

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE BEBIDA ISOTÓNICA A PARTIR  
DE SUERO RESIDUAL DE YOGURT GRIEGO**

**POR:**

**LISSIE CAROLINA DÍAZ DE LA QUINTANA**

Trabajo final de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

**ABRIL, 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo la misma únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

A Dios, toda Gloria y Honra sea para Él, por ser mi fortaleza, el que siempre me acompaña y permitirme en su voluntad haber estudiado esta carrera.

A mi familia por su incondicional amor y quienes siempre estuvieron en las buenas y malas brindándome su apoyo para alcanzar mi anhelada profesión.

A la empresa Delacto, por su apoyo brindado en el presente trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida, una familia, su infinito amor, entrañable misericordia, fuerza y sabiduría durante estos años transcurridos y por su protección especialmente en el último año.

A mis padres, por ser pilares fundamentales en mi vida, cada una de sus enseñanzas, disciplina, comprensión y apoyo durante mi carrera universitaria.

A mi hermano Joaquín por su conocimiento impartido y brindarme apoyo, sabiduría y siempre contar con él.

A la empresa Delacto, por brindarme algunos medios en la realización de este trabajo y permitirme formar parte de su empresa.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, por su sabiduría y consejos para mi formación académica, en especial a mi docente guía Ing. Erick Ramírez por su asesoramiento, su valiosa ayuda y conocimientos impartidos.

A mis amigas por su ayuda y ánimos brindados, especialmente a Noelia y Victoria por su colaboración cuando más lo necesitaba.

## **PENSAMIENTO**

“No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia” (Isaías 41:10)

## ÍNDICE

### Resumen

**Pág.**

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Justificación .....	2
1.3	Objetivos .....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos .....	3
1.4	Variable dependiente e independiente .....	3
1.5	Planteamiento del problema.....	4
1.6	Formulación del problema .....	4
1.7	Hipótesis .....	4

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Bebidas para deportistas.....	5
2.2	Clasificación de las bebidas deportivas.....	6
2.3	Origen de las bebidas isotónicas .....	6
2.4	Definición de bebida isotónica.....	6
2.5	Tipos de bebidas isotónicas.....	7
2.6	Características químicas y fisicoquímicas de las bebidas isotónicas .....	7
2.6.1	Características químicas de una bebida isotónica .....	7
2.6.2	Características fisicoquímicas de la bebida isotónica .....	8
2.7	Aplicaciones de las bebidas isotónicas .....	8
2.7.1	Aplicaciones de las bebidas isotónicas en la salud .....	8
2.7.2	Aplicaciones de una bebida isotónica en la dieta.....	9
2.8	Caracterización de la materia prima para elaborar bebida isotónica.....	9
2.8.1	Suero residual de yogurt griego .....	9

2.8.1.1	Características nutricionales del suero residual de yogurt griego .....	10
2.8.1.2	Características químicas del suero residual de yogurt griego .....	11
2.8.1.3	Características microbiológicas del suero residual de yogurt griego.....	11
2.8.1.4	Aplicaciones del suero residual de yogurt griego en la salud .....	11
2.8.1.5	Aplicaciones del suero en la Industria de alimentos .....	12
2.8.2	Agua potable .....	13
2.8.2.1	Características fisicoquímicas del agua potable.....	13
2.8.2.2	Características microbiológicas del agua potable .....	13
2.8.2.3	Aplicaciones del agua potable en la salud.....	14
2.9	Caracterización de los insumos alimentarios para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	14
2.9.1	Fructosa en polvo.....	14
2.9.2	Sacarosa .....	15
2.10	Disolución química .....	16
2.10.1	Componentes de una disolución química.....	16
2.10.1.1	Disolvente .....	16
2.10.1.2	Soluto .....	16
2.10.	Tipos de disoluciones químicas .....	16
2.11	Concepto de osmolaridad.....	17
2.11.1	Importancia de la osmolaridad en la bebida isotónica .....	17
2.11.2	Ecuación para el cálculo de osmolaridad.....	18
2.12	Hidratación durante el rendimiento deportivo .....	18
2.13	Deshidratación durante el rendimiento deportivo .....	19
2.14	Electrolitos en una bebida isotónica.....	20
2.14.1	Funciones de los electrolitos .....	20
2.14.2	Electrolitos durante la actividad deportiva.....	20
2.14.3	Electrolitos después del ejercicio.....	21
2.14.4	Minerales.....	21
2.14.4.1	Magnesio.....	21

