



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**EFFECTO DEL USO DE CONSERVADORES EN LA ESTABILIDAD Y
VIDA DE ANAQUEL DE UNA BEBIDA A BASE DE LACTOSUERO
DULCE BOVINO Y CAPRINO CON PULPA DE MANGO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

MARIANA MONTALVO MUÑOZ

DIRECTOR DE TESIS

PhD. AURORA HILDA RAMÍREZ PÉREZ



Ciudad Universitaria, CD. MX.

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Juan Diego Ortíz Palma Pérez

VOCAL: Inés Miranda Martínez

SECRETARIO: Aurora Hilda Ramírez Pérez

1er. SUPLENTE: Argelia Sánchez Chinchillas

2° SUPLENTE: Juan Carlos Ramírez Orejel

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA,
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA, FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ASESORA DEL TEMA:

DRA. AURORA HILDA RAMÍREZ PÉREZ

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. EN C. JUAN CARLOS RAMÍREZ OREJEL

SUSTENTANTE:

MARIANA MONTALVO MUÑOZ

ESTE TRABAJO FUE FINANCIADO POR EL PROYECTO PAPITT IT 201013 "ELABORACIÓN DE BEBIDAS PARA CONSUMO HUMANO A BASE DE LACTOSUERO DE LECHE, QUE CONTRIBUYAN A MEJORAR LA ALIMENTACIÓN Y DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LA ELIMINACIÓN DE LACTOSUERO", BAJO LA RESPONSABILIDAD DE LA DOCTORA AURORA HILDA RAMÍREZ-PÉREZ.

“SEA LO QUE SEA QUE PUEDES O SUEÑES, COMIÉNZALO. EL ATREVIMIENTO POSEE, GENIO, PODER Y MAGIA. COMIÉNZALO AHORA”

-JOHANN WOLFGANG VON GOETHE.

“EL CAMINO DEL PROGRESO NO ES NI RÁPIDO NI FÁCIL”

-MARIE CURIE.

“EN AMAR EXISTE LA VERDADERA FUERZA Y QUIEN AMA MUCHO LOGRARÁ MUCHO, Y LO QUE SE HACE CON AMOR ESTÁ BIEN HECHO”

-VICENT VAN GOGH.

“SI NOS PERFECCIONAMOS EN UNA SOLA COSA Y LA COMPRENDEMOS BIEN, ADQUIRIMOS POR AÑADIDURA LA COMPRESIÓN Y EL CONOCIMIENTO DE MUCHAS OTRAS COSAS”

-VICENT VAN GOGH.

Parte de los resultados de este proyecto fueron presentados en III Congreso Internacional Sobre Innovación y Tendencias en Procesamiento de Alimentos y en el XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, con el trabajo titulado “Desarrollo de una Bebida a Base de Lactosuero Dulce Bovino y Caprino con Pulpa de Mango Ataulfo” en la modalidad de póster.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INNOVACION Y TENDENCIAS EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS
XVIII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO



UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

LA VERDAD OS HARÁ LIBRES

La Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León y la División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca a través del Departamento de Alimentos otorga la presente:

CONSTANCIA

A
M. Montalvo-Muñoz, A. H. Ramírez-Pérez, J. C. Ramírez-Orejuel

Por su participación con el trabajo libre:
Desarrollo de una Bebida a Base de Lactosuero Dulce Bovino y Caprino con Pulpa de Mango Ataulfo

Presentado en el III Congreso Internacional Sobre Innovación y Tendencias en Procesamiento de Alimentos y en el XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Llevado acabo del 18 al 20 de Mayo del 2016 en la ciudad de Guanajuato, Gto.
División de Ciencias Económico Administrativa-UGTO

Ma. del Rosario Abraham Juárez
Dra. Ma. del Rosario Abraham Juárez
Directora del Departamento de Alimentos-UG
Y Coordinadora del evento

Juan Gabriel Báez González
Dr. Juan Gabriel Báez González
Coordinador del evento
Facultad de Ciencias Biológicas-UANL

También parte de los resultados de este proyecto fueron presentados en el curso “La leche y el queso en la mesa” con el trabajo titulado “Efecto del uso de conservadores en la estabilidad y vida de anaquel de una bebida a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango”, en la modalidad presentación oral.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	4
HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....	6
1.1 Lactosuero: Definición y clasificación	6
1.1.1 Composición del lactosuero.....	7
1.1.2 Importancia de las proteínas del lactosuero	13
1.2 El lactosuero como residuo industrial y su impacto ambiental.....	16
1.3 Productos elaborados a partir del lactosuero	17
1.4 Lactosuero: Fuente potencial para la elaboración de bebidas.....	22
1.4.1 Aspectos a considerar durante la elaboración de una bebida a base de lactosuero	24
1.4.2 Tipos de bebidas a base de lactosuero	24
1.4.3 Bebidas a base de lactosuero relacionadas con el mejoramiento de la salud	29
1.4.4 Sectores de consumo de bebidas a base de lactosuero	30
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	31
2.1 Fase I. Recolección y análisis fisicoquímico del lactosuero bovino y caprino	32
2.2 Fase II. Formulación, desarrollo y análisis fisicoquímico de las bebidas.....	34
2.3 Fase III. Evaluación de la vida de anaquel	36
2.4 Fase IV. Evaluación sensorial.....	37
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
3.1 Análisis fisicoquímico del lactosuero bovino y caprino.....	38
3.2 Formulación y desarrollo de las bebidas	41
3.3 Análisis fisicoquímico de las bebidas.....	44
3.4 Etiquetas de Información Nutrimental.....	46
3.5 Parámetros evaluados en la vida de anaquel.....	48
3.5.1 Acidez y pH.....	48
3.5.2 Separación de fases	50
3.5.3 Colorimetría	52
3.5.4 Análisis microbiológico.....	55
3.5.5 Tiempo de vida de anaquel.....	57
3.6 Evaluación sensorial.....	59

CONCLUSIONES64
ANEXO65
BIBLIOGRAFÍA.....101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de la composición del lactosuero dulce y del lactosuero ácido.....	8
Tabla 2. Composición general del lactosuero.....	8
Tabla 3. Vitaminas presentes en el lactosuero y su comparación con las necesidades diarias.....	9
Tabla 4. Distribución de las proteínas del lactosuero.....	10
Tabla 5. Comparación de los aminoácidos presentes en el lactosuero, huevo y el equilibrio recomendado en la dieta por la FAO (g/100g proteína).....	14
Tabla 6. Funciones biológica de las proteínas del lactosuero.....	15
Tabla 7. Principales aplicaciones de las proteínas del lactosuero en la industria alimentaria.....	21
Tabla 8. Bebidas a base de lactosuero que existen en el mercado.....	23
Tabla 9. Tipo de bebidas a base de lactosuero y sus características.....	27
Tabla 10. Metodologías utilizadas para la caracterización fisicoquímica de ambos lactosueros.....	33
Tabla 11. Metodologías utilizadas para la evaluación y estabilidad de las bebidas con y sin conservadores.....	37
Tabla 12. Composición fisicoquímica de los lactosueros bovino y caprino (g/100mL).....	38
Tabla 13. Concentración (mg/100mL lactosuero) de los principales minerales presentes en el lactosuero.....	40
Tabla 14. Formulación para el desarrollo de las bebidas a base de lactosuero dulce bovino y caprino.....	41
Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos de las bebidas de mango elaboradas con dos diferentes tipos de lactosuero (g / 100 mL).....	44
Tabla 16. Contenido mineral (mg / 100 mL) de las bebidas a base de lactosuero.....	45
Tabla 17. Resultados de análisis microbiológico.....	55
Tabla 18. Vida de anaquel expresada en semanas para cada formulación y temperatura....	57
Tabla 19. Porcentaje de ácido láctico de acuerdo a los monitoreos y temperatura.....	66
Tabla 20. Corrección del porcentaje de ácido láctico de acuerdo a los monitoreos y temperatura.....	66
Tabla 21. Ln del porcentaje de ácido láctico de acuerdo a los monitoreos y temperatura.....	67
Tabla 22. Inverso de la temperatura y Ln de K.....	68
Tabla 23. Vida de anaquel para la bebida de lactosuero bovino con pulpa de mango a diferentes temperaturas.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la lactosa.....	9
Figura 2. Diagrama general para la elaboración de bebidas a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango.....	31
Figura 3. Diagrama del Proceso de elaboración de las bebidas.....	34
Figura 4. Diagrama del proceso para la evaluación de vida de anaquel de las bebidas.....	36
Figura 5. Bebida, pasteurizada y envasada a base de lactosuero bovino.....	43
Figura 6. Bebida, pasteurizada y envasada a base de lactosuero caprino.....	43
Figura 7. Etiqueta de la bebida a base de lactosuero bovino con pulpa de mango.....	46
Figura 8. Etiqueta de la bebida base de lactosuero caprino con pulpa de mango.....	47
Figura 9. Graficas de acidez para las bebidas a base de lactosuero bovino y caprino.....	48
Figura 10. Graficas de pH para las bebidas a base de lactosuero bovino y caprino.....	49
Figura 11. Día 18, monitoreo 5, separación de fases a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	51
Figura 12. Día 18, monitoreo 5, separación de fases a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	51
Figura 13. Índice E* para las cuatros formulaciones, durante los 18 días de almacenamiento y a las cuatro temperaturas trabajadas.....	53
Figura 14. Porcentaje de mujeres y hombres encuestados.....	59
Figura 15. Porcentaje total de encuestados que consumen bebidas lácteas con fruta.....	59
Figura 16. Porcentaje total de encuestados de cada cuanto consumen ese tipo de bebidas.....	59
Figura 17. Nivel de agrado de cada atributo para ambas bebidas.....	60
Figura 18. Porcentaje del atributo que más y menos agrado para cada bebida.....	61
Figura 19. Porcentaje del atributo que cambiaran para cada bebida.....	61
Figura 20. Porcentaje de consumidores que estarían dispuestos a comprar las bebidas.....	62
Figura 21. Porcentaje de cuanto estarían dispuestos los consumidores a pagar por una presentación de 2150mL de la bebida.....	63
Figura 22. Grafica tiempo vs Ln del porcentaje de ácido láctico, para obtener K.....	67
Figura 23. Grafica del inverso de la temperatura vs Ln K, para obtener Ea y Ko.....	68
Figura 24. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores y con conservadores.....	70
Figura 25. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores y con conservadores.....	70
Figura 26. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.....	71
Figura 27. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.....	71
Figura 28. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.....	72
Figura 29. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.....	72
Figura 30. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 45°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.....	73

Figura 31. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 45°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.....	73
Figura 32. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	74
Figura 33. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	74
Figura 34. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	75
Figura 35. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	75
Figura 36. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	76
Figura 37. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	76
Figura 38. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 45°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	77
Figura 39. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.....	77
Figura 42. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.....	78
Figura 41. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas....	78
Figura 42. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.....	79
Figura 43. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.....	79
Figura 44. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas...	80
Figura 45. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas..	80
Figura 46. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.....	81
Figura 47. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.....	81
Figura 48. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas...	82
Figura 49. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas..	82
Figura 50. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas...	83
Figura 51. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas..	83

RESUMEN

El lactosuero es el líquido remanente que queda después de la elaboración del queso, es rico en nutrimentos como: hidratos de carbono, proteínas, minerales y vitaminas. La cantidad de suero producido en México es aproximadamente de 1 millón de toneladas (Valencia y Ramírez, 2009); 47% es descargado al drenaje o en ríos y suelos causando problemas de contaminación. Por ello una de las vías más atractivas para la utilización del lactosuero, ha sido desarrollar bebidas fermentadas y no fermentadas, ya que el remplazo parcial o total del agua es bastante factible sin implicar muchos cambios en la infraestructura de la industria de las bebidas.

En México, además de las grandes empresas de productos lácteos existen pequeños productores de quesos, quienes pueden utilizar una pequeña parte del lactosuero para alimentación animal y el resto es desechado al medio ambiente. Así, el objetivo de este estudio fue formular y desarrollar una bebida a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango, así como determinar la vida de anaquel, evaluando el efecto de la presencia de conservadores; y coadyuvar a disminuir la contaminación ambiental que éste genera al ser desechado.

Una vez que los lactosueros bovino y caprino, fueron recolectados, cada uno se homogenizó y analizó fisicoquímicamente y se realizó un perfil mineral. Se observó una diferencia significativa principalmente en la proteína y por lo tanto en los sólidos totales, así como en la cantidad de sodio y potasio. Posteriormente se formuló y desarrolló la bebida a base de lactosuero bovino y caprino con y sin el uso de conservadores para así evaluar el efecto de éstos y determinar la vida de anaquel; concluyendo que al agregar una mezcla de conservadores se incrementa la vida de anaquel para ambas bebidas y que la temperatura óptima para conservar sus características físicas y químicas es de 4°C.

Se realizó además el análisis fisicoquímico de ambas bebidas encontrándose diferencia significativa en el contenido de proteína y fibra, así como en el contenido de sodio y

potasio, como se observó en el lactosuero. Con los resultados de este análisis, se desarrollaron las etiquetas con la información nutrimental correspondiente basándose en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, “Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria”.

Finalmente a ambas bebidas se les realizó una evaluación sensorial en donde 100 consumidores universitarios contestaron con la ayuda de una escala hedónica de 7 puntos que tanto les agradaba los atributos de color, olor, sabor, dulzor, textura, acidez y gusto en general; en esta parte se encontró que la bebida a base de lactosuero bovino tiene mayor grado de aceptación en comparación a la bebida a base de lactosuero caprino debido al resabio que deja esta última. También hubo comentarios en el aspecto de que faltaba dulzor a la bebida y que se necesita revisar dicho atributo. Y la mayoría de los participantes manifestó estar dispuestos a comprar una bebida de este tipo, por lo que tiene un gran potencial en el mercado mexicano, donde este tipo de bebidas no son habituales.

INTRODUCCIÓN

La producción de quesos demanda una gran cantidad de leche, para obtener un kilogramo de queso se necesita aproximadamente 10 L de leche lo que genera como subproducto 9 L de lactosuero, cuyos principales usos son en la alimentación animal, producción de suero en polvo y concentrado de proteínas; sin embargo, la mayoría de este residuo en no es utilizado México, la mayor parte es vertido a ríos, drenaje o suelo debido a que los procesos de eliminación son bastante costosos y porque se tiene poco o nulo conocimiento del aporte nutrimental que ofrece y de las diferentes formas de ser aprovechado.

El vertido del lactosuero a los cuerpos de agua aumenta la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO), estos son indicadores de un grave problema ambiental que afecta a la vida acuática y también, a la salud del humano. Por ejemplo, una fábrica de queso que procesa 280,000 L de leche cruda por día produce alrededor de 250,000 L de suero líquido y puede contaminar el agua para una ciudad de 50,000 habitantes (Fluegel, et al., 2010).

Por lo anterior, considerables esfuerzos han sido realizados para explorar nuevas alternativas para la utilización del lactosuero y reducción de la contaminación ambiental; entre los productos de exitosa aceptación debido a sus bajos costos de producción, calidad alimenticia y sabor aceptable, se encuentran las bebidas refrescantes, bebidas fermentadas y alcohólicas a base de lactosuero (Posada, et al.; 2011).

Estas bebidas ya han sido producidas en países Europeos y como ejemplo representativo está la bebida suiza Rivella la cual tiene presencia en el mercado desde los años 50's, otras bebidas que no son tan conocidas como Latella, Big M, Morea, entre otras también utilizan como principal fuente de materia prima al lactosuero y todas ellas son producidas en países Europeos. Esta atractiva vía de utilización del lactosuero también se ha llevado a cabo a nivel investigación en donde se desarrollan bebidas utilizando al lactosuero y son adicionadas con diferentes tipos de pulpa y/o jugos de fruta y se evalúa su estabilidad de almacenamiento con el uso de conservadores, un ejemplo representativo es "El

desarrollo y estudio de una bebida a base de lactosuero ácido con mango” (Sakhale, et al., 2012); todo esto con el objetivo de utilizar una fuente rica en nutrimentos.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una bebida a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango, para el aprovechamiento del mismo y evaluar el efecto del uso de propionato de sodio y sorbato de potasio, como conservadores, sobre la vida de anaquel y su estabilidad.

Particulares

- Determinar la composición química de los lactosueros dulces bovino y caprino, para realizar una comparación de sus principales nutrimentos.
- Formular una bebida a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango, con el objetivo de reutilizar el lactosuero en la alimentación humana.
- Determinar la composición química de las bebidas desarrolladas para elaborar las etiquetas con la correspondiente Información Nutrimental, de acuerdo con la norma NOM-051-SCFI/SSA-2010.
- Evaluar la vida de anaquel de las bebidas adicionando conservadores, analizar parámetros como acidez, pH, separación de fases, color y análisis microbiológico de hongos, levaduras y *Staphylococcus aureus*, para establecer una fecha de caducidad.
- Realizar una prueba de aceptación mediante una evaluación sensorial de las bebidas, para obtener el nivel de agrado de las mismas.

HIPÓTESIS

- Si se realiza el análisis químico del lactosuero dulce bovino y caprino, entonces se podrá encontrar si existe alguna diferencias entre sus composición y se conocerá el contenido nutrimental.
- Si se elabora una bebida a base de lactosuero dulce bovino y caprino, entonces se aprovechará el lactosuero que queda de la elaboración de quesos y así se podrá reducir el impacto ambiental que este provoca al ser desechado.
- Si se formula la bebida a base de lactosuero, entonces se obtendrá una forma alternativa de su aprovechamiento para la alimentación humana.
- Si se realiza el análisis químico de las bebidas se conocerá el contenido nutrimental, entonces se podrá elaborar la etiqueta con Información Nutrimental para cada bebida.
- Si se utilizan conservadores, se alargará la vida de anaquel, entonces se propondrá una fecha de caducidad para ambas bebidas.
- Si se realiza una prueba de evaluación sensorial, entonces se conocerá el nivel de agrado y aceptación para cada bebida.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

1.1 Lactosuero: Definición y clasificación

El lactosuero es un líquido ligeramente opaco obtenido de la precipitación de la caseína, su color característico amarillo verdoso se debe relativamente al contenido de riboflavina (Vitamina B₁₂) la cual se encuentra presente en el lactosuero (Kabasinskiene, et al., 2015), contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original siendo su principal componente la lactosa seguido de proteínas, minerales y vitaminas hidrosolubles.

Dependiendo del método utilizado para la precipitación de las caseínas, los lactosueros pueden ser clasificados en dulces o ácidos.

○ Lactosuero Dulce

El lactosuero dulce proviene de la fabricación de quesos de pasta cocida y prensada (bovino) y de quesos de ovinos, este se basa principalmente en un método enzimático en el cual la precipitación de la caseína es por medio de la coagulación de la enzima renina (Cárdenas y De la Mora, 2011) , dicha precipitación se basa en la acción proteolítica de enzimas coagulantes sobre las micelas de caseína de la leche, las cuales catalizan la ruptura del enlace peptídico de la κ -caseína, entre los aminoácidos fenilalanina en la posición 105 y metionina en la posición 106 (Álvarez, 2013) . Las principales características de este lactosuero es que presenta un pH mayor a 6.0, es pobre en ácido láctico, fosforo y calcio; este último es retenido en su mayor parte en forma de paracaseinato cálcico en la cuajada (Posada, et al., 2011).

○ Lactosuero Ácido

El lactosuero ácido resulta del proceso de fermentación o de la adición de ácidos orgánicos o minerales, con el propósito de precipitar a la caseína (Parra, 2009), es obtenido de la fabricación de quesos de pasta blanda (leche vaca y/o cabra), dicho suero

se produce al alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína con anulación de las cargas eléctricas que las mantiene separadas por las fuerzas de repulsión que generan, impidiendo así la floculación (Callejas, et al., 2012). Las principales características de dicho lactosuero, son proporcionadas al ser fermentada la lactosa ya que disminuye el pH siendo este menor a 4.5 y por lo tanto es rico en ácido láctico, otra de las características es que tiene un rico contenido en calcio y fósforo; la razón del alto contenido de estos minerales, es debido a que el ácido láctico secuestra el calcio del complejo de paracaseinato cálcico produciendo lactato cálcico, por su parte el fósforo de la caseína se encuentra bajo la forma de monoéster ortofosfórico de un aminoácido hidroxilado.

Otra diferencia que existe entre el lactosuero dulce y ácido radica en las proteínas, aunque el contenido es similar, el contenido de aminoácidos libres varía por mucho entre ellos y es dependiente del nivel de hidrólisis de la caseína en el proceso de elaboración del queso. De este modo, la cantidad de aminoácidos libres es 4 veces mayor en el suero dulce y 10 veces mayor en el suero ácido respecto a la leche (Jelicic, et al., 2008).

1.1.1 Composición del lactosuero

La composición nutrimental del lactosuero dependerán de la calidad y tipo de leche empleada, queso fabricado, técnicas de elaboración y finalmente las condiciones de recuperación y almacenamiento, también en este aspecto el contenido de grasa puede variar, dependiendo de igual manera de la leche empleada para la obtención del lactosuero, si está fue entera o descremada, si recibió o no algún tratamiento térmico y si fue homogenizada y/o normalizada (Ashok, et al., 2014; Chatterjee, et al., 2015; Jacales, 2015). Cualquiera de los dos tipos de lactosueros obtenidos contiene aproximadamente el 55% de los nutrimentos de la leche; siendo los más abundantes la lactosa (4.5-5.5% p/v), proteínas solubles (0.6-0.8% p/v), lípidos (0.4-0.5% p/v) y sales minerales (1.0%) (Parra, 2009).

En la Tabla 1 se presenta la composición general de los lactosueros dulces y ácidos.

Tabla 1. Comparación de la composición del lactosuero dulce y del lactosuero ácido. Fuente: Callejas, Prieto, et al., 2012; Parra, 2009; PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012.		
Parámetro	Lactosuero Dulce	Lactosuero ácido
pH	>6.0	<4.5
Ácido láctico (%)	0.07-0.12	>0.12
Sólidos Totales (%)	6.3-7.0	6.3-7.0
Lactosa (%)	4.7 mín.	4.7 máx.
Proteína (%)	0.72 mín.	0.72 mín.
Grasa (%)	0.10 máx.	0.10 máx.
Cenizas (%)	0.53 mín.	0.53 mín.
Calcio (%)	0.04-0.06	0.12-0.16
Fosfatos (%)	0.1-0.3	0.2-0.45

En la Tabla 2 se muestra la composición general de un lactosuero, así como las características que presenta cada componente.

Tabla 2. Composición general del lactosuero. Fuente: Poveda, 2013.	
Componente	Características
Lactosa	95% de la lactosa en la leche
Proteína	Corresponde alrededor del 25% de las proteínas contenidas en la leche. Posee un alto contenido de aminoácidos como leucina, isoleucina, lisina y valina
α -lactoalbúmina	30% de contenido proteico
β -lactoglobulina	Tiene propiedades emulsionantes y cumple una función importante al interactuar con compuestos como el retino y ácidos grasos
Globulina	Corresponde al 10% del total de proteínas
Proteasas-Peptonas	Corresponden a lactoferrinas, albúmina, inmunoglobulinas, factores de crecimiento, glicoproteínas y enzimas. Constituyen alrededor del 10% total de las proteínas, son proteínas de alto valor biológico al proporcionar aminoácidos esenciales.
Lípidos	0.5-0.8% de la materia grasa de la leche
Vitaminas	Tiamina, Riboflavina, Ácido nicotínico, Ácido pantoténico, Piridoxina, Cobalamina, Ácido ascórbico
Minerales	Principales: calcio, potasio, fósforo, sodio y magnesio.
Compuestos biológicamente activos y péptidos bioactivos	Ejercen determinados efectos biológicos y fisiológicos, con potencial antihipertensivo, actividad antimicrobial, antioxidante, incremento de la saciedad, entre otros.

Por otro lado el lactosuero presenta una cantidad importante de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio, cuenta también con vitaminas del grupo B (Tabla 3), estas vitaminas solubles que se encuentran en la leche pasan al lactosuero; pero estos contenidos son bastante variables y dependientes de las condiciones de almacenamiento del lactosuero.

Tabla 3. Vitaminas presentes en el lactosuero y su comparación con las necesidades diarias. Fuente: Parra, 2009.		
Vitaminas	Concentración (mg/mL)	Necesidades Diarias (mg)
Tiamina	0.38	1.5
Riboflavina	1.2	1.5
Ácido nicotínico	0.85	10-20
Ácido pantoténico	3.4	10
Piridoxina	0.42	1.5
Cobalamina	0.03	2.0
Ácido ascórbico	2.2	10-75

A continuación, se describen las generalidades de los dos principales componentes del lactosuero, lactosa y proteínas.

- **Lactosa**

La lactosa es un disacárido conformado por una molécula de galactosa y otra de glucosa unidas por medio de un enlace glucosídico β -1,4; es uno de los principales componentes de los sólidos del lactosuero, la cual aparte de ser una buena fuente de energía es segura para personas diabéticas por su absorción más lenta y gradual.

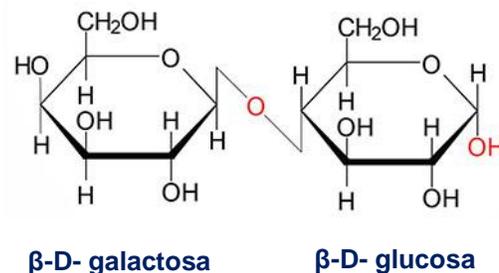


Figura 1. Estructura de la lactosa. Fuente: The medical biochemistry page, 2016.

Entre los beneficios de la lactosa se menciona que mejora la solubilidad y disponibilidad del calcio al aumentar la concentración de ácido láctico, asegura la cantidad óptima de magnesio, así como mejora la absorción de fósforo. La galactosa que la conforma actúa como glúcido estructural del sistema nervioso y mejora la digestión de la grasa de la leche (Posada, et al., 2011). Otros de los beneficios que posee la lactosa, es establecer un entorno ligeramente ácido en el intestino inhibiendo el crecimiento y la diseminación de patógenos (Chatterjee, et al., 2015). Generalmente, el lactosuero es sometido a tratamientos térmicos ya sea como método de pasteurización o para la obtención de este en polvo, los que ocasionan que la lactosa sea transformada a lactulosa que es un promotor del crecimiento de las bifidobacterias (Jelicic, et al., 2008), las cuales tienen efecto probiótico.

Aparte del enfoque nutricional que proporciona la lactosa, ésta también es utilizada en la industria química y alimentaria para incrementar la viscosidad y mejorar la textura, en productos de repostería, panadería, confitería, bebidas, cárnicos, alimentos infantiles, alimentos bajos en calorías y como fuente de galactosa (Posada, et al., 2011).

- **Proteínas del Lactosuero**

Las proteínas del lactosuero son globulares lo que indica que son termosensibles y fáciles de desnaturar, están comprendidas de la siguiente manera:

Tabla 4. Distribución de las proteínas del lactosuero. Fuente: Chatterjee, et al., 2015; Parra, 2009.

Fracción	Tipo de proteína	Contenido	Características
Fracción mayor	-β-lactoglobulina	~65%	Principalmente la β-Lg y la α-La son responsables de las propiedades de emulsión y la formación de espuma.
	-α-lactoalbúmina	~25%	
	-albúmina sérica bovina	~8%	
	-inmunoglobulinas	~2%	
Fracción menor	Lactoferrina		Influyen significativamente en la funcionalidad del lactosuero.
	Lisozima		
	Lactoperoxidasa		
	Glicomacropéptidos		
	Proteasas-peptonas		
	enzimas		

La **β -lactoglobulina (β -Lg)** representa aproximadamente la mitad de las proteínas totales del suero de leche, generalmente presenta un dímero de dos subunidades idénticas con cada monómero que consiste de un grupo sulfhidrilo y dos enlaces disulfuro (Shankar, et al., 2015), está formada por 162 aminoácidos con peso molecular de aproximadamente unos 188 Daltones y tamaño de partícula entre 2- 4 μ m y su punto isoeléctrico es 5.2-7.5 (Callejas, et al., 2012). La solubilidad de esta proteína depende del pH y de la fuerza iónica, su desnaturalización ocurre entre los 70-75°C por lo que a esta temperatura aparecen nuevas cadenas de disulfuro modificando las propiedades de estabilidad y forma agregados a una temperatura de 78 a 82°C (Shankar, et al., 2015; Tosi, et al., 2007).

La **β -Lg** está ausente en la leche humana, es altamente resistente a la digestión gástrica y es la principal causante de la intolerancia oral y alergia a la leche, la hidrólisis de esta proteína mediante calentamiento o presión hidrostática reduce potencialmente su alergenicidad y mejora su digestibilidad por medio de la liberación de aminoácidos y péptidos pequeños que son fácilmente absorbidos en el intestino (Conti, et al., 2012).

La **α -lactoalbúmina (α -La)** comprende del 20-25% de las proteínas del suero de leche, tiene un peso molecular de 14 200 Daltones y tamaño de partículas entre 1- 2 μ m, es una proteína ácida con un punto isoeléctrico de 4.3 (Callejas, et al., 2012). La α -La tiene 123 aminoácidos dentro de los cuales contiene 6 residuos de cistina, 4 de triptófano por molécula y además contiene aminoácidos de cadena ramificada como leucina, isoleucina y valina además de contener aminoácidos esenciales (Badui, 2006; Hernández y Vélez, 2014).

Al ser una proteína globular es termosensible, su desnaturalización ocurre a los 62°C, pero lo interesante es que esta desnaturalización ocurre después que la de la β -Lg y es reversible comparada con la de las otras proteínas del suero de leche (Tosi, et al., 2007).

Las **inmunoglobulinas (Ig)** constituyen del 10-25% de las proteínas del suero y son las proteínas más termosensibles del lactosuero, tienen gran actividad biológica de anticuerpos, ya que su rol principal es aglutinar bacterias, neutralizar toxinas e inactivar

virus (Fluegel, et al., 2010; Hernández y Vélez, 2014; Tosi, et al., 2007). Estas provienen de la sangre del animal, constan de moléculas de glicoproteínas con un alto contenido de grupos azufrados y con actividad biológica de anticuerpo (Badui, 2006).

La **albúmina sérica bovina (BSA)** constituye del 5-6% de las proteínas del suero lácteo y a los 64°C se logra su desnaturalización (Tosi, et al., 2007). Se deriva de la circulación sanguínea del animal por lo tanto no son sintetizadas por la glándula mamaria (Badui, 2006) y su concentración en la leche es muy similar a la que hay en la sangre. Consiste en una sola cadena polipeptídica de 582 restos de aminoácidos, posee un tiol libre (Cys 34) y 17 enlaces disulfuro que mantiene la proteína netamente multirrizada (Walstra, 2001).

