

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE BEBIDA FUNCIONAL A  
PARTIR DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*) Y PIÑA (*Ananas  
comosus*) ENDULZADO CON STEVIA”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ELIZABÉT CONTRERAS PRADO**

**Bach. JOHANNA PAOLA PURISACA SALINAS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2018**

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por la sabiduría, la fuerza y la iluminación que me concedió en cada instante para tomar decisiones y seguir adelante.

A mi familia, en especial a mi mamá Isabel por ser un ejemplo de sacrificio y dedicación, y a mis tías por su apoyo incondicional en todo momento; a mis primos por su comprensión.

A mis amigos y profesores por su apoyo moral, su comprensión y su amistad para poder mejorar como persona y como profesional.

Elizabeth Contreras Prado

## DEDICATORIA

*A Dios por otorgarme la fortaleza y sabiduría que requerí durante toda esta trayectoria.*

*A mis padres, Laura y German por el apoyo económico y sobre todo moral que me brindaron durante toda mi carrera, los cuales fueron el motor que me impulsaron a continuar.*

*A mi hermana mayor, ya que con su experiencia me brindó información muy importante para el desarrollo de la presente tesis.*

*Johanna Paola Purisaca Salinas*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro asesor, Dr. Cesar Moreno Rojo, quien nos supo guiar durante el desarrollo de nuestra tesis, brindándonos sus conocimientos y haber resuelto nuestras interrogantes.

A nuestros padres por la comprensión y el apoyo incondicional durante toda nuestra carrera universitaria para así poder cumplir nuestras metas.

Al Dr. Daniel Sánchez Vaca, por brindarnos sus conocimientos y tiempo dedicado que fueron fundamentales para cumplir el objetivo de la presente tesis.

Por último, agradecemos a todos aquellos docentes y compañeros que colaboraron con sus conocimientos y sugerencias que fueron positivos para mejorar nuestra investigación.

**Elizabét Contreras Prado**

**Johanna Paola Purisaca Salinas**

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. YACON .....	22
2.1.1.DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	22
2.1.2.VARIEDADES .....	30
2.1.3.COMPOSICIÓN QUÍMICA DE RAICES DEL YACON A UTILIZAR.....	30
2.1.4.PROPIEDADES.....	32
2.1.5.MADUREZ Y COMPORTAMIENTO POST-COSECHA .....	33
2.2. PIÑA.....	33
2.2.1.DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	33
2.2.2.CLASIFICACIÓN TAXONOMICA.....	35
2.2.3.VARIEDADES DE LA PIÑA .....	35
2.2.4.CONDICIONES DE CULTIVO DE LA PIÑA.....	36
2.2.5.COMPOSICION QUIMICA.....	37
2.2.6.PROPIEDADES DE LA PIÑA.....	39
2.2.7.USOS DE LA PIÑA .....	39
2.2.8.MADUREZ.....	40
2.2.9.COSECHA Y COMPORTANMIENTO POST COSECHA .....	41
2.3. STEVIA .....	42
2.3.1.DESCRIPCIÓN .....	42
2.3.2.COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	42
2.3.3.BENEFICIOS EN LA SALUD.....	42
2.4. ALIMENTOS FUNCIONALES.....	43

2.4.1.DEFINICIÓN.....	43
2.4.2.FUNCIONES .....	43
2.5. BEBIDA.....	44
2.5.1.BEBIDA FUNCIONAL.....	46
2.6. PREBIÓTICOS.....	49
2.6.1.DEFINICIÓN.....	49
2.6.2.CARACTERÍSTICAS DE LOS PREBIÓTICOS.....	50
2.6.3.VENTAJAS DE PREBIÓTICOS .....	50
2.7. FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS.....	51
2.7.1.DEFINICIÓN.....	51
2.7.2.FUNCIÓN .....	54
2.7.3.CARACTERIZACIÓN DE OLIGOSACÁRIDOS (OLIGO-FRUCTANO) .....	55
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>57</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	57
3.2. MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN .....	57
3.2.1.MATERIA PRIMA.....	57
3.2.2.INSUMOS.....	57
3.2.3.REACTIVOS .....	58
3.2.4.MATERIALES DE LABORATORIO .....	58
3.2.5.OTROS MATERIALES .....	59
3.2.6.EQUIPOS E INSTRUMENTOS .....	59
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	62
3.3.1.ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA .....	62
3.3.2.ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL .....	69
3.3.3.ANÁLISIS SENSORIAL .....	75
3.3.4.ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL.....	77
3.3.5.ANALISIS MICROBIOLÓGICOS .....	77

3.3.6.METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA FUNCIONAL.....	80
3.3.7.DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA FUNCIONAL.....	81
3.3.8.DISEÑO EXPERIMENTAL .....	89
3.3.9.DISEÑO ESTADÍSTICO .....	90
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>92</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA .....	92
4.1.1.YACON .....	92
4.1.2.PIÑA .....	97
4.2. FORMULACIÓN DE BEBIDAS.....	101
4.3. EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES: COLOR OLOR Y ACEPTABILIDAD GENERAL.....	101
4.3.1.COLOR .....	102
4.3.2.OLOR.....	103
4.3.3.SABOR .....	104
4.3.4.ACEPTABILIDAD GENERAL.....	105
4.4. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS .....	106
4.4.1.PH.....	106
4.4.2.BRIX .....	107
4.4.3.ACIDEZ.....	108
4.4.4.INDICE DE COLOR .....	109
4.4.5.FRUCTO-OLIGOSACARIDOS .....	110
4.5. SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO .....	111
4.6. EVALUACIÓN DE VIDA UTIL.....	114
4.6.1.ATRIBUTOS SENSORIALES: .....	114
4.6.2.ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS .....	118
4.7. CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO.....	123

4.7.1. CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS .....	123
4.7.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL .....	125
4.7.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS .....	126
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	128
5.2. RECOMENDACIONES .....	130
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>131</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>146</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición por 1 Kg de yacon fresco .....	31
Tabla 2: Composición nutricional de la piña en 100 g .....	38
Tabla 3: Composición nutricional de la Stevia industrializada. ....	42
Tabla 4: Clasificación general de bebidas funcionales. ....	48
Tabla 5: Principales frutas y vegetales considerados como prebióticos por el contenido de oligofructano (FOS).....	49
Tabla 6: Valor calórico y poder edulcorante de los fructooligosacáridos (FOS) en comparación con azúcares comunes y algunos edulcorantes sintéticos. ....	56
Tabla 7: Escala hedónica de 9 puntos.....	76
Tabla 8: Arreglo factorial .....	91
Tabla 9: Características morfológicas del yacon .....	92
Tabla 10: Características físicoquímicas del yacon.....	93
Tabla 11: Color instrumental del yacon. ....	96
Tabla 12: Características morfológicas de la piña.....	97
Tabla 13: Características físicoquímicas del extracto de piña.....	98
Tabla 14: Color instrumental del extracto de piña. ....	100
Tabla 15: Formulación de 9 tratamientos. ....	101
Tabla 16: Análisis de Varianza para COLOR - Suma de Cuadrados Tipo III. ....	102
Tabla 17: Análisis de Varianza para OLOR - Suma de Cuadrados Tipo III. ....	103
Tabla 18: Análisis de Varianza para SABOR - Suma de Cuadrados Tipo III.....	104

Tabla 19: Análisis de Varianza para ACEPTABILIDAD GENERAL - Suma de Cuadrados Tipo III.....	105
Tabla 20: Análisis de Varianza para PH - Suma de Cuadrados Tipo III.....	106
Tabla 21: Análisis de Varianza para BRIX - Suma de Cuadrados Tipo III. ....	107
Tabla 22: Análisis de Varianza para ACIDEZ - Suma de Cuadrados Tipo III. ....	108
Tabla 23: Análisis de Varianza para INDICE DE COLOR - Suma de Cuadrados Tipo III. ....	109
Tabla 24: Análisis de Varianza para FOS - Suma de Cuadrados Tipo III.....	110
Tabla 25: Arreglo factorial. ....	111
Tabla 26: ANOVA.....	112
Tabla 27: PRUEBA DE DUNCAN.....	112
Tabla 28: ATRIBUTO - COLOR.....	114
Tabla 29: ATRIBUTO - OLOR.....	115
Tabla 30: ATRIBUTO - SABOR .....	116
Tabla 31: ACEPTABILIDAD GENERAL .....	117
Tabla 32: PH.....	118
Tabla 33: ACIDEZ (%) .....	119
Tabla 34: Color instrumental.....	120
Tabla 35: Características fisicoquímicas del tratamiento óptimo.....	123
Tabla 36: Composición nutricional del tratamiento óptimo.....	125
Tabla 37: Análisis microbiológico en el tratamiento óptimo. ....	126

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Planta entera de yacon.....	23
Figura 2: Órganos subterráneos de la planta del yacon. ....	24
Figura 3: Órganos del yacon.....	25
Figura 4: Detalles de la planta de yacon.....	26
Figura 5: Principales formas de lámina de hoja (A-D) y de la lígula de la flor femenina de yacon (E-G).. ....	27
Figura 6: Inflorescencia del yacon.....	28
Figura 7: Variedades de yacon. ....	30

Figura 8: Planta de piña .....	34
Figura 9: Piña.....	34
Figura 10: Clasificación de las bebidas de acuerdo con su contenido o ausencia de alcohol .....	45
Figura 11: Diferentes bebidas funcionales .....	47
Figura 12: Información detallada de la composición química de los FOS: Entre 2 a 10 moléculas de F unidas por enlaces $\beta$ (2 $\rightarrow$ 1).....	51
Figura 13: Estructura química de 1-kestosa .....	53
Figura 14: Estructura química de Nistosa.....	53
Figura 15: Determinación de PH de la materia prima. ....	62
Figura 16: Determinación de sólidos solubles de la materia prima.....	62
Figura 17: Titulometría en la materia prima.....	63
Figura 18: Colorimetría de la materia prima. ....	64
Figura 19: Determinación de Humedad de la materia prima.....	65
Figura 20: Determinación de cenizas de la materia prima. ....	65
Figura 21: Determinación de azúcares reductores de la materia prima.....	66
Figura 22: Determinación de vitamina C de la materia prima. ....	67
Figura 23: Determinación de proteínas de la materia prima. ....	67
Figura 24: Determinación de FOS por HPLC. ....	68
Figura 25: Determinación de PH de la bebida.....	69
Figura 26: Determinación de Sólidos Solubles de la bebida.....	69
Figura 27: Determinación de acidez en la bebida.....	70
Figura 28: Determinación del color instrumental de la bebida. ....	70
Figura 29: Determinación de humedad en la bebida .....	71
Figura 30: Determinación de ceniza en la bebida.....	71
Figura 31: Determinación de vitamina C en la bebida. ....	72
Figura 32: Determinación de proteínas en la bebida .....	72
Figura 33: Determinación de FOS por HPLC. ....	73
Figura 34: Determinación de densidad de la bebida.....	73
Figura 35: Determinación de viscosidad de la bebida.....	74
Figura 36: Análisis sensorial de para seleccionar el tratamiento óptimo. ....	76
Figura 37: Análisis sensorial para determinar vida útil.....	77
Figura 38: Determinación de vida útil de la bebida.....	77
Figura 39: Determinación de hongos y levaduras. ....	78

Figura 40: Determinación de bacterias aerobias mesófilas. ....	78
Figura 41: Determinación de coliformes totales.....	79
Figura 42: Proceso de elaboración de la bebida funcional .....	80
Figura 43: Recepción de la materia prima: yacon .....	81
Figura 44: Selección del yacon.....	81
Figura 45: Lavado y Desinfección del yacon .....	82
Figura 46: Pesado del yacon.....	82
Figura 47: Pelado y Cortado del yacon. ....	83
Figura 48: Obtención de extracto de yacon. ....	83
Figura 49: Recepción de materia prima: piña.....	84
Figura 50: Selección de la piña.....	84
Figura 51: Lavado y Desinfección de la piña. ....	84
Figura 52: Pesado de piña.....	85
Figura 53: Pelado y Cortado de piña. ....	85
Figura 54: Obtención de extracto de piña.....	85
Figura 55: Formulación de bebida.....	86
Figura 56: Homogenización de mezcla. ....	86
Figura 57: Pasteurización de la bebida. ....	87
Figura 58: Envasado de la bebida y Sellado de botellas.....	87
Figura 59: Enfriado del producto envasado.....	88
Figura 60: Almacenamiento de la bebida a temperatura de refrigeracion.....	88
Figura 61: Diseño experimental de la bebida. ....	89
Figura 62: Caracterización morfológica del yacon.....	92
Figura 63: Caracterización morfológica de la piña .....	97

## **INDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Medias e Intervalos (LSD) - color.....	102
Gráfico 2: Medias e Intervalos (LSD) - Olor .....	103
Gráfico 3: Medias e Intervalos (LSD) - Sabor. ....	104
Gráfico 4: Medias e Intervalos (LSD) - Aceptabilidad general.....	105
Gráfico 5: Medias e Intervalos (LSD) - pH. ....	106

Gráfico 6: Medias e Intervalos (LSD) - °Bx.....	107
Gráfico 7: Medias e Intervalos (LSD) - % Acidez. ....	108
Gráfico 8: Medias e Intervalos (LSD) - Índice de color.....	109
Gráfico 9: Medias e Intervalos (LSD) - FOS. ....	110
Gráfico 10: Color - Vida Útil .....	114
Gráfico 11: Olor - Vida Útil .....	115
Gráfico 12: Sabor - Vida Útil .....	116
Gráfico 13: Aceptabilidad General - Vida Útil .....	117
Gráfico 14: pH - Vida Útil.....	118
Gráfico 15: Acidez - Vida Útil .....	120
Gráfico 16: Índice de Color - Vida Útil.....	121
Gráfico 17: Cromaticidad - Vida Útil.....	121
Gráfico 18: Angulo de Tonalidad - Vida Útil.....	122

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1: FORMULACIONES PARA AJUSTAR %STEVIA .....	146
ANEXO 2: DETERMINACIÓN DE pH.....	149
ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (°Bx). ....	149
ANEXO 4: DETERMINACIÓN DE ACIDEZ.....	150
ANEXO 5: DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE COLOR.....	150
ANEXO 6: DETERMINACIÓN DE HUMEDAD. ....	151
ANEXO 7: DETERMINACIÓN DE CENIZAS. ....	152
ANEXO 8: DETERMINACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES POR ESPECTROFOTOMETRÍA. ....	152
ANEXO 9: DETERMINACIÓN DE VITAMINA C (Ácido Ascórbico).....	154
ANEXO 10: DETERMINACIÓN DE PROTEINAS. ....	155
ANEXO 11: DETERMINACIÓN DE DENSIDAD.....	156
ANEXO 12: DETERMINACIÓN DE FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS.....	157
ANEXO 13: CROMATOGRAMAS .....	159
ANEXO 14: PROCEDIMIENTOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	169

ANEXO 15: EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES: COLOR, OLOR, SABOR Y ACEPTABILIDAD GENERAL .....	172
ANEXO 16: EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.....	176
ANEXO 17: ETIQUETA PARA BEBIDA FUNCIONAL.....	183

## INDICE DE TABLAS – ANEXOS

Tabla A 1: Ajuste de % stevia para una Dilución 1:1 .....	146
Tabla A 2: Ajuste de % stevia para una Dilución 1:1.5 .....	147
Tabla A 3: Ajuste de % stevia para una Dilución 1:2 .....	148
Tabla A 4: Análisis de pH en los 9 tratamientos .....	149
Tabla A 5: Análisis de °Bx en los 9 tratamientos.....	149
Tabla A 6: Análisis de acidez en los 9 tratamientos.....	150
Tabla A 7: Resumen – Nystose .....	162
Tabla A 8: Resumen – 1-Kestose .....	166
Tabla A 9: Método: 95.0 porcentaje Duncan. ....	172
Tabla A 10: Método: 95.0 porcentaje Duncan. ....	173
Tabla A 11: Método: 95.0 porcentaje Duncan para sabor - Dilución.....	174
Tabla A 12: Método: 95.0 porcentaje Duncan para sabor – proporción .....	175
Tabla A 13: Método: 95.0 porcentaje Duncan. ....	176
Tabla A 14: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución. ....	177
Tabla A 15: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Proporción.....	177
Tabla A 16: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución. ....	178
Tabla A 17: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Proporción.....	179
Tabla A 18: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución. ....	180
Tabla A 19: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución. ....	181
Tabla A 20: Método: 95.0 porcentaje Duncan - Dilución. ....	182
Tabla A 21: Método: 95.0 porcentaje Duncan - Proporción. ....	182

## INDICE DE GRÁFICOS - ANEXOS

Gráfico A 1: Curva de Calibrado para Azucares Reductores .....	153
Gráfico A 2: Curva de Calibrado para Vitamina C .....	154
Gráfico A 3: Concentración 50ppm - Nystose .....	159
Gráfico A 4: Concentración 70ppm - Nystose .....	160
Gráfico A 5: Concentración 90ppm – Nystose.....	161
Gráfico A 6: Curva de Calibrado para Nystose .....	162
Gráfico A 7: Concentración 50ppm - 1-Kestose .....	163
Gráfico A 8: Concentración 70ppm - 1-Kestose .....	164
Gráfico A 9: Concentración 90ppm - 1-Kestose .....	165
Gráfico A 10: Curva de Calibrado para 1-Kestose.....	166
Gráfico A 11: Nystose para tratamiento optimo.....	167
Gráfico A 12: 1-Kestose para tratamiento optimo.....	168
Gráfico A 13: Interacción de factores respecto al color. ....	172
Gráfico A 14: Intersección respecto al olor.....	173
Gráfico A 15: Intersección de factores respecto al sabor. ....	174
Gráfico A 16: Intersección entre factores respecto a la aceptabilidad general.....	175
Gráfico A 17: Intersección de factores respecto al pH. ....	176
Gráfico A 18: Interacción entre factores respecto a grados Brix. ....	178
Gráfico A 19: Interacción de factores respecto a la acidez. ....	179
Gráfico A 20: Interacción de factores respecto al índice de color.....	180
Gráfico A 21: Interacción entre factores respecto al FOS.....	181

## RESUMEN

Las bebidas pueden ser funcionales dependiendo si llevan un ingrediente que enriquezca al producto, brindándole un beneficio al consumidor final, o si el producto final ofrece un beneficio interesante al mismo debido a su composición. El objetivo de este estudio fue elaborar y evaluar una bebida funcional a partir de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) y piña (*Ananas comosus*) endulzado con stevia; teniendo como finalidad ofrecer un producto con propiedades funcionales, las cuales están enfocadas principalmente en el uso del yacon y stevia. Se inicia con la caracterización de la materia prima (Yacon y Piña), para luego realizar la formulación de la bebida, considerando dos variables independientes: Proporción (30% Y-70% P, 50% Y-50% P, 70% Y-30% P) y Dilución pulpa: agua (1:1, 1:1.5 y 1:2); y variables dependientes: color, olor, sabor, aceptabilidad general (atributos sensoriales) y %FOS (1-Kestose y Nystose), pH, acidez, °Bx, color instrumental (fisicoquímicos).

Para la selección del tratamiento óptimo, se realizó una prueba de preferencia (evaluación sensorial subjetiva) por el tipo de Escala Hedónica (9 puntos) a 40 panelistas no entrenados, y una evaluación fisicoquímica: %FOS (1-Kestose y Nystose), pH, acidez, °Bx y color instrumental, utilizando el modelo estadístico - Diseño factorial para su interpretación; obteniéndose dos tratamientos que no presentaron diferencia significativa entre ambas y que además obtuvieron la mayor puntuación en cuanto a sus características sensoriales, siendo los tratamientos de código 357 (30% de yacon – 70% de piña) y 574 (50% de yacon – 50% de piña), ambos con una dilución 1:1. De este modo se tomó en cuenta la composición nutricional (específicamente %FOS) para lograr un mayor efecto positivo en el consumidor, quedando seleccionado el tratamiento de código 574 (50% de yacon – 50% de piña).

