



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Maestría en Ciencia de los Alimentos**

**APROVECHAMIENTO DEL LACTOSUERO DULCE EN LA  
ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA HIDRATANTE**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MAESTRO EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**Jonathan Hernández Miranda**

**Comité:**

**Dr. Sergio Soto Simental, Director, UAEH**

**Dr. Javier Piloni Martini, Co-Director, UAEH**

**Dra. Aurora Quintero Lira, Asesor, UAEH**

**Dra. Norma Güemes Vera, Asesor, UAEH**

**Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Agosto 2020**



COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos  
Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Aprovechamiento del lactosuero dulce en la elaboración de una bebida hidratante", que desarrolla el estudiante Jonathan Hernández Miranda

Asistentes:

Dra. Aurora Quintero Lira

Dr. Javier Piloni Martini

Dr. Sergio Soto Simental

Dra. Norma Güemes Vera

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por el estudiante, comunicando a el estudiante, Jonathan Hernández Miranda, oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. El estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que el estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 17 de junio de 2020

Dr. Sergio Soto Simental

Dr. Javier Piloni Martini

Dra. Aurora Quintero Lira

Dra. Norma Güemes Vera



## **Dedicatorias y agradecimientos**

A mi director de tesis **Dr. Sergio Soto Simental** por todo el apoyo que me brindo para la realización de esta tesis, por compartir sus conocimientos y experiencia, por su dedicación para concluir adecuadamente este trabajo, por sus consejos, amistad, comprensión y ser un guía en este trayecto.

Al **Dr. Javier Piloni Martini** por su apoyo, sus conocimientos, amistad y ser un guía ante la elaboración del proyecto.

A la **Dra. Aurora Quintero Lira** por ser un guía ante la elaboración del proyecto, por sus aportaciones y conocimientos brindados, por el apoyo, amistad y comprensión.

Al **Dr. José Antonio Rodríguez Ávila** por su amistad, apoyo incondicional y aportaciones en el desarrollo del presente proyecto.

A mis padres **Emiliano Hernández Vásquez** y **Clara Miranda Licon** por ser un ejemplo a seguir.

A mi hermano **Eduardo Hernández Miranda** por la vida que hemos compartido.

A mi familia por todo el apoyo brindado durante todo este trayecto, por sus consejos y opiniones pero sobre todo por formar parte de mi vida.

A mis amigos por todos los momentos compartidos y por ser parte de mi vida.

A mis profesores por compartir sus conocimientos.

A mi compañera **Karen Argelia Reyes Portillo** por ser un pilar en la confirmación y establecimiento del pensamiento y hechos, por reafirmar la concepción del conocimiento y contribuir en la formación de aptitudes y actitudes.

A mis siguientes generaciones esperando que todo les sea de ayuda.

## Índice

1-Resumen .....	1
2-Introducción .....	2
3-Antecedentes .....	3
3.1-Definición de lactosuero .....	3
3.2-Composición química del lactosuero .....	3
3.3-Usos y propiedades del lactosuero .....	6
3.4- Bebidas de lactosuero.....	8
3.5- Bebidas para deportistas .....	9
3.6-Hidratación .....	9
3.7- Beneficios de los productos lácteos en el deporte .....	10
4-Justificación.....	12
5-Objetivos .....	13
5.1-Objetivo general.....	13
5.2-Objetivos específicos.....	13
6-Materiales y métodos .....	14
6.1- Obtención de materias primas para la elaboración de una bebida hidratante .....	14
6.1.1- Obtención de muestra de lactosuero .....	14
6.1.2- Extracción de jugo de naranja.....	14
6.1.3- Extracción de jugo de jengibre .....	14
6.2- Caracterización químico proximal del lactosuero .....	14
6.3- Formulación de bebidas hidratantes y determinación de composición químico proximal.....	15
6.4- Caracterización microbiológica y vida de anaquel .....	17
6.5- Análisis sensorial .....	17
6.6- Determinación de capacidad de hidratación, recuperación de energía y minerales perdidos durante la actividad física.....	18
6.6.1- Participantes .....	18
6.6.2- Evaluación de hidratación.....	18
6.6.3- Evaluación de la recuperación de energía.....	19
6.6.4- Evaluación de recuperación de electrolitos.....	19
6.7- Análisis estadístico .....	19
7-Resultados y discusión .....	21
7.1-Caracterización químico proximal del lactosuero .....	21

7.2-Formulación de bebidas hidratantes y determinación de composición químico proximal .....	22
7.3-Caracterización microbiológica y vida de anaquel .....	26
7.4-Análisis sensorial .....	29
7.5-Determinación de capacidad de hidratación, recuperación de energía y minerales perdidos durante la actividad física.....	31
7.5.1-Evaluación de hidratación.....	31
7.5.2-Evaluación de recuperación de energía.....	32
7.5.3-Evaluación de recuperación de electrolitos.....	34
8-Conclusión .....	41
9-Referencias.....	43

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Composición del lactosuero.....	4
Cuadro 2. Composición en aminoácidos esenciales de diferentes proteínas lácteas en g por 100 g de proteína.....	5
Cuadro 3. Formulación de bebidas.....	15
Cuadro 4. Formato de prueba de aceptación.....	17
Cuadro 5. Parámetros químico proximales del lactosuero.....	22
Cuadro 6. Caracterización químico proximal de las bebidas elaboradas a partir de lactosuero dulce.....	23
Cuadro 7. Caracterización microbiológica de las bebidas elaboradas a partir de lactosuero dulce.....	26
Cuadro 8. Determinación de pH en almacén.....	27
Cuadro 9. Determinación de acidez en almacén.....	28
Cuadro 10. Determinación de mesófilos aerobios en almacén.....	29
Cuadro 11. Análisis sensorial.....	30
Cuadro 12. Estudio de la hidratación durante el protocolo de entrenamiento (pérdida y ganancia de peso corporal).....	31
Cuadro 13. Pérdida y ganancia de peso corporal para los diferentes equipos.....	32
Cuadro 14. Cuantificación de glucosa a través del tiempo.....	33
Cuadro 15. Glucosa del organismo (Inicial y final).....	34

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para fabricación de bebidas a base de lactosuero.....	16
Figura 2. Histograma de frecuencias de las respuestas de los jueces para cada una de las bebidas de lactosuero dulce .....	30
Figura 3. Excreción de $\text{Na}^{1+}$ en orina durante protocolo de entrenamiento .....	35
Figura 4. Excreción de $\text{K}^{1+}$ en orina durante protocolo de entrenamiento .....	37
Figura 5. Excreción de $\text{Ca}^{2+}$ en orina durante protocolo de entrenamiento .....	38
Figura 6. Excreción de $\text{Mg}^{2+}$ en orina durante protocolo de entrenamiento .....	39

## 1-Resumen

Se elaboró una bebida hidratante a partir de lactosuero dulce, jugo de naranja y jugo de jengibre para determinar si la elaboración de este producto representa una opción viable para el aprovechamiento del lactosuero, para ello, se realizó la determinación químico proximal del lactosuero para determinar su influencia en las características nutrimentales del producto desarrollado, evaluando tres bebidas elaboradas con diferente concentración de lactosuero (B1- 80%, B2-75% y B3-70%) ante su composición químico proximal, con lo cual se observó que la concentración de lactosuero en la bebida determina el valor nutritivo del producto, ya que, a mayor cantidad de lactosuero en la formulación se aprecia mayor concentración de componentes de valor nutritivo sin modificar el contenido de agua. Posteriormente se evaluó su inocuidad tras el uso de un tratamiento térmico y su posterior período de vida de anaquel realizando monitoreo microbiológico mediante determinación de pH, acidez y mesófilos aerobios los días 1, 7, 14, 28, 56, 70 y 77 con lo que se determinó que el tratamiento fue efectivo para reducir la cuenta microbiológica y se observó que el producto tiene un período de vida aproximadamente de 77 días, por otra parte, se evaluó sensorialmente el producto mediante una prueba de aceptación donde se utilizó una escala hedónica de siete puntos para conocer la opinión respecto al producto por parte del consumidor, este análisis mostró que a menor concentración de lactosuero el producto genera mayor aceptación por el consumidor, por lo tanto, la formulación que tenía menor cantidad de lactosuero (B3) se evaluó en cuanto a su capacidad hidratante en el organismo humano mediante la cuantificación de la pérdida de peso corporal de un grupo de atletas posterior a un período de ejercicio y la cuantificación de la ganancia de peso posterior a un período de hidratación, se evaluó la recuperación energética mediante la determinación de glucosa en sangre al inicio del entrenamiento y al final de la hidratación utilizando un glucómetro digital, por último se determinó la reposición de electrolitos cuantificando la excreción de  $\text{Na}^{1+}$ ,  $\text{K}^{1+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  en orina al inicio y final del período de entrenamiento y posterior al período de hidratación. Se observó que la bebida de lactosuero presenta capacidad de hidratación al igual que el agua y las bebidas para deportistas, sin embargo, parece restablecer de mejor manera los niveles de glucosa en sangre a diferencia del agua y las bebidas para deportistas, por otro lado, en cuanto a los minerales esta bebida tiene capacidad para recuperar  $\text{Na}^{1+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  en el organismo humano, pero contiene una cantidad excesiva de  $\text{K}^{1+}$  la cual requiere mayor cantidad de estudios.

## **2-Introducción**

El lactosuero es un subproducto de la industria láctea que representa el 80-90% de la materia prima utilizada en la fabricación de queso, por lo cual es el producto mayoritario obtenido en esta actividad económica, este contiene como componente principal agua (alrededor de 93%) donde se encuentran disueltos la mayor parte de los componentes de la leche exceptuando las caseínas que fueron coaguladas y separadas en el proceso de producción de queso, por lo tanto, en el lactosuero se encuentran nutrientes como proteínas, lactosa, grasa, vitaminas y minerales, los cuales se han aprovechado de diversas maneras, dando un valor agregado a este subproducto. Una de las aplicaciones que representa una fuente de aprovechamiento accesible para la mayoría de los productores de este sector industrial, es la elaboración de bebidas a partir de este subproducto, obteniendo productos con buen perfil nutricional, por otro lado a consecuencia de los nutrientes presentes en estos productos como lo es proteínas, azúcares y minerales acompañados de un alto contenido de agua, las bebidas de lactosuero tienen la posibilidad de ser utilizadas como bebidas hidratantes para deportistas, pero esta posibilidad debe ser estudiada para determinar su funcionalidad, período de vida de anaquel y aceptación por parte del consumidor, por lo cual, en el presente proyecto se determina la composición nutricional del lactosuero, su influencia en la elaboración de bebidas tanto en su perfil nutricional como en su aceptación sensorial, se determina su vida de anaquel tras la aplicación de un tratamiento térmico y su funcionalidad como bebida para deportistas, para confirmar si esta opción para el aprovechamiento del lactosuero es adecuada.

## **3-Antecedentes**

### **3.1-Definición de lactosuero**

El lactosuero es un subproducto de la industria quesera obtenido a partir de la coagulación de la caseína de leche (Cambell & Drake, 2013; Smith et al., 2016), usualmente es definido como la porción líquida que se separa de la leche cuando es coagulada, el cual carece de caseínas y grasa (Chandrapala et al., 2015). Comúnmente, es categorizado en dos tipos, lactosuero dulce y lactosuero ácido, el primero es producido a partir de los quesos obtenidos por coagulación con cuajo (proteasa quimosina) mientras que el segundo, es obtenido a partir de quesos fabricados mediante precipitación ácida, ajustando pH a 4.6 (Broyard & Gaucheron, 2015) mediante la acción de lactobacilos, añadiendo ácidos orgánicos (ácido láctico) o ácidos minerales como clorhídrico o sulfúrico (Nguyen et al., 2016; Ryan & Walsh, 2016; Risner et al., 2019). Se sabe que la fabricación de 1 Kg de queso genera 9 Kg de lactosuero aproximadamente haciendo a éste el componente mayoritario obtenido en la industria láctea y este subproducto es considerado como un efluente con alto impacto económico y ambiental por su alta demanda biológica y química de oxígeno (27-60 g/L y 50-102 g/L respectivamente) como consecuencia de la presencia de materia orgánica, principalmente lactosa (Tarango-Hernández et al., 2015; Risner et al., 2018; Risner et al., 2019) que es su mayor componente (4.5-5 % P/v) que permite la reproducción de microorganismos que alteran significativamente los procesos biológicos del agua (Brito et al., 2015). Antiguamente el lactosuero era eliminado como agua de riego en tierras de cultivo, como alimento para animales o se descargaba en aguas municipales o privadas de tratamiento (Risner et al., 2018) sin embargo recientemente ha sido utilizado como fuente de producción de proteínas de lactosuero (Zhang et al., 2015), compuestos como lactosa y minerales que se han utilizado exitosamente en una variedad de productos de la industria alimentaria como bebidas en polvo, barras nutritivas, sopas, productos de panadería, helados y postres congelados (Chandrapala et al., 2015), sin embargo la obtención de estos productos de valor agregado requiere tecnologías a escala que no son viables para productores artesanales (Risner et al., 2018) quienes buscan tecnologías de bajo costo para su aprovechamiento.

### **3.2-Composición química del lactosuero**

El lactosuero representa el 85-90% de la leche que se utiliza en la fabricación de queso, este subproducto es una fuente de componentes de alto valor por sus atributos

nutricionales y funcionales (Qiu et al., 2015). En su composición presenta 93-94% de agua (Risner et al., 2018) que contiene aproximadamente el 55% de los sólidos presentes en la leche entera, incluyendo proteínas de lactosuero (20 % de las proteínas totales), la mayor parte de lactosa, minerales como calcio y fósforo (Martins et al., 2018), vitaminas solubles en agua (Chandrapala et al., 2015) como lo son C y vitaminas del grupo B como tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina y cobalamina (Poveda, 2013; Corrochano et al., 2018), ácidos orgánicos como ácido láctico y ácido cítrico, compuestos nitrogenados no proteicos como urea y ácido úrico (Monami et al., 2016), dichos componentes se ven modificados dependiendo del tipo de lactosuero a consecuencia del proceso de manufactura. Generalmente el lactosuero ácido tiene un pH bajo, baja concentración de proteína y lactosa, pero contiene mayor cantidad de calcio, fósforo y ácido láctico en comparación con el lactosuero dulce, las diferencias en su composición se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Composición del lactosuero**

Componente	Sueros dulces		Sueros ácidos	
	Obtenido a partir de caseína de cuajo (g L <sup>-1</sup> )	Obtenido a partir de caseína de ácido láctico (g L <sup>-1</sup> )	Obtenido a partir de caseína de ácidos minerales (g L <sup>-1</sup> )	
Sólidos totales	66.0	55.0	63.0	
Proteína total	8.0	5.2	6.1	
Lactosa	52.0	44.1	47.0	
Grasa	0.2	0.3	0.3	
Minerales	2.0	6.1	7.9	
Lactato	0-0.3	6.4	7-8	
pH	5-7	<5	<5	

Spreer, 1991; Callejas-Hernández et al., 2012; Chandrapala et al., 2015; Pega et al., 2018

Las proteínas de lactosuero proveen de una fuente completa de proteína y es rica en aminoácidos (AA) que contienen azufre y cadenas ramificadas (Corrochano et al., 2018; Douglas et al., 2018) son reconocidas por su alto valor nutritivo, alta digestibilidad, rápida absorción y generación de AA en el plasma (De Moura et al., 2013), esto debido a su

composición de AA esenciales en comparación con otras proteínas lácteas (Cuadro 2), estas proteínas son conformadas por beta lactoglobulina ( $\beta$ -LG) 50-60%, alfa lacto albúmina ( $\alpha$ -LA) 15-25%, albúmina del suero bovino (BSA) 6%, lactoferrina (Lf) < 3%, e Inmunoglobulinas (Ig) <10%. La  $\beta$ -LG es una proteína globular pequeña compuesta por 162 AA con un peso molecular aproximado a  $18,300 \text{ g mol}^{-1}$ , esta contiene los 20 AA esenciales, es una fuente rica de azufre y contiene un grupo tiol libre,  $\alpha$ -LA es una pequeña proteína con peso molecular de  $14,200 \text{ g mol}^{-1}$  que consiste en 123 AA dispuestos en una sola cadena peptídica, BSA está compuesta por 583 AA con un peso molecular de  $66,430 \text{ g mol}^{-1}$ , Lf es una glicoproteína globular monomérica de unión al hierro compuesta por 708 AA con un peso molecular de  $80,000 \text{ g mol}^{-1}$ , adicionalmente esta proteína puede unirse a dos iones hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) lo que le contribuye su potencial antioxidante. También existen pequeñas concentraciones diluidas de Ig como IgA, IgM, IgG1 e IgG2, estas son moléculas de estructura cuaternaria que pueden ser monómeros o polímeros con cuatro cadenas, que consisten en dos cadenas de polipéptidos ligeros con peso molecular de  $25,000 \text{ g mol}^{-1}$  y dos cadenas pesadas con peso molecular de  $50,000$ - $70,000 \text{ g mol}^{-1}$  unidas por enlaces disulfuro (Corrochano et al., 2018)

**Cuadro 2. Composición en aminoácidos esenciales de diferentes proteínas lácteas en g por 100 g de proteína.**

	Proteínas del lactosuero	Hidrolizado de proteína	Caseína	Proteínas totales de la leche
Isoleucina	6.55	6.97	5.80	6.10
Leucina	14.00	10.15	9.50	10.00
Lisina	10.90	9.48	7.60	7.90
Metionina	2.35	2.52	2.95	2.60
Cistina	3.15	1.60	0.40	1.00
Fenilalanina	4.05	2.78	5.40	4.80
Tirosina	4.80	2.78	5.70	5.20
Treonina	6.70	7.40	4.00	4.70
Triptófano	3.20	----	1.30	1.50
Valina	6.85	5.81	6.80	6.80
TOTAL	62.55	49.49	49.45	50.60

Fox et al., 2000; De Moura et al., 2013

La lactosa es el componente mayoritario del lactosuero y su importancia radica en sus efectos benéficos en la estimulación de la actividad peristáltica en el tracto digestivo, participación en la absorción de calcio y fósforo generando un ambiente ligeramente ácido que inhibe el crecimiento de patógenos (Chatterjee et al., 2015).

