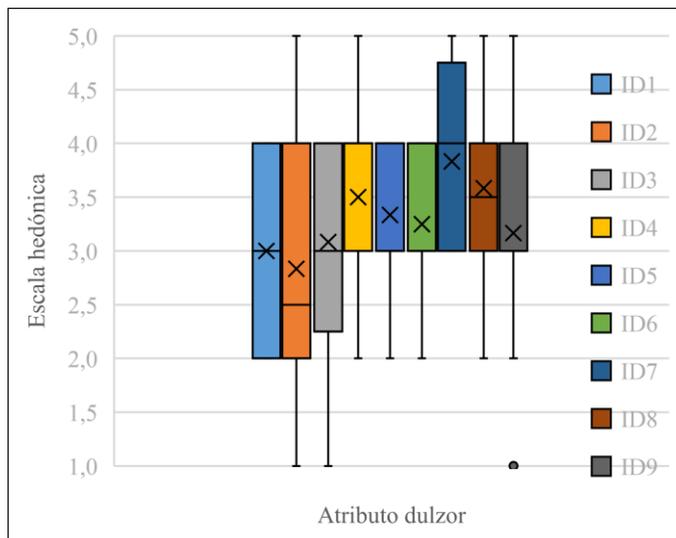
Figura 4.21 Caja y bigote para el atributo sabor del diseño experimental sabor limón



Según los datos extraídos de la (tabla F.31) para el atributo acidez, la mediana es 3,8 (muestra ID7) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,6 (muestra ID5) se encuentra en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22 Caja y bigote para el atributo acidez del diseño experimental sabor limón



Según los datos extraídos de la (tabla F.33) para el atributo dulzor, la mediana es 3,8 (muestra ID7) y se encuentra en el segundo cuartil y el valor de 3,6 (muestra ID8) que se encuentra en el segundo cuartil, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23 Caja y bigote para el atributo dulzor del diseño experimental sabor limón

De acuerdo a los resultados del estadístico caja y bigote en el proceso de dosificación sobre la muestra experimental para la bebida isotónica sabor limón, la muestra experimental seleccionada por los jueces fue la (muestra experimental ID7) para los atributos sabor acidez y dulzor, con una composición de 50% suero con 50% agua y 4% de fructosa.

4.4 Control de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de dosificación para la bebida isotónica

Una vez definidas las variables en el proceso de dosificación; se realiza el control de los parámetros acidez y pH de la muestra ideal (B04 sabor frutilla) y una muestra experimental, elegida aleatoriamente (muestra I27, composición de 55% suero y 45% agua, sabor frutilla) de los ocho tratamientos del diseño factorial

4.4.1 Control de acidez del proceso de dosificación de bebida isotónica

En la tabla 4.21, se muestran los valores de control de acidez, expresada en porcentaje de ácido láctico durante el proceso de dosificación de dos muestras (muestra ideal B04) sabor frutilla y (muestra experimental I27).

Tabla 4.21*Control de acidez en la dosificación de insumos para bebida isotónica*

Tiempo	Acidez (%)	
	B04	I27
0	0,57	0,69
5	0,84	0,99
10	0,84	0,98
15	0,85	0,99
20	0,84	1,01
25	0,85	1,00
30	0,85	1,00
35	0,85	1,02
40	0,84	1,01

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.24, se observa la variación de acidez (expresada en porcentaje de ácido láctico) en función del tiempo, de elaboración de la muestra ideal (B04 sabor frutilla) y la muestra experimental (I27 sabor frutilla); en base a la tabla 4.21.

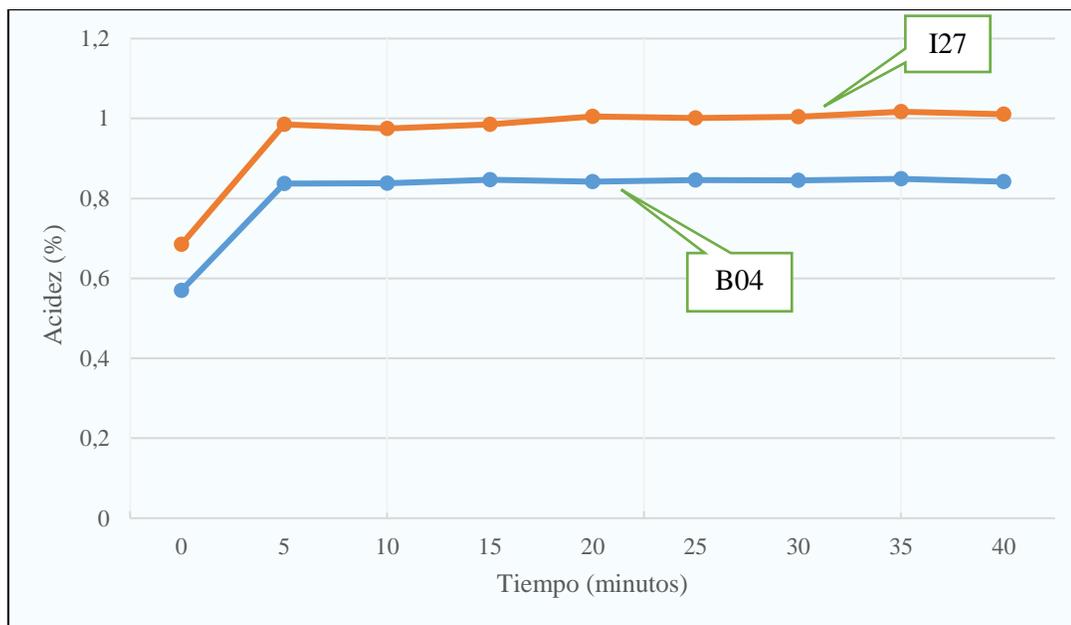
**Fuente:** Elaboración propia

Figura 4.24 Variación de acidez en función del tiempo en el proceso de dosificación de bebida isotónica.

En la figura 4.24, se observa la muestra B04 y la muestra I27, inicialmente a 0 min (0,57-0,69). Para el tiempo de 5 min la acidez presente en cada muestra aumenta debido

a la adición de reactivos reguladores de acidez; tiende a subir lentamente hasta estabilizarse en el tiempo final (0,84-1,01). Evidenciando que la variación de porcentaje de suero residual influye en la bebida isotónica porque la muestra I27 tiene un porcentaje de 55% de suero residual de yogurt griego a diferencia de la muestra B4 con 50% de suero residual de yogurt griego en su composición.

4.4.2 Control de pH durante el proceso de dosificación de bebida isotónica

En la tabla 4.22, se muestran los valores de control de pH durante el proceso de dosificación para la elaboración de bebida isotónica.

