



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Título

“Elaboración de una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida destinada a deportistas”

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniera Agroindustrial

Autora:

Mejía Burgos Gabriela Elizabeth

Tutora:

Dra. Ana Hortencia Mejía López

Riobamba, Ecuador. 2023

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Gabriela Elizabeth Mejía Burgos, con cédula de ciudadanía 0604375261, autora del trabajo de investigación titulado: “Elaboración de una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida destinada a deportistas”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autora de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 17 de mayo del 2023.

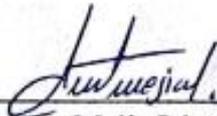


Gabriela Elizabeth Mejía Burgos
C.I: 0604375261

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ana Mejía López catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: "Elaboración de una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida destinada a deportistas", bajo la autoría de Gabriela Elizabeth Mejía Burgos; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 22 días del mes de marzo de 2023.



Mgs. Ana Mejía López
C.I:0601948813

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

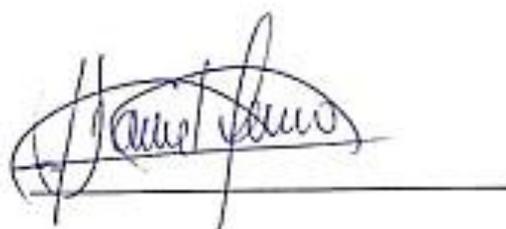
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "Elaboración de una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida destinada a deportistas", presentado por Gabriela Elizabeth Mejía Burgos, con cédula de identidad número 0604375261, bajo la tutoría de Mgs. Ana Mejía López; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 17 de mayo del 2023.

Sonia Rodas Espinoza, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Daniel Luna Velasco, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Victor Hugo Valverde, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **Mejía Burgos Gabriela Elizabeth** con CC: **0604375261**, estudiante de la Carrera de **Agroindustria**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Elaboración de una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida destinada a deportistas.**", cumple con el **5 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio URKUND, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 3 de mayo de 2023



Profesora de Asesoramiento por
Mgs. ANA HORTENCIA MEJIA
LOPEZ

Mgs. Ana Mejía López
TUTORA

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad de vivir, por guiar e iluminar mi camino.

A mis Padres Marco Mejía & Rocío Burgos, las personas más importantes en mi vida, por darme el amor que siempre necesité, les agradezco infinitamente.

A mi hermano David, por escucharme y aconsejarme cuando era necesario.

Al amor de mi vida, por ser mi apoyo incondicional.

A mis familiares y amigos por su apoyo y afecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la sabiduría necesaria para culminar este sueño.

A mis padres por su apoyo en mi educación, por su amor y palabras de aliento.

A mi tutora, Dra. Ana Mejía López, que con su sabia orientación supo encaminarme de manera eficaz en el desarrollo de la investigación.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme oportunidades académicas y permitirme recibir una educación de excelencia.

A la prestigiosa empresa NUTRION, por el apoyo y financiamiento de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCION. 14

1.1. Antecedentes 14

1.2. Problema 14

1.3. Justificación..... 15

1.4. Objetivos 15

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO. 16

2.1. Estado del arte 16

2.2. Marco teórico..... 18

2.2.1. Deshidratación 18

2.2.2. Hidratación 19

2.2.3. Bebidas para deportistas 20

2.2.4. Características y composición de las bebidas isotónicas..... 21

2.2.5. Aminoácidos 22

2.2.6. Bebidas para deportistas existentes en el mercado 24

CAPÍTULO III. METODOLOGIA. 25

3.1. Tipo de Investigación. 25

3.2. Diseño de Investigación..... 25

3.3. Técnicas de recolección de Datos..... 27

3.4. Población de estudio y tamaño de muestra para el análisis sensorial..... 27

3.5. Métodos de Análisis. 27

3.6. Procesamiento de datos 31

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 32

4.1. Formulación de la mezcla en polvo con electrolitos y BCAA. 32

4.2. Análisis fisicoquímicos y microbiológico de los tratamientos 34

4.3. Análisis de estabilidad de los productos 36

4.4. Evaluación de la aceptabilidad de la bebida mediante pruebas de degustación. 42

4.5. Ficha técnica del producto 45

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 50

5.1. Conclusiones..... 50

5.2. Recomendaciones 50

BIBLIOGRAFÍA 51

ANEXOS..... 55

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Ejecución de la prueba de aceptabilidad..... | 55 |
| Anexo 2. Observación de las características físicas del producto | 56 |
| Anexo 3. Evidencias fotográficas de la experimentación..... | 59 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos de las bebidas isotónicas | 23 |
| Tabla 2. Requisitos microbiológicos para la mezcla en polvo de las bebidas isotónicas.... | 23 |
| Tabla 3. Comparación de bebidas comerciales isotónicas | 24 |
| Tabla 4. Equipos y reactivos utilizados en el análisis de los tratamientos | 27 |
| Tabla 5. Métodos de análisis para la caracterización de la mezcla en polvo isotónica | 28 |
| Tabla 6. Osmolaridad de los tres tratamientos | 32 |
| Tabla 7. Comparativa de estudios investigativos y marcas comerciales..... | 33 |
| Tabla 8. Características Fisicoquímicas de los Tratamientos..... | 34 |
| Tabla 9. Análisis microbiológico de los tratamientos | 34 |
| Tabla 10. Análisis de varianza por bloques al azar | 37 |
| Tabla 11. Media y error estándar de los tratamientos..... | 37 |
| Tabla 12. Media y error estándar del tiempo..... | 38 |
| Tabla 13. Valores críticos para la prueba estadística de Friedman | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Promedio de humedad de los tratamientos en función del tiempo..... | 39 |
| Figura 2. Promedio de pH de los tratamientos en función del tiempo | 40 |
| Figura 3. Promedio de acidez de los tratamientos en función del tiempo..... | 40 |
| Figura 4. Promedio de salinidad de los tratamientos en función del tiempo..... | 41 |
| Figura 5. Promedio de conductividad de los tratamientos en función del tiempo..... | 41 |
| Figura 6. Ficha de degustación tipo "A"..... | 42 |
| Figura 7. Ficha de degustación tipo "B"..... | 43 |
| Figura 8. Porcentaje del tratamiento más aceptado por los panelistas..... | 43 |
| Figura 9. Porcentaje del rango de edad de los encuestados..... | 44 |
| Figura 10. Ficha técnica..... | 46 |

RESUMEN

La hidratación es uno de los factores que más impacta en el rendimiento deportivo, la cual se encuentra asociada al consumo de agua, electrolitos, carbohidratos, vitaminas, entre otras sustancias, razón por la cual la industria ha llevado a cabo el desarrollo de diferentes líneas de productos que satisfagan esta necesidad. En este sentido, la presente investigación tuvo como finalidad formular mezclas en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) para preparar una bebida hidratante destinada a deportistas. Para ello se realizaron varios ensayos llegando a obtener 3 formulaciones o tratamientos a los cuales se realizó análisis fisicoquímicos y microbiológicos para comprobar su calidad y estabilidad, a los resultados de los parámetros analizados se aplicó el análisis de varianza ANOVA y prueba Tukey ($p < 0,05$) para determinar significancias estadísticas. Además, se realizó una prueba de aceptabilidad a 60 deportistas, en función del reconocimiento por preferencia de los tratamientos evaluados en esta prueba de aceptabilidad se aplicó un análisis de varianza por rangos (Friedman) para determinar su significancia. En cuanto a los resultados obtenidos, los valores de osmolaridad para T1 fue de 272 mOsmol/L, T2 de 313 mOsmol/L y T3 de 275 mosmol/L, aporte de minerales (Sodio, Potasio y Calcio), aminoácidos de cadena ramificada (L-Leucina, Isoleucina y L-valina) y azúcares que cumplen con la finalidad de ayudar en el proceso de reposición de lo que el cuerpo usa durante el ejercicio físico. Los parámetros de humedad y el análisis microbiológico en el producto sólido se mantienen con muy poca variación durante los 30 días una vez abierto el frasco. El tratamiento preferido fue el T2, el cual se seleccionó después de realizar un análisis estadístico que evidenció una diferencia significativa en la preferencia de los panelistas. Los resultados del análisis fisicoquímico cumplen con los valores establecidos en la normativa técnica colombiana NTC 3837. Por lo tanto, la empresa NUTRIÓN, auspiciante del proyecto, acogerá esta formulación.

Palabras claves: Bebida isotónica, bebida hidratante, bebida para deportistas BCAA, aminoácidos de cadena ramificada.

ABSTRACT

Hydration is one of the factors that most impact athletic performance, associated with the consumption of water, electrolytes, carbohydrates, and vitamins, among other substances. The industry has developed different product lines to satisfy this need. The present research aimed to formulate isotonic powder mixes enriched with branched-chain amino acids (BCAAs) to prepare a hydrating beverage for athletes. Several trials were conducted to obtain three formulations or treatments that underwent physicochemical and microbiological analyses to verify their quality and stability. The results of the analyzed parameters were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($p < 0.05$) to determine statistical significance.

Additionally, an acceptability test was carried out with 60 athletes. Based on the preference recognition of the treatments evaluated in this acceptability test, a rank-based analysis of variance (Friedman) was applied to determine their significance. Regarding the obtained results, the osmolarity values for T1 were 272 mOsmol/L, T2 was 313 mOsmol/L, and T3 was 275 mosmol/L, with contributions of minerals (sodium, potassium, and calcium), branched-chain amino acids (L-leucine, isoleucine, and L-valine), and sugars that help in the process of replenishing what the body uses during physical exercise. The preferred treatment was T2, which was selected after a statistical analysis that showed a significant difference in the preference of the panelists. The moisture parameters and microbiological research in the solid product remained with minimal variation during the 30 days after opening the jar. The physicochemical analysis results comply with the values established in the Colombian technical standard NTC 3837. Therefore, the company NUTRIÓN, the project sponsor, will adopt this formulation.

Keywords: Isotonic beverage, hydrating beverage, BCAA beverage for athletes, branched-chain amino acids.



SOFIA FERNANDA
FREIRE CARRILLO

Reviewed by:

Lic. Sofia Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

1.1. Antecedentes

La actividad física regular y una dieta sana son factores muy trascendentales en la salud de una persona, sin embargo, al ejercitarnos, nuestro cuerpo pierde agua y sales minerales mediante el sudor, para compensar este descenso es fundamental ingerir líquidos si queremos evitar lesiones, así como mejorar el rendimiento a la hora de realizar una actividad física. (Moya, 2022)

El rendimiento físico disminuye si la pérdida de electrolitos es muy grande y no se repone adecuadamente, además, después del ejercicio se tiene fatiga deportiva que es una sensación de cansancio y agotamiento" (Ramírez, et. Al, 2020).

La pérdida de sales o electrolitos se puede combatir con consumir bebidas isotónicas que en su composición contienen principalmente minerales cargados eléctricamente (electrolitos) e hidratos de carbono, los cuales deben poseer una concentración de solutos próxima a la del plasma sanguíneo, permitiendo mantener en el consumidor una concentración de glucosa en sangre adecuada. Por otra parte, para combatir la fatiga deportiva reduciendo el dolor, la percepción del esfuerzo y aportar efectos positivos en la disminución del daño muscular post ejercicio y fatiga mental se recomienda una mezcla de Aminoácidos de Cadena Ramificada (BCAA) como la L-leucina, L-isoleucina y L-valina (Fagúndez, 2017).

En el mercado existen diversas bebidas muy conocidas destinadas para deportistas tales como "Isostar en polvo", "Gatorade", "Powerade", "Multipower Isodrink" entre otras, pero cabe destacar que este tipo de bebidas únicamente ayudan a la hidratación del consumidor, por otro lado, existen bebidas que en su composición se encuentra un alto contenido en BCAA, a manera de ejemplo se puede mencionar a "Amino Drink", pero está destinada especialmente al crecimiento y mantenimiento de la masa muscular. Sin embargo, existen bebidas que en su composición contienen BCAA y electrolitos como "MMA NUTRITION".

1.2. Problema

La empresa NUTRIÓN dedicada a la elaboración y comercialización de suplementos alimenticios para deportistas, tiene únicamente en su línea de producción, suplementos a base de proteínas vegetales, de tal manera que surge la necesidad de crear una alternativa de consumo de bebidas que ayuden a recuperar los electrolitos perdidos por el sudor y mejorar el rendimiento físico de los consumidores. Es así que dicha empresa propuso y financió el presente proyecto de investigación que consiste en formular una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida que será destinada a deportistas. La

formulación será de propiedad de la empresa NUTRION para ser producida y comercializada por ella.