Ambos tipos de lactosuero presentan características sensoriales distintas, pues en dichos términos, el lactosuero dulce es descrito con un sabor dulce, a leche cocida y mantequilla, por otro lado el lactosuero ácido se ha descrito con sabores rancios, jabonosos y umami, a pesar de sus diferencias se ha reportado que el lactosuero en almacén presenta un sabor a cartón lo que es causado por el incremento de compuestos volátiles provenientes de la oxidación de lípidos, por lo tanto, se ha determinado la existencia de compuestos volátiles como hexanal, acetaldehído, heptanal, dimetil sulfuro, dimetil disulfuro, diacetil, 2-4 dimetil sulfuro (Smith et al., 2016) los cuales también se encuentran en productos procesados a partir de lactosuero como lo son proteínas en polvo o concentrados de proteína ya que Qui et al. (2015) y Park et al. (2016) reportan la presencia de estos compuestos derivados de la oxidación de lípidos los cuales imparten los diferentes sabores al lactosuero y sus derivados.

Además, el lactosuero contiene ácidos grasos libres como ácido acético, butírico, hexanoico, octanoico, decanoico, 9- decanoico, dodecanoico y oleico (Smith et al., 2016).

### **3.3-Usos y propiedades del lactosuero**

La aplicación del lactosuero se puede dividir en cuatro formas básicas, como lo es su uso en forma directa en diversos productos, separación y aplicación de sus componentes, el procesamiento biotecnológico y procesamiento parcial del lactosuero (Shershenkov & Suchkova, 2015). A consecuencia de sus componentes nutritivos se utiliza de manera directa en productos de panadería, cárnicos, confitería, bebidas saborizadas, carbonatadas, probióticas, alcohólicas y productos lácteos incrementando el valor nutricional o fungiendo como emulsificante, gelificante o espumante (Lollo et al., 2013; Poveda, 2013; Martins et al., 2018; Risner et al., 2018) aunado a esto los componentes del lactosuero promueven la multiplicación de *Bifidobacteria* y otra microflora deseable en el intestino (Rajoria et al., 2015), por otra parte el lactosuero puede ser fraccionado en lactosa, proteínas, aminoácidos libres, vitaminas y minerales útiles para suplementar otros productos alimenticios. En cuanto al procesamiento biotecnológico por su contenido de lactosa el lactosuero ha sido fermentado para la producción de alcohol de suero (Risner

et al., 2018) y ácido láctico (Turner et al., 2017), se ha utilizado como medio de cultivo para producción de bacteriocinas y enzimas, químicos orgánicos como ácido acético, cítrico, propiónico y glicerol, se han generado bioplásticos (Pescuma et al., 2015; Ryan & Walsh, 2016) y biocombustibles como bioetanol y biohidrógeno que son una alternativa a los combustibles fósiles (Monami et al., 2016; Parashar et al., 2016). Desde otra perspectiva el lactosuero puede ser secado y posteriormente procesado en concentrados y aislados de proteína que consisten en las principales proteínas del lactosuero, incluyendo  $\beta$ -LG,  $\alpha$ -LA, BSA, Lf, lactoperoxidasa (LP), Ig y factor de crecimiento transformador  $\beta$  (Nguyen et al., 2016) estos derivados del lactosuero han sido usados como ingredientes en varios productos alimentarios como jamón, encurtidos, pasteles, fórmulas infantiles, bebidas deportivas (Chandrapala et al., 2015) y su uso por una parte es justificado por su capacidad como agente emulsificador o estabilizador, como consecuencia de su alto contenido de  $\beta$ -LG que es la única fracción proteica de las proteínas del lactosuero capaz de formar fibras que le confieren esta propiedad (Mantovani et al., 2018) aunado a esto, ha mostrado actividad antihipertensiva, anti carcinogénica, hipo colesterolémica y antimicrobiana (Sabokbar et al., 2015), por otro lado por su fácil digestión se ha utilizado en la fabricación de fórmulas infantiles (Kelly et al., 2016) además, estudios han demostrado que estas, tienen beneficios biológicos y propiedades nutricionales para la promoción de la salud y prevención de enfermedades como cáncer y trastornos cardiovasculares (Feng et al., 2015; Tarango-Hernández et al., 2015) lo que puede ser atribuido a la presencia de Lf que juega un papel importante en la quelación de metales y AA que arrastran radicales libres (Mohamed et al., 2019), de igual manera se ha reportado que las proteínas de lactosuero presentan efecto antibacterial, inmunomodulador y antiinflamatorio (Ma et al., 2016), tienen efecto en el alivio de la glucemia en ayunas y la elevación de peso corporal, se ha sugerido que pueden ser útiles en el manejo de la diabetes dado que el hidrolizado de proteína de lactosuero aumentó la translocación de GLUT-4 de la membrana plasmática, así como la concentración de glucógeno, además se han observado efectos insulíntrópicos (Mohamed et al., 2019).

El lactosuero bovino y las proteínas de lactosuero individuales exhiben actividad antioxidante sin embargo la liberación de AA mediante hidrólisis, generando péptidos bioactivos, contribuye en su funcionalidad, ya que al estar dentro de la secuencia proteica original estos pueden estar inactivos (Brandelli et al., 2015), los cuales al liberarse han mostrado un incremento en glutatión (GSH) que reduce los hidroperóxidos en alcoholes

y peróxido en agua mediante la oxidación de su forma reducida (Corrochano et al., 2018) además los AA que conforman las proteínas del lactosuero tienen diferentes funciones en el organismo por ejemplo la leucina tiene un rol clave en la regulación de la maquinaria de síntesis de proteínas (Wilkinson et al., 2018) pudiendo minimizar la pérdida de masa muscular, lo que es atribuido a la rápida digestión y absorción de las proteínas de lactosuero que generan un incremento de AA en plasma (Kobayashi et al., 2016), por otra parte los AA que contienen azufre como cistina y metionina precursores de GSH han mostrado propiedades anticarcinogénicas y antioxidantes, adicionalmente mejoran las funciones inmunes, además las albúminas séricas e inmunoglobulinas ofrecen protección ante infecciones estimulando la producción de linfocitos (Martins et al., 2018) y los aminoácidos de cadena ramificada como leucina, isoleucina y valina tienen un papel crucial en el metabolismo, en la homeóstasis de la glucosa en sangre y función neural (Patel, 2015).

Nuevas alternativas han surgido para el aprovechamiento del lactosuero o permeado de lactosuero como lo es el caso de la elaboración de bebidas de alto poder hidroeléctrico, pues este subproducto cuentan con vitaminas, agua y minerales como potasio, calcio, sodio, fósforo y magnesio que pueden aprovecharse para la reposición de sales, agua y nutrientes en deportistas (Rodrigues et al., 2020), pero no solo el lactosuero líquido presenta esta alternativa si no que los concentrados de proteína obtenidos a partir del filtrado con membranas también son utilizados ampliamente para la fabricación de bebidas (Parker et al., 2018).

### **3.4- Bebidas de lactosuero**

Las bebidas de lactosuero pueden ser productos fermentados o no fermentados que utilizan lactosuero como ingrediente (Janiaski et al., 2016) y tienen un interesante valor nutricional principalmente por su contenido de proteína (Da Silveira et al., 2015). Una de las más antiguas referencias de estos productos apareció en 1976 donde Bangert sugiere una bebida de naranja puesto que el lactosuero imparte sabores que se prestan a bebidas con sabor cítrico, sin embargo no siendo la única opción una gran variedad de frutas se han adicionado como cereza, extractos de guayaba, fresa, mango, manzana, mora azul, papaya, pera, piña, plátano, sandía, tomate y uva resultando con bebidas ligeras, refrescantes, menos ácidas que los jugos de frutas y con mayor valor nutritivo (Djuric et al., 2004; Arora et al., 2013; Rajoria et al., 2015; Chatterjee et al., 2015). Estos productos proveen de energía, agua para la digestión de alimentos, regulan la temperatura corporal

y previenen la deshidratación (Arora et al., 2013). Actualmente su producción está generando interés en los consumidores al igual que las bebidas con proteínas de lactosuero, a consecuencia de su alto valor nutrimental, amplia versatilidad funcional y su asociación con beneficios para la salud como control de peso y desarrollo muscular (Wang et al., 2016).

### **3.5- Bebidas para deportistas**

Estas bebidas tienen el objetivo de regular los niveles de hidratación del organismo, la concentración de glucosa y la reposición de electrolitos ante la pérdida de estos por la sudoración, por lo tanto muchas bebidas para deportistas contienen fructosa o maltodextrina, saborizantes, endulzantes artificiales y contienen electrolitos como sodio y potasio (Kalman et al., 2012), el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recomienda que a través de bebidas para deportistas el consumo de carbohidratos debe ser 1 - 1.5 g por Kg de peso corporal y 0.4 - 0.7 g de proteína por Kg de peso corporal (O'Brien et al., 2015). Por otra parte existen diferentes tipos de bebidas para cumplir este objetivo, como lo son bebidas hipotónicas que tienen un contenido de carbohidratos y electrolitos por debajo de la concentración normal del cuerpo, las cuales pueden ser rápidamente absorbidas y son usadas inmediatamente después del ejercicio, las bebidas isotónicas tienen una concentración de carbohidratos y minerales similar al fluido corporal, su uso se recomienda posterior a la recuperación, por último las bebidas hipertónicas contienen carbohidratos y electrolitos que exceden la concentración del fluido corporal, estas son ideales para la suplementación de energía durante un entrenamiento de alto consumo energético (Apostu, 2014).

### **3.6-Hidratación**

Durante la actividad física los músculos generan gran cantidad de calor que debe disiparse, un aumento de la temperatura corporal por encima de los 37 °C pone en marcha mecanismos para disipar el calor a través de la sudoración y evaporación con el objetivo de mantener la temperatura en 36-36.5 °C, a su vez, este proceso fisiológico induce la pérdida de líquidos, electrolitos y el agotamiento de glucógeno de hígado y músculos del organismo, los cuales deben ser recuperados para restablecer la homeóstasis orgánica (Moreno et al., 2013; Urdampilleta et al., 2013) y evitar de esta manera la deshidratación, para cumplir este objetivo el organismo humano cuenta con controles fisiológicos para mantener la ingesta de líquidos y agua corporal mediante la sed, que es un mecanismo homeostático desencadenado por la ingestión de sodio (Goncalves et al., 2015). En el

caso de la pérdida de líquidos durante el ejercicio se ha sugerido el uso de agua al realizarlo durante períodos cortos de tiempo (<75 minutos), sin embargo las bebidas deportivas son muy recomendables para períodos mayores (Kalman et al., 2012) principalmente por su contenido de carbohidratos que pueden mejorar el tiempo para el agotamiento a través del mantenimiento de la glucosa plasmática, adicionalmente la inclusión de electrolitos en tales bebidas ha demostrado apoyar niveles de hidratación más altos durante y post ejercicio (Roberts et al., 2012). En caso de no reponer el agua perdida en el organismo un estado de deshidratación de un 2% hace que aumente la frecuencia cardíaca, genera fallos en la función cardiovascular, causa arritmias y trastornos metabólicos sistémicos (Moreno et al., 2013), así, si el estado de deshidratación es cada vez mayor hará que aumente la temperatura corporal hasta que llegue a 40 °C y como consecuencia tener que cesar la actividad física, ya que a esta temperatura las reacciones que tienen lugar en las células musculares comienzan a perder eficiencia (López y Fernández, 2006).

### **3.7- Beneficios de los productos lácteos en el deporte**

La evidencia experimental sugiere que el consumo de productos lácteos está asociado con el decremento del riesgo de desórdenes metabólicos como alta glucosa en sangre, triglicéridos y presión sanguínea, estos efectos parecen estar mediados por las proteínas o minerales de la leche, que además es una buena fuente de calcio, fósforo, potasio, magnesio y vitamina D que generan huesos fuertes y restauran el equilibrio electrolítico e hidratación después del ejercicio (O'Brien et al., 2015) además el calcio que aportan es esencial para la regulación de funciones fisiológicas, el magnesio esta correlacionado con la homeóstasis de glucosa y es un cofactor de más de 300 reacciones enzimáticas involucradas en el metabolismo y generación de energía celular (Muñoz et al., 2018), el potasio es importante en el control de la presión arterial (Franzoi et al., 2018). Por otra parte el lactosuero es rico en aminoácidos de cadena ramificada, que son aminoácidos esenciales útiles para producir energía principalmente en el músculo esquelético, en contraste estos aminoácidos no requieren el primer paso en el catabolismo hepático para su degradación (Lensu et al., 2019) y el alto contenido de leucina en las proteínas de lactosuero promueven la biosíntesis muscular generando resistencia y menor daño, además dipéptidos obtenidos por la hidrólisis de las proteínas de lactosuero han mostrado evitar la osteoporosis mediante su capacidad quelante de calcio (Patel, 2015). Las bebidas probióticas elaboradas a partir de leche o lactosuero, se han descrito como útiles contra

el estrés oxidativo, mejora la inmunidad de la mucosa, mejora el sistema inmune y el estado de salud, minimizan trastornos gastrointestinales que afectan negativamente los períodos de adaptación y rendimiento físico (Lollo et al., 2013).

## **4-Justificación**

El municipio de Tulancingo es un importante productor de queso en el estado de Hidalgo. Esta actividad económica tiene como consecuencia la generación de lactosuero, un subproducto de alto valor nutritivo que resulta de la separación de las proteínas micelares de la leche del resto de sus componentes. La producción de queso representa aproximadamente un 10% de la materia prima utilizada y un 90% corresponde al lactosuero, por lo que este subproducto es el más abundante obtenido en las actividades productivas, comúnmente el lactosuero es vertido indiscriminadamente en los sistemas de desagüe del municipio sin tener un tratamiento para reducir los niveles de materia orgánica contenida en el mismo y las consecuencias inmediatas de esta práctica se observan en la contaminación de los cuerpos de agua y en los suelos que terminan por desertificarse. Esto acontece como consecuencia de su alto contenido de materia orgánica, que genera una producción excesiva de biomasa que al tener los nutrientes necesarios para su metabolismo causan un descenso de pH que desfavorece a los ciclos biológicos del agua y suelos, además se genera acumulación de sales y compuestos tóxicos generando problemas ambientales. Actualmente se han descrito procesos para el aprovechamiento de este subproducto obteniendo beneficios tanto económicos como ambientales. Sin embargo, se requiere de tecnologías a escala que no son accesibles para pequeños productores como los de este municipio, por ello se requiere del desarrollo de tecnologías que puedan ser aplicadas por estos productores. Con tal propósito el desarrollo de una bebida hidratante podría ser una opción, pero requiere de su evaluación para determinar si este uso es adecuado y representa una posibilidad para su aprovechamiento que genere beneficios tanto económicos como ambientales.