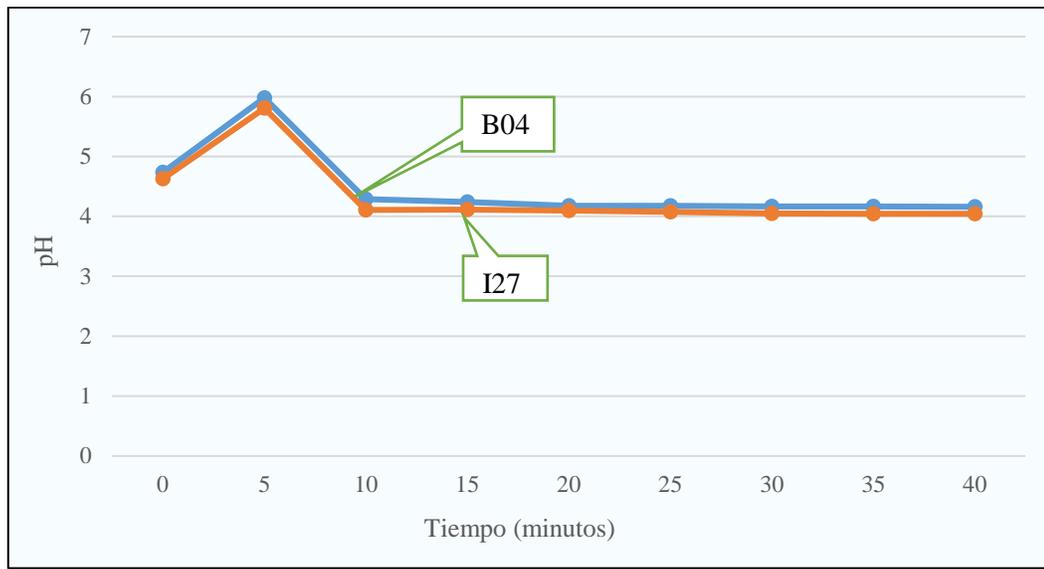
Tabla 4.22

Control de pH en la dosificación de insumos para bebida isotónica

Tiempo	pH	
	B04	I27
0	4,74	4,63
5	4,29	4,11
10	4,24	4,11
15	4,18	4,10
20	4,18	4,07
25	4,17	4,06
30	4,16	4,05
35	4,17	4,05
40	4,16	4,04

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.25, se observa la variación de pH en función del tiempo de elaboración de la muestra ideal (B04) y la muestra experimental (I27) de bebida isotónica; en base a los resultados de la tabla 4.22.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25 Variación de pH en función del tiempo en el proceso de dosificación para la bebida isotónica

En la figura 4.25, las muestras B04 y I27, inicialmente a 0 min y con un valor de pH entre (4,74-4,63). Para el tiempo de 5 min, el pH presente en cada muestra sube ya que es mezclada con agua lo que provoca que el pH aumente; pero al tiempo de 10 min el pH, baja debido a la adición de los reactivos (ácido cítrico, ácido ascórbico, mix de sales, sulfato de magnesio, cloruro de calcio). A partir de los 10 min, durante la pasteurización, el pH tiende a bajar lentamente hasta estabilizarse en el tiempo final (4,16-4,04); evidenciando que la variación de porcentaje de suero residual no influye considerablemente porque la muestra I27 tenía un porcentaje de 55% de suero residual de yogurt griego a diferencia de la muestra B04 con 50% de suero residual de yogurt griego en su composición.

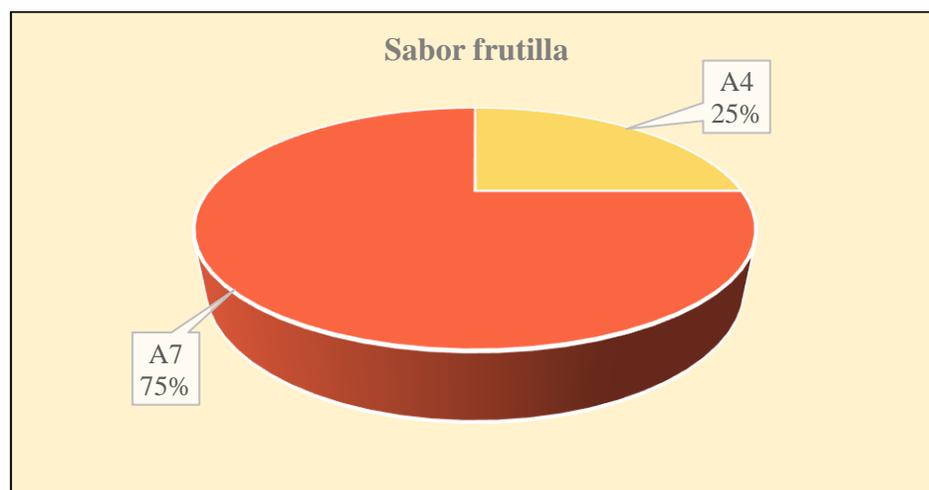
4.5 Evaluación sensorial para comparar muestra ideal y muestra experimental de bebida isotónica con la muestra patrón

Las pruebas fueron evaluadas sensorialmente por 12 jueces no entrenados en el Laboratorio de evaluación sensorial de la Carrera Ingeniería de Alimentos; aplicando el protocolo de bioseguridad por pandemia (Covid-19). Se toma en cuenta el atributo

acidez, según la figura 3.8; para comparar entre muestra ideal y muestra experimental de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, con la muestra patrón por una prueba sensorial Dúo-Trio (Anexo E)

4.5.1 Evaluación sensorial de comparación entre muestra ideal y muestra experimental sabor frutilla

En la figura 4.26, se muestran los resultados de la distribución porcentual de preferencia entre muestra ideal (A7) y muestra experimental (A4) de bebida isotónica sabor frutilla, de los datos extraídos de tabla E.2.1 (Anexo E); con la finalidad de evidenciar la preferencia mediante el atributo acidez entre las muestras a partir de suero residual en comparación con la muestra patrón.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26 Preferencia del atributo acidez de la muestra ideal y muestra experimental sabor frutilla.

En la figura 4.26, se puede observar que el 75% de los jueces tuvieron mayor preferencia por la muestra (A7) en relación a la muestra (A4) con el 25 %, por lo tanto, la muestra seleccionada por los jueces es la muestra ideal (A7), tomada como muestra ideal.

4.5.1.1 Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez de muestra ideal y experimental de bebida isotónica sabor frutilla

En la tabla 4.23, se muestran los resultados del análisis estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez de la muestra ideal (A7) y la muestra experimental (A4) comparados con la muestra patrón de datos extraídos del Anexo E.2

Tabla 4.23

Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez (sabor frutilla)

“T” calculada	“T” tabulada	Comparación	Significancia
1	1,80	$1 < 1,80$	No significativo