1.3. Justificación

La presente investigación contribuirá a NUTRIÓN a ampliar la línea de productos disponibles para que pueda tener mayor participación en el mercado y de esta manera generar réditos económicos a la empresa, además de aumentar la competitividad de la misma, ya que el hecho de sacar un producto diferente a los ya comercializados hace que la empresa alcance una ventaja de diferenciación en el mercado en el que compite, convirtiéndose en una opción más atractiva para los clientes.

La importancia de la siguiente investigación radica en desarrollar una nueva bebida isotónica que aporte más beneficios para los deportistas y cumplir con la expectativa de la empresa NUTRIÓN.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) para preparar una bebida destinada a deportistas.

1.4.2. Específicos

- Formular una mezcla en polvo con electrolitos y aminoácidos de cadena ramificada que cumpla con las características de una bebida isotónica.
- Realizar los análisis respectivos al producto final obtenido con la finalidad de demostrar sus propiedades físicas y químicas.
- Evaluar la aceptabilidad de la bebida mediante pruebas de degustación.
- Elaborar la ficha técnica del producto final.

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO.

2.1. Estado del arte

El ejercicio físico conlleva un aumento de la temperatura corporal, el sudor es un mecanismo de regulación de temperatura ya que la evaporación del sudor enfría la piel, pero al sudar se pierde cantidades considerables de agua y electrolitos (Marins et al., 2018).

Cabe destacar que para reponer la pérdida de electrolitos se puede ingerir bebidas hidratantes, las cuales según algunos estudios científicos se ha comprobado que son necesarias para la reconstitución de líquidos en el cuerpo humano y para evitar la pérdida de rendimiento en deportistas (Ramírez et al., 2020).

Según Feye (2018), afirma que estas bebidas presentan una constitución específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos, previniendo la fatiga, teniendo como objetivos esenciales el aporte de carbohidratos, la reposición de electrolitos (sobre todo Na^+) y la reposición hídrica para evitar la deshidratación, adicionalmente deberían presentar una buena palatabilidad, ya que esto facilita su consumo en relación al agua sola.

Según Parodi (2018), en el estudio de Vrijens & Dehrer, demostraron que en deportistas masculinos que participaron en pruebas de tres horas de duración, la pérdida de líquido se repuso con agua destilada y con una bebida deportiva conteniendo 18mmol/L de Na^+ , se comprobó que, cuando las pérdidas de sudor son grandes, la reposición con agua sola condujo a una disminución en la concentración de Na^+ plasmático, trasladando a un estado de hiponatremia con pérdida de rendimiento deportivo, en cambio que esto no ocurrió cuando se suplementó a los deportistas con la bebida que contenía Na^+ .

Se conoce que el Sodio es el principal catión perdido por el sudor (entre 40-60 mmol por litro), investigaciones sugieren que su incorporación en bebidas deportivas incrementa el transporte de fluidos y reduce el cambio de volumen plasmático durante el ejercicio (Feye, 2018).

Sin embargo, el consumo solo de iones no basta para una buena hidratación, es necesario la adición de hidratos de carbono. El empleo de carbohidratos en las bebidas de rehidratación ingeridas durante el esfuerzo mejora el rendimiento del deportista, así mismo, distintos autores reportan un progreso en el rendimiento físico cuando se evita la disminución de glucosa sanguínea a través de la ingesta de hidratos de carbono, dado que éstos pueden actuar como combustible suplementario cuando las reservas de glucógeno muscular son limitadas. No

existen datos concluyentes sobre el tipo de carbohidrato que da mejor efecto. Algunos autores sugieren el empleo, junto con glucosa y fructosa, de polisacáridos como la maltodextrina, dado que causan un menor aumento de osmolalidad (Parodi, 2018).

Por otra parte, existen estudios que demuestran el uso en las bebidas hidratantes de otros compuestos, como por ejemplo, aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), así, como lo hace notar Salinas et al. (2015), en el estudio "Efectos de los aminoácidos ramificados en deportes de larga duración: revisión bibliográfica" realizado por un grupo de científicos del Departamento de Terapia Física y Ciencias del Movimiento Humano se menciona que: un grupo de nueve ciclistas no entrenados, pedalearon durante 90 minutos al 55% de su Volumen máximo de oxígeno (VO_{2max}), habiendo ingerido una bebida con BCAA que en su composición contenía 12,2g leucina, 4,8g isoleucina y 7,3g valina antes y a los 60 minutos de la prueba. Los deportistas que ingirieron BCAA mostraron menor percepción del esfuerzo (a través de la escala de Borg) pero sin afectar el rendimiento deportivo de los mismos, por tanto, existen mejoras en la percepción del esfuerzo y fatiga mental. Cuando se suplementa con BCAA, existe un menor grado de dolor y daño muscular, menor percepción del esfuerzo y fatiga mental, mayor respuesta anabólica en periodo de recuperación y mejora de la respuesta inmunológica, pueden actuar como un neurotransmisor *per se*, siendo una de sus funciones la disminución de la fatiga. La suplementación de los BCAA en deportes de larga duración aporta efectos positivos en la disminución del daño muscular post ejercicio y la leucina puede tener efectos en la recuperación y síntesis proteica.

Todos estos estudios avalan que las bebidas hidratantes son necesarias para mejorar el rendimiento del deportista.

Cabe destacar que no existe investigaciones de elaboración de mezclas isotónicas en polvo, sin embargo, se pudo encontrar muchos estudios de elaboración de bebidas isotónicas en estado líquido en donde utilizan materia prima como suero lácteo, frutas, cáscara de frutas, o incluso una mezcla de las mismas que aportan las sales requeridas para que sea considerada una bebida isotónica, tal es el caso de la investigación realizada por Murillo (2015), quien desarrolló dos tratamientos de una bebida hidratante elaborada a base de agua de coco y suero de leche, el primer tratamiento fue formulado con 75% de suero de leche y 25% de agua de coco, para el segundo tratamiento empleó 70% de suero de leche y 30% de agua de coco, además realizó análisis físico químicos obteniendo como resultado para el tratamiento 1: 28,48 mEq/L de sodio y 26,49 mEq/L de potasio y para el tratamiento 2: 33,01 mEq/L de sodio y 24,58 mEq/L de potasio.

De la misma manera, se realizó otra investigación de una bebida hidratante nutritiva a partir del zumo de pseudotallo de banano y macerado de la cáscara de piña, para lo cual su formulación fue: 0.4758 de zumo de pseudotallo de banano, 0.3242 de macerado de cáscara de

piña y 0.2 de agua, de modo similar se realizaron análisis físico químicos dando como resultado: 5.25 de pH, 0.47 % de acidez, 13.62 % de brix, 2.52 % de proteína, 6.04 % de fibra, 41.59 mg/100 g de sodio y 168.25 mg/100 g de potasio (Moreira & Bravo, 2021).

Así mismo se puede mencionar el estudio de Ordoñez (2021), quien desarrolló cinco tratamientos con diferentes porcentajes de suero de leche y agua, cabe destacar que se realizó pruebas físico químicas al tratamiento de mayor aceptación el cual fue el tratamiento 1 (10% lacto suero y 90% agua), obteniendo los siguientes resultados: 3.77 de pH, 0.29% de acidez, 4°Brix en sólidos solubles, 315 mg/L de sodio, al mismo tiempo presentó una osmolaridad de 221.28 mOsm/L, cumpliendo con los requisitos establecidos en la NTC 3837 para ser considerada una bebida isotónica.

Por otro lado, se han realizado pocas investigaciones de bebidas isotónicas líquidas añadiendo sales como materia prima, tal como lo demuestra Molina & Tul (2021), quienes elaboraron una bebida isotónica a partir del jugo natural de naranja donde el mejor tratamiento correspondió al número 2 (formulación con 6% de sacarosa, 0.064% de cloruro de sodio, 0.040% de citrato de sodio y 0.026% de citrato de potasio) dando como resultado una osmolalidad de 309.75mOsm/L. Además, la bebida fue sometida a un análisis fisicoquímico, donde se obtuvo los siguientes resultados: 12 mEq/L de sodio, 3.5 mEq/L de potasio, 2.2 mEq/L de calcio y 0,9 mEq/L de magnesio.

Así como también se puede mencionar a Escorcía et. al (2019), quienes formularon una bebida isotónica con adición de pulpa de mango de hilaza verde, la cual contenía porcentajes de: 87,05 de Agua; 4,00 de fruta; 8,55 de Azúcares y 0,09 de sales, la misma presentó una concentración osmótica de 315 mOsm/L, conteniendo 15,2 mEq/L de sodio, 10,27 mEq/L de Cloruro, 3,6 mEq/L de potasio y 4,2% de carbohidratos expresados en glucosa, encontrándose dentro de los rangos y/o parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana.

En definitiva, en la actualidad se han realizado muchas investigaciones para elaborar bebidas isotónicas en estado líquido en donde ocupan a los alimentos como fuente de sales minerales, así como pocas investigaciones que utilizan propiamente a las sales minerales como materia prima y ninguna investigación referente a la elaboración de una mezcla en polvo isotónica.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Deshidratación

La deshidratación se puede definir como “la pérdida de agua y sodio en el cuerpo humano, producto de diversos factores como la actividad física excesiva, desgaste fisiológico,

enfermedades, etc., lo que provoca un desequilibrio a nivel intracelular, extracelular e intersticial que afecta severamente al organismo” (Cuzco & Duchi, 2017).

Existen diferentes tipos de deshidratación, por un lado, la deshidratación hipotónica es cuando la pérdida de electrolitos es mayor que la pérdida de agua, ocurre generalmente en atletas que entrenan en ambientes calurosos o con personas con trabajos muy estresantes. En cuyo caso se debe consumir bebidas hipertónicas, que tienen un alto contenido en minerales, e incluso suplementos minerales para deportistas. Por otro lado, la deshidratación isotónica es cuando la pérdida de agua y electrolitos es similar, es el tipo de deshidratación más común en la población general, sucede en personas que sudan mucho y hacen ejercicio moderado en condiciones normales de temperatura y humedad, aunque también ocurre por gastroenteritis leve o por abuso de diuréticos, en tales casos, se debe tomar una bebida deportiva isotónica o un suero oral ya que la hidratación no debe ser solo agua. En cambio, la deshidratación hipertónica es cuando la pérdida de agua es mayor que la pérdida de sales minerales, ocurre después de consumir pequeñas cantidades de líquido, afecta apenas del 10 al 15% de la población, principalmente niños y ancianos, aunque también es común en deportistas que no están bien hidratados o que sufren un golpe de calor por exposición prolongada a la luz solar, en el cual se debería beber más agua. (Moreno & Zumba, 2022)

2.2.2. Hidratación

La hidratación es un aspecto esencial en la actividad física y en la salud, para estar bien hidratados se necesita en particular micro nutrientes, específicamente minerales cargados eléctricamente, o como se le conoce en el argot disciplinar, electrolitos, cuya función principal es desencadenar procesos de despolarización y repolarización iónica, para activar mecanismos de permeabilidad de la membrana celular, estimular acciones biológicas en las subestructuras celulares, y satisfacer las necesidades parciales de los órganos en congruencia a una demanda global del cuerpo humano, bien sea interna, propia o externa. Es de suma importancia recalcar que, la falta del ion sodio (Na^+) en sangre derivada de actividades extenuantes, puede provocar dificultades bioquímicas para los procesos de despolarización de la membrana celular, y obstáculos en el inicio de la contracción muscular desde las implicaciones más leves en la fisiología humana, pero desde lo crónico puede llegar a ocasionar edema pulmonar y hasta Accidentes Cerebro Vasculares, por la necesidad de reponer las concentraciones de Na^+ en las distintas células del cuerpo humano para su normal funcionamiento. Es trascendental mencionar que el agua es un hidratante universal y puede ser utilizada para reponer las pérdidas durante el ejercicio, sin embargo, elimina la sensación de sed antes de que se esté totalmente hidratado y no repone los minerales perdidos, además de que estimula más rápidamente la eliminación de líquidos por medio de la orina (Ramírez et al., 2020).

2.2.3. Bebidas para deportistas

Se encuentra en muchas publicaciones la definición de bebida para deportistas en todas ellas coinciden con la citada por Marqueta (2012) que indica que una bebida para deportistas son los preparados alimenticios con una composición específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos y prevenir la fatiga, además señala como definición rápida que una bebida deportiva ideal es la que sacia la sed, proporciona la energía y electrolitos suficientes, se absorbe rápidamente y tiene una buena palatabilidad.

En ese mismo sentido la norma mexicana NOM-218-SSA1-2011 define a las bebidas para deportistas como “las bebidas saborizadas no alcohólicas, que son elaboradas por la disolución de sales minerales, edulcorantes u otros ingredientes con el fin de reponer el agua, energía y electrolitos perdidos por el cuerpo humano durante el ejercicio.”

La NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 3837-1995 indica que una bebidas hidratantes y energéticas para la actividad física, el ejercicio y el deporte son “aquellas destinadas principalmente a calmar la sed y reemplazar el agua y los electrolitos perdidos durante el ejercicio físico, para mantener el equilibrio metabólico y suministrar fuentes de energía de fácil absorción y metabolismo rápido”

Por otra parte, las bebidas para deportista deben aportar suficientes hidratos de carbono para que puedan mantener una concentración de glucosa en sangre adecuada, lo que ayuda a retardar el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular y hepático; así mismo deben tener electrolitos sobre todo el sodio que es el que más se pierde por el sudor y reposición hídrica para evitar la deshidratación. a rehidratarse antes, durante o después del ejercicio (Palacios et al., 2012).

De forma genérica se puede establecer tres tipos de bebidas deportivas en dependencia de su contenido de partículas (carbohidratos, electrolitos, edulcorantes y preservantes) cuya concentración es expresada en osmoles de soluto por litro de solución a la que se le denomina osmolaridad. Se conoce que, en el plasma sanguíneo de una persona, las partículas se componen de sodio, proteínas y glucosa, estas partículas en la sangre tienen una osmolaridad de 280-330mOsm/kg, por lo tanto, las bebidas con una osmolaridad de 280-330mOsm/kg se dice que están en equilibrio con el fluido corporal y por ende se las denomina isotónicas (del griego: Iso= “Igual”). Los fluidos hipotónicos tienen menos partículas que la sangre y los hipertónicos tienen más partículas que la sangre (Segura, 2011).

En ese sentido, según su osmolalidad, las bebidas deportivas, son hipotónicas, isotónicas e hipertónicas, según Morán & Muñoz (2019) las define así:

Bebidas hipotónicas. Son bebidas que contienen menos de 4 g de azúcar por 100 ml o una osmolaridad por debajo de los 250 mOsm/L, son absorbidas fácilmente por el organismo, pero presentan baja aportación calórica. Es utilizada en entrenamientos poco intensos de menos de una hora de actividad, donde no se requieran reponer

electrolitos. El agua es el mejor ejemplo de bebida hipotónica, salvo aquellas ricas en minerales.

Bebidas hipertónicas. Estas bebidas son también conocidas como bebidas de carbohidratos porque presentan mayores concentraciones de azúcares pudiendo contener más de 8 g de azúcares por 100 ml o una osmolaridad mayor 340 mOsm/L; por lo tanto, el organismo las asimila más lentamente, y principalmente reponen energía en lugar de líquidos. Se la puede ingerir durante y después de la actividad física

Bebidas isotónicas. Son bebidas que contienen igual número de partículas de azúcar y electrolitos que los fluidos corporales, poseen entre 4 a 8 g de azúcar por 100 ml o una osmolaridad lo más parecida a la del plasma, entre 250 y 340 mOsm/L, y son absorbidas tanto o más rápido que el agua. Este tipo son las más requeridas en el campo deportivo, perfecta si el ejercicio fue intenso, debido a que otorgan un equilibrio idóneo entre la rehidratación y el reabastecimiento de carbohidratos y electrolitos perdidos

Cabe recalcar que, la osmolaridad plasmática es la concentración molar de todas las partículas osmóticamente activas en un litro de plasma. La osmolalidad plasmática es esta misma concentración, pero referida a 1 kilogramo de agua. Osmolaridad y osmolalidad son más o menos equivalentes para las soluciones muy diluidas (en este caso 1 kg corresponde a 1 litro de disolución) lo que no es el caso del plasma, ya que 1 litro de plasma contiene 930 ml de agua (proteínas y lípidos ocupan el 7% del volumen plasmático). En la práctica, se mide la osmolaridad con los osmómetros, que son instrumentos que miden el descenso del punto de congelación de una disolución por litro de solvente, mientras que la osmolalidad es el número de Osm por kilogramo de solvente (Fuentes & Cuevas, 2013).

2.2.4. Características y composición de las bebidas isotónicas

Las bebidas isotónicas aportan no solamente agua sino también carbohidratos y electrolitos, a la misma presión osmótica que en la sangre (330 miliosmoles/litro), reemplazando la pérdida de estos vitales elementos, asegurando un máximo rendimiento por más tiempo, No contienen ningún tipo de estimulante como la cafeína (Bejarano & Rodriguez, 2015). Por lo tanto, una bebida isotónica contiene:

Electrolitos, es toda sustancia con iones libres, capaz de transportar la corriente eléctrica y que se encuentra en forma de sólido fundido o presente en una disolución. Estas sustancias se encuentran diluidas en el plasma sanguíneo a manera de solutos, delimitando una concentración y osmolaridad capaz de mantener un pH óptimo para la función orgánica (Bustamante & Pardo 2013). Entre los electrolitos usados en las bebidas están:

Sodio, es el catión más abundante del cuerpo, encontrándose especialmente en el líquido extracelular en forma libre (67%), siendo escaso en el líquido intracelular (3%), y en forma fija, no intercambiable localizada en el hueso, cartílago y tejido conectivo (30%) (Alarcón, 2013).

Potasio, es uno de los principales iones del organismo alcanzando una concentración plasmática de 5 mEq/L (Corea, 2013).

Cloro, es el principal anión del líquido extracelular y se encuentra casi siempre unido al sodio en forma de cloruro de sodio, favoreciendo al mantenimiento de la presión osmótica de la sangre, además, participa en la neutralización de pH sanguíneo y el mantenimiento del equilibrio ácido base (Monckeberg et al., 2013).

Calcio, se requiere una ingesta diaria de 500 a 1000 mg de calcio elemental, es un ion importante para la formación de los huesos, interviniendo de manera activa en la coagulación sanguínea, reabsorción de la vitamina B12, transmisión sináptica y excitabilidad de las membranas (Corea, 2013).

Magnesio, interviene en procesos como la adhesión celular, regulación de la estructura ribosómica, transporte de membrana, síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, generación y transmisión del impulso nervioso, y contracción muscular" (Bustamante & Pardo, 2013).

Carbohidratos o hidratos de carbono, son moléculas que tienen como función primordial dotar de energía al cuerpo humano, a través de la formación de glucosa" (Mollinedo & Calderón, 2014)

En las tablas 1 y 2 se presenta los límites mínimos y máximos de los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe tener una bebida isotónica respectivamente.

2.2.5. Aminoácidos

Se puede definir a un aminoácido como una "molécula orgánica pequeña que contiene un grupo amino y un grupo carboxilo, y un átomo de hidrógeno" (Ripa, 2018)

Además, según Dimou et al (2022), un aminoácido esencial, es un aminoácido que el organismo no puede sintetizar desde cero con la suficiente rapidez, por lo tanto, para satisfacer su demanda debe provenir de la dieta. De los 21 aminoácidos comunes a todas las formas de vida, los nueve aminoácidos que los humanos no pueden sintetizar son fenilalanina, valina, treonina, triptófano, metionina, leucina, isoleucina, lisina e histidina. Por otra parte, los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), la valina, la leucina y la isoleucina, son aminoácidos esenciales que representan aproximadamente el 20-25 % de la mayoría de las proteínas dietéticas y constituyen alrededor del 35 % de los aminoácidos esenciales en los mamíferos, son ampliamente conocidos por el efecto anabólico sobre el metabolismo de las

proteínas, ya sea al promover la síntesis de proteínas musculares o al prevenir su descomposición o ambos, además de los efectos positivos sobre el metabolismo energético, la fatiga y el daño muscular durante el ejercicio, la suplementación con BCAA también puede tener efectos beneficiosos sobre el estado nutricional y los trastornos de desgaste muscular en muchas afecciones patológicas.

Tabla 1

Requisitos fisicoquímicos de las bebidas isotónicas

| Requisito | Límite mínimo | Límite máximo |
|---|----------------------|----------------------|
| Concentración osmótica, mOsm/L | 200 | 420 |
| Fuentes energéticas (carbohidratos), expresados como glucosa, % p/v | 3 | 6 |
| Sodio, Na ⁺ , meq/L | 10 | 20 |
| Cloruro, Cl ⁻ , meq/L | 10 | 12 |
| Potasio, K ⁺ , meq/L | 2,5 | 5 |
| Calcio, Ca ⁺⁺ , meq/L | - | 3 |
| Magnesio, Mg ⁺⁺ , meq/L | - | 1,2 |

Nota: mOsm/L=miliosmoles por cada litro; meq/L= Miliequivalentes por litro. Tomado de Norma Técnica Colombiana (NTC) 3837, 2009.

Tabla 2

Requisitos microbiológicos para la mezcla en polvo de las bebidas isotónicas.

| | n | m | M | c |
|---|----------|-------------|----------|----------|
| Recuento microorganismos aerobios mesófilos/g | 3 | Menor de 10 | - | 0 |
| N.M.P Coliformes/g | 3 | Menor de 3 | - | 0 |
| N.M.P Coliformes fecales/g | 3 | Menor de 3 | - | 0 |
| Esporas clostridium sulfito reductor/g | 3 | Menor de 10 | - | 0 |
| Hongos/ml y recuento de levaduras/g | 3 | Menor de 10 | - | 0 |

Nota: n = número de muestras del lote m = límite máximo permisible para identificar nivel de buena calidad M = límite máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable C = número de muestras defectuosas permitidas entre M y m. Tomado de Norma Técnica Colombiana (NTC) 3837, 2009.

2.2.6. Bebidas para deportistas existentes en el mercado

En el mercado existen diversas bebidas muy conocidas destinadas para deportistas tales como "Isostar en polvo", "Gatorade", "Powerade", "Up Grade" entre otras, pero cabe destacar que este tipo de bebidas únicamente ayudan a la hidratación del consumidor, por otro lado, existen bebidas que en su composición se encuentra un alto contenido en BCAA, a manera de ejemplo se puede mencionar a "Amino Drink", pero está destinada especialmente al crecimiento y mantenimiento de la masa muscular. Existe diferentes tipos de composiciones entre las bebidas comerciales como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3

Comparación de bebidas comerciales isotónicas

| | ISOSTA R | UP GRAD | POWERA DE | AQUARI US | GATORAD E | NUTR I | SANTIVE RI |
|---------------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| AZUCAR | | | | | | | |
| Fructosa (%) | 0,4 | 0,5 | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 2,8 | 7,1 |
| Glucosa (%) | 0,4 | 0,5 | 1,1 | 1,3 | 1,6 | 1,5 | 0,3 |
| Sacarosa (%) | 4,3 | 4,7 | 4,3 | 3,5 | 2,2 | * | 0,3 |
| Maltosa (%) | 1,0 | * | * | * | 0,6 | 0,5 | * |
| Total azúcares | 6,1 | 5,7 | 6,5 | 6,1 | 5,06 | 4,8 | 7,7 |
| (carbohidratos)sencillos | | | | | | | |
| Minerales mg/100 ml | | | | | | | |
| Sodio | 70,8 | 23,9 | 52,5 | 23,2 | 51,1 | 37,2 | 37,7 |
| Potasio | 18,4 | 7,5 | 5,6 | 2,1 | 15,8 | 30,1 | 32,2 |
| Magnesio | 12,7 | 2,1 | 2,1 | 0,3 | 5,3 | 3,4 | 6,8 |
| Calcio | 31,2 | 7,2 | 3,2 | 2,2 | 0,7 | 10,8 | 12,4 |
| Cloruros | 43,8 | 30,3 | 6,4 | 25,7 | 46,8 | 25,2 | 106,5 |
| Fosfatos | 41,0 | 17,6 | * | 5,6 | 25,0 | 65 | 12,3 |
| Colorantes (ppm) | | | | | | | |
| Amarillo quinoleína | 1,3 | * | * | * | 2,3 | 9,9 | * |
| Amarillo anaranjado (E-110) | 0,5 | * | * | * | * | * | * |
| Edulcorantes (ppm) | | | | | | | |
| Aspartamo (E-951) | * | * | * | * | * | 42,5 | * |
| Glucosa (E-950) | * | * | * | * | * | 42,2 | * |

Nota: () No contiene. Tomado de (Revista Consumer)*

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1. Tipo de Investigación.

El presente trabajo es una investigación cuantitativa experimental, en la que se manipuló la concentración de los componentes utilizados para lograr una osmolalidad que cumpliera con las características de una bebida isotónica.