## **5-Objetivos**

### **5.1-Objetivo general**

Generar una bebida hidratante a partir de lactosuero dulce, que permita aprovechar sus componentes como una opción de hidratación, aporte energético y recuperación de electrolitos para deportistas.

### **5.2-Objetivos específicos**

- Determinar la composición nutrimental del lactosuero dulce mediante análisis químico proximal para conocer las características de la materia prima y determinar su influencia en el producto desarrollado.
- Describir la composición nutrimental del producto terminado, mediante análisis químico proximal y verificar que cuente con las características necesarias para tener la función de una bebida hidratante.
- Determinar la inocuidad del producto tras un tratamiento térmico y su período de vida de anaquel mediante determinación de mesófilos aerobios, coliformes, estafilococos, mohos y levaduras para el caso de inocuidad y determinación de pH, acidez y mesófilos aerobios en tiempo real bajo condiciones de almacén para el caso de vida de anaquel para asegurar el consumo del producto.
- Analizar la aceptación del producto por parte del consumidor mediante un análisis sensorial con una prueba de aceptación para conocer la opinión del consumidor ante este tipo de productos.
- Describir los efectos hidratantes, de recuperación energética y electrolitos de la bebida de lactosuero, realizando pruebas de resistencia controladas que permitan evaluar el estado del organismo antes y después de la actividad física.

## **6-Materiales y métodos**

### **6.1- Obtención de materias primas para la elaboración de una bebida hidratante**

Para la elaboración de las bebidas se utilizó lactosuero que se obtuvo de la planta de lácteos PROUNILAC, la naranja y jengibre utilizados para la extracción de jugo se adquirieron en la central de abastos del municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo.

#### **6.1.1- Obtención de muestra de lactosuero**

El lactosuero se obtuvo de la elaboración de queso panela (40 litros aproximadamente). La recolección se realizó filtrando lactosuero de una tina de coagulación y recuperándolo en recipientes limpios con tapa.

#### **6.1.2- Extracción de jugo de naranja**

Las naranjas fueron lavadas con cepillo y una solución de jabón con la finalidad de eliminar residuos de cualquier materia extraña, posteriormente se colocaron en una solución de agua con desinfectante de plata coloidal (Germifin® 5 gotas por litro de agua) durante un período de 20 minutos, concluido esto las naranjas se cortaron por la mitad y se prensaron con un exprimidor manual de naranjas marca Rivera ® (CDMX, México) el jugo obtenido se filtró con una coladera de cocina y se almacenó en un recipiente con tapa.

#### **6.1.3- Extracción de jugo de jengibre**

El jengibre fue lavado con cepillo y una solución de jabón para eliminar cualquier residuo de materia extraña, posteriormente se colocó en una solución de agua con desinfectante de plata coloidal (Germifin® 5 gotas por litro de agua) durante un período de 20 minutos, concluido esto, se retiró la cutícula del jengibre con un pelador. El jengibre sin cutícula se colocó en un recipiente y se trituro con una batidora de inmersión modelo FPS - 013 (Oster, CDMX, México). Cuando se molió por completo el jengibre se colocó en una bolsa de tela y se preno para obtener el jugo.

### **6.2- Caracterización químico proximal del lactosuero**

Los análisis químico proximales que se realizaron al lactosuero consistieron en la determinación de pH utilizando un potenciómetro marca Hanna (CDMX, México) siguiendo la metodología descrita por Sodini et al. (2006), acidez titulable se determinó mediante titulación con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador según describe AOAC (2000), el índice de refracción fue cuantificado con un refractómetro digital marca ATAGO, modelo SMART-1 (Washington, USA), la densidad se calculó utilizando un

picnómetro (Chatterjee et al., 2015), el porcentaje de humedad se determinó por gravimetría siguiendo la metodología señalada por AOAC (2000), el contenido de proteína fue cuantificado con el método Kjendalh AOAC 991.20 (1995), la cantidad de minerales se obtuvo calcinando 5 g de muestra de lactosuero en una mufla eléctrica a temperatura de 550 °C durante un período de tiempo de 6 horas (Sodini et al., 2006), la grasa butírica se midió con butirómetro de Gerber donde se colocaron 10 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 11 mL de muestra y 1 mL de alcohol isoamílico, se colocó el tapón y se mezcló vigorosamente para digerir la muestra, cuando se observó un color oscuro en esta, el butirómetro se colocó en un baño de agua a 65 °C por 5 minutos, posteriormente se centrifugo en una centrifuga Gerber durante 5 minutos a 1100 rpm, posteriormente se midió el porcentaje de grasa en la columna graduada del butirómetro (Yasmín et al., 2015), el contenido de lactosa se determinó por el método de fenol-sulfuro (Rojas et al., 2015). Para la cuantificación de los iones de sodio (Na<sup>1+</sup>), potasio (K<sup>1+</sup>), calcio (Ca<sup>2+</sup>) y magnesio (Mg<sup>2+</sup>) se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian® modelo SpectrAA 880 (Mississuga, Canadá) mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama, para lo cual se extrajeron cenizas de una muestra de 5 g de lactosuero y estas fueron disueltas en 50 mL de una solución de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) al 3% v/v para cuantificar posteriormente la concentración de los minerales (Rodrigues et al., 2020).

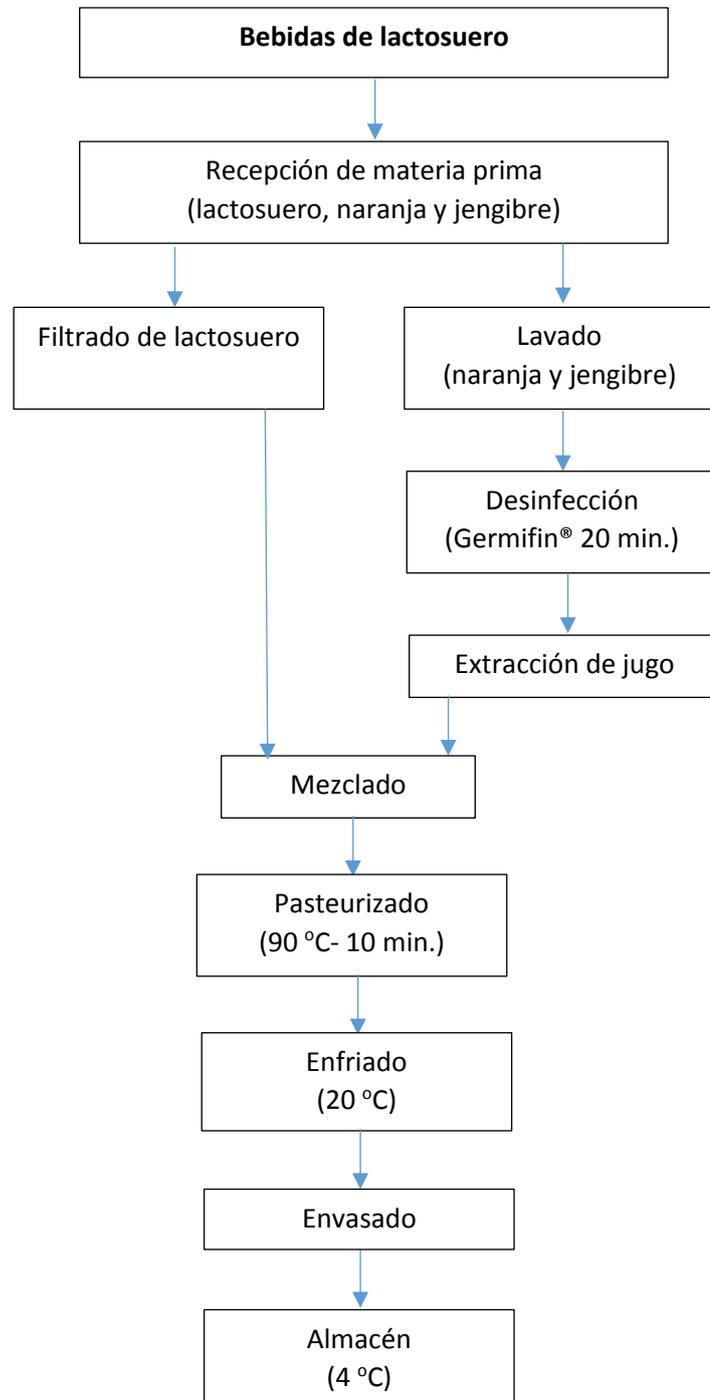
### **6.3- Formulación de bebidas hidratantes y determinación de composición químico proximal**

Las bebidas se realizaron mezclando lactosuero con jugo de naranja (Chatterjee et al., 2015) y jugo de jengibre, donde el lactosuero y jugo de naranja tuvieron diferentes concentraciones (Chatterjee et al., 2015; Pega et al., 2018) pero el jugo de jengibre se mantuvo constante (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Formulación de bebidas**

Formulación B1	Formulación B2	Formulación B3
Lactosuero 80%	Lactosuero 75%	Lactosuero 70%
Jugo de naranja 19%	Jugo de naranja 24%	Jugo de naranja 29%
Jugo de jengibre 1%	Jugo de jengibre 1%	Jugo de jengibre 1%

Las bebidas se procesaron siguiendo el diagrama de flujo de acuerdo a Baba et al. (2015) que a continuación se presenta (Figura 1) las cuales fueron sometidas a los mismos análisis químico proximal que se realizaron al lactosuero incluyendo determinación de azúcares totales mediante el método DNS (Avila-Nuñez et al., 2012).



**Figura 1. Diagrama de flujo para fabricación de bebidas a base de lactosuero**

#### 6.4- Caracterización microbiológica y vida de anaquel

Las formulaciones fueron analizadas microbiológicamente realizando conteo de mesófilos aerobios, coliformes totales, estafilococos, mohos y levaduras (Masotti et al., 2012; Rodrigues et al., 2020) para determinar la inocuidad de las bebidas. Posteriormente se determinó el período de vida de anaquel realizando un monitoreo microbiológico (Baba et al., 2015) mediante la determinación de pH, acidez titulable y mesófilos aerobios los días 1, 7, 21, 28, 56, 70 y 77 en condiciones de refrigeración (4 °C).

#### 6.5- Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial mediante una prueba de aceptación donde se utilizó un formato con escala hedónica de siete puntos (Cuadro 4), la prueba se aplicó a un total de 100 participantes, a quienes se les proporcionó 15 mL de cada una de las formulaciones a una temperatura de  $8 \pm 2$  °C, las muestras se colocaron en vasos codificados con números de tres cifras distintas (Formulación B1= 456, Formulación B2= 578 y Formulación B3= 132) y se proporcionó agua purificada para realizar un enjuague entre cada cambio de muestra. Se les pidió a los participantes colocar en el formato una “X” en la opción de la escala hedónica que les pareciera pertinente, según la opinión que tuvieran al respecto de cada una de las muestras.

#### Cuadro 4. Formato de prueba de aceptación.

---

Frente a usted tiene tres muestras numeradas con tres cifras distintas, pruebe cada una de ellas intercalando cada cambio realizando un enjuague con agua, posteriormente marque con “X” la opinión que tenga al respecto de cada una de las muestras.

---

	Número de muestra		
	456	132	578
Me agrada en extremo			
Me agrada mucho			
Me agrada			
No me agrada ni me desagrada			
Me desagrada			
Me desagrada mucho			
Me desagrada en extremo			

---

## **6.6- Determinación de capacidad de hidratación, recuperación de energía y minerales perdidos durante la actividad física**

Se realizó mediante la aplicación de un protocolo de investigación aprobado por el comité de ética e investigación de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) con código asignado CEEI-046-2019, donde nueve atletas fueron divididos aleatoriamente en tres grupos de tres participantes cada uno y a cada equipo se le asignó un tipo de bebida para hidratarse (equipo control (A) se hidrato con agua, equipo 1 (B) se hidrato con la bebida de lactosuero y equipo 2 (C) se hidrato con una bebida comercial). Los participantes de cada equipo se sometieron a una prueba atlética de resistencia que consistió en trotar a paso moderado en un circuito, durante un período de tiempo de sesenta minutos durante el cual se restringieron líquidos, posteriormente se mantuvo a los participantes en reposo durante quince minutos para recuperarse y al término de este tiempo se hidrataron con la bebida correspondiente (modificado de Li et al., 2015)

### **6.6.1- Participantes**

En este estudio participaron nueve varones físicamente activos, miembros del centro de formación Chaco Giménez tercera división de fútbol profesional de Tulancingo Hgo., quienes realizaban entrenamientos de dos horas cinco veces a la semana y mantenían una alimentación diseñada por un nutriólogo, sus características físicas fueron edad  $18.77 \pm 0.83$  años, talla  $172 \pm 0.03$  cm y peso corporal  $67.73 \pm 4.15$  Kg. Los participantes dieron su consentimiento por escrito para participar en el proyecto después de conocer los riesgos y procedimientos a los que serían sometidos.

### **6.6.2- Evaluación de hidratación**

Se realizó mediante gravimetría siguiendo lo descrito por Mayol-Soto y Aragón-Vargas (2009) con algunas modificaciones, donde se cuantifico el peso corporal de los participantes con una báscula electrónica Rhino ®- modelo Baba-180 (Atizapán de Zaragoza Estado de México, México) al inicio de la prueba atlética (quienes previamente realizaron vaciado de vejiga), posterior a esto se inició la prueba de resistencia y al término nuevamente se pidió a los participantes llevar a cabo el vaciado de vejiga para cuantificar su peso corporal y así determinar la cantidad de peso perdido. Concluyendo esto, se hidrato a los participantes según su grupo correspondiente con la cantidad de líquido correspondiente al 100% del peso corporal perdido durante la prueba, después de cuatro horas se les pidió a los participantes realizar vaciado de vejiga y se continuó con la última toma de peso corporal para conocer la cantidad de agua retenida en el organismo.

### **6.6.3- Evaluación de la recuperación de energía**

Se realizó medición de glucosa en sangre con ayuda de un glucómetro digital One touch®- modelo Select simple (LifeScan Europe, Zug, Switzerland) realizando extracción de una gota de sangre mediante punción en dedo pulgar al inicio y final de la prueba de resistencia, así como al término del período de hidratación, con el objetivo de conocer el contenido inicial de glucosa en sangre, su comportamiento al término de la actividad física y su concentración posterior a la hidratación (Li et al., 2015).

### **6.6.4- Evaluación de recuperación de electrolitos**

Se determinó cuantificando la cantidad de sodio, potasio, calcio y magnesio en muestras de orina que fueron proporcionadas por los participantes, mediante el uso de un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian® modelo SpectrAA 880 (Mississauga, Canadá) mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama, para lo cual se obtuvieron cenizas de una muestra de 5 g de orina las cuales se diluyeron en 50 mL de una solución de  $\text{NOH}_3$  al 3%, posteriormente se determinó la concentración mediante atomización de la solución y posterior combustión en flama empleando como gases combustible-oxidante, acetileno y aire respectivamente (para cada mineral se utilizó la lámpara correspondiente). Para la obtención de muestras de orina se le pidió a cada uno de los participantes una muestra de la primera orina del día (aproximadamente 50 mL) posteriormente realizaron el protocolo de entrenamiento descrito y al término de la prueba de resistencia se les pidió entregar una muestra de orina. Los participantes se hidrataron con su bebida correspondiente y se mantuvieron en reposo durante cuatro horas, para el término de este período de tiempo se pidió una última muestra de orina (Lijnen et al., 1985).