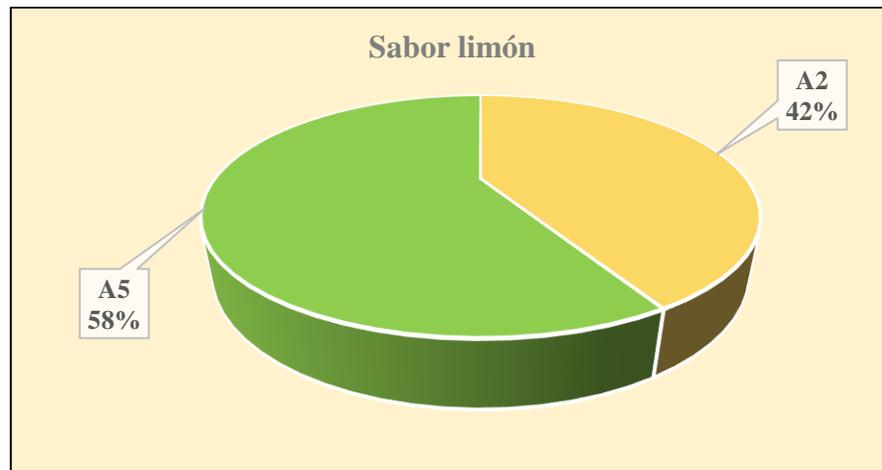
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se puede observar que para la categorización del atributo acidez en la muestra ideal (A7) y experimental (A4) donde ($T_{cal} = 1 < T_{tab} = 1,80$), por lo cual no existe diferencia significativa $p < 0,05$

De acuerdo a la preferencia de los jueces por la muestra ideal y muestra experimental de bebida isotónica sabor frutilla a partir de suero residual de yogurt griego; se observa que la muestra A7 (muestra ideal) tiene mayor aceptabilidad por los jueces con el 75%.

4.5.2 Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez entre muestra ideal y muestra experimental sabor limón

En la figura 4.27, se muestran los resultados de la distribución porcentual de preferencia entre muestra ideal (A5) y muestra experimental (A2) de bebida isotónica sabor limón de los datos extraídos de la tabla E.3.1 del (Anexo E); con la finalidad de evidenciar la preferencia mediante el atributo acidez entre las muestras a partir de suero residual en comparación con la muestra patrón.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27 Preferencia del atributo acidez de la muestra ideal y muestra experimental para el sabor limón.

En la figura 4.27, se puede observar que el 58% de los jueces tuvieron mayor preferencia por la muestra (A5) en relación a la muestra (A2) con el 42 %, por lo tanto, la muestra seleccionada por los jueces fue la muestra ideal (A5), tomada como muestra ideal.

4.5.2.1 Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez de muestra ideal y experimental de bebida isotónica sabor limón

En la tabla 4.24, se muestran los resultados del análisis estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez de la muestra ideal (A5) y la muestra experimental (A2) comparados con la muestra patrón de datos extraídos del (Anexo E.3).

Tabla 4.24

Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez (sabor limón)

“T” calculada	“T” tabulada	Comparación	Significancia
0,33	1,80	$0,33 < 1,80$	No significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.24, se puede observar que para la categorización del atributo acidez de la muestra ideal (A5) y experimental (A2) donde ($T_{cal} = 0,33 < T_{tab} = 1,80$), por lo cual no existe diferencia significativa $p < 0,05$. De acuerdo a la preferencia de los jueces por

la muestra ideal y muestra experimental de bebida isotónica sabor limón a partir de suero residual de yogurt griego; la muestra ideal (A5) tiene mayor aceptabilidad

4.6 Caracterización del producto final bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

Para la caracterización del producto bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se toma en cuenta los análisis fisicoquímicos, análisis de micronutrientes y análisis microbiológico de bebida isotónica.

4.6.1 Parámetros del análisis fisicoquímico del producto final

La tabla 4.25, muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del producto final (Anexo A), realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.25

<i>Análisis fisicoquímicos del producto final</i>		
Parámetros	Cantidad	Unidad
Acidez	0,77	%
Cenizas	0,85	%
Cloruro de sodio	4,24	%
Densidad relativa	1,05	-
Grasa	0,06	%
Hidratos de carbono	10,85	%
Índice de solubilidad	<0,50	ml
pH	4,02	-
Proteína total	0,49	%
Rancidez	Negativo	pos/neg
Sólidos solubles	11,40	°Brix
Sólidos no grasos	12,19	%
Sólidos totales	12,25	%
Vitamina A	<0,012	mg/100 g

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.25, se observa que la bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego contiene 0,77% de acidez (ácido láctico), 1,05 de densidad relativa (20°C), 0,06 de grasa, 4,02 de pH, 10,85% de hidratos de carbono, 0,49 de proteína total y 11,40 °Brix de sólidos solubles.

4.6.2 Parámetros del análisis microbiológico del producto final

La tabla 4.26, muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del producto final (Anexo A) realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.26

Análisis microbiológicos del producto final

Parámetros	Cantidad	Unidades
Bacterias mesófilas aerobias	$< 1,0 \times 10^1$	UFC/ml
Coliformes totales	$< 1,0 \times 10^1$	UFC/ml
Coliformes fecales	$< 1,0 \times 10^1$	UFC/ml
Escherichia coli	$< 1,0 \times 10^1$	UFC/ml)
Mohos y levaduras	$< 1,0 \times 10^1$	UFC/ml
Salmonella	Ausencia	P/A 25 ml
Staphilococcus aereus	$< 1,0 \times 10^1$	UFC/ml

Fuente: CEANID, 2021

Los análisis microbiológicos realizados al producto final descritos en la tabla 4.26, bacterias mesófilas aerobias $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, staphilococcus aereus $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml y ausencia de salmonella; no se observa desarrollo de colonias.

4.6.3 Parámetros del análisis de micronutrientes del producto final

La tabla 4.27, muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego (Anexo A) realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.27

Análisis de micronutrientes del producto final

Parámetros	Cantidad	Unidades
Calcio	790	mg/l
Sodio	968	mg/l
Potasio	1098	mg/l
Magnesio	77	mg/l
Hierro	$< 0,05$	mg/l

Fuente: CEANID, 2021

Para los análisis de micronutrientes del producto final, según la tabla 4.27, las cantidades presentes en la bebida isotónica es de 70 mg de calcio, 19,8 mg de sodio, 22,4 mg de potasio, 7,7 mg de magnesio y <0,05 mg de hierro.