Finalmente se realizó la caracterización del tratamiento óptimo, obteniéndose lo siguiente: pH de  $3.58 \pm 0.03$ ,  $5 \pm 0.01$ °Bx,  $0.36 \pm 0.01$ % de acidez, densidad de  $1.02 \pm 0.01$  g/ml, viscosidad de  $13.55 \pm 0.15$  cP, índice de color de  $-14.03 \pm 1.65$ ,  $91.33 \pm 0.01$ % de humedad,  $0.67 \pm 0.04$ % de cenizas,  $2.97 \pm 0.01$  mg Vit. C/100ml,  $0.31 \pm 0.07$ % de proteínas y FOS (1-Kestose = 0.06% y Nystose = 0.13%), considerándose de forma adicional el análisis microbiológico, el cual reportó ausencia de mesófilos viables y coliformes totales. Por último, se determinó que la vida útil del tratamiento óptimo fue de 15 días.

## ABSTRACT

Drinks can be functional depending on whether they contain an ingredient that enriches the product, providing a benefit to the final consumer, or if the final product offers an interesting benefit to it, due to its composition. The objective of this study was to elaborate and evaluate a functional beverage from yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and pineapple (*Ananas comosus*) sweetened with stevia; with the purpose of offering a product with functional properties, which are mainly focused on the use of yacon and stevia. It starts with the characterization of the raw material (Yacon and Pineapple), to then make the beverage formulation, considering two independent variables: Proportion (30% Y-70% P, 50% Y-50% P, 70% Y-30% P) and Dilution pulp: water (1:1, 1:1.5 y 1:2); and dependent variables: color, smell, taste, general acceptability (sensory attributes) and % FOS (1-Kestose and Nystose), pH, acidity, ° Bx, instrumental color (physicochemicals).

For the selection of the optimal processing, a preference test (subjective sensory evaluation) was performed by the Hedonic Scale type (9 points) to 40 untrained panelists, and a physicochemical evaluation: %FOS (1-Kestose and Nystose), pH, acidity, °Bx and instrumental color, using the statistical model - Factorial Design for their interpretation; obtaining two processes that did not present significant difference between both and that also obtained the highest score in terms of their sensorial characteristics, being the processes of codes 357 (30% of yacon - 70% of pineapple) and 574 (50% of yacon - 50% pineapple), both with a 1:1 dilution. In this way, the nutritional composition (specifically % FOS) to achieve a greater positive effect on the consumer, being selected the processes of code 574 (50% yacon - 50% pineapple).

Finally, the characterization of the optimal processing was performed, obtaining the following: pH of  $3.58 \pm 0.03$ ,  $5 \pm 0.01$ °Bx,  $0.36 \pm 0.01$ % of acidity, density of  $1.02 \pm 0.01$ g/ml, viscosity of  $13.55 \pm 0.15$  cP, color index of  $-14.03 \pm 1.65$ ,  $91.33 \pm 0.01$ % of moisture,  $0.67 \pm 0.04$ % of ash,  $2.97 \pm 0.01$  mg Vit. C/100ml,  $0.31 \pm 0.07$ % of protein and FOS (1-kestose = 0.06% and Nystose = 0.13%), considering additionally the microbiological analysis, which reported absence of viable mesophiles and total coliforms. Finally, it was determined that the useful life of the optimal processing was 15 day

## I. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial, en la Ciencia de la nutrición humana, indica el interés de los consumidores de prevenir riesgos de enfermedades mediante alimentos naturales que van más allá del olor, sabor, textura o valor nutricional, es así como la Industria Alimentaria ya por los 90's se encargó, de innovar y lanzar al mercado alimentos con estas características, que hoy en día se conocen como "Alimentos Funcionales", dentro de los cuales se encuentran clasificadas las bebidas funcionales. (Díaz, 2014)

En el Perú, la demanda de las bebidas funcionales se está dinamizando y crece a un ritmo de 300% debido a los mejores hábitos alimenticios de la población. (AJE, 2009) Esta evolución está superando las expectativas, ya que la tendencia en el mundo y al nivel nacional, es consumir productos sanos y nutritivos. (Polanco, 2009)

Hoy en día problemas como sobrepeso, diabetes y enfermedades cardiovasculares preocupan a la población al nivel mundial. (Jiménez, 2017)

De este modo, surge el problema como la necesidad de consumir productos que aporten propiedades beneficiosas para la salud, independiente de sus propiedades nutritivas. Es por ello que al industrializar el yacon, nos permite dar a conocer este producto poco aprovechado debido a su apariencia (Aranceta y Gil, 2010) y que nos proporciona un efecto prebiótico, debido a que almacena principalmente fructooligosacáridos (FOS), los cuales son azúcares que se metabolizan en el organismo como fibra soluble aportando menos cantidad de carbohidratos que los azúcares comunes y evitando además la elevación de la glucosa en sangre. (Muñoz, 2009) Complementando dicha funcionalidad, se utilizó stevia ya que es considerada como el mejor edulcorante natural no calórico, sustituyente del azúcar debido a que es de 100 a 300 veces más dulce. (Lemus *et al.*, 2012)

Así mismo, la piña aporta en el contenido nutricional, debido a sus propiedades diuréticas y desintoxicantes. (Coulter, 1983)

El siguiente trabajo de investigación tiene por objetivo principal elaborar y evaluar una bebida funcional en partir de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) y piña (*Ananas comosus*) endulzado con stevia; y como objetivos específicos evaluar las características morfológicas y fisicoquímicas de la materia prima, formular 9 tratamientos con diferentes proporciones y diluciones, evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de los tratamientos en base al análisis estadístico de diseño factorial, cuantificar el FOS (1-Kestose y Nystose) presente en cada tratamiento mediante el análisis de HPLC, determinar la vida útil del tratamiento óptimo, realizar la caracterización fisicoquímica del tratamiento óptimo y realizar el análisis microbiológico del tratamiento óptimo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. YACON

#### 2.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El yacon es una especie de la familia Asteraceae (también llamada Compositae) y su nombre científico es *Smallanthus sonchifolius*.

En la literatura científica se ha usado también *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. Y *Polymnia edulis* Wedd. para referirse al yacon. Originalmente el yacon había sido clasificado dentro del género *Polymnia*. (Wells, 1965)

Sin embargo, algunos años más tarde Robinson (1978) determinó que muchas de las especies del género *Polymnia*, entre las cuales se encontraba el yacon, en realidad pertenecían al género *Smallanthus*. Las diferencias entre los dos géneros se refieren al patrón de estrías en la superficie del fruto (aquenio), la presencia de un verticilo externo de brácteas involucrales, la ausencia de glándulas en el apéndice de la antera, entre otros. En la actualidad el género *Smallanthus* es el más usado entre los taxónomos para identificar al yacon. (Grau & Rea, 1997)

Según lo que cita Manrique (2003), el Género *Smallanthus* comprende 21 especies, de las cuales siete han sido encontradas en el Perú, estas son: *S. fruticosus* (Benth) H. Robinson, *S. glabratus* (DC.) H. Robinson, *S. jelksii* (Hieron) H. Robinson, *S. parviceps* (Blake) H. Robinson, *S. riparius* (H.B.K) H. Robinson, *S. siegesbeckius* (DC.) H. Robinson y *S. sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson.

#### a. La planta

La planta de yacon es herbácea perenne, mide de 1 a 2.5 m de alto.

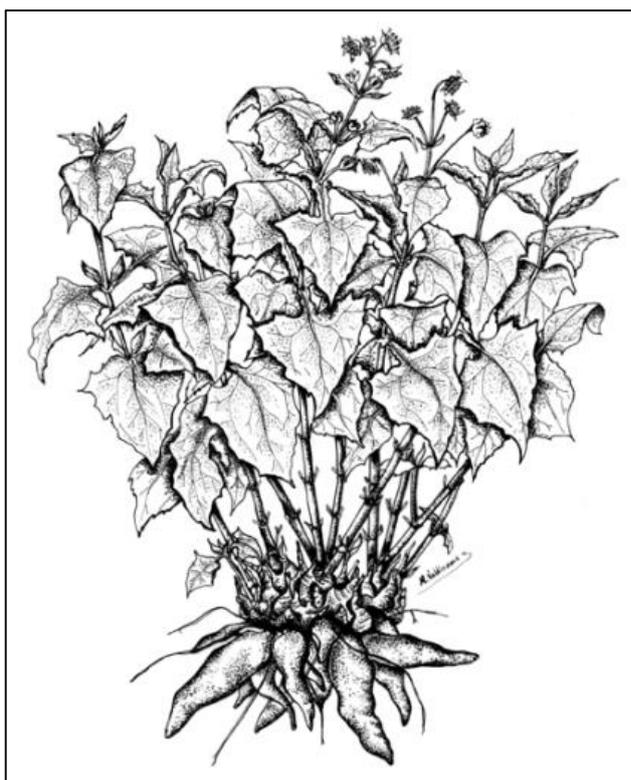


Figura 1: Planta entera de yacon

FUENTE: Seminario *et al.*, 2003

Si proviene de semilla, consta de un solo tallo principal, a veces ramificado desde la base, otras veces, sólo con ramas pequeñas en la parte superior. Si la planta proviene de propágulo o semilla vegetativa, consta de varios tallos. Los tallos son cilíndricos, pilosos y huecos, de color verde a púrpura.

El yacon tiene dos tipos de raíces: fibrosas y reservantes. Las raíces fibrosas son muy delgadas y su función es la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las raíces reservantes son engrosadas, fusiformes u ovadas, de color blanco, crema o púrpura, principalmente. (Figs. 2A)



Figura 2: Órganos subterráneos de la planta del yacon. **A.** Raíces reservantes y cepa. **B.** Vista cercana de la cepa.

FUENTE: Manrique *et al.*, 2003

**b. La raíz reservante**

La forma y el tamaño de la raíz reservante del yacon se parece mucho a ciertos cultivares de camote, a tal punto que la similitud de las dos especies puede generar fácilmente confusiones a primera vista. La forma varía entre esférico a obovado y muy alargados, a menudo con formas contorsionadas que dificultan mucho el pelado e incrementan el costo del procesamiento. La superficie puede ser lisa, con hendiduras longitudinales y constricciones transversales. (Manrique *et al.*, 2003)

El peso de la raíz es altamente variable: dentro de una misma planta puede diferir entre 50 y 1000 g, aunque por lo general varía entre 200 y 500 g. (Polreich, 2003)

Normalmente una planta produce entre 2 y 3 kg de raíces, pero es probable que su rendimiento supere los 5 kg si se aplican prácticas culturales apropiadas, como el uso de fertilizantes, riego adecuado, control de plagas y enfermedades, entre otras.

Amaya (2000); indica que en varios ensayos experimentales se ha conseguido, con cierta frecuencia, rendimientos superiores a los 10 kg por planta.

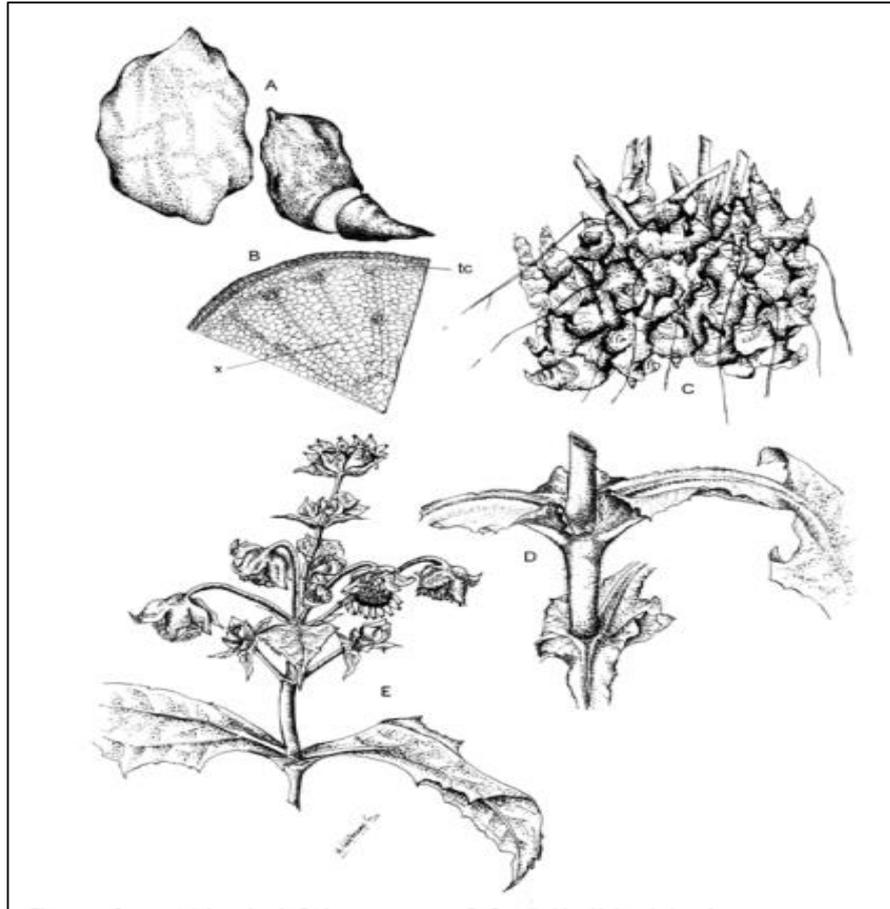


Figura 3: Órganos del yacon. A. Raíces reservantes. B. Detalle histológico de la raíz reservante en corte transversal: x, tejido xilemático; tc, tejidos corticales. C. Cepa o corona. D. Rama de la inflorescencia. E. Disposición de las hojas en el tallo.

FUENTE: Seminario *et al.*, 2003

El patrón de crecimiento secundario de la raíz, el cual determina su engrosamiento, es muy similar al de las plantas dicotiledóneas. Se produce por un incremento en la actividad del cambium vascular que se ubica entre el xilema y el floema. Este cambium vascular consiste inicialmente de franjas separadas, formadas por la división de células entre el xilema primario y el floema primario. Posteriormente, las franjas se juntan y encierran al xilema primario. Las células producidas por este cambium se dividen y expanden simultáneamente durante todo su desarrollo, a la vez que almacenan reservas (Benjamín *et al.* 1997).

**c. La cepa o corona**

La cepa es un órgano subterráneo sobre el cual se desarrollan abundantes yemas vegetativas (Fig. 3C y Figs. 4A y 4B). Se forma por el engrosamiento de la parte del tallo que está dentro de la tierra y que está unida a las raíces. Sus tejidos almacenan sustancias de reserva en forma de carbohidratos simples y fructooligosacáridos, los cuales posiblemente sirven de alimento a las yemas cuando éstas van a brotar (Seminario *et al.*, 2003).

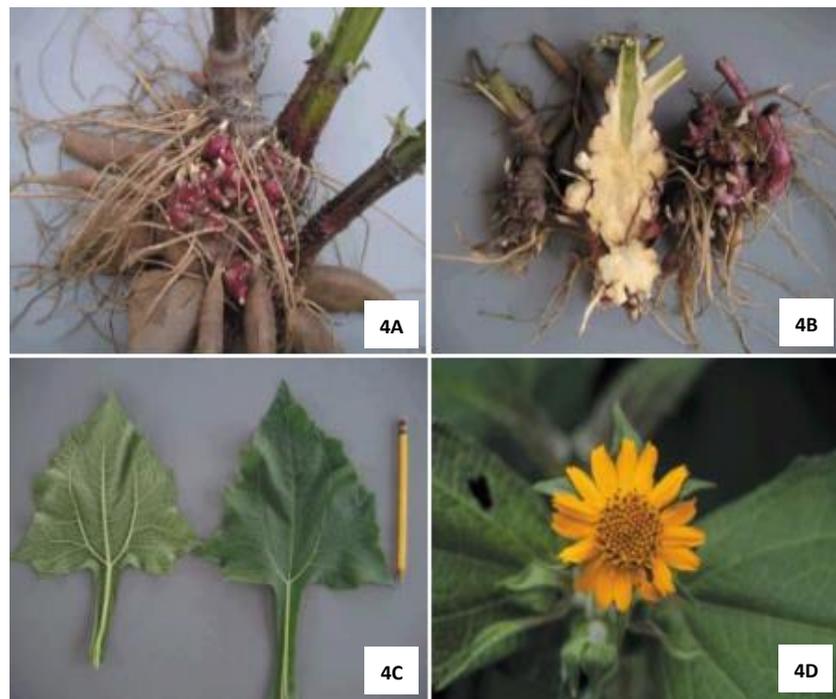


Figura 4: Detalles de la planta de yacón. A. Parte subterránea de la planta. B. Corte transversal de la corona. C. Hojas de una planta de yacón. D. Inflorescencia típica de una planta de yacón.

FUENTE: Seminario *et al.*, 2003

**d. La hoja**

Las hojas son opuestas (Fig. 3D), de lámina triangular, de base trunca, hastada o cordada (acorazonada). (Fig. 4C y Figs. 5A, 5B, 5C y 5D.) (Seminario *et al.*, 2003)

Se producen entre 13 a 16 pares de hojas grandes hasta la floración, después de esta, solo produce hojas pequeñas. Después de la floración la planta sólo produce hojas pequeñas. (Zardini, 1991)

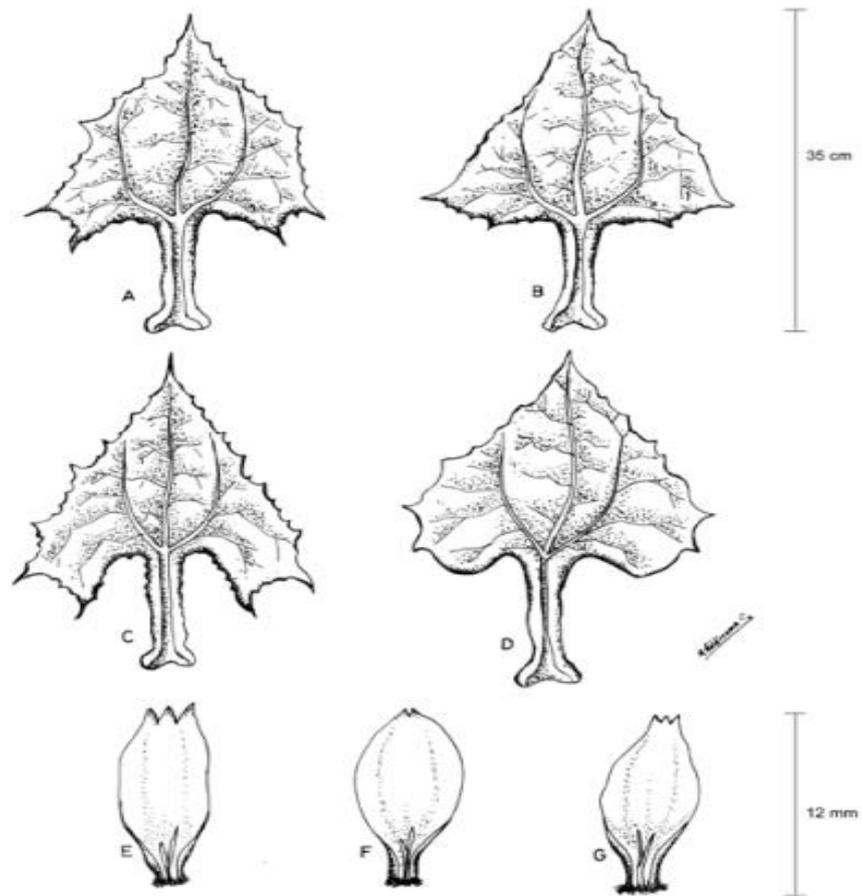


Figura 5: Principales formas de lámina de hoja (A-D) y de la lígula de la flor femenina de yacon (E-G). **A** y **C**. Triangular hastada. **B**. Triangular truncada. **D**. Cordada. **E**. Oblonga. **F**. Ovada elíptica. **G**. Elíptica.