### **6.7- Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos se realizaron con un paquete estadístico IBM SPSS Statistics 20 de la siguiente manera: Se realizó un análisis descriptivo para las características químico proximal del lactosuero, el análisis de datos de la elaboración de bebidas se realizó con un diseño completamente al azar mediante un análisis de varianza (ANOVA) además se empleó una prueba de Tukey cuando existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Para la caracterización microbiológica de las bebidas se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey, para vida de anaquel se utilizó un diseño completamente al azar mediante un ANOVA para muestras repetidas en el tiempo, además se empleó una prueba de Tukey al presentarse diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). El análisis sensorial se analizó mediante

una prueba no paramétrica de Kruskal-wallis y se realizó un análisis de frecuencia. Los datos obtenidos en hidratación se analizaron mediante un modelo lineal para muestras repetidas en el tiempo para conocer el comportamiento de los parámetros durante el período de prueba, posteriormente se realizó un ANOVA para determinar si existían diferencias entre pérdida y ganancia de peso en hidratación, glucosa inicial y final en el organismo, así como contenido de minerales inicial y final en orina.

## 7-Resultados y discusión

### 7.1-Caracterización químico proximal del lactosuero

Los resultados obtenidos de la caracterización químico proximal del lactosuero se muestran a continuación (Cuadro 5). Como se puede observar el pH de la muestra presenta un valor por encima del punto isoeléctrico de las caseínas (4.6) lo cual es indicativo de una coagulación enzimática sin uso de algún medio de acidificación, tal como lo indica Ryan & Walsh (2015) quienes mencionan que la renina induce la coagulación a un pH de 6.5, con lo que se obtienen por una parte las caseínas y por otra parte el lactosuero dulce, esto se confirma con la acidez determinada ya que el valor obtenido no indica presencia de ácido láctico en concentraciones elevadas a pesar de ser valores superiores a lo reportado por Brito et al. (2015) y Chatterjee et al. (2015) 0.17% y 0.21% respectivamente, pues a diferencia de Chandrapala et al. (2015), quienes determinan un contenido de 0.58% para lactosuero ácido, la concentración de ácido láctico en la muestra parece adecuado. Por lo tanto, estos resultados sugieren que la muestra se clasifica como lactosuero dulce, lo que le confiere las características requeridas para el desarrollo de la bebida hidratante, para ello, el contenido de humedad presentó un porcentaje elevado que concuerda con lo reportado por Blaschek et al. (2007), el contenido de cenizas es adecuado ya que se obtuvieron valores similares a lo reportado por Tarango-Hernández et al. (2015) sin embargo, la cantidad de proteína, grasa y lactosa fue mayor a lo descrito por estos autores a pesar de contar con lactosuero proveniente del mismo tipo de queso, ya que mencionan un contenido de proteína de  $0.21 \pm 0.02\%$ , grasa  $0.12 \pm 0.03\%$  y lactosa  $3.50 \pm 0.60\%$ , estas diferencias que se presentan se pueden deber a factores como los parámetros iniciales de la materia prima o las condiciones de producción como pH y temperatura (Chandrapala et al., 2015), por otra parte, de la cantidad presente de estos componentes dependen parámetros como lo es densidad e índice de refracción los cuales tuvieron un comportamiento adecuado ya que se obtuvieron valores similares a lo descrito por Brito et al. (2015).

En el contenido de minerales se encontró como elemento predominante el potasio, seguido de calcio o sodio y como elemento minoritario magnesio, los cuales pueden variar dependiendo de las condiciones de producción de queso. En comparación con lo reportado por Smith et al. (2016) se perciben ligeras variaciones ya que determinaron un contenido de potasio de  $1.44 \text{ gL}^{-1}$ , calcio de  $0.35 \text{ gL}^{-1}$ , sodio de  $0.42 \text{ gL}^{-1}$  y magnesio de

0.08 gL<sup>-1</sup> por lo tanto el lactosuero con que se cuenta en este estudio contiene menor cantidad de minerales a excepción de potasio.

A pesar de las diferencias encontradas en los resultados se menciona que un lactosuero de buena calidad debe contener 93.50% de humedad, 0.58% de cenizas, 0.86% de proteína, 0.55% de grasa y pH 5.8-6.6 (Brito et al., 2015) por lo tanto se consideró que la materia prima con que se cuenta en este estudio es de buena calidad.

#### **Cuadro 5. Parámetros químico proximales del lactosuero**

Parámetro	Resultado
pH	6.40 ± 0.02
Acidez (g ác.láctico L <sup>-1</sup> )	2.42 ± 0.01
Humedad (%)	93.40 ± 0.15
Proteína (%)	0.66 ± 0.09
Grasa butírica (%)	0.60 ± 0.005
Lactosa (g mL <sup>-1</sup> )	0.05 ± 0.0001
Cenizas (%)	0.53 ± 0.02
Densidad (g mL <sup>-1</sup> )	1.03 ± 0.001
Índice de refracción (°Bx)	6.62 ± 0.03
Sodio (mg L <sup>-1</sup> )	200.87 ± 1.64
Potasio (mg L <sup>-1</sup> )	1602.73 ± 6.41
Calcio (mg L <sup>-1</sup> )	198.73 ± 0.55
Magnesio (mg L <sup>-1</sup> )	62.87 ± 0.67

#### **7.2-Formulación de bebidas hidratantes y determinación de composición químico proximal**

Se realizó la caracterización químico proximal de las tres formulaciones desarrolladas con la finalidad de conocer su composición nutrimental y determinar si existían diferencias significativas entre ellas. Los datos obtenidos se presentan a continuación (Cuadro 6) donde se puede apreciar que todas las variables medidas en las bebidas hidratantes presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a excepción del porcentaje de humedad que se vio ligeramente modificado a comparación del lactosuero por la adición de jugo de naranja, puesto que B3 fue la que presentó una diferencia mayor como consecuencia de contener más porcentaje de jugo de naranja en comparación con B1 y B2.

**Cuadro 6. Caracterización químico proximal de las bebidas elaboradas a partir de lactosuero dulce**

Parámetros	Formulaciones <sup>1</sup>		
	B1	B2	B3
pH	4.61 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.53 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.39 ± 0.01 <sup>b</sup>
Acidez (g ác.láctico L <sup>-1</sup> )	3.94 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.14 ± 0.01 <sup>b</sup>	5.02 ± 0.01 <sup>c</sup>
Humedad (%)	93.32 ± 1.19 <sup>a</sup>	94.30 ± 1.01 <sup>a</sup>	94.60 ± 1.14 <sup>a</sup>
Proteína (%)	0.81 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.73 ± 0.01 <sup>b</sup>
Grasa butírica (%)	0.48 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.01 <sup>b</sup>
Azúcares totales (g L <sup>-1</sup> )	3.55 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.64 ± 0.005 <sup>b</sup>	3.77 ± 0.01 <sup>c</sup>
Lactosa (g mL <sup>-1</sup> )	0.05 ± 0.0002 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.0001 <sup>b</sup>	0.04 ± 0.0002 <sup>c</sup>
Cenizas (%)	0.69 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.59 ± 0.02 <sup>b</sup>
Densidad (g mL <sup>-1</sup> )	1.05 ± 0.0001 <sup>a</sup>	1.05 ± 0.0001 <sup>b</sup>	1.04 ± 0.002 <sup>c</sup>
Índice de refracción (°Bx)	7.03 ± 0.04 <sup>a</sup>	7.85 ± 0.09 <sup>b</sup>	8.16 ± 0.04 <sup>c</sup>
Sodio (mg L <sup>-1</sup> )	330.80 ± 1.72 <sup>a</sup>	307.19 ± 0.40 <sup>b</sup>	231.11 ± 2.43 <sup>c</sup>
Potasio (mg L <sup>-1</sup> )	3230.28 ± 29.17 <sup>a</sup>	3204.21 ± 47.60 <sup>a</sup>	2552.27 ± 46.03 <sup>b</sup>
Calcio (mg L <sup>-1</sup> )	147.01 ± 1.07 <sup>a</sup>	141.19 ± 0.35 <sup>b</sup>	116.36 ± 0.85 <sup>c</sup>
Magnesio (mg L <sup>-1</sup> )	343.20 ± 2.40 <sup>a</sup>	333.18 ± 1.01 <sup>b</sup>	251.24 ± 0.44 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>B1: Bebida formulada con 80% de lactosuero (n=3); B2: Bebida formulada con 75% de lactosuero (n=3); B3: Bebida formulada con 70% de lactosuero (n=3); las literales a, b y c en la misma fila indican diferencias significativas entre las formulaciones

El pH más bajo se presentó en B3 ya que contenía mayor porcentaje de jugo de naranja, sin embargo las tres formulaciones presentaron un pH cercano a lo reportado por Chatterjee et al. (2015) el cual se encuentra ligeramente por encima de ellas (4.78) probablemente como consecuencia del uso de concentrado de lactosuero en su formulación, en contraparte B3 presentó la acidez más alta, lo que resultó de la adición de mayor cantidad de jugo de naranja al igual que en el caso de pH, en apoyo a estos resultados Rodrigues et al. (2020) mencionan que este comportamiento es debido a la adición de ácido cítrico, que en este caso se incorporó a través de la mezcla del jugo de naranja con el lactosuero, sin embargo este parámetro se calculó como gramos de ácido láctico por litro de solución con la finalidad de conocer las características del producto, pero debe considerarse que se encuentra presente ácido cítrico.

Un punto importante a considerar son los compuestos que generan un aporte nutrimental, como es el caso de azúcares, grasa y proteína (López y Fernández, 2006), para los cuales se determinó que existían diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las formulaciones, en el caso de proteína y grasa B1 presentó mayores porcentajes como respuesta a mayor contenido de lactosuero, los cuales decrecieron para B2 y B3, por otra parte para B1 se observó menor cantidad de azúcares totales por contener menor cantidad de jugo de naranja los cuales se vieron incrementados en B2 y B3. En promedio se cuenta con  $3.65 \text{ g L}^{-1}$  de azúcares totales lo cual se encuentra por debajo de lo reportado por Urdampilleta et al. (2013) y Chatterjee et al. (2015), el contenido de grasa presentó un comportamiento similar ya que se encontró un porcentaje menor a lo reportado por estos autores. En cuanto a proteína como ya se mencionó existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), sin embargo, las cantidades están dentro de un rango apropiado y su presencia es un punto importante ya que son una fuente completa de AA esenciales que pueden ayudar en la recuperación muscular después del ejercicio (Parker et al., 2018). Al igual que en el caso del lactosuero los componentes de las bebidas determinan el índice de refracción y la densidad, donde para el primer caso B3 presentó el mayor valor y B1 fue el valor menor, que fue muy cercano a lo reportado por Brito et al. (2015) quienes determinaron un valor de 7, estos cambios se generaron como consecuencia del uso de jugo de naranja en la bebida que proporcionó un cambio en la cantidad de sólidos disueltos en las formulaciones, puesto que los autores mencionados a diferencia, utilizaron saborizante artificial de mango que no produjo un aumento considerable en los sólidos disueltos, para el caso de la densidad B1 mostró ser la de mayor densidad, lo que disminuyó para B2 y B3 por la adición de mayor cantidad de agua a través del jugo de naranja, a pesar de esto los resultados obtenidos fueron superiores a lo reportado por los mismos autores, lo que pudo ser causado por el menor contenido de humedad que ellos reportan.

El mayor contenido de minerales se observó en B1 que fue la formulación con mayor porcentaje de lactosuero, para B2 y B3 se vio disminuido su contenido por la reducción del porcentaje de lactosuero, los minerales se analizaron con la finalidad de conocer la cantidad presente en las bebidas, ya que tendrán la función de recuperar los minerales perdidos a través de la sudoración al realizar actividad física, puesto que son importantes para el adecuado funcionamiento celular. Cheung y Mehta (2015) mencionan que los minerales presentes en bebidas tónicas deben estar dentro de un rango de  $170\text{-}3750 \text{ mg L}^{-1}$  para sodio,  $0\text{-}450 \text{ mg L}^{-1}$  para potasio,  $0\text{-}420 \text{ mg L}^{-1}$  para magnesio y  $0\text{-}340 \text{ mg L}^{-1}$

para calcio, por lo tanto de acuerdo a los resultados obtenidos los minerales se encuentran dentro de los parámetros a excepción del potasio, por lo cual debería reducirse para conseguir una bebida apropiada, sin embargo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la ingesta de potasio debe ser de 3510 mg día<sup>-1</sup> por lo cual es posible que las bebidas puedan aportar estos minerales al organismo sin exceder los límites establecidos. Por otra parte, en cuanto a la alta cantidad de potasio Epstein & Lifschitz (2016) mencionan que el organismo en respuesta a una comida rica en potasio que incluye glucosa, secreta insulina pancreática y activa la Na<sup>+</sup>- K<sup>-</sup> ATPasa del músculo esquelético y el hígado que mueve el potasio del plasma al fluido intracelular de estas células y este mecanismo minimiza el aumento postprandial en la concentración plasmática de potasio. Además, si el consumo de potasio aumenta su concentración en el plasma lo suficiente, se desencadena la síntesis de aldosterona y la liberación de glándulas suprarrenales, lo que estimula la actividad y síntesis de Na<sup>+</sup>- K<sup>-</sup> ATPasa y los canales luminales de potasio en las células principales del conducto colector para secretar el exceso, por otro lado, existe una segunda vía para mantener la homeóstasis del potasio la cual es el mecanismo de control avanzado. Este plantea que incluso cambios menores en la ingesta de potasio en la dieta, que son insuficientes para alterar las concentraciones plasmáticas de potasio o aldosterona, son capaces de provocar cambios rápidos en la excreción renal mediante receptores que detectan niveles de potasio entérico e influyen en la excreción, por lo cual el consumo de este mineral a través del producto desarrollado no presenta riesgo siempre y cuando las funciones renales no se encuentren comprometidas. En cuanto al contenido de Na<sup>1+</sup> a pesar de encontrarse dentro de los parámetros establecidos anteriormente, presenta un contenido bajo en comparación con Rodrigues et al. (2020) a demás Urdampilleta et al. (2013) menciona que la reposición hídrica en deportistas debe realizarse mediante 0.7-1 L de solución isotónica con una concentración de Na<sup>1+</sup> de 0.5-0.7 g L<sup>-1</sup>, en cuanto a Mg<sup>2+</sup> se encontró mayor concentración en comparación a lo reportado por Rodrigues et al. (2020) quienes obtuvieron concentraciones de 60 mg L<sup>-1</sup>, sin embargo mencionan que este mineral es requerido para la síntesis de proteína, por último el contenido de Ca<sup>2+</sup> fue menor a lo reportado por Yasmín et al. (2015) y Rodrigues et al. (2020), pero a pesar de contener menor cantidad se ha mencionado que, este mineral en el lactosuero es altamente biodisponible lo que puede mejorar la salud ósea y las respuestas musculares del organismo.

### 7.3- Caracterización microbiológica y vida de anaquel

Se determinó la inocuidad del producto desarrollado ya que se administraría posteriormente a deportistas. Como se puede observar en el cuadro 7 las formulaciones no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en cuanto a la cantidad de mesófilos aerobios y coliformes, además no se observó presencia de mohos y estafilococos.