2.14.4.2	Sodio .....	22
2.14.4.3	Potasio.....	22
2.14.4.4	Calcio .....	22
2.15	Hidratos de carbono .....	23

### **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

3.1	Desarrollo de la parte experimental .....	24
3.2	Descripción de equipos, instrumentos, materiales de laboratorio, reactivos e insumos .....	24
3.2.1	Equipos .....	24
3.2.1.1	Cocina industrial .....	24
3.2.1.2	Freezer.....	25
3.2.2	Instrumentos de laboratorio .....	25
3.2.2.1	Balanza de precisión .....	25
3.2.2.2	pH-metro .....	26
3.2.2.3	Bureta digital.....	27
3.2.2.4	Termómetro.....	27
3.2.3	Materiales de laboratorio .....	28
3.2.4	Utensilios de cocina .....	28
3.2.5	Reactivos químicos .....	28
3.2.5.1	Reactivos químicos en grado alimenticio .....	29
3.2.5.2	Reactivos químicos de laboratorio.....	29
3.3	Materias primas e insumos alimentarios para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	29
3.3.1	Materias primas para la elaboración de bebida isotónica.....	29
3.3.2	Insumos alimentarios .....	30
3.4	Metodología para la obtención de resultados de las materias primas .....	30
3.4.1	Análisis fisicoquímicos del suero residual de yogurt griego.....	30
3.4.2	Análisis fisicoquímicos del agua potable.....	31
3.4.3	Análisis microbiológico del suero residual de yogurt griego.....	31



3.4.4	Análisis microbiológico del agua potable .....	32
3.5	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	32
3.5.1	Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de bebida isotónica.....	33
3.5.1.1	Recepción.....	33
3.5.1.2	Pre calentamiento.....	34
3.5.1.3	Mezclado.....	34
3.5.1.4	Homogenización .....	34
3.5.1.5	Pasteurización .....	34
3.5.1.6	Enfriado.....	34
3.5.1.7	Lavado de envases .....	35
3.5.1.8	Envasado .....	35
3.5.1.9	Almacenado .....	35
3.6	Análisis sensorial de los alimentos .....	35
3.6.1	Aplicación de la evaluación sensorial para la obtención de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	36
3.7	Diseño experimental .....	37
3.7.1	Diseño Factorial .....	37
3.7.1.1	Diseño experimental 3 <sup>k</sup> para el proceso de dosificación de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	38
3.8	Caracterización del producto final .....	39
3.8.1	Análisis fisicoquímicos del producto final.....	39
3.8.2	Análisis microbiológico del producto final.....	40
3.8.3	Análisis de micronutrientes del producto final .....	41

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Caracterización del suero residual de yogurt griego y el agua potable .....	42
4.1.2	Parámetros del análisis fisicoquímico del suero residual de yogurt griego .....	42
4.1.3	Parámetros del análisis microbiológico del suero residual de yogurt griego .....	42