FUENTE: Seminario *et al.*, 2003

**e. La inflorescencia**

La rama floral es terminal de ramificación dicásica, compuesta de inflorescencias llamadas capítulos o cabezuelas (Fig. 3E). Cada rama floral puede presentar entre 20 a 40 capítulos. Una planta puede producir 20 a 80 capítulos. Cada capítulo está formado por flores femeninas y masculinas. Las flores femeninas se ubican en el verticilo externo, cuya parte más vistosa y coloreada de amarillo es la lígula. Las flores masculinas son tubulares y más pequeñas, se ubican en los verticilos internos del receptáculo. El involucreo es acampanado y hemisférico, con brácteas involucrales (5 a 6) en una sola serie envolviendo al receptáculo. Uniendo al capítulo está el pedúnculo que mide unos 35 a 37 mm (Grau y Rea, 1997).

Cada capítulo presenta entre 14 a 16 flores femeninas y entre 80 a 90 flores masculinas. Las flores femeninas (zigomorfas), al abrirse el botón floral, aparecen como puntos amarillos; abren antes que las flores masculinas y por lo general se marchitan antes que las últimas flores masculinas. (Manrique *et al.*, 2003)



Figura 6: Inflorescencia del yacon

FUENTE: Mansilla, 2010

**f. La flor femenina**

La corola de la flor femenina está formada por la fusión de cinco pétalos (corola simpétala). Tres de estos pétalos forman la lígula, que es ensanchada en la parte media y bi o tridentada en el ápice, a veces con dientes apenas visibles. Los otros dos pétalos están reducidos, formando un pequeño tubo en la parte basal de la lígula. Rodeando a la rama estigmática, en su parte externa y por encima del ovario, se inserta el papus o vilano, que son brácteas modificadas en pequeñas cerditas o pelos de color blanquecino. La lígula mide entre 11 a 14 mm. Puede ser oblonga, ovado-elíptica y elíptica (Figs. 5E, 5F y 5G).

La forma de la lígula es un carácter que se toma en cuenta para la caracterización de germoplasma de yacon. El estilo es recto en los dos tercios inferiores, en el tercio superior se abre formando un estigma bilabiado. El ovario es fusiforme a troncocónico, de color púrpura.

**g. La flor masculina**

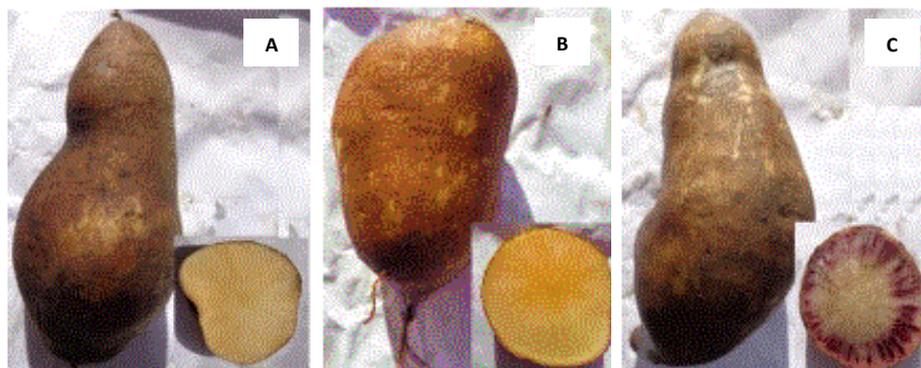
Las flores masculinas se abren por series, partiendo desde la periferia. La flor masculina posee gineceo no funcional. La corola está formada por cinco pétalos soldados formando un tubo pentadentado (5-lobular), con una densa pilosidad en la cara externa. Presenta cinco estambres de filamentos libres y anteras connadas a la parte apical del estilo (estigma). En la antesis, las anteras se rompen dejando visible el estilo, de color amarillo, que sobresale de la corola tubular. Las anteras son de color negro, con finas líneas amarillentas en la connación. El grano de polen es esférico y aculeado (espinoso) y a veces, tripulado. Es de color amarillo brillante y tiene consistencia pegajosa, con un diámetro promedio de  $27\mu$  (rango de 20 a  $30\mu$ ). (Seminario *et al.*, 2003)

**h. El fruto**

El fruto es un aquenio, que procede de un ovario ínfero con más de un carpelo (Font Quer, 1970). El pericarpio es delgado y seco a la madurez, externamente presenta estrías longitudinales que forman surcos paralelos. La semilla se encuentra unida al pericarpio solamente por el funículo (unión del saco embrionario con el ovario). El aquenio es piramidal con ángulos no bien definidos y redondeados, de ápice truncado y base ensanchada, en la cual lleva una pequeña cicatriz (en la unión con el receptáculo floral). En promedio, mide alrededor de 3.7 mm de largo y 2.2 mm de ancho. Cien aquenios pesan entre 0.6 a 1.2 g. La semilla es exalbuminosa, en ella, el albumen o endospermo ha desaparecido y todas las sustancias de reserva se concentran en los cotiledones. Por ello, éstos son más prominentes y ocupan el mayor espacio en la semilla, en cambio el embrión es una masa de células no diferenciadas. La semilla está cubierta por una testa de capa simple, al interior está recorrida por tejido vascular muy ramificado, de células irregulares, compactas, donde no se notan los espacios intercelulares. (Seminario *et al.*, 2003)

### 2.1.2. VARIEDADES

Huaycho *et. al* (2016) identifica durante las visitas realizadas en las actividades de siembra y cosecha a las familias en las comunidades de estudio, tres variedades de yacon: el morado o kulli, el amarillo y blanco. A continuación, se presentan dichas variedades de yacon:



**Figura 7:** Variedades de yacon. A. Variedad blanca. B. Variedad amarilla. C. Variedad morada.

FUENTE: Huaycho *et. al.*, 2016

### 2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE RAICES DEL YACON A UTILIZAR

El yacon es una de las raíces reservantes comestibles con mayor contenido de agua. Según diversos autores, entre 83% y 90% del peso fresco de las raíces es agua. En términos generales, los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 50% y 70% son fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos está conformado por la sacarosa, fructosa y glucosa (Lachman *et al.* 2003)

Sin embargo, la composición relativa de los diferentes azúcares varía significativamente debido a diferentes factores, como el cultivar, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura en poscosecha, entre otros. (Seminario *et al.* 2003)

Las raíces reservantes acumulan, además, cantidades importantes de potasio, compuestos polifenólicos, derivados del ácido cafeico,

sustancias antioxidantes, como ácido clorogénico triptófano y varias fitoalexinas con actividad fungicida.

**Tabla 1: Composición por 1 Kg de yacon fresco**

<b>COMPUESTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>RANGO</b>
Materia seca	g	115	98-136
Carbohidratos	g	106	89-127
Fructanos	g	62	31-89
Glucosa libre	g	3.4	2.3-5.9
Fructosa libre	g	8.5	3.9-21.1
Sacarosa libre	g	14	10-19
Proteína	g	3.7	2.7-4.9
Fibra	g	3.6	3.1-4.1
Lípidos	mg	244	112-464
Calcio	mg	87	56-131
Fósforo	mg	240	182-309
Potasio	mg	2282	1843-2946

FUENTE: Hermann *et al.*, 1999.

#### 2.1.4. PROPIEDADES

Lachman *et al.* (2003) menciona las siguientes propiedades:

- Gracias a las diferentes investigaciones realizadas se ha descubierto que el yacon es un alimento prebiótico, es decir, produce una fibra no digerible que favorece la salud del consumidor al estimular un grupo de bacterias benéficas, mejorando el balance intestinal y regulando de esta manera los desórdenes gastrointestinales y previniendo infecciones en el sistema digestivo. Asimismo, esta acción evita la formación de células cancerígenas en el colon.
- Igualmente, el yacon mejora la asimilación del calcio en el organismo; sintetiza las vitaminas de complejo B, las cuales son las encargadas de mantener en buenas condiciones el sistema nervioso y cuida la salud mental
- Otra propiedad del yacon es que fortalece el sistema inmunológico; reduce significativamente el nivel de colesterol, triglicéridos y glucosa en la sangre; además de contrarrestar el estreñimiento. Su consumo crónico reduce la pérdida de calcio y fósforo en los huesos. En Cajamarca, algunos pobladores tienen por costumbre comer yacon antes de dormir con la finalidad de retardar el envejecimiento.
- Tradicionalmente el yacon es consumido como fruta fresca o como puré, teniendo un sabor muy similar al puré de manzana. Sin embargo, debido al aumento de la demanda de este producto se está consumiendo de formas tan diversas como pasas de yacon -las cuales son producto de la deshidratación al ambiente de este tubérculo-, hojuelas, jarabe de yacon, te de yacon, bebidas de yacon y harina de yacon. Asimismo, el yacon ha incursionado en la cocina Novoandina a través de postres entre los cuales podemos encontrar la torta, helado, cóctel y mermelada de yacon, entre otros derivados.

### 2.1.5. MADUREZ Y COMPORTAMIENTO POST-COSECHA

Los principales indicadores de cosecha en yacon son: amarillamiento y caída de hojas, cese de la floración e inflorescencias secas, tallos senescentes y tendidos, rebrotamiento de nuevos talluelos, raíces con rajaduras y exudación de goma, entre otros.

Una vez sacadas y desgajadas de la cepa, las raíces son bastante susceptibles a la deshidratación, y pierden peso rápidamente. Lo más aconsejable es colocarlas bajo sombra y en lugar fresco una vez cosechadas o, simplemente no lavarlas, manteniendo la tierra que las cubre a manera de cubierta contra la deshidratación. También hay que tener en cuenta que después de cosechadas las raíces, el contenido de FOS (azúcares para diabéticos), disminuye en cierta cantidad.

Como consecuencia de la deshidratación, las raíces pierden peso y adquieren una apariencia rugosa que las hace menos atractivas para el consumidor. Lo más recomendable para evitar una deshidratación rápida es cosechar las raíces y ponerlas inmediatamente en un lugar fresco y con sombra. Si las raíces no se van a comercializar directamente después de la cosecha y se van a almacenar por un periodo corto de tiempo, es preferible hacer el embalaje con las raíces sucias (con tierra). De esta manera, la tierra adherida a las raíces puede ayudar a que la deshidratación sea más lenta y a que se produzca un menor daño en la cáscara de las raíces durante el transporte. (Seminario *et al.*, 2003)

## 2.2. PIÑA

### 2.2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La piña (*Ananas comosus*) es una planta herbácea que puede alcanzar una altura de 1.20 y 1.50 metros. Su tallo es vertical, corto y robusto, con hojas alargadas de bordes lisos o espinosos. Las raíces son cortas, delgadas y con muchas raicillas bastante superficiales que se renuevan constantemente. Del centro de la planta sale un eje que sostiene una inflorescencia o espiga con brácteas verdes o rojas, de las que brotan las flores de color blanco o violeta claro, de las que más tarde se forman los

frutos. El fruto es generalmente cilíndrico, pero en algunas variedades es oval o cónico de color verdoso amarillento, rojizo o amarillo, según la variedad y estado de madurez. El corazón es bastante grueso, sobre todo en las piñas de carne blanca (Enciclopedia Agropecuaria Terranova, 2001)

La planta de piña presenta alta plasticidad morfológica y fisiológica; las hojas, largas y estrechas, parten en espiral de un pequeño tallo central formando una roseta, como se muestra en la Figura 8 (Aragón *et al.* 2012).



Figura 8: Planta de piña  
FUENTE: SENASICA, 2015.

La piña, es un fruto en sorosis: conjunto de 100 a 200 frutos pequeños procedentes de flores hermafroditas reunidas en amento (espiga articulada por su base y compuesta de flores de un solo sexo. (Díaz, 1981)



Figura 9: Piña  
FUENTE: Garcidueñas, 2013

### 2.2.2. CLASIFICACIÓN TAXONOMICA

Jiménez (1999). Manifiesta que la piña se encuentra dentro la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal

Clase: Angiosperma.

Subclase: Monocotiledónea

Orden: Farinosae (Xyridae)

Familia: Bromeliaceae

Género: Ananas

Especie: comosus

Nombre científico: Ananas comosus

Nombre Común: Piña

### 2.2.3. VARIEDADES DE LA PIÑA

Según Bartholomew *et al.* (2002), las variedades de piña más comerciales son las siguientes:

- a. **Abacaxi:** Originario de Brasil y África. Los frutos tienen forma cónica piramidal, presentan brácteas frágiles, en relieve y de forma hexagonal. Su peso oscila entre 1.5 - 2 Kg y tienen elevado contenido en azúcares, de 13 - 17 %. Las hojas tienen fuertes espinas y los frutos no son buenos para enlatado ni exportación como fruta fresca.
- b. **Cayenne:** Es originario de la Guayana francesa y la variedad más conocida es la “Smooth Cayenne” o ‘Cayenne lise’. Se caracteriza por presentar frutos de aspecto exterior anaranjado — rojizo al alcanzar la madurez y pulpa interior de color dorado. Tiene forma cilíndrica, que le hace muy aconsejable para su uso en la industria de enlatado. Las brácteas tienen forma hexagonal plana y las hojas sin espinas. El peso del fruto es aproximadamente 2 Kg.

En su no de los cultivares más extendidos por su alta rentabilidad y buena calidad de sus frutos (alto contenido en azúcares) junto a una elevada resistencia al ataque de hongos, siendo muy utilizado en la industria conservera.

- c. Queen:** Se caracteriza por presentar frutos más pequeños, con brácteas hexagonales prominentes. Las variedades más conocidas son: “Natal Queen”, “Z Queen” y “Ripely Queen”
- d. Spanish:** Más conocido como “Red Spanish”. Sus frutos son de tamaño mediano con brácteas hexagonales irregulares, hojas con espinas y una corona central bien desarrollada; pulpa interna fibrosa y sabor característico. Se cultiva principalmente en las Islas del Caribe. Esta es una buena variedad para la exportación de fruta fresca, al contrario de la variedad “Singapore Spanish” que tiene mejor aplicación en la industria del enlatado.

#### 2.2.4. CONDICIONES DE CULTIVO DE LA PIÑA

El cultivo de la Piña se desarrolla en condiciones favorables en altitudes que van desde 100 hasta 600 metros sobre el nivel del mar, aunque experiencias realizadas en diferentes áreas del país indican que se puede cultivar desde el nivel del mar. Las temperaturas ideales a las cuales se desarrolla el cultivo oscilan entre 20 y 30°C, aunque temperaturas de 25 a 27°C serían las óptimas para su crecimiento. Precipitaciones entre 1,500 y 2,000 milímetros de lluvia anual son necesarias para garantizar un crecimiento normal del cultivo, y en los periodos secos, utilizar riego complementario para no detener su desarrollo y en condiciones de exceso de lluvia, realizar prácticas de drenaje. Los suelos con mejores condiciones para el desarrollo de este cultivo son los de textura livianas y bien drenados. (Oirsa, 2005)

La piña es una fruta muy resistente a la desecación, hasta el punto que ensayos de cultivos irrigados no han mostrado efecto positivo en la calidad del fruto. (Robert, 1986)

Los suelos ligeros, con textura predominantemente arenosa, de buena permeabilidad y drenaje, y muy ácidos (pH 4.0 a 4.5) son recomendables para la piña (Osseni et al. 1997)

### 2.2.5. COMPOSICION QUIMICA

Dado que la piña es una fruta compuesta de múltiples frutas, cuya maduración no es simultánea sino progresiva desde la base hasta el ápice, su composición química tampoco es uniforme y depende de múltiples factores como: la variedad, estado de madurez, factores climáticos, condiciones de cultivo, etc. (Hurtado, 1992)

El principal componente de la piña es el agua, que constituye aproximadamente el 85 % de su peso. Esta cantidad de agua convierte a la piña en un alimento con un valor energético muy bajo, por lo que personas con problemas de exceso de peso u obesidad pueden incluirla en su alimentación sin ningún problema. El nutriente principal de la piña son los hidratos de carbono simples, que suponen aproximadamente el 11 % de su peso, 0.6 por ciento de ácido (del cual 87 por ciento es cítrico, el resto ácido málico), 0.4 por ciento de proteínas, 0.5 por ciento de cenizas (principalmente K), 0.1 por ciento de grasas, algo de fibra y diversas vitaminas (principalmente A y C). El contenido de vitamina C varía de 8 a 30 mg/100 g. (Samson, 1991).

El contenido en vitaminas cabe destacar la presencia de vitamina e, responsable de importantes funciones en el organismo como su participación en la formación del colágeno (proteína presente en huesos, dientes y cartílagos), de los glóbulos rojos, de los corticoides (hormonas) y de los ácidos biliares. Además, la vitamina e favorece la absorción de hierro por parte de nuestro cuerpo y posee una importante función inmunológica ya que potencia la resistencia del organismo frente a las infecciones. La vitamina e es una sustancia con acción antioxidante, es decir, nos protege frente a los radicales libres, asociados al envejecimiento y a algunas enfermedades. Además de vitamina e, la piña posee en cantidades inferiores, vitamina B1 y B6. En relación con los minerales, potasio, magnesio, cobre y manganeso, son los más abundantes. (Villachica, 2001)

El siguiente cuadro explica la información nutricional que contiene 100 gramos de piña:

- Respecto al contenido de aminoácidos, los mayoritarios son glicina y alanina. (Dull, 1971)
- El contenido de lípidos no es significativo en esta fruta, encontrándose a nivel de trazas.
- En cuanto al contenido mineral, la piña presenta entre 0.3 y 0,5 % (Adrian y Frangue, 1990) destacando los siguientes elementos: dentro del grupo de macro elementos, sodio y potasio; y del grupo de micro elementos, hierro y manganeso, son los más representativos, siendo en la piña, al igual que en la mayoría de las frutas, el potasio el elemento mayoritario.

**Tabla 2: Composición nutricional de la piña en 100 g**

<b>COMPONENTES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Agua	%	85.1
Carbohidratos	%	13.5
Proteínas	%	0.1
Grasas	%	0.1
Cenizas	%	0.1
Calcio	mg	21
Fosforo	mg	10
Hierro	mg	0.40
Tiamina (Vit.B1)	mg	0.90
Riboflavina (Vit.B2)	mg	0.03
Niacina (Vit.B3)	mg	0.20
Vitamina C	mg	12

FUENTE: Villachica, 2001.

#### 2.2.6. PROPIEDADES DE LA PIÑA

Las vitaminas más abundantes en la piña son la C, la B1 y la B6. Es también una buena fuente de folatos. Entre los minerales, destaca el manganeso, cobre, potasio, magnesio y hierro. (Pamplona, 2005).

Los componentes no nutritivos de la piña son los más significativos desde el punto de vista dietoterápico (Enciclopedia Agropecuaria Terranova, Tomo 1, 2001 p.181).