La **lactoferrina (Lf)** se compone aproximadamente de 700 aminoácidos residuales y de una cadena de polipéptidos individuales con dos sitios de unión para iones férricos (Hernández y Vélez, 2014). Ha demostrado tener propiedades moduladoras del sistema inmunológico mediante su acción microbiana y su efecto inhibitor sobre la producción de toxinas por microorganismos (Badui, 2006). Esta proteína tiene como características ser estable a pH ácido y al calor, así como tener un punto isoeléctrico alto (9.5), es conocida por tener actividad antimicrobiana y antifúngica actúa en contra de un gran intervalo de bacterias y levaduras (Tosi, et al., 2007).

Las **proteasas-peptonas** están compuestas por un grupo heterogéneo de fosfoglicoproteínas de pesos moleculares que varían de 4000 a 200 000 Dalton (Badui, 2006).

El **glicomacropéptido (GMP)** es conocido también como caseinomacropéptido, este es derivado de la κ -caseína durante su proteólisis, posee 64 aminos residuales, su punto isoeléctrico esta entre 4.3-4.6 y tiene una característica única debido a la ausencia de residuos de fenilalanina, triptófano, tirosina, histidina, arginina o cisteína (Tosi, et al., 2007).

La **lactoperoxidasa (LP)** consiste en una simple cadena polipeptídica con 612 residuos de aminoácidos, contiene 15 cisteínas, un grupo hemo y el 10% p/p de restos de carbohidratos. Su actividad enzimática depende mucho de la temperatura y tiempo, es decir a mayor temperatura menor el tiempo para que se pierda esta actividad, por ejemplo, a 62.5°C después de 30 min o a 85°C después de 15 segundos (Tosi, et al., 2007).

1.1.2 Importancia de las proteínas del lactosuero

Las proteínas del lactosuero desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales (~26%), además son de alto valor biológico y tienen una calidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido (Tabla 5) (Parra, 2009). Son especialmente ricas en aminoácidos azufrados y en aminoácidos de cadena ramificada, poseen actividad antimicrobiana, antioxidante y previenen enfermedades cardiovasculares, cáncer y osteoporosis (Posada, et al., 2011).

Debido a la composición de aminoácidos, las proteínas del lactosuero tienen mayor valor biológico en comparación con el de las caseínas, la utilización de la proteína en el cuerpo humano es vinculada con la proporción de cisteína/metionina la cual es alrededor de 10 veces más alta en las proteínas del lactosuero que en las caseínas u otras proteínas de origen animal, incluidas las proteínas del huevo las cuales han sido consideradas por mucho tiempo como proteínas de referencia (Jelicic, et al, 2008).

Tabla 5. Comparación de los aminoácidos presentes en el lactosuero, huevo y el equilibrio recomendado en la dieta por la FAO (g/100g proteína). Fuente: Parra, 2009

Aminoácido	Lactosuero	Huevo	Equilibrio recomendado por la FAO
Treonina	6.2	4.9	3.5
Cisteína	1.0	2.8	2.6
Metionina	2.0	3.4	2.6
Valina	6.0	6.4	4.8
Leucina	9.5	8.5	7.0
Isoleucina	5.9	5.2	4.2
Fenilalanina	3.6	5.2	7.3
Lisina	9.0	6.2	5.1
Histidina	1.8	2.6	1.7
Triptófano	1.5	1.6	1.1

Diferentes estudios han demostrado que las proteínas de la leche y el lactosuero tienen en su secuencia codificados péptidos bioactivos¹; éstos son inactivos cuando están dentro de la secuencia de la proteína intacta y pueden ser liberados por acción de enzimas proteolíticas nativas de la leche, enzimas de bacterias ácido lácticas o durante la digestión gastrointestinal, dando lugar a su estudio para introducirlo en la elaboración de alimentos funcionales (Conti, et al., 2012).

Las proteínas del suero se han relacionado con diferentes funciones, tanto con la motilidad como con respuestas inmunes en el intestino. En la última década se han reportado diversas actividades como inhibición de células cancerosas y antihipercolesterolemia (Vela, et al., 2012). En la Tabla 6 se presentan algunas funciones biológicas de las proteínas del suero de leche.

¹ Péptidos bioactivos: Secuencias de aminoácidos inactivos en el interior de la proteína precursora, que ejercen determinadas funciones biológicas tras su liberación mediante hidrólisis química o enzimática (Mulero, Zafrilla, et al., 2011).

Tabla 6. Funciones biológica de las proteínas del lactosuero. Fuente: Hernández y Vélez, 2014.

Proteína	Función Biológica
β -lactoglobulina	Transportador de retinol, pamilol, ácidos grasos, vitamina D y colesterol.
α -lactoalbúmina	Prevención del cáncer, síntesis de lactosa y tratamiento de la enfermedad inducida por el estrés.
Albuminas de suero	Función antimutagenica y prevención del cáncer.
Inmunoglobulinas	Prevención y tratamiento de diversas infecciones microbianas (infecciones de las vías respiratorias, gastritis y caries).
Lactoferrina	Actividades antibacterianas, antivirales, antifúngicas y actividad prebiótica.
Lactoperoxidasa	Biocidas y prevención de cáncer de colon y piel.
Proteasas peptonas	Efectos inmunoestimulantes y prevención de caries.

La mayoría de las proteínas de lactosuero, β -lactoglobulina y α -lactoalbúmina, contribuyen a las propiedades funcionales de los ingredientes de proteínas y en las formulaciones de los alimentos. Dentro de estas propiedades están la solubilidad, hidratación, emulsificación, textura y consistencia, formación de espuma y propiedades de gelificación de las proteínas de lactosuero (Parra, 2009).

Por las características de solubilidad en amplios intervalos de pH, capacidad de retención de agua, viscosidad, gelificación, emulsificación, formación de espuma y participación en la reacción de Maillard, las proteínas séricas presentan gran potencial como ingrediente en la elaboración de postres de yogurt, leche para untar, postres de crema, crema batida, flanes, natillas, formulaciones para helado y productos de confitería en general (Posada, et al., 2011).

Algunos factores que afectan las propiedades funcionales de las proteínas son la secuencia de aminoácidos y la composición, la estructura secundaria y terciaria, el carácter hidrófilo/hidrófobo de la superficie de la proteína, la carga neta, y las

distribuciones de carga; y también de factores intrínsecos como pH, fuerza iónica, temperatura e interacción con otros ingredientes alimenticios (Parra, 2009).

1.2 El lactosuero como residuo industrial y su impacto ambiental

De acuerdo la FAO, el suero líquido es un residuo de la fabricación de queso y obtención de la caseína, es de los residuos de proteínas alimentarias que quedan todavía fuera de los canales del consumo humano, aunque posee un alto valor nutricional debido a su composición en aminoácidos y vitaminas; este subproducto industrial es poco aprovechado y además es vertido en las aguas residuales de la industria provocando graves problemas de contaminación ambiental (Acevedo, et al., 2015). Se estima que la producción mundial total del lactosuero es entre 180 a 190 millones de toneladas al año, teniendo la mayor producción en Europa y Estados Unidos (Shanka, et al., 2015), por lo que aproximadamente el 47% de este total es desechado al medio ambiente representando una pérdida de una fuente de alimentación (Guerrero, et al., 2009).

Como se describió en el numeral 1.1 el lactosuero es muy rico en nutrimentos, lo que puede generar de 27-60 g/L de demanda biológica de oxígeno (DBO) y de 50-102 g/L de demanda química de oxígeno (DQO) (Shankar, et al., 2015); siendo las proteínas y la lactosa los principales nutrimentos paradójicamente contaminantes, cuando el líquido es arrojado al ambiente sin ningún tratamiento, ya que el contenido de materia orgánica permite la producción de microorganismos, que producen cambios significativos en la DBO del agua contaminada. La DBO determina la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO mide la cantidad total de materia orgánica, y al incrementarse el valor de estos parámetros se disminuye el contenido de oxígeno disuelto en el agua con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos (Valencia y Ramírez, 2009).

La eliminación irracional del lactosuero se debe entre otros aspectos, al desconocimiento de algunos productores sobre las bondades nutricionales y a la dificultad para acceder a las tecnologías apropiadas para su manejo y procesamiento; también, a limitaciones en la regulación alimentaria que permitan la apropiada utilización como ingrediente alimenticio (Poveda, 2013), un ejemplo claro de que en nuestro país tampoco existe una

regulación como tal es el caso de Acatlán, Hidalgo, donde existe un gran número de industrias procesadoras de lácteos; las cuales producen aproximadamente hasta 30 mil litros de leche utilizados en la elaboración de quesos, lo cual genera una gran cantidad de lactosuero y en su mayor parte es desechado en los sistemas de alcantarillado municipal, debido a que tiene poco valor comercial para los productores y/o por la escasa información para su reutilización (Guerrero, et al., 2009).

Las pequeñas industrias no cuentan con los recursos necesarios para invertir en tecnologías de aprovechamiento de este subproducto ya que los componentes del lactosuero son difíciles de degradar y crean un mayor problema que cualquier tratamiento de aguas residuales (Shankar, et al., 2015); por ello, la manera más fácil de deshacerse del lactosuero es la descarga continua en cuerpos de agua, directamente al drenaje o en los terrenos; lo que disminuye el rendimiento de las cosechas, pero además se observa el fenómeno de lixiviación, éste se presenta porque el lactosuero contiene nitrógeno soluble en agua, el cual lixivía a través de diversas capas del suelo y llega hasta los mantos freáticos contaminándolos y convirtiéndose en un peligro para la salud de los animales y humanos (Valencia y Ramírez, 2009).

1.3 Productos elaborados a partir del lactosuero

Las propiedades nutricionales y funcionales del lactosuero tienen un gran significado para la formulación de productos alimenticios; en la industria alimentaria, el suero constituye una fuente económica de proteínas, que otorgan múltiples propiedades funcionales dentro de las cuales destacan mejorar la textura, realzar el sabor y color, presentar características emulsificantes y estabilizantes y mejorar las propiedades de flujo, lo que posibilita incrementar la calidad y aceptación de muchos productos alimenticios (Acevedo, et al., 2015).

Un ejemplo general del uso del lactosuero, es la elaboración de postres lácteos y otros productos de confitería con el lactosuero ácido, mientras que el lactosuero dulce es usado como base para la elaboración de bebidas pasteurizadas (Kabasinskiene, et al., 2015).

Los siguientes productos son elaborados a partir de lactosuero y se utilizan en la industria alimentaria.

ÁCIDO ACÉTICO: El etanol puede ser transformado a ácido acético por *Acetobater spp.* Este proceso ha sido seguido y comercializado por Alimentos Kraft, resultando en vinagre de lactosuero que puede ser utilizado en ensaladas de cocina y otros alimentos, sin que haya grandes diferencias con respecto al vinagre tradicional porque son procesos semejantes (Parra, 2009).

AISLADOS DE PROTEÍNA. WPI de sus siglas en inglés Whey Protein Isolate, contienen un 90% de proteína y entre 4-4.5% de agua. Debido a sus propiedades de hidratación, gelificación, emulsificación y propiedades para formación de espuma, los WPI son usados en la suplementación nutricional, bebidas deportivas, medicinales y en formulaciones de alimentos. También, se usan para empaques que ayudan a extender la vida útil de alimentos con la incorporación de nano-arcillas en películas basadas en WPI y por lo tanto se ve reflejado en la calidad del alimento al utilizar estos empaques (Parra, 2009).

BEBIDAS FERMENTADAS. El lactosuero desproteínizado o completo puede ser fermentado para producir una gama de bebidas; la principal ventaja ofrecida por el lactosuero como sustrato para la producción, es que tiene un gran valor nutritivo y son menos ácidas que los jugos de frutas (Parra, 2009). Para la elaboración de estas bebidas se utilizan bacterias ácido lácticas y una de las características de dichas bebidas, es el menor contenido de lactosa, mayor concentración de aminoácidos libres y mejor digestibilidad de sus proteínas (Poveda, 2013).

BEBIDAS REFRESCANTES. El sabor del lactosuero especialmente el ácido es más compatible con las bebidas de frutas cítricas; sin embargo, su utilización como bebida refrescante es obstaculizada por la presencia de proteínas del lactosuero y componentes grasos. Después de la segunda guerra mundial este problema se solucionó al utilizar lactosuero desproteínizado y sin grasa (Parra, 2009).

CONCENTRADOS DE PROTEÍNA. WPC por sus siglas en inglés Whey Protein Concentrate WPC, Parra (2009) reporta que los concentrados contienen alrededor de 35% de proteína y son utilizados en la elaboración de yogurt, queso procesado y en varias aplicaciones de bebidas, salsas, fideos, galletas, helados, pasteles, derivados lácteos, panadería y cárnicos.

FÓRMULAS INFANTILES. Estas bebidas tienen gran potencial para utilizarse en programas gubernamentales dirigidos a poblaciones de escasos recursos (Valencia y Ramírez, 2009). Se formulan con igual cantidad de leche descremada y lactosuero desmineralizado, y se agregan otros componentes como vitaminas, minerales, taurina, nucleótidos, entre otros (Parra, 2009).

GELATINA. Castillo, et al. (2014) desarrollaron una gelatina a base de lactosuero sabor café, la iniciativa se tomó al ver que grandes cantidades de lactosuero son desechadas y por ende el no aprovechamiento de proteína de buena calidad. Dicha gelatina además de estar hecha a base de lactosuero, es una gelatina probiótica al contener bacterias ácido lácticas aisladas del pozol, esta investigación forma parte del proyecto “Utilización de suero de leche para la elaboración de alimentos altamente nutritivos y funcionales”.

HIDROLIZADOS. El hidrolizado condensado de lactosuero es importante en la industria del queso ricota y mizithra (requesón en México), confitería y en panadería (Kabasinskiene, Liutkevicius, et al., 2015), esta hidrólisis es llevada a cabo por procesos de alta temperatura o alta presión hidrostática. La hidrólisis puede ser usada para cambiar las condiciones requeridas para la gelificación y emulsificación, estas propiedades mejoran ya que al efectuarse la hidrólisis se exponen sitios hidrófobos de la proteína lo que incrementa la motilidad y disminuye el peso molecular en una interfase suficientemente estable, pero también si existe una excesiva hidrólisis estas propiedades funcionales disminuyen (Parra, 2009; Reyes, 2005).

LACTOSA. La hidrólisis de la lactosa permite obtener jarabes de glucosa y galactosa que son ampliamente utilizados en pastelería, confiterías, helados, jarabes, salsas dulces, entre otros (Posada, et al., 2011).

PANADERÍA. El lactosuero en polvo es bien conocido como ingrediente en la industria de la panificación por resaltar su sabor y cualidades de calidad como volumen, textura, corteza y retención de frescura en el pan de trigo (Parra, 2009).

PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES. Estos abonos además de nutrir eficientemente los cultivos, se convierten en un restaurador de la flora microbiana del ecosistema del cultivo, además el ácido láctico presente ayuda a eliminar bacterias patógenas, este biofertilizante puede sustituir a los abonos químicos (Valencia y Ramírez, 2009).

PRODUCCIÓN DE ETANOL. Destilerías de lactosuero emplean *Kluyveromyces marxianus* o *Kluyveromyces fragilis* y al lactosuero como sustrato; este proceso fermentativo origina un rendimiento de etanol en un intervalo de 75-85% de valor teórico, que por cada 0.54kg de etanol se necesitaba de 1 kg de lactosa metabolizada, esto refleja la importancia en la producción de etanol (Parra, 2009).

QUESOS ANÁLOGOS. Nuevos ingredientes como leche en polvo, lactosuero en forma de polvo o concentrados de proteína de lactosuero (WPC), están ahora disponibles para la incorporación dentro del procesamiento de queso; al agregar la proteína coagulada o en forma de concentrado, al queso, se obtuvo un aumento en el rendimiento y originó cambios importantes en la textura, cuerpo y contenido de humedad (Parra, 2009).

(Monroy 2016) desarrolló un queso análogo cuya única fuente de proteína fue el WPC_{78%} y se elaboraron dos quesos, uno llamado original y otro al cual se le agregó inulina, este último tuvo un alto grado de aceptación por parte de los consumidores.

REQUESÓN. El proceso más antiguo para la utilización del lactosuero, es el calentamiento para recuperar la proteína del mismo en un concentrado proteico insoluble al que comúnmente se le denomina requesón. La proteína láctea obtenida tiene variadas aplicaciones entre las cuales se citan la elaboración de sopas, condimentos para ensaladas, pastas enriquecidas con proteína, helados, productos dietéticos y productos cárnicos. El aprovechamiento del lactosuero ácido de queso doble crema para la

elaboración de requesón es una alternativa de aplicación de este subproducto (Parra, 2009).

TECNOLOGÍA DE EMPAQUES. El lactosuero se usa para producir por vía fermentativa un ingrediente antimicrobiano utilizado en la elaboración de empaques comestibles, de esta forma se obtiene películas biodegradables con actividad antibacteriana, alargando la vida de anaquel, aumentando la caducidad y conservación de los alimentos (Valencia y Ramírez, 2009).

En la Tabla 7 se presentan ejemplos del uso de las proteínas del lactosuero en diferentes productos alimenticios, así como los beneficios que proporcionan estas al ser utilizadas en ellos.

Tabla 7. Principales aplicaciones de las proteínas del lactosuero en la industria alimentaria.
Fuente: Poveda, 2013

Aplicación en	Beneficios
Productos de panadería	Incrementa e valor nutricional, como emulsificante, reemplazar la adición de huevo, para dar cuerpo a la masa.
Productos lácteos como bebidas fermentadas y queso	Valor nutricional, emulsificante, gelificante, mejora propiedades organolépticas, mejorar consistencia y cohesividad.
Jugos de fruta, bebidas achocolatadas y a base de leche	Valor nutricional, solubilidad, viscosidad y estabilidad coloidal.
Confitería	Como emulsificante y para facilitar el batido.
Productos cárnicos	Pre-emulsificante, gelificante, mejorar solubilidad.
Alimentos nutricionales	Alimentos para deportistas, para personas adulto mayor, formulas infantiles y formulas especiales para alimentación hospitalaria.
Fuente de compuesto bioactivos	Péptidos y proteínas con potencial antihipertensivo, actividad antimicrobial, antioxidante, incremento de la saciedad.

1.4 Lactosuero: Fuente potencial para la elaboración de bebidas

El término bebida de lactosuero se refiere principalmente a un producto bebible a base de suero líquido como el principal componente o en cantidad importante (Jelen, 2011), que puede ser mezclado con jugos, pulpas, o concentrados de fruta en el desarrollo de bebidas de valor añadido y estas son ligeras, refrescantes y menos ácidas que los jugos de fruta, así como nutritivas (Chatterjee, et al., 2015).

En el marco histórico de las bebidas de este tipo se puede encontrar que el suero de leche ya era usado como fuente nutritiva o curativa desde la época de Hipócrates, siendo el lactosuero recetado para varios usos terapéuticos (Chatterjee, et al., 2015); pero no fue hasta los años 1970's que empezó el proceso de convertir el lactosuero en bebidas, hoy en día una gran escala de diferentes bebidas de lactosuero han sido desarrolladas las cuales son producidas a partir de diferentes tipos de lactosuero dulce o ácido, desproteinizado, fresco diluido, fermentado o en polvo; por otro lado se encuentran bebidas alcohólicas a base de lactosuero como cerveza de lactosuero o vino y bebidas con bajo contenido de alcohol, siendo este menos del 1.5% (Jelicic, et al., 2008) .

En la Tabla 8 se muestran las diferentes bebidas que hay en el mercado principalmente Europeo.

Tabla 8. Bebidas a base de lactosuero que existen en el mercado. Fuente: Jelacic, et al., 2008.

País de Origen	Nombre del Producto	Características
Alemania	Frusighurt	Suero de leche adicionada con manzana/extracto cítrico.
	Big M	Suero de leche aromatizado enriquecido con vitamina E.
	Mango Molke-Mix	Suero de leche con extracto de mango y bifidobacterias.
	Frucht-Molke (Immensee)	Suero de leche con una mezcla de jugos de frutas (naranja, piña, manzana, plátano, mango, albaricoque, ciruela y cítricos)
	Kur-Molke	Suero con jugo de manzana o naranja/maracuyá.
	Molken Frucht Nektar	Suero, 25% de concentrado de naranja/maracuyá.
	Multivitamin-Molke	Suero, con extracto de 10 frutas y 10 vitaminas.
Suiza	Rivella	Agua, lactosuero, CO ₂ , azúcar, aromas naturales, L-ácido láctico (agente acidificante).
	Surelli	35% de lactosuero claro, desproteinizado y carbonatado.
	Fit	Bebida parecida a Rivella, pero con lactosuero carbonatado y 15% de pasta de fruta o extracto de mango.
Suecia	Nature´s Wonder	50% de frutas exóticas, piña o concentrado de naranja, enriquecido con concentrado proteico de leche.
Austria	Latella	Lactosuero, mango, maracuyá y pasta de fruta/ extracto cítrico.
Francia	Morea	Concentrado de lactosuero, 40% de extracto de mango, kiwi y frutas exóticas.
Noruega	Djoez	80% suero de leche, 12.8% concentrado de fruta y aroma.
	Taksi	85.3% suero de leche, 6.3% concentrado de fruta y colorante.
Finlandia	Hedelmatarha	Lactosuero con lactosa hidrolizada y frutas (mango o combinación de frutas exóticas).
Hungría	Fanna-fitt	Suero dulce fermentado y mezclado con extracto de frutas (mango, piña, fresas).
Slovenia	Lambada	Lactosuero con 3% de jarabe de frutas, azúcar y ácido cítrico. Disponible en 8 sabores de frutas (kiwi, albaricoque, piña, limón, naranja, mango y maracuyá).

1.4.1 Aspectos a considerar durante la elaboración de una bebida a base de lactosuero

Para el desarrollo de las bebidas usando lactosuero se tienen que considerar varios parámetros, para empezar el gran contenido de agua hace que el lactosuero sea sensible al deterioro microbiano y por ello se necesitan tratamientos térmicos, lo cual afecta a las proteínas ya que son termosensibles, ya que a una temperatura mayor de 60°C empiezan a desnaturalizarse, por lo que se ha tratado de implementar proceso de ultrasonido o por membranas como la microfiltración en vez de los tratamientos térmicos, además de eso se ha visto que tratamientos de acidificación de un pH menor a 3.9 causa que las proteínas del lactosuero se vuelvan termoresistentes y no precipiten durante tratamientos como la ultra pasteurización (Ultra High Temperature, UHT) otro problema que se presenta en las bebidas de este tipo, es el alto contenido de minerales en los sólidos, porque estos son responsables del sabor salado no deseado en el lactosuero, este problema se presenta especialmente en sueros ácidos (Jelicic, et al., 2008).

Por lo tanto, se han desarrollado bebidas adicionadas con jugos, pulpas y /o concentrados de fruta, así como estabilizantes para producir una bebida con propiedades sensorialmente aceptables especialmente lo referente al sabor.

1.4.2 Tipos de bebidas a base de lactosuero

Tanto las bebidas no alcohólicas como las alcohólicas han sido desarrolladas utilizando como principal fuente de materia prima al lactosuero a continuación, se describen cada una de ellas.

BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS A BASE DE LACTOSUERO.

Dentro de este tipo de bebidas se pueden encontrar:

- **Bebidas que contienen jugos, pulpa o concentrados de frutas o vegetales**

Estos productos usualmente cumplen el rol de un jugo típico de fruta y su principal característica es la adición al lactosuero de diferentes tipos de frutas; el mango, plátano

o papaya han sido frecuentemente sugeridas desde que se ha demostrado que este tipo de frutas son eficientes en ocultar sabores no deseados como el de las sales (Jelicic, et al., 2008). Asimismo, se han utilizado otro tipo de frutas que le dan un aporte nutracéutico, como es el caso del uso de frutos rojos, ya que son fuentes de hierro y antioxidantes, un ejemplo de ello es el jugo de tomate que aporta calcio y licopeno (Jelen, 2011).

- **Bebidas fermentadas**

Dentro de estas bebidas no alcohólicas con lactosuero podemos encontrar las bebidas fermentadas, las cuales tienen un alto valor sensorial aceptable, en estas bebidas generalmente se utilizan cultivos de bacterias ácido lácticas que actúan como probióticos, incluso hay indicios de que la fermentación del lactosuero usando cepas de yogurt produce un mayor sabor a yogurt en comparación a cuando se fermenta leche; esto sugiere la posibilidad del desarrollo de bebidas de lactosuero con perfil sensorial similar a las bebidas de leche fermentadas o con algunos atributos de sabor de yogurt bebible. Una de las más famosas bebidas obtenidas por fermentación con *Lactobacillus rhamnous* es “Gefilus” que es producida en Finlandia usando lactosuero desmineralizado o concentrados de proteína de lactosuero previamente deslactosado; esta bebida es adicionada con jugo de frutas y fructosa como edulcorante (Jelicic, et al., 2008).

- **Bebidas funcionales**

Otra gama que existe son las bebidas funcionales, las cuales aparte de ser adicionadas con jugos de fruta o algún otro ingrediente de sabor, como chocolate, cocoa, vainilla, entre otros; pueden ser adicionadas con otros agentes que les proporcionan cierto valor funcional, como es el caso de los cereales que confieren a las bebidas fibra dietética, ácidos grasos esenciales y proteínas hipo alergénicas, lo que genera que además de ser nutritivas son adecuadas para personas alérgicas y niños.

- **Bebidas carbonatadas**

En este tipo de bebidas, la carbonatación es uno de los aspectos críticos de éxito para las bebidas refrescantes de suero de leche, ya que este simple paso es en realidad bastante complejo y extremadamente difícil lograrlo con las proteínas que espuman altamente y por otro lado el punto de vista nutricional/funcional, la carbonatación es un proceso que probablemente no es compatible con la idea de bebidas saludables a base de lactosuero (Jelen, 2011) .

Sin embargo, hoy en día existen varias bebidas carbonatadas que se desarrollaron a partir del lactosuero, siendo el mayor y conocido ejemplo la bebida producida en Suiza desde 1950 llamada “Rivella” que hoy en día es consumida en Canadá y Holanda, Rivella es una bebida de lactosuero pasteurizada, carbonatada, con sabor de fruta agridulce y un pH de 3.7; otro ejemplo que se puede incluir en este tipo de bebidas pero que no se utilizó principalmente el lactosuero como materia prima si no a las proteínas de este fue en el año 1970 donde la compañía Coca Cola seleccionó el WPC (concentrado de proteína de lactosuero) como nutrimento para mejorar la calidad nutricional de sus bebidas, las bebidas pudieron se fortificadas con 1% de proteínas derivadas de la elaboración de queso sin que se detectaran cambios en su sabor y apariencia (Parra, 2009).

En la siguiente Tabla se muestran ejemplos de los diferentes tipos de bebidas a base de lactosuero que se han desarrollado, así como sus características.

Tabla 9. Tipo de bebidas a base de lactosuero y sus características.

Bebida	Características
Bebida funcional	Bebida a base de lactosuero, enriquecida con aceite de linaza, rico en ácido α -linoleico, celulosa y pectina (Kabasinskiene, et al., 2015).
Bebida adicionada con Jugos/pulpas/ concentrados de frutas	Bebida a base de lactosuero con jugo de piña (Chatterjee, et al., 2015). Bebida a base de lactosuero con jugo de melón (Chatterjee, et al., 2015).
Bebida fermentada	Lactosuero como sustrato, se inoculó con <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus casei</i> y <i>Streptococcus salivarius</i> , sacarosa, jarabe de azúcar invertido, carboximetilcelulosa y crema de leche (Parra, 2009).
Bebida adicionada con Jugos/pulpas/ concentrados de frutas	La formulación consistió en un 78% de lactosuero y 15% de pulpa de mango (Sakhale, et al., 2012). Diferentes mezclas de bebidas de lactosuero usando varios niveles de pulpa de mango (8-12%) de 4 variedades distintas. (Sakhale, et al., 2012). Tres diferentes formulaciones de bebidas a base de lactosuero con pulpa de mango, se variaba el porcentaje de cada uno (Sakhale, et al., 2012).
Bebida adicionada con Jugos/pulpas/ concentrados de frutas	Lactosuero ácido de leche de búfalo con jugo de naranja, pectina y carboxil metil celulosa y benzoato de sodio. Se varió el porcentaje de lactosuero y naranja (Ashok y Bangaraiah, 2014).
Bebida fermentada	Bebida prebiótica con lactosuero inoculada con <i>Lactobacillus</i> adicionada con pulpa de mango y almendras (Vela, et al., 2012).
Bebida adicionada con Jugos/pulpas/ concentrados de frutas	Bebida a base de lactosuero saborizada con pulpa de maracuyá, azúcar y benzoato de sodio como conservador (García, et al., 2015).

Bebida funcional	Bebida con suero reconstituido con pulpa de mango y aceite de linaza (Gad, et al., 2013).
Bebida adicionada con Jugos/pulpas/ concentrados de frutas	Bebida de lactosuero con jugo de naranja y azúcar (Chatterjee, et al., 2015).
	Bebida a base de lactosuero ácido, jugo de pera, azúcar, carboxil metil celulosa y sorbato de potasio (Baccouche, et al., 2013)
Bebida funcional	Bebida de lactosuero con pulpa de uva o naranja, agua, azúcar, ácido cítrico y sorbato de potasio (Williams, 2002).
	Leche, lactosuero, carragenina, cocoa, azúcar, agua y omega 3 (Cárdenas y De la Mora, 2011).
Bebida fermentada	Lactosuero fermentado, azúcar y pulpa de mora (Loaiza, 2011).
Bebida adicionada con Jugos/pulpas/ concentrados de frutas	Lactosuero, agua, azúcar, pulpa de durazno/ manzana/ guayaba/ mago (Jacales, 2015).
	Se varió el porcentaje de lactosuero y agua, sacarosa y néctar de varias frutas (Morales, 2011).

BEBIDAS ALCOHÓLICAS A BASE DE LACTOSUERO.

Debido a que la lactosa es el mayor componente del suero de leche, es una buena materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas, las cuales se dividen en tres grupos:

- Las de bajo contenido de alcohol ($\leq 1.5\%$)
- Cerveza de lactosuero y vino de lactosuero
- Existen bebidas con hasta un 35% v/v de etanol sin que se les añada ningún sabor frutal y siguen presentando características sensoriales aceptables (Jacales, 2015).