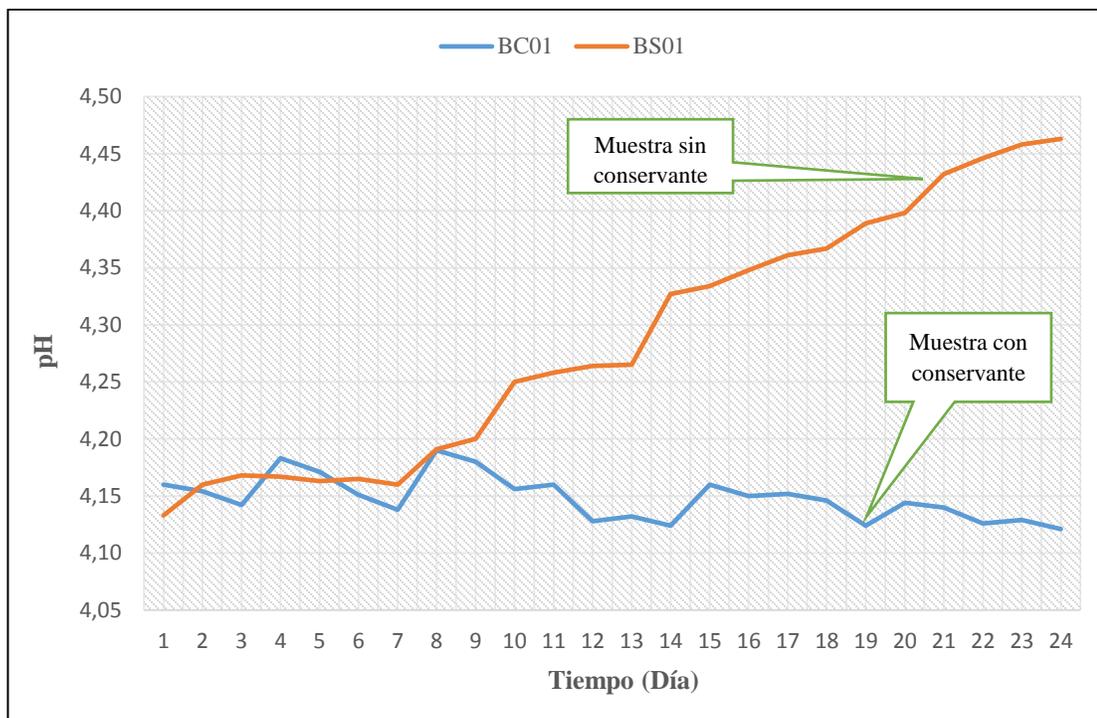
4.7 Control del parámetro pH durante el almacenamiento del producto final de bebida isotónica

Para el control del parámetro pH, se realiza durante el almacenamiento de 24 días de dos muestras de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego; con conservante (BC01) y sin conservante (BS01), con el fin de realizar un seguimiento de los parámetros del producto final durante su almacenamiento en refrigeración a temperatura de 4°C.

4.7.1 Control de pH durante el almacenamiento del producto final de la bebida isotónica

El control de pH durante el almacenamiento del producto final, se realiza en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos para comparar la muestra sin conservante (BS01) vs la muestra con conservante (BC01) durante 28 días de almacenamiento.

Los datos recolectados del control de pH se encuentran en la tabla G.3.1 (Anexo G.5); en la figura 4.18, donde se muestra la variación de pH durante los 28 días de almacenamiento de la muestra con conservante (BS01) y la muestra sin conservante (BC01) de la bebida isotónica.



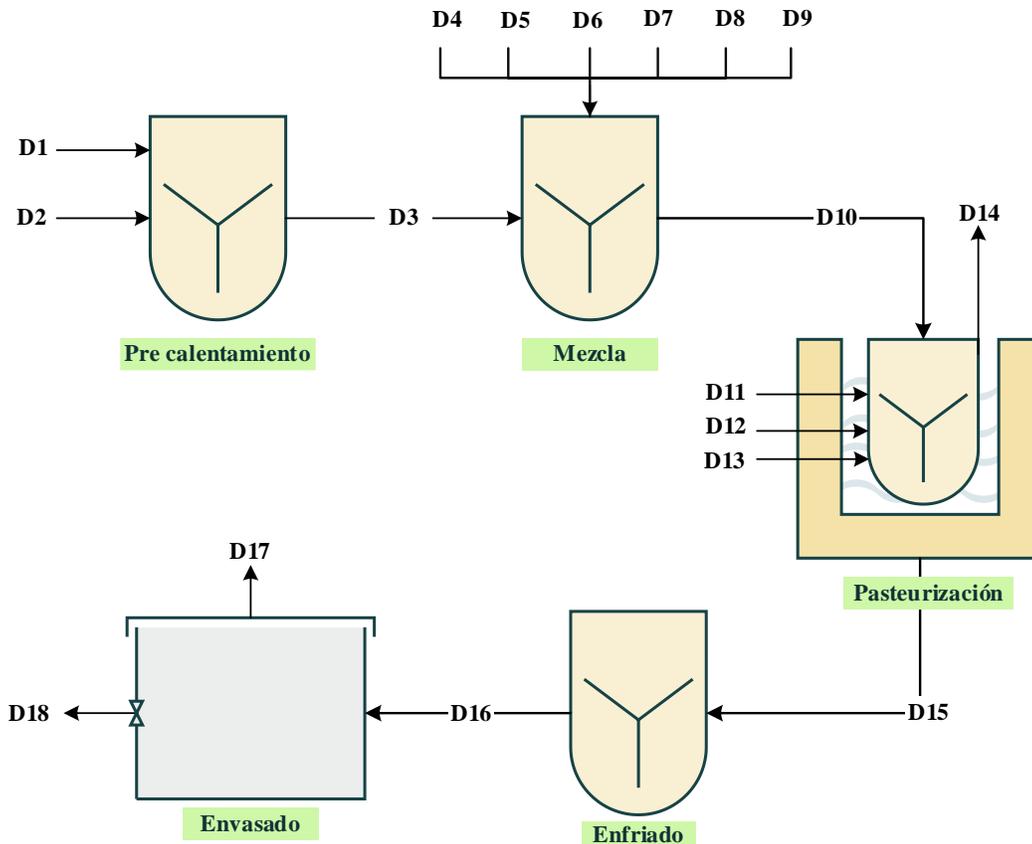
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28 Variación de pH en función del tiempo de almacenamiento de bebida isotónica con suero residual de yogurt griego

En la figura 4.28, se observa la variación de pH durante el tiempo de almacenamiento de las muestras BC01 y BS01. Inicialmente a (1 día) ambas muestras presentan pH entre (4,13 y 4,15); en el transcurso del tiempo (9 días) se observa que el valor del pH incrementa para BS01 (4,20) mientras que el valor de pH para la muestra BC01 se mantienen entre un rango (4,16 y 4,12); mientras que para la muestra BS01 el incremento de pH es notorio debido a la ausencia de un medio conservador que coadyuve a la alargar la vida útil de la bebida isotónica.

4.8 Balance de materia en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

En la figura 4.29, se muestra el diagrama de flujo del balance de materia en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego; para el procesamiento de 4000 g de bebida isotónica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de bebida isotónica

Donde: (expresado en gramos)

D_1 = Suero residual de yogurt griego

D_2 = Agua potable

D_3 = Suero + agua

D_7 = Ácido ascórbico

D_8 = Cloruro de calcio

D_9 = Saborizante

D_4 = Mix sales

D_5 = Sulfato de magnesio

D_6 = Ácido cítrico

D_{10} = Disolución

D_{11} = Sacarosa

D_{12} = Sorbato de potasio

D_{13} = Colorante

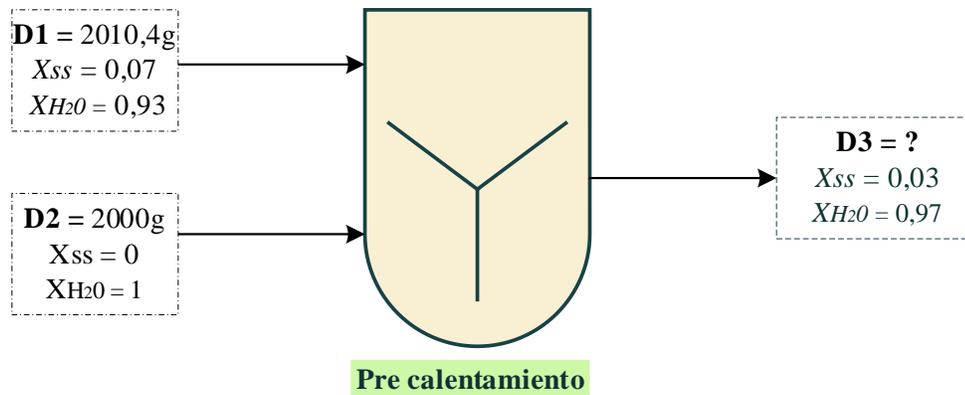
D_{15} = Disolución pasteurizada

D_{14} = Vapor de agua

D_{16}, D_{17}, D_{18} = Bebida isotónica

4.8.1 Balance de materia en la etapa de pre calentamiento

En la figura 4.30, se muestra el balance de materia en la etapa de pre calentamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30 Balance de materia en la etapa de pre calentamiento