3.2. Diseño de Investigación.

Se aplicó en su primera etapa un diseño de experimentos por mezcla¹ completamente al azar, para ello se evaluaron diecisiete ingredientes: Glicina, BCAA, fructosa, dextrosa, ácido cítrico, citrato de sodio, maltodextrina, carbonato de calcio, cloruro de potasio, fruta deshidratada de maracuyá, ácido ascórbico, estabilizante (E466), vitamina E, dióxido de silicio, sucralosa, colorante (E102,E110) y estevia, que representan las variables independientes (componentes), siendo la variable dependiente la osmolalidad (respuesta)

Para ello, se partió de una formulación base la cual fue entregada por la empresa NUTRION, se varió el porcentaje de todos los compuestos para alcanzar una osmolalidad de 200,4606 mosmol/L y una palatabilidad agradable, la misma que fue evaluada con el personal de la misma empresa, lo que permitió ir eliminando una a una las mezclas hasta alcanzar una formulación que cumpliera con los requisitos preestablecidos. Sin embargo, en el sabor existió recomendaciones importantes a tomar en cuenta, como es la necesidad de que la bebida fuera más dulce, pero conservando un nivel calórico bajo, una acidez comparable con una bebida isotónica del mercado y obtener una mezcla de los ingredientes sólidos lo más homogéneo posible. Es así, que se ajustó la fórmula base con las siguientes compuestos y características:

- Se agregó dextrosa, fructosa y maltodextrina como fuente energética, así como lo establece los requisitos generales de la NTC 3839.
- Se añadió glucósidos de esteviol (estevia) a la primera y segunda formulación por ser un edulcorante no calórico que es de 200 a 400 veces más dulce que la sacarosa. (Ballesteros, 2018).

¹ Diseño de Experimentos de mezclas se aplica cuando los factores experimentales a ser estudiados son ingredientes o componentes de una mezcla, la función de la respuesta típicamente depende sobre las proporciones relativas de cada componente, no de la cantidad absoluta. Puesto que las proporciones deben sumar una cantidad fija, generalmente un 100%, los factores no se pueden variar independientemente sobre algún control.

- Se adicionó glicina ya que según Jáuregui et al. (2013) previene la hipoxia y la formación de radicales libres y desempeña un papel importante en la estructura de ciertas proteínas.
- Debido a que en la formulación se encuentran sales minerales que a lo largo de las pruebas experimentales ha presentado una tendencia a la aglomeración, se aumentó el dióxido de silicio como agente antiaglomerante, tal como lo establece la norma general del Codex para los aditivos alimentarios (GSFA, Codex STAN 192-1995).
- Por último, se realizó diferentes pruebas dentro de la empresa utilizando varios saborizantes que permitieran enmascarar el sabor salado y astringente de la bebida, escogiendo el maracuyá en fruta deshidratada la que mejoró la palatabilidad del producto, además de que esta fruta es una fuente natural de vitaminas A, C y de minerales (potasio, fósforo y magnesio), al mismo tiempo que se destaca su efecto antioxidante. (Moreno, 2020)

Al final de los ensayos se obtuvo como resultado 3 alternativas o formulaciones, las mismas que se elaboraron por triplicado, cuyo proceso se describe a continuación.

1. **Desinfección de área:** Se utilizó la indumentaria apropiada (cofia, mascarilla, mandil blanco y guantes), se utilizó alcohol etílico al 70% y toallas de papel desechable para desinfectar el área de trabajo, del mismo modo se desinfectó los materiales y equipos necesarios.
2. **Recepción de materia prima:** Los reactivos y la materia prima fue transportada en recipientes herméticos a temperatura ambiente desde el almacén de aditivos de la empresa NUTRION hasta el laboratorio de Análisis y Control de Calidad de dicha empresa.
3. **Pesado de la materia prima y alimentación al recipiente mezclador:** En una balanza semi-analítica (marca Radwag de serie: PS 1000.x2), se pesó primero en el recipiente de polipropileno (mezclador) el ingrediente de mayor cantidad, posteriormente se adiciona el colorante y finamente uno a uno el resto de ingredientes, los mismos que van en orden decreciente en peso (durante todo el proceso de pesaje se cerró el mezclador para que no absorba humedad abriéndose únicamente para agregar cada ingrediente).
4. **Mezclado:** Se mezcló durante 20 minutos a 8 RPM (Revoluciones Por Minuto) mediante movimientos circulares.
5. **Inspección de control:** Con una espátula desinfectada se tomó muestras de 2,5 gramos la cual se analizó visualmente si tenía una correcta homogenización y, si el color y sabor después de disolver son homogéneos, si la mezcla aún no es homogénea se agita por un periodo de 10 minutos más.
6. **Etiquetado:** Se etiquetó el producto con un código para conocer la formulación a la que pertenece.
7. **Almacenamiento:** Se almacenó en un lugar seco y fresco a temperatura ambiente.

3.3. Técnicas de recolección de Datos

Los datos se obtuvieron mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en las 3 formulaciones y sus repeticiones tanto en el producto en polvo, como en la bebida reconstituida con 5 gramos del polvo base en 200 ml de agua, los parámetros analizado se indican en la tabla 4.

Para evaluar la aceptabilidad de los tres tratamientos se realizó una prueba de evaluación sensorial afectiva de preferencia, misma que se emplea para definir el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado por parte del consumidor. Para estas pruebas se recomienda un grupo de 60 panelistas, los cuales no necesariamente tienen que ser entrenados, pero de preferencia deben ser sujetos consumidores habituales (INTE/ISO 11136:2021).

3.4. Población de estudio y tamaño de muestra para el análisis sensorial

Para el análisis sensorial se consideró a deportistas comprendidos en un rango de edad entre 16 a 60 años que entrenan en el gimnasio "Full addiction gym" de la ciudad de Riobamba que para las fechas de ejecución de la encuesta se realizó a 60 deportistas.

3.5. Métodos de Análisis.

Los equipos y reactivos utilizados, así como los métodos de análisis, se indican en las tablas 4 y 5.

Tabla 4

Equipos y reactivos utilizados en el análisis de los tratamientos

| EQUIPOS | | REACTIVOS | |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Nombre: | Marca | Nombre: | Marca |
| Balanza semi-analítica | Radwag | Ftalato ácido de potasio PA-ISO | Panreac |
| Balanza analítica | MKLAB | Fenolftaleína al 0,1% | Merck |
| Balanza de humedad | Radwag | Hidróxido de Sodio | Fisher Chemical |
| Conductímetro | INDUSTRI | Plate Count Agar (PCA) | TM MEDIA |
| pH-metro | Hach | MacConkey Agar | TM MEDIA |
| Estufa | Thermo Fisher Scientific | Potato Dextrose Agar (PDA) | TM MEDIA |
| Incubador | Memmert | | |
| Autoclave | Tuttnauer | | |
| Campana de flujo laminar | Biobase | | |
| Mufla | VEE GEE Scientific | | |
| Bureta automática | Titrette | | |

Tabla 5*Métodos de análisis para la caracterización de la mezcla en polvo isotónica*

| Variable dependiente | Método de ensayo | Descripción |
|--|---|--|
| Humedad (en el producto en polvo) | NMX-F-428-1982 | El control de humedad en los alimentos es indispensable por razones que van desde la optimización económica de los recursos alimentarios hasta impedir la proliferación de microorganismos incluyendo la mejora de los propios procesos de almacenamiento (Benejam, 2019). |
| pH (en la bebida) | NTE INEN-ISO 10523 | Es la medida de acidez o alcalinidad de un alimento, un factor determinante para controlar el crecimiento bacteriano. Con un pH bajo (condiciones ácidas) se detiene el desarrollo de bacterias (Chavarrías, 2013). |
| Sólidos solubles totales (en la bebida) | NTE INEN 380 Primera revisión 1985-12 | Los sólidos solubles se componen por azúcares, sales, ácidos y otros compuestos solubles en agua que forman parte del alimento (Minoshka, 2016). |
| Salinidad (en la bebida) | | La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en agua (Luna, 2018). |
| Conductividad eléctrica (en la bebida) | NMX-AA-093-SCFI-2000 | En los líquidos, la conductividad está vinculada a la existencia de sales en etapa de solución ya que, con su disociación, se producen iones negativos y positivos que pueden trasladar la energía eléctrica cuando el líquido es sometido a un campo eléctrico. Dichos conductores iónicos reciben el nombre de electrolitos (Hernández, 2019). |
| Acidez (en la bebida) | NTE INEN-ISO 750:2013 | Es la cantidad de ácido libre que se encuentra en un alimento, que se determina a través de la valoración con un reactivo básico (Perez & Gardey, 2013). |
| Recuento de aerobios mesófilos totales, coliformes totales, mohos y levaduras (en la bebida) | ISO 4833-1:2013 | Enumeración de microorganismos que pueden crecer y formar colonias en un medio sólido después de una incubación aeróbica a 30 °C. El método es aplicable a productos destinados al consumo humano (ISO 4833-1:2013). |

Las fórmulas para el cálculo empleadas en los diferentes análisis son:

a. Humedad

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} * 100$$

Donde:

m = peso de la cápsula vacía (g)

m_1 = peso de la cápsula y la muestra antes del calentamiento (g)

m_2 = peso de la cápsula y la muestra después del calentamiento (g)

b. Acidez

$$\% \text{ acidez}_{(A.c)} = \frac{V_T * N_T * P.eq_{A.c} * 0,1}{W_m}$$

Donde:

V_T = Volumen del titulante (ml)

N_T = Normalidad del titulante

$P.eq_{a.c}$ = Peso equivalente del ácido cítrico (g/eq)

W_m = Peso de la muestra (g)

c. Recuento de UFC/g

$$\text{Numero de microorganismos} = \frac{\sum C}{V * 1,1 * d}$$

Donde:

$\sum C$: es la suma de las colonias contadas en dos placas de las dos diluciones consecutivas, de las cuales al menos una contiene un mínimo de 10 colonias.

V : es el volumen de inóculo utilizado en cada placa, en mililitros.

d : es la dilución correspondiente a la primera dilución elegida ($d = 1$ cuando se utiliza el producto líquido sin diluir).

d. Osmolaridad

$$\text{Osmolaridad} = \frac{n_{Osm}}{V_{sol}}$$

Donde:

n_{Osm} = es el número de osmoles presentes en la solución

V_{sol} = es el volumen de la solución expresado en litros.

El número de osmoles se calcula multiplicando el número de moles del soluto por el número de partículas en las cuales se disocia en solución.

$$\text{Número de osmoles en la solución } (n_{Osm\ sto.}) = i_{sto} * n_{sto} = i_{sto} * \frac{m_{sto.}}{MM_{sto.}}$$

Donde:

n_{sto} = número de moles del soluto (mol)

m_{sto} = masa del soluto (g)

MM_{sto} = masa molar del soluto (g/mol)

i_{sto} = coeficiente de Van 't Hoff del soluto.

Este coeficiente tiene un valor de 1 para los solutos no electrolitos (como la glucosa, por ejemplo). Para los electrolitos fuertes que se disocian completamente (como el cloruro de sodio, NaCl) el coeficiente de Van 't Hoff es igual al número total de iones en los que se disocia cada mol del compuesto.

e. Media muestral

Es el estimador usual de una media poblacional. Cabe acotar que diferentes muestras escogidas de la misma población tienden en general a dar distintos valores de medias muestrales. Se procedió a realizar el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Media muestral } (\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Siendo (X_1, X_2, \dots, X_n) el conjunto de observaciones

f. Desviación estándar

Es una medida que se utiliza para cuantificar la variación o dispersión de un conjunto de datos numéricos. Se procedió a realizar el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Desviación estándar } (S) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

g. Error estándar de la media

El error estándar de la media es la desviación estándar de todas las posibles muestras (de un tamaño dado) escogidos de esa población. Permite cuantificar la incertidumbre en torno a una estimación de la media. Se procedió a realizar el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Error estándar de la media } (S_{\bar{x}}) = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

h. Prueba de Friedman

Es una prueba no paramétrica equivalente a la prueba ANOVA para medidas repetidas, el método consiste en ordenar los datos por filas o bloques, reemplazándolos por su respectivo orden. Se procedió a realizar el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Prueba de Friedman} = \left[\frac{12}{nk(k+1)} \sum_{i=1}^k R_i^2 \right] - 3n(k+1)$$

3.6. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos en la experimentación fueron evaluados mediante el software Infostat a través de técnicas estadísticas.

Se aplicó el análisis de varianza ANOVA y prueba de Tukey con los resultados de las variables dependientes para examinar las diferencias entre las medias de los tratamientos propuestos.

Se elaboró distintos gráficos en donde se muestra las medias y el error estándar de los parámetros evaluados.

Adicionalmente, se empleó la estadística no paramétrica utilizando la prueba de Friedman para demostrar el reconocimiento por los evaluadores, en los resultados de la evaluación sensorial afectiva de preferencia.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Formulación de la mezcla en polvo con electrolitos y BCAA.

Debido a que se trata de un proyecto solicitado y financiado por la empresa NUTRION las formulaciones son de propiedad de ésta por lo que en este documento no se exponen las mismas, sin embargo, en la tabla 6 se indican los resultados de la osmolaridad por litro en los tratamientos.