**Cuadro 7. Caracterización microbiológica de las bebidas elaboradas a partir de lactosuero dulce**

Análisis (UFC Log <sub>10</sub> mL <sup>-1</sup> )	Formulación <sup>1</sup>		
	B1	B2	B3
Mesófilos aerobios	1.19 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.04 <sup>a</sup>
Coliformes	0.72 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.19 <sup>a</sup>
Mohos	Ausente	Ausente	Ausente
Estafilococos	Ausente	Ausente	Ausente

<sup>1</sup>B1: Bebida formulada con 80% de lactosuero (n=3); B2: Bebida formulada con 75% de lactosuero (n=3); B3: Bebida formulada con 70% de lactosuero (n=3); la literal a en la misma fila indica que las variables pertenecen al mismo grupo ( $p > 0.05$ )

Según la NOM-091-SSA1-1994 los límites para mesófilos aerobios en leche pasteurizada es de 4.47 UFC Log<sub>10</sub> mL<sup>-1</sup>, para coliformes es de 1 UFC Log<sub>10</sub> mL<sup>-1</sup> y estafilococos debe encontrarse ausente, la detección de mohos no es mencionada, por lo tanto conforme a esta norma las formulaciones cuentan con calidad microbiológica, sin embargo, al generar un tratamiento térmico alto (90 °C -10 minutos) se esperaba que principalmente coliformes estuvieran ausentes, pero su presencia puede deberse a la protección de los microorganismos por parte de las proteínas del lactosuero, ya que Baba et al. (2016) mencionan que las proteínas aisladas de lactosuero han demostrado ofrecer protección a microorganismos como *Lactobacillus plantarum* y *Saccharomyces boulardii*, resultando en un incremento del contenido microbiano al generar mayor supervivencia. Continúo a esto, se determinó la vida de anaquel de las formulaciones monitoreando pH, acidez y mesófilos aerobios los días 1, 7, 14, 28, 56, 70 y 77 de la vida del producto en refrigeración (4 °C). Se observó un comportamiento similar para las tres formulaciones, en las cuales el pH tiende a disminuir y acidez aumenta con respecto al tiempo en almacén (Cuadro 8 y 9), a pesar de tener un comportamiento similar las tres formulaciones B1 y B2 presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto a B3 en el día 77 de almacén para ambos parámetros, en cuanto a pH como ya se había mencionado B1 cuenta con los valores mayores al inicio del período de almacén, pero a partir del día 56 en adelante la formulación B2 fue la que mostró valores mayores, lo cual generó que B1 y

B2 no fueran significativamente diferentes ( $p>0.05$ ), por otro lado B3 fue la formulación con menor pH para todo el período de análisis, en cuanto al parámetro de acidez B3 presentó la mayor cantidad de ácido láctico durante el tiempo a diferencia de B2 y B1.

### Cuadro 8. Determinación de pH en almacén

Días de almacén	Formulación <sup>1</sup>		
	B1	B2	B3
1	4.56 ± 0.05 <sup>b</sup>	4.51 ± 0.01 <sup>b</sup>	4.38 ± 0.01 <sup>a</sup>
7	4.57 ± 0.01 <sup>b</sup>	4.40 ± 0.09 <sup>a</sup>	4.31 ± 0.01 <sup>a</sup>
21	4.50 ± 0.005 <sup>c</sup>	4.22 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.06 ± 0.05 <sup>a</sup>
28	4.23 ± 0.05 <sup>c</sup>	4.06 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.76 ± 0.05 <sup>a</sup>
56	3.30 ± 0.20 <sup>ab</sup>	3.60 ± 0.10 <sup>b</sup>	3.10 ± 0.10 <sup>a</sup>
70	3.13 ± 0.15 <sup>ab</sup>	3.36 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.03 ± 0.05 <sup>a</sup>
77	2.96 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.20 ± 0.10 <sup>b</sup>	2.93 ± 0.05 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>B1: Bebida formulada con 80% de lactosuero (n=3); B2: Bebida formulada con 75% de lactosuero (n=3); B3: Bebida formulada con 70% de lactosuero (n=3); los datos corresponden a pH ± desviación estándar, las literales a, b y c en la misma fila indican diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre las formulaciones

Este comportamiento observado en pH y acidez fue similar a lo reportado por Arora et al. (2013) y Chatterjee et al. (2015) quienes reportan un decremento en pH e incremento en acidez con la diferencia de que estos cambios no fueron tan drásticos, probablemente por la adición de conservadores evitando el desarrollo de microorganismos, en el primer caso y en el segundo el análisis se realizó durante un período de 15 días donde probablemente no fue el tiempo suficiente para generar un cambio de pH similar. Con base a esto Yasmin et al. (2015) mencionan que este fenómeno ha sido expresado por diversos autores y lo atribuyen a la conversión de lactosa en ácido láctico, lo cual tendría lógica ya que Da Silveira et al. (2015) describen que existe una post acidificación en almacén lo que genera estos cambios y esto se debe a que la bebida continúa fermentando por la presencia de microorganismos por ejemplo *B. Lactis*, *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* los cuales a pesar de que no se agregaron en las formulaciones a diferencia de estos autores, podrían estar presentes algunas bacterias ácido lácticas que son endémicas de la leche y como se mencionó anteriormente pudieron sobrevivir en el tratamiento térmico a consecuencia de la presencia de las proteínas de lactosuero, por otro lado Pega et al. (2018) obtuvieron mejores resultados para el control

microbiológico en su bebida fermentada a partir de lactosuero dulce, mediante el uso de la tecnología de proceso de altas presiones (HPP) pues en mismas condiciones de almacén del presente proyecto, no presentaron diferencias significativas a los 45 días de almacén, dicho esto es probable que la modificación del método para el control microbiológico por una tecnología como esta, sea justificado.

### Cuadro 9. Determinación de acidez en almacén

Días de almacén	Formulación <sup>1</sup>		
	B1	B2	B3
1	3.40 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.62 ± 0.17 <sup>ab</sup>	3.87 ± 0.04 <sup>b</sup>
7	3.49 ± 0.04 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.09 ± 0.08 <sup>c</sup>
21	4.06 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.55 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.72 ± 0.12 <sup>b</sup>
28	4.22 ± 0.40 <sup>a</sup>	4.77 ± 0.04 <sup>ab</sup>	4.99 ± 0.08 <sup>b</sup>
56	4.99 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.99 ± 0.24 <sup>a</sup>	5.59 ± 0.12 <sup>b</sup>
70	5.23 ± 0.08 <sup>a</sup>	5.09 ± 0.12 <sup>a</sup>	5.67 ± 0.09 <sup>b</sup>
77	5.26 ± 0.04 <sup>a</sup>	5.15 ± 0.08 <sup>a</sup>	5.80 ± 0.08 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>B1: Bebida formulada con 80% de lactosuero (n=3); B2: Bebida formulada con 75% de lactosuero (n=3); B3: Bebida formulada con 70% de lactosuero (n=3); los datos corresponden a gramos de ácido láctico mL<sup>-1</sup> ± desviación estándar, las literales a, b y c en la misma fila indican diferencias significativas (p<0.05) entre las formulaciones

En cuanto a la presencia de mesófilos aerobios se observó un comportamiento similar para las tres formulaciones (Cuadro 10) donde el desarrollo de UFC obedece a una curva de segundo orden con respecto al tiempo, sin embargo, se observaron diferencias significativas (p<0.05) para B3 en comparación con B1 y B2.

De acuerdo a los datos la formulación B3 presentó menor desarrollo de UFC, lo que pudo ser causado por la diferencia de pH en las formulaciones ya que como se observó anteriormente B3 durante el tiempo de análisis generó valores menores que B2 y B1 por lo que es probable que el pH en B3 tuvo una influencia importante en el desarrollo de UFC, por otra parte, a pesar de este comportamiento para las tres formulaciones se estimó un período de vida de 77 días bajo condiciones de refrigeración ya que posterior a este tiempo, las UFC superaron el límite señalado por NOM-091-SSA1-1994. Atendiendo a lo reportado por Chatterjee et al. (2015) las bebidas que se elaboraron superaron el período de vida de anaquel determinado por dichos autores ya que mencionan un período

de 49 días a temperatura de 7 °C sin uso de conservadores, pero al utilizar benzoato de sodio (150 ppm) obtuvieron un período de almacén de 96 días lo cual da una pauta para poder extender la vida del producto desarrollado.

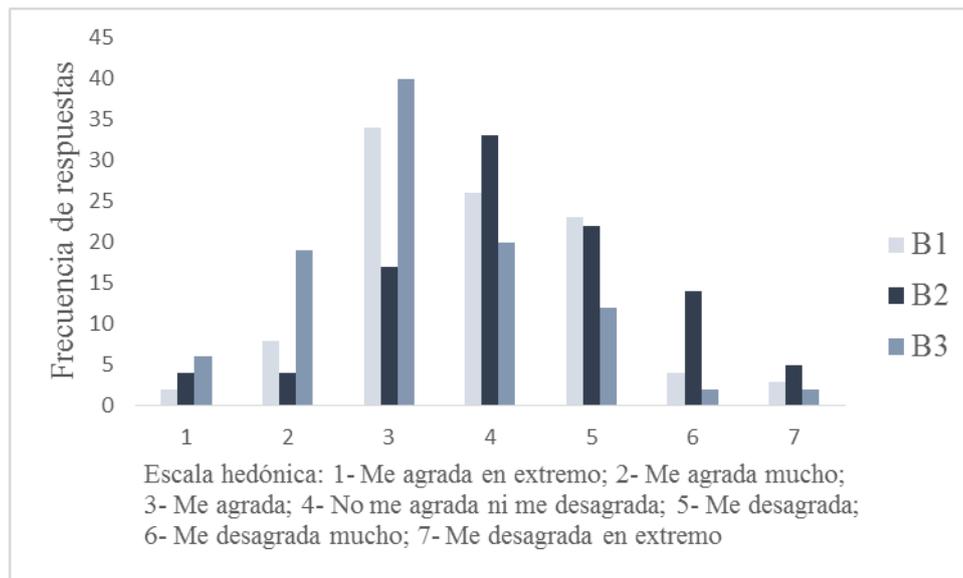
**Cuadro 10. Determinación de mesófilos aerobios en almacén**

Días de almacén	Formulación <sup>1</sup>		
	B1	B2	B3
1	1.18 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.07 <sup>a</sup>
7	1.52 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.52 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.33 ± 0.05 <sup>a</sup>
21	2.12 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.12 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.07 ± 0.02 <sup>a</sup>
28	2.38 ± 0.007 <sup>a</sup>	2.38 ± 0.007 <sup>a</sup>	2.36 ± 0.01 <sup>a</sup>
56	3.09 ± 0.01 <sup>b</sup>	3.09 ± 0.01 <sup>b</sup>	3.001 ± 0.01 <sup>a</sup>
70	3.40 ± 0.003 <sup>a</sup>	3.40 ± 0.003 <sup>a</sup>	3.39 ± 0.007 <sup>a</sup>
77	3.50 ± 0.003 <sup>a</sup>	3.50 ± 0.003 <sup>a</sup>	3.48 ± 0.01 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>B1: Bebida formulada con 80% de lactosuero (n=3); B2: Bebida formulada con 75% de lactosuero (n=3); B3: Bebida formulada con 70% de lactosuero (n=3); los datos corresponden a UFC Log<sub>10</sub> mL<sup>-1</sup> ± desviación estándar, las literales a y b en la misma fila indican diferencias significativas (p<0.05) entre las formulaciones

#### 7.4-Análisis sensorial

Posteriormente las formulaciones fueron sometidas a un análisis sensorial mediante una prueba de aceptación donde se determinó que la respuesta de mayor frecuencia fue “Me agrada” seguida de “No me agrada ni me desagrada” (Figura 2). Conforme a los datos obtenidos se observaron diferencias significativas para las tres formulaciones (Cuadro 11), los promedios de las puntuaciones obtenidas por cada formulación muestran que B2 fue descrita como “No me agrada ni me desagrada” y según la opinión de los panelistas B1 presentó valores cercanos a B2, por otro lado B3 fue más cercana a la opinión de “Me agrada” por lo que fue elegida para ser utilizada en la siguiente etapa.



**Figura 2. Histograma de frecuencias de las respuestas de los jueces para cada una de las bebidas de lactosuero dulce**

### Cuadro 11. Análisis sensorial

Formulación <sup>1</sup>	Nivel de aceptación
B1	3.84 ± 1.22 <sup>b</sup>
B2	4.29 ± 1.36 <sup>c</sup>
B3	3.25 ± 1.23 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>B1: Bebida formulada con 80% de lactosuero (n=3); B2: Bebida formulada con 75% de lactosuero (n=3); B3: Bebida formulada con 70% de lactosuero (n=3); las literales a, b y c indican diferencias significativas (p<0.05) entre las formulaciones

La preferencia por la formulación B3, mencionaron los jueces que, era debido al sabor de la bebida ya que fue más dulce y esta percepción se debió a la mayor cantidad de jugo de naranja utilizado en el desarrollo del producto, en concordancia con esto Chatterjee et al. (2015) obtuvieron mayor aceptabilidad para una bebida que contenía 40% de jugo de naranja con adición de 8% de azúcar lo que probablemente impartió un sabor dulce que fue grato al paladar. Otra opinión respecto al producto fue la presencia de un sabor a leche cocida, lo que es reportado por Smith et al. (2016) quienes mencionan que el lactosuero dulce presenta sabores dulces y a leche cocida, y al parecer, están presentes en la bebida, adicionalmente estos autores recalcan que el sabor del lactosuero puede cambiar en base a los parámetros de producción del queso, como lo es el origen de la leche, tratamiento térmico, cultivos iniciadores, métodos de coagulación y pH, dicho esto, es posible que alguna de estas variables haya generado una característica de sabor en el producto poco grata al paladar.

## 7.5-Determinación de capacidad de hidratación, recuperación de energía y minerales perdidos durante la actividad física

Se comparó la formulación B3 (B) que fue la bebida seleccionada a partir del análisis sensorial contra una bebida comercial (C) y agua común (A) con la finalidad de conocer su capacidad de hidratación, recuperación de glucosa y minerales perdidos al realizar ejercicio.

### 7.5.1-Evaluación de hidratación

Los tres equipos que se sometieron al protocolo de entrenamiento presentaron un comportamiento similar a través del tiempo de estudio (Cuadro 12), donde se observó que del peso inicial de los participantes hubo una pérdida al término del período de ejercicio, como consecuencia de la eliminación de agua del organismo a través de la sudoración, respiración y orina, posteriormente se puede observar un aumento en el peso corporal ya que se administró a los participantes un medio de hidratación y el peso recuperado corresponde al agua retenida en el organismo después del período de hidratación, este comportamiento no presentó diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para los tres equipos.

**Cuadro 12. Estudio de la hidratación durante el protocolo de entrenamiento (pérdida y ganancia de peso corporal)**

Tiempo (minutos)	Peso corporal de los participantes para cada tratamiento de hidratación		
	A	B	C
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
0	66.23 ± 1.14 <sup>Aa</sup>	66.5 ± 2.84 <sup>Aa</sup>	67.62 ± 1.42 <sup>Aa</sup>
60	65.28 ± 1.04 <sup>Aa</sup>	65.54 ± 2.83 <sup>Aa</sup>	66.65 ± 1.50 <sup>Aa</sup>
300	65.96 ± 1.001 <sup>Aa</sup>	66.32 ± 2.85 <sup>Aa</sup>	67.43 ± 1.64 <sup>Aa</sup>

*A: Equipo hidratado con agua (n=3); B: Equipo hidratado con la bebida de lactosuero (n=3); C: Equipo hidratado con una bebida comercial (n=3); la literal A en la misma fila indica que no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los equipos, la literal a en la misma columna indica que no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en el peso de los participantes de cada uno de los equipos a través del tiempo*

A pesar de que los equipos fueron iguales ( $p>0.05$ ) al determinar la pérdida de peso corporal de los participantes pertenecientes a cada tratamiento (Cuadro 13), la ganancia de peso después de la hidratación si mostró diferencias significativas ( $p<0.05$ ), donde B y C fueron similares pero A difirió en la cantidad de Kg ganados. Este comportamiento es resultado de los componentes de las bebidas ya que, al existir glucosa y minerales como el sodio, se genera un mecanismo de cotransporte que permite mayor absorción de agua

a través del intestino, produciendo mayor recuperación de líquido. Como el tratamiento A carece de glucosa y tiene una cantidad mínima de minerales se generó menor absorción de agua a diferencia de B y C que contienen minerales y carbohidratos que pudieron influir en una mayor absorción, además esto es consistente con los resultados obtenidos ya que como se mencionó en el desarrollo de la bebida de lactosuero el tratamiento B contiene mayor cantidad de minerales según lo establecido para una bebida hidratante, lo que posiblemente se vio reflejado en mayor ganancia de peso en comparación con C, por otro lado Rodrigues et al. 2020 en su estudio no encontraron diferencias significativas entre el peso inicial y final en el entrenamiento de sus atletas, probablemente porque el agua utilizada como control fue agua mineral que pudo influir en el cotransporte de agua en el organismo, además su protocolo de hidratación se llevó a cabo durante el entrenamiento físico, resultados similares fueron reportados por Kalman et al. (2012) quienes utilizaron agua de coco como medio de hidratación, sin embargo mencionan que a pesar de no existir diferencias significativas, el agua de coco generó ligeramente un incremento mayor de masa corporal que pudo ser consecuencia de la presencia de azúcares y minerales.