Balance general de materia en la etapa de precalentamiento

$$D_1 + D_2 = D_3 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Despejando D_3

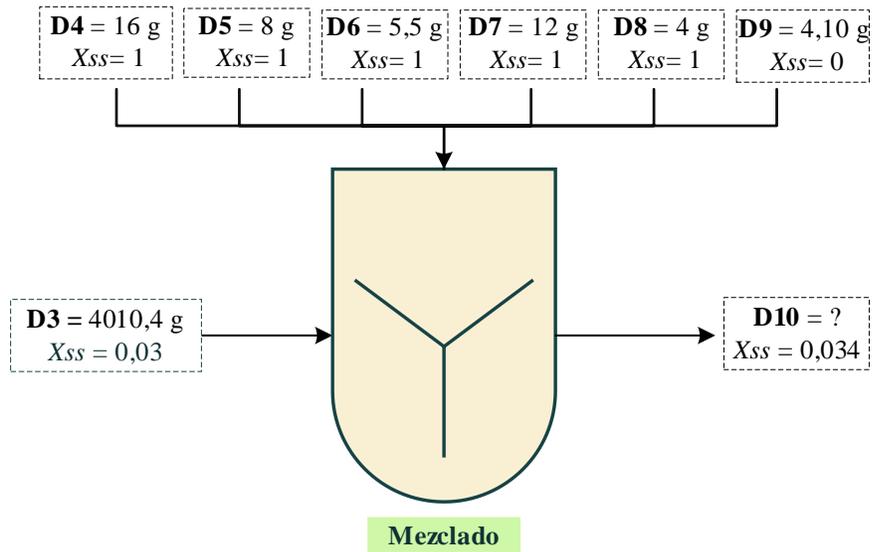
$$D_3 = D_1 + D_2$$

$$D_3 = 2010,4 g + 2000 g$$

$$D_3 = 4010,4 g$$

4.8.2 Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.31, se muestra el balance de materia en la etapa de mezclado para formar la disolución química.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31 Balance de materia en la etapa de mezclado

Balance general de materia en la etapa de mezclado

$$D_3 + D_4 + D_5 + D_6 + D_7 + D_8 + D_9 = D_{10} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Despejando D_{10}

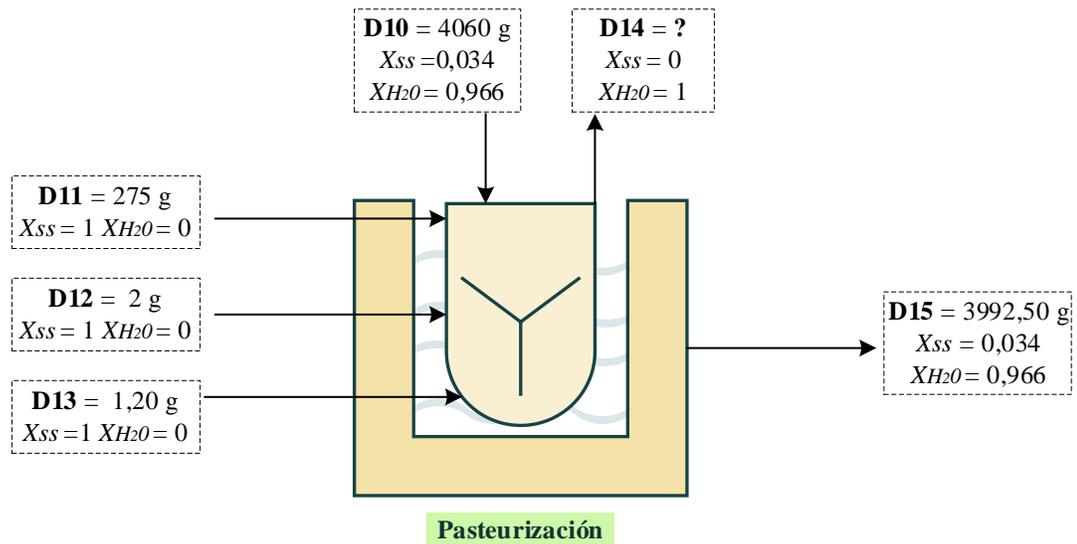
$$D_{10} = D_3 + D_4 + D_5 + D_6 + D_7 + D_8 + D_9$$

$$D_{10} = 2010,4 \text{ g} + 2000 \text{ g} + 16 \text{ g} + 8 \text{ g} + 5,52 \text{ g} + 12 \text{ g} + 4 \text{ g} + 4,10 \text{ g}$$

$$D_{10} = 4060 \text{ g de disolución}$$

4.8.3 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.32, se muestra el balance de materia en la etapa de pasteurización de 4060 gramos de disolución.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32 Balance de materia en la etapa de pasteurización

Balance general de materia en la etapa de pasteurización

$$D_{10} + D_{11} + D_{12} + D_{13} = D_{14} + D_{15} \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Despejando D_{10} :

$$D_{14} = D_{10} + D_{11} + D_{12} + D_{13} - D_{15}$$

Balance parcial de agua en la etapa de pasteurización

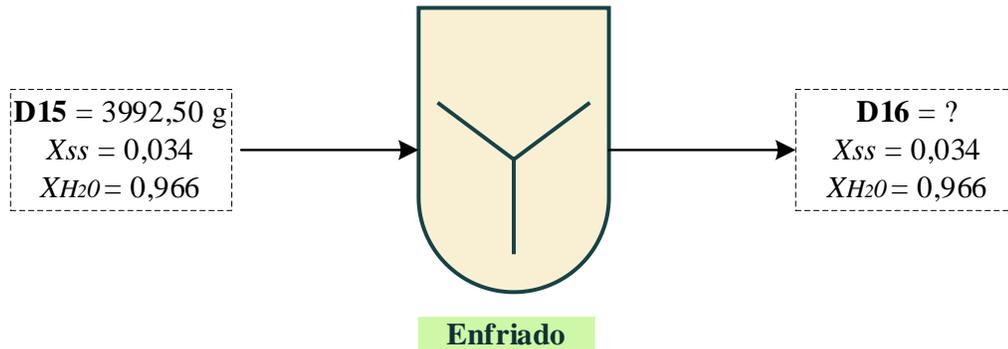
$$D_{14} \times X_{H_2O} = D_{10} \times X_{H_2O} + \cancel{D_{11} \times X_{H_2O}} + \cancel{D_{12} \times X_{H_2O}} + \cancel{D_{13} \times X_{H_2O}} - D_{15} \times X_{H_2O}$$

$$D_{14} = \frac{4060 \text{ g} \times 0,966 - 3992,5 \text{ g} \times 0,966}{1} \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

$$D_{14} = 308,75 \text{ g de agua evaporada}$$

4.8.4 Balance de materia en la etapa de enfriamiento

En la figura 4.33, se muestra el balance de materia en la etapa de enfriado de la bebida isotónica