- Ácido cítrico y málico: Son los responsables de su sabor ácido, y como ocurre con los cítricos, potencian la acción de la vitamina C.
- Bromelina: La bromelina actúa en el tracto digestivo deshaciendo las proteínas y facilitando su digestión, al igual que lo hace la pepsina, enzima producida en el estómago que forma parte del jugo gástrico. Su consumo está especialmente indicado en las siguientes afecciones: Obesidad, Esterilidad, Cáncer de estómago.
- Hipoclorhidria: (falta de jugos) digestión lenta y pesadez del estómago. Ptosis gástrica (estómago caído) incapacidad del estómago para vaciar su contenido

A la piña se le atribuyen propiedades diuréticas, vermífugo, tiene acción en la dispepsia y el estreñimiento crónico, tiene efecto carminativo. Actividad antiagregante-fibrinolítica, antiinflamatoria. Estimulante del páncreas, purificadora de la sangre, beneficiosa para el reuma y se la considera indicada como remineralizante para niños en periodo de crecimiento. (Alonso, 2004)

#### 2.2.7. USOS DE LA PIÑA

“El fruto de la piña se consume en fresco o en conserva. De él se obtiene jugo, puro o en forma de jarabe, vino de piña y vinagre. Se emplea en la fabricación de bebidas gaseosas y de licores. También se usa para extraer de ella ácido cítrico y en ciertos productos farmacéuticos (por ejemplo, contra la difteria y la bronquitis). Las hojas, picadas cuando están frescas

y la corona de los frutos se utilizan en la alimentación animal. La planta entera puede reducirse a harina, que se incorpora en la composición de alimentos para el ganado. (Villachica, 2001)

#### 2.2.8. MADUREZ

(Salunkhe y Desai, 1984) establecen las siguientes fases en el desarrollo y maduración de la piña:

- **Desarrollo:** Es el fin de la floración y comienzo de maduración de la fruta; realmente no cesa hasta el comienzo de la senescencia.
- **Pre - maduración y maduración:** Metabólicamente la fase de maduración es un proceso de diferenciación de tejidos y síntesis específica de ciertas enzimas responsables de los cambios de color, textura y sabor de la fruta.  
La maduración organoléptica supone la transformación de un producto fisiológicamente maduro, pero no comestible; en otro visual, olfatoria y gustativamente atractivo y va seguida del envejecimiento. La madurez comercial es aquel estado de la fruta en que el mercado exige que se encuentre.
- **Senescencia:** La senescencia es una fase en la que cesan los procesos bioquímicos anabólicos o sintéticos y comienzan los catabólicos o degradativos, hasta llegar a la muerte tisular. Se caracteriza por una desorganización, ablandamiento y ruptura de tejidos, pardeamientos enzimáticos, así como alteraciones en el aroma típico de la fruta, entre otros desórdenes.

En la piña, el desarrollo de la inflorescencia se inicia naturalmente por efecto de los días largos y las noches frías, si bien, comercialmente, su desarrollo puede regularse con tratamientos hormonales. (Robert, 1986).

El proceso madurativo de esta fruta está caracterizado por una disminución de los pigmentos clorofílicos y aumento de carotenoides, disminución del pH del zumo, con el consiguiente aumento de acidez, y

aumento del contenido de azúcares (reflejados en los 9 Brix y especialmente sacarosa), acumulación de ésteres volátiles, etc. (Cheftel, 1982).

Si bien la piña, como fruta no climatérica, no presenta grandes cambios en su composición química general durante el proceso madurativo, en el caso del contenido de ácidos orgánicos (que normalmente se convierten en azúcares durante la maduración), las tasas más elevadas se hallan cuando la fruta está plenamente madura. (Wills *et. al* 1984).

#### 2.2.9. COSECHA Y COMPORTAMIENTO POST COSECHA

La cosecha del fruto de piña se inicia normalmente después de los 160 días de la inducción de la floración y depende de la época del año en que se desarrolla el fruto, pudiendo acortarse si las condiciones de temperatura se mantienen de 32°-36°C durante su formación y crecimiento. (Nakasone y Paull, 1998; Pulido *et al.*, 2000)

El fruto de piña presenta un patrón respiratorio de tipo no climatérico caracterizado por una baja producción de etileno (0.1 ~ 1 ml/Kg- hr) y ausencia de una crisis respiratoria durante la maduración. (Seymour *et al.*, 1993)

El pH del jugo de la piña disminuye a medida que se acerca el estado de madurez total; los dos ácidos orgánicos predominantes son el cítrico y el málico. (Bartholomew y Paull, 1986)

Los niveles de ácido ascórbico cambian con la variedad y no contribuye de manera sustancial a la acidez total titulable. (Paull, 1997)

En el fruto de piña los sólidos solubles totales (SST) se incrementan gradualmente hasta el momento de consumo. (Biale y Young, 1981)

## 2.3. STEVIA

### 2.3.1. DESCRIPCIÓN

Es una planta medicinal de gran interés en el tratamiento natural de la diabetes, la obesidad, el tabaquismo y la hipertensión. (Alba, 2010)

La stevia endulza sin aportar calorías, carece de efectos secundarios y contiene importantes minerales y vitaminas que refuerzan el sistema inmunitario. Por eso la stevia también es ideal para las personas con sobrepeso, diabetes y neurodemitis. (Simonsohn, 2011)

### 2.3.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

**Tabla 3: Composición nutricional de la Stevia industrializada.**

<b>INFORMACIÓN NUTRICIONAL</b>		
	<b>Por sobre (1.5 g)</b>	<b>Por 100 g</b>
Energía	0 kcal/kJ	0 kcal/kJ
Proteínas	0 g	0 g
Hidratos, de los cuales:	1.5 g	99,0 g
Azúcares	0 g	0 g
Polioles (Eritritol*)	1.5 g	99.0 g
Almidón	0 g	0 g
Grasas, de las cuales:	0 g	0 g
Saturadas	0 g	0 g
Fibra alimentaria	0 g	0 g
Sodio	0 g	0 g

FUENTE: Marca Truvia, 2017.

### 2.3.3. BENEFICIOS EN LA SALUD

Los beneficios de la stevia se relacionan principalmente con el equilibrio de problemas metabólicos relacionados con el consumo de azúcar, como la diabetes o el riesgo cardiovascular además de tener un poder antioxidante elevado. (Blázquez, 2014)

Desde el punto de vista de la salud del diabético es el mejor edulcorante natural. La stevia tiene posibles beneficios para ayudar a los diabéticos a reducir la glucosa, según se ha visto en algunos estudios clínicos (Chen *et al*, 2005) (Jeppesen *et al*, 2002)

## **2.4. ALIMENTOS FUNCIONALES**

### **2.4.1. DEFINICIÓN**

De forma general, se puede decir que un alimento funcional es aquel que confiere al consumidor una determinada propiedad beneficiosa para la salud, independiente de sus propiedades nutritivas. Son alimentos convencionales aquellos a los que se ha añadido, incrementado su contenido o eliminado un determinado componente. Debe presentarse como un alimento propiamente dicho y sus efectos deben observarse cuando el alimento se consume dentro de una dieta equilibrada diaria, es decir, dentro del modelo alimentario habitual. El término, en cualquier caso, es una denominación genérica que representa más un concepto que un grupo bien definido de alimentos (Aranceta y Gil, 2010).

Según la Asociación Americana de Dietética (2004), el término “funcional” implica que el alimento tiene un valor determinado que promueve los beneficios de la salud, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades, para la persona que lo consume.

La Comunidad Europea define un alimento como funcional “si contiene un componente alimenticio (sea o no un nutriente) con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse que es funcional (fisiológico) o incluso saludable”.

### **2.4.2. FUNCIONES**

En la actualidad no existe consenso a nivel mundial sobre una definición de alimentos funcionales, pero sí sobre su función. Resumidamente podríamos decir que un alimento funcional debe:

- Ser un alimento, no un comprimido, cápsula o suplemento alimentario.
- Ser consumido como parte de alimentación diaria.
- Producir efectos beneficiosos sobre las funciones orgánicas además del valor nutricional.
- Mejorar el estado de salud y/o disminuir el riesgo de enfermedades.
- Estos beneficios deben estar científicamente probados.

Los alimentos funcionales pueden formar parte de la dieta de cualquier persona. Pero, además, están especialmente indicados en aquellos grupos de población con necesidades nutricionales especiales (embarazadas y niños), estados carenciales, intolerancias a determinados alimentos, colectivos con riesgos de determinadas enfermedades, y personas mayores. (Lutz, 2009)

## **2.5. BEBIDA**

Dentro de la industria de los alimentos una rama importante y de alto consumo es la de las bebidas, las cuales se clasifican en primera instancia de acuerdo con su contenido o ausencia de alcohol (FAO, 2010)

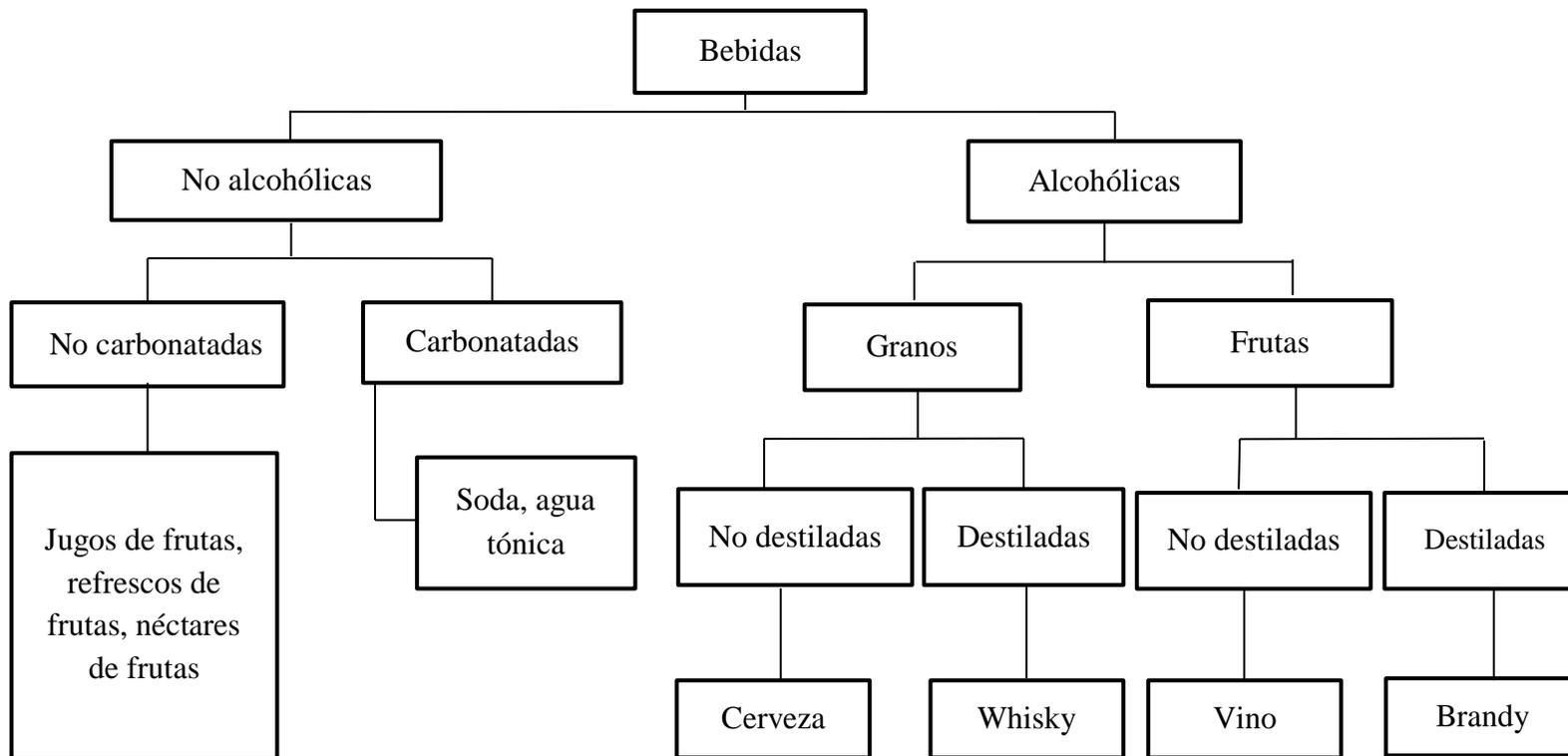


Figura 10: Clasificación de las bebidas de acuerdo con su contenido o ausencia de alcohol

FUENTE: FAO, 2010.

El mercado de las bebidas se encuentra en constante crecimiento, los expertos aseguran que la tendencia de consumo es hacia las bebidas no alcohólicas debido al interés creciente que tienen los consumidores por el cuidado de su salud, y la relación que esta tiene con los alimentos y bebidas que ingieren (Berto, 2003).

Una bebida no alcohólica se define como aquella bebida no fermentada, carbonatada o no, que se elabora con agua, ingredientes característicos de la propia bebida y productos autorizados (Wilson, 2004).

### 2.5.1. BEBIDA FUNCIONAL

#### a. Definición

Calvo *et al.* (2013), define a las bebidas funcionales como aquellas que se ingerirán con las mismas expectativas, y más específicamente, las que podrían contribuir a la mejora de la hidratación de un individuo y de otras situaciones fisiológicas. También pueden definirse como aquellas presentaciones listas para consumirse que contienen en su formulación uno o más ingredientes funcionales no tradicionales, que demuestran ser benéficos para la salud reduciendo así el riesgo de enfermedades (Martínez-Carrera *et al.*, 2010).

Según Naranjo (2008), las bebidas funcionales son aquellas que ofrecen beneficios para la salud y el autocuidado; pueden ser funcionales naturalmente como el té (contiene antioxidantes en forma natural) o pueden adicionarse nutracéuticos como el calcio de leche, omegas, proteína aislada de soya, fibras, prebióticos, probióticos, L. carnitina, polifenoles, vitaminas, minerales y otros ingredientes que le confieren beneficios específicos que pueden ser declarados en el producto.

Las bebidas funcionales pueden desempeñar un importante rol en la protección de la salud y prevención de enfermedades. Las bebidas son consideradas un importante medio para el suplemento de

componentes nutracéuticos enriquecedores, tales como fibra soluble o extractos herbales.

Existe un gran número de bebidas funcionales como lo son té helados, cafés, bebidas para deportistas, té herbales, bebidas carbonatadas congeladas, mezclas de mentas, zumos de verduras y batidos (Kausar *et al.*, 2012). La inclusión de ingredientes funcionales en un formato de bebidas proporciona a los consumidores una manera conveniente y de bajo costo para satisfacer necesidades específicas de la salud (Yu y Bogue, 2013).



Figura 11: Diferentes bebidas funcionales

FUENTE: Centro Tecnológico AINIA, 2014.

#### b. Clasificación de Bebidas Funcionales

Una clasificación general de las bebidas funcionales de acuerdo con la función que desempeñan se muestra a continuación:

**Tabla 4: Clasificación general de bebidas funcionales.**

<b>PROPIEDAD FUNCIONAL</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>Control de peso o apropiadas para diabéticos</b>	Se constituyen por azúcares o edulcorantes artificiales (bebidas light). Contienen polisacáridos que tienen el efecto de provocar un índice glucémico bajo.
<b>Orgánicas/Naturales</b>	Se elaboran de vegetales cultivados en ausencia de pesticidas o de abonos químicos y procesados sin conservadores o aditivos químicos, pero pueden tener aditivos naturales.
<b>Energizantes/Revitalizantes</b>	Aceleran el sistema nervioso simpático. Se le añade cafeína o algún otro alcaloide estimulante. Puede añadirseles ginseng.
<b>Reductoras de colesterol</b>	Se les añade etanol o sus esteres fitoesteroles.
<b>Relajantes</b>	Elaboradas a base de hierbas con opiáceos en bajas concentraciones.
<b>Reconstituyentes/Hidratantes</b>	Aportan valor energético y un índice glucémico alto. Añadidas con hidrolizados de proteínas vegetales o animales, carbohidratos, vitaminas y minerales. Se formulan para grupos específicos: niños, ancianos, mujeres, deportistas, etc.
<b>Cultivadas de ulceras</b>	Se utilizan extractos de aloe vera (sábila) y nopal. Proveen gomas y otros agentes químicos con propiedades antiinflamatorias, regeneradoras de tejido, antibióticos y que aceleran el metabolismo de los lípidos.
<b>Mitigantes del envejecimiento</b>	Se les adicionan ácidos grasos omega-3, omega-6 o compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes.
<b>Simbióticas</b>	Contienen una o más especies de bacterias lácticas o actinomicetos con carácter prebiótico, además de contener oligosacáridos que funcionan como prebióticos y como fibra biológica.

FUENTE: Ramos *et al.* 2007.

## 2.6. PREBIÓTICOS

### 2.6.1. DEFINICIÓN

Los prebióticos son sustancias alimenticias no digeribles que nutren a un grupo selecto de microorganismos que pueblan en el intestino, favoreciendo la multiplicación de las bacterias beneficiosas más que las perjudiciales.

Según la FAO (2001) los define como “componentes no vivo de los alimentos que confieren un beneficio en la salud del huésped, asociado con la modulación de la microbiota”.

Estos compuestos se caracterizan por ser moléculas de gran tamaño que no pueden ser digeridas por las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal alto, alcanzando el intestino grueso donde son degradados por la microflora bacteriana, principalmente por las Bifidobacterias y Lactobacilos, generando de esta forma una biomasa bacteriana saludable y un pH óptimo. (Roberfroid, 2005)

**Tabla 5: Principales frutas y vegetales considerados como prebióticos por el contenido de oligofructano (FOS)**

<b>VEGETALES Y FRUTAS</b>	<b>% DE OLIGOFRUCTANO EN PESO FRESCO</b>
Raíz de achicoria	16-20
Raíz de esparrago	1-20
Alcachofa de Jerusalem	16-20
Raíz de yacon	3-19
Raíz de salsiff	4-11
Bulbo de puerro	2-5
Corazón de hojas de alcachofa	<1
Cebolla	2-6
Banana	0.3-0.7

FUENTE: Tonello, 2012

### 2.6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PREBIÓTICOS

Según Gibson (1995) citado por Corzo, *et al.* (2015) para ser considerados como prebióticos, estos deben:

- Ser de origen vegetal.
- No ser hidrolizado o absorbido en el tracto gastrointestinal (GIT) superior (esófago, estómago y duodeno), y por lo tanto ser resistente a la acidez gástrica, a la hidrólisis por enzimas digestivas y no absorberse en el intestino delgado.
- Ser fermentado selectivamente por bacterias beneficiosas de la microbiota intestinal.
- Ser capaz de inducir efectos fisiológicos beneficiosos para la salud.
- Estimulan el crecimiento selectivo de determinadas especies beneficiosas (bifidobacterias, lactobacillus, etc.) de la microbiota intestinal.

### 2.6.3. VENTAJAS DE PREBIÓTICOS

Según Saura-Calixto (2005) menciona las siguientes ventajas:

- Mejor absorción de calcio y magnesio. Acción favorable en la osteoporosis, mantenimiento de la salud de huesos y dientes.
- Mejora del sistema inmunitario.
- Mantenimiento de la integridad intestinal y restricción de las bacterias patógenas.
- Utilidad en las diarreas por infección.
- Acción favorable en la enfermedad cardiovascular y la obesidad (al corregir la dislipemia, pues ayuda a disminuir las concentraciones de colesterol incrementando el colesterol eliminado en las heces).

## 2.7. FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS

### 2.7.1. DEFINICIÓN

Los fructooligosacáridos (FOS), también conocidos como oligofructanos u oligofructosa, pertenecen a una clase particular de azúcares conocidos con el nombre de fructanos. La estructura fundamental de los fructanos es un esqueleto de unidades de fructosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) y/o  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 6). Es frecuente encontrar, adicionalmente, una molécula de glucosa al inicio de la cadena de cada fructano. (Niness, 1999a)

Existen diversos tipos de fructanos en la naturaleza, pero desde un punto de vista nutricional y de uso en la industria alimentaria se reconocen a los FOS y a la inulina como los más importantes.