**Cuadro 13. Pérdida y ganancia de peso corporal para los diferentes equipos**

Parámetro	Tratamiento de hidratación <sup>1</sup>		
	A	B	C
Pérdida (Kg)	0.96 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.97 ± 0.16 <sup>a</sup>
Ganancia (Kg)	0.67 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.04 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>A: Equipo hidratado con agua (n=3); B: Equipo hidratado con la bebida de lactosuero (n=3); C: Equipo hidratado con una bebida comercial (n=3); las literales a y b indican diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos

La recuperación de peso corporal (ganancia) mostró diferencias significativas para el grupo A, siendo quienes presentaron menor recuperación, esto como respuesta de los minerales presentes en la bebida, pues su presencia produce mayor retención de agua en el organismo al aumentar la sed y reducir la diuresis (Urdampilleta et al., 2013)

#### 7.5.2-Evaluación de recuperación de energía

Para evaluar la recuperación de energía se estudió el comportamiento de glucosa en sangre a través del tiempo. En el cuadro 14 se observa un comportamiento similar para

los tres equipos, donde la cantidad de glucosa se ve aumentada desde el inicio de la prueba de resistencia (0 minutos) hasta su término (60 minutos) y posterior a la hidratación (300 minutos) la cantidad de glucosa disminuye por debajo de la glucosa inicial. Según los datos obtenidos no existieron diferencias significativas entre los tres equipos ( $p>0.05$ ) al analizar las variaciones de glucosa a través del tiempo, además se observó que los tratamientos mostraron tener el mismo efecto sobre el organismo, ya que, no se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre la cantidad de glucosa en sangre al inicio del entrenamiento y la cantidad presente al final del período de hidratación (Cuadro 15), estos resultados fueron similares a los reportados por Lewis et al. (2013) quienes sugieren que el organismo tiene la capacidad de nivelar la cantidad de glucosa en sangre por glucogenólisis y glucogenogénesis (Laurenson & Dubé, 2015), ya que posterior al entrenamiento se aprecia un aumento como respuesta al requerimiento energético ante la actividad física y posterior al período de hidratación el hígado almacena la glucosa nivelando su concentración en sangre, por otro lado en su investigación Roberts et al. (2012) comparan el uso de una bebida de carbohidratos contra una bebida con carbohidratos, electrolitos y proteínas encontrando diferencias significativas ( $p<0.001$ ) en el contenido de glucosa en sangre, lo cual atribuyen a la presencia de sodio en las bebidas, ya que se une a azúcares y son transportados por enzimas como GLUT1 y GLUT5, por su parte Laurenson y Dubé (2015) mencionan diferencias ante el contenido de glucosa en sangre con el uso de una bebida no calórica contra una bebida que contiene carbohidratos y proteínas.

#### **Cuadro 14. Cuantificación de glucosa a través del tiempo**

Tiempo (minutos)	Concentración de glucosa en sangre ( $\text{mg dL}^{-1}$ ) de los participantes pertenecientes a cada tratamiento de hidratación		
	A	B	C
0	$86.55 \pm 10.74^{\text{Aa}}$	$87.44 \pm 14.35^{\text{Aa}}$	$92.33 \pm 6.88^{\text{Aa}}$
60	$95.77 \pm 14.99^{\text{Aa}}$	$95.55 \pm 8.45^{\text{Aa}}$	$107.16 \pm 15.22^{\text{Aa}}$
300	$78.33 \pm 23.91^{\text{Aa}}$	$84.55 \pm 9.24^{\text{Aa}}$	$86.50 \pm 7.55^{\text{Aa}}$

*A: Equipo hidratado con agua (n=3); B: Equipo hidratado con la bebida de lactosuero (n=3); C: Equipo hidratado con una bebida comercial (n=3); la literal A en la misma fila indica que no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos, la literal a en la misma columna indica que no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en el peso de los participantes de cada uno de los equipos a través del tiempo*

A pesar de no existir diferencias significativas entre los diferentes grupos en cuanto al contenido de glucosa inicial y final (Cuadro 15) se puede observar que la mayor diferencia se encuentra en el equipo A esto como consecuencia del uso de agua como hidratante puesto que un aporte exógeno de glucosa reduce el consumo de glucógeno muscular además con un consumo de 60 g de azúcar por hora se reduce la oxidación de glucosa en hígado hasta un 30% (Urdampilleta et al., 2013), por otra parte, parece ser que la bebida de lactosuero fue el medio de hidratación que generó menor variación en los resultados y presentó mejor capacidad de nivelar el contenido de glucosa en sangre a diferencia del agua y la bebida comercial, este suceso posiblemente se observó por la presencia de las proteínas del lactosuero, pues Petersen et al. (2009) mencionan que las proteínas del lactosuero contienen mayor cantidad de aminoácidos de cadena ramificada como leucina la cual tiene una alta capacidad de aumentar la respuesta de la insulina estimulando el consumo celular de glucosa (Laurenson & Dubé, 2015), además las proteínas del lactosuero tienen efectos en la liberación de hormonas en el intestino como es el caso del péptido similar al glucagón 1 (GPL-1) y péptido insulínico dependiente de la glucosa (GIP) que están involucrados en el control glicémico (Petersen et al., 2009; Escalada et al., 2014). Ya que el uso de bebidas para deportistas tiene como objetivo mantener adecuadamente los depósitos de glucógeno muscular, la glucemia estable y evitar un estado de deshidratación (Urdampilleta et al., 2013), la bebida desarrollada presenta la funcionalidad que se esperaba.

**Cuadro 15. Glucosa del organismo (Inicial y final)**

Tratamiento de hidratación <sup>1</sup>	Glucosa inicial (mg dL <sup>-1</sup> )	Glucosa final (mg dL <sup>-1</sup> )
A	86.55 ± 10.74 <sup>a</sup>	78.33 ± 23.91 <sup>a</sup>
B	87.44 ± 14.35 <sup>a</sup>	84.55 ± 9.24 <sup>a</sup>
C	92.33 ± 6.88 <sup>a</sup>	86.50 ± 7.55 <sup>a</sup>

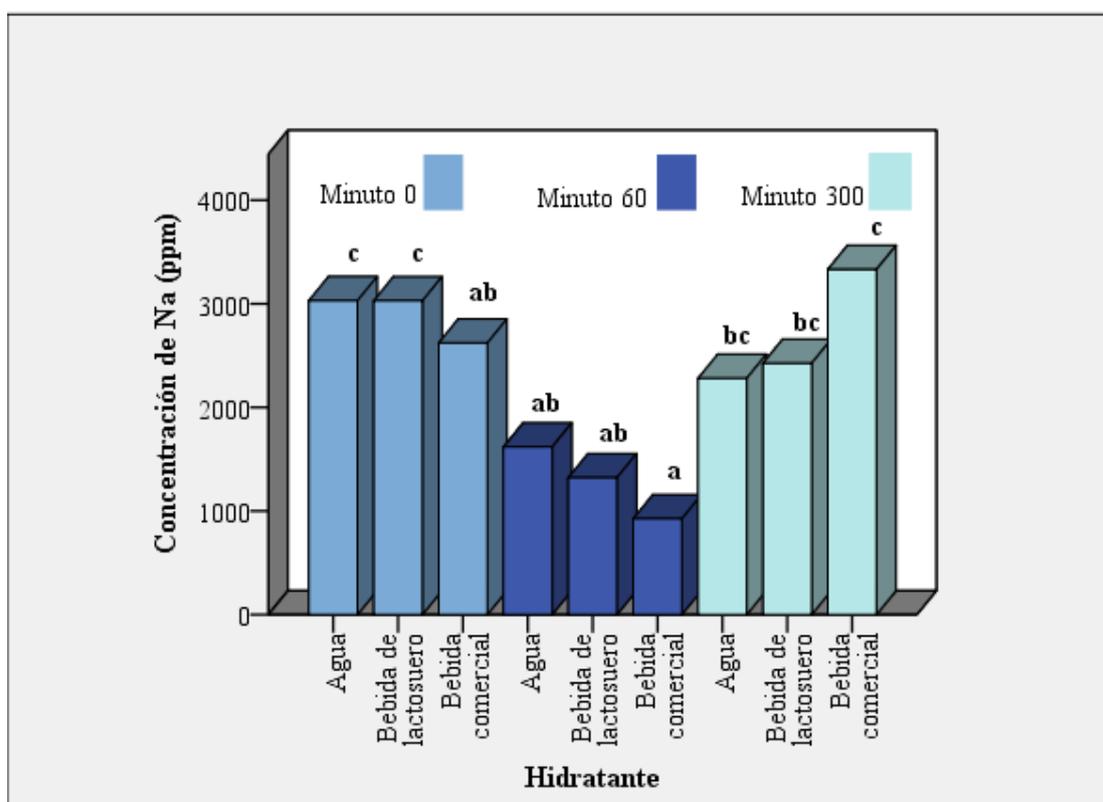
<sup>1</sup>A: Equipo hidratado con agua (n=3); B Equipo hidratado con la bebida de lactosuero (n=3); C Equipo hidratado con bebida comercial (n=3); la literal a en la misma fila indica que no existen diferencias significativas (p>0.05) entre el valor inicial y final de los diferentes tratamientos

### 7.5.3-Evaluación de recuperación de electrolitos

Durante el ejercicio de alta intensidad o entrenamiento físico el organismo humano tiene pérdidas hidroeléctricas que pueden ser significativos con la necesidad de recuperación,

siendo el agua o un consumo isotónico generalmente recomendado (Rodrigues et al., 2020), estas pérdidas pueden ser de sodio ( $\text{Na}^{1+}$ ), potasio ( $\text{K}^{1+}$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), lo que ocurre a través de la sudoración, orina y heces fecales, además la concentración se ve influenciada por pérdida de agua en el organismo a través del sudor y la respiración.

Durante el protocolo de entrenamiento se observó que los tres equipos tuvieron un comportamiento similar sin presentar diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en cuanto a la concentración de  $\text{Na}^{1+}$  en orina. Se pudo notar que de la excreción inicial se produjo una disminución al realizar ejercicio durante 60 minutos y posteriormente al realizar la hidratación aumento la excreción de  $\text{Na}^{1+}$  en orina (Figura 3), a pesar de esto la concentración inicial fue mayor a la concentración después del período de hidratación para el caso de agua y la bebida de lactosuero, un comportamiento que no se observó para la bebida comercial pues generó un aumento en la excreción de  $\text{Na}^{1+}$  después del período de hidratación mayor a la excreción inicial, esto a consecuencia de la mayor concentración de en el medio de hidratación.



*Las literales a, b y c indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p<0.05$ )*

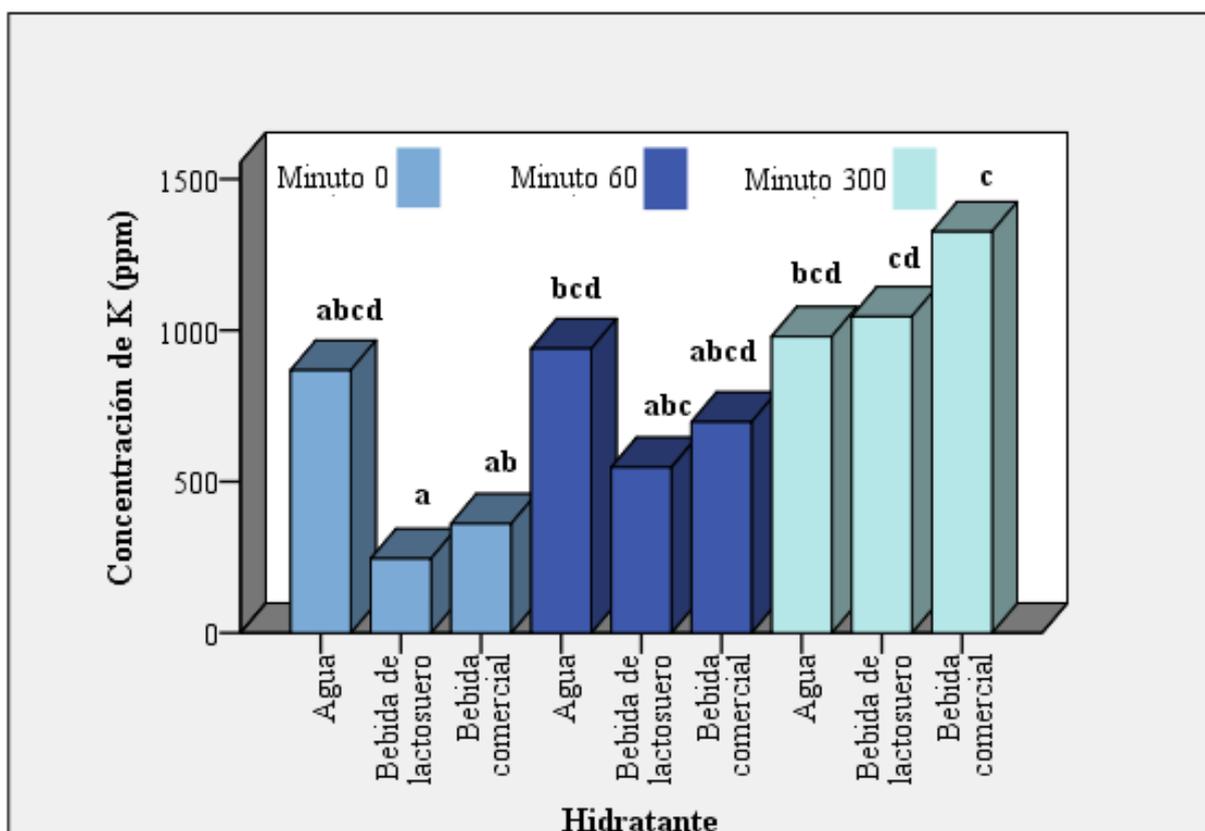
**Figura 3. Excreción de  $\text{Na}^{1+}$  en orina durante protocolo de entrenamiento**

La disminución en la excreción de  $\text{Na}^{1+}$  ante la actividad física a través de la orina se produce por el aumento de su reabsorción tubular en riñón que se ve influenciada por la presencia de angiotensina II al realizar ejercicio (López & Fernández, 2006) y sensores extrarrenales e intrarrenales que segregan la hormona antidiurética la cual regula el volumen plasmático ajustando la excreción de sodio y agua en la orina (Goncalves et al. 2015) para evitar pérdidas de estos elementos. Por otra parte el aumento en la excreción de  $\text{Na}^{1+}$  en orina que se observó posterior al período de hidratación para el caso del agua, se debió a la propia homeóstasis del organismo, pero los incrementos tanto para la bebida de lactosuero como la bebida comercial se vieron influenciados por el contenido de este electrolito en los medios de hidratación, sin embargo, la bebida comercial presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la excreción de sodio inicial y final (Figura 3) a pesar de esto en cuanto a la excreción inicial y final se observaron niveles adecuados de acuerdo a lo reportado por Goncalves et al. (2015), ya que se menciona una excreción de 3645.5 ppm en jóvenes saludables.

La excreción de  $\text{K}^{1+}$  mostró un incremento durante el protocolo de entrenamiento y el período de hidratación (Figura 4), comportamiento que no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los equipos, sin embargo se ha descrito que ante el ejercicio se pueden observar aumentos, disminuciones y ausencia de variación en la excreción de este electrolito (López & Fernández, 2006), lo cual posiblemente depende de la actividad física realizada, a pesar de esto el aumento en la excreción de potasio después del entrenamiento puede justificarse por la disminución de la excreción de  $\text{Na}^{1+}$  (Figura 3), ya que al ser reabsorbido por el organismo se estimula la excreción de  $\text{K}^{1+}$ .