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33 Balance de materia en la etapa enfriamiento

Balance general de materia en la etapa de la adición del conservante

$$D_{15} = D_{16} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Despejando D_{16}

$$D_{16} = D_{15}$$

Balance parcial de sólidos solubles en la etapa de la adición del conservante

$$D_{16} \times X^{ss} = D_{15} \times X^{ss} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

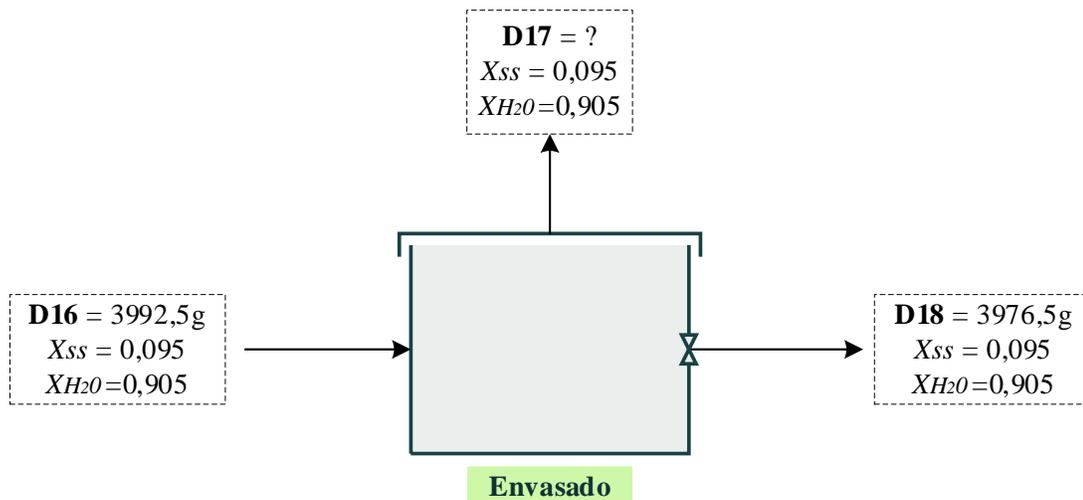
$$D_{16} = \frac{D_{15} \times X^{ss}}{X^{ss}}$$

$$D_{16} = \frac{3992,5 \text{ g} \times 0,095}{0,095}$$

$$D_{16} = 3992,5 \text{ g de bebida isotónica}$$

4.8.5 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.34, se muestra el balance de materia en la etapa de envasado de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34 Balance de materia en la etapa de envasado

Balance general de materia en la etapa de envasado

$$D_{16} = D_{17} + D_{18} \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Despejando D_{17}

$$D_{17} = D_{16} - D_{18}$$

Balance parcial de sólidos solubles en la etapa de envasado

$$D_{17} \times X^{ss} = D_{16} \times X^{ss} - D_{18} \times X^{ss} \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

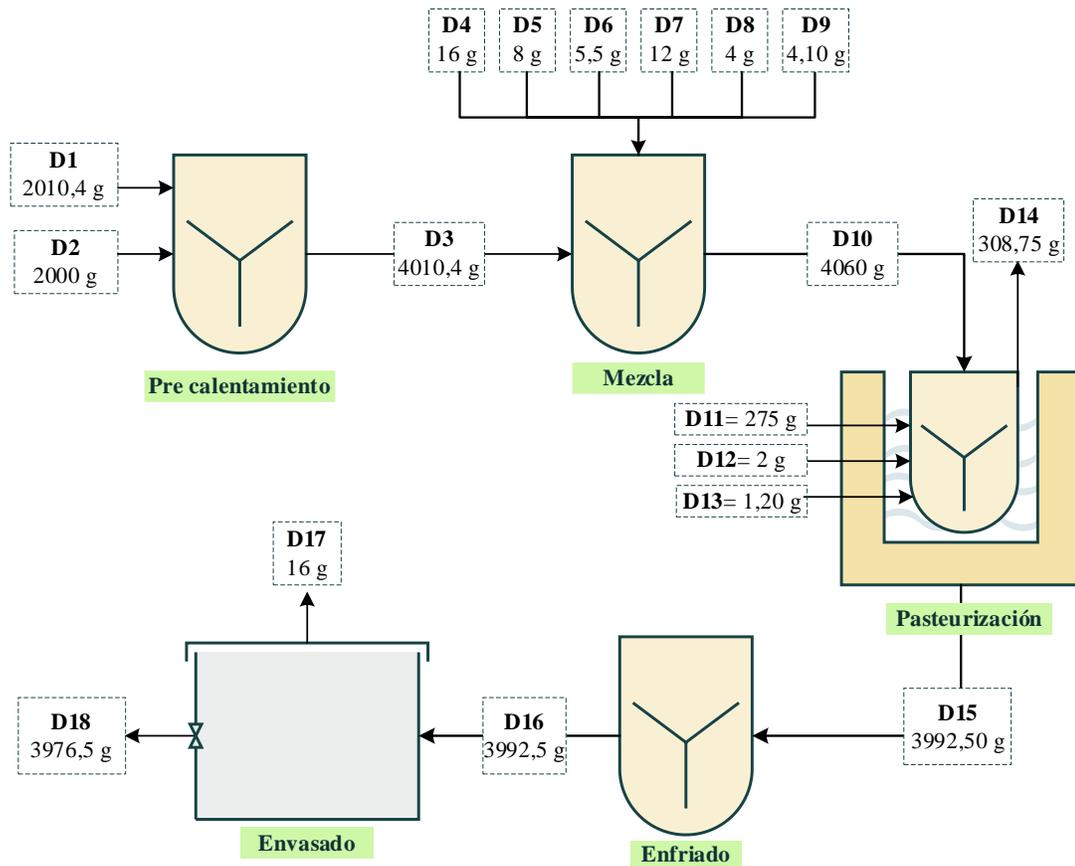
$$D_{17} = \frac{D_{16} \times X^{ss} - D_{18} \times X^{ss}}{X^{ss}}$$

$$D_{17} = \frac{3992,5\text{ g} \times 0,095 - 3976,5\text{ g} \times 0,095}{0,095}$$

$D_{17} = 16\text{ g}$ de bebida isotónica perdida en el envasado

4.8.5 Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

En la figura 4.35, se muestra el resumen general del balance de materia del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35 Resumen general del balance de materia del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.