La inulina y los FOS no tienen una composición química definida ya que ambos son, en realidad, una mezcla de fructanos de diferente tamaño. Debido a que las moléculas de fructosa se unen exclusivamente por enlaces  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1), estos fructanos adquieren una conformación espacial semejante a cadenas lineales.

La diferencia entre los FOS y la inulina radica en el número de moléculas de fructosa que tienen estas cadenas. En la inulina, este número varía entre 2 y 60, mientras que en los FOS, que tienen cadenas más pequeñas, el número varía entre 2 y 10. (Niness, 1999a)

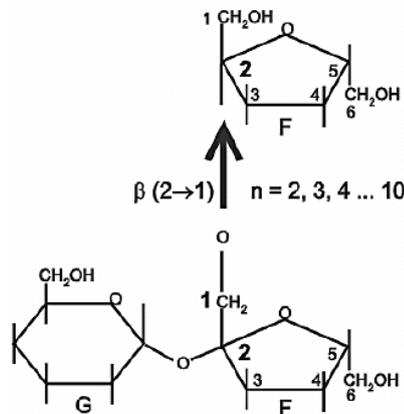


Figura 12: Información detallada de la composición química de los FOS: Entre 2 a 10 moléculas de F unidas por enlaces  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1).

FUENTE: Seminario *et al.* 2003

Esto significa que a los FOS se les puede considerar como un subgrupo de la inulina. Por este motivo algunos autores prefieren emplear el término fructooligosacáridos del tipo inulina para referirse con mayor precisión a la naturaleza de los azúcares presentes en el yacón (Goto *et al.* 1995). Existe una confusión de términos cuando se hace referencia al tipo de carbohidrato predominante en las raíces del yacón. En diversos tipos de literatura (periódicos, revistas, páginas web, resúmenes de congresos, tesis e incluso literatura científica) se menciona que las raíces de yacón contienen inulina como componente principal (Perazzo, 2000). Sin embargo, esta información no es exacta, ya que estrictamente hablando, el yacón tiene sólo fructooligosacáridos (Goto *et al.* 1995).

Es importante distinguir claramente la diferencia que existe entre los conceptos de inulina y FOS ya que las propiedades físicas y sus aplicaciones en procesos de la industria alimentaria son bastante diferentes. Algunos ejemplos pueden ayudar a comprender mejor esta importancia. La inulina casi no tiene sabor dulce, su consistencia especial y su baja solubilidad relativa en agua la convierten en un sustituto excelente de la grasa para la elaboración de varios tipos de alimentos, como helados y postres. Los FOS en cambio son muy solubles en agua, tienen un ligero sabor dulce (entre 30 a 50% del poder edulcorante del azúcar de mesa o sacarosa) y eventualmente pueden ser utilizados como sustitutos hipocalóricos del azúcar común (Tabla 6). A pesar de ello, la inulina y los FOS generan casi el mismo efecto fisiológico en las personas que los consumen: proporcionan tan sólo la cuarta parte del valor calórico de los carbohidratos comunes, son reconocidos como un tipo de fibra dietética y se emplean como insumos para la elaboración de alimentos funcionales o nutracéuticos (Roberfroid, 2000).

La inulina se encuentra en muchas plantas como la cebolla, el ajo y el plátano, pero en mayores cantidades en especies como el topinambur (*Helianthus tuberosus*), la achicoria (*Cichorium intybus*) y la dalia (*Dahlia sp.*). Los FOS se encuentran también en estas plantas, pero en cantidades pequeñas. En el yacón, en cambio, no existe inulina y el

azúcar predominante son los FOS. El yacón es quizás la planta con mayor contenido de FOS. (Manrique, 2003)

Los FOS más comunes en la naturaleza son: 1-kestosa (GF2), nistosa (GF3) y 1-β-Fructofuranosil nistosa (GF4) (Lachman *et al.*, 2003), siendo los dos primeros los componentes mayoritarios. (Yun, 1996).

### 1-Kestose:

Es un trisacárido (GF<sub>2</sub>) que consiste en una molécula de glucosa y dos moléculas de fructosa, unidas mediante enlaces glicosídicos. (Rivero-Urgell y Santamaria-Orleans, 2001)

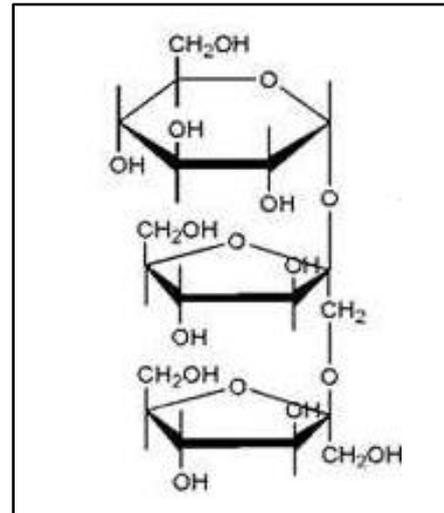


Figura 13: Estructura química de 1-kestosa

FUENTE: Wolf-Dieter Fessner y Thorleif Anthonsen, 2009

### Nystose:

Es un tetrasacárido (GF<sub>3</sub>) que consiste en una molécula de glucosa y tres moléculas de fructosa, unidas mediante enlaces glicosídicos. (Rivero-Urgell y Santamaria-Orleans, 2001)

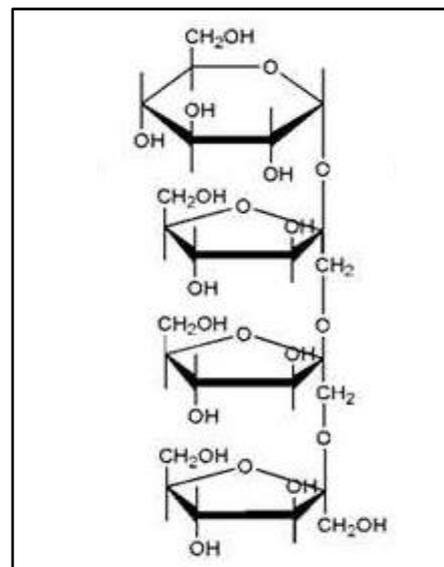


Figura 14: Estructura química de Nistosa

FUENTE: Wolf-Dieter Fessner y Thorleif Anthonsen, 2009

### 2.7.2. FUNCIÓN

Como todo fructano, los FOS no pueden ser metabolizados directamente por el tracto digestivo humano debido a que éste carece de las enzimas necesarias para degradar los enlaces glucosídicos  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) que mantienen unidas las moléculas de fructosa. De esta forma, cuando una persona ingiere FOS, éstos se desplazan en casi todo su recorrido por el tracto digestivo sin ser modificados. Cuando los FOS alcanzan la última porción del intestino grueso (el colon), son fermentados por un grupo especializado de bacterias que forman parte de la microflora intestinal. Estas bacterias son conocidas con el nombre de probióticos y son asociadas con una serie de efectos benéficos sobre la salud humana. (Coussement, 1999)

En el colon habitan también un grupo de bacterias putrefactivas de los alimentos (bacteroides, fusobacterias, clostridios, etc.), las cuales al multiplicarse propician el desarrollo de hongos, levaduras y otro grupo de bacterias patógenas (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Campylobacter jejuni*, entre las principales), responsables de la producción de toxinas y compuestos potencialmente cancerígenos. Estas bacterias dañinas generan comúnmente cuadros de diarrea y diferentes desórdenes gastrointestinales. (Conway 2001).

Debido a que las bacterias putrefactivas y los probióticos comparten el mismo hábitat, ambos grupos están permanentemente en competencia por poblar en mayor número la microflora del colon. El balance en favor de los probióticos o de las bacterias putrefactivas estará dado en gran medida por el tipo de alimentos que se ingieren diariamente, pues según de los que se trate serán mejor asimilados por uno u otro grupo. (Brady *et al.* 2000)

A diferencia de las bacterias putrefactivas, los probióticos (especialmente *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*) poseen las enzimas que se requieren para romper los enlaces  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) de los fructanos.

De esta manera pueden fermentar los FOS y utilizar esta energía para su multiplicación y proliferación. La fermentación de los FOS produce ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta (butirato, propionato y acetato principalmente), los cuales bajan el pH del colon e impiden así la proliferación de las bacterias putrefactivas y nocivas del colon. Los ácidos grasos de cadena corta han sido asociados con varias de las propiedades asignadas a los fructanos, en especial la de mejorar la asimilación de calcio y el metabolismo de lípidos. En la microflora intestinal sólo los probióticos pueden fermentar los FOS, ésta es la razón por la cual estos fructanos son considerados reconstituyentes de la microflora intestinal. (Roberfroid, 2000).

### 2.7.3. CARACTERIZACIÓN DE OLIGOSACÁRIDOS (OLIGO-FRUCTANO)

Los oligofructosacáridos, oligofructanos, glucofructosanos, inulinos, oligosacáridos resistentes o simplemente FOS (Hogarth *et al.* 2000), son carbohidratos principalmente compuestos por la fructosa y algunos escasos residuos de glucosa (Yun, 2003).

Además, los FOS son muy solubles en agua, tienen un ligero sabor dulce (entre 30 a 50% del poder edulcorante del azúcar de mesa o sacarosa) y eventualmente pueden ser utilizados como sustitutos hipocalóricos del azúcar común como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6: Valor calórico y poder edulcorante de los fructooligosacáridos (FOS) en comparación con azúcares comunes y algunos edulcorantes sintéticos.**

<b>Azúcar</b>	<b>Origen</b>	<b>Contenido de calorías (kcal/gr)</b>	<b>Poder edulcorante</b>
FOS	Natural	1-1.5	0.3
Glucosa	Natural	4	0.7
Fructosa	Natural	4	1.7
Sacarosa	Natural	4	1
Esteviósidos	Natural	0	30-320
Aspartame	Sintético	0	200
Sacarina	Sintético	0	300-500
Sucralosa	Sintético	0	600

FUENTE: Seminario *et al.*, 2003.

La evidencia científica disponible sustenta el reconocimiento de los FOS como fibra dietética y como prebiótico (Seminario *et. al*, 2003).

Un prebiótico, hace referencia a la capacidad de suministrar alimento a la flora intestinal beneficiosa, para que ésta pueda desarrollarse (Zamorra, 2002).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El presente trabajo de Investigación fue realizado en los diferentes laboratorios de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Del Santa, que se nombran a continuación:

- Planta Piloto Agroindustrial (PPA)
- Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA)
- Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales
- Laboratorio de Operaciones Unitarias
- Laboratorio de Físicoquímica
- Laboratorio de Microbiología y Toxicología
- Laboratorio de Microbiología-Facultad de Ciencias

#### **3.2. MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN**

##### **3.2.1. MATERIA PRIMA**

Para la obtención de la bebida funcional, se utilizaron 2 tipos de frutas, obtenidos del mercado “LA PERLA” – Chimbote:

- Yacon (*Smallanthus sonchifolius*), variedad: Blanco, empleado para la elaboración de la bebida funcional. Es proveniente de la Sierra de Ancash - Huaraz; cultivado sin el uso de fertilizantes ni insecticidas y además recepcionado en estado fresco.
- Piña (*Ananas comosus*), variedad: Española roja, proveniente de La Libertad – Otuzco, presentando una forma ovalada y bastante voluminosa.

##### **3.2.2. INSUMOS**

- Stevia.  
Marca: Boliviana.
- CMC.  
Marca: FIC

- Ácido cítrico.

Marca: FIC

### 3.2.3. REACTIVOS

- Acetonitrilo (CH<sub>3</sub>CN).
- Marca: J.T.Baker
- FOS (cetosa y nistosa).
- Marca: Sigma-Aldrich
- Fenolftaleína.
- NaOH 0.1 N
- DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico)
- 2,6 diclorofenolindofenol
- Agar saborou
- Glucosa
- Pectona
- Agar Plate Count (APC)
- Caldo Brila
- Tetraciclina
- Cloruro de Sodio (NaCl)

### 3.2.4. MATERIALES DE LABORATORIO

- Probetas de 50 ml
- Micropipeta de 1 ml
- Jarras milimetradas
- Filtros CHROMAFIL de 0.22 µm
- Vasos de precipitación
- Placas Petri
- Tubos de centrífuga
- Matraz Erlenmeyer
- Fiolas
- Cuarzos
- Crisoles
- Varilla de agitación

- Espátula
- Gradillas para tubos de ensayo
- Pinza metálica
- Pinza de madera
- Pera de succión
- Agua destilada
- Hielo
- Papel filtro
- Picnómetro
- Mechero Bunsen
- Campanas de Durham

#### 3.2.5. OTROS MATERIALES

- Yute
- Ollas
- Cucharón
- Tabla de picar
- Cuchillos
- Embudo
- Envases de vidrio de 286 ml
- Algodón
- Aluminio
- Agua mineral
- Vasos descartables
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Jeringas

#### 3.2.6. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Equipo: Extractor  
Marca: Nationalstar
- Equipo: Balanza analítica  
Marca: PRECISA  
Modelo: XB 2200C  
Serie: 320XB5200093

- Instrumento: Refractómetro  
Marca: ATC  
Rango: 0-85°Bx
  
- Instrumento: Termómetro de mercurio  
Marca: BOECO Germany
  
- Equipo: PH-metro multiparámetro  
Marca: THERMO SCIENTIFIC  
Modelo: ORION STAR A211
  
- Equipo: Centrífugadora  
Marca: SIGMA  
Modelo: 4-16KS  
Serie: 5710385
  
- Equipo: Estufa  
Marca: POL-EKO  
Modelo: SLW 115 TOP+
  
- Equipo: Mufla  
Marca: Barnstead Thermolyne
  
- Equipo: Espectrofotómetro UV - Visible  
Marca: Unico  
Modelo: 2800 UV/VIS
  
- Equipo: Kjeldahl  
Marca: FOSS  
Modelo: Kjeltex™ 8100
  
- Equipo: Cocina eléctrica  
Marca: Lizeth

- Equipo: Colorímetro digital  
Marca: KONICA MINOLTA  
Modelo: CR-400
  
- Equipo: VISCOSÍMETRO DIGITAL  
Marca: BROOKFIELD  
Modelo: DV-III ULTRA
  
- Equipo: HPLC  
Marca: THERMO SCIENTIFIC  
Modelo: Ultra Mate 3000  
Columna: Amino  
Detector de índice de refracción

### 3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.3.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA

##### a. Determinación de pH.

Mediante el método AOAC 981.12 – ISO 11289: 1993 – Potenciometría, que consiste en una técnica electro analítica con la que se puede determinar la concentración de los iones hidrógeno en el extracto de yacon y de piña para saber la solución es ácida o básica. En este caso se utilizó el electrodo de un multiparámetro con calibración con solución buffer de 4.01, 7.0 y 10.01 a 25 °C.

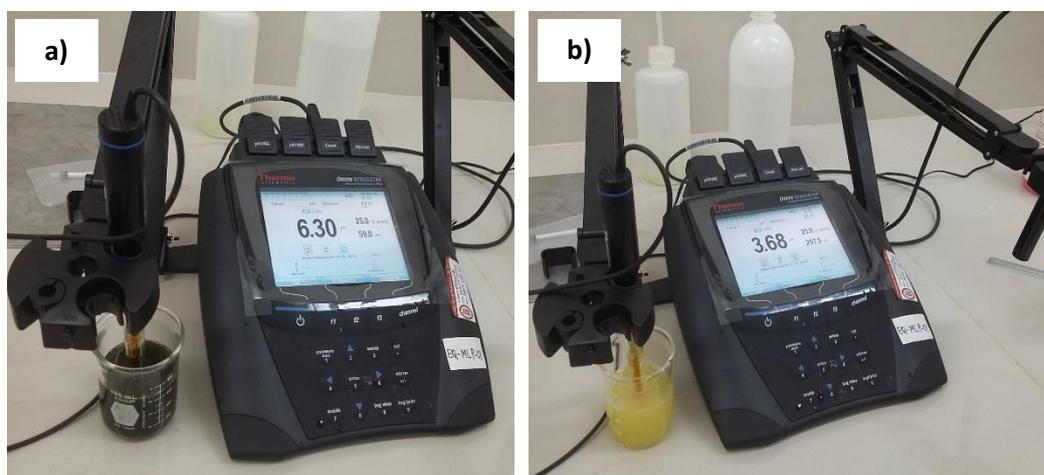


Figura 15: Determinación de PH de la materia prima. a) Análisis de pH en yacon. b) Análisis de pH en piña

##### b. Determinación de °Brix (Sólidos Solubles)

Mediante el método AOAC 932.12 – ISO 2173:1978 – Refractometría, se realiza con el refractómetro portátil haciendo la lectura directa de los Grados Brix contenidos en el extracto de yacon y de piña.



Figura 16: Determinación de sólidos solubles de la materia prima.

**c. Determinación de Acidez.**

Mediante el método AOAC 942.15 (2002), Titulometría, es un análisis cuantitativo para determinar la acidez total predominante en las frutas, tanto en la piña como en el yacon.

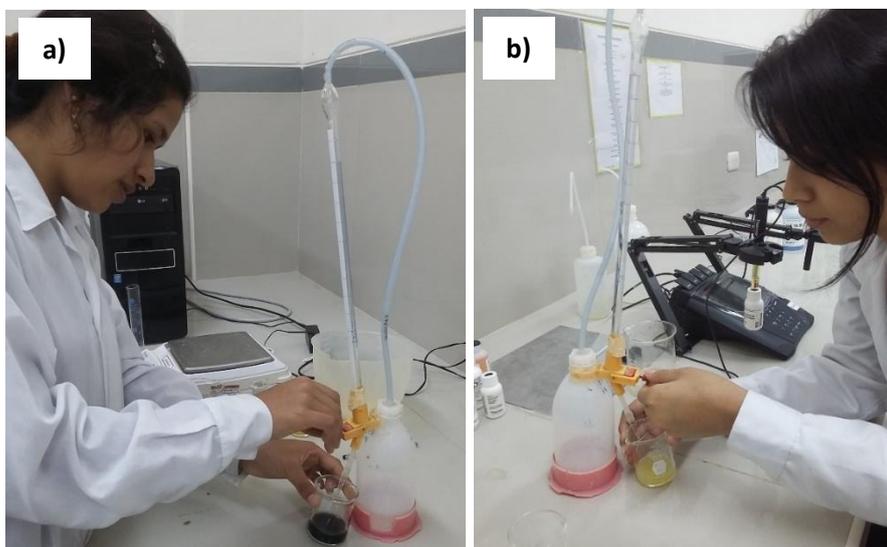


Figura 17: Titulometría en la materia prima. a) Determinación de acidez en extracto de yacon. b) Determinación de acidez en extracto de piña

**d. Determinación de Índice de Color.**

Mediante el método CIELab, (1976). Se determina el índice de color con los parámetros del color rojo/verde ( $a^*$ ), proporción amarillo/azul ( $b^*$ ), luminancia o brillo de la muestra ( $L^*$ ); asimismo, se determinará la cromacidad o índice de saturación ( $C^*$ ) y el ángulo de tonalidad ( $h^*$ ).

- El índice de color se determinará con la siguiente fórmula:

$$IC^* = \frac{a \cdot 1000}{L \cdot b}$$

Esto se realiza la medida sobre la superficie de la muestra de yacon y piña.

El  $IC^*$  por sus características de variación puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos:

Si  $IC^*$  es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde el azul-violeta al verde profundo.

Si  $IC^*$  es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.

Si  $IC^*$  está entre -2 a +2, representa el amarillo verdoso.

Si  $IC^*$  es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso.