4.1.4	Parámetros del análisis de fisicoquímicos del agua potable .....	43
4.1.5	Parámetros del análisis microbiológico del agua potable .....	44
4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	44
4.2.1	Pruebas experimentales para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	44
4.2.2	Variación de la dosificación de materia prima, insumo y reactivos grado alimenticio en las pruebas preliminares en la elaboración de bebida isotónica.....	45
4.2.3	Pruebas prototipo para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	46
4.2.4	Variación de la dosificación de reactivos en grado alimenticio en la muestra prototipo 3 .....	47
4.2.4.1	Dosificación de sales minerales para la elaboración de bebida isotónica a partir de suero ácido de yogurt griego .....	48
4.2.5	Elección de muestra patrón de bebida isotónica .....	49
4.2.5.1	Estadístico caja y bigote para los atributos sensoriales de la muestra patrón .....	49
4.2.5.2	Estadístico de Tukey del atributo color para la muestra patrón .....	52
4.2.6	Variación de la dosificación de saborizante frutilla a muestras del grupo 1 .....	53
4.2.6.1	Estadístico caja y bigote en la dosificación de saborizante frutilla para muestras del grupo 1.....	54
4.2.6.2	Estadístico de Tukey para el atributo color de muestras del grupo 1.....	56
4.2.7	Variación en la dosificación de saborizante de la muestra ideal para muestras del grupo 2.....	57
4.3	Diseño factorial $3^2$ para el proceso de dosificación de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	58
4.3.1	Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla .....	59
4.3.2	Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor frutilla .....	60
4.3.3	Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón.....	60

4.3.4	Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación para la bebida isotónica sabor limón.....	61
4.3.5	Evaluación sensorial para caracterizar las variables de diseño experimental de la bebida isotónica .....	62
4.3.5.1	Estadístico caja y bigote del diseño experimental sobre la muestra experimental sabor frutilla.....	63
4.3.5.2	Estadístico caja y bigote del diseño experimental sobre la muestra sabor limón.....	65
4.4	Control de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de dosificación para la bebida isotónica .....	68
4.4.1	Control de acidez del proceso de dosificación de bebida isotónica .....	68
4.4.2	Control de pH durante el proceso de dosificación de bebida isotónica .....	70
4.5	Evaluación sensorial para comparar muestra ideal y muestra experimental de bebida isotónica con la muestra patrón.....	71
4.5.1	Evaluación sensorial de comparación entre muestra ideal y muestra experimental sabor frutilla.....	72
4.5.1.1	Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez de muestra ideal y experimental de bebida isotónica sabor frutilla .....	73
4.5.2	Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez entre muestra ideal y muestra experimental sabor limón .....	73
4.5.2.1	Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez de muestra ideal y experimental de bebida isotónica sabor limón .....	74
4.6	Caracterización del producto final bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego .....	75
4.6.1	Parámetros del análisis fisicoquímico del producto final .....	75
4.6.2	Parámetros del análisis microbiológico del producto final .....	76
4.6.3	Parámetros del análisis de micronutrientes del producto final.....	76
4.7	Control del parámetro pH durante el almacenamiento del producto final de bebida isotónica .....	77
4.7.1	Control de pH durante el almacenamiento del producto final de la bebida isotónica.....	77
4.8	Balance de materia en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	79

4.8.1	Balance de materia en la etapa de pre calentamiento.....	80
4.8.2	Balance de materia en la etapa de mezclado.....	81
4.8.3	Balance de materia en la etapa de pasteurización.....	82
4.8.4	Balance de materia en la etapa de enfriamiento.....	83
4.8.5	Balance de materia en la etapa de envasado.....	84
4.8.5	Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	85
4.8.6	Cálculo del rendimiento del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	85
4.9	Balance de energía en el proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	86
4.9.1	Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización.....	86
4.9.1.1	Balance de energía en la etapa de pasteurización de la bebida isotónica.....	87

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	91
5.2	Recomendaciones.....	92

<b>Bibliografía</b> .....	944
---------------------------	-----

### **Anexos**

## **ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1 Composición nutricional del suero residual de yogurt griego.....	10
Tabla 2.2 Composición química del suero residual de yogurt griego.....	11
Tabla 2.3 Características fisicoquímicas del agua potable.....	13
Tabla 2.4 Características microbiológicas del agua potable.....	14
Tabla 3.1 Características técnicas de la cocina industrial.....	24
Tabla 3.2 Características técnicas del freezer.....	25
Tabla 3.3 Características técnicas de la balanza de precisión.....	26