Tabla 6
Osmolaridad de los tres tratamientos

| Ingredientes | Tratamiento 1 (mOsmoles/L) | Tratamiento 2 (mOsmoles/L) | Tratamiento 3 (mOsmoles/L) |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Glicina | 50,95 | 38,30 | 50,62 |
| Leucina | 12,75 | 11,70 | 12,61 |
| Isoleucina | 6,40 | 5,85 | 6,30 |
| Valina | 7,30 | 6,70 | 7,19 |
| Fructosa | 20,12 | 20,12 | 20,12 |
| Dextrosa | 18,73 | 18,73 | 18,73 |
| Ácido Cítrico | 58,30 | 116,60 | 59,86 |
| Citrato De Sodio | 31,00 | 31,00 | 31,00 |
| Maltodextrina | 3,20 | 0,15 | 3,17 |
| Carbonato de calcio | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| Cloruro de potasio | 28,30 | 28,30 | 30,18 |
| Ácido ascórbico | 2,84 | 2,84 | 2,84 |
| Carboximetilcelulosa | 0,65 | 0,65 | 0,65 |
| Vitamina E | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Dióxido de silicio | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| Sucralosa | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Estevia | 0,05 | 0,05 | 0,00 |
| Osmolaridad calculada (mOsmol/L): | 272,20 | 312,58 | 274,86 |

Nota. () No contiene*

Se debe recalcar que los pesos de cada uno de los ingredientes en las 3 repeticiones fueron exactamente los mismos, esto debido a que se prepararon en cantidades de 100 gamos lo que la osmolaridad final calculada y redondeada de los tratamientos 1, 2 y 3 fue de 272 mOsmol/L, 313mOsmol/L y 275 mOsmol/L respectivamente por lo cual los tres tratamientos cumplieron con el rango permisible de concentración osmótica según la NTC 3837 y el rango establecido en el concepto dado por Moran & Muñoz (2019) que indica que una bebida isotónicas debe tener una osmolaridad lo más parecida a la del plasma, entre 250 y 340 mOsm/L, y son absorbidas tanto o más rápido que el agua.

En relación a la osmolaridad, en la tabla 7 se indica la osmolaridad de estudios investigativos (tesis y artículos científicos) con marcas comerciales encontradas en el mercado actual.

Tabla 7
Comparativa de estudios investigativos y marcas comerciales

| Estudios investigativos | Concentración osmótica (mOsmol/L) | Marcas comerciales | Concentración osmótica (mOsmol/L) |
|--|--|---------------------------|--|
| "Evaluación del contenido electrolítico de la sandía para la elaboración de una bebida hidratante" (Pérez et al., 2021) | 305 - 328 | Powerade | 200 - 420 |
| "Formulación de una bebida isotónica a partir del permeado concentrado hidrolizado de la leche de vaca" (Mercado, 2022). | 250 | Gatorade | 280 - 400 |
| "Formulación y elaboración de una bebida isotónica utilizando diferentes concentraciones de (sacarosa, cloruro de sodio, citrato de sodio, y citrato de potasio) a partir de jugo natural de naranja" (Molina & Tul, 2021) | 309.75 | Aquarius | 406 |
| "Desarrollo de una Bebida Hidratante Elaborada a Base de Agua de Coco y Suero de Leche Siguiendo la Normativa Para Bebidas Isotónicas" (Murillo, 2015). | * | Biosolan High sport | 302 |
| "Formulación y caracterización de una bebida rehidratante a partir de zumo de aguaymanto (<i>Physallis peruviana</i>) elaborado para agroindustria la Morina" (Bejarano & Rodríguez, 2015). | * | Continente | 483 |
| "Elaboración de una bebida isotónica a partir del extracto del desecho agroindustrial (cáscara) del <i>Camu camu</i> (<i>Myrciaria dubia</i> Mc. Vaugh H.B.K.)" (García, 2015). | * | Hacendado | 491 |
| "Efecto de dosis de lactasa y sacarosa como edulcorante en la obtención de una bebida isotónica a partir del lactosuero dulce" (Intriago & Vera, 2017). | * | Isostar | 325 |

Nota. (*) No contiene información. Las concentraciones osmóticas de las marcas comerciales Powerade y Gatorade fueron obtenidas de: Pérez et al. (2021). Las concentraciones osmóticas del resto de marcas comerciales fueron obtenidas de: Vitoria et al. (2002).

De los resultados expuestos en la tabla 7, se puede decir que la mayoría de ellos no presentan cálculos osmóticos los cuales son fundamentales para afirmar que son bebidas isotónicas, por otro lado, todas las investigaciones anteriormente descritas que contienen información de la osmolaridad se encuentran dentro de la NTC3837, además es de suma importancia resaltar que inclusive no todas las marcas comerciales se encuentran dentro del rango permisible de osmolaridad (200-420 mOsm/L), tal es el caso de las marcas Continente y Hacendado que contienen más de 420 mOsm/L. Paralelamente, se puede señalar que los tratamientos obtenidos se asemejan a la marca Powerade en cuestión de osmolaridad, no obstante, la concentración osmótica de los mismos es relativamente baja en comparación con los demás estudios investigativos y marcas comerciales, cabe considerar por otra parte que si se compara entre marcas comerciales se puede concluir que existe una alta variabilidad de osmolaridad entre ellas.

4.2. Análisis fisicoquímicos y microbiológico de los tratamientos

Cada tratamiento fue sometido a análisis para determinar sus características fisicoquímicas y microbiológicas, en la tabla 8 y 10 se indican los resultados (promedios) de los parámetros realizados para evaluar la calidad de los productos.

Tabla 8.

Características Fisicoquímicas de los Tratamientos

| Tratamiento | Humedad* (%) | pH | Acidez titulable (%) | Sólidos solubles (°Bx) | Salinidad (ppm) | Conductividad (µS/cm) |
|-------------|-----------------|------|----------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | 2,73 | 4,93 | 5,32 | 2,5 | 1670 | 3321,11 |
| 2 | 2,92 | 4,19 | 13,74 | 2,2 | 1882,22 | 3743,33 |
| 3 | 2,73 | 5,05 | 5 | 2,2 | 1736,67 | 3497,78 |

Nota. La humedad es determinada en la mezcla sólida, mientras que los demás parámetros son en la bebida reconstruida. La acidez titulable esta expresada en % como ácido cítrico

Tabla 9.

Análisis microbiológico de los tratamientos

| Tratamiento | Recuento aerobios mesófilos (UFC/g) | Lim. máx. permisible NTC3837 | Recuento coliformes (UFC/g) | Lim. máx. permisible NTC3837 | Recuento hongos y levaduras (UFC/g) | Lim. máx. permisible NTC3837 |
|-------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|
| 1 | 1 | | Ausencia | | Ausencia | |
| 2 | Ausencia | >10 | Ausencia | >3 | Ausencia | >10 |
| 3 | 2 | | Ausencia | | 1 | |

Nota. Lim. máx = Límite máximo.

Debido a que el análisis de humedad se lo realizó del polvo isotónico y al no existir investigaciones que realicen mezclas en polvo isotónicas se tomó como referencia a la norma de bases para bebidas (en polvo) en la cual establece que para bebidas tipo III (Endulzado con edulcorante no nutritivo) formula (Fortificado con ácido ascórbico y calcio) el valor máximo de humedad es de 5% según la USDA (The U.S. Department of Agriculture), por tanto, se puede observar en la tabla que los valores no sobrepasan el límite máximo establecido por esta entidad, en este mismo sentido el valor está por debajo del máximo permitido según la norma NTE INEN 2471- 2017 MEZCLAS EN POLVO PARA PREPARAR BEBIDAS, que indica tener una fracción másica máxima de humedad del 6 %.

Con respecto al pH según la tesis de Pérez et al. (2021) obtuvieron en sus 9 tratamientos un rango de pH de 4,20 a 4,40; mientras que en la investigación de Molina & Tul (2021) obtuvieron 3,73 de pH, por último, según Murillo (2021) en su trabajo investigativo obtuvo en sus 5 tratamientos un pH de 6,5 a 6,6; se puede concluir que se encuentra dentro del rango de los trabajos de investigación antes mencionados.

Del parámetro acidez, se puede destacar la investigación de Molina & Tul (2021) quienes obtuvieron una acidez de 0.98% expresado como ácido cítrico, cabe mencionar que esta investigación utiliza en su formulación 0,043% de ácido cítrico y un 75% de jugo de naranja, por otro lado, se puede señalar la investigación de Bejarano & Rodríguez (2015) quienes obtuvieron una acidez de 0.282% a 0.477% expresado como ácido cítrico, cabe mencionar que de igual manera esta bebida es obtenida del zumo de Aguaymanto, por otra parte si se compara estas investigaciones con la acidez obtenida en los tratamientos, existe una gran diferencia entre ellas, principalmente porque se añadió ácido cítrico en un porcentaje mayor al de las investigaciones, por otro lado.

Por otra parte, se debe resaltar que el tratamiento más ácido es el tratamiento 2 debido a la naturaleza de su formulación ya que contiene un mayor porcentaje de ácido cítrico que los demás tratamientos

Con relación a los sólidos totales, de acuerdo a Molina & Tul (2021) obtuvieron 7°Bx, por otra parte, en el artículo de Pérez et al. (2021) obtuvieron un rango de 9,3 a 14,8°Bx en sus 9 tratamientos, así mismo se puede mencionar a Mercado (2022) quien obtuvo 9,40°Bx, al comparar los tratamientos obtenidos con las investigaciones, se puede notar que se obtuvo una menor concentración de sólidos solubles esto se puede deber principalmente a que las investigaciones anteriormente mencionadas (excepto la de Molina & Tul, 2021), corresponden a bebidas isotónicas a base de una materia prima provenientes de hortalizas, o frutas mientras que la de la presente investigación se diferencia porque utiliza a las sales como materia prima, por tal razón el contenido de sólidos solubles es menor, también se puede notar que justamente la investigación que es similar a la presente, refleja los resultados más bajos si se compara las anteriores investigaciones. Al comparar los brix del Gatorade este tiene valores de 2,2; 1,8 y

1,6% para los sabores de manzana, uva y tropical respectivamente, estando en este rango las bebidas de esta investigación

Con respecto a la salinidad y conductividad no existe información en ninguna norma o estudios investigativos, por lo tanto se comparó los resultados obtenidos en esta investigación con valores analizados bajo las mismas condiciones y métodos de muestras comercializadas como bebidas para deportistas, así, el Gatorade sabores manzana, uva y tropical dieron valores de 2300, 2240 y 2220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, de igual manera se analizó Revo Drink un polvo granulado con sabor a Fruit Punch que al mezclarlo con agua dio una conductividad 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de una muestra de Liquid I.V bebida en polvo muy comercializada entre los atletas que tiene una conductividad 5790 $\mu\text{S}/\text{cm}$, concluyendo que los electrolitos en los 3 tratamientos están en concordancia con bebidas de uso para deportistas.

En cuanto al análisis microbiológico demostró que los tratamientos cumplen con la norma establecida para este requisito, dado que los resultados se encuentran dentro de los índices de calidad microbiológica, lo que lo hace un producto inocuo para el consumo humano.

4.3. Análisis de estabilidad de los productos

Se realizó un análisis de estabilidad de los tres tratamientos para determinar el tiempo de vida útil, por lo cual, se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento hasta el día 32, los datos obtenidos fueron sometidos a un contraste de normalidad, donde se pudo identificar que los mismos se ajustan a una ley normal, por ende, se aplicó el análisis de varianza paramétrico (ANOVA) con diseño de bloques completos al azar.

Se evaluó cada parámetro en función a los tratamientos (T1, T2, T3) para determinar si son iguales entre ellos. También se evaluó cada parámetro en función del tiempo para observar si existe variaciones a lo largo de los días. Los resultados se muestran tabla 10 cuyos valores y mediante el análisis de varianza, reflejan que los tres tratamientos son estadísticamente iguales en la humedad. Por otra parte, las variables: pH, recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, presentan un igual comportamiento en función del tiempo, cabe destacar que los sólidos solubles y el recuento de coliformes totales son iguales tanto en función de los tratamientos como en función del tiempo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, también se pudo identificar que los tratamientos y los bloques (tiempo) difieren entre sí para los demás parámetros, por tal razón se procedió a aplicar la prueba estadística de comparación de medias (Tukey) para dichas variables cuyos resultados se encuentran en la tabla 11 y 12.