4.8.6 Cálculo del rendimiento del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

Para el cálculo del rendimiento en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se tomó en cuenta la ecuación 4.7 citado por (Álvarez, 2013).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{Flujo másico de entrada}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Reemplazando la ecuación 4.9:

$$\text{Rendimiento} = \frac{D_{18}}{(D_{10}+D_{11})} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{3976,5}{4330,92} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 91,82\%$$

Según los resultados del balance de materia del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se obtuvo un rendimiento de 91,77% en base a la cantidad de materia prima más los insumos y reactivos añadidos.

4.9 Balance de energía en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego, se tomó en cuenta la etapa de pasteurización de la disolución.

4.9.1 Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización

Para realizar el balance de energía, se tomó en cuenta las siguientes definiciones y ecuaciones:

Según (Valiente, 1994) como la energía no se crea ni se destruye, el calor perdido por una sustancia es igual al calor ganado por la otra, por tanto:

$$Q \text{ perdido} = Q \text{ ganado}$$

$$(\Delta H \times m) \text{ perdido} = (\Delta H \times m) \text{ ganado} \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

$$Q_{Total} = Q_{Ganado} + Q_{Perdido} \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Calor sensible, es aquel que recibe un cuerpo sin cambiar su estado físico, mientras aun sube su temperatura. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de capacidad calorífica.

$$Q_S = \Delta H \times m$$

$$Q_S = m \times Cp (T_{final} - T_{inicial}) \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

En donde Cp es la capacidad calórica a presión constante, definida como la cantidad de calor requerida para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo a presión constante. Para los calores latentes una sustancia recibe o cede calor latente cuando cambia de estado físico y permanece la temperatura constante:

$$Q_l = \Delta H \times m \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

$$Q_l = m \times \lambda \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

Según (Choi & Okos, 1983) la ecuación matemática empírica para determinar Cp de un alimento en función de la composición es:

$$Cp = X_W \times Cp_w + X_p \times Cp_p + X_F \times Cp_F + X_C \times Cp_C + X_A \times Cp_A \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Donde:

X_W = Fracción de peso del agua

Cp_w = Capacidad calórica del agua = $4,18 \text{ KJoule/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ (Choi & Okos, 1983)

X_p = Fracción de peso de proteína

Cp_p = Capacidad calórica de proteína = $1,71 \text{ KJoule/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ (Choi & Okos, 1983)

X_F = Fracción de peso de grasa

Cp_F = Capacidad calórica de grasa = $1,93 \text{ KJoule/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ (Choi & Okos, 1983)

X_C = Fracción de peso de carbohidratos

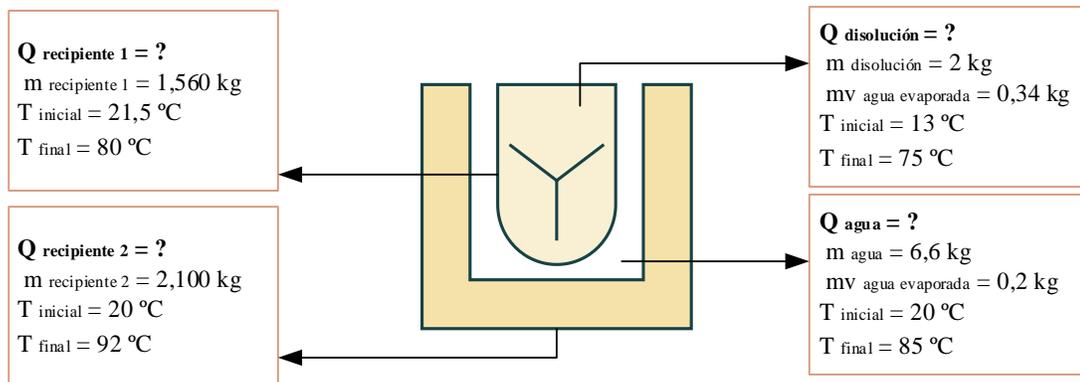
Cp_C = Capacidad calórica carbohidratos = $1,55 \text{ KJoule/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ (Choi & Okos, 1983)

X_A = Fracción de peso de ceniza

Cp_A = Capacidad calórica de ceniza = $0,91 \text{ KJoule/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ (Choi & Okos, 1983)

4.9.1.1 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la bebida isotónica

En la figura 4.36, se muestra la etapa de pasteurización de la elaboración de bebida isotónica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la bebida isotónica

✚ Energía requerida para calentar el recipiente que contiene la bebida isotónica

<p>Q recipiente 1 m recipiente 1 = 1,560 kg C_p recipiente 1 = 0,110 kcal/kg°C T inicial = 21,5 °C T final = 80 °C</p>

Donde C_p del recipiente según (Coronel et al, 2016) para olla de acero inoxidable

De acuerdo a la ecuación 4.12 para calores sensibles:

$$Q_{\text{recipiente 1}} = m_{\text{recipiente 1}} \times C_{p\text{recipiente 1}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

$$Q_{\text{recipiente 1}} = 1,560 \text{ kg} \times 0,110 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (80 - 21,5)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{recipiente 1}} = 7,24 \text{ kcal}$$

✚ Energía requerida para calentar el recipiente que contiene el agua para el baño María

<p>Q recipiente 2 m recipiente 2 = 2,100 kg C_p recipiente 2 = 0,110 kcal/kg°C T inicial = 20 °C T final = 92 °C</p>

Donde: C_p del recipiente según (Coronel et al, 2016) para olla de acero inoxidable

De acuerdo a la ecuación 4.12 para calores sensibles:

$$Q_{\text{recipiente } 2} = m_{\text{recipiente } 2} \times C_{p_{\text{recipiente } 2}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \quad (\text{Ecuación 4.18})$$

$$Q_{\text{recipiente } 2} = 2,100 \text{ kg} \times 0,110 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (92 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{recipiente } 2} = 151,20 \text{ kcal}$$

✚ Energía requerida para calentar el agua para el baño María

Q agua

$$m_{\text{agua}} = 6,6 \text{ kg}$$

$$C_{p_{\text{agua}}} = 1,00 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{agua vapor}} = 548,1 \text{ kcal/kg}$$

$$mv_{\text{agua evaporada}} = 0,2 \text{ kg}$$

$$T_{\text{inicial}} = 20^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{final}} = 85^\circ\text{C}$$

Donde: C_p del agua (Coronel et al, 2016) para agua líquida y λ del agua es sacado de la tabla de vapor de agua según (Cátedra de Integración III).