La producción de bebidas alcohólicas de bajo contenido en alcohol incluye lactosuero desproteinizado, concentrado de lactosuero y fermentación de la lactosa. En esta fermentación se utilizan cepas de levadura *Kluyveromyces fragilis* y *Saccharomyces lactis*, o se adiciona sucralosa para obtener el contenido de alcohol deseado (0.5-1%), saborizante y edulcorante. Algunos ejemplos de bebidas alcohólicas hechas a partir de lactosuero son “Milone”, obtenida por fermentación con cultivos bacterianos del kéfir y vino espumoso de suero de leche “Serwoit” producidos en Polonia (Jelicic, et al., 2008).

La cerveza de lactosuero puede producirse con o sin adicionar malta, puede ser fortificada con minerales o puede contener almidón hidrolizado y vitaminas, el vino de lactosuero tiene un contenido de alcohol de 10-11% y es mayormente saborizado con aromas de frutas (Jelicic, et al., 2008).

1.4.3 Bebidas a base de lactosuero relacionadas con el mejoramiento de la salud

Se ha hablado de la utilización del suero para el desarrollo de bebidas refrescantes o funcionales; con el fin de disminuir el impacto ambiental que este “residuo” ocasiona y como aprovechamiento nutricional que el mismo ofrece; por otro lado hay evidencias de que ha sido utilizado para el tratamiento de algunas enfermedades. Un claro ejemplo de esto es la disminución de la presión sanguínea, del colesterol y un incremento de la proteína tanto en hombres como mujeres es la evaluación de ciertos parámetros, después de que se ingirió una bebida desarrollada a base de lactosuero (Fluegel, et al., 2010). Por otro lado, las bebidas fermentadas de lactosuero han demostrado tener efectos benéficos en la salud como el mejoramiento del metabolismo de la lactosa, propiedades anticancerígenas y la estimulación del sistema inmune (Jelicic, et al., 2008).

Existe un grupo de científicos brasileños quienes han desarrollado una bebida de lactosuero saborizada adicionada con concentrado de fresas y fortificada con bisglicinato ferroso, ellos han demostrado que el consumo de esta bebida a largo plazo tiene un impacto en la reducción de la prevalencia de anemia en niños y adolescentes (Jelicic, et al., 2008).

1.4.4 Sectores de consumo de bebidas a base de lactosuero

Las bebidas elaboradas a base de lactosuero tienen una amplia escala de consumidores desde personas de edad avanzada hasta niños pequeños. Además, por su contenido de proteínas son fuente ideal de energía y nutrientes para atletas y pueden ser consumidas durante periodos de ejercicios y entrenamientos de resistencia; o bien por personas que son alérgicas a las proteínas de la leche (caseína) o sufren de la enfermedad celiaca, ya que algunas son fortificadas con arroz, salvado de avena, aislados de proteína de soya y papa (Jelicic, et al., 2008). Por su alta calidad nutricional ya antes mencionada y el incremento de valor energético que pueden proporcionar, este tipo de bebidas pueden ayudar a cubrir los requerimientos nutricionales en lugares donde hay escases de alimentos y la nutrición es inadecuada.

Todas las características que tiene el lactosuero incluyendo toda la amplia escala de consumidores, hace del presente residuo una fuente potencial para el desarrollo de bebidas y sobre todo se puede aplicar esta “nueva” forma de uso aquí en México ya que en países Europeos este tipo de bebidas son muy conocidas, también a partir de esto se puede informar a los pequeños productores de queso, así como a los consumidores, todas las bondades que brinda el lactosuero con el fin de que este sea aprovechado y que en un futuro la industria de bebidas utilice el lactosuero como base en la formulación de sus productos, así disminuirá el impacto ambiental y mejorará la calidad nutrimental en el sector de las bebidas.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El diagrama general muestra las siguientes fases que se llevaron a cabo durante el desarrollo de la investigación.

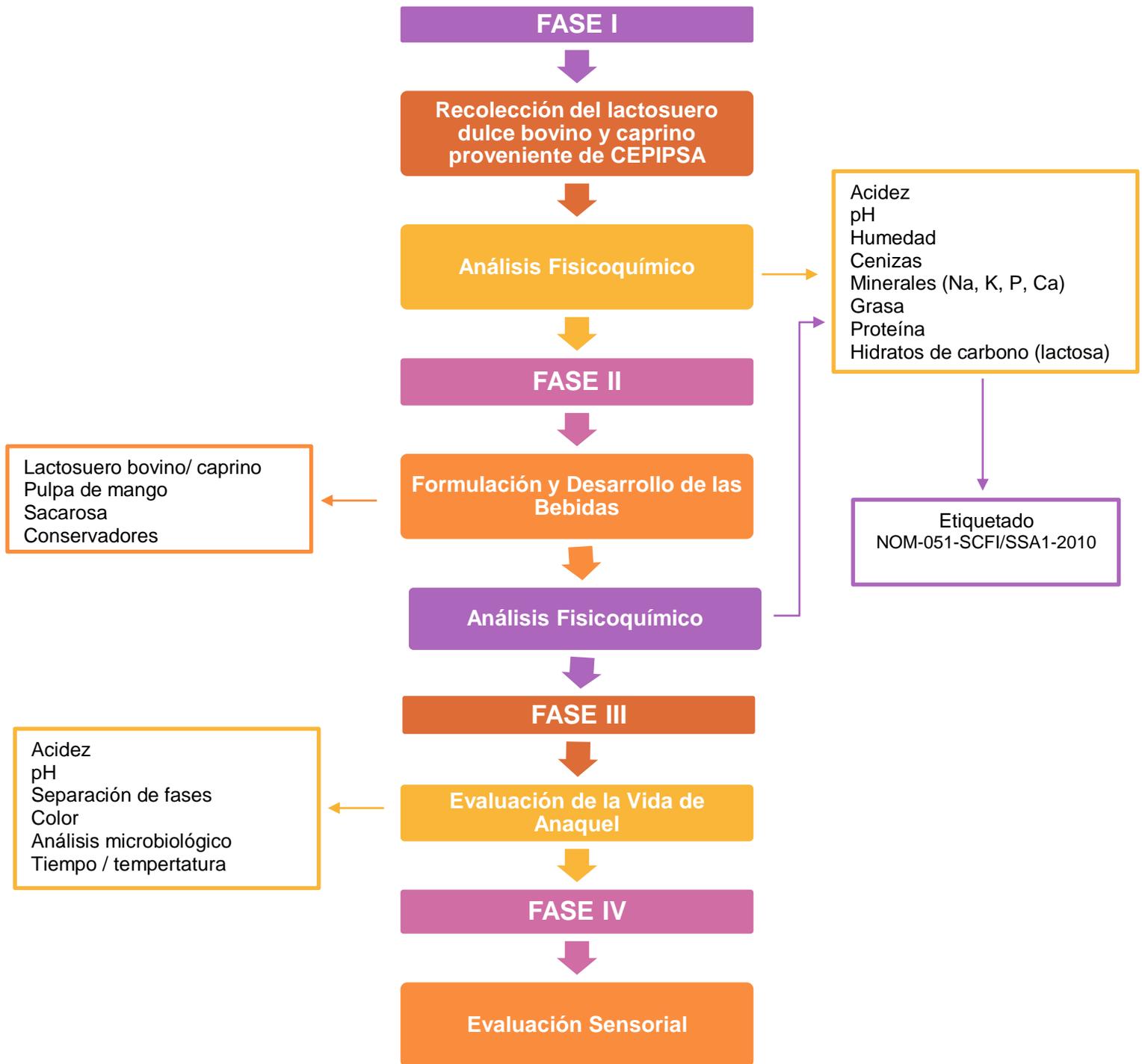


Figura 2. Diagrama general para la elaboración de bebidas a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango.

Esta investigación se llevó a cabo en cuatro fases para alcanzar los objetivos planteados inicialmente. La primera fase consistió en la recolección y análisis fisicoquímico del lactosuero, donde se obtuvo la humedad, cenizas, minerales, grasa, proteína y carbohidratos, en la segunda fase se formuló, desarrolló y se realizó el análisis fisicoquímico de las bebidas para obtener así una etiqueta de Información Nutrimetal, esta segunda fase condujo a las dos últimas fases, tres y cuatro respectivamente, que consistieron en la evaluación de la vida de anaquel así como la evaluación sensorial de ambas bebidas.

2.1 Fase I. Recolección y análisis fisicoquímico del lactosuero bovino y caprino

Para la fase I se recolectó el lactosuero dulce bovino y caprino proveniente del Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), en envases de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 20L previamente lavados y desinfectados con cloro, éste se trasladó al Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAyB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), el lactosuero se calentó a 32°C para ser homogenizado mediante agitación constante por 1 minuto.

Al obtener la muestra homogénea, se realizó el análisis fisicoquímico que consistió en determinar acidez, pH, humedad, cenizas, minerales, grasa, proteína, carbohidratos (lactosa), tanto para el lactosuero bovino como caprino; cada determinación se realizó por triplicado. Para la determinación de los parámetros antes mencionados, se llevaron a cabo las metodologías oficiales (Tabla 10).

Tabla 10. Metodologías utilizadas para la caracterización fisicoquímica de ambos lactosueros.

Parámetro	Metodología
Acidez	AOAC Official Method 947.05, Acidity of Milk. Titrimetric Method.
pH	Determinación de pH en alimentos NMX-F-317-S-1978.
Humedad	AOAC Official Method 925.23, Solids (Total) in Milk.
Cenizas	AOAC Official Method 945.46, Ash of Milk. Gravimetric Method.
Minerales	<p>La digestión de la muestra se realizó de acuerdo al método del AOAC Official Method 986.15 Mulielement Method.</p> <p>Para la cuantificación de los minerales se utilizaron los siguientes métodos AOAC Official Method 973.55, Phosphorus in Water, Photometric Method. 985.35, Minerals in Ready-To-Feed, Milk-Based Infant Formula, Atomic Absorption Spectrophotometric Method, (Applicable to Ca, Mg, Na and K).</p>
Grasa	Se realizó por el método de Gerber especificado en la NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
Proteína	AOAC Official Method 920.105, Nitrogen (Total) in Milk Kjeldahl Method.
Hidratos de Carbono (Lactosa)	Método de azúcares reductores 3,5 dinitro salicílico (DNS) Nielsen (2003).

2.2 Fase II. Formulación, desarrollo y análisis fisicoquímico de las bebidas

Con base a los sólidos totales del lactosuero y pulpa de mango, se realizó la formulación para la bebida con lactosuero dulce bovino o caprino. A continuación, se muestra un diagrama del proceso de elaboración de las bebidas.



Figura 3. Diagrama del proceso de elaboración de las bebidas.

○ Pulpa de mango

Primeramente, se realizó una selección de mangos ataulfo, posteriormente se lavaron, cortaron finamente y la pulpa se almacenó a temperatura de congelación para su posterior uso.

○ Acondicionamiento del lactosuero

Cabe mencionar que el procedimiento que se llevó a cabo, se realizó para ambos lactosueros (bovino y caprino).

Como anteriormente se mencionó se realizó la homogenización del lactosuero, la cual consistió en calentarlo a una temperatura de 32°C y posteriormente se licuó duramente 1 minuto en una licuadora industrial; con el fin de incorporar la grasa que se pudo haber separado durante el almacenamiento.

- **Elaboración, envasado y pasteurización de la bebida**

Con la materia prima principal acondicionada, lactosuero y pulpa de mango, se procedió al primer licuado; en el cual se agregó solamente el lactosuero y la pulpa; se homogenizó por 1 minuto, en el segundo licuado se agregó la sacarosa, almidón, propionato de sodio y sorbato de potasio como conservadores; se licuó por 1.20 minutos; con el objetivo de incorporar mejor todos los ingredientes.

Una vez obtenida la bebida se vació en frascos de vidrio previamente lavados y esterilizados, ahí mismo en un baño maría se realizó la pasteurización durante 30 min a 65°C. Por último, ya pasteurizados, a los frascos se les dio un choque de temperatura enfriándolos en agua fría, para así generar vacío dentro de él.

- **Análisis fisicoquímico de las bebidas**

Para el análisis de la bebida con lactosuero bovino y caprino se realizaron las mismas técnicas descritas en el Numeral 2.1 (Tabla 10), con la excepción de la cantidad de hidratos de carbono presentes fueron obtenidos por diferencia, ya que no solamente se tenía un tipo de estos; y la parte de la digestión de la muestra para la lectura de minerales fue diferente, en este método una vez que se obtuvo las cenizas, estas fueron resuspendidas en HCl al 25%, se filtraron y aforaron a 50mL con agua desionizada.

Además de las determinaciones descritas en la Fase I, también se cuantificó fibra dietética total por Official Method AOAC 985.29 (Total Dietary Fiber in Foods. Enzymatic-Gravimetric Method). Finalmente, con este análisis fisicoquímico se realizó el etiquetado para cada bebida con su respectiva Información Nutricional, de acuerdo con la NOM-051-SSA-2010.

2.3 Fase III. Evaluación de la vida de anaquel

A continuación, se muestra un diagrama general de lo que se llevó a cabo durante la evaluación de la vida de anaquel.

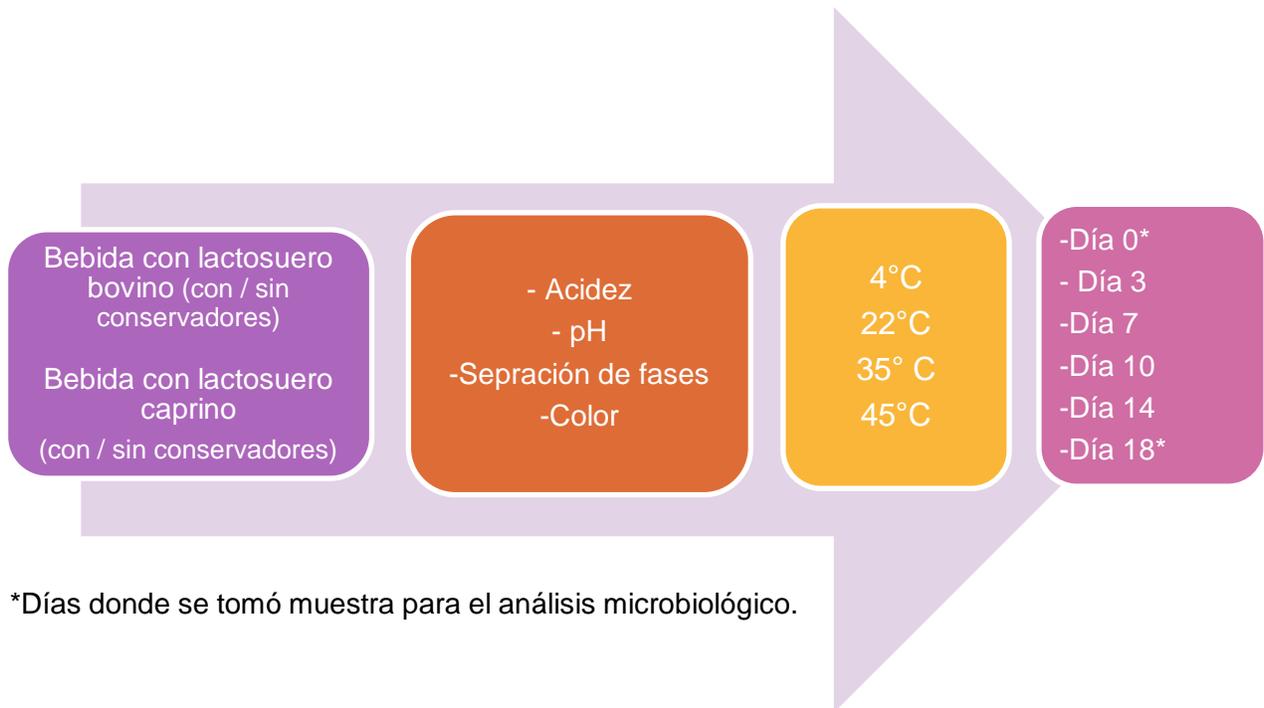


Figura 4. Diagrama del proceso para la evaluación de vida de anaquel de las bebidas.

En esta etapa se evaluaron los cambios de acidez, pH, separación de fases y color de las bebidas con y sin conservadores; esto se analizó durante 18 días en los cuales se realizaron 5 monitoreos, sin contar el monitoreo 0 que fue el monitoreo en donde se elaboró la bebida, a diferentes temperaturas las cuales fueron: temperatura ambiente (22°C), temperatura de refrigeración (4°C), 35°C y 45°C. Además, se llevó a cabo un análisis microbiológico de hongos, levaduras y *S. aureus*, este solamente se realizó al principio y término del análisis (Día 0 y Día 18), a la temperatura de 4°C, porque a esta temperatura se almacenan este tipo de bebidas.

Las metodologías llevadas a cabo para la evaluación de los parámetros de la vida de anaquel fueron las siguientes (Tabla 11).

Tabla 11. Metodologías utilizadas para la evaluación y estabilidad de las bebidas con y sin conservadores.

Parámetro	Metodología
Acidez	AOAC Official Method 947.05, Acidity of Milk. Titrimetric Method.
pH	Determinación de pH en alimentos NMX-F-317-S-1978.
Separación de fases	Se midió el total de altura que abarcaba la bebida en el frasco y posteriormente la altura de cada fase de separación y se sacó el porcentaje de cada una tomando como el 100% a la altura total.
Color	Se utilizó el colorímetro Konica Minolta, la bebida se colocó en un vaso de precipitados y el colorímetro a una altura de 3 cm aproximadamente, y se obtuvo los parámetros de L, a y b.
Hongos y Levaduras	NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Métodos para la Cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos.
<i>S. aureus</i>	NOM-115-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> en alimentos.

2.4 Fase IV. Evaluación sensorial

Para determinar el nivel de agrado, ambas bebidas, fueron sometidas a una evaluación sensorial, en donde se encuestaron a 100 consumidores, entre 18 y 25 años de edad, se les dio una prueba de la bebida para posteriormente contestar un cuestionario, en el cual las principales preguntas fueron sobre atributos que describen a la bebidas y tenían que calificarlo en una escala hedónica de 7 puntos, que iba desde 7= me gusta mucho hasta 1= me disgusta mucho pasando por el 4= ni me gusta ni me disgusta; posteriormente se les cuestionó cual era el atributo que les gustó más y cual les gustaba menos para posteriormente contesta si habría algo en lo que se podría mejorar la bebida y finalmente si estaban dispuestos a comprar la bebida y cuanto pagarían por ella. Dicho cuestionario se encuentra en el ANEXO (sección 4).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis fisicoquímico del lactosuero bovino y caprino

A continuación, en la Tabla 12 se muestra el análisis fisicoquímico de ambos lactosueros con su respectiva referencia.

Tabla 12. Composición fisicoquímica de los lactosueros bovino y caprino (g/100mL).
Fuente: NMX-F-721-COFOCALEC-2012; Jacales, 2015.

Parámetro	Lactosuero Bovino	Lactosuero Caprino	Valor de Referencia
pH	6.33±0.026 ^a	6.0±0.12 ^b	6.4-6.7
Acidez	0.11±0.058 ^a	0.24±0.058 ^b	0.07-0.12
Proteína	0.84±0.01 ^a	0.80±0.01 ^b	0.72 min
Grasa	0.90±0.0 ^a	0.95±0.07 ^a	0.10 máx
Cenizas	0.57±0.01 ^a	0.59±0.01 ^a	0.53 min
Lactosa	5.52±0.03 ^a	5.70±0.006 ^a	4.7 min
Humedad	92.18±0.03 ^a	92.00±0.02 ^b	92-95
Sólidos Totales	7.82±0.03 ^a	8.01±0.02 ^b	5-8

Los valores reportados son el promedio ± su desviación estándar. Valores en hileras con diferente letra hay diferencia significativa entre ellos (P<0.05). La acidez se expresa en porcentaje de ácido láctico.

Para el pH evaluado en el lactosuero bovino y caprino se encontraron diferencias significativas entre ambos y por lo tanto en la acidez, ya que estos dos parámetros están relacionados inversamente y comparándolos con el valor de referencia se observó que está por debajo de lo que se establece para un lactosuero dulce; sin embargo los lactosueros se catalogaron como sueros dulces al no tener un pH menor a 6.0 y además se han reportado valores de pH para lactosuero dulces de 5.95-6.59 (Guerrero, et al., 2010), 6.33, 6.27 y 6.09 se tiene como límite mínimo de pH de 5.6-5.8 para considerar un lactosuero dulce (Jacales, 2015). En el caso de la acidez se observa que solo el lactosuero bovino estuvo dentro del valor de referencia y que para el lactosuero caprino este porcentaje de acidez fue mayor debido al pH “bajo” que presenta.

En el caso de la proteína entre ambos lactosueros se encontró diferencia significativa y se observó que estuvo dentro del rango establecido por el valor de referencia (0.72 min)

teniendo en cuenta que para el lactosuero bovino fue de 0.84% mientras que para el caprino fue de 0.80%, este contenido de proteína depende de su mayor parte del tipo de coagulo y de su tratamiento (Scott, 1991), estos valores están comprendidos en el rango de 0.2% a 1.1% (Guerrero, et al., 2010) 0.86 y 0.90% (Jacales, 2015). En el parámetro de grasa no se observó diferencia significativa entre ambos lactosuero pero comparándolo con el valor de referencia que es de 0.10 % como máximo se observa que para bovino (0.90%) y caprino (0.95%) se encuentra demasiado alto y por lo tanto fuera del valor de referencia, se han cuantificado contenidos de gras en lactosueros desde 0.29% hasta 1.09% (Guerrero, et al., 2010); esto puede atribuirse al tipo de leche utilizada en la elaboración del queso, si fue o no homogenizada y/o estandarizada, o bien a una manipulación poco cuidadosa de la cuajada (Scott, 1991). En estos casos se observa un incremento del contenido graso.

En cuanto al contenido de minerales (cenizas) se obtuvo que para el lactosuero bovino es de 0.5% mientras que para el lactosuero caprino es de 0.59%, se han obtenido valores de 0.27 y 0.57% en sueros dulces (Guerrero, et al., 2010) y en la caracterización de otros sueros dulces se encontraron valores de 0.57% en minerales (Jacales, 2015); por lo tanto, ambos lactosueros se encuentran dentro de los valores reportados, así como dentro del valor de referencia que es de 0.53 g /100mL (PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012).

La cantidad de lactosa que se obtuvo para el lactosuero bovino y caprino fue de 5.52% y 5.70% respectivamente, valores reportados en lactosuero dulce, indican un porcentaje entre 4.3-5.3 (Guerrero, et al., 2010) y comparando los valores con el de referencia (4.7% como mínimo) (PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012), se observó que el porcentaje de lactosa para ambos lactosueros estuvo dentro del valor establecido para un lactosuero dulce.

El porcentaje de humedad y de los sólidos totales de los dos lactosueros analizados estuvieron dentro del valor de referencia (92-95 y 5.8 respectivamente) (Tabla 12). Cabe mencionar que ambos parámetros no están establecidos en la NMX-F-721-COFOCALEC-2012 y que los valores de referencia se encontraron en la bibliografía consultada (Jacales, 2015).

Todos los parámetros cuantificados corroboraron que ambos lactosueros experimentalmente fueron dulces y llamó la atención en su importante contenido de grasa, que podría repercutir sensorialmente en el desarrollo de productos a base de lactosuero, así como en su estabilidad. Es importante mencionar que la composición del lactosuero puede variar dependiendo del tipo y calidad composicional de la leche de la que proviene; es decir, tomar en cuenta la especie o raza de los animales, etapa de lactancia y la más importante el tipo de dieta suministrada, en esta última influyen factores como la cantidad y tipo de fibra, el nivel de proteína, el tamaño de partícula, el uso de probióticos, entre otros (Bedoya, et al., 2012)

Por otro lado, en la norma debe establecerse el porcentaje de sólidos totales, ya que el lactosuero al ser líquido podría adulterarse con agua diluyendo sus principales componentes y alterando la composición de este, repercutiendo de forma negativa en su utilización para la elaboración, de bebidas en este caso.

La Tabla 13 se muestra el perfil mineral obtenido para cada uno de los lactosueros.

Tabla 13. Concentración (mg/100mL lactosuero) de los principales minerales presentes los lactosueros.		
Mineral	Lactosuero Bovino	Lactosuero Caprino
Na	49.41±0.34 ^a	45.86±0.91 ^b
Ca	17.29±0.53	17.12±0.25
Mg	3.70±0.12	3.70±0.04
K	172.53±3.75 ^a	209.89±4.33 ^b
P	0.04±0.001	0.04±0.0003

Los valores reportados son el promedio de los triplicados ± su desviación estándar. Los valores de Na y K existe diferencia significativa (P<0.05) entre los lactosueros.

El contenido de sodio y potasio entre los lactosueros fue significativamente diferente esto puede atribuirse a la especie del animal; se han reportado valores para sodio (26 mg / 100 mL) (Goyal y Gandhi, 2009), por debajo del obtenido (45-49 mg / 100 mL), en el presente estudio esto se puede deber a que se agregó sal antes de la cuajada para el salado del queso.

En cuanto al calcio se obtuvo un valor aproximado de 17 mg / 100 mL de lactosuero valor inferior a los reportados en la literatura que van desde 29 mg / 100 mL (Goyal y Gandhi, 2009), hasta los 40-60 mg / 100 mL (Hernández y Vélez, 2014). Esto indica que puede haber diferencia en la composición del lactosuero en cuanto a calcio, por el tipo de queso elaborado, así como por la adición de sales de cloruro de calcio para la formación de la cuajada. Sin embargo hay que tener en cuenta que el lactosuero con que se trabajó es dulce y por lo tanto es pobre en calcio.

El contenido de magnesio en ambos lactosueros fue de 3.7 mg / 100m L lo que es cercano a lo reportado en literatura (3.6 mg / 100 mL) (Goyal y Gandhi, 2009). En el caso del potasio se tuvo un valor para el lactosuero bovino 172.53 mg /100 mL y para el lactosuero caprino 209.89 mg / 100 mL y se han consignado en la literatura valores de 130 mg / 100 mL (Goyal y Gandhi, 2009) y 140-160 mg / 100 mL (Hernández y Vélez, 2014). El fósforo por su parte, se encontró en concentración, (0.04 mg / 100 mL); se sabe este tipo de suero dulce también es pobre en este mineral.

3.2 Formulación y desarrollo de las bebidas

En la Tabla 14 se muestra la formulación definitiva para las bebidas, así como para el estudio de vida de anaquel.

Tabla 14. Formulación para el desarrollo de las bebidas a base de lactosuero dulce bovino y caprino.

Ingredientes	Formulación sin conservadores	Formulación con conservadores
Lactosuero (mL)	100	100
Pulpa de mango (g)	30	30
Almidón (g)	0.25	0.25
Sacarosa (g)	6.25	6.25
Propionato de Sodio (%)	-	0.05
Sorbato de Potasio (%)	-	0.03

Primero se realizaron varias formulaciones donde se variaba el porcentaje de pulpa de mango, así como de lactosuero y sacarosa hasta obtener la consistencia, sabor y dulzor que se deseaban. Se formuló una bebida que fuera completamente a base de lactosuero para aprovechar el 100% del mismo, y sus nutrimentos no fueran “diluidos” por la adición del agua, se eligió mango porque las bebidas con mango son las más consumidas además de que la mayoría de las bebidas a base de lactosuero se les agrega pulpa de esta fruta, la cual contiene vitaminas, fitonutrientes² como antioxidantes y carotenoides; por lo que la adición de esta fruta mejora el valor nutricional del suero de leche y muestra un excelente sabor, lo que se puede aprovechar para la elaboración de bebidas (Hernández y Vélez, 2014).

La adición de sacarosa fue mínima, puesto que se tenía la lactosa del lactosuero y la fructosa del mango por otra parte se tenía el aporte de la grasa y proteína aunque estos dos fueran mínimos. Aquí cabe mencionar que el lactosuero no fue descremado porque durante el desarrollo de formulaciones previas, en donde se descremó el lactosuero y se varió la cantidad de pulpa, se observó que una vez descremado aumentaba el sabor salado y se optó por dejarlo entero; debido a que el contenido de grasa oculta el sabor salado proporcionado por los minerales en el lactosuero. En cuanto a los conservadores utilizados se eligieron estos por el intervalo de pH que se manejaba para las bebidas (5.59-5.32), ya que el límite máximo de pH para utilizar propionato de sodio y sorbato de potasio es de 5.5 y 6.5 respectivamente, además de que la mezcla de estos dos conservadores amplía el espectro contra hongos y levaduras que son principales organismos que atacarían las bebidas.

² Fitonutrientes: sustancias que se encuentran generalmente en las plantas y no son de carácter esencial para la vida, pero tiene efectos benéficos a la salud.

En las siguientes imágenes se muestra las bebidas ya elaboradas.

Bebida a base de lactosuero dulce
bovino con pulpa de mango



Figura 5. Bebida, pasteurizada y envasada a base de lactosuero bovino.

Autor. Mariana Montalvo Muñoz

Bebida a base de lactosuero dulce
caprino con pulpa de mango



Figura 6. Bebida, pasteurizada y envasada a base de lactosuero caprino.

Autor. Mariana Montalvo Muñoz

3.3 Análisis fisicoquímico de las bebidas

Una vez elaboradas las bebidas, se realizaron los análisis fisicoquímicos cuyos resultados se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos de las bebidas de mango elaboradas con dos diferentes tipos de lactosuero (g / 100mL).

Parámetro	Bebida Bovino	Bebida Caprino
pH	5.59±0.01 ^a	5.32±0.01 ^b
Acidez	0.17±0.0 ^a	0.24±0.005 ^b
Proteína	0.90±0.01 ^a	0.84±0.02 ^b
Grasa	0.37±0.06 ^a	0.37±0.06 ^a
Cenizas	0.57±0.07 ^a	0.51±0.02 ^a
Hidratos de Carbono	14.72 ^a	12.53 ^a
Fibra	0.62 ^a	0.53 ^b
Humedad	82.83±0.05 ^a	85.23±0.11 ^b
Sólidos Totales	17.17±0.05 ^a	14.77±0.11 ^a

Los valores reportados son el promedio de los triplicados con \pm su desviación estándar. Valores con diferente letra en la misma hilera hay diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ellos.

Al agregar la pulpa de mango el pH decrece de un pH inicial en el lactosuero de 6.0-6.33 para posteriormente en la bebida tener 5.59-5.32. Esto se debió a que el mango es una fruta ligeramente ácida; en cuanto a la acidez se observó que se mantuvo ya que se está expresando en porcentaje de ácido láctico. Para el mismo caso del lactosuero, se encontró diferencia significativa en proteína, humedad y sólidos totales. Otro de los parámetros que aumentó fue el los hidratos de carbono por la adición de sacarosa y fructosa por parte del mango.