Tabla 10
Análisis de varianza por bloques al azar

| Parámetros | P. valor | Decisión | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|---|
| Humedad | Tratamientos | 0,5563 | Las medias de los tratamientos son iguales |
| | Bloques | 0,0049 | Al menos uno de los bloques es diferente |
| pH | Tratamientos | <0,0001 | Al menos uno de los tratamientos es diferente |
| | Bloques | 0,1541 | Las medias de los bloques son iguales |
| Solidos solubles | Tratamientos | 0,5489 | Las medias de los tratamientos son iguales |
| | Bloques | 0,0824 | Las medias de los bloques son iguales |
| Salinidad | Tratamientos | 0,0006 | Al menos uno de los tratamientos es diferente |
| | Bloques | 0,0022 | Al menos uno de los bloques es diferente |
| Conductividad | Tratamientos | 0,0006 | Al menos uno de los tratamientos es diferente |
| | Bloques | 0,0019 | Al menos uno de los bloques es diferente |
| Acidez | Tratamientos | <0,0001 | Al menos uno de los tratamientos es diferente |
| | Bloques | 0,0191 | Al menos uno de los bloques es diferente |
| Aerobios mesófilos | Tratamientos | 0,0122 | Al menos uno de los tratamientos es diferente |
| | Bloques | 0,7627 | Las medias de los bloques son iguales |
| Coliformes totales | Tratamientos | 0,6886 | Las medias de los tratamientos son iguales |
| | Bloques | 0,4217 | Las medias de los bloques son iguales |
| Mohos y levaduras | Tratamientos | 0,0024 | Al menos uno de los tratamientos es diferente |
| | Bloques | 0,5876 | Las medias de los bloques son iguales |

Nota. "p valor"= estadístico de prueba

Tabla 11.
Media y error estándar de los tratamientos

| T | pH | Salinidad | Conductividad | Acidez | Aerobios mesófilos | Mohos y levaduras |
|----------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 5,03±0,04 ^b | 1712,80±43,36 ^a | 3438,40±84,16 ^a | 5,74±0,51 ^a | 11,87±1,86 ^b | 3,80±0,63 ^b |
| 2 | 4,16±0,04 ^a | 1973,40±43,36 ^b | 3942,73±84,16 ^b | 13,59±0,51 ^b | 4,27±1,86 ^a | 1,60±0,63 ^a |
| 3 | 4,99±0,04 ^b | 1820,20±43,36 ^a | 3687,13±84,16 ^{ab} | 5,09±0,51 ^a | 10,93±1,86 ^b | 4,87±0,63 ^b |

Nota. T= tratamiento. Promedios con letra diferente son significativamente diferente, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Mediante la comparación de medias por Tukey se determinó el efecto de los tratamientos en cada una de las variables, puesto que, las concentraciones de algunos ingredientes fueron diferentes en cada una de las formulaciones.

Se puede observar que el tratamiento 2 presenta un comportamiento diferente al tratamiento 1 y 3 en los parámetros evaluados en la tabla 11, siendo éste el mejor tratamiento puesto que presenta un mayor valor en acidez y, por tanto, un menor valor en pH, lo que permite la conservación del producto, por tal razón en cuanto a los análisis microbiológicos (aerobios mesófilos, mohos y levaduras) se puede evidenciar claramente que presenta un menor recuento de microorganismos. Además, en cuanto a la salinidad y conductividad se puede notar que presenta un mayor valor.

Cabe mencionar que, a pesar de que se identifican grupos diferentes de manera estadística, los tres tratamientos hasta el último día evaluado se encuentran dentro del rango permitido por la NTC3837 en cuestión de los parámetros exigidos por esa norma.

Tabla 12.

Media y error estándar del tiempo

| Días | Humedad | Salinidad | Conductividad | Acidez |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 0 | 2,79±0,08 ^a | 1763,00±55,98 ^a | 3520,67±108,65 ^a | 8,02±0,66 ^{ab} |
| 8 | 2,86±0,08 ^a | 1813,22±55,98 ^a | 3660,00±108,65 ^a | 6,99±0,66 ^a |
| 16 | 3,11±0,08 ^{ab} | 1710,78±55,98 ^a | 3472,22±108,65 ^a | 6,98±0,66 ^a |
| 24 | 3,14±0,08 ^b | 1848,67±55,98 ^{ab} | 3692,56±108,65 ^{ab} | 9,61±0,66 ^b |
| 32 | 3,19±0,08 ^b | 20141,67±55,98 ^b | 4101,67±108,65 ^b | 9,12±0,66 ^b |

Nota. media ± error estándar. Promedios con letra diferente son significativamente diferente, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%

Mediante la comparación de medias por Tukey se pudo determinar que la humedad y la acidez son estadísticamente iguales hasta el día 16 mientras que la salinidad y conductividad son estadísticamente iguales hasta el día 24.

Se puede observar que la humedad va incrementando a lo largo del tiempo, esto podría deberse a que existen ingredientes que son higroscópicos en la formulación como es el caso de la fruta deshidratada de maracuyá, la cual podría estar absorbiendo la humedad del ambiente, por tal razón se observa el incremento, tal y como se demuestra en el anexo 2, por otro lado, es muy importante resaltar que pese a este incremento, desde el primer hasta el último día analizado cumple con la normativa establecida por la USDA en las bebidas en polvo, además con respecto a la acidez se encuentra dentro del rango de las investigaciones previas mencionadas y comparadas en esta presente investigación, finalmente se puede deducir con los datos obtenidos

de salinidad y conductividad que no existió una buena homogenización en la mezcla motivo por el cual en el último día evaluado se presenta una mayor cantidad en salinidad y conductividad, esto debido a que al existir una mala homogenización se pudo haber tomado una muestra con mayor contenido de sales, por tal razón se ve reflejado el aumento en la salinidad, cabe mencionar que la conductividad es directamente proporcional a la salinidad, debido a que mide la conductancia eléctrica de las sales, por lo cual incrementó de la misma manera.

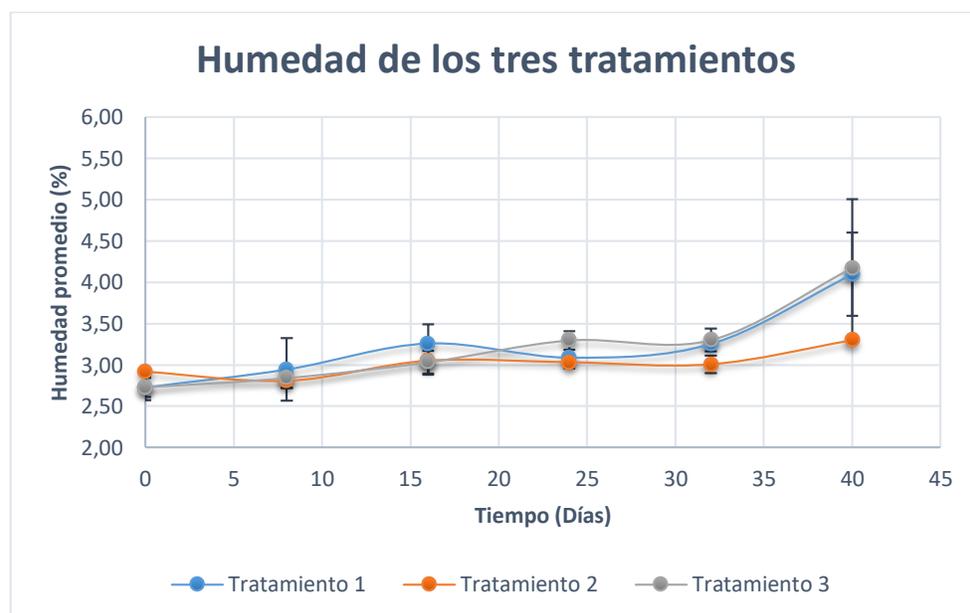
Gráfico de medias de cada parámetro

Con el objetivo de visualizar la estabilidad de los 3 tratamientos se grafican las medias de los resultados obtenidos de las determinaciones de la humedad, acidez, pH, salinidad y conductividad de cada uno de los tratamientos en función del tiempo.

- **Humedad**

Figura 1

Promedio de humedad de los tratamientos en función del tiempo

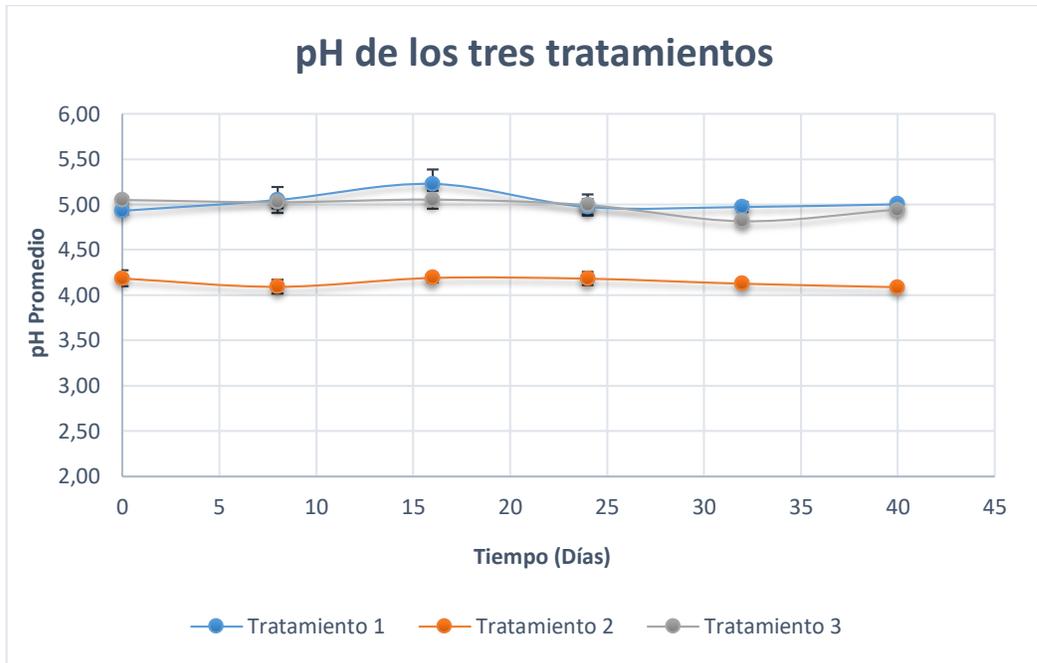


Según el gráfico de medias, se puede afirmar que la humedad va aumentando progresivamente a lo largo del tiempo en cada tratamiento con una variación muy pequeña iniciando con una humedad menor de 3% y llegando al día 40 a alcanzar un máximo de 4,2 para el tratamiento 1 y 3, valor que aún está por debajo del máximo permitido según la norma NTE INEN 2471- 2017 Mezclas en polvo para preparar bebidas, que indica tener una fracción másica máxima de humedad del 6 %.

- **pH**

Figura 2

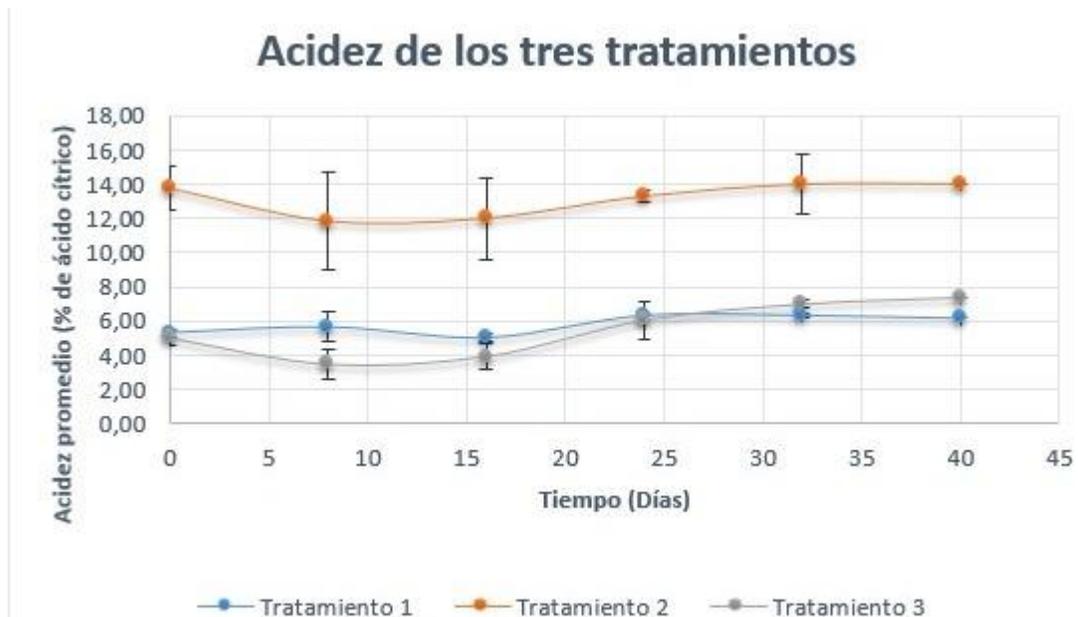
Promedio de pH de los tratamientos en función del tiempo



- **Acidez**

Figura 3

Promedio de acidez de los tratamientos en función del tiempo.