Si  $IC^*$  es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo.

- El valor de  $C^*$  es 0 en el centro y aumenta de acuerdo con la distancia del centro.

$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

- El valor de  $h^*$  se expresó en grados, donde  $0^\circ$  corresponde a  $-a^*$  (rojo),  $90^\circ$  corresponde a  $+b^*$  (amarillo),  $180^\circ$  corresponde a  $-a^*$  (verde) y  $270^\circ$  corresponde a  $-b^*$  (azul).

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

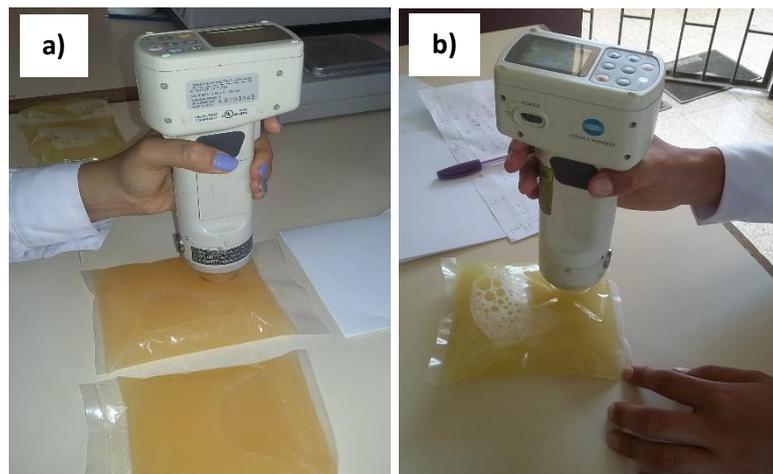


Figura 18: Colorimetría de la materia prima. a) Determinación de color instrumental en extracto de yacon b) Determinación de color instrumental en extracto de piña

**e. Determinación de Humedad**

Mediante el método AOAC 934.06. Consiste en la evaporación del agua (secado) contenida en un producto.

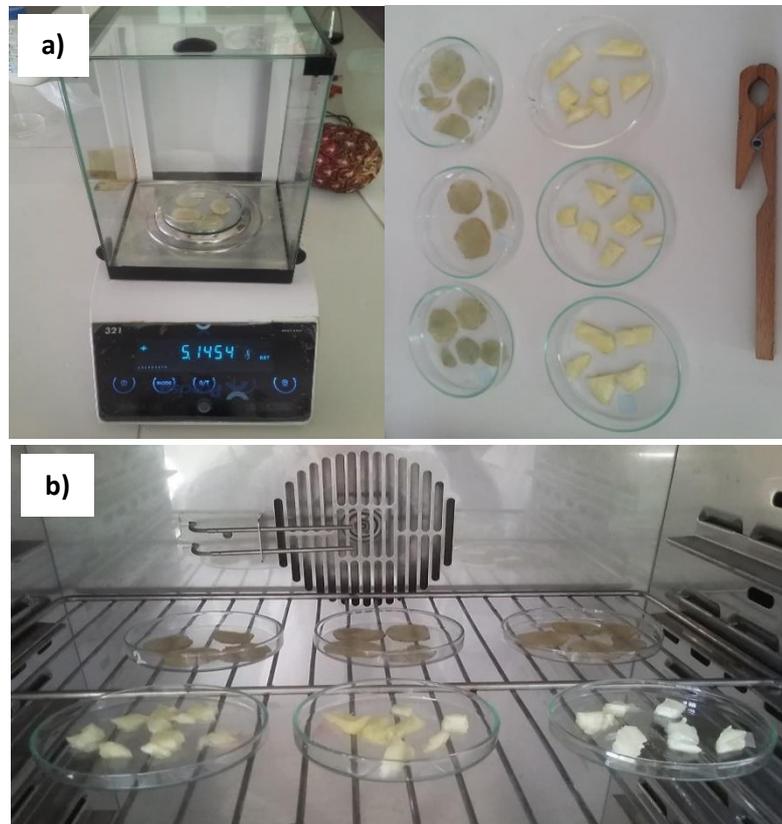


Figura 19: Determinación de Humedad de la materia prima. a) Pesado de muestra. b) Secado de la materia prima en estufa.

**f. Determinación de Cenizas.**

Mediante el método AOAC 7009 (1984). Consiste en colocar una muestra de la fruta (yacon o piña) en crisoles previamente pesado y llevarlo a una mufla u horno a temperatura de 550 – 600°C. Las cenizas se obtienen por diferencia de pesos.

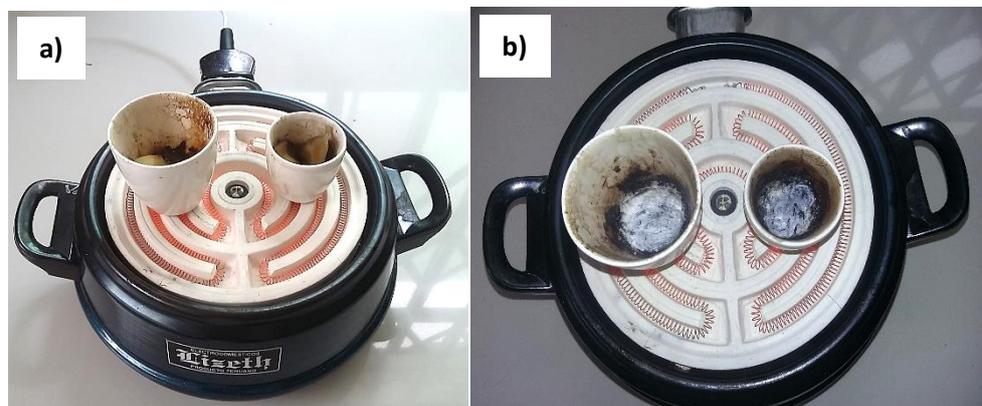


Figura 20: Determinación de cenizas de la materia prima.

**g. Determinación de Azúcares Reductores.**

Método del ácido 3,5 dinitro salicílico (DNS). La determinación de estos azúcares se realizó con el objeto de obtener una curva de calibración, con este reactivo (DNS) que tiene capacidad de oxidar a los azúcares reductores dando resultados colorimétricos que se pueden medir con una longitud de onda de 540nm en el espectrofotómetro.

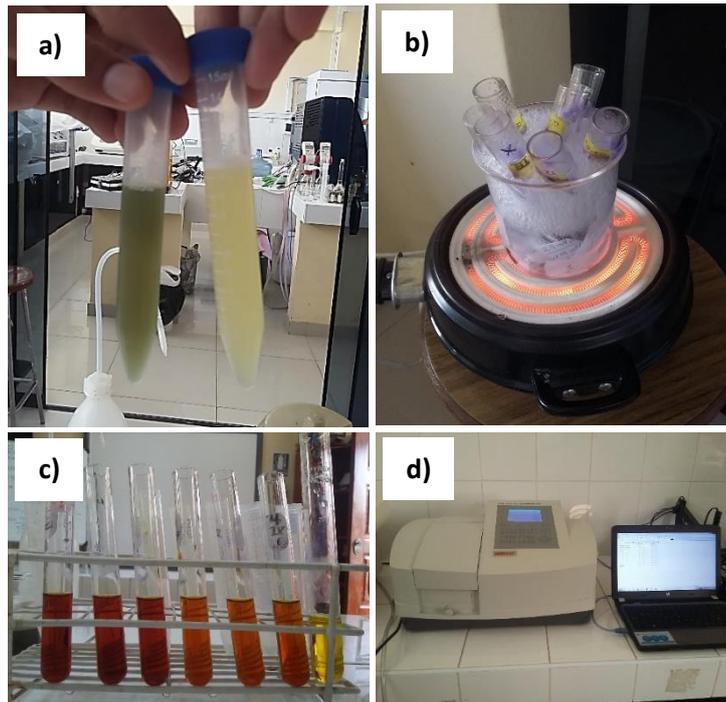


Figura 21: Determinación de azúcares reductores de la materia prima. a) Centrifugado del extracto. b) Baño maría. c) Muestras listas para lectura. d) Lectura en espectrofotómetro a 540 nm.

**h. Determinación de Vitamina C**

Mediante el método del 2,6 diclorofenolindofenol por espectrofotometría UV-Visible. Se basa en la reducción del colorante 2,6-diclorofenolindofenol, por el efecto del ácido ascórbico en solución. El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de muestra para reducir una solución estándar de colorante determinada espectrofotométricamente.

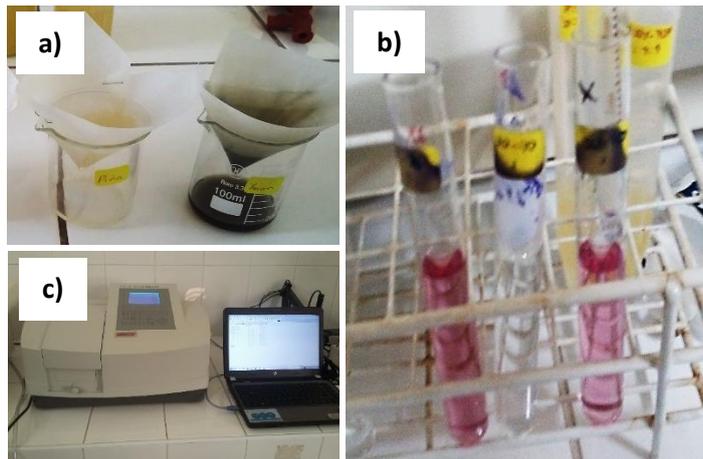


Figura 22: Determinación de vitamina C de la materia prima. a) Filtrado del extracto. b) Muestra listas para lectura. C) Lectura en espectrofotómetro.

**i. Determinación de proteínas**

Método de Kjeldahl. Método Oficial de la AOAC 2001.11. Empleando un digestor y destilador Buchi, es usado para el análisis de proteínas y se efectúa mediante la determinación de nitrógeno orgánico. Esto es así porque los diferentes tipos de proteínas coinciden todas ellas en una proporción similar de dicho nitrógeno orgánico. En la mayoría de los casos se utiliza el factor de cálculo siguiente:

$$\text{Contenido de proteínas} = \text{Contenido de nitrógeno orgánico} \times 6.25$$

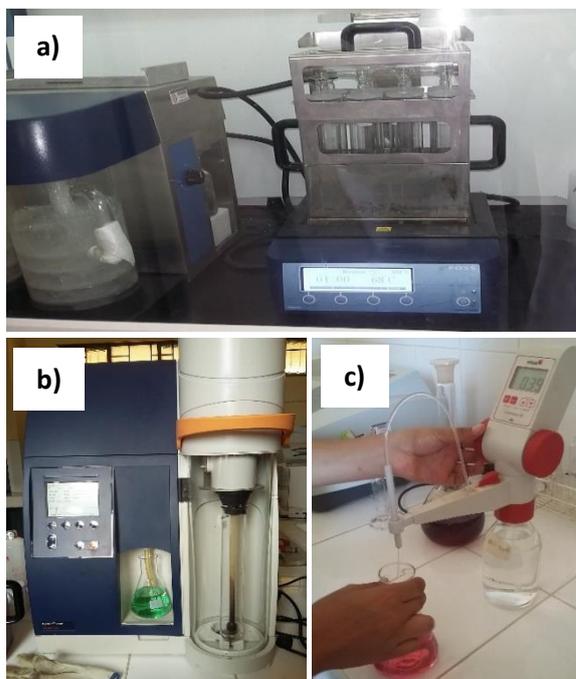


Figura 23: Determinación de proteínas de la materia prima. a) Digestión b) Destilación. c) Titulación.

**j. Determinación de FOS en Yacon**

Método de UHPLC. Se determinó calibrando el equipo con una solución estándar (1-Kestose, Nystose) para luego ingresar la muestra y obtener datos. (Wabaidur, 2014).

Condiciones de detección HPLC:

- Columna: Amida (Longitud: 150 mm, Diámetro interno: 4.6 mm, Tamaño de partícula: 5 $\mu$ m)
- Fase móvil: Acetonitrilo/Agua, 70:30 v/v
- Flujo: 1,2 ml/min,
- Presión: 98 PSI
- Temperatura: 40°C
- Tiempo: 7 min
- Detector: Índice de Refracción
- Volumen de inyección: 20  $\mu$ l
- Modo: Isocrático

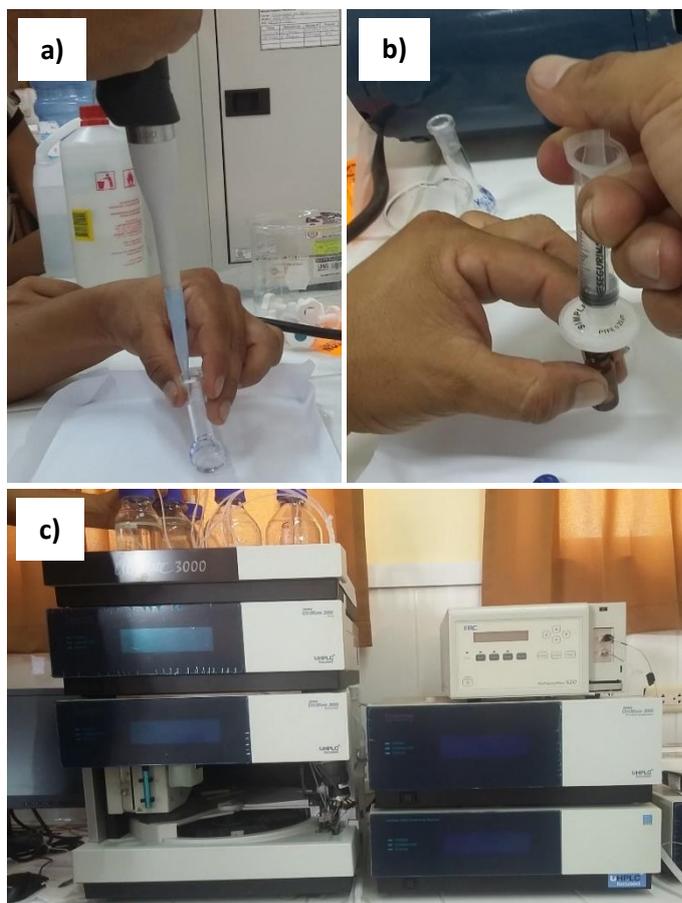


Figura 24: Determinación de FOS por HPLC. a) Preparación de estándar. b) Preparación de muestras. c) Lectura en HPLC.

### 3.3.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

#### a. Determinación de pH

Mediante el método AOAC 981.12 – ISO 11289: 1993 – Potenciometría.



Figura 25: Determinación de PH de la bebida

#### b. Determinación de Solidos Solubles (°Bx)

Mediante el método AOAC 932.12 – ISO 2173:1978 – Refractometría.



Figura 26: Determinación de Solidos Solubles de la bebida

**c. Determinación de Acidez**

Mediante el método AOAC 942.15 (2002), Titulometría.



Figura 27: Determinación de acidez en la bebida

**d. Determinación Instrumental del Color**

Mediante el método CIELab, 1976.



Figura 28: Determinación del color instrumental de la bebida.

- e. Determinación del contenido de Humedad  
Mediante el método AOAC 934.06.



Figura 29: Determinación de humedad en la bebida

- f. Determinación de Cenizas  
Mediante el método AOAC 7009 (1984).



Figura 30: Determinación de ceniza en la bebida

**g. Determinación de Vitamina C (Ácido Ascórbico)**

Mediante el método del 2,6 diclorofenolindofenol por espectrofotometría UV-Visible.

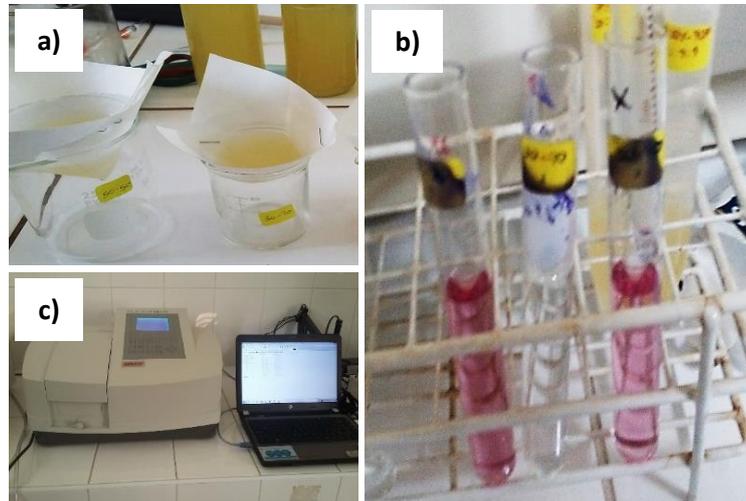


Figura 31: Determinación de vitamina C en la bebida. a) Filtrado. b) Muestra listas para lectura. c) Lectura en espectrofotómetro.

**h. Determinación de Proteínas**

Método de Kjeldahl. Método Oficial de la AOAC 2001. 11.



Figura 32: Determinación de proteínas en la bebida

**i. Determinación de FOS (Nystosa y 1-Kestose)**

Método de HPLC.



Figura 33: Determinación de FOS por HPLC.

**j. Determinación de Densidad**

Mediante el método el Picnómetro. Solventes: Determinación de Densidad Relativa - NTE INEN 2 150:99. Permite el cálculo de la densidad de cualquier líquido a través de tres determinaciones gravimétricas (a través de la determinación de tres masas con una balanza analítica).



Figura 34: Determinación de densidad de la bebida.

#### k. Determinación de Viscosidad

Mediante el método Brookfield. Referencia A.S.T.M. D1439 – 03 American Society For Testing Materials. Se basa en el principio de la viscosimetría rotacional; mide la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un husillo inmerso en la muestra (bebida funcional) a estudiar.



Figura 35: Determinación de viscosidad de la bebida

### 3.3.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Se utilizó esta técnica por ser una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos.

El análisis sensorial de los alimentos es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor, más aún cuando debe ser protegido por un nombre comercial los requisitos son mayores, ya que debe poseer las características que justifican su reputación como producto comercial.

El Institute of Food Technologists (IFT) en 1975 definió a la evaluación sensorial como: “una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones de aquellas características de los alimentos y materiales tal como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y audición”.

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 40 panelistas semi entrenados las cuales se ejecutaron bajo condiciones apropiadas en los paneles de la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

El objetivo de este análisis fue medir la diferenciación entre los 9 tratamientos aun nivel de significancia de 95% ( $p < 0.05$ ) entre sí. En la ciencia de los alimentos, las pruebas de diferencia son usadas para detectar diferencias sensoriales que pueden ser producidas por alteraciones químicas y físicas de las muestras que sufren los diferentes tratamientos.

Dicha evaluación se realizó mediante pruebas de medición del grado de satisfacción.

Para llevar a cabo las pruebas se utilizó la escala hedónica de 9 puntos desde me disgusta extremadamente hasta me gusta extremadamente, con 40 panelistas.

Los atributos a evaluar de la bebida de yacon y piña fueron:

- Color
- Olor
- Sabor
- Aceptabilidad General

**Tabla 7: Escala hedónica de 9 puntos.**

---

1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta levemente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

---

FUENTE: Ramirez-Navas, 2012



Figura 36: Análisis sensorial de para seleccionar el tratamiento óptimo.

### 3.3.4. ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL

- La determinación de vida útil se realizó mediante el método de análisis sensorial con escala HEDÓNICA.



Figura 37: Análisis sensorial para determinar vida útil.

- También se determinó mediante los parámetros fisicoquímicos: acidez, pH y color instrumental.