De acuerdo a la ecuación 4.12 y ecuación 4.13

(Ecuación 4.19)

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \times C_{p_{\text{agua}}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) + mv_{\text{agua evaporada}} \times \lambda_{\text{agua vapor}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 6,6 \text{ kg} \times 1,00 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (85 - 20)^\circ\text{C} + 0,2 \text{ kg} \times 548,1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 538,62 \text{ kcal}$$

✚ Energía necesaria para calcular el suero y el agua potable

Q suero

$$m_{\text{suero}} = 1 \text{ kg}$$

$$C_{p_{\text{suero}}} = ?$$

$$\lambda_{\text{agua vapor}} = 554,1 \text{ kcal/kg}$$

$$mv_{\text{agua evaporada}} = 0,34 \text{ kg}$$

$$T_{\text{inicial}} = 7,6^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{final}} = 75^\circ\text{C}$$

De acuerdo a la ecuación 4.14, se calculó el calor específico del suero residual de yogurt griego en función a su composición:

$$Cp = X_W \times Cp_W + X_p \times Cp_p + X_F \times Cp_F + X_C \times Cp_C + X_A \times Cp_A \quad (\text{Ecuación 4.20})$$

$$Cp = \left(0,87 \times 4,18 \frac{\text{kJoule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) + \left(0,034 \times 1,71 \frac{\text{kJoule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) + \left(0,1 \times 1,93 \frac{\text{kJoule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) + \left(0,44 \times 1,55 \frac{\text{kJoule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) + \left(0,072 \times 0,91 \frac{\text{kJoule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)$$

$$Cp_{\text{suero}} = 4,635 \frac{\text{kJoule}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 1,1071 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

De acuerdo a la ecuación 4.11 y a la ecuación 4.12 para calor latente se obtiene:

$$Q_{\text{bebida}} = m_s \times Cp_s \times (T_f - T_i) + m_{\text{agua}} \times Cp_{\text{agua}} \times (T_f - T_i) + mv \times \lambda_{\text{vapor}} \quad (\text{Ecuación 4.21})$$

$$Q_{\text{bebida}} = 1,00\text{kg} \times 1,1071 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (75 - 7,6)^\circ\text{C} + 1,00\text{kg} \times 1,00 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (75 - 20)^\circ\text{C} + 0,34\text{kg} \times 554,1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{bebida}} = 318,01 \text{ kcal}$$

✚ Cálculo total gastado en el proceso de pasteurización de bebida isotónica

Según a la ecuación 4.12, se obtiene el calor total para pasteurizar bebida isotónica

$$Q_T = Q_{\text{recipiente 1}} + Q_{\text{recipiente 2}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{bebida}} \quad (\text{Ecuación 4.22})$$

$$Q_T = 7,24 \text{ kcal} + 151,20 \text{ kcal} + 538,62 \text{ kcal} + 318,01 \text{ kcal}$$

$$Q_T = 1015,07 \text{ kcal}$$

La cantidad de calor necesaria para la pasteurización de 2 litros de bebida isotónica de una temperatura inicial de 13°C a 75°C durante 30 minutos es de 1015,07 kcal.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✚ El análisis fisicoquímico del suero residual de yogurt griego, contiene acidez 0,54 % (ácido láctico), cenizas 0,72%, cloruro de sodio 0,17 %, densidad relativa (20°C) 1,0272, grasa 1 %, hidratos de carbono 4,42%, pH 4.50 y proteína 0,34%. El análisis microbiológico presenta de $<1,0 \times 10^1$ de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, mohos y levaduras coliformes fecales, escherichia coli, staphilococcus aereus y ausencia de salmonella.
- ✚ El análisis fisicoquímico del agua potable contiene cloro residual, 15,95 uS/m conductividad eléctrica, 6,37 de pH, 0,96 UNT en turbiedad y acuerdo al análisis microbiológico no se observa el desarrollo de colonias coliformes termorresistentes en el agua potable.
- ✚ Para la elección de muestra ideal, la muestra más aceptada por los jueces fueron la muestra B4 (bebida isotónica sabor frutilla) y muestra B7 (bebida isotónica sabor limón) realizadas a partir de la dosificación de pruebas preliminares y muestras prototipos; tomando en cuenta atributo sabor y acidez de las muestras.
- ✚ Los resultados de la evaluación sensorial para la elección de muestra patrón; es la muestra B02 (sabor frutilla) de la empresa Santé; para los atributos sabor, olor y salado.
- ✚ Según el diseño factorial 3^2 planteado en la etapa de dosificación para la bebida isotónica para la variable respuesta acidez y pH, no existe diferencia significativa entre los factores para $p < 0,05$.
- ✚ De acuerdo a la variación de acidez y pH en la etapa de dosificación, al transcurrir el tiempo de 5 minutos la acidez y el pH aumentan, al cabo de 10 minutos el pH en comparación de las muestras B04 (muestra ideal) y I27 (muestra experimental) baja entre (4,178-4,098) comprobando que, con la adición de reguladores de acidez y sales, el pH baja hasta estabilizarse en el tiempo final del proceso de dosificación.

- ✚ Según la prueba Dúo-Trío entre la muestra ideal y la muestra experimental con la muestra patrón; para bebida isotónica sabor frutilla, la muestra ideal A7 tiene mayor aceptación por los jueces con 75% en relación a la muestra experimental A4 con 25% y para la bebida isotónica sabor limón también la muestra ideal A5 tiene mayor aceptación con 58% en relación a la muestra experimental A2 con 42%.
- ✚ El análisis fisicoquímico del producto final contiene 0,77% acidez (ácido láctico), 1,0475 densidad relativa (20°C), 0,06 grasa, 4,02 pH, 10,85% de hidratos de carbono, 0,49 de proteína total y 11,40 °Brix de sólidos solubles; según el análisis microbiológico no se observó desarrollo de colonias y según el análisis de micronutrientes se obtuvo 967 mg/l sodio, 77mg/l magnesio, 1098 mg/l potasio y 760 mg/l calcio.
- ✚ De acuerdo a la variación del pH durante el almacenamiento de la muestra sin conservante BS01 y muestra con conservante BC01 inicialmente pH entre (4,160 - 4,145); se evidencia que la muestra (BC01) tiende a mantener su pH, mientras que el pH de la muestra (BS01) sube a medida que los días avanzan, demostrando que la muestra con conservante (BC01) tiende a mantener sus propiedades más estables en función al tiempo de almacenamiento.
- ✚ La concentración de osmolaridad para la bebida isotónica es de 298 mOsmol/l; vital para su correcta absorción, será más rápida y efectiva.
- ✚ De acuerdo al balance de materia del proceso de elaboración de bebida isotónica, para 4000 g se obtuvo 3976,5 g de bebida isotónica con rendimiento del proceso del 91,77% y de acuerdo al balance de energía en la etapa de pasteurización; la cantidad de calor necesaria es de 1010,44 kcal.

5. 2 Recomendaciones

- ✚ Se recomienda a las autoridades del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos puedan gestionar reactivos de laboratorio sin coste alguno, con la supervisión de los internistas para poder realizar análisis fisicoquímicos para el de control de calidad del producto.

- ✚ Se recomienda realizar un estudio cuantitativo sobre las cantidades vertidas de suero residual a partir de yogurt griego y suero de quesería de las industrias lácteas en la ciudad de Tarija; para posteriores trabajos de investigación.
- ✚ Se recomienda realizar trabajos de investigación sobre el uso de suero residual a partir de queso del Laboratorio del Taller de Alimentos, aplicando presión osmótica, para obtener un producto nuevo aprovechando las propiedades nutricionales del suero y brindar a la población local un producto de calidad.