Un parámetro que no se cuantificó en el lactosuero, pero en las bebidas sí, fue el contenido de fibra; debido a la adición de pulpa de mango se puede decir que esta aporta una pequeña cantidad de fibra como se observa en la Tabla 15. En este punto se observó que a pesar de ser la misma cantidad de mango para ambos lactosueros se obtuvo diferente porcentaje de fibra para cada bebida y por lo tanto una diferencia significativa;

debido a que el contenido de agua es mayor en la bebida a base de lactosuero caprino lo que hace un efecto de dilución en el contenido de fibra.

Para el caso de las bebidas también se realizó un perfil mineral que se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Contenido mineral (mg / 100 mL) de las bebidas a base de lactosuero.		
Mineral	Bebida Bovino	Bebida Caprino
Na	68.68±0.38 ^a	38.75±1.21 ^b
Ca	27.69±0.63 ^a	23.31±1.08 ^a
Mg	11.25±0.31 ^a	10.13±0.11 ^a
K	109.36±1.38 ^a	180.15±1.48 ^b
P	0.05±0.0002 ^a	0.05±0.002 ^a

Los valores reportados son el promedio de los triplicados con ± su desviación estándar. Valores con diferente letra en la misma hilera hay diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ellos.

Se cuantificaron los mismos minerales, que en el caso de los lactosueros se encontraron las mismas diferencias significativas tanto en el Sodio (Na) como en el Potasio (K), debido a que como ya se mencionó antes, se parte de lactosueros obtenidos de dos especies diferentes.

3.4 Etiquetas de Información Nutricional

Los resultados de los análisis fisicoquímicos sirvieron para generar la propuesta de etiqueta para ambas bebidas de acuerdo con la NOM-051-SCFI-SSA1-2010

Una porción de 200 mL aporta:

Grasa total 6 kcal 3 %	Otras grasas 0 kcal 0 %
Azúcares totales 100 kcal 28 %	Sodio 79 mg 4 %
Energía 142 kcal	Kcal por porción 114 porciones 1.25

% de los nutrimentos diarios

Ingredientes: Lactosuero de vaca, pulpa de mango, sacarosa, almidón, propionato de sodio y sorbato de potasio como conservadores, Grasa 0.5% y proteína 0.9% propia del lactosuero.
Hecho en México por la FMVZ-UNAM, en el CEPIPSA, Cruz Blanca núm. 486, San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, Ciudad de México, CP 14500

Información Nutricional

Cantidad por porción	200 mL
Contenido energético	478 kJ (114 kcal)
Hidratos de Carbono (Carbohidratos)	26 g
Azúcares	25 g
Fibra dietética	1 g
Proteína	2 g
Lípidos (Grasas)	0.7 g
Sodio	79 mg
Calcio	46 mg

UNAM, contribuyendo a la alimentación y a la conservación del medio ambiente

HECHO EN MÉXICO

Registro de marca en trámite

puma Gourmet
...a conciencia

Rica en minerales
Ca, P, K, Na, Mg

Bebida a base de lactosuero bovino

Cont. Neto 300 ml

Manténgase a 4° C

Agítese antes de su consumo

BEBIDA CON PROTEÍNA DE ALTO VALOR BIOLÓGICO, SIN SABORIZANTES ARTIFICIALES.

Figura 7. Etiqueta de la bebida a base de lactosuero bovino con pulpa de mango.



Figura 8. Etiqueta de la bebida a base de lactosuero caprino con pulpa de mango.

Mediante los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de ambas bebidas, se elaboraron las etiquetas nutrimentales para cada una, por lo cual se tomó como referencia una porción 200 mL para el cálculo de los nutrientes y de la energía.

Se observó una diferencia en el contenido energético, ya que para la bebida a base de lactosuero bovino las Kcal obtenidas son 114; mientras que para la bebida a base de lactosuero caprino es de 134kcal, a pesar de que en las dos formulaciones se agregó la misma cantidad de pulpa y de sacarosa se debe recordar que desde un principio la cantidad de lactosa presente en los lactosuero fue diferente.

3.5 Parámetros evaluados en la vida de anaquel

Como se mencionó anteriormente, los parámetros evaluados para determinar la estabilidad y vida de anaquel de ambas bebidas fueron: acidez, pH, separación de fases, color y análisis microbiano. Los cálculos realizados para expresar la acidez titulable como porcentaje de ácido láctico se presentan en el ANEXO (sección 1 inciso A).

3.5.1 Acidez y pH

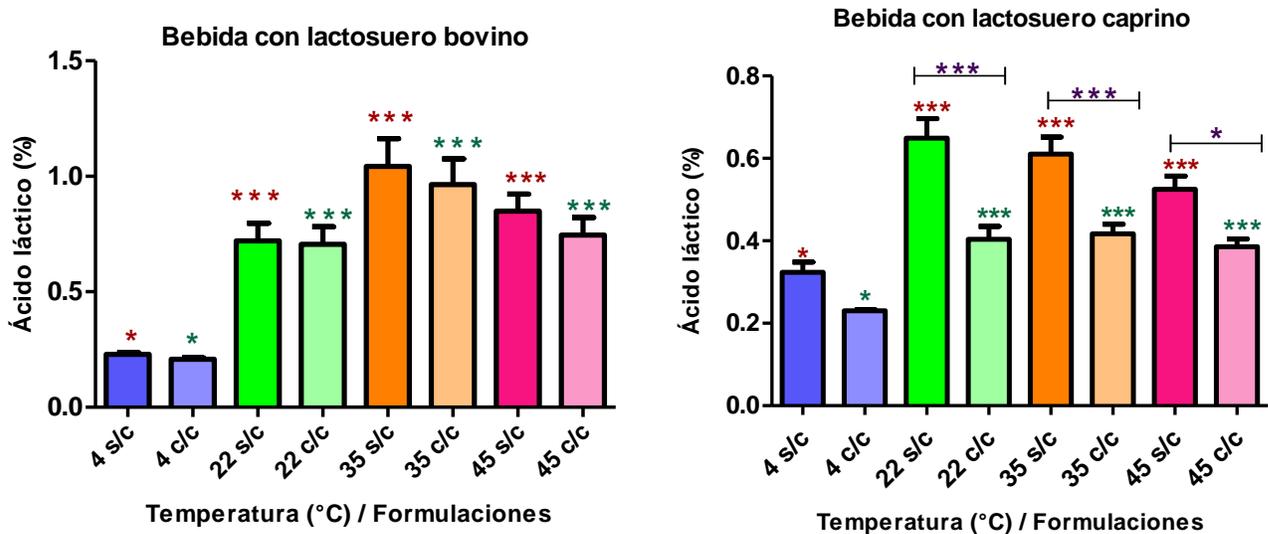


Figura 9. Se muestra el promedio de la acidez titulable expresada en porcentaje de ácido láctico, para las bebidas a base de lactosuero bovino o caprino con y sin conservadores, a diferentes temperaturas durante los 18 días del almacenamiento. Las viñetas de color rojo indican diferencia significativa entre las diferentes temperaturas sin conservadores con respecto a la temperatura de 4 °C sin conservadores, para las viñetas de color verde existe diferencia significativa entre las diferentes temperaturas con conservadores con respecto a la temperatura de 4°C con conservadores. En la bebida con lactosuero caprino existe diferencia significativa entre la misma temperatura pero diferente formulación, esto es representado por viñetas color morado.

Para la bebida a base de lactosuero bovino se encontró diferencia significativa entre la temperatura de 4°C con respecto a las demás temperaturas, tanto para la formulación que no contiene la mezcla de conservadores como para la formulación que si la contiene; es decir, el porcentaje de ácido láctico solo se ve afectado con el aumento de la temperatura sin importar la adición o no de la mezcla de conservadores. Se observa que una vez que se aumenta la temperatura, se aumentara la producción de ácido láctico, ya que a temperatura de refrigeración el crecimiento de hongos y/o levaduras es lento en comparación con otras temperaturas más elevadas.

En cuanto a la bebida con lactosuero caprino se encuentra la misma diferencia significativa entre la temperatura de 4°C con respecto a las demás temperaturas y existe diferencia entre las formulaciones con y sin la mezcla de conservadores; es decir, en esta bebida afecta las condiciones de temperatura y la presencia de los conservadores, para la producción de ácido láctico; se observa el mismo comportamiento que una vez que aumenta la temperatura se incrementa el contenido ácido láctico, pero este puede ser disminuido agregando la mezcla de conservadores.

En la Figura 10 se presenta las formulaciones a las diferentes temperaturas que fueron sometidas y la disminución del pH.

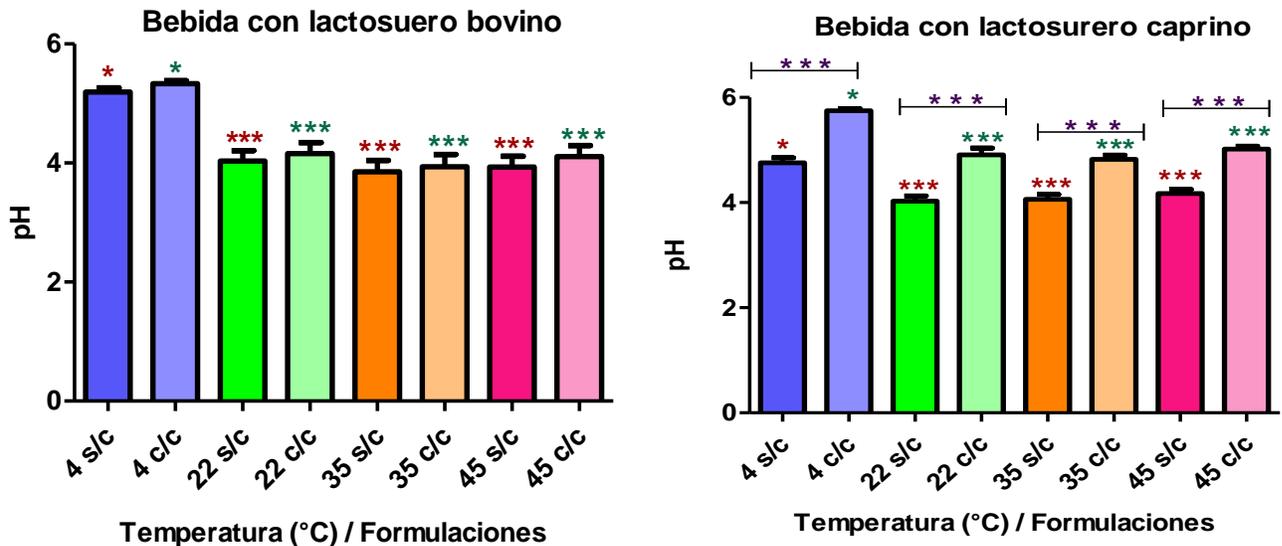


Figura 10. Se muestra el promedio de pH, para las bebidas a base de lactosuero bovino o caprino con y sin conservadores, a diferentes temperaturas durante los 18 días del almacenamiento. Las viñetas de color rojo indican diferencia significativa entre las diferentes temperaturas sin conservadores con respecto a la temperatura de 4 °C sin conservadores, para las viñetas de color verde existe diferencia significativa entre las diferentes temperaturas con conservadores con respecto a la temperatura de 4°C con conservadores. En la bebida con lactosuero caprino existe diferencia significativa entre la misma temperatura pero diferente formulación, esto es representado por viñetas color morado.

En el parámetro de pH, para la bebida de lactosuero bovino se encuentran las mismas diferencias significativas que se observaron anteriormente para el porcentaje de ácido láctico; ya que estos parámetros están relacionados inversamente. En este caso disminuye el pH por el aumento en la concentración de ácido láctico favorecido por el incremento de los microorganismos.

Para la bebida con lactosuero caprino ocurrió lo mismo, se observó una disminución del pH conforme aumenta la temperatura y en comparación con el uso de conservadores se observa que hay diferencia significativa al usarlos; es decir, el parámetro que impacta en la disminución del pH (aumento del % de ácido láctico), es la temperatura ya que esta al ser mayor provoca la población de microorganismos que pudieran estar presentes en la bebida aumente y fermente la lactosa en ácido láctico; por otro lado se tiene que con el uso de la mezcla de conservadores no se observa tanto impacto en la disminución del pH; debido a que inhibe el crecimiento de las bacterias y por lo tanto el porcentaje de ácido láctico se mantiene.

La formulación con los conservadores presentó menor acidez y mayor pH en comparación con la formulación sin conservadores, esto ocurrió durante los 18 días de almacenamiento y para todas las temperaturas trabajadas. Las gráficas de acidez y pH para cada bebida y temperatura se encuentran en el ANEXO (sección 2 inciso A). Esto mismo se ha reportado en estudios donde se ha trabajado con bebidas a base de lactosuero y se compararon con la adición de un conservador, encontrándose que a temperaturas mayores a la de refrigeración, el pH disminuye y la acidez aumenta, sin embargo, el pH no disminuye drásticamente al adicionar benzoato de sodio como conservador (Chatterjee, et al., 2015).

3.5.2 Separación de fases

El seguimiento de la separación de fases que se realizó para ambas formulaciones a diferentes temperaturas se muestra en el ANEXO (sección 3 incisos A-D). Este parámetro sólo se muestra el día 18 que fue el último (monitoreo 5), para cada formulación.

- Bebida a base de lactosuero bovino

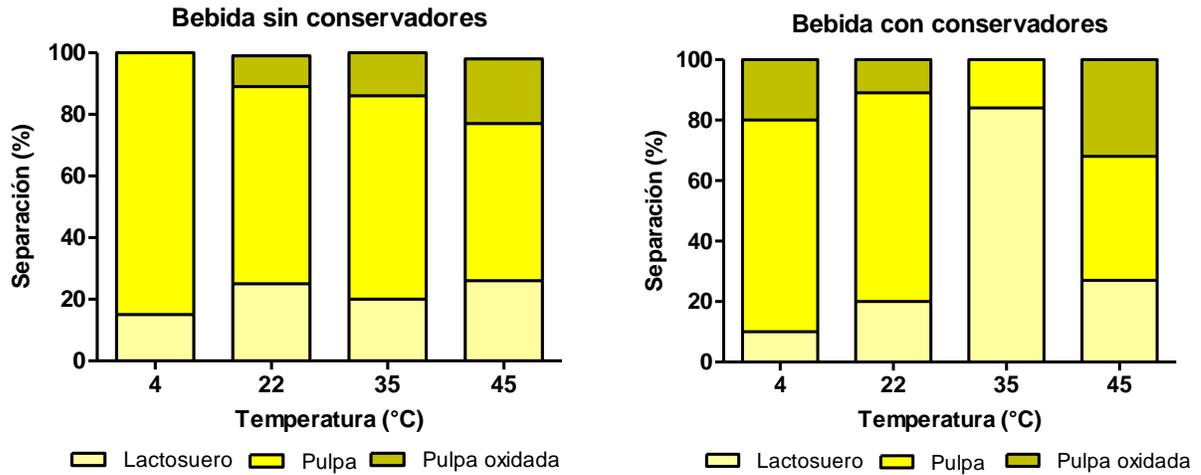


Figura 11. Día 18, monitoreo 5, separación de fases a diferentes temperaturas de almacenamiento.

- Bebida a base de lactosuero caprino

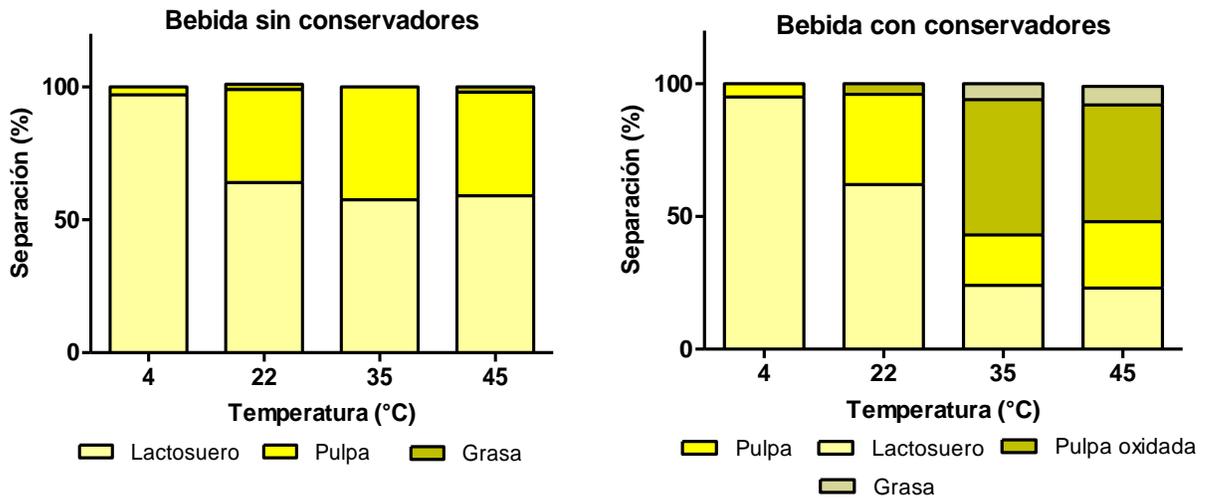


Figura 12. Día 18, monitoreo 5, separación de fases a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Conforme avanzaron los días de almacenamiento de las bebidas, se observó la aparición de varias separaciones, como se mencionó anteriormente solo se presenta el último monitoreo realizado a los 18 días de almacenamiento para las cuatro formulaciones, dos por cada lactosuero. Estas separaciones se deben a la interacción que hay por parte de

los compuestos fenólicos³ presentes en el mango y las proteínas del lactosuero produciendo grandes agregados y la separación de la bebida (Jelicic, et al., 2008). Para la formulación de la bebida con lactosuero caprino con conservadores se encontraron más separaciones en comparación con la que no tiene conservadores, esto puede ocurrir porque las proteínas de dicho lactosuero son más sensibles al calor provocando menor estabilidad en la bebida y por lo tanto mayor número de separaciones de fases.

Un estudio similar llevado a cabo con una bebida de suero de leche con pulpa de mango mostro que después de una semana de almacenamiento se observó un 14% de separación a una temperatura de 4°C ocasionado por las interacciones antes ya mencionadas (Gad, et al., 2013), por lo que es natural que en este tipo de bebidas se presenten separaciones de fases y lo que ayuda también a observar el comportamiento de las mismas durante su almacenamiento y poder utilizar un estabilizante para evitar dichas fases.

3.5.3 Colorimetría

Se tomaron parámetros de **L** (luminosidad), **a** (+rojo a –verde) y **b** (+amarillo a –azul) y con dichos parámetros se calculó el índice de color (E^*), en esta sección sólo se muestran las gráficas para E^* ; mientras que para los parámetros **L**, **a** y **b**, así como el cálculo para obtener E^* se encuentran en el ANEXO (sección 2, inciso B). Las gráficas azules corresponden a la bebida a base de lactosuero bovino y las moradas a la bebida de lactosuero caprino.

³ Compuestos fenólicos: Son derivados hidroxilados de carburos aromáticos. Son un gran grupo de antioxidantes naturales; se encuentran principalmente frutas, vegetales y cereales (Muñoz, Ramos, Alvarado, & Castañeda, 2007).

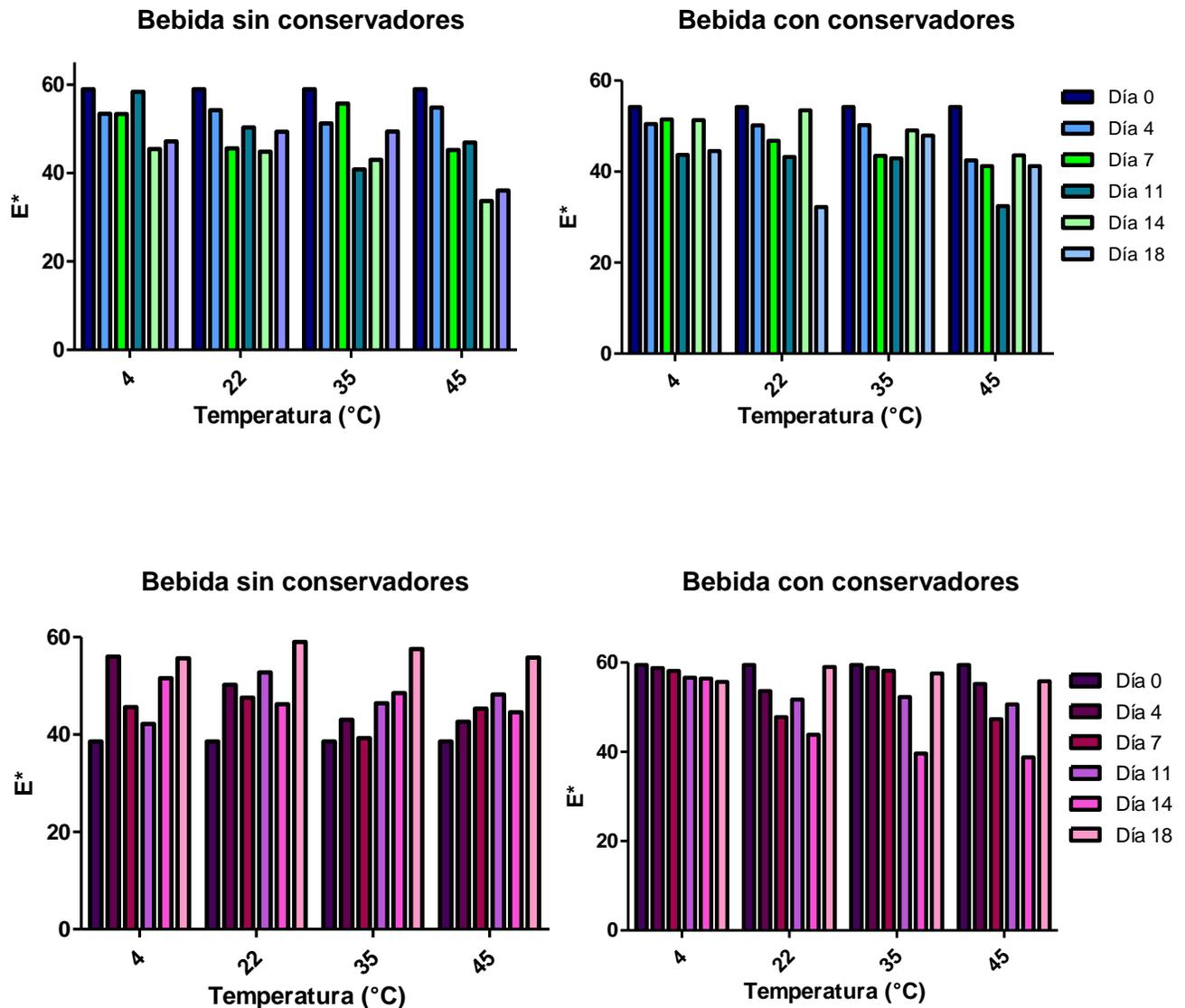


Figura 13. Índice E^* para las cuatro formulaciones, durante los 18 días de almacenamiento y las cuatro temperaturas trabajadas.

Para tres de las cuatro formulaciones, exceptuando la bebida sin conservadores a base de lactosuero caprino, se observa que el índice de color E^* va disminuyendo conforme pasan los días y también conforme aumenta la temperatura de almacenamiento, este decremento del índice de color nos sugiere indicadores de pardeamiento. Dichos compuestos son los responsables del cambio de color durante el almacenamiento de las bebidas ocasionados por la enzima polifenol oxidasa presente en el mango y en menor proporción las reacciones de Maillard. Estos cambios en el índice de color también se han reportado en bebidas a base de lactosuero con pera (Baccouche, et al., 2013).

Para sostener la teoría de que las reacciones de Maillard son la causa del decremento de este índice, investigadores encontraron que el incremento de acidez, así como la disminución del pH, causado por el aumento de temperatura y tiempos de almacenamiento largos, producen compuestos intermedios de las reacciones de Maillard, lo cual posteriormente resulta en un acelerado pardeamiento del lactosuero y por consiguiente en bebidas a base de lactosuero (Burrington, 2012).

Las bebidas tienen azúcares reductores como la lactosa y fructosa los cuales pueden interaccionar con las proteínas presentes en el lactosuero, además está el aumento en la acidez y temperatura, haciendo que todos estos factores sean ideales para que se lleven a cabo reacciones de Maillard y por lo tanto provocar un pardeamiento que se refleja en la disminución del índice de color, como ya se mencionó antes.

Mientras que en los parámetros para **L**, **a** y **b** también se observó una disminución en ellos, aunque se mantuvieron positivos, es decir para **a** sigue estando dentro del rojo y para **b** dentro del amarillo, solo que en menor intensidad y la luminosidad va disminuyendo por el pardeamiento anteriormente explicado, dicho comportamiento de estos parámetros también se reportó en la evaluación de los cambios en una bebida de mango pasteurizada durante su almacenamiento (Wibowo, et al., 2015).

En cuanto a la bebida sin conservadores a base de lactosuero caprino ocurre lo opuesto, el índice de color **E*** aumenta durante el almacenamiento y esto es debido a que los parámetros de **L** y **b** aumentan conforme pasa el tiempo de almacenamiento.

3.5.4 Análisis microbiológico

En la Tabla 17 se muestra los resultados del análisis microbiológico que se llevó a cabo para las cuatro formulaciones a la temperatura de refrigeración. Es importante mencionar que el análisis microbiológico solo se hizo a la temperatura de refrigeración, por el hecho de que al tratarse de un producto lácteo pasteurizado este se debe refrigerar y por lo tanto es la temperatura de mayor interés para observar el crecimiento de microorganismos.

Tabla 17. Resultados del análisis microbiológico. (Hongos: H Levaduras: L)						
Formulación/ monitoreo/ tipo de lactosuero	H: Hongos y L:Levaduras (UFC / g)		Valor de Referencia (UFC / g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC / mL)		Valor de Referencia (UFC / mL)
	Bovino	Caprino		Bovino	Caprino	
Bebida sin conservadores Día 0	H:10 L: < 10	H:10 L: < 10	Límite 25	<100	<100	<100
Bebida con conservadores Día 0	H:10 L: < 10	H:10 L: < 10		<100	<100	
Bebida sin conservadores Día 18	H:10 L: < 10	H:10 L: 20		<100	<100	
Bebida con conservadores Día 18	H:10 L: < 10	H:10 L: < 10		<100	<100	

Para la cuenta en hongos y levaduras se tomó como referencia a la NOM-130-SSA1-1991, la cual establece que para jugos y néctares pasteurizados el límite permitido para hongos y levaduras es de 25 UFC/g o mL y comparando los resultados obtenidos con dicho valor establecido se encuentra que para los cuatro monitoreos con y sin la mezcla de conservadores así como para las bebidas con lactosuero bovino y caprino están dentro de lo permitido por la norma. En el caso del día 0 de almacenamiento tanto para la bebida con lactosuero bovino como la de caprino (sin y con conservadores) se encontró una cuenta de hongos y levaduras igual y/o menor a 10 UFC, valores similares se han

reportado en una bebida a base de lactosuero con jugo de naranja siendo de 14 UFC / mL y 12 UFC / mL sin y con conservador, respectivamente (Chatterjee, et al., 2015) mientras que en una bebida a base de lactosuero con mango no se detectaron (Sakhale, et al., 2012), en el día 18 (último día de almacenamiento) se observó que la cuenta para hongos se mantuvo igual para ambas bebidas. En el caso de levaduras, en la bebida con lactosuero caprino sin conservadores aumentó a 20 UFC / g mientras que la bebida que contenía conservadores se mantuvo en menos de 10 UFC / g. Otros trabajos (Chatterjee, et al., 2015) como la bebida a base de lactosuero con jugo de naranja reportó que a los 21 días la cuenta de hongos y levaduras era 41 UFC / mL y 32 UFC / mL sin y con conservador respectivamente; mientras que en la bebida de lactosuero con mango (Sakhale, et al., 2012) se encontraron 15 UFC / mL al día 21 de almacenamiento.

En el caso de *Staphylococcus aureus* se tomó como referencia la NOM-185-SSA1-2002, en la cual se establece para productos lácteos acidificados un contenido menor de 100 UFC / mL, para las bebidas de este estudio en el día 0 de almacenamiento con y sin conservador se obtiene una cuenta menor a 100 UFC / mL, manteniéndose después de los 18 días de almacenamiento para ambas bebidas; por lo tanto las bebidas están conforme a lo que la norma establece. Un estudio que se realizó a una bebida de chocolate con prebióticos de lactosuero de cabra arrojó que después de 28 días de almacenamiento en refrigeración se tenía una cuenta menor a 100 UFC / mL (da Silveira, y otros, 2015) similar a lo que se obtuvo con las bebidas del presente estudio.

3.5.5 Tiempo de vida de anaquel

En la Tabla 18 se muestran los resultados de la vida de anaquel calculada a partir del parámetro de acidez para las formulaciones de la bebida con lactosueros bovino o caprino con y sin la mezcla de conservadores; así como para cada temperatura. Los cálculos llevados a cabo para determinar la vida de anaquel se presentan en el ANEXO (sección 1 inciso B).

Tabla 18. Vida de anaquel expresada en semanas para cada formulación y temperatura.				
Temperatura / Formulación	Bovino		Caprino	
	Sin conservadores	Con conservadores	Sin conservadores	Con conservadores
4°C	9.81	12.30	4.33	5.80
22°C	5.31	6.61	2.54	2.66
35°C	3.55	4.42	1.80	1.61
45°C	2.66	3.32	1.40	1.12

Como se observa para la bebida de lactosuero bovino sin conservadores la mejor temperatura de almacenamiento es a 4°C (refrigeración), ya que proporciona mayor tiempo de vida de anaquel y mayor estabilidad en la bebida, ahora bien si se compara la bebida sin la mezcla de conservadores con la bebida que si la contiene resulta en un aumento de la vida de anaquel de dos semanas y media en dicha temperatura. El aumento de la temperatura de almacenamiento hace que el tiempo de vida útil del producto disminuya así como también el efecto de los conservadores.

En cuanto a la bebida a base de lactosuero caprino, la vida de anaquel es menor en comparación con la bebida de lactosuero bovino, pero se observó el mismo efecto en cuanto a la temperatura y la adición de la mezcla de conservadores, siendo la mejor temperatura de almacenamiento la de 4°C la adición del conservador aumentó una semana y media la vida de anaquel. El aumento de la temperatura disminuye drásticamente el tiempo de vida de anaquel del producto así como el efecto de los conservadores.