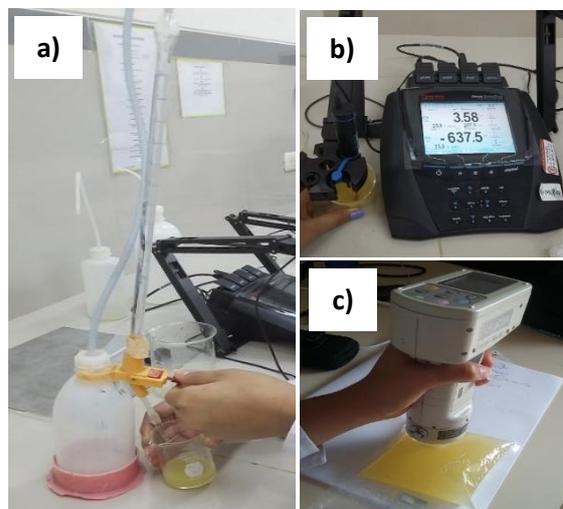


Figura 38: Determinación de vida útil de la bebida.  
a) Acidez por Titulometría. b) Análisis de pH.  
C) Color instrumental

### 3.3.5. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

#### a. Determinación de hongos y levaduras.

Mediante el método Recuento de hongos y levaduras en productos con  $a_w$  mayor a 0.95 - ISO 21527-1:2008. Consiste en la determinación del número de colonias típicas de hongos y levaduras que se desarrollan

a partir de un gramo o centímetro cúbico de muestra, en un medio adecuado e incubado entre 22°C y 25°C.



Figura 39: Determinación de hongos y levaduras.

**b. Determinación de bacterias aerobias mesófilas.**

Mediante el Método de siembra en profundidad - SMEWW 22nd. Edition. APHA (2012) 9215 B. consiste siembra de las diluciones decimales obtenidas de la muestra o de la suspensión madre. Incubación a 37° C, en aerobios durante 24 a 48 horas. A partir del número de colonias obtenidas en las placas de Petri, calcular el número de microorganismos por mililitro o por gramo de muestra.



Figura 40: Determinación de bacterias aerobias mesófilas.

c. Determinación de coliformes totales.

Mediante el método El Numero Más Probable (NMP)- ISO 4831:2006. Primero se determina la presencia de coliformes (presencia de coliformes: producción de gas en caldo LST (“lauryl sulphate tryptose”) que se interpreta producido por fermentación de lactosa.), después se determina si los cultivos que continenen coliformes contienen además coliformes fecales y finalmente se confirma la presencia de E. coli.



Figura 41: Determinación de coliformes totales.

### 3.3.6. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA FUNCIONAL

Esquema del proceso de elaboración:

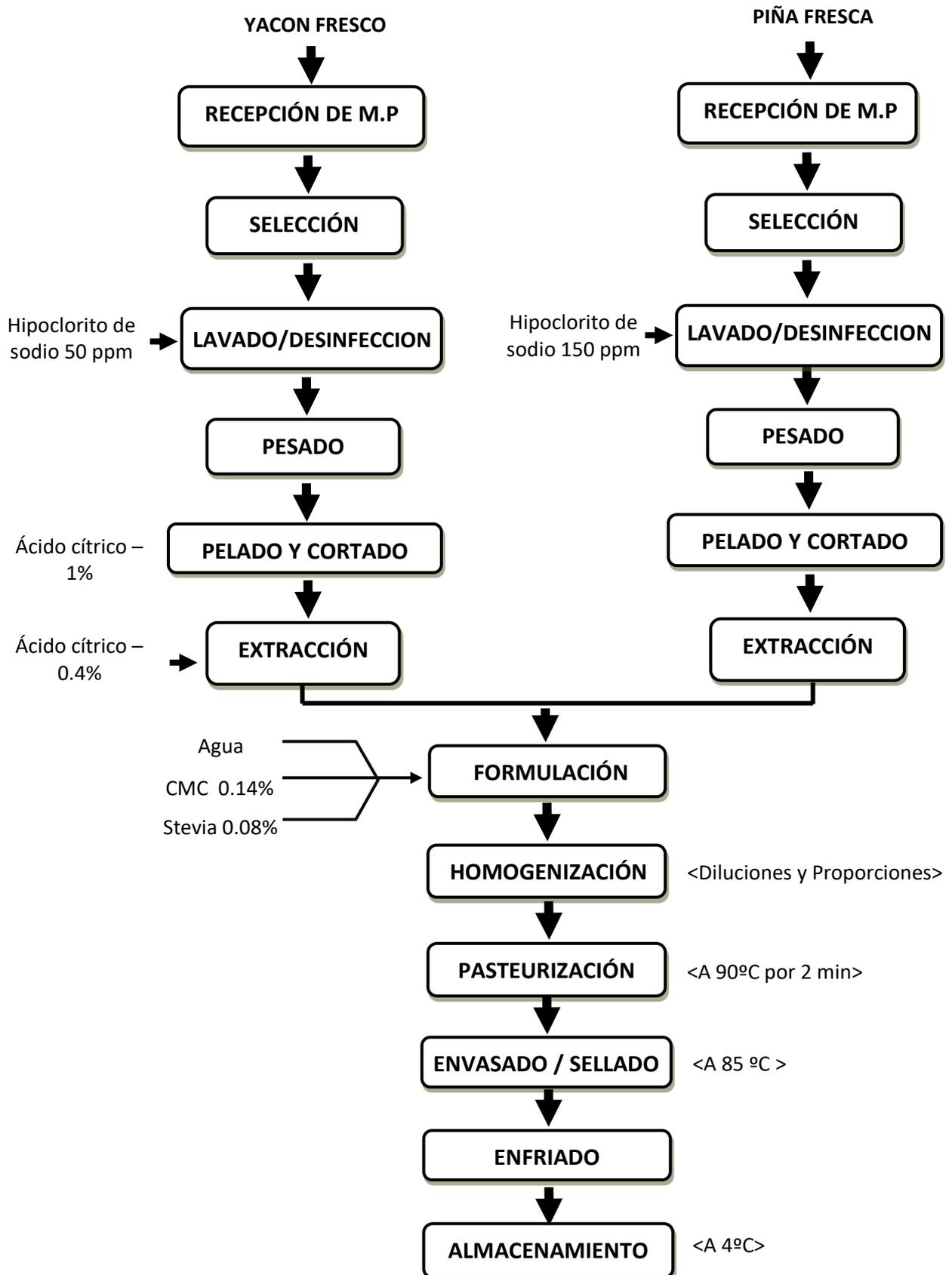


Figura 42: Proceso de elaboración de la bebida funcional

### 3.3.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA FUNCIONAL

#### a. Obtención del extracto de yacon

- Recepción. Se utilizó yacon (variedad Blanco) fue adquirida en el mercado local "La Perla" - Chimbote.



Figura 43: Recepción de la materia prima:  
yacon

- Selección. Con esta operación se busca separar los yacones que no son aptos para la elaboración de la bebida funcional, como productos con daños mecánicos, arrugamientos, manchas, ataque biológico y defectos fisiológicos. Se tuvo en cuenta su presencia, turgencia e integridad.



Figura 44: Selección del yacon

- Lavado y desinfección. Para remover la tierra que se encuentra en bien impregnada en el yacon fue necesario el uso de escobillas para una buena remoción.

La desinfección para el yacon se hizo con una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm.



Figura 45: a) Lavado del yacon. b) Desinfección del yacon

- Pesado. Se pesó el yacon con el objetivo de obtener los rendimientos



Figura 46: Pesado del yacon.

- Pelado y cortado. El pelado y cortado del yacon fue manualmente utilizando pelador doméstico y un cuchillo.

A medida que se pelan las raíces, se sumergió en un recipiente conteniendo agua potable y ácido cítrico al 1% con el fin de retardar el pardeamiento.

Hay una pérdida de alrededor del 25% del peso inicial de las raíces de yacon y 40% de la piña.



Figura 47: a) Pelado del yacon. b) Cortado del yacon.

- Extracción. Para la extracción del jugo de yacon se utilizó un extractor doméstico. Este extractor contiene un disco abrasivo rotante que tritura la raíz y permite una separación inmediata del jugo y del bagazo.



Figura 48: Obtención de extracto de yacon.

#### b. Obtención del extracto de piña

- Recepción. Se utilizó piña (variedad Española Roja) fue adquirida en el mercado local "La Perla"- Chimbote.



Figura 49: Recepción de materia prima: piña.

- Selección. Con esta operación se busca separar las piñas que no son aptas para la elaboración de la bebida funcional, como productos con daños mecánicos, arrugamientos, manchas, ataque biológico y defectos fisiológicos. Se tuvo en cuenta su presencia, turgencia e integridad.



Figura 50: Selección de la piña.

- Lavado y desinfección. Para remover la tierra e impurezas que se encuentran impregnadas en las piñas, fue necesario el uso de escobillas para una buena remoción. La desinfección se hizo con una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm.

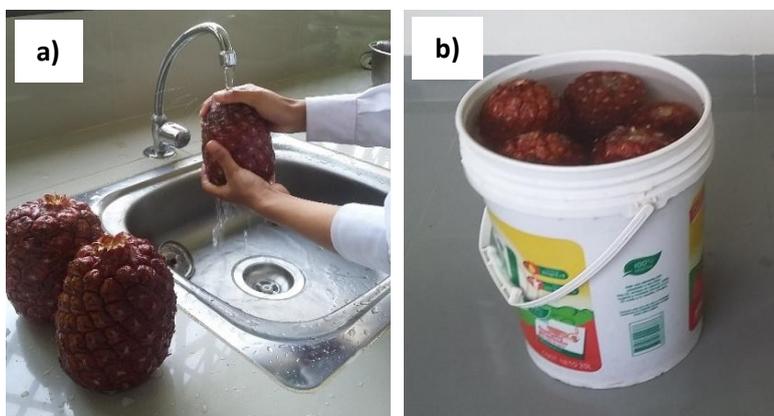


Figura 51: a) Lavado de la piña. b) Desinfección de la piña.

- Pesado. Se pesó la piña con el objetivo de obtener los rendimientos



Figura 52: Pesado de piña.

- Pelado y cortado. El pelado y cortado de la piña fue manualmente utilizando pelador utilizando un cuchillo.



Figura 53: a) Pelado de piña. b) Cortado de piña.

- Extracción. Para la extracción del jugo de piña se utilizó un extractor doméstico. Este extractor contiene un disco abrasivo rotante que tritura la raíz y permite una separación inmediata del jugo y del bagazo.



Figura 54: Obtención de extracto de piña.

### c. Elaboración de Bebida Funcional

- **Formulación.** Para la formulación de la bebida se tuvieron en cuenta las características finales que se deseaban en el producto terminado.

El agua, CMC y stevia se adicionan al zumo de yacon y piña ajustando de acuerdo a las proporciones y diluciones según los 9 tratamientos.

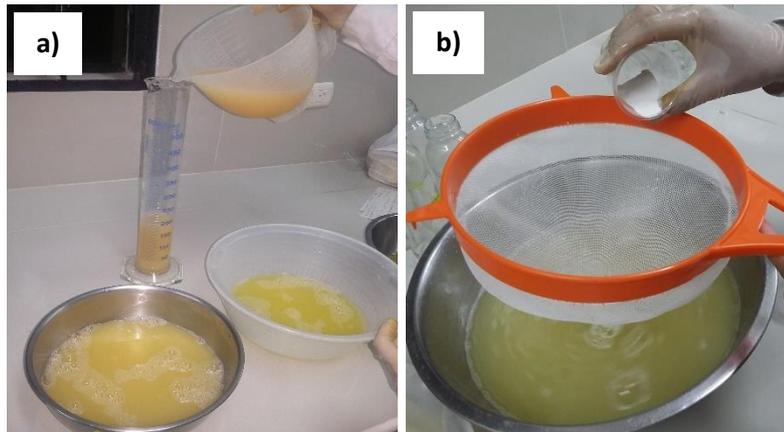


Figura 55: Formulación de bebida. a) Medición de extractos y agua. b) Mezcla de insumos.

- **Homogenización.** Se realizó con la finalidad uniformizar la mezcla de todos los insumos que constituyen la bebida (Ácido Cítrico, Stevia, Agua y CMC). Y removerlos hasta lograr la completa disolución de todos los insumos.



Figura 56: Homogenización de mezcla.

- Pasteurización. Con la finalidad de eliminar la carga microbiana y que el producto se presente aséptico de tal modo se mantenga estable durante el almacenaje, esta operación se realizara a 90°C por 2 minutos.



Figura 57: Pasteurización de la bebida.

- Envasado / Sellado. Se utilizó envases de vidrio termorresistentes previamente esterilizados a una temperatura de 121°C por un tiempo de 15 minutos. Se envasó a una temperatura de 85°C. Así mismo se esterilizaron las tapas de metal tipo “twist off 38 mm”. El sellado se realizó en forma manual, siendo de esta manera sellados herméticamente.



Figura 58: a) Envasado de la bebida. b) Sellado de botellas.

- Enfriamiento. El producto envasado debe ser enfriado rápidamente para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío dentro de la botella.



Figura 59: Enfriado del producto envasado.

- Almacenamiento. Dado las bondades del producto es conveniente una buena conservación, la temperatura de refrigeración a 4°C es la que mejor mantiene la integridad del producto.



Figura 60: Almacenamiento de la bebida a temperatura de refrigeración.

### 3.3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la formulación y elaboración de la bebida funcional se plantea en la figura 61. El diseño de investigación de tipo experimental.

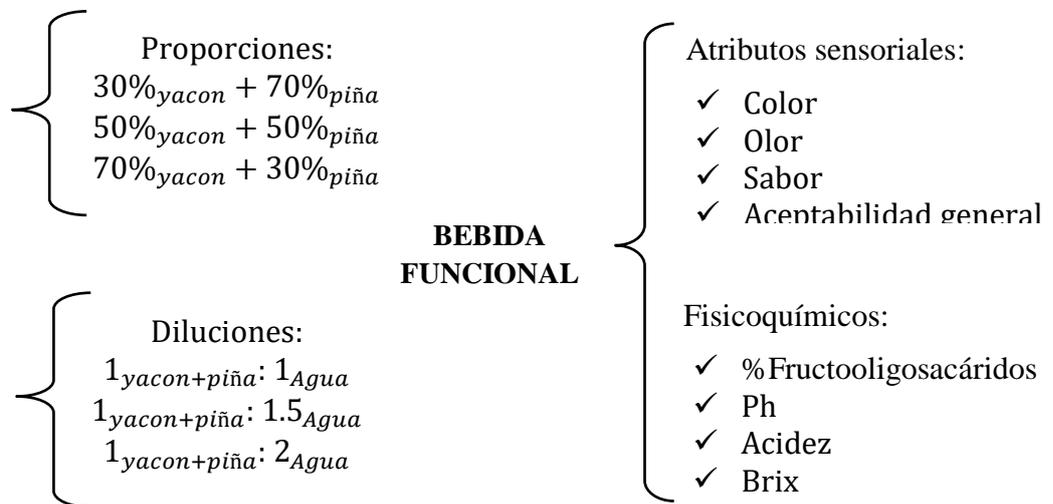


Figura 61: Diseño experimental de la bebida.

Como se observa, las proporciones que se utilizaron para la bebida funcional fueron: 30% de yacon: 70% de piña, 50% de yacon: 50% de piña, 70% de yacon: 30% de piña y las diluciones fueron 1 (yacon+piña): 1 agua, 1 (yacon+piña): 1.5 agua, 1 (yacon+piña): 2 agua. Luego de elaborarse los 9 tratamientos, se evalúan los respectivos análisis fisicoquímicos (% fructooligosacáridos, pH, °Brix y Acidez) que determinarán el cumplimiento según las características establecidas de una bebida, para así evaluar posteriormente los atributos de color, olor, sabor y aceptabilidad general mediante un análisis sensorial, con el cual se determinará el tratamiento óptimo según la preferencia del consumidor (panelistas no entrenados).

### 3.3.9. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se consideró los siguientes factores: Proporción y Dilución. Se realizó una prueba de preferencia (evaluación sensorial subjetiva) por el tipo de Escala Hedónica (de 9 puntos) a 40 panelistas no entrenados, donde se evaluará: color, olor, sabor y aceptabilidad general. También se evaluó las características fisicoquímicas como: Fructooligosacáridos, pH, acidez y °Brix.

El diseño empleado es aleatorio con arreglo Factorial 3x3 con 3 repeticiones, en total 27 experimentos, evaluándose así el color, olor, sabor y aceptabilidad general para determinar la bebida preferida por los panelistas. Así mismo las características fisicoquímicas: Fructooligosacáridos pH, acidez y °Bx que ayudaran a seleccionar el tratamiento óptimo.

Un diseño factorial consiste en un conjunto de diseños simples de un factor en el cual la misma variable independiente es manipulada en combinación con una segunda variable independiente.

#### a. Modelo Estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  : Variable aleatoria que representa la observación j-ésima del i-ésimo tratamiento (nivel i-ésimo del factor).

$\mu$  : Media general.

$\alpha_i$  : Efecto del tratamiento i-ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$  : Efecto del tratamiento j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ : Efecto de interacción de los tratamientos en la combinación ij.

$\epsilon_{ijk}$ : Error aleatorio que sigue una distribución con media cero y varianza constante  $\sigma^2$  son independientes entre sí.

**Tabla 8: Arreglo factorial**

<b>DILUCIONES</b>	<b>PROPORCIONES</b>		
	30%y + 70%p	50%y + 50%p	70%y + 30%p
1:1	$D_1P_1 = 357$	$D_1P_2 = 574$	$D_1P_3 = 324$
1:1,5	$D_2P_1 = 281$	$D_2P_2 = 290$	$D_2P_3 = 755$
1:2	$D_3P_1 = 427$	$D_3P_2 = 452$	$D_3P_3 = 110$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

#### 4.1.1. YACON

##### a. Características Morfológicas

**Tabla 9: Características morfológicas del yacon**

CARACTERISTICAS: YACON	
Largo (cm)	14.27±0.25
Ancho (cm)	7.87±1.00
Peso (gr)	266.84±24.76
Forma	Alargada - Ovalada
Superficie	Lisa
Color de Cascara	Marrón rojizo
Color de Pulpa	Blanco crema



Figura 62: Caracterización morfológica del yacon

De acuerdo a la Tabla 9, se observa que el yacon presenta una medida promedio de  $14.27 \pm 0.25$  cm de largo,  $7.87 \pm 1.00$  cm de ancho, un peso de  $266.84 \pm 24.76$  gr y una forma ovalada grande, dicha caracterización es parecida con las que informó Revollar (2005) citado por Maldonado *et al.* (2008) donde el yacon tiene una medida de  $12 \pm 2$  cm de largo  $7.5 \pm 0.4$  cm de ancho, un peso de  $194 \pm 40$  y una forma ovalada grande. Las raíces tuberosas de yacon son fusiformes y pueden variar considerablemente, tamaño, forma y color. Tienen apariencia similar a batata y la unidad pueden pesar 100-1200 g Silva y Candido (2004).

El color de la piel varía marrón a un tono púrpura, mientras que la parte comestible puede ser blanco, amarillo, naranja o púrpura dependiendo de la variedad. (Grau y Rea, 2002).

Así mismo Hermann y Heller (1997), indican que la morfología del yacon es muy variable; esto depende dónde es cultivado, ya que el cultivo de yacon se adapta a una amplia variedad de suelos, crece bien en suelos moderadamente profundos, bien estructurados y drenados, ricos en humus y minerales. Grau y Rea (2002) reportó que el crecimiento es pobre en suelos pesados.