Tabla 3.4	Características técnicas del pH-metro.....	26
Tabla 3.5	Características técnicas de la bureta digital .....	27
Tabla 3.6	Características técnicas del termómetro.....	27
Tabla 3.7	Materiales de laboratorio .....	28
Tabla 3.8	Utensilios de cocina usado en la elaboración.....	28
Tabla 3.9	Reactivos químicos en grado alimenticio .....	29
Tabla 3.10	Reactivos químicos de laboratorio.....	29
Tabla 3.11	Materias primas.....	30
Tabla 3.12	Insumos alimentarios .....	30
Tabla 3.13	Parámetros del análisis fisicoquímico del suero ácido de yogurt griego .....	31
Tabla 3.14	Parámetros del análisis fisicoquímico del agua potable.....	31
Tabla 3.15	Análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego .....	32
Tabla 3.16	Parámetros microbiológicos del agua potable .....	32
Tabla 3.17	Factores en el proceso de dosificación de bebida isotónica.....	38
Tabla 3.18	Nivel de variación de los factores en la dosificación.....	38
Tabla 3.19	Diseño factorial de la matriz de variables para la dosificación.....	39
Tabla 3.20	Parámetros del análisis fisicoquímico del producto final .....	40
Tabla 3.21	Análisis microbiológicos del producto final .....	40
Tabla 3.22	Análisis de micronutrientes del producto final .....	41
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímicos del suero residual de yogurt griego .....	42
Tabla 4.2	Análisis microbiológicos del suero residual de yogurt griego.....	43
Tabla 4.3	Parámetros del análisis fisicoquímico del agua potable.....	43
Tabla 4.4	Análisis microbiológicos del agua potable .....	44
Tabla 4.5	Dosificación de reactivos grado alimenticio en pruebas preliminares.....	45
Tabla 4.6	Variación en la dosificación de materia prima, insumos y reactivos grado alimenticio para pruebas preliminares .....	46
Tabla 4.7	Pruebas prototipos de bebida isotónica con suero residual de yogurt griego.....	47
Tabla 4.8	Componentes de mix de sales .....	48
Tabla 4.9	Requisitos para la bebida hidratante para deportistas .....	48

Tabla 4.10	Dosificación del prototipo 3 para elaborar bebida isotónica.....	49
Tabla 4.11	Estadístico de Tukey para el atributo sabor de la muestra patrón.....	50
Tabla 4.12	Estadístico de Tukey para el atributo color de la muestra patrón .....	53
Tabla 4.13	Variación de la dosificación de saborizante frutilla para muestras del grupo 1...	54
Tabla 4.14	Estadístico de Tukey para el atributo color de pruebas del grupo 1 .....	56
Tabla 4.15	Variación de la dosificación de saborizante para muestras del grupo 2 .....	57
Tabla 4.16	Dosificación de la muestra experimental de bebida isotónica .....	58
Tabla 4.17	Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación .....	59
Tabla 4.18	Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación .....	60
Tabla 4.19	Análisis de varianza para la variable respuesta pH en el proceso de dosificación .....	61
Tabla 4.20	Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación .....	62
Tabla 4.21	Control de acidez en la dosificación de insumos para bebida isotónica .....	69
Tabla 4.22	Control de pH en la dosificación de insumos para bebida isotónica.....	70
Tabla 4.23	Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez (sabor frutilla).....	73
Tabla 4.24	Estadístico “T” student para la categorización del atributo acidez (sabor limón) .....	74
Tabla 4.25	Análisis fisicoquímicos del producto final.....	75
Tabla 4.26	Análisis fisicoquímicos del producto final.....	76
Tabla 4.27	Análisis de micronutrientes del producto final .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>	
Figura 2.1	Parámetros a tomar en cuenta para la elaboración de bebida deportiva .....	5
Figura 2.2	Tipos de bebidas deportivas según la osmolaridad y tiempo de ejercicio. ....	6
Figura 2.3	Descripción de los tipos de bebidas isotónicas para deportistas.....	7
Figura 2.4	Suero residual de yogurt griego.....	10