Se reportaron resultados similares en donde se aumenta la vida de anaquel al agregar benzoato de sodio como conservador a una bebida a base de lactosuero con jugo de naranja, esto se observó en temperatura de refrigeración y 30°C, y se encontró que el efecto del conservador era mayor a temperatura de refrigeración porque en comparación con la de 30°C si aumentaba pero era menor el tiempo de vida útil de la bebida (Chatterjee, et al., 2015).

Dicho estudio arrojó que la temperatura es el mayor factor que contribuye a la estabilidad de las bebidas así como a la vida de anaquel; dicho factor repercutirá en las características sensoriales de las bebidas ya que no solo nos proporciona la mejor manera de ser almacenado si no también la manera en que deben ser transportado y guardado en los centros comerciales así como en los hogares con el fin de no perder características físicas, químicas y microbiológicas. Por otro lado la vida de anaquel del producto puede ser aumentada con el uso de la mezcla de conservadores.

3.6 Evaluación sensorial

De acuerdo a la encuesta que se aplicó a 100 consumidores de 18-25 años se obtuvieron las siguientes respuestas:

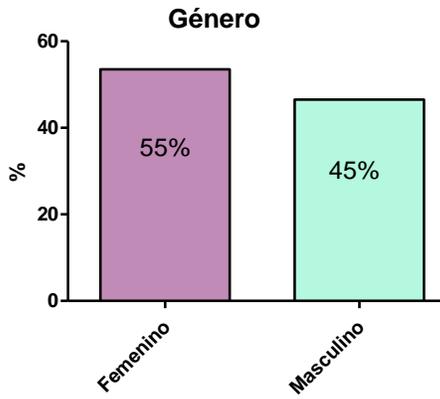


Figura 14. Porcentaje de mujeres y hombres encuestados.

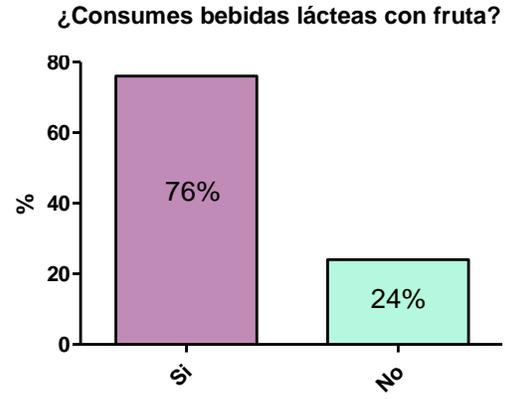


Figura 15. Porcentaje total de encuestados que consumen bebidas lácteas con fruta.

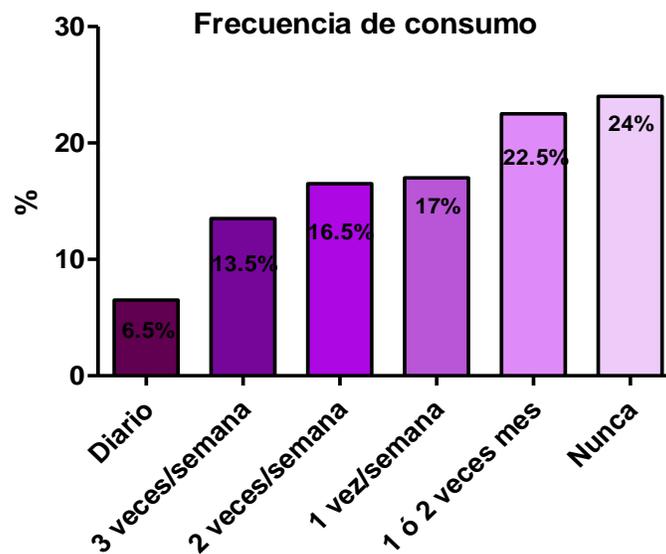


Figura 16. Porcentaje total de encuestados de cada cuanto consumen ese tipo de bebidas.

Del 100% de consumidores encuestados el 55% eran mujeres y el 45% eran hombres, el 76% respondió que sí consumía bebidas lácteas con fruta; mientras que el 24% no las consumía. La mayor frecuencia de consumo de este tipo de bebidas fue de 1 o 2 veces al mes con un 22.5%, mientras que la menor con 6.5% fue referente al consumo diario.

Nivel de agrado para cada atributo evaluado

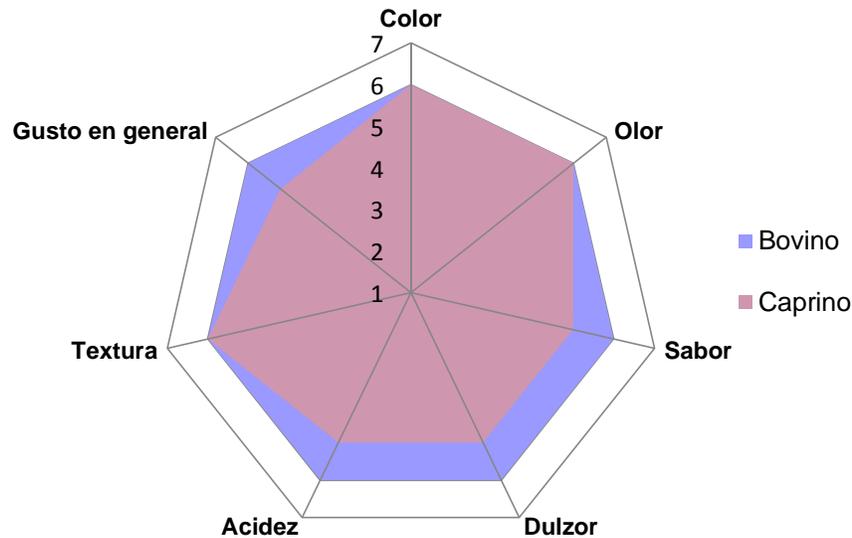


Figura 17. Nivel de agrado de cada atributo para ambas bebidas.

En la Figura 17 se observa que para la bebida a base de lactosuero bovino hay una distribución equitativa ya que para todos los atributos tuvieron una calificación de 6; es decir a los consumidores les gustó de forma importante el color, olor, sabor, dulzor, acidez y textura así como el gusto en general de la bebida fue igual de 6, gustó bastante. Mientras que para la bebida de lactosuero caprino la distribución no fue equitativa, solo se obtuvo una calificación de 6 en los parámetros de olor, textura y color, para lo demás parámetros así como gusto en general se obtuvo una calificación de 5, me gusta un poco, esto es debido a que los productos a base de leche o lactosuero de cabra tienen un sabor muy penetrante que no a todos los consumidores les gusta.

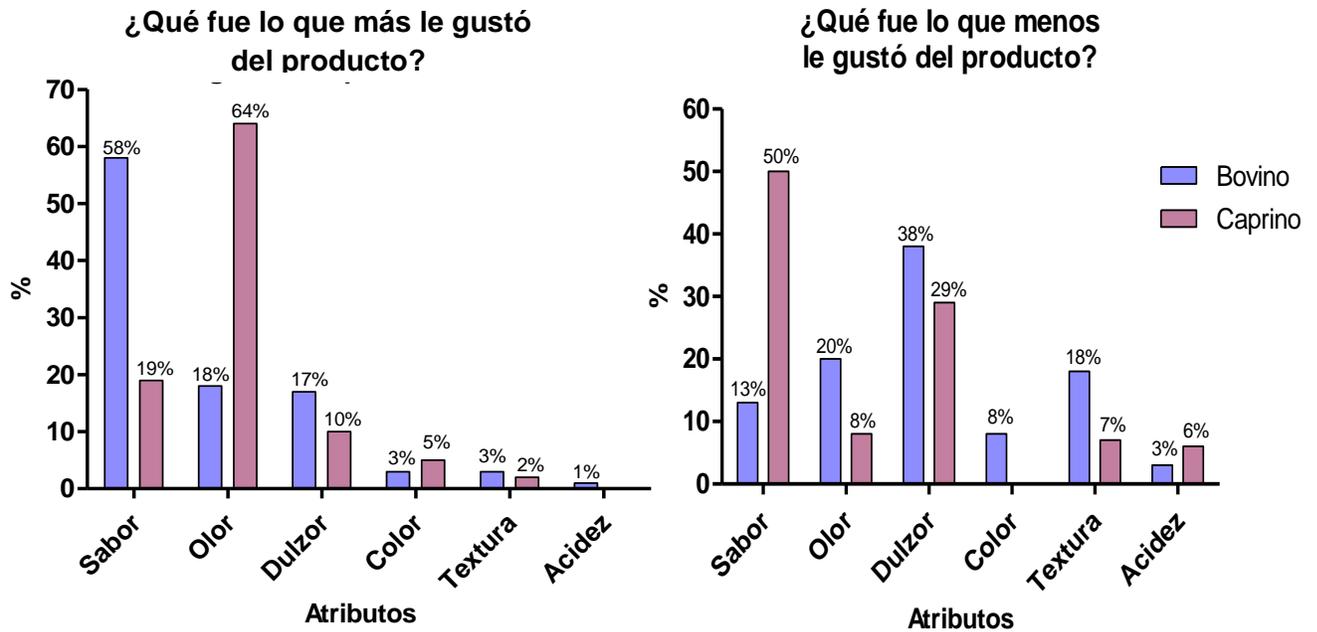


Figura 18. Porcentaje del atributo que más y menos agrado para cada bebida.

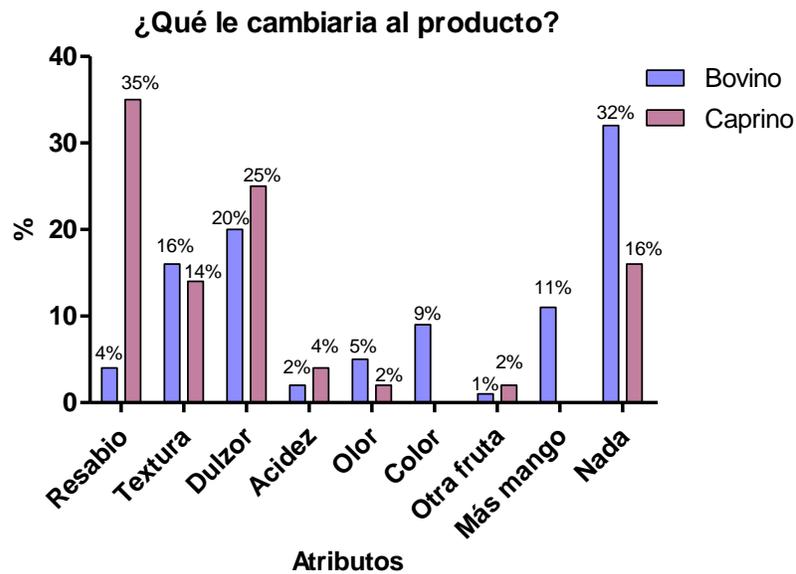


Figura 19. Porcentaje del atributo que cambiaran para cada bebida.

En la Figura 18 se muestra el atributo que más gustó para ambas bebidas, siendo para la bebida a base de lactosuero bovino el sabor, mientras que para la bebida de lactosuero caprino el primer lugar lo ocupó el olor. Esto coincide con la Figura 17 que nos muestra cómo fueron calificados los atributos de acuerdo al nivel de agrado.

En esta misma Figura se muestra el atributo que menos gustó para las bebidas; como era de esperarse, para la bebida de lactosuero caprino la mitad de los consumidores respondió que el sabor era el atributo que menos les agradó por las razones ya mencionadas y para el lactosuero bovino el dulzor fue el atributo que menos agradó.

Con el fin de saber en qué aspectos y/o atributos se podría mejorar las bebidas se hizo la pregunta ¿Qué le cambiaría al producto? Las respuestas para fueron la textura y el dulzor, para la primera agregaban que les gustaría un producto más cremoso y en la segunda que el producto fuera más dulce (Fig. 19)

Por otra parte, sólo para la bebida a base del lactosuero caprino se opinó que se eliminara el resabio a cabra que dejaba este, como se observó en las Figuras 17 y 18 atributo que generó más desagrado por parte de esta bebida. Sin embargo, hubo quienes comentaron que las bebidas estaban bien y que no necesitaban cambio alguno.

En las Figuras 20 y 21 se muestra el porcentaje de quienes estaban dispuestos a comprar la bebida y cuanto pagarían por ella, con el objetivo de saber si las bebidas tenían un potencial en el mercado.

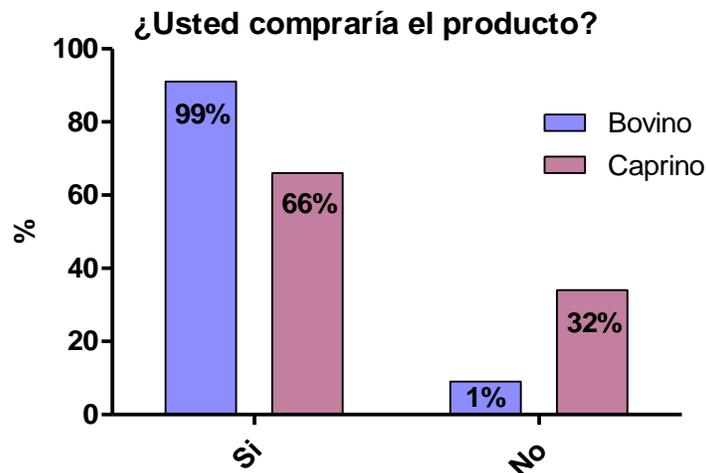


Figura 20. Porcentaje de consumidores que estarían dispuestos a comprar las bebidas.

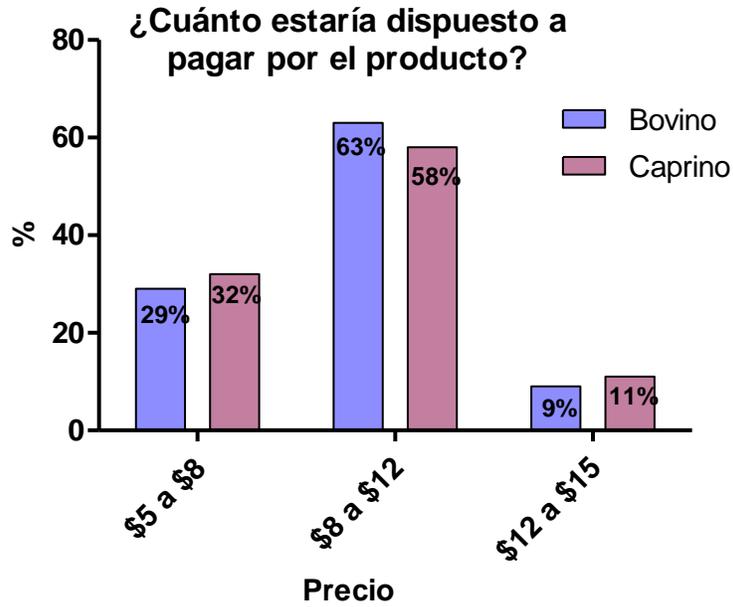


Figura 21. Porcentaje de cuanto estarían dispuestos los consumidores a pagar por una presentación de 2150mL de la bebida

De acuerdo con las respuestas sobre la pregunta ¿Estaría dispuesto a comprar la bebida? Se obtuvo que un 99% sí estaría dispuesto a comprar la bebida a base de lactosuero bovino y un 66% compraría la de caprino, en general se muestra una respuesta positiva por parte de los consumidores hacia la compra de ambas bebidas.

Del porcentaje que respondió que sí estaba dispuesto a comprar las bebidas, respondieron a la pregunta ¿Cuánto pagarían por una presentación de 250mL? Obteniéndose que para ambas bebidas el precio que se cree justo sería ente 8.00 y 12.00 pesos.

CONCLUSIONES

- La composición fisicoquímica de los lactosueros fue estadísticamente diferente en lo referente a la cantidad de proteínas, los sólidos totales, así como en el contenido de sodio y potasio. Lo cual fue atribuido a la especie animal de donde procedía el lactosuero.
- La elaboración de una bebida a base de lactosuero dulce bovino y caprino con pulpa de mango es factible y abre una posibilidad de darle un uso a este residuo de la industria láctea, sugiriendo una forma de utilización en vez de desecharlo a los ríos y también aprovechando el aporte nutrimental que ofrece el lactosuero.
- La composición fisicoquímica de las bebidas de lactosuero bovino y caprino fueron diferentes en proteína, fibra, sólidos totales, así como en sodio y potasio. Con la composición química se elaboró la etiqueta para cada bebida conforme a la norma NOM-051-SCFI/SSA-2010.
- Para ambas bebidas la mejor temperatura de almacenamiento es de 4°C (refrigeración), siendo la temperatura óptima para mantener la estabilidad de los productos y en donde el tiempo de vida de anaquel es mayor para ambos. En cuanto al uso de la mezcla de conservadores, se establece que aumenta la vida de anaquel en dicha temperatura, resultando un efecto más duradero para el producto de lactosuero bovino.
- La prueba de evaluación sensorial mostró mayor aceptación para la bebida a base de lactosuero bovino que para la de lactosuero caprino. También arrojó que algunos parámetros entre ellos el dulzor deben ser mejorados y que en general las bebidas tiene gran potencial en el mercado.

ANEXO

1. CÁLCULOS.

A) Cálculo del % de ácido láctico:

Ejemplo de cómo se expresó la acidez titulable en porcentaje de ácido láctico (Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012).

$$\text{Acidez (g / L)} = \frac{V \times N \times 90.08}{M}$$

Dónde V son los mL de la solución de NaOH gastados en la titulación.

N es la normalidad de la solución de NaOH.

90.08 corresponde a la masa molar del ácido láctico.

M es el volumen de la muestra en mL.

$$\frac{3.3 \text{ mL NaOH} \times 0.0983 \text{ N} \times 90.08}{10 \text{ ml de bebida}} = 2.922 \text{ g / l}$$

$$\frac{2.922 \text{ g ác. láctico}}{1000 \text{ ml}} \times 100 \text{ mL} = \mathbf{0.2922\%}$$

B) Cálculo de vida de anaquel:

Se presenta los cálculos efectuados para determinar el tiempo de vida de anaquel de acuerdo al modelo cinético de Arrhenius (Chang, 2008), en las bebidas desarrolladas. En este caso cálculo se representará para la bebida a base de lactosuero bovino con pulpa de mango sin conservadores.

Cabe mencionar que para dicho cálculo se tomó como parámetro el %de ácido láctico (acidez) evaluado durante los 18 días de almacenamiento.

1. En la Tabla 19 se muestra el % de ácido láctico generado a lo largo de los 18 días del almacenamiento y a las cuatro diferentes temperaturas.

Tabla 19. Porcentaje de ácido láctico de acuerdo con los monitoreos y temperatura.

Monitoreo/Tiempo		Temperatura			
Monitoreo	Tiempo (Días)	4°C	22°C	35°C	45°C
0	0	0.17	0.17	0.17	0.17
1	4	0.22	0.52	0.75	0.96
2	7	0.23	0.70	0.98	0.96
3	11	0.24	0.84	1.24	0.97
4	14	0.25	0.97	1.45	1.01
5	18	0.26	1.13	1.67	1.02

2. Se realiza una corrección al restar el monitoreo 5 (Día 18) menos el monitoreo 0 (Día 0), para cada una de las temperaturas. En la Tabla 20 se muestra dicha corrección.

Tabla 20. Corrección del porcentaje de ácido láctico de acuerdo con los monitoreos y la temperatura.

Monitoreo/Tiempo		Temperatura			
Monitoreo	Tiempo (Días)	4°C	22°C	35°C	45°C
0	0	0.09	0.96	1.50	0.85
1	4	0.04	0.61	0.92	0.06
2	7	0.03	0.43	0.69	0.06
3	11	0.02	0.29	0.43	0.05
4	14	0.01	0.16	0.22	0.01
5	18	0	0	0	0

3. En la Tabla 21 se muestra el Ln de los resultados de la tabla anterior.

Tabla 21. Ln del porcentaje de ácido láctico de acuerdo a los monitoreos y temperatura.

Monitoreo/Tiempo		Temperatura			
Monitoreo	Tiempo (min)	4°C	22°C	35°C	45°C
0	0	-2.41	-0.04	0.41	-0.16
1	4320	-3.22	-0.49	-0.08	-2.81
2	10080	-3.51	-0.84	-0.37	-2.81
3	14400	-3.91	-1.24	-0.84	-3.00
4	20160	-4.61	-1.83	-1.51	-4.61

4. Para obtener K se grafica el tiempo en minutos vs Ln del porcentaje de ácido láctico y se obtiene la ecuación de la pendiente donde $K = -m$. En la Figura 22 se muestra la gráfica para la obtención de K para cada temperatura.

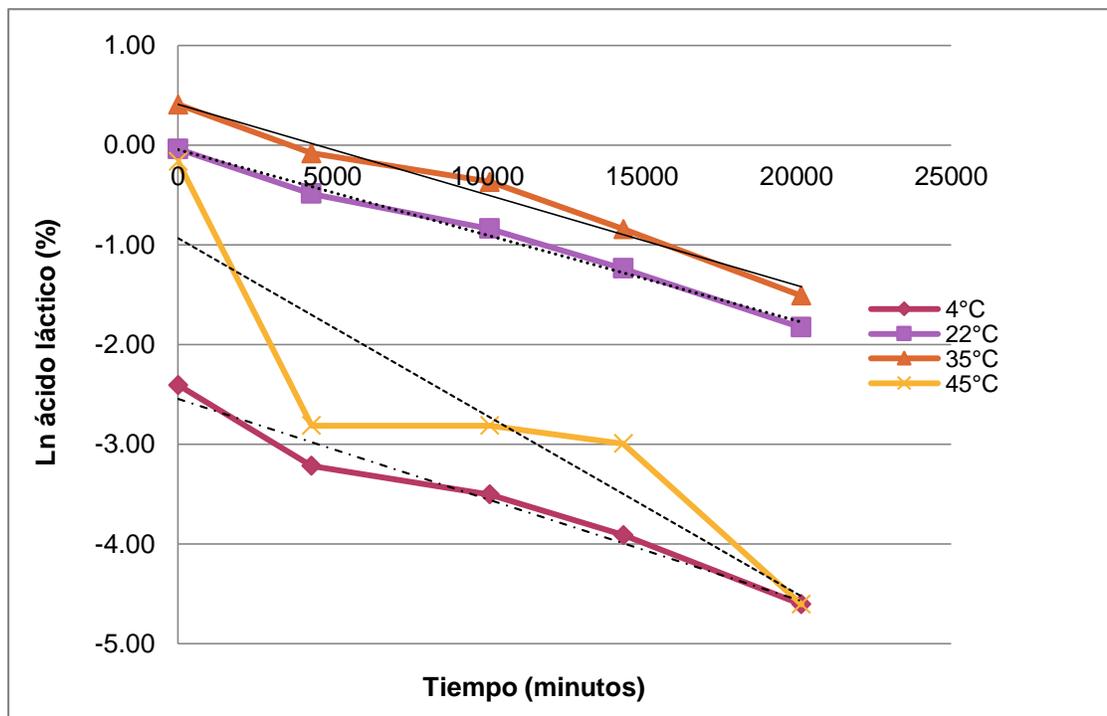


Figura 22. Grafica tiempo vs Ln del porcentaje de ácido láctico, para obtener K

5. Una vez obtenida K para cada temperatura, se calcula el inverso de la temperatura en Kelvin así como el Ln de K (Tabla 22); dichos valores se grafican para la obtención de Ea (energía de activación) y K₀ (Figura 23).

Tabla 22. Inverso de la temperatura y Ln de K.				
Temperatura °C	Temperatura K	1/T	K (min ⁻¹)	Ln K
4	277.15	0.0036	-0.000100498	-9.205373
22	295.15	0.0034	-8.57801E-05	-9.363724
35	308.15	0.0032	-9.09747E-05	-9.30493
45	318.15	0.0031	-0.000178193	-8.632645

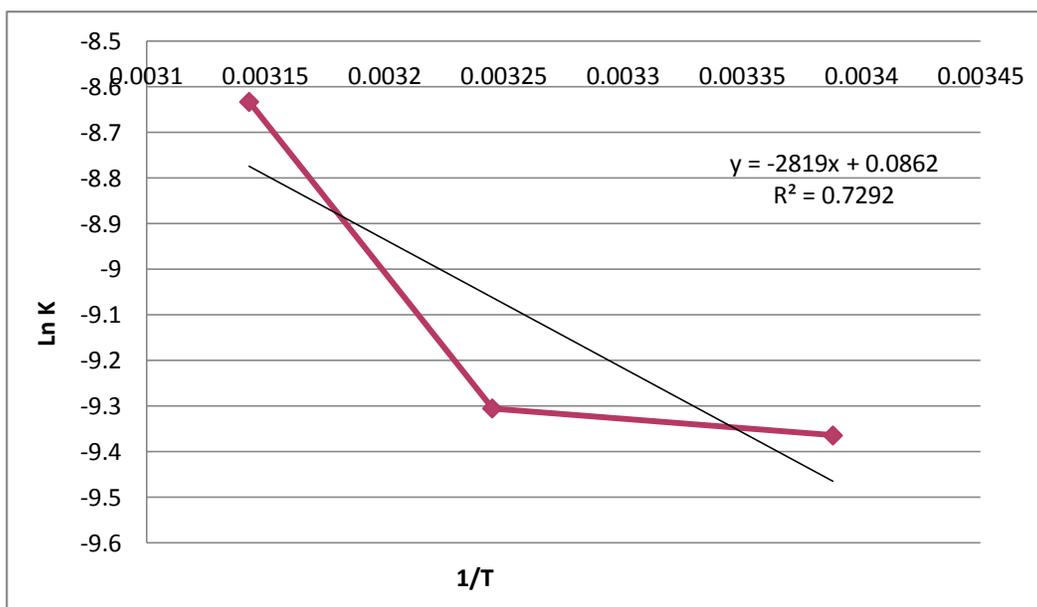


Figura 23. Grafica del inverso de la temperatura vs Ln K, para obtener Ea y K₀.

De la ecuación de la recta se obtiene que:

$$m = \frac{-Ea}{R} \text{ por lo tanto } Ea = -m * R$$

$$K_0 = e^b$$

Tomando en cuenta que $R = 1.987 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

6. Se realiza el cálculo para obtener Ea y K₀.

$$Ea = -(-2819 K) * \left(1.987 \frac{cal}{mol * K}\right) = 5601.3530 \frac{cal}{mol}$$

$$K_0 = e^{0.0862} = 1.090 \text{ min}^{-1}$$

7. Una vez obtenido Ea y K₀ se calcula K para cada temperatura del monitoreo; a continuación se muestra el ejemplo para la temperatura de 4°C

$$K = K_0 * \left(e^{\frac{-Ea}{RT}}\right)$$

$$K = 1.090 \text{ min}^{-1} * \left(e^{\frac{-5601.3530 \frac{cal}{mol}}{1.097 \frac{cal}{mol * K} * 277.15 K}}\right) = 4.169 * 10^{-5} \text{ min}^{-1}$$

8. Con la K obtenida para cada temperatura se calcula el tiempo de vida de anaquel correspondiente a cada temperatura con la siguiente ecuación

$t = \frac{1}{k} * \ln\left(\frac{D_0}{D_t}\right)$ Donde D₀ es la concentración inicial de ácido láctico y D_t es la concentración más baja en todo el monitoreo. Para la temperatura 4°C:

$$t = \frac{1}{4.169 * 10^{-5}} * \ln\left(\frac{0.85}{0.01}\right) = 106559.732 \text{ min}$$

En la Tabla 23 se muestra la K para cada temperatura y el tiempo de vida de anaquel.

Tabla 23. Vida de anaquel para la bebida de lactosuero bovino con pulpa de mango a diferentes temperaturas.						
Temperatura (°C)	K (min)	D ₀	D _t	Minutos	Meses	Semanas
4	4.169E-05	0.85	0.01	106559.732	2.47	9.87
22	7.753E-05			57305.355	1.33	5.31
35	0.000116			38300.406	0.89	3.55
45	0.0001546			28729.334	0.67	2.66

2. GRÁFICAS.

A) Acidez y pH

- Bebida a base de lactosuero dulce bovino con y sin conservadores

4 °C

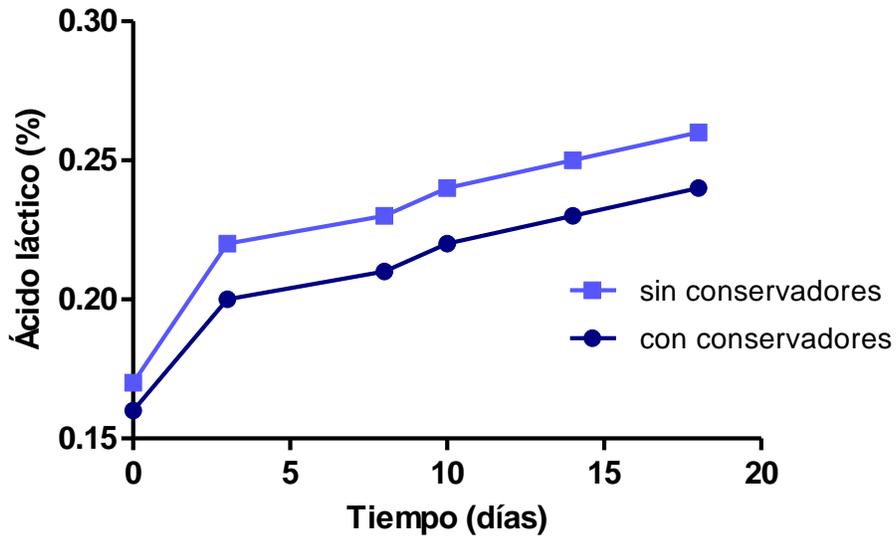


Figura 24. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores y con conservadores.