El yacon utilizado fue cultivado en Huaraz en un suelo franco arenoso. Álvarez G. (2012), son preferibles los terrenos ricos en materia orgánica, moderadamente profundos y sueltos (franco, arenosos), con buena estructura y bien drenados.

b. Características Fisicoquímicas de extracto de yacon

**Tabla 10: Características fisicoquímicas del yacon.**

<b>VARIABLES</b>	<b>TOTAL</b>
PH	6.28 ± 0.01
Brix (°Bx)	6.97 ± 0.21
Acidez (% Ac. málico)	0.31 ± 0.02
Humedad (%)	89.33 ± 0.27
Cenizas (%)	0.67 ± 0.04
Azúcares Reductores (%)	0.41 ± 0.21
Vitamina C (mg/100ml)	9.00 ± 0.01
Proteínas (%)	0.34 ± 0.08
<b>FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS</b>	
Nystose (%)	0.20
1-Kestose (%)	0.39

De acuerdo a la Tabla 10, el pH obtenido del yacon fue de  $6.28 \pm 0.01$ , éste valor es similar a los encontrados por Ramos (2007), correspondientes a un rango de 6,17 a 6,52. Así mismo también se encuentra dentro del rango de 4 a 7 obtenido por los investigadores Roberfroid (1993) y Cisneros (2002); mientras que Vilhena, Câmara y Kakihara (2000) encontraron un pH de 5,53.

El valor obtenido de sólidos solubles ( $6.97 \pm 0.21^{\circ}\text{Bx}$ ) se encuentra dentro del rango reportado por Ynouye (2005) respecto a la caracterización del yacon en fresco una vez cosechado, con sólidos solubles de 4,85 a 7,67  $^{\circ}\text{Bx}$  que corresponden a glucosa 20,8%, fructuosa 34,3%, sacarosa 18,5% y FOS de 7,21%.

La acidez obtenida fue de  $0.31 \pm 0.02\%$  de ácido málico, coincidiendo con el reporte de Palomino y Ríos (2004) con una acidez de 0,32% ácido málico. Según Carvalho (2000), la diferencia del contenido de ácido es influenciado por factores ambientales tales como las condiciones climáticas, el tipo de del suelo, las prácticas culturales y la madurez fisiológica.

Según Palomino & Ríos (2004), el pH y los sólidos solubles aumentan y la acidez disminuye, en el proceso de maduración del yacon.

El contenido de humedad (%) fue de  $89.33 \pm 0.27$  el cual se encuentra dentro del rango establecido por Manrique (2003) donde indica que el contenido de humedad en el yacon es de 85 a 90 %; así mismo Palomino y Ríos (2004) encontraron el peso húmedo del yacon de 88.86%, es cual es un valor cercano al reportado. Moura (2004) indica que el agua es el componente principal de la raíz del yacon, aproximadamente 90%, lo que la hace susceptible a una degradación rápida y garantiza una vida útil, en condiciones ambientales, de aproximadamente siete días.

Se obtuvo 10.67 % de materia seca, el cual coincide con lo que informa Goto *et al.* (1995) y Kakihara *et al.* (1996), que el contenido de materia seca de las raíces va de 10 a 14% cuyo componente mayoritario son los hidratos de carbono, especialmente los fructanos y fibras.

En cuanto al contenido de cenizas se obtuvo  $0.67 \pm 0.04\%$ , cuyo valor es superior a lo que indica Nieto (1991) de  $0.53\%$  de cenizas.

El contenido de azúcares reductores obtenido fue de  $0.41 \pm 0.21 \%$ . (Fukay et al., 1995) explica que el contenido de azúcares reductores en las raíces tuberosas de yacon es dependiente, entre otros factores, del estado de desarrollo de la planta, de la actividad de las enzimas de polimerización y despolimerización de las cadenas de fructanos, y de la actividad de otras hidrolasas, como las invertasas, que rompen las moléculas de sacarosa liberando glucosa y fructosa. Mientras que Wallace (1993) menciona que los factores ambientales desfavorables, como congelamiento, ataque de patógenos y sequía, pueden estimular la acción de esas enzimas (Hendry y Wallace, 1993).

El contenido de vitamina C fue de  $9.00 \pm 0.01$  mg/100ml, cuyo valor es inferior al que reporta Pineda (2014) de  $13.1$  mg/100gr, esta variación puede ser por operaciones como el cortado, pelado o desestructuración de frutas. (Munyaka, 2010)

El contenido de proteínas obtenido fue de  $0.34 \pm 0.08\%$ , dicho valor se encuentra dentro del rango  $0.1 - 0.5\%$  reportado por Pineda (2014) e inferior en comparación a lo que reporta Nieto (1991) de  $0.56\%$ . Esta variación depende del lugar de cultivo y la temporada de siembra, Manrique, (2003); y también se debe al lugar de procedencia de la materia prima, tal como lo menciona Seminario et al. (2003)

Por último, para el análisis de FOS, sólo se determinó la cantidad de Nystose y 1-Kestose, ya que Lewis (1993) define FOS como una combinación de tres moléculas de azúcar: 1-kestose, nystose y nystose fructofuranosyl, siendo las 2 primeras el componente mayoritario cuando la fructosiltransferasa se combinan con sacarosa a la posición  $\beta$  ( $2 \rightarrow 1$ ). Los datos obtenidos fueron de  $0.20\%$  nystose y  $0.39\%$  1-kestose, valores inferiores a lo que reporta Manrique *et al.* (2004) de un  $9\%$  de raíz fresca de yacon; esto se debe a que nuestros análisis se hicieron directamente en el extracto.

**Tabla 11: Color instrumental del yacon.**

L*	a*	b*	C*	h*	IC
$38.30 \pm 1.39$	$-0.57 \pm 0.30$	$8.50 \pm 1.19$	$8.52 \pm 1.17$	$93.82 \pm 2.54$	$-1.90 \pm 1.22$

Los parámetros de color se midieron en el extracto del yacon.

El parámetro L\* indica el grado de luminosidad; es así que Papadakis (2000), menciona que a medida que el valor aumenta se tiene un producto más claro, mientras que un L\* = 0 representa el color negro. En nuestro caso L\* =  $38.30 \pm 1.39$  siendo un valor menor de 50, el cual indica un color opaco (baja luminosidad).

El factor a\* denota el valor rojo/verde; una medición de color en la dirección a\* muestra un desplazamiento hacia el rojo y para -a\* el verde, el valor obtenido de a\* =  $-0.57 \pm 0.30$  es un valor mínimo negativo, por lo tanto, es despreciable el color verde.

El factor b\* indica un valor amarillo/azul, siendo b\* =  $8.50 \pm 1.19$ , el cual indica una medición de color en la dirección al eje +b\*, que representa una tendencia hacia el color amarillo. El C\* o croma, es la medida de la saturación del color según Chiralt (2007), siendo C\* =  $8.52 \pm 1.17$ , una saturación baja. Los cambios en el color de los parámetros a\* y b\* conducen a una variación del parámetro C\* de las muestras analizadas. Nicolás (1994); Sapers y Douglas (1987)

#### 4.1.2. PIÑA

##### a. Características Morfológicas

**Tabla 12: Características morfológicas de la piña.**

<b>CARACTERISTICAS: PIÑA</b>	
Largo (cm)	27.97±0.75
Ancho (cm)	10.53±0.49
Peso (g)	861.99±57.20
Forma	Ovalada
Superficie	Rugosa
Color de Cascara	Rojiza
Color de Pulpa	Amarillo claro



Figura 63: Caracterización morfológica de la piña

De acuerdo a la Tabla 12, se observa que la piña presenta una medida promedio de  $27.97 \pm 0.75$  cm de largo,  $10.53 \pm 0.49$  cm de ancho, un peso de  $861.99 \pm 57.20$  gr, mientras que Figueroa (1970), reporta que el peso va de 1 a 4 Kg (2,2 – 8,8 lbs), promediando unos 30 cm. de altura, con un diámetro de 15 cm y un peso alrededor de los 2 Kg; cuyos valores obtenidos en la tabla están por debajo de dicho rango. Esta diferencia puede explicarse a que se considera una “hija”, debido a que no es destinada para exportación, sino que fue destinada al mercado local.

Para EARTH (2004), la variedad española roja, presenta forma cónica y ovalada, de tamaño mediano, con hojas largas estrechas y espinosas,

pulpa de color amarilla pálido, poco sensible a las enfermedades; encontrándose conforme con los datos obtenidos.

b. Características Fisicoquímicas

**Tabla 13: Características fisicoquímicas del extracto de piña.**

<b>VARIABLES</b>	<b>TOTAL</b>
Ph	3.68 ± 0.01
Brix (°Bx)	10.07 ± 0.06
Acidez (% Ac. cítrico)	0.77 ± 0.02
Humedad (%)	92.52 ± 0.02
Cenizas (%)	0.47 ± 0.03
Azúcares Reductores (%)	0.07 ± 0.01
Vitamina C (mg/100ml)	7.23 ± 0.04
Proteínas (%)	0.69 ± 0.09

De acuerdo a la Tabla 13, el pH obtenido para la piña fue de 3.68 ± 0.01, cuyo valor está ligeramente por encima de los valores encontrados por Hodgson (1993), correspondientes a un rango de 3,3 a 3,5.

La FAO (2003), reporta valores para piña de 14 °Bx. Así mismo el CODEX STAN 182-1993, menciona que el contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto (piña) deberá ser, como mínimo, de 12°Brix. Sin embargo, dicho valor es superior al encontrado en este trabajo, ya que la piña obtuvo un valor promedio de 10.07 ± 0.06°Bx. Esta diferencia puede explicarse con lo descrito por Macrae et. (1993); quien dice que en promedio la fruta madura contiene de 15-18 °Bx, pero las frutas cosechadas fuera de temporada (en el invierno) contiene 6-11°Bx; debido a que la fruta en condiciones de frío contiene menor cantidad de azúcar y mayor acidez. Es por ello que el promedio de °Bx de la piña se encontraron por debajo del rango;

ya que fueron cosechadas en época de invierno durante el mes de Septiembre.

El valor experimental de la acidez obtenido fue de  $0.77 \pm 0.02\%$ , lo cual sobrepasa ligeramente a los datos de la FAO (2003), donde se reporta un valor de 0.56% y así mismo se encuentra dentro del rango de 0,5 a 1,6 g. ácido cítrico/100 g jugo de la fruta según el Ministerio de agricultura y Ganadería (2005).

El contenido de humedad de la piña fue de  $92.52 \pm 0.02\%$ , el cual se encuentra dentro del rango establecido por Woodrof y Luh (1986), quien presenta unos niveles entre 80 y 94.4% de humedad, siendo el agua, el componente mayoritario de la piña, como en casi todas las frutas.

El contenido de cenizas reportado fue de  $0.47 \pm 0.03\%$ , lo cual excede a la indicación según la Ficha técnica para la piña (2008); que muestra un contenido de cenizas de 0.1%.

Wenkam (1990) reporta el contenido de vitamina C: 10 mg/100 g para piña; siendo un valor por encima del obtenido que fue de  $7.23 \pm 0.04$  mg/100 ml. Es por ello que Macrae (1993) dice que las variaciones de contenido de vitamina C se deben a la variedad genética, grado de madurez, clima, luz solar, método de cosecha y almacenamiento.

Así también La Dirección de Mercadeo y Agroindustria nos dice que la cantidad de proteínas de la piña, es de 0,44 g. por cada 100 gramos; siendo un valor menor al caracterizado en la investigación, con un valor de  $0.69 \pm 0.09$ g. por cada 100 g.

**Tabla 14: Color instrumental del extracto de piña.**

L*	a*	b*	C*	h*	IC
39.50 ± 2.48	-1.64 ± 0.18	9.53 ± 1.78	9.68 ± 1.73	99.79 ± 2.88	-4.62 ± 1.59

El hecho de que el consumidor, asocie la madurez de los frutos, con el color de los mismos, ha dado lugar a que comercialmente, se haya fijado, un IC mínimo para cada variedad. Sin embargo, la coloración de los cítricos, es independiente de su madurez interna, ya que en ella influyen factores geográficos, climáticos y prácticas culturales, que afectan al color.

Por otra parte, la sensación de color, depende de numerosos factores: intensidad de la iluminación, forma geométrica del objeto y factores subjetivos como la capacidad de visión, estado de ánimo, poder de fijación del observador, etc. Es por ello que el valor del Índice de Color (IC) fue de  $-4.62 \pm 1.59$ , encontrándose en el rango de (-20 a -2), es decir que los colores son cercanos al verde amarillento.

Padrón *et al.* (2012) nos dice que el croma o cromaticidad (C\*) indica cuán puro, intenso o vivo es un color en una escala del 1 al 100, donde este último valor expresa la mayor pureza; es decir la piña de variedad Española Roja con un valor de  $C^* = 9.68 \pm 1.73$ . Así mismo el ángulo de tonalidad fue de  $99.79^\circ \pm 2.88$ , por lo que indica una tonalidad amarilla, la cual coincide con el análisis visual.

## 4.2. FORMULACIÓN DE BEBIDAS

**Tabla 15: Formulación de 9 tratamientos.**

TRATAMIENTOS	PROPORCION	DILUCION	CODIGO
T <sub>1</sub>	30% Y-70%P	1:1	357
T <sub>2</sub>	50% Y-50%P	1:1	574
T <sub>3</sub>	70% Y-30%P	1:1	324
T <sub>4</sub>	30% Y-70%P	1:1,5	281
T <sub>5</sub>	50% Y-50%P	1:1,5	290
T <sub>6</sub>	70% Y-30%P	1:1,5	755
T <sub>7</sub>	30% Y-70%P	1:2	427
T <sub>8</sub>	50% Y-50%P	1:2	452
T <sub>9</sub>	70% Y-30%P	1:2	110

## 4.3. EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES: COLOR OLOR Y ACEPTABILIDAD GENERAL

Para evaluar los atributos sensoriales de los 9 tratamientos. se llevó los datos a un arreglo factorial, para determinar la preferencia por los panelistas:

### 4.3.1. COLOR

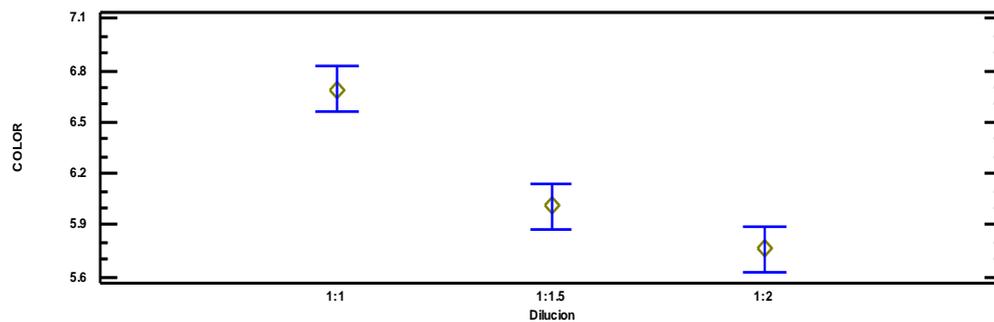
#### a. Análisis de Varianza

**Tabla 16: Análisis de Varianza para COLOR - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Dilucion	56.0222	2	28.0111	24.53	0.0000
B: Proporcion	3.77222	2	1.88611	1.65	0.1933
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	7.92778	4	1.98194	1.74	0.1416
RESIDUOS	400.875	351	1.14209		
TOTAL (CORREGIDO)	468.597	359			

En la Tabla 16, se muestra el ANOVA para el COLOR, identificándose que el valor-P del factor DILUCION es menor a 0.05, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el color, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 1: Medias e Intervalos (LSD) - color**



En el Gráfico 1, se observa que las diluciones 1:1.5 – 1:2 son grupos homogéneos, debido a que hay un solapamiento entre ambos; mientras que las diluciones 1:1 – 1:1.5 y 1:1 – 1:2 presentaron una diferencia significativa, mediante los intervalos LSD.

### 4.3.2. OLOR

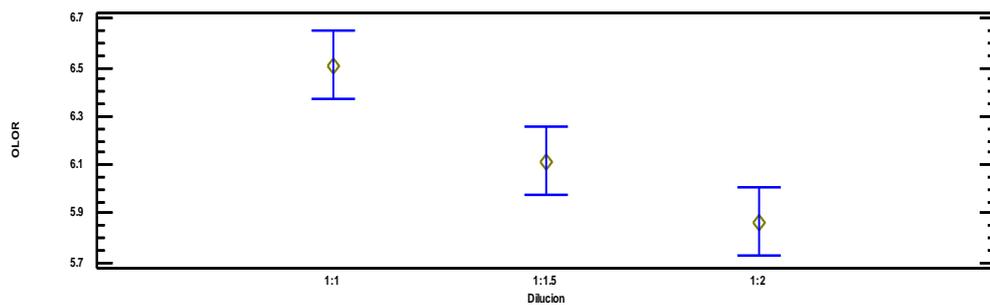
#### a. Análisis de Varianza

**Tabla 17: Análisis de Varianza para OLOR - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Dilucion	25.1056	2	12.5528	10.33	<b>0.0000</b>
B:Proporción	3.03889	2	1.51944	1.25	0.2878
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	8.46111	4	2.11528	1.74	0.1407
RESIDUOS	426.725	351	1.21574		
TOTAL (CORREGIDO)	463.331	359			

En la Tabla 17, se muestra el ANOVA para el OLOR, identificándose que el valor-P del factor DILUCION es menor a 0.05, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el olor, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 2: Medias e Intervalos (LSD) - Olor**



En el Gráfico 2, se observa que las diluciones 1:1.5 – 1:2 presentan solapamiento entre ambos, indicando que no hay diferencia significativa; mientras que en las diluciones 1:1 – 1:1.5 y 1:1 – 1:2 sí hay diferencia significativa, mediante los intervalos LSD.

### 4.3.3. SABOR

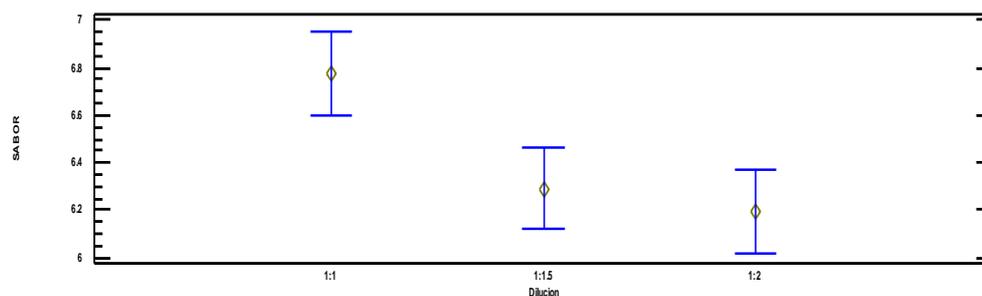
#### a. Análisis de Varianza

**Tabla 18: Análisis de Varianza para SABOR - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Dilucion	23.3556	2	11.6778	6.21	0.0022
B:Proporcion	11.9056	2	5.95278	3.17	0.0434
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	18.4278	4	4.60694	2.45	0.0459
RESIDUOS	659.975	351	1.88027		
TOTAL (CORREGIDO)	713.664	359			

En la Tabla 18, se muestra el ANOVA para el SABOR, identificándose que el valor-P del factor DILUCION, PROPORCIÓN e INTERACCIÓN es menor a 0.05, por lo que estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el sabor, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 3: Medias e Intervalos (LSD) - Sabor.**



En el Gráfico 3, se observa que las diluciones 1:1.5 – 1:2 son grupos homogéneos, debido a que hay un solapamiento entre ambos; mientras que las diluciones 1:1 – 1:1.5 y 1:1 – 1:2 presentaron una diferencia significativa, mediante los intervalos LSD.

#### 4.3.4. ACEPTABILIDAD GENERAL