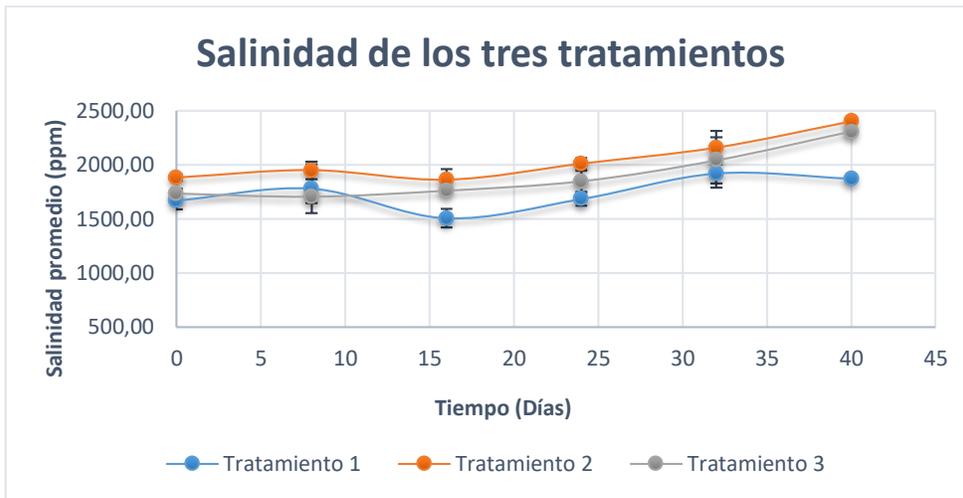


Según el gráfico de medias, se puede notar que el comportamiento del pH y la acidez son parámetros directamente proporcionales, también se puede afirmar que el tratamiento 2 es diferente en relación a los demás tratamientos, debido a que este contiene en su formulación más ácido cítrico.

- **Salinidad**

Figura 4

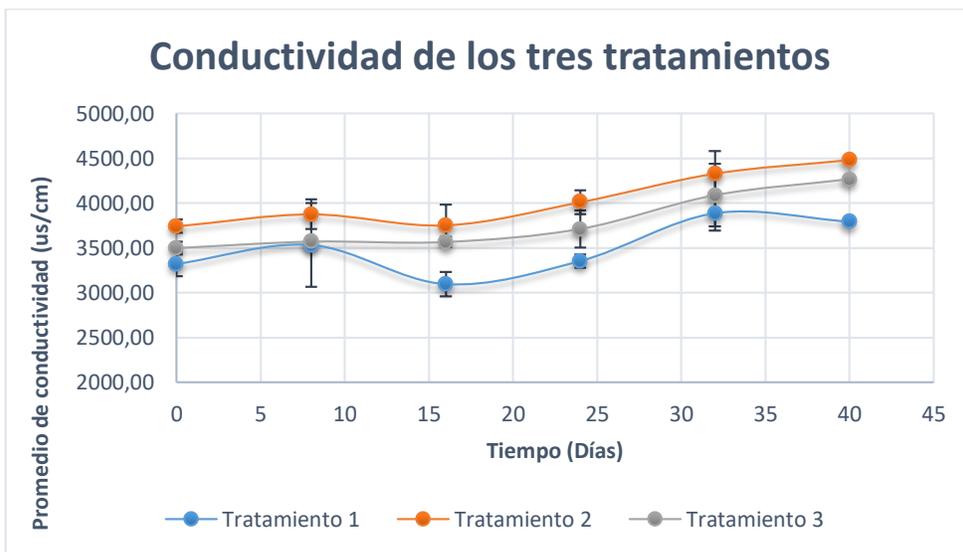
Promedio de salinidad de los tratamientos en función del tiempo.



- **Conductividad**

Figura 5.

Promedio de conductividad de los tratamientos en función del tiempo.



En la figura 4 y 5, se puede notar que la salinidad y la conductividad son parámetros directamente proporcionales y se afirma que el tratamiento 2 presenta un comportamiento diferente en dichos parámetros.

4.4. Evaluación de la aceptabilidad de la bebida mediante pruebas de degustación.

La prueba de degustación se realizó a 60 panelistas mediante dos tipos de fichas, la ficha tipo "A" y la ficha tipo "B", que contuvieron diferentes códigos aleatorios tal y como se indican en la figura 6 y 7 respectivamente.

Figura 6.

Ficha de degustación tipo "A".



Carrera de Agroindustria
FACULTAD DE INGENIERÍA



Boleta N° _____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Agradecemos su participación para lanzar al mercado una bebida hidratante con contenido de aminoácidos.

Edad:

- menor de 18 años
- de 19 a 24 años
- de 25 a 30 años
- de 31 a 40 años
- de 40 a 50 años
- mayor de 50 años

INSTRUCCIONES:

Por favor, deguste las muestras de izquierda a derecha. Enumere del 1 al 3 según el grado de preferencia de las muestras entregadas. Usando las siguientes categorías:

1= más preferida, 3= menos preferida

| MUESTRA | W9A | E3S | I2U |
|------------|-----|-----|-----|
| VALORACIÓN | | | |



Av. Antonio José de Sucre, Km. 1.5
Teléfono (593-3) 373-0880, ext. 1416
Riobamba - Ecuador
Unach.edu.ec
en movimiento

Figura 7.
Ficha de degustación tipo "B".



Carrera de Agroindustria
FACULTAD DE INGENIERÍA



Boleta N° _____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Agradecemos su participación para lanzar al mercado una bebida hidratante con contenido de aminoácidos.

Edad:

- menor de 18 años
- de 19 a 24 años
- de 25 a 30 años
- de 31 a 40 años
- de 40 a 50 años
- mayor de 50 años

INSTRUCCIONES:

Por favor, deguste las muestras de izquierda a derecha. Enumere del 1 al 3 según el grado de preferencia de las muestras entregadas. Usando las siguientes categorías:
 1= más preferida, 3= menos preferida

| MUESTRA | N9T | B7F | L4Y |
|------------|-----|-----|-----|
| VALORACIÓN | | | |






Av. Antonio José de Sucre, Km. 1
 Teléfono (593-3) 373-0880, ext. 1.
 Riobamba - Ecuador
Unach.edu.ec
en movimiento

Cabe mencionar que el tratamiento 1 se codificó como "E3S" y "L4Y", el tratamiento 2 se identificó como "W9A" y "B7F", y finalmente el tratamiento 3 se codificó como "I2U" y "N9T". Posteriormente se obtuvo los resultados obtenidos en la figura 8.

Figura 8.
Porcentaje del tratamiento más aceptado por los panelistas.



Como se puede observar en la figura anterior, el tratamiento más preferido por los panelistas fue el 2, seguido del 1 y finalmente el menos aceptado fue el 3.

Además, se consideró la edad de los panelistas para poder segmentar el mercado objetivo. Los resultados se presentan en la figura 9.

Figura 9.

Porcentaje del rango de edad de los encuestados.



Como se puede observar en la figura, el mayor porcentaje del rango de edad de los encuestados corresponde a deportistas entre 19 a 24 años, en segundo lugar, se encuentran deportistas menores a 18 años y finalmente, el tercer lugar corresponde a deportistas mayores a 50 años.

Resumiendo lo planteado, el tratamiento más preferido por deportistas, en su mayoría de 19 a 24 años, fue el tratamiento 2 que contiene el doble de ácido cítrico que las demás formulaciones.

Test de Friedman para las pruebas de degustación

Se realizó el análisis de varianza por rangos (Friedman) para determinar significancias estadísticas en función del reconocimiento por preferencia de los tratamientos evaluados en la prueba de aceptabilidad

Hipótesis Nula y Alternativa:

H₀= No existe diferencia en la preferencia de los panelistas para los 3 tratamientos.

H₁= Existe diferencia en la preferencia de los panelistas para los 3 tratamientos.

Test de Friedman (Fr): 18,68

Tabla 13

Valores críticos para la prueba estadística de Friedman

| k | N | $\alpha \leq 0,10$ | $\alpha \leq 0,05$ | $\alpha \leq 0,01$ |
|----------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 3 | 60 | 4,61 | 5,99 | 9,21 |

Nota. Valores críticos para la prueba estadística de análisis de varianza bifactorial por rangos de Friedman. k=número de condiciones, N=cantidad de sujetos, α =nivel de significancia.

Dado que el valor de Fr (18,68) es mayor que el valor crítico (5,99) para un nivel de significancia de 0,05; se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, existe diferencia en la preferencia de los panelistas para los 3 tratamientos.

4.5 Ficha técnica del producto

En la figura 10 se presenta la propuesta de la ficha técnica en cuanto al contenido y presentación.

Figura 10.
Ficha técnica



NUTRIÓN
 NUTRICIÓN DEPORTIVA

**BE NUTRIÓN
 BE A WINNER**

FICHA TÉCNICA BEBIDA ISOTÓNICA EN POLVO

DESCRIPCIÓN E INGREDIENTES

| Antecedentes Generales | |
|------------------------|--|
| Nombre del Fabricante | NUTRION |
| Dirección | Riobamba; Panamericana Norte, km1, sector Santa Ana. |
| Nombre del producto | Bebida isotónica en polvo |

MEZCLA EN POLVO ISOTÓNICA PARA PREPARAR BEBIDA HIDRATANTE ENRIQUECIDA CON BCAA PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA, EL EJERCICIO Y EL DEPORTE, BEBIDA A BASE DE: L-Glicina, mezcla de aminoácidos de cadena ramificada (L-leucina, L-isoleucina, L-Valina), fructosa, dextrosa, ácido cítrico, citrato de sodio, maltodextrina, carbonato de calcio, cloruro de potasio, fruta deshidratada de maracuyá, vitamina C, estabilizante (E466), vitamina E, antiaglomerante (E511), edulcorante sintético (E955), edulcorante natural (E960), y colorante citrus (E102, E110).

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

| Parámetro | Especificaciones |
|-----------|----------------------------------|
| Aspecto | Polvo fino |
| Color | Característico a maracuyá |
| Sabor | Ácido, Característico a maracuyá |
| Olor | Amarillo claro |

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS MÁS RELEVANTES

| Parámetro | Especificaciones |
|-------------------------------------|------------------|
| Humedad (%) | 3 |
| pH | 4 |
| Sólidos solubles (°Bx) | 2 |
| Salinidad (ppm) | 1880 |
| Conductividad (µS/cm) | 3740 |
| Acidez titulable (% ácido cítrico.) | 14 |
| Osmolaridad (mosmol/L): | 313 |

Nota: °Bx= grados brix, ppm= partes por millón,
 µS/cm microSiemens/centímetro, mOsm/L= miliosmoles por cada litro

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

| Parámetro | Especificaciones |
|---|------------------|
| Recuento de aerobios mesófilos UFC / g | Ausencia |
| Recuento de coliformes UFC / g | Ausencia |
| Recuento de hongos y levaduras UPC/g | Ausencia |

UFC = unidades Formadoras de Colonias; UPC = Unidades Propagadoras de Colonias

INFORMACIÓN NUTRICIONAL

| Porción: 5 gramos Porciones por envase: 100 | Por porción |
|--|-------------|
| Aminoácidos de cadena ramificada | |
| L-Leucina | 307mg |
| L-Isoleucina | 153mg |
| L-valina | 157mg |
| Azúcares | |
| Azúcares totales | 1,4g |
| Contenido de minerales | |
| Sodio | 107mg |
| Potasio | 111mg |
| Calcio | 120mg |

Sodio Na⁺ 23 mEq/L
Osmolaridad 200 mosmol/L

CONSUMO

PREFERENTE

UNA VEZ ABIERTO EL RECIPIENTE SE RECOMIENDA CONSUMIR HASTA LOS 2 MESES

CONDICIONES

DE ALMACENAMIENTO

· AMBIENTE LIMPIO, FRESCO, SECO Y PROTEGIDO DE AROMAS AGRESIVOS.

· PROTEGIDO DE LA LUZ DIRECTA DEL SOL. BAJO TECHO.

· UNA VEZ PREPARADO EL PRODUCTO CONSUMIR MÁXIMO HASTA 24 HORAS DESPUÉS.

USO

PREVISTO

· ALIMENTO PARA DEPORTISTAS CON ADICIÓN DE ELECTROLITOS Y AMINOÁCIDOS DE CADENA RAMIFICADA.

· APTO PARA EL CONSUMO INMEDIATO, NO REQUIERE TRATAMIENTO PREVIO.

CARACTERÍSTICAS

PRODUCTO FINAL

· ÉSTE PRODUCTO CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS, EN CUÁNTO A SUS CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS, QUÍMICAS Y FÍSICAS PERTINENTES PARA LA INOCUIDAD DEL PRODUCTO, SEGÚN LO ESTABLECIDO EN LA (NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3837)

USO
ESPERADO

PRODUCTO DE CONSUMO DIRECTO, PREFERIBLEMENTE REFRIGERADO.
LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO PUEDEN ESTAR
ALTERADAS PASADA LA FECHA DE CONSUMO PREFERENTE..

MODO DE
PREPARACIÓN

MODO DE PREPARACIÓN



1. Colocar 200 ml de agua apta para el consumo

2. Tomar 1 scoop (5g) de la mezcla en polvo isotónica

3. Colocar el scoop en el vaso con agua

4. Agitar durante 1 minuto

5. Consumir

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se formularon tres tratamientos de mezclas en polvo isotónicas con adición de BCAA las cuales obtuvieron una osmolaridad de 272 mOsmol/L, 313 mOsmol/L y de 275 mosmol/L para el tratamiento 1, 2 y 3 respectivamente, aporte de minerales (Sodio, Potasio y Calcio), aminoácidos de cadena ramificada (L-Leucina, Isoleucina y L-valina) y azúcares, cumpliendo con las características de una bebida isotónica, cuya la finalidad será ayudar en el proceso de reposición de lo que el cuerpo usa durante el ejercicio.
- Los análisis realizados muestran que a nivel fisicoquímico el producto final cumple con los estándares de calidad establecidos y a nivel microbiológico es apto para el consumo humano según la NTC 3837. Además, cabe mencionar que el tratamiento 2 presenta mejores resultados en los análisis de estabilidad.
- Mediante las pruebas de degustación se concluyó que la bebida más aceptada fue la del tratamiento 2, con un 55% de aceptabilidad en el mercado objetivo, además los comentarios de los panelistas hacen pensar que puede convertirse en una buena opción de consumo para deportistas.
- Se elaboró la ficha técnica del producto final donde se resumió las especificaciones y características para facilitar al consumidor con la información necesaria.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda reducir el tamaño de partícula por trituración hasta conseguir un polvo fino, en vista de que no es suficiente el mezclado por gravedad para tener una correcta homogenización de los ingredientes del producto.
- Se recomienda que para productos en polvo no se utilice fruta deshidratada debido a que aumenta la humedad en el producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón J., (2013). Líquidos y electrolitos. URL disponible en: <http://www.reeme.arizona.edu/materials/Liquidos%20y%20electrolitos.pdf>
- Altamirano, M., Santacruz, S. & Vallejo M. (2013). Evaluación del efecto de tres aditivos y dos tipos de aceite para la elaboración de una papilla a base de una oleaginosa y cereales extruidos para niños de 6 a 36 meses, 11(11).
- APSAL - Asociación Profesionales de Salud y Alimentos. 15 de mayo de 2015. «Bebidas isotónicas».
- Ballesteros, M. (2018). “Los edulcorantes son perjudiciales para la salud”. Evaluación científica de mensajes sobre alimentación y nutrición. <https://www.upf.edu/documents/35405748/36238404/16-edulcorantes-6g.pdf/0a6612c4-38a6-5f7a-0e53-1dea47dc76cb>
- Bejarano López, E. L., & Rodríguez Cortegana, E. A. (2015). Formulación y caracterización de una bebida rehidratante a partir de zumo de aguaymanto (*Physallis Peruviana*) elaborado para agroindustria La Morina.
- Benejam, A. (2019). Control de humedad en los alimentos. SCL Sistemas de Control de Línea, S.L. <https://scl.es/blog/control-de-humedad-en-los-alimentos/>
- Borja, M. (2020). La dextrosa: qué es, para qué se utiliza y cuándo debemos evitarla. Salud. <https://www.20minutos.es/noticia/4302952/0/dextrosa-que-es-para-que-se-utiliza-y-cuando-debemos-evitarla/>
- Bustamante, G., & Cuba Pardo, G. (2013). Electrolitos. Revista de Actualización Clínica Investiga, 39, 2017.
- Chavarrías, M. (2013). El pH de los alimentos y la seguridad alimentaria. Consumer |. <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridad-alimentaria.html>
- Codex Alimentarius. Norma general para los aditivos alimentarios Codex Stan 192-1995. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf

- Corea Grisales E. Líquidos y electrolitos. Electrolitos. (2013). URL disponible en: http://e-learning.hptu.org.co/file.php/79/LIQUIDOS_Y_ELECTROLITOS.def.pdf.
- Escorcía, Y. M. C., María, P. C., De Moya, D. D. A., & de Jesús, A. P. T. (2019). La Estandarización del proceso de elaboración de una bebida isotónica con adición de pulpa de mango de hilaza verde. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(2), 17-27.
- Feyer, A. S. P. (2018). Composición de las bebidas deportivas. *Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, (11), 45-53.
- Fuentes, A. M., & Amábile-Cuevas, C. F. (2013). El agua en bioquímica y fisiología. *Acta pediátrica de México*, 34(2), 86-95.
- García Saavedra, E., Leandro Laguna, C., & Sulca Tanta, O. H. (2015). Elaboración de una bebida isotónica a partir del extracto del desecho agroindustrial (cáscara) del Camu camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh HBK).
- Intriago Cobeña, R. D., & Vera Vega, P. J. (2017). Efecto de dosis de lactasa y sacarosa como edulcorante en la obtención de una bebida isotónica a partir del lactosuero dulce (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM).
- Jáuregui, A. M. M., Castañeda, B. C., Camones, M. Á. I., Zelada, C. E., Lleclish, O. J. M., & Fuentes, G. Q. (2013). Contenido de glutamato, aspartato y glicinato en diversos preparados de la comida peruana. *Horizonte Médico*, 13(4), 15-20.
- Luna Palma, H. M. (2018). Uso de células solares destiladoras en lixiviados de residuos sólidos domésticos, para su tratamiento, en planta piloto acondicionada en vivienda del distrito de Independencia, Huaraz–Ancash, octubre 2015–julio 2016.
- LUQUE, P. (2021). Diseño de una bebida hidratante energizante para deportistas basado en referencias bibliográficas. Tesis.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/83111/1/6142425-2021-1-IQ.pdf>
- Marins, J. C., Pereira, L., Amorim, P. R., Arnaiz-Lastras, J., Sillero-Quintana, M., & Alfenas, C. R. (2018). Suplementos de carbohidratos durante un ejercicio: Efectos sobre los electrolitos y glucosa. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*.

- Marqueta, P. M. (2012). Utilidad en el deporte de las bebidas de reposición con carbohidratos. *Arch Med Deporte*, 25, 542-53
- Mercado Rivas, S. B. (2022). Formulación de una bebida isotónica a partir del permeado concentrado hidrolizado de la leche de vaca.
- Minoshka, I. (2016). Análisis físico químico para la determinación de la calidad de las frutas, 69pp., Tesis Ciencias exactas y naturales.
- Mollinedo Patzi, M. A., & Benavides Calderón, G. L. (2014). Carbohidratos. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 41, 2133.
- Molina Pérez, W. M., & Tul Ayala, W. L. (2021). Formulación y elaboración de una bebida isotónica utilizando diferentes concentraciones de (sacarosa, cloruro de sodio, citrato de sodio y citrato de potasio) a partir de jugo natural de naranja (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Monckeberg F., Peretta M., Corvalan H. (2013). Balance del Potasio en la deshidratación aguda del lactante. URL disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v27n1/art02.pdf>
- Moreira Mendoza, H. J., & Bravo Solórzano, R. E. (2021). Formulación de una bebida hidratante nutritiva a partir del zumo de pseudotallo de banano y macerado de la cáscara de piña (Master's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Moreno, A. M. (2022). *La Passiflora edulis, una de las frutas más representativas*. <https://farmaciariibera.es/blog/16-beneficios-de-la-maracuya/>
- Murillo Calderón, L. A. (2015). Desarrollo de una bebida hidratante elaborada a base de agua de coco y suero de leche siguiendo la normativa para bebidas isotónicas (Bachelor's thesis, Espol).
- NTC COLOMBIANA 3837.(2009). Bebidas no alcohólicas. Bebidas hidratantes y energéticas para la actividad física, el ejercicio y el deporte. https://vdocuments.site/3837.html?fbclid=IwAR0p_9X-a1MEyvk2b5JsXu9iLjjIwjX0mdlhVsjEDuDtc8bXDTTIJD6I30
- NORMA Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mex118786.pdf>

- Ordoñez Urteaga, R. E. (2021). Efecto de diferentes porcentajes de suero de queso fresco en la formulación y aceptabilidad sensorial de una bebida isotónica.
- Palacios Gil-Antuñano, Nieves; Montalvo Zenarruzabeitia, Zigor; Camacho Ribas AM. Alimentación, nutrición e hidratación en el deporte. *J Sport Hist.* 2012;165:26
- Perez, J., & Gardey, A. (2013). Acidez. Definición. <https://definicion.de/acidez/>
- Pérez, T. D. J. A., Escorcía, Y. C., & Gutiérrez, O. B. (2021). PDF Evaluación del contenido electrolítico de la sandía para la elaboración de una bebida hidratante. *Revista Gipama*, 3(1), 32-42.
- Ramírez, F. X., Quintero, O. A., & Ramírez, J. E. (2020). Relación de la ingesta hidroelectrolítica sobre el rendimiento físico y la pérdida del peso corporal de los atletas de patinaje. *Dialéctica*, (2).
- Salinas-García, M. E., Martínez-Sanz, J. M., Urdampilleta, A., Mielgo-Ayuso, J., Norte Navarro, A., & Ortiz-Moncada, R. (2015). Efectos de los aminoácidos ramificados en deportes de larga duración: revisión bibliográfica. *Nutricion hospitalaria*, 31(2), 577-589.
- USDA. (2014). *Beverage bases (powdered)*. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/CID%20Beverage%20Bases%20%28Powdered%29.pdf>
- Vitoria Miñana, I., Castells Piera, X., Ferré, C., & Arias Jordá, T. (2002). Rehidratación oral con bebidas refrescantes. Riesgo de yatrogenia. *Acta pediatri. esp*, 205-210.
- Yumpu. (s. f.). bebidas isotonicas - Revista Consumer. Recuperado 3 de octubre de 2022, de <https://www.yumpu.com/es/document/view/16715746/bebidas-isotonicas-revista-consumer>

ANEXOS

Anexo 1. Ejecución de la prueba de aceptabilidad



Ilustración 1.



Ilustración 2.



Ilustración 3.



Ilustración 4.

Anexo 2. Observación de las características físicas del producto

RÉPLICA 1



Ilustración 5. Tratamiento 1 del día 0 al día 24.

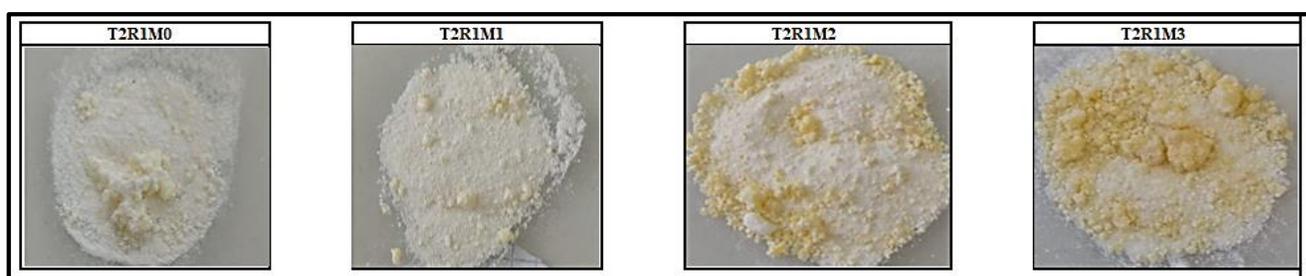


Ilustración 6. Tratamiento 2 del día 0 al día 24.



Ilustración 7. Tratamiento 3 del día 0 al día 24.

REPLICA 2



Ilustración 8. Tratamiento 1 del día 0 al día 24.



Ilustración 9. Tratamiento 2 del día 0 al día 24.



Ilustración 10. Tratamiento 3 del día 0 al día 24.

REPLICA 3



Ilustración 11. Tratamiento 1 del día 0 al día 24



Ilustración 12. Tratamiento 2 del día 0 al día 24



Ilustración 13. Tratamiento 3 del día 0 al día 24

Anexo 3. Evidencias fotográficas de la experimentación



Ilustración 14. Elaboración del producto



Ilustración 15. Medición del pH



Ilustración 16. Medición de sólidos totales



Ilustración 17. Medición de humedad



Ilustración 18-19. Análisis microbiológicos



Ilustración 20. Autoclavado de material



Ilustración 21. Cabina de flujo laminar