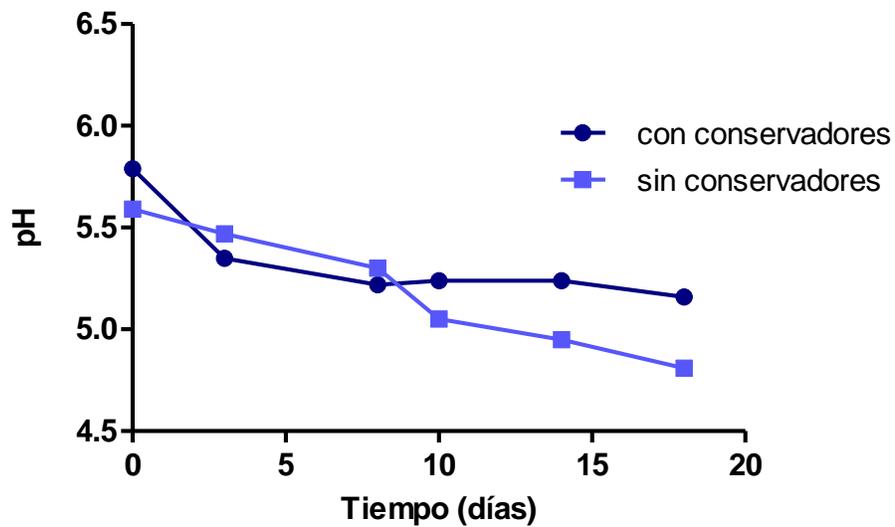


Figura 25. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores y con conservadores.

22 °C

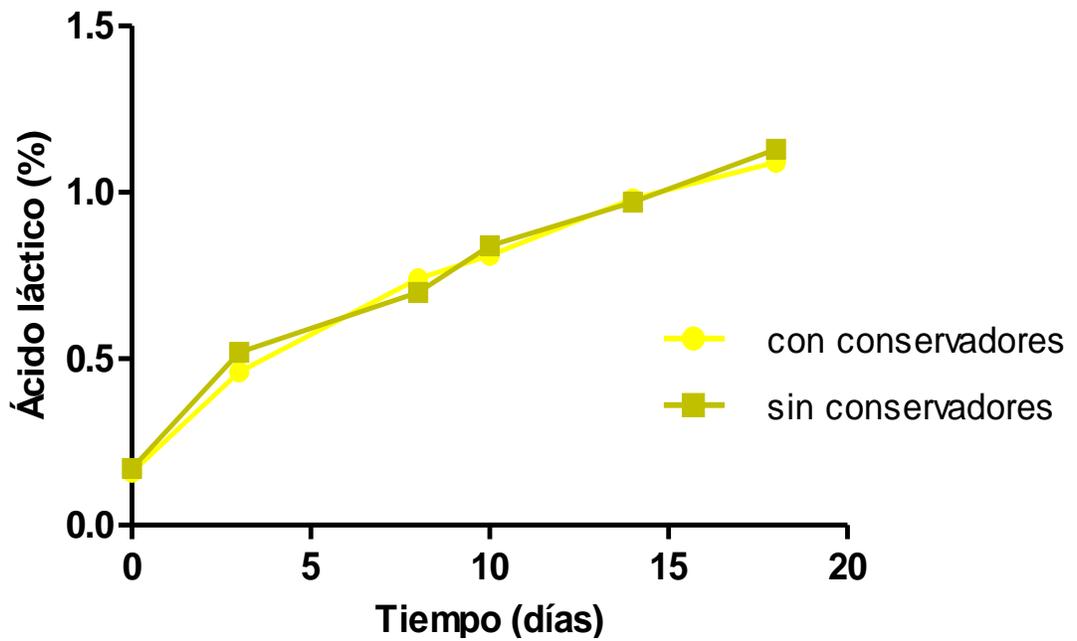


Figura 26. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.

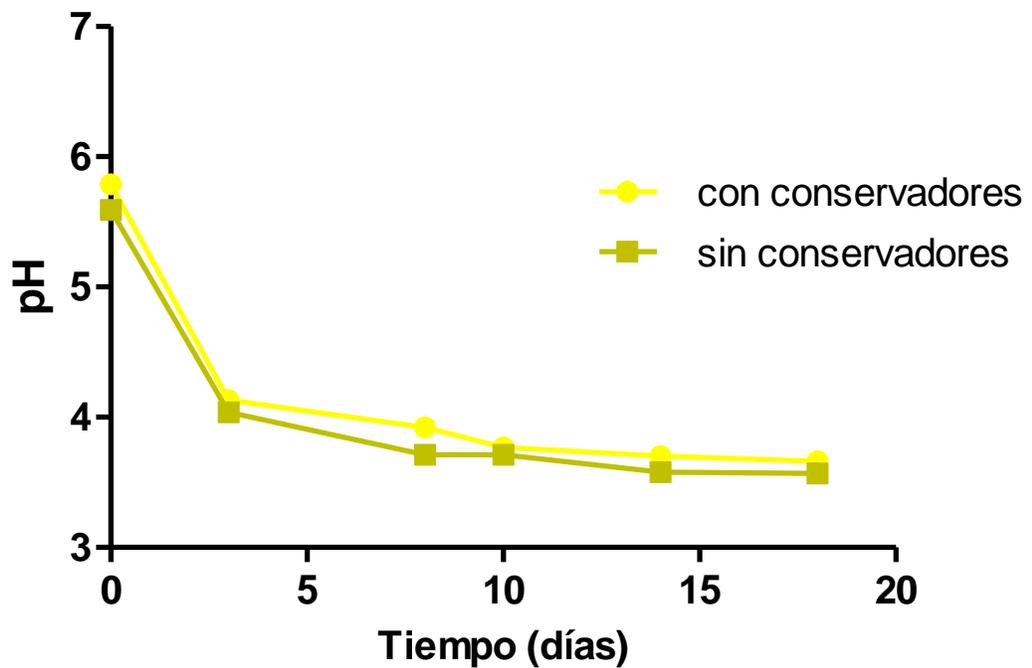


Figura 27. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.

35 °C

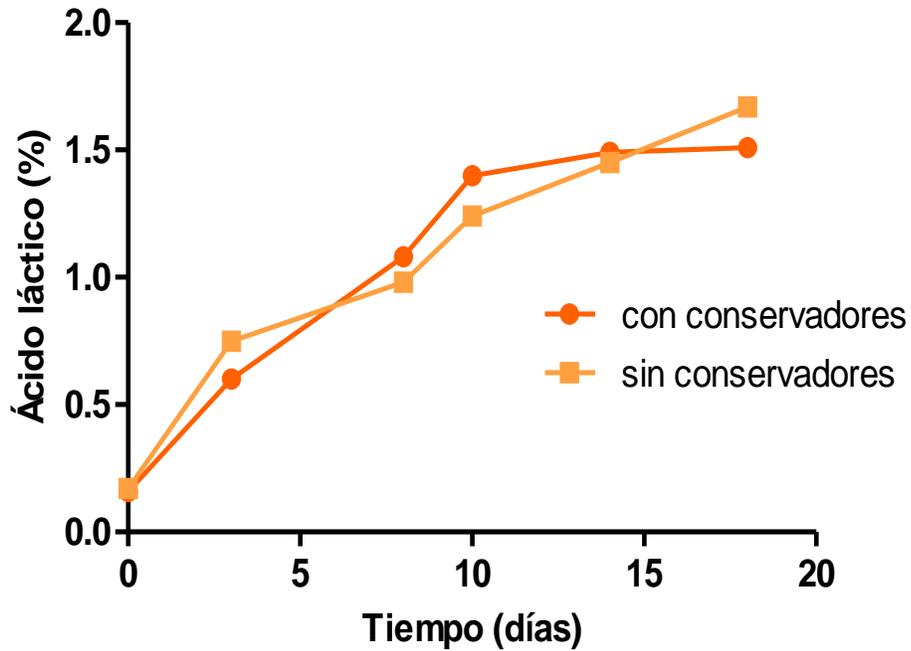


Figura 28. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.

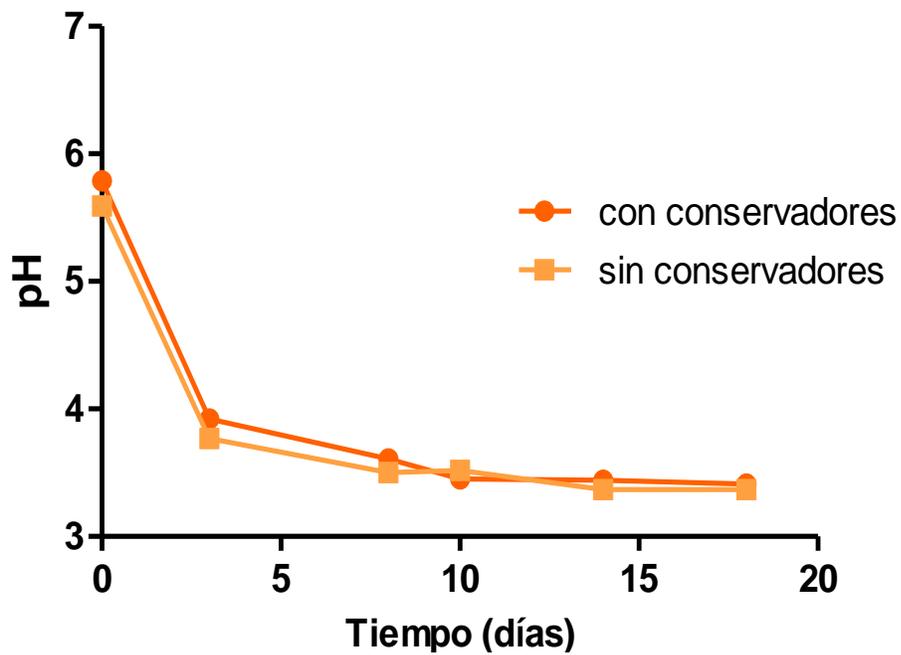


Figura 29. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.

45 °C

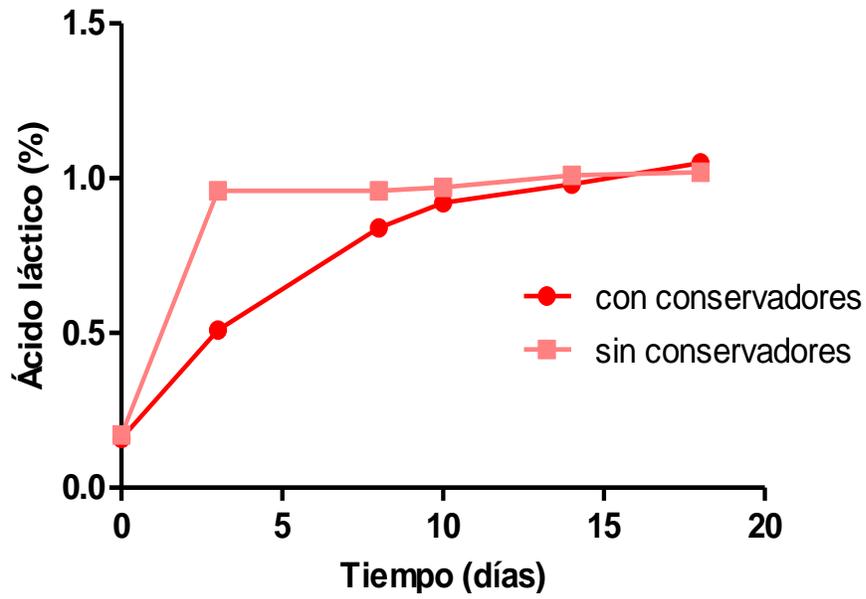


Figura 30. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 45°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.

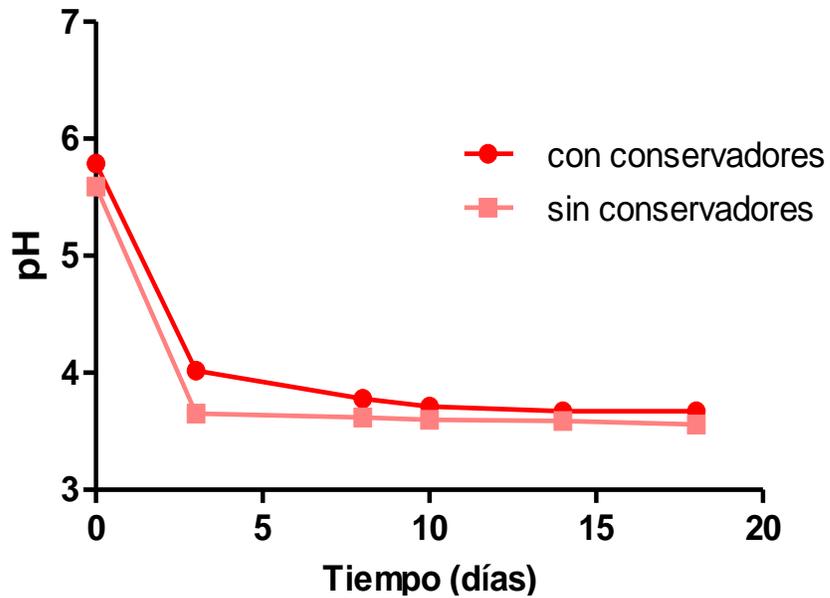


Figura 31. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 45°C, de la bebida con lactosuero dulce bovino sin conservadores y con conservadores.

- Bebida a base de lactosuero dulce caprino con y sin conservadores

4 °C

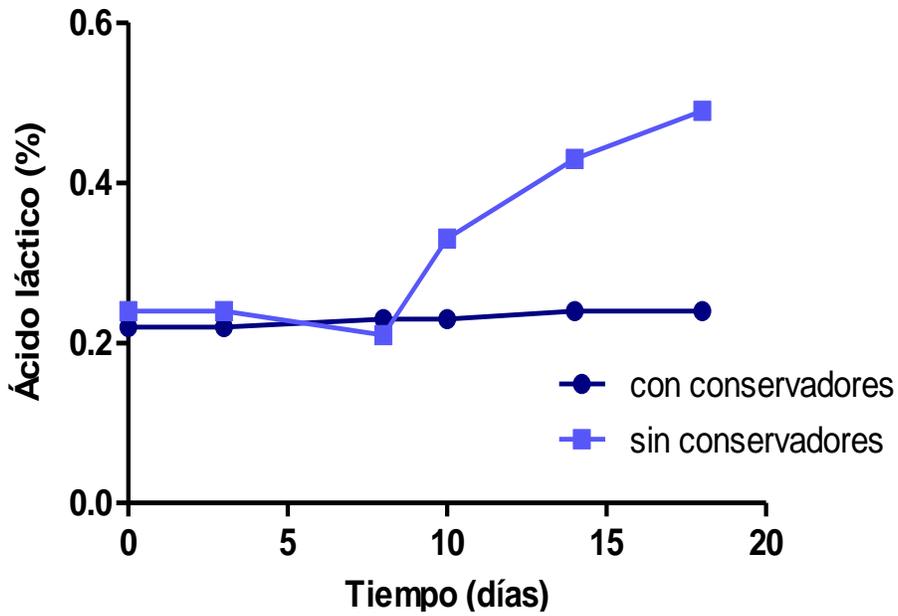


Figura 32. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

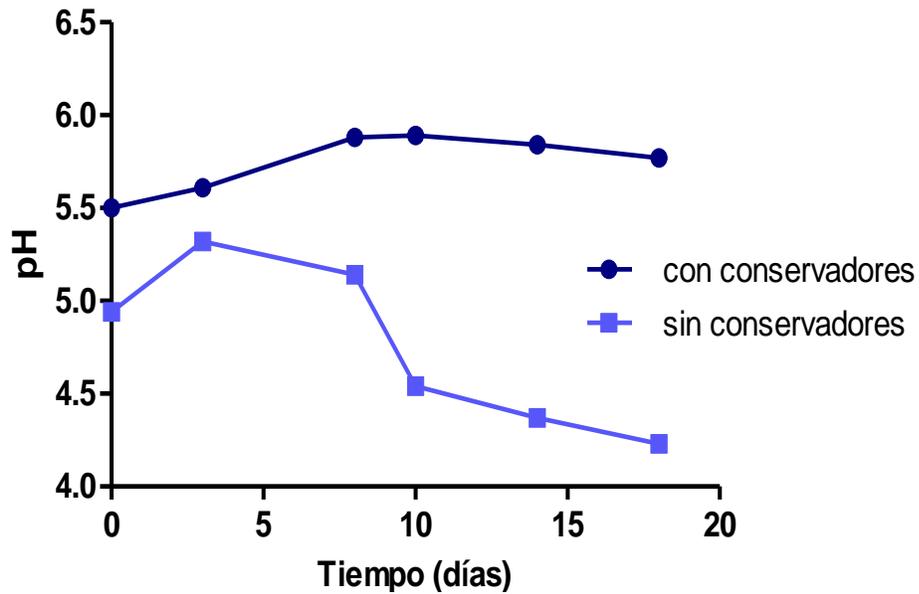


Figura 33. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 4°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

22 °C

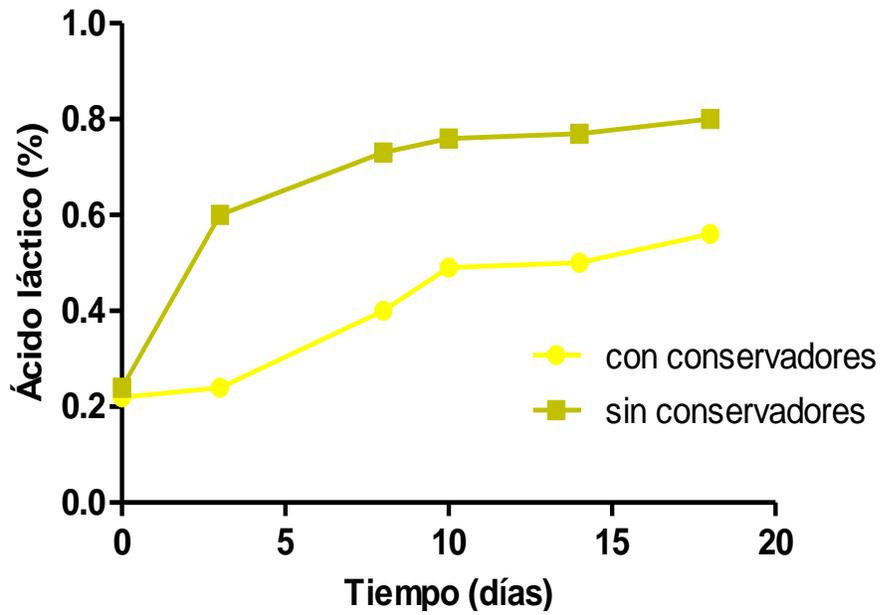


Figura 34. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

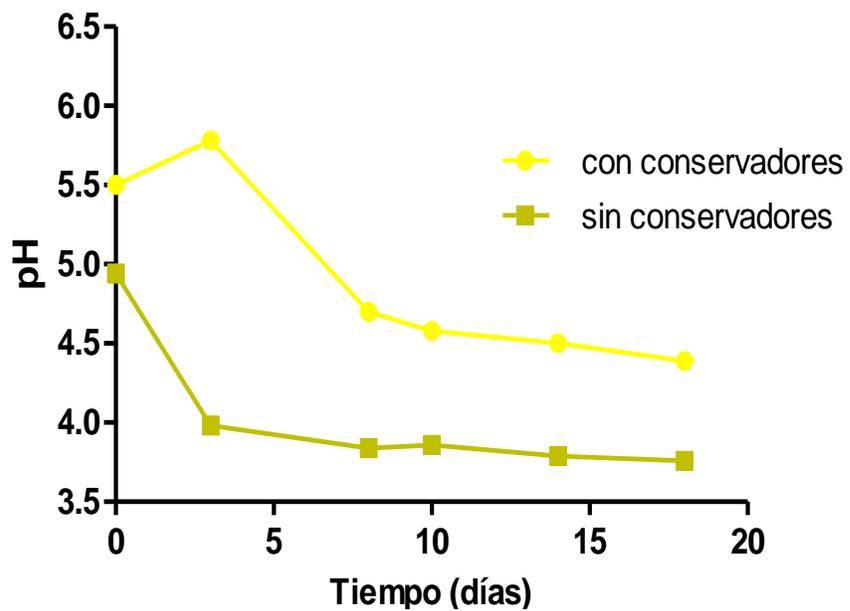


Figura 35. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 22°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

35 °C

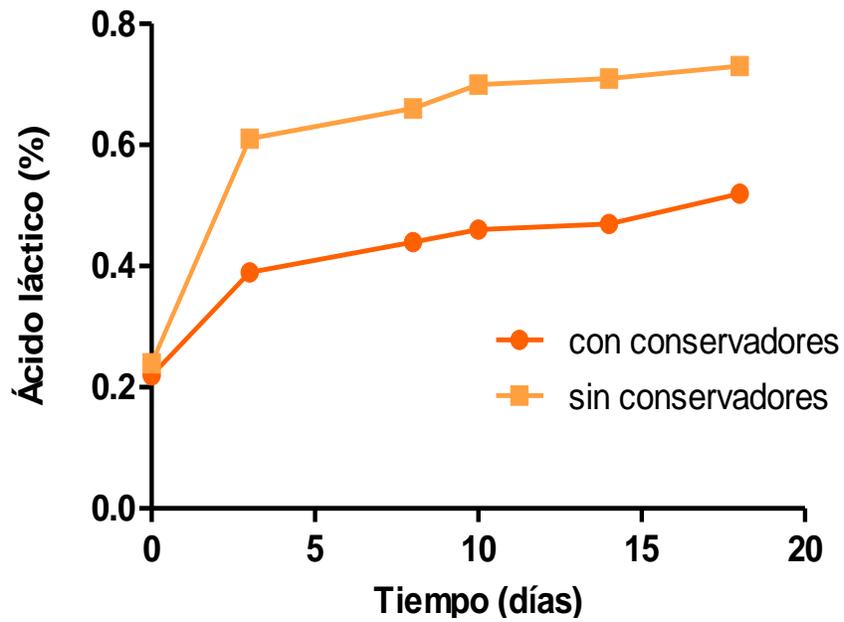


Figura 36. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

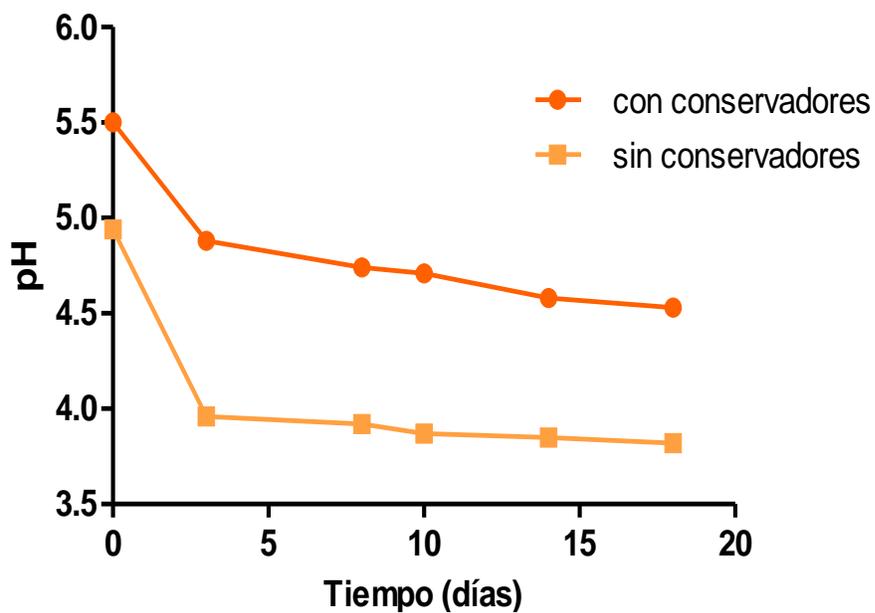


Figura 37. pH respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

45 °C

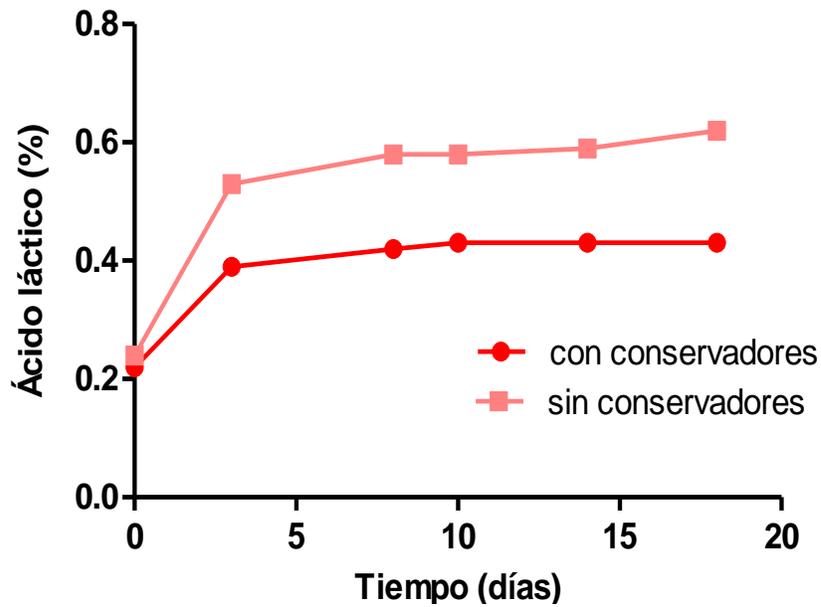


Figura 38. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 45°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

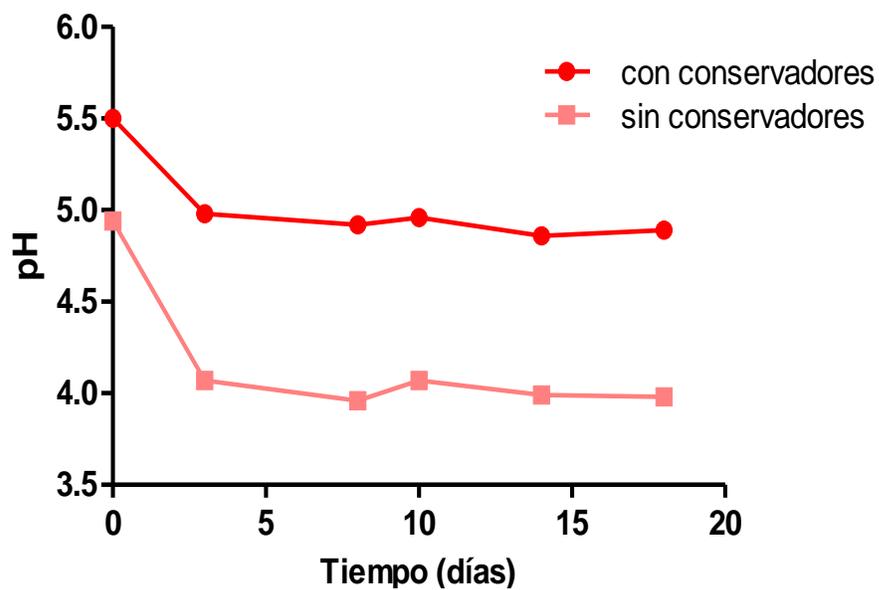


Figura 39. Porcentaje de ácido láctico respecto al tiempo de almacenamiento a 35°C, de la bebida con lactosuero dulce caprino sin conservadores y con conservadores.