En el caso del agua como hidratante no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la excreción inicial y final de  $\text{K}^{1+}$  (Figura 4), a consecuencia de que los participantes presentaron una concentración inicial elevada, además el medio de hidratación no contiene cantidades altas de este mineral por lo que no generó un aumento en la excreción después de la hidratación, sin embargo para la bebida de lactosuero y bebida comercial se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) debido a que ambas contienen  $\text{K}^{1+}$  en su composición. Como se puede observar a pesar de que la bebida de lactosuero contenía concentraciones elevadas de  $\text{K}^{1+}$ , el equipo que se hidrató con la bebida comercial excretó mayor cantidad en orina, lo cual probablemente ocurrió por contener una concentración adecuada de este mineral, el cual recuperó el  $\text{K}^{1+}$  perdido en el organismo y se eliminó el exceso y a diferencia de la bebida de lactosuero que se esperaba superara la excreción del

equipo hidratado con la bebida comercial, es probable que el  $K^{1+}$  se haya eliminado del organismo a través de la heces fecales pues Epstein & Lifschitz (2016) mencionan que las personas saludables absorben prácticamente todo el  $K^{1+}$  ingerido en la dieta, sin embargo al ingresar una cantidad elevada de  $K^{1+}$  en el organismo o al encontrarse comprometidas las funciones renales, la excreción de éste a través de heces fecales se convierte en una importante vía para nivelar la homeóstasis del organismo.

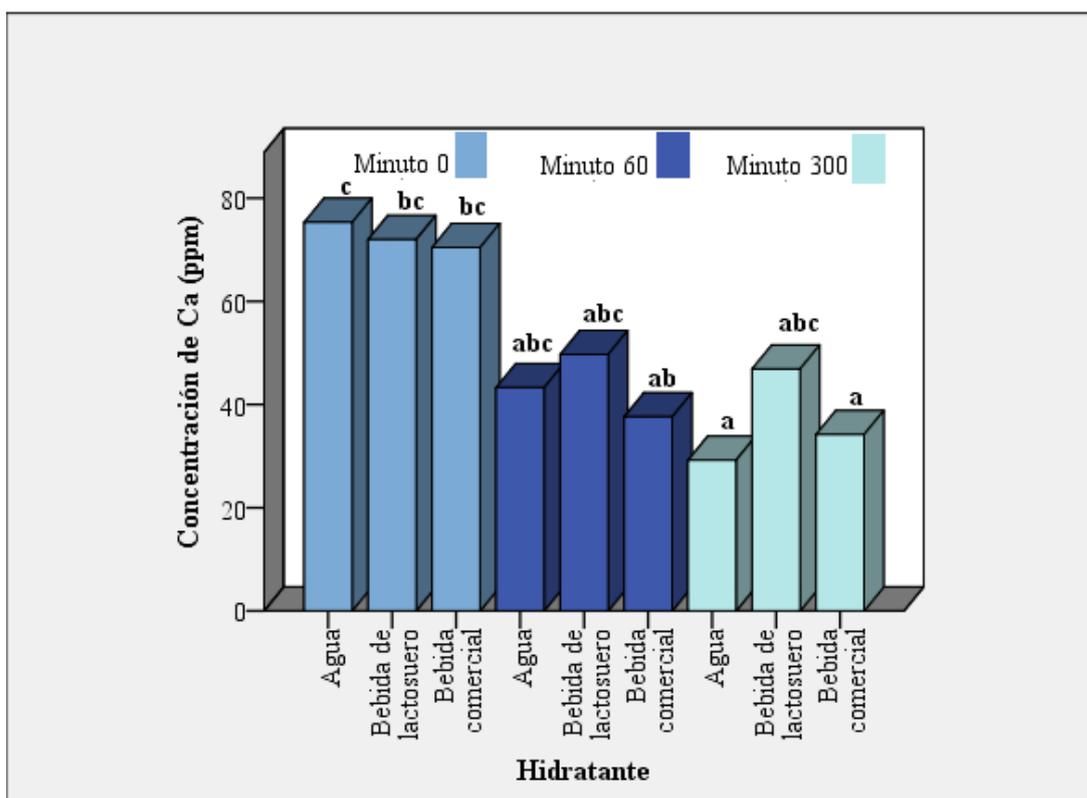


Las literales a, b, c y d indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ )

**Figura 4. Excreción de  $K^{1+}$  en orina durante protocolo de entrenamiento**

La concentración de  $Ca^{2+}$  presentó un comportamiento similar a  $Na^{1+}$ , disminuyendo durante el protocolo de entrenamiento para los tres grupos sin generar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para lo cual Lijnen et al. (1985) mencionan que este hecho es reportado por diversos autores, sin embargo las cantidades excretadas se encuentran por debajo de lo reportado por Dlugaszek et al. (2011) quienes mencionan un valor medio de 115.8 ppm para individuos sedentarios (Figura 5), los resultados obtenidos pueden deberse a una adaptación del organismo ante el ejercicio con la finalidad de retener la

mayor cantidad de  $\text{Ca}^{2+}$  ya que tiene un papel importante en la función muscular. A pesar de que los tres equipos no mostraron ser diferentes durante el protocolo de investigación se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la excreción inicial y final de  $\text{Ca}^{2+}$  en orina en los casos de agua y bebida comercial como medio de hidratación (Figura 5), por otro lado se observó que la mayor excreción fue generada por la bebida de lactosuero sin generar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), hecho que se debió a contener mayor cantidad de este mineral, además Poveda (2013) menciona que el lactosuero es una fuente de  $\text{Ca}^{2+}$  altamente biodisponible con lo cual es posible que el organismo de los deportista haya retenido la cantidad necesaria de  $\text{Ca}^{2+}$  y eliminado el exceso lo que se reflejó en mayor excreción después de la hidratación, a pesar de esto la concentración fue menor a lo reportado, por lo cual no se ven comprometidas las funciones renales.

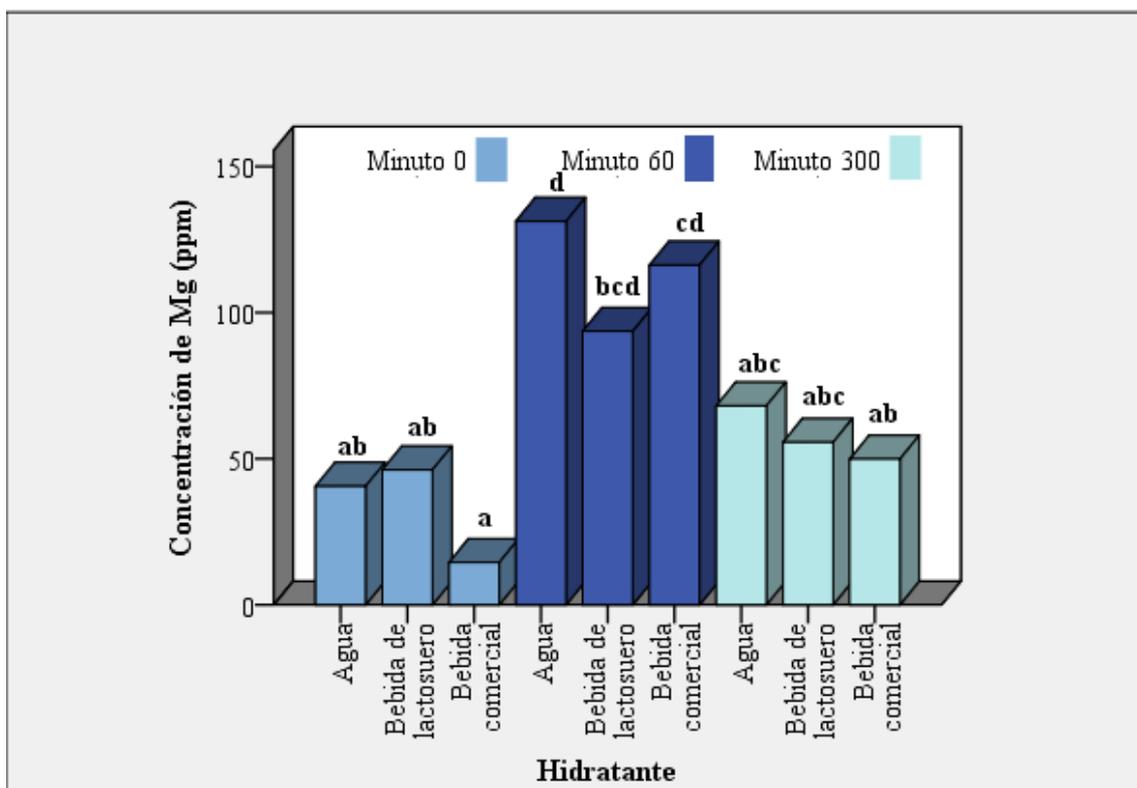


*Las literales a, b y c indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ )*

**Figura 5. Excreción de  $\text{Ca}^{2+}$  en orina durante protocolo de entrenamiento**

El contenido de  $\text{Mg}^{2+}$  en orina tuvo un incremento al finalizar el entrenamiento y decremento después del período de hidratación (Figura 6) para los tres equipos sin mostrar

diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los grupos. La concentración al inicio y final del entrenamiento no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para los tratamientos, sin embargo, se observó mayor diferencia para la bebida comercial que incrementó en mayor cantidad la excreción de  $Mg^{2+}$  en orina (Figura 6). López y Fernández (2006) mencionan que la concentración de  $Mg^{2+}$  en orina del organismo en reposo es mayor a la observada después del ejercicio, lo cual no se reflejó en este estudio.



*Las literales a, b, c y d indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ )*

**Figura 6. Excreción de  $Mg^{2+}$  en orina durante protocolo de entrenamiento**

A pesar de observarse un aumento en la excreción  $Mg^{2+}$  después del período de ejercicio, se ha mencionado en algunos estudios que la concentración de  $Mg^{2+}$  en plasma se reduce después del ejercicio (Muñoz et al., 2018) y probablemente esta reducción se genera por la excreción del electrolito en orina que aumenta su concentración como se observa en la figura 6, pues la excreción es cercana a lo reportado para individuos sedentarios ( $186.10 \pm 131.80$  ppm), por otra parte en cuanto a la menor excreción al inicio de la prueba y al final de la hidratación Muñoz et al. (2018) mencionan que esta eliminación podría formar parte de un proceso adaptativo para evitar pérdidas de este elemento importante en el

rendimiento de los deportistas, además la concentración de  $Mg^{2+}$  en orina se relaciona con muchos factores como la dieta, malnutrición, procesos de eliminación y absorción, función de glándula tiroidea y paratiroidea, estrés, exceso de aldosterona o desordenes metabólicos, que posiblemente influyeron en el resultado, a pesar de esto la excreción de este electrolito, tanto inicial como final, no se encuentran alejados a lo reportado por Dlugaszek et al. (2011), a excepción de los participantes del grupo C quienes presentaron menor excreción inicial de  $Mg^{2+}$  (Figura 6) en comparación, pues estos autores reportan un valor medio de 65 ppm para deportistas de alto rendimiento (Muñoz et al., 2018), por lo tanto posiblemente estos resultados se vieron influidos por la dieta de los participantes, sin embargo la bebida de lactosuero generó mayor excreción final que fue similar a la concentración producida por la bebida hidratante.

## 8-Conclusión

El lactosuero dulce es un subproducto de la industria quesera el cual se obtiene por la coagulación de las caseínas mediante un proceso enzimático, lo que le confiere a diferencia del lactosuero ácido, un mayor contenido de proteína, lactosa, grasa y menor cantidad de minerales acompañados de un alto contenido de agua (93%), composición que lo hace ideal para ser utilizado como ingrediente para bebidas hidratantes, sin embargo en su composición destaca una alta cantidad de  $K^{1+}$  que supera los límites establecidos para este mineral en las bebidas para deportistas, pese a esto, se observó que el uso del lactosuero en la elaboración de una bebida hidratante determina la composición del producto final, ya que a mayor concentración de lactosuero se genera un aumento de los componentes nutritivos como es el caso de proteínas, azúcares y grasa al igual que la concentración de minerales, lo cual se ve reducido al disminuir la concentración de lactosuero. En cuanto a la composición de las bebidas se observó un buen perfil nutrimental, pero la presencia de una alta concentración de  $K^{1+}$  en el lactosuero se vio reflejada en las bebidas, que contenían una cantidad elevada de éste. A consecuencia de su perfil nutrimental las bebidas contienen los elementos necesarios para el desarrollo de microorganismos que podrían afectar al producto y en determinada situación al consumidor, por lo cual para evitar esto se realizó un tratamiento térmico a las bebidas que mostró ser efectivo para generar un producto inocuo y un período de vida de anaquel de 77 días. Por otra parte estos productos han representado un reto ante su aceptación sensorial por la presencia de lactosuero que genera sabores que al parecer no son muy gratos al paladar, sin embargo la elaboración de una bebida de este tipo mediante la adición de jugo de naranja mostró resultados favorables ya que una bebida fue descrita bajo los términos de “Me agrada”, sin embargo este resultado fue arrojado por la bebida que contenía menor cantidad de lactosuero, lo que indica que a menor cantidad se genera mayor aceptación del producto por parte del consumidor, por lo tanto probablemente un mejor desarrollo del producto conllevaría utilizar menor porcentaje de lactosuero lo cual desde un punto de vista podría ser mejor ya que generaría mayor aceptación del producto y contribuiría a disminuir el exceso de  $K^{1+}$ . En cuanto al uso de este producto como bebida hidratante se observó que presenta adecuada capacidad de hidratación ya que generó mayor retención de líquido en el organismo en comparación con agua común y una bebida para deportistas, también al parecer muestra tener mejor capacidad para restablecer los niveles de glucosa en sangre pues fue el medio de hidratación que mantuvo una relación

más estrecha entre los niveles de glucosa iniciales y finales. Por último esta bebida muestra ser un medio adecuado para la recuperación de electrolitos como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , sin embargo, la concentración de  $\text{K}^{1+}$  debe ser modificada para evitar daños al organismo humano y a pesar de tener la capacidad de recuperar  $\text{Na}^{1+}$  en el organismo probablemente genere más beneficios una mayor concentración, por lo cual se requiere mayor cantidad de estudios para nivelar adecuadamente la cantidad de minerales.

## 9-Referencias

Apostu, M. (2014). A Strategy for Maintaining Fluid and Electrolyte Balance in Aerobic Effort. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 117, 323-328.

Arora, S., Shendurse, A.M., Sharma, V., Wadhwa, B. K. & Singh, A. K. (2013). Assessment of stability of binary sweetener blend (aspartame x acesulfame-K) during storage in whey lemon beverage. *Journal of Food Science and Technology*. 50(4), 770–776.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.

Ávila-Núñez, R., Rivas-Pérez, B., Hernández-Motzezak, R. y Chirinos, M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease. *Multiciencias*. 12(2), 129-135.

Baba, W. N., Din, S., PunooH. A., Wani, T. A. Ahmad, M. & Masoodi, F. A. (2016). Comparison of cheese and paneer whey for production of a functional pineapple beverage: Nutraceutical properties and Shelf life. *Journal of Food Science and Technology*. 53(6):2558–2568. DOI 10.1007/s13197-016-2218-8

Blaschek, K. M., Wendorff, W. L. & Rankin, S. A. (2007). Survey of Salty and Sweet Whey Composition from Various Cheese Plants in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*. 90, 2029-2034.

Brandelli, A., Joner, D. D. & Folmer, C. A. P. (2015). Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. *Food Research International*. 73, 149-161.

Brito, H., Santillán, A., Arteaga, M., Ramos, E., Villalón, P. y Rincon, A. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*. 11(26), 1857-7881.

Broyard, C. & Gaucheron, F. (2015). Modifications of structures and functions of caseins: a scientific and technological challenge. *Dairy Science and Technology*. 95, 831-862.  
DOI 10.1007/s13594-015-0220-y

Callejas-Hernández, J., Prieto-García, F., Reyes-Cruz, V. E., Marmólejo-Santillan, Y.b & Méndez-Marzo, M.A. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria*. 22(1), 11-18.

Campbell, R. E. & Drake, M. A. (2013). Cold enzymatic bleaching of fluid whey. *Journal of Dairy Science*. 96, 7404-7413.

Chandrapala, J., Duke, M. C., Gray, S. R., Zisu, B., Weeks, M., Palmer, M. & Vasiljevic, T. (2015). Properties of acid whey as a function of pH and temperature. *Journal of Dairy Science*. 98, 4352-4363.