Figura 2.5	Fructosa granulada.....	15
Figura 2.6	Sacarosa granulada .....	15
Figura 2.7	Tipos de disoluciones químicas.....	17
Figura 2.8	Protocolo de hidratación durante la actividad física.....	19
Figura 2.9	Como afecta la deshidratación al rendimiento deportivo .....	19
Figura 3.1	Cocina de dos hornallas.....	24
Figura 3.2	Freezer .....	25
Figura 3.3	Balanza analítica de precisión .....	26
Figura 3.4	pH-metro digital .....	26
Figura 3.5	Bureta digital .....	27
Figura 3.6	Termómetro para lácteos .....	27
Figura 3.7	Diagrama del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	33
Figura 3.8	Evaluaciones sensoriales de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego. ....	36
Figura 4.1	Pruebas experimentales para la elaboración de bebida isotónica .....	45
Figura 4.2	Caja y bigote del atributo sabor de la muestra patrón .....	50
Figura 4.3	Caja y bigote del atributo olor de la muestra patrón.....	51
Figura 4.4	Caja y bigote del atributo acidez de la muestra patrón.....	51
Figura 4.5	Caja y bigote del atributo salado de la muestra patrón.....	51
Figura 4.6	Caja y bigote del atributo astringencia de la muestra patrón.....	52
Figura 4.7	Caja y bigote del atributo color de la muestra patrón.....	52
Figura 4.8	Caja y bigote para el atributo olor de la muestra del grupo 1 .....	54
Figura 4.9	Caja y bigote para el atributo sabor de la muestra del grupo 1.....	55
Figura 4.10	Caja y bigote para el atributo acidez de la muestra del grupo 1 .....	55
Figura 4.11	Caja y bigote para el atributo dulzor de la muestra del grupo 1 .....	55
Figura 4.12	Caja y bigote para el atributo color de la muestra del grupo 1 .....	56
Figura 4.13	Distribución porcentual para el atributo sabor para muestras del grupo 2 .....	58
Figura 4.14	Caja y bigote para el atributo olor del diseño experimental sabor frutilla.....	63

Figura 4.15 Caja y bigote para el atributo color del diseño experimental sabor frutilla.....	63
Figura 4.16 Caja y bigote para el atributo sabor del diseño experimental sabor frutilla.....	64
Figura 4.17 Caja y bigote para el atributo acidez del diseño experimental sabor frutilla.....	64
Figura 4.18 Caja y bigote para el atributo dulzor del diseño experimental sabor frutilla.....	65
Figura 4.19 Caja y bigote para el atributo olor del diseño experimental sabor limón.....	66
Figura 4.20 Caja y bigote para el atributo color del diseño experimental sabor limón.....	66
Figura 4.21 Caja y bigote para el atributo sabor del diseño experimental sabor limón.....	67
Figura 4.22 Caja y bigote para el atributo acidez del diseño experimental sabor limón.....	67
Figura 4.23 Caja y bigote para el atributo dulzor del diseño experimental sabor limón.....	68
Figura 4.24 Variación de acidez en función del tiempo en el proceso de dosificación.....	69
Figura 4.25 Variación de pH en función del tiempo en el proceso de dosificación para la bebida isotónica.....	71
Figura 4.26 Preferencia del atributo acidez de la muestra ideal y muestra experimental sabor frutilla.....	72
Figura 4.27 Preferencia del atributo acidez de la muestra ideal y muestra experimental para el sabor limón.....	74
Figura 4.28 Variación de pH en función del tiempo de almacenamiento de bebida isotónica con suero residual de yogurt griego.....	78
Figura 4.29 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de bebida isotónica.....	79
Figura 4.30 Balance de materia en la etapa de pre calentamiento.....	80
Figura 4.31 Balance de materia en la etapa de mezclado.....	81
Figura 4.32 Balance de materia en la etapa de pasteurización.....	82
Figura 4.33 Balance de materia en la etapa enfriamiento.....	83
Figura 4.34 Balance de materia en la etapa de envasado.....	84
Figura 4.35 Resumen general del balance de materia del proceso de elaboración de bebida isotónica a partir de suero residual de yogurt griego.....	85
Figura 4.36 Balance de energía en la etapa de pasteurización.....	88