B) Colorimetría

- Bebida a base de lactosuero dulce bovino con y sin conservadores

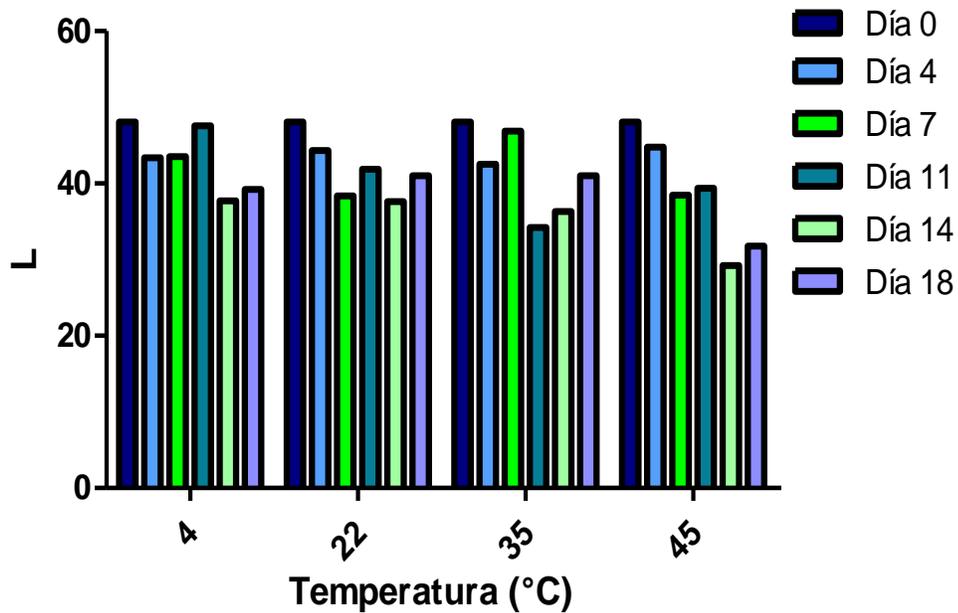


Figura 40. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

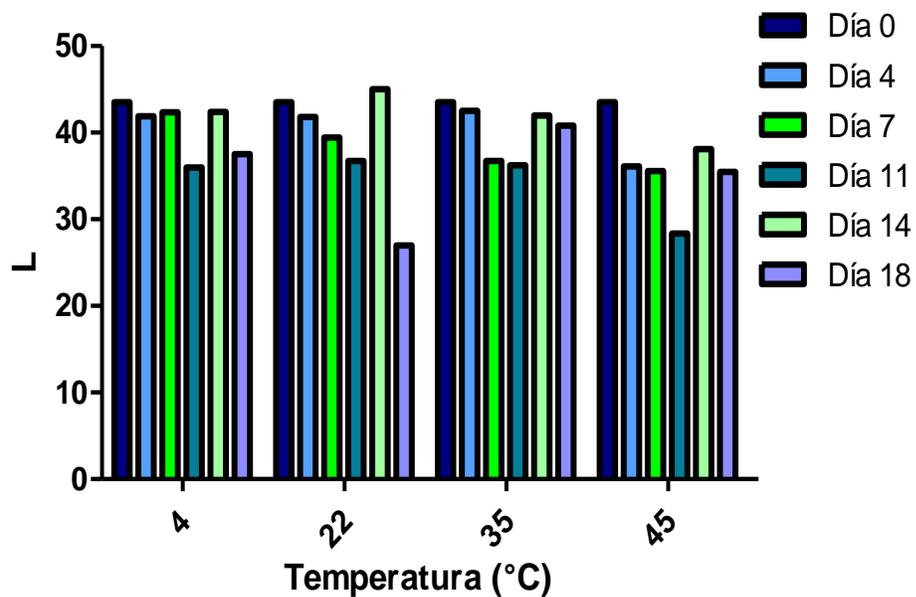


Figura 41. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

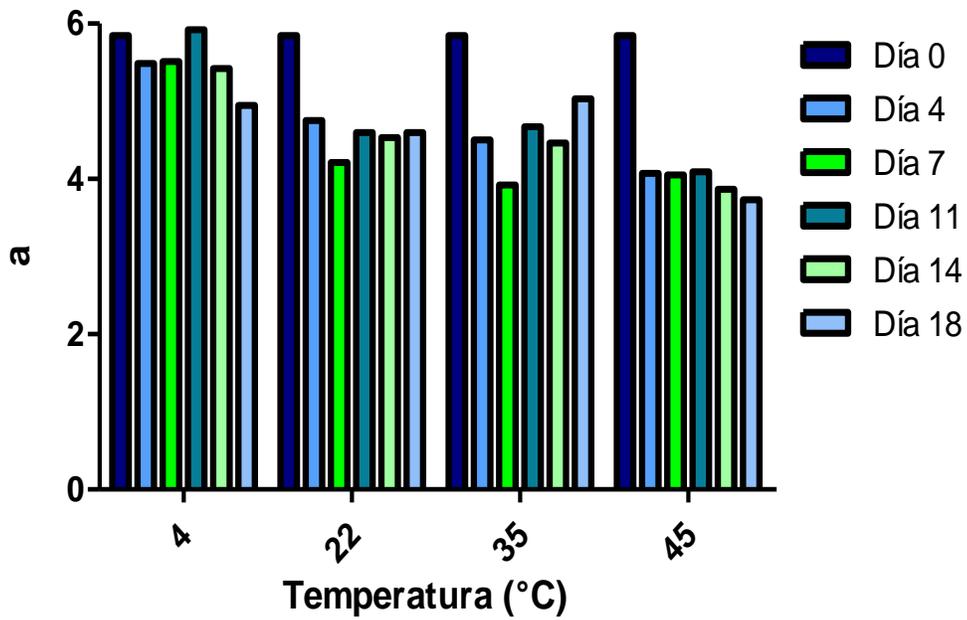


Figura 42. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

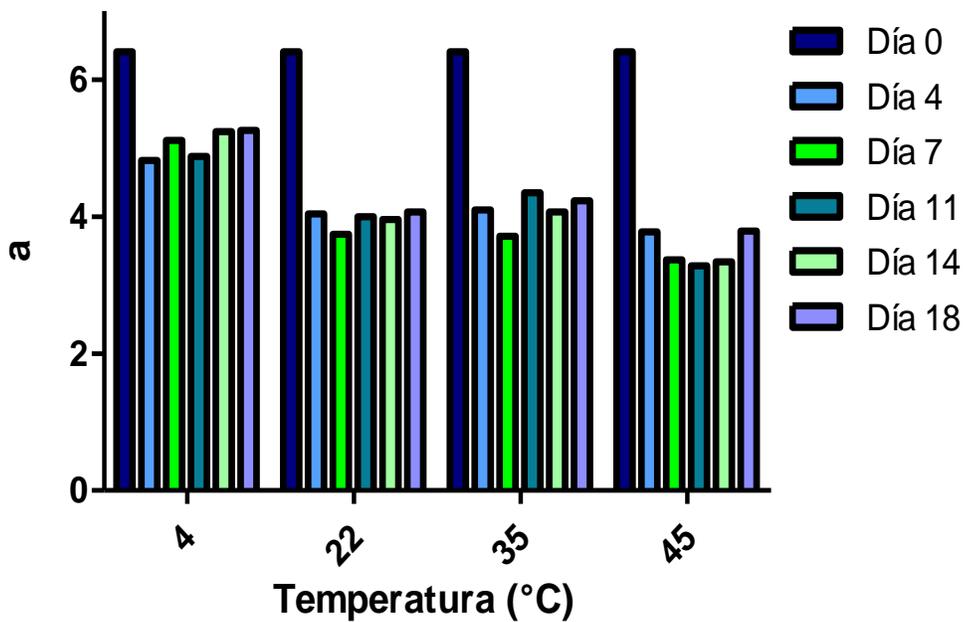


Figura 43. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

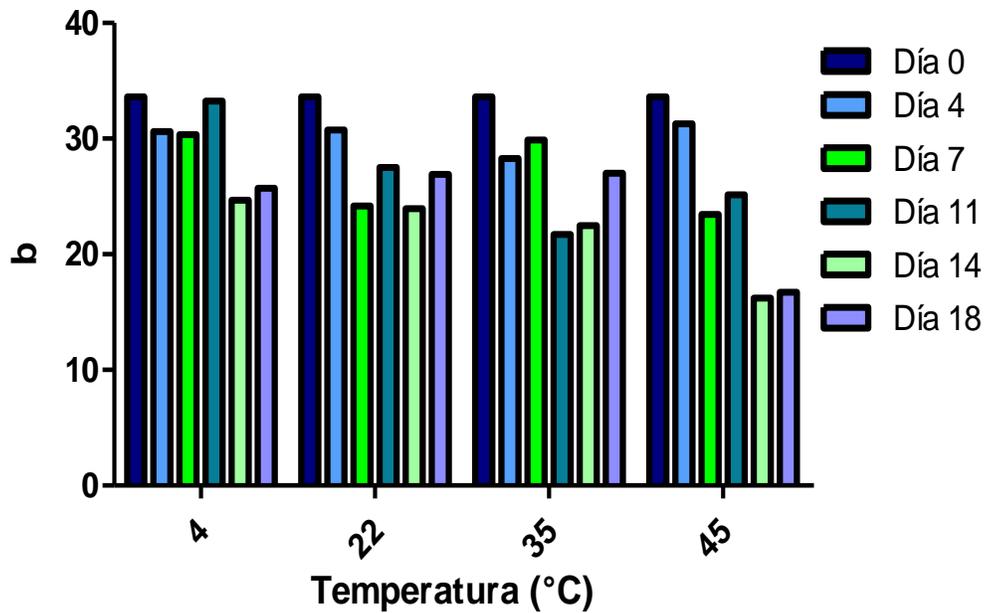


Figura 44. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

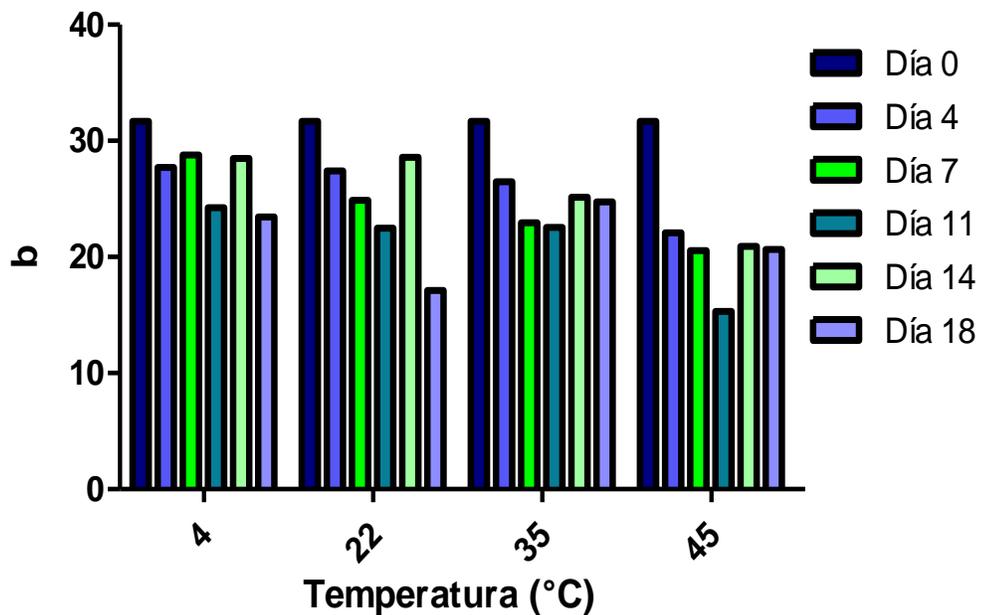


Figura 45. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

- Bebida a base de lactosuero dulce caprino con y sin conservadores

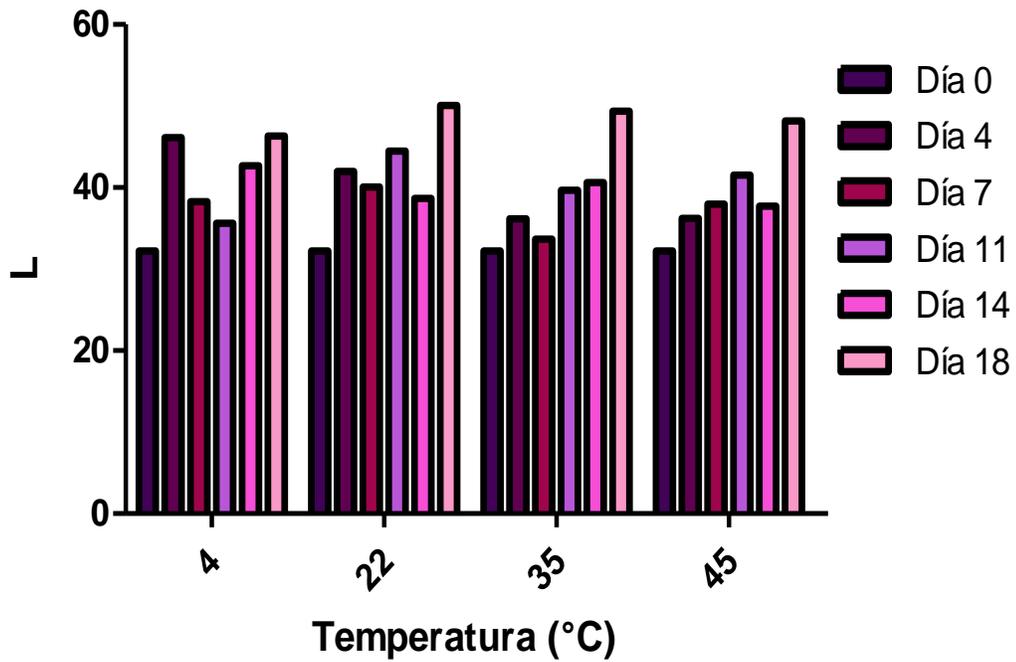


Figura 46. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

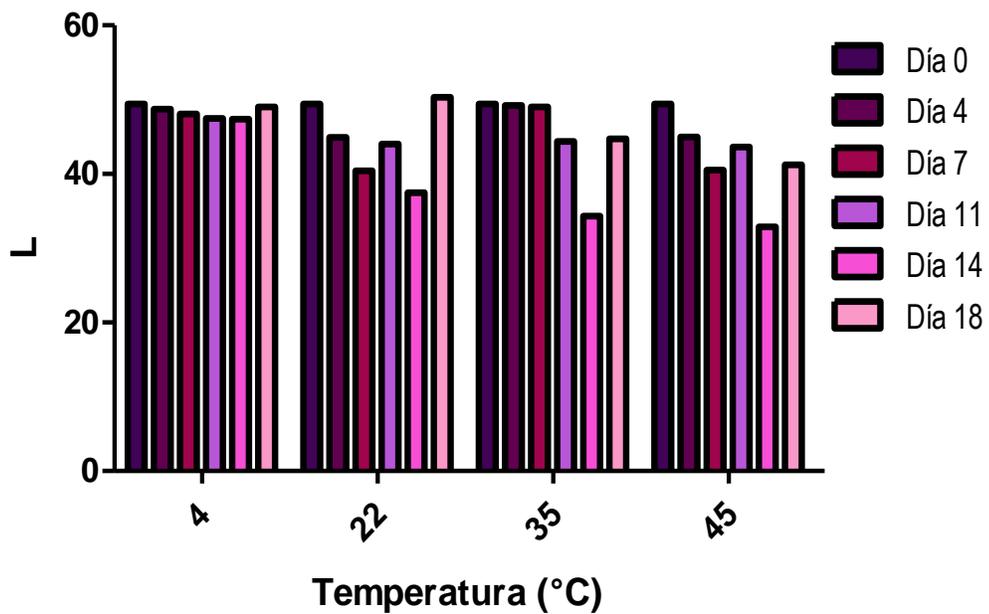


Figura 47. Parámetro L (luminosidad) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

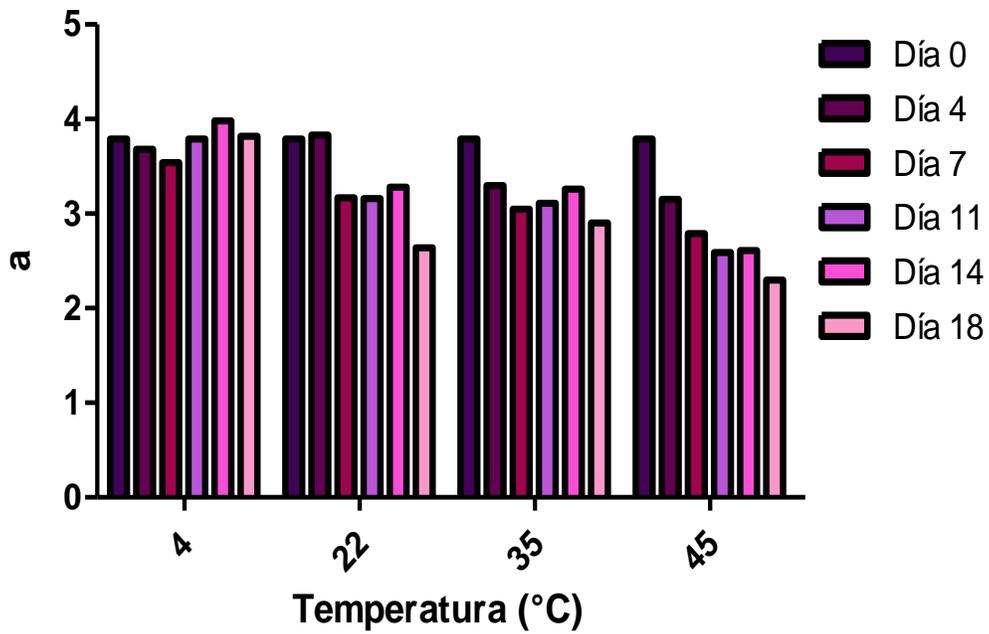


Figura 48. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

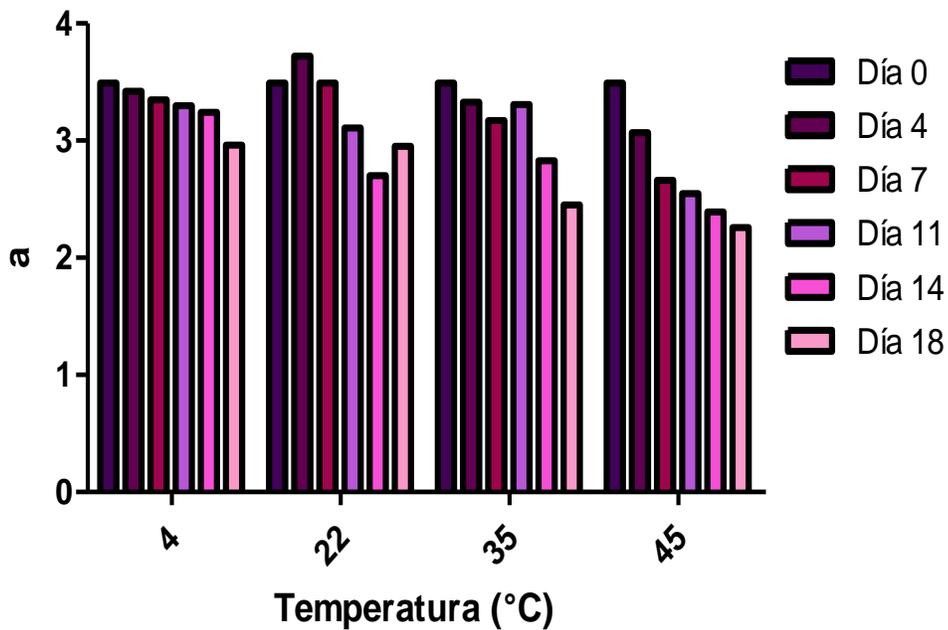


Figura 49. Parámetro a (+rojo a –verde) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

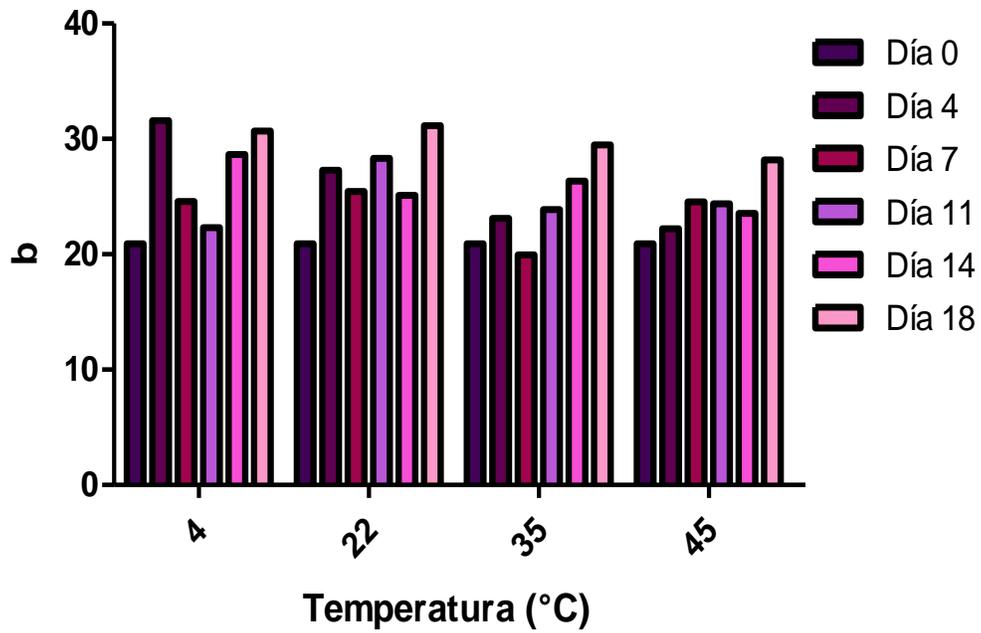


Figura 50. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

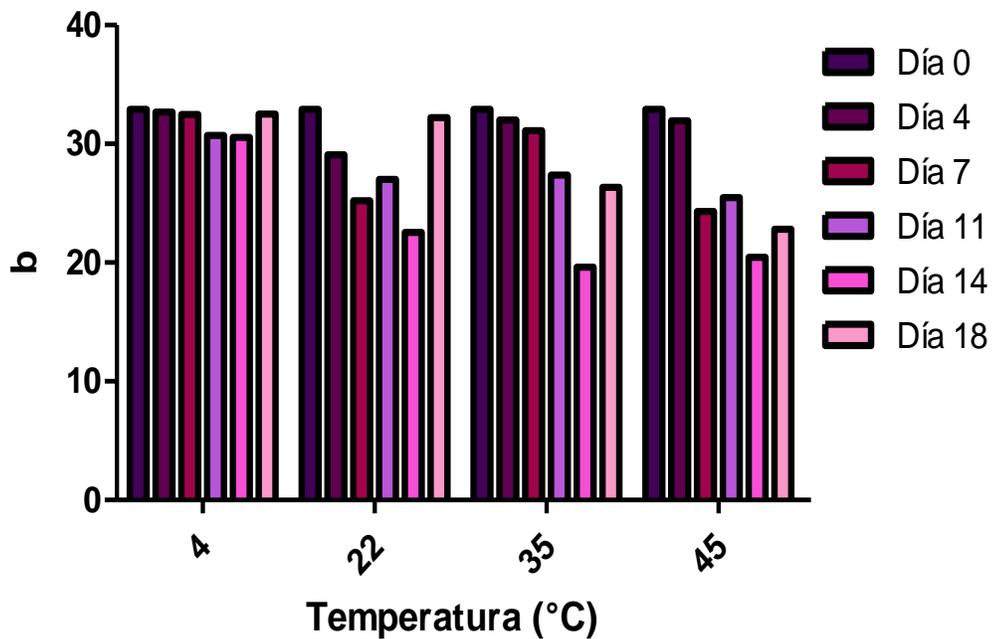


Figura 51. Parámetro b (+amarillo a azul) para la bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores, durante los 18 días de almacenamiento a las 4 temperaturas trabajadas.

3. MONITOREO DE SEPARACIÓN DE FASES

A) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, sin conservadores.

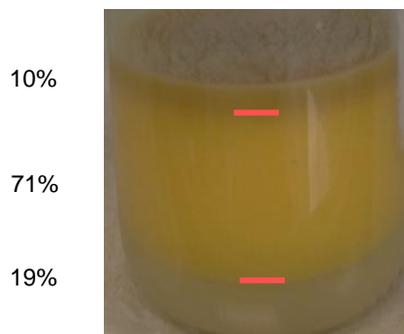
A.1) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, sin conservadores a temperatura de 22°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



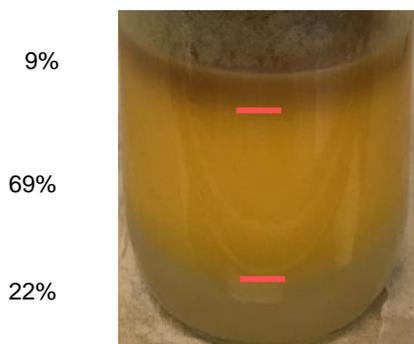
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



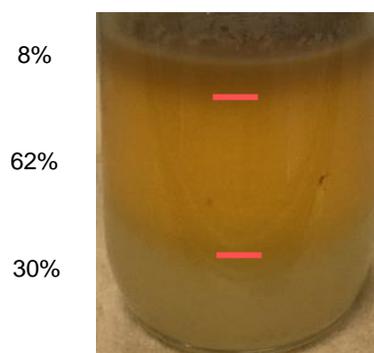
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



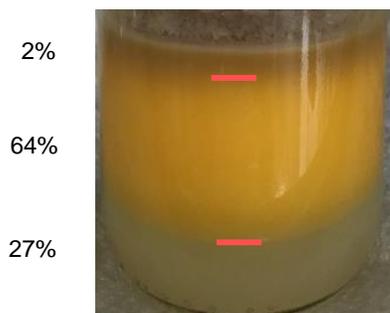
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



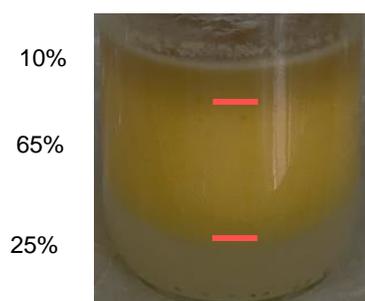
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

A.2) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, sin conservadores a temperatura de 4°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



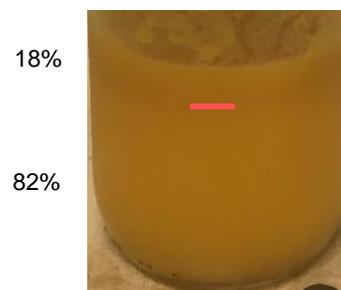
No se observan separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



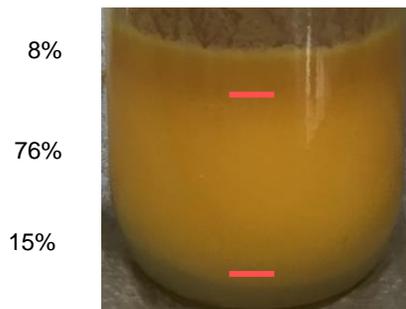
No se observan separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



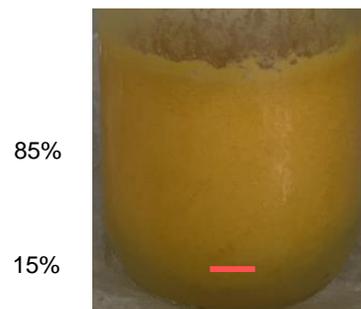
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 2 separaciones

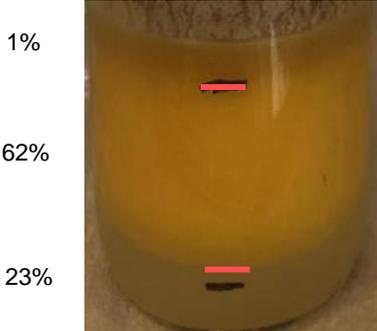
A.3) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, sin conservadores a temperatura de 35°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



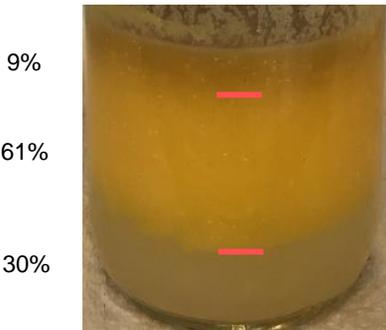
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



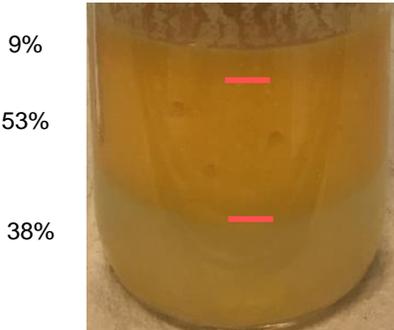
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



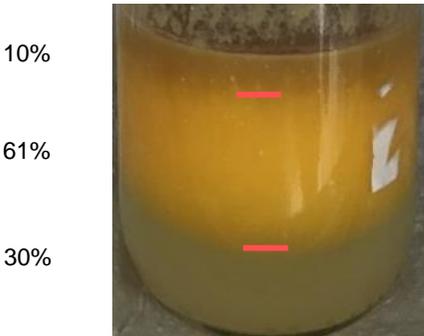
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



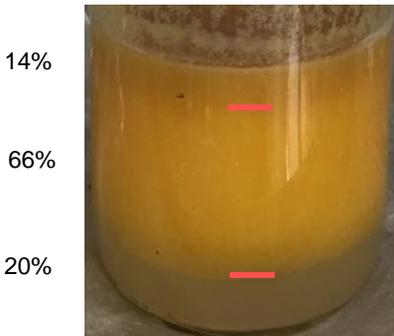
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

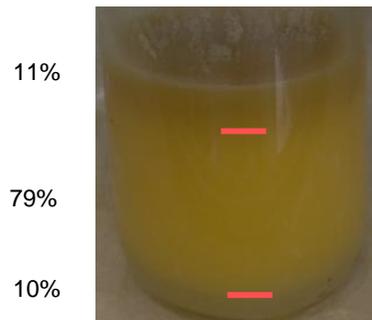
A.4) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, sin conservadores a temperatura de 45°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



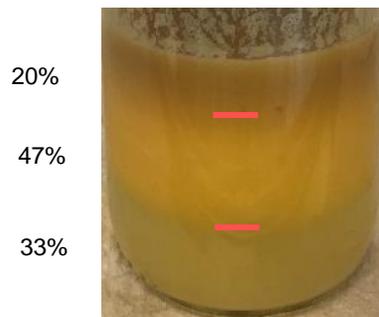
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



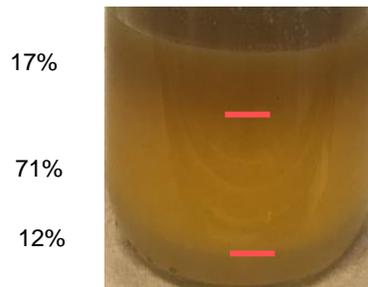
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



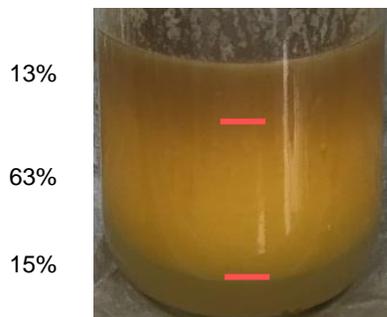
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



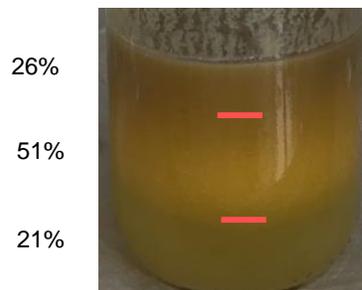
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

B) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, con conservadores.

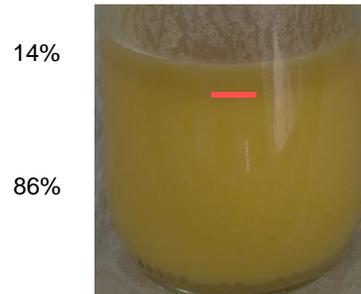
B.1) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, con conservadores a temperatura de 22°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



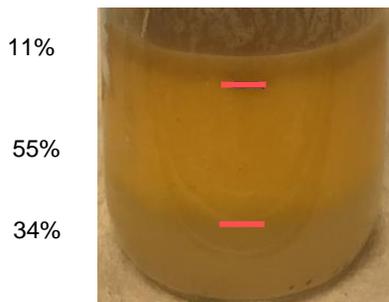
No se observa separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



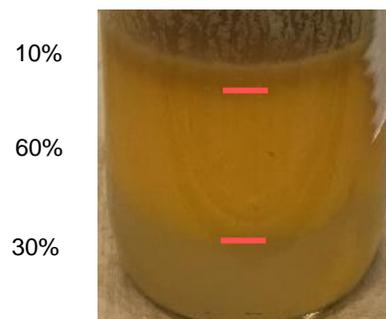
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



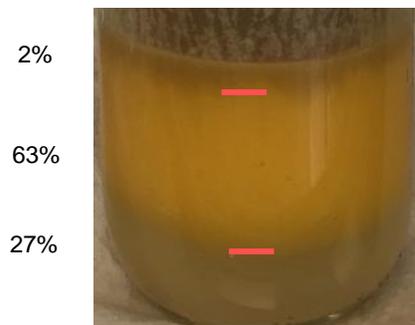
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



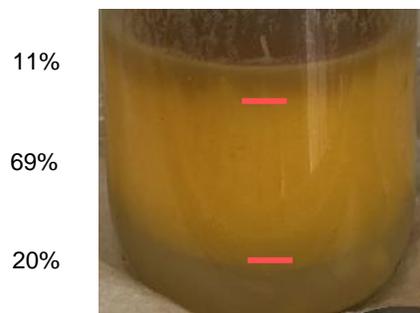
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

B.2) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, con conservadores a temperatura de 4°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



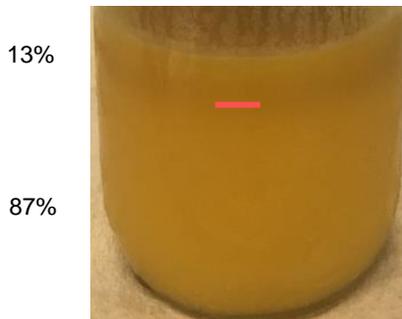
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



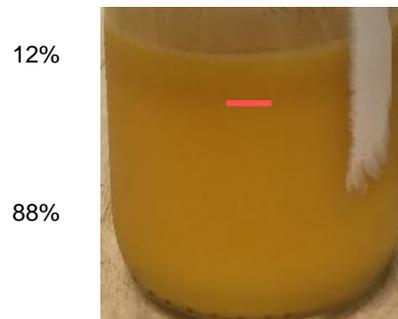
No se observan separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



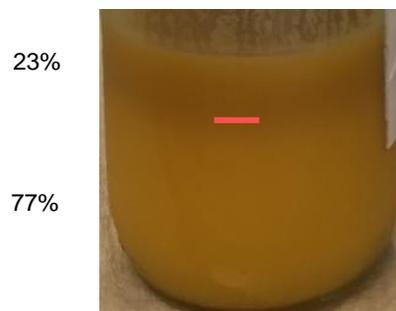
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



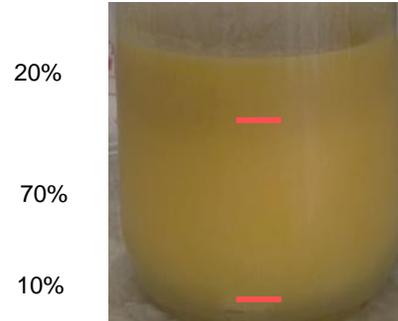
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

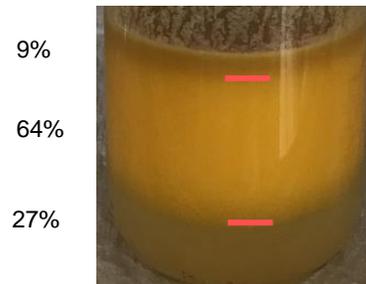
B.3) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, con conservadores a temperatura de 35°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



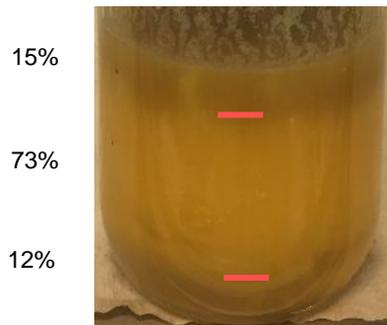
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



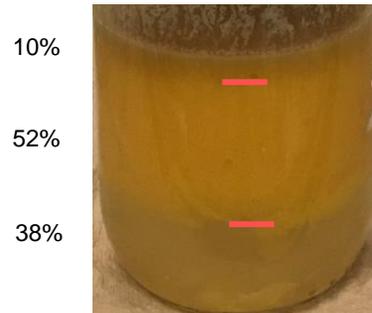
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



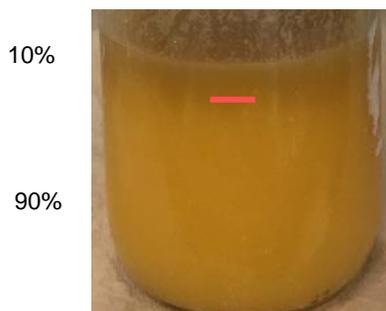
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



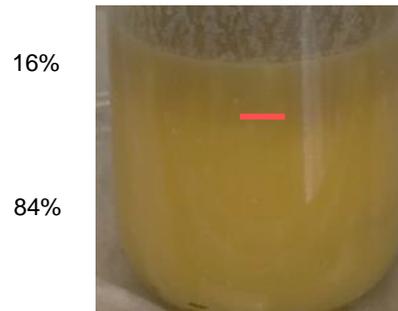
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 2 separaciones

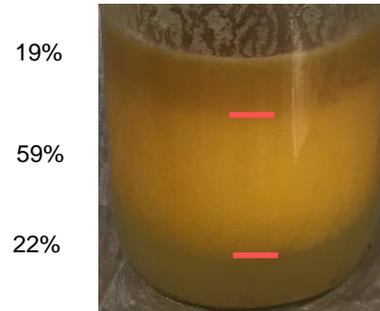
B.4) Bebida a base de lactosuero dulce bovino con pulpa de mango, con conservadores a temperatura de 45°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



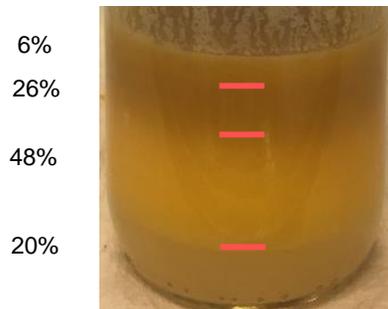
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



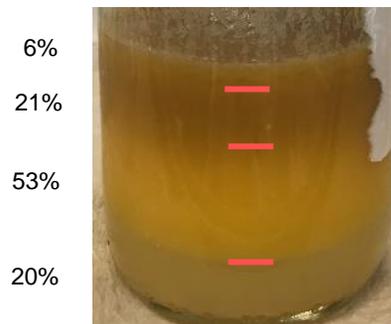
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



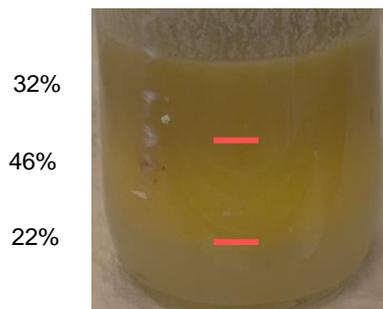
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



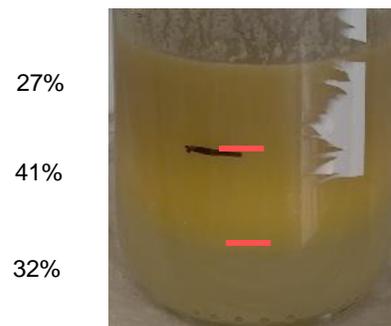
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

C) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores.

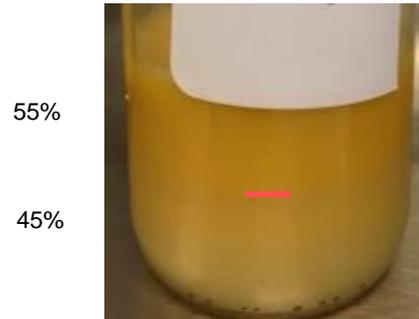
C.1) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores a temperatura de 22°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



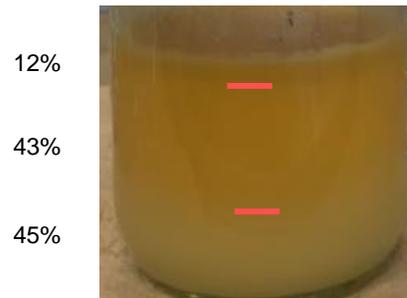
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



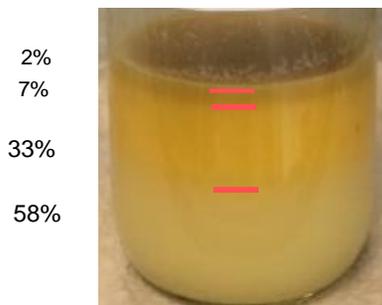
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



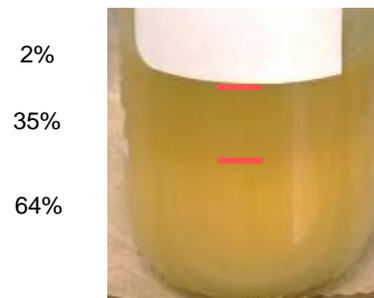
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 4 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

C.2) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores a temperatura de 4°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)

2%
98%



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)

2%
98%



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)

5%
95%



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)

3%
12%
85%



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)

3%
97%



Se observan 2 separaciones

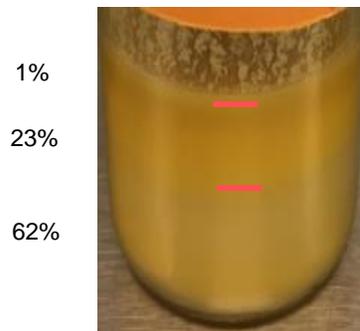
C.3) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores a temperatura de 35°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



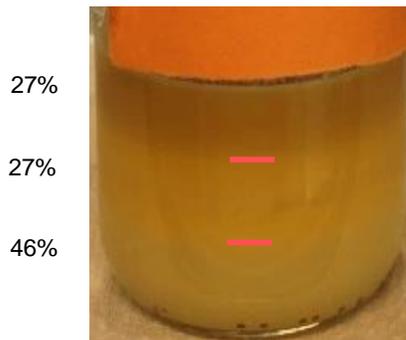
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



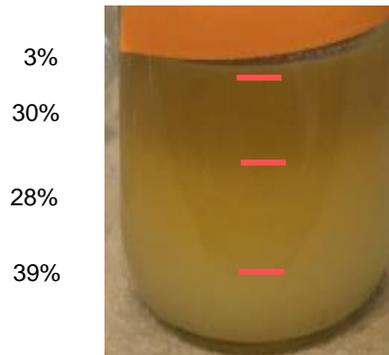
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



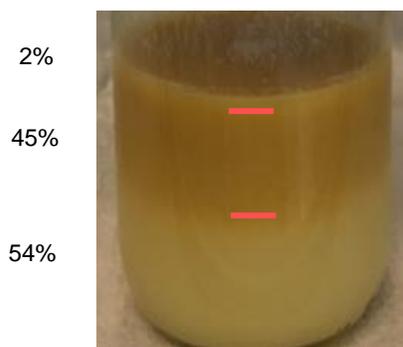
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



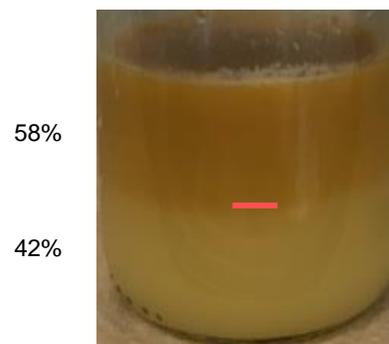
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 2 separaciones

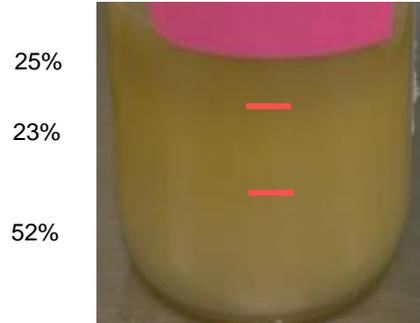
C.4) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango sin conservadores a temperatura de 45°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



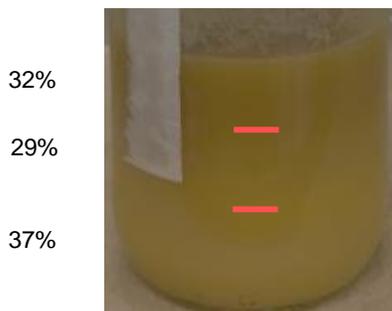
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



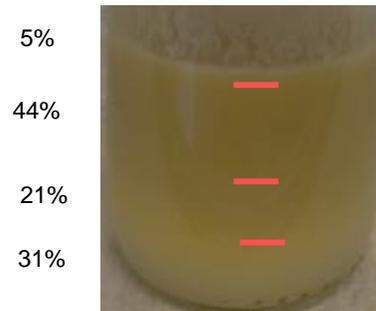
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



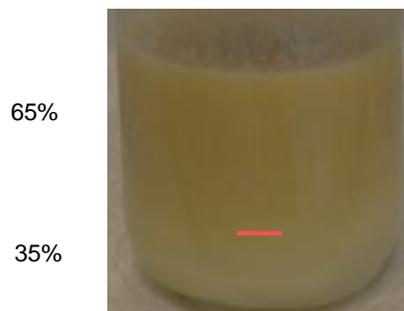
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



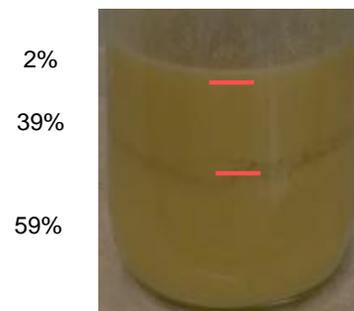
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 6 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

D) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores.

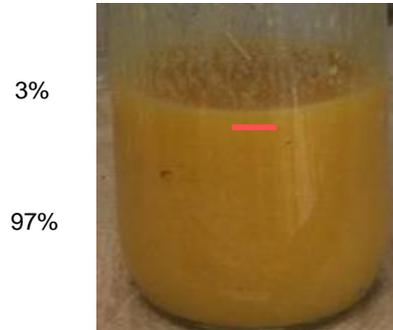
D.1) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores a temperatura de 22°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



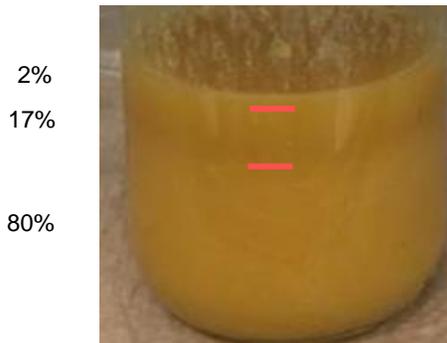
No se observa separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



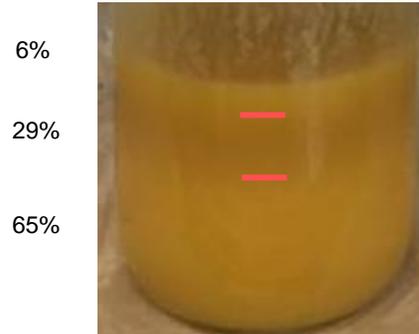
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



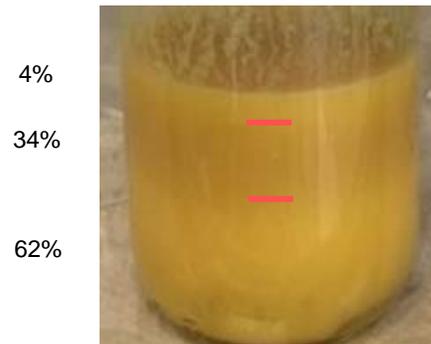
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 3 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 3 separaciones

D.2) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores a temperatura de 4°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



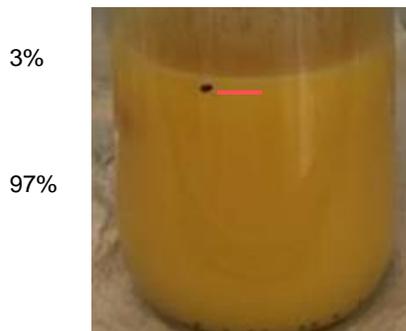
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



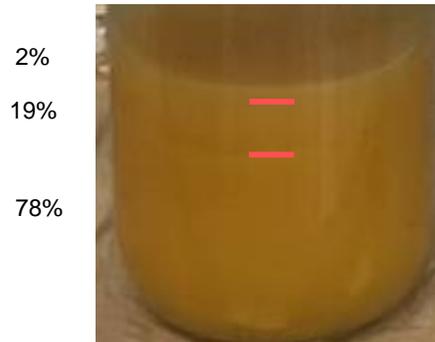
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



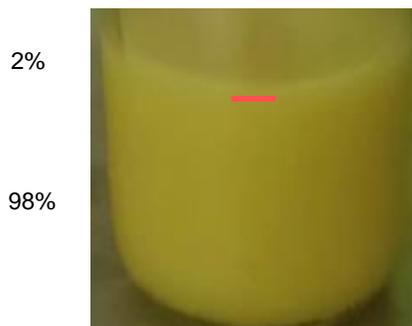
Se observan 2 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



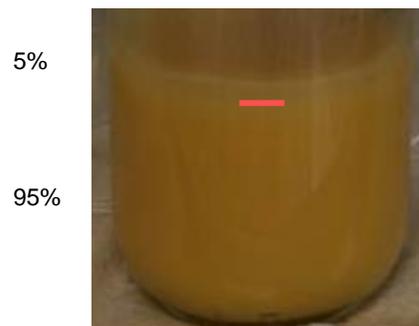
Se observan 3 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 2 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 2 separaciones

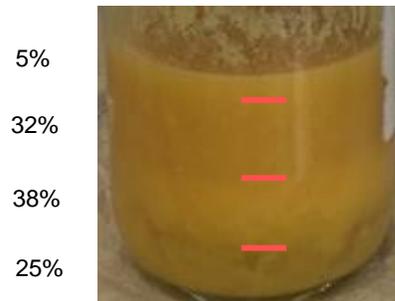
D.3) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores a temperatura de 35°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



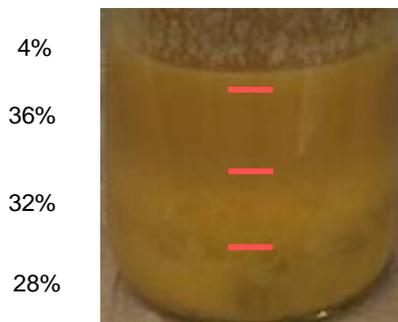
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



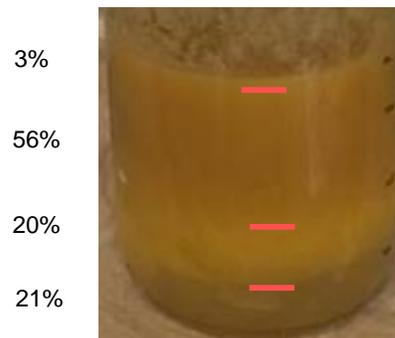
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



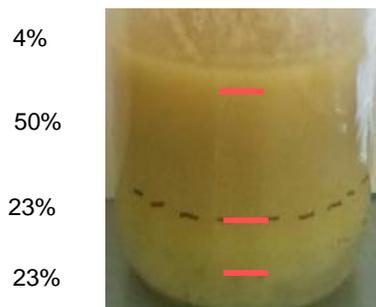
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



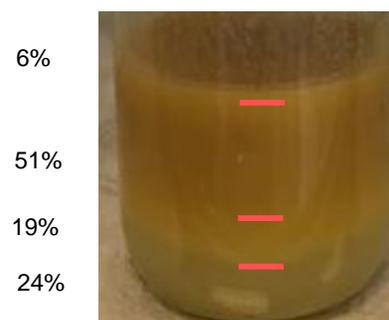
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 4 separaciones

MONITOREO 5 (DÍA 18)



Se observan 4 separaciones

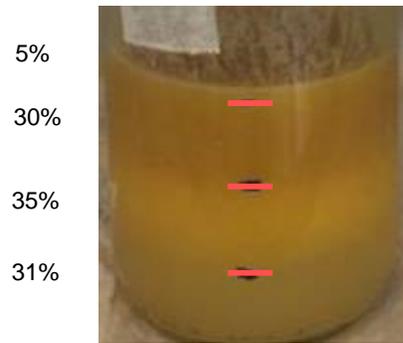
D.4) Bebida a base de lactosuero dulce caprino con pulpa de mango con conservadores a temperatura de 45°C.

MONITOREO 0 (DÍA 0)



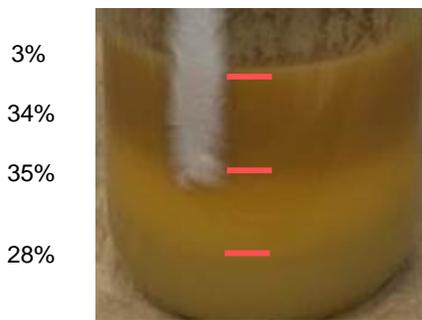
No se observan separaciones

MONITOREO 1 (DÍA 4)



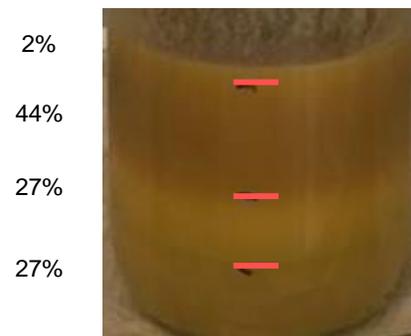
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 2 (DÍA 7)



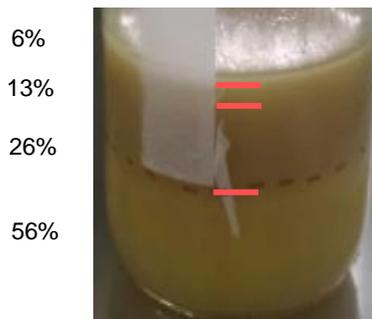
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 3 (DÍA 11)



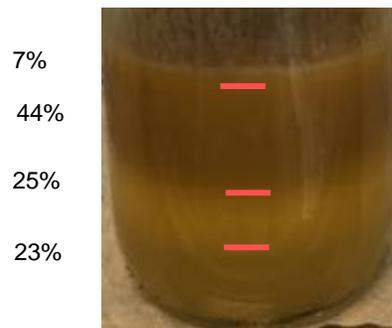
Se observan 4 separaciones

MONITOREO 4 (DÍA 14)



Se observan 4 separaciones

MONITOREO 6 (DÍA 18)



Se observan 4 separaciones

4. Cuestionario de Evaluación Sensorial para ambas bebidas.

Evaluación sensorial de una bebida a base de lactosuero bovino /caprino con pulpa de mango

Sexo: F M

Edad: años

- ¿Consumes bebidas lácteas con fruta?

Sí No

- ¿Con qué frecuencia?

Diario 3 veces por semana 2 veces por semana 1 vez por semana 1 ó 2 veces al mes Nunca

Ante usted tiene una muestra de una bebida a base de lactosuero caprino con pulpa de mango, pruébela y conteste las siguientes preguntas:

Color		Olor		Sabor	
1	Me gusta mucho	1	Me gusta mucho	1	Me gusta mucho
2	Me gusta bastante	2	Me gusta bastante	2	Me gusta bastante
3	Me gusta un poco	3	Me gusta un poco	3	Me gusta un poco
4	Ni me gusta ni me disgusta	4	Ni me gusta ni me disgusta	4	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me disgusta un poco	5	Me disgusta un poco	5	Me disgusta un poco
6	Me disgusta bastante	6	Me disgusta bastante	6	Me disgusta bastante
7	Me disgusta mucho	7	Me disgusta mucho	7	Me disgusta mucho

Dulzor		Acidez		Textura	
1	Me gusta mucho	1	Me gusta mucho	1	Me gusta mucho
2	Me gusta bastante	2	Me gusta bastante	2	Me gusta bastante
3	Me gusta un poco	3	Me gusta un poco	3	Me gusta un poco
4	Ni me gusta ni me disgusta	4	Ni me gusta ni me disgusta	4	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me disgusta un poco	5	Me disgusta un poco	5	Me disgusta un poco
6	Me disgusta bastante	6	Me disgusta bastante	6	Me disgusta bastante
7	Me disgusta mucho	7	Me disgusta mucho	7	Me disgusta mucho

- ¿Qué es lo que más le gustó del producto?

Sabor Olor Dulzor Otro:

- ¿Qué es lo que menos le gustó del producto?

Sabor Olor Dulzor Otro:

- ¿Le cambiaría algo al producto y que sería?

- ¿Compraría el producto? Sí No

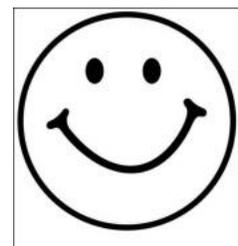
- De una presentación de 250mL ¿Cuánto pagaría?

\$8 a \$10

\$10 a \$15

\$15 a \$20

¡Muchas gracias!



BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, D., Jaimes, J., y Espitia, C. (2015). Efecto de la adición de lactosuero al queso costeño amasado. *Información tecnológica*, 11-16.
- Álvarez, M. M. (2013). *Caracterización fisicoquímica de los diferentes tipos lactosueros producidos en la Cooperativa Colanta LTDA*. Caldas Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista.
- Ashok, P., y Bangaraiah, P. (2014). Formulation of whey-sweet orange based ready-to-serve fruit beverage. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 1101-1111.
- Baccouche, A., Ennouri, M., Felfoul, I., y Attia, H. (2013). A physical stability of whey-based prickly pear beverages. *Food Hydrocolloids*, 234-244.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Tercera Edición. Pearson .
- Bedoya, O., Rosero, R., y Posada, S. (2012). Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. *Poyecto "Utilización de recursos forrajeros frescos y ensilados, y su impacto sobre la industria láctea caprina"*, 93-110.
- Burrington, K. (2012). Sensory properties of whey ingredients. *Dairy Research Institute*, 1-8.
- Callejas, J., Prieto, F., Reyes, V., Marmolejo, Y., y Méndez, M. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencial de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado. Universidad de Guanajuato*, 11-18.
- Cárdenas, M. V., y De la Mora, P. I. (2011). *Desarrollo de una bebida funcional sabor chocolate para el aprovechamiento del lactosuero de quesería adicionado con omega 3*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castillo, J., García, I., Ortiz, L., Vela, G., y López, E. (2014). Gelatina probiótica de lactosuero con bacterias ácido lácticas aisladas del pozol fermentado chiapaneco. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* , 587-589.
- Chang, R. (2008). *Fisicoquímica para las ciencias químicas y biológicas*. Tercera Edición. McGraw Hill.
- Chatterjee, G., De Neve, J., Dutta, A., y 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*, 253-264.

- Conti, J. P., Ceriani, M. C., Juliarena, M., y Esteban, E. (2012). Perfil proteico y peptídico de una base fluida para bebidas funcionales obtenida por fermentación de lactosuero. *Información Tecnológica*, 61-70.
- da Silveira, E., Lopes, J., da Silva, L., Raposo, A., Magnani, M., y Cardarelli, H. (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*, 445-451.
- Fluegel, M. S., Shultz, D. T., Powers, R. J., Clark, S., Barbosa-Leiker, C., Wright, R. B., y Michael, M. D. (2010). Whey beverages decrease blood pressure in prehypertensive and hypertensive young men and women. *International Dairy Journal*, 753-760.
- Gad, A., Emam, W., Mohamed, G., y Sayd, A. (2013). Utilization whey in production of functional healthy beverage "Whey-mango beverages". *American Journal of Food Technology*, 133-148.
- García, C., Alvis, A., y Romero, P. (2015). Aplicación del mapa de preferencia externo en la formulación de una bebida saborizada de lactosuero y pulpa de maracuyá. *Información Tecnológica*, 17-24.
- Goyal, N., & Gandhi, D. (2009). Comparative analysis of indian paneer and cheese whey for electrolyte whey drink. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 70-72.
- Guerrero, R., Gómez, A., González, A., & Castro, J. (s.f.). Lactosuero y su problemática en el medio ambiente. *Universidad de Guanajuato*.
- Guerrero, W., Gómez, C., Castro, J., González, C., y Santos, E. (2010). Caracterización fisicoquímica del lactosuero en el Valle de Tulancingo. *Universidad de Guanajuato*, LA321-LA328.
- Hernández, M., y Vélez, J. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 13-22.
- Jacales, D. (2015). *Elaboración de una bebida a base de lactosuero dulce, deslactosado bovino y caprino adicionada con pulpa de mango*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química.
- Jelen, P. (2011). Whey-based functional beverages. En *Functional and speciality beverages technology* (págs. 260-280). Alberta, Canada.
- Jelicic, I., Bozanic, R., y Tratnik, L. (2008). Whey based beverages a new generation of dairy products. *Mljekarstvo*, 257-274.
- Kabasinskiene, A., Liutkevicius, A., Sekmokiene, D., Zaborskiene, G., y Slapkauskaite, J. (2015). Evaluation of the physicochemical parameters of functional whey beverage. *Food Technology and Biotechnology*, 110-115.

- Loaiza, M. (2011). *Aprovechamiento del suero de leche para la elaboración de una bebida funcional*. Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.
- Monroy, S. S. (2016). *Efecto de la incorporación de proteínas de lactosuero en la elaboración de quesos frescos y en el desarrollo de un queso análogo con proteínas exclusivas de lactosuero*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.
- Morales, R. (2011). *Elaboración de una bebida tipo funcional para la alimentación a partir de lactosuero*. Orizaba, Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas.
- Mulero, J., Zafrilla, P., Martínez-Cacha, A., Leal, M., y Abellán, J. (2011). Péptidos bioactivos. *Clinica e Investigación en Arteriosclerosis*, 219-227.
- Muñoz, A. M., Ramos, F., Alvarado, C., y Castañeda, B. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 142-149.
- Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. *Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*.
- Parra, H. R. (2009). Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional Agroalimentaria de Medellín*, 4967-4982.
- Posada, K., Milena, D., y Ramírez-Navas, J. S. (2011). Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y producto de confitería. *La Alimentación Latinoamericana*, 66-72.
- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 397-401.
- PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche-alimentos-lácteosuero de leche (líquido o en polvo) especificaciones y métodos de prueba.
- Reyes, P. (2005). *Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero de quesería*. Ciudad de México: Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sakhale, B., Pawar, V., y Ranveer, R. (2012). Studies on the development and storage of whey RTS beverage from mango cv. Kesar. *Journal of Food Processing & Technology*, 1-4.
- Scott, R. (1991). *Fabricación del queso*. Acribia.

- Shankar, J., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R., y Surampalli, R. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 756-774.
- The medical biochemistry page*. (4 de Mayo de 2016). Obtenido de <http://themedicalbiochemistrypage.org/es/carbohydrates-sp.php>
- Tosi, E., Canna, L., Lucero, H., y Ré, E. (2007). Foaming properties of sweet whey solutions as modified by thermal treatment. *Food Chemistry*, 794-799.
- Valencia, D. E., y Ramírez, C. M. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, 27-31.
- Vela, G., Castro, M., Caballero, R., y Ballinas, J. (2012). Bebida probiótica de lactosuero adicionada con pulpa de mango y almedras sensorialmente aceptable por adultos mayores. *Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas Tuxtla Guitierrez*, 8-20.
- Walstra, P. (2001). *Química y Física Lactológica*. Primera Edición. Acribia.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Belet, G., Hendrickx, M., y Van Loey, A. (2015). Quality changes of pasteurised mango juice during storage. Part II Kinetic modelling of the shelf-life markers. *Food Research International*.
- Williams, P. (2002). *Formulación y elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso fresco y sabores de frutas*. Zamorano, Honduras.