Chatterjee, G., De Neve, J., Dutta, A. & Das, S. (2015). Formulation and statistical evaluation of a ready-to-drink whey based orange beverage and its storage stability. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 14(2), 253-264.

Cheung, P. & Mehta, B. (2015). Chemical composition of beverages and drinks. p.225-300. In: *Handbook of food chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Corrochano, A. R., Buckin, V., Kelly, P. M. & Giblin, L. (2018). Invited review: Whey proteins as antioxidants and promoters of cellular antioxidant pathways. *Journal of Dairy Science*. 101, 4747-4761.

Da Silveira, E. O. Lopes, N. J. H., da Silva, L. A., Raposo, A. E. S., Magnani, M. & Cardarelli, H. R. (2015). The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. *Food Science and Technology*. 62, 445-451.

De Moura, C. S., Lollo, P. C. B., Morato, P. N., Carneiro, E. M. & Amaya-Farfan, J. (2013). Whey protein hydrolysate enhances the exercise-induced heat shock protein (HSP70) response in rats. *Food Chemistry*. 136, 1350-1357.

Djuric', M., Caric', M., · Milanovic', S., · Tekic', M. & · Panic', M. (2004). Development of whey-based beverages. *European Food Research Technology*. 219, 321–328. DOI 10.1007/s00217-004-0950-1

Długaszek, M., Kaszczuk, M. & Mularczyk-Oliwa, M. (2011). Magnesium, Calcium, and Trace Elements Excretion in 24-h Urine. *Biological Trace Element Research*. 142, 1-10. DOI 10.1007/s12011-010-8745-7

Douglas, T. E. L., Vandrovcová, M., Kročilová, N., Keppler, J. K., Zárubová, J., Skirtach, A. G. & Bačáková, L. (2018). Application of whey protein isolate in bone regeneration: Effects on growth and osteogenic differentiation of bone-forming cells. *Journal of Dairy Science*. 101:28–36.

Epstein, M. & Lifschitz, M. D. (2016). The Unappreciated Role of Extrarenal and Gut Sensors in Modulating Renal Potassium Handling: Implications for Diagnosis of Dyskalemias and Interpreting Clinical Trials. *Kidney International Reports*. 1, 43-56.

Escalada, F. J. (2014). The physiology of glucagon-like peptide-1 and its role in the pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *Clinic Medicine*. 143, 2-7.

Feng, X., Li, C., Ullah, N., Cao, J., Lan, Y., Ge, W., Hackman, R. M., Li, Z. & Chen, L. (2015). Susceptibility of whey protein isolate to oxidation and changes in physicochemical, structural, and digestibility characteristics. *Journal of Dairy Science*. 98, 7602-7613.

Fox F. P., T. Guinee P., T. Cogan M., & P. L. Mcsweeney H. 2000. Fundamentals of cheese science. Springer. Mariland: Aspen publishers, Inc. 769 p.

Franzoi, M., Niero, G., Penasa, M., Cassandro, M. & De Marchi M. (2018). Technical note: Development and validation of a new method for the quantification of soluble and micellar calcium, magnesium, and potassium in milk. *Journal of Dairy Science*. 101:1883-1888.

Gonçalves, C., Abreu, S., Padrão, P., Pinho, O., Graça, P., Breda, J., Santos, R. & Moreira, P. (2015). Association between sodium excretion and hydration status by Free Water Reserve: a cross-sectional analysis in adolescents. *BMC Nutrition*. 1(17), DOI 10.1186/s40795-015-0013-y

Janiaski, D. R., Pimentel, T. C., Cruz, A. G. & Prudencio, S. H. (2016). Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: What is the sensory profile of the ideal product?. *Journal of Dairy Science*. 99, 5273–5283.

Kalman, D. S., Feldman, S., Krieger, D. R. & Bloomer, R. J. (2012). Comparison of coconut water and a carbohydrate-electrolyte sport drink on measures of hydration and physical performance in exercise-trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 9(1).

Kelly, G. M., O'Mahony, J. A., Kelly, A. L. & O'Callaghan, D. J. (2016). Effect of hydrolyzed whey protein on surface morphology, water sorption, and glass transition temperature of a model infant formula. *Journal of Dairy Science*. 99, 6961-6972.

Kobayashi, Y., Somoto, Y., Mitsuyama, E., Tanaka, A., Yuda, N., Nakada, H., Yamada, A., Yamauchi, K., Abe, F. & Nagasawa, T. (2016). Supplementation of protein-free diet with whey protein hydrolysates prevents skeletal muscle mass loss in rats. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*. 4, 1-5.

Laurenson, D. M. & Dubé, D. J. (2015). Effects of carbohydrate and protein supplementation during resistance exercise on respiratory exchange ratio, blood glucose, and performance. *Journal of Clinical and Translational Endocrinology*. 2, 1-5.

Lensu, S., Pekkala, S. P., Mäkinen, A., Karstunen, N., Turpeinen, A. T., Hulmi, J. J., Silvennoinen, M. M., Ma, H., Kujala, U. M., Karvinen, S., Koch, L. G., Britton, S. L. & Kainulainen, H. (2019). Beneficial effects of running and milk protein supplements on Sirtuins and risk factors of metabolic disorders in rats with low aerobic capacity. *Metabolism Open*. 4

Lewis, E. J. H., Fraser, S. J., Thomas, S. G. & Wells, G. D. (2013). Changes in hydration status of elite Olympic class sailors in different climates and the effects of different fluid replacement beverages. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 10(11).

Li, L., Heung-Sang, W. S. & Sun, F. H. (2015). Effects of protein addition to carbohydrate-electrolyte solutions on postexercise rehydration. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 13, 8-15.

Lijnen, P., Hespel, P., Vanden Eynde, E. & Amery, A. (1985). Urinary excretion of electrolytes during prolonged physical activity in normal man. *European Journal of Applied Physiology*. 53, 317-321.

Lollo, P. C. B., Soares de M. C., Neder, M. P., Gomes C. A., de Freitas, C. W., Baú, B. C., Nisishima, L., Faria, J. A. F., Maróstica, J. M., Oliveira, F. C. & Amaya-Farfan, J. (2013). Probiotic yogurt offers higher immune-protection than probiotic whey beverage. *Food Research International*. 54, 118–124.

López, J. y Fernández, A. (2006). Función renal y ejercicio físico. p.573-584. In: *Fisiología del Ejercicio*. 3<sup>ra</sup> ed. de López, J. y Fernández, A., Editorial médica panamericana, S.A., Madrid, España.

Ma, Y., Liu, J., Shi, H., & Yu, L. (2016). Isolation and characterization of anti-inflammatory peptides derived from whey protein. *Journal of Dairy Science*. 99, 6902-6912.

Mantovani, R. A., Furtado, G. F., Netto, F. A. & Cunha, R. L. (2018). Assessing the potential of whey protein fibril as emulsifier. *Journal of Food Engineering*. 223, 99-108.

Martins, C. P. C., Ferreira, M. V. S., Esmerino, E. A., Moraes, J., Pimentel, T. C., Rocha, R. S., Freitas, M. Q., Santos, J. S., Ranadheera, C. S., Rosa, L. S., Teodoro, A. J., Mathias, S. P., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Couto, S. R. M., Granato, D. & Cruz, A. G. (2018). Chemical, sensory, and functional properties of whey-based popsicles manufactured with watermelon juice concentrated at different temperatures. *Food Chemistry*. 255, 58-66.

Masotti, F., Battelli, G. & De Noni, I. (2012). The evolution of chemical and microbiological properties of fresh goat milk cheese during its shelf life. *Journal of Dairy Science*. 95, 4760-4767.

Mayol-Soto, M. y Aragón-Vargas, L. F. (2009). Estrategias de rehidratación post-ejercicio: tasa de ingesta de líquido y tipo de bebida. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*. 7(1), 1-10.

Mitchell, C. J., D'Souza, R. F., Fanning, A. C., Popitt, S. D. & Smith, D. C. (2017). Short communication: Muscle protein synthetic response of microparticulated whey protein in middle-aged men. *Journal of Dairy Science*. 100(6), 4230-4232.

Mohamed, R. S., Marrez, D. A., Salem, S. H., Zaghloul, A. H., Ashoush, T. S., Farrag, A. R. H. & Abdel-Salam, A. M. (2019). Hypoglycemic, hypolipidemic and antioxidant effects of green sprouts juice and functional dairy micronutrients against streptozotocin-induced oxidative stress and diabetes in rats. *Heliyon*. 5, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.

Monami, D., Aryama, R. & Sadhan, K. G. (2016). Supply Chain of Bioethanol Production from Whey: A Review. *Procedia Environmental Sciences*. 35, 833-846.

Moreno, I. L., Pastre, C. M., Ferreira, C., de Abreu, L. C., Valenti, V. E. & Marques Vanderlei, L. C. (2013). Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 10(2).

Muñoz, D., Llerena, F., Grijota, F. J., Robles, M. C., Alves, F. J. y Maynar, M. (2018). Influencia de la actividad física sobre la eliminación urinaria de minerales y elementos traza en sujetos que viven en la misma área geográfica. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 11(1), 7-11.

Nguyen, D. N., Sangild, P. T., Li, Y., Bering, S. B. & Chatterton, D. E. W. (2016). Processing of whey modulates proliferative and immune functions in intestinal epithelial cells. *Journal of Dairy Science*. 99, 959-969.

NOM-091-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Available at: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/091ssa14.html> Fecha de acceso: 21-05-2020

O'Brien, K. V., Stewart, L. K., Forney, L. A., Aryana, K. J., Prinyawiwatkul, W. & Boeneke, C. A. (2015). The effects of postexercise consumption of a kefir beverage on performance and recovery during intensive endurance training. *Journal of Dairy Science*. 98, 7446-7449.

OMS - Organización mundial de la salud. (2012). Guideline: Potassium intake for adults and children. Geneva, Switzerland.

Parashar, A., Jin, Y., Mason, B., Chae, M. & Bressler, D. C. (2016). Incorporation of whey permeate, a dairy effluent, in ethanol fermentation to provide a zero waste solution for the dairy industry. *Journal of Dairy Science*. 99, 1859-1867.

Park, C. W., Parker, M. & Drake, M. (2016). Short communication: The effect of liquid storage on the flavor of whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*. 99, 4303-4308.

Parker, M. N., Lopetcharat, K. & Drake, M. A. (2018). Consumer acceptance of natural sweeteners in protein beverages. *Journal of Dairy Science*. 101, 8875–8889.

Patel, S. (2015). Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. *Journal of Functional Foods*. 19, 308-319.

Pega, J., Denoya, G. I. Castells, M. L., Sarquis, S., Aranibar, G. F., Vaudagna, S. R. & Nanni, M. (2018). Effect of High-Pressure Processing on Quality and Microbiological Properties of a Fermented Beverage Manufactured from Sweet Whey Throughout Refrigerated Storage. *Food and Bioprocess Technology*. 11, 1101–1110.

Pescuma, M., Font de Valdez, G. & Mozzi, F. (2015). Whey-derived valuable products obtained by microbial fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99, 6183-6196.

Petersen, B. L., Ward, L. S., Bastian, E. D., Jenkins, A. L., Campbell, J. & Vuksan, V. (2009). A whey protein supplement decreases post-prandial glycemia. *Nutrition Journal*. 8(47). doi:10.1186/1475-2891-8-47

Poveda, E. E. (2013). Whey, generalities and potential use as source of calcium from high bioavailability. *Revista Chilena de Nutrición*. 40(4), 397-403.

Qiu, Y., Smith, T. J., Foegeding, E. A. & Drake, M. A. (2015). The effect of microfiltration on color, flavor, and functionality of 80% whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*. 98, 5862-5873.

Rajoria, A., Chauhan, A. K. & Kumar, J. (2015). Studies on formulation of whey protein enriched concentrated tomato juice beverage. *Journal of Food Science and Technology*. 52(2), 885–893.

Risner, D., Shayevitz, A., Haapala, K., Meunier-Goddik, L., & Hughes, P. (2018). Fermentation and distillation of cheese whey: Carbon dioxide-equivalent emissions and water use in the production of whey spirits and white whiskey. *Journal of Dairy Science*. 101, 2963-2973.

Risner, D., Tomasino, E., Hughes, P. & Meunier-Goddik, L. (2019). Volatile aroma composition of distillates produced from fermented sweet and acid whey. *Journal of Dairy Science*. 102, 202-210.

Roberts, J. D., Tarpey, M. D., Kass, L. S. & Roberts, M. G. (2012). An investigative study into the influence of a commercially available carbohydrate-proteinelectrolyte beverage on short term repeated exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 9(5).

Rodrigues, F. P., Bouzas, M. J. C., Licursi de O. L., Sena, B. D. S., Soares, J. D. T., Diniz D. C, & Filomeno, F. E. A. (2020). Beverage based on whey permeate with phenolic extract of jabuticaba peel: A pilot study on effects on muscle and oxidative stress in trained individuals. *Journal of Functional Foods*. 65.

Rojas, A. M., Montaña, L. P. y Bastidas M. J. (2015). Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Revista Colombiana de Química*. 44(3), 5-10.

Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 15, 479-498. DOI 10.1007/s11157-016-9402-1

Sabokbar, N., Khodaiyan, F. & Moosavi-Nasab, M. (2015). Optimization of processing conditions to improve antioxidant activities of apple juice and whey based novel beverage fermented by kefir grains. *Journal of Food Science and Technology*. 52(6), 3422–3432. DOI 10.1007/s13197-014-1397-4

Shershenkov, B. & Suchkova, E. (2015). The direct microbial synthesis of complex bioactive compounds as perspective way of milk whey utilization. *Energy Procedia*. 72, 317-321.

Smith, S., Smith, T. J. & Drake, M. A. (2016). Short communication: Flavor and flavor stability of cheese, rennet, and acid wheys. *Journal of Dairy Science*. 99, 3434-3444.

Sodini, I., Morin, P., Olabi, A. & Jiménez-Flores, R. (2006). Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk. *Journal of Dairy Science*. 89, 525-536.

Spreer E. 1991. Lactología industrial. Acribia. 2a ed. Zaragoza 626 p.

Tarango-Hernández, S., Alarcón-Rojo, A. D., Robles-Sánchez, M., Gutiérrez Méndez, N. & Rodríguez-Figueroa, J. C. (2015). Short communication: Potential of Fresco-style cheese whey as a source of protein fractions with antioxidant and angiotensin-I-converting enzyme inhibitory activities. *Journal of Dairy Science*. 98, 7635-7639.

Turner, T. L., Kim, E., Hwang, C., Zhang, G., Liu, J. & Jin, Y. (2017). Short communication: Conversion of lactose and whey into lactic acid by engineered yeast. *Journal of Dairy Science*. 100, 124-128.

Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., Julia-Sanchez, S. & Álvarez-Herms, J. (2013). Protocolo de hidratación antes, durante y después de la actividad físico-deportiva. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 31, 57-76.

Wang, T., Tan, S-Y., Mutilangi, W., Plans, M. & Rodriguez-Saona, L. (2016). Application of infrared portable sensor technology for predicting perceived astringency of acidic whey protein beverages. *Journal of Dairy Science*. 99(12), 9461–9470.

Wilkinson, D. J., Bukhari, S. S. I., Phillips, B. E., Limb, M. C., Cegielski, J., Brook, M. S., Rankin, D., Mitchell, W. K., Kobayashi, H., Williams, J. P., Lund, J., Greenhaff, P. L., Smith, K. & Atherton, P. J. (2018). Effects of leucine-enriched essential amino acid and whey protein bolus dosing upon skeletal muscle protein synthesis at rest and after exercise in older women. *Clinical Nutrition*. 37, 2011-2021.

Yasmin, A., Butt, M. S., Yasin, M. & Qaisrani, T. B. (2015). Compositional analysis of developed whey based fructooligosaccharides supplemented low- calorie drink. *Journal of Food Science Technology*. 52(3), 1849-1856.

Zhang, Y., Campbell, R., Drake, M. & Zhong, Q. (2015). Decolorization of Cheddar cheese whey by activated carbon. *Journal of Dairy Science*. 98, 2982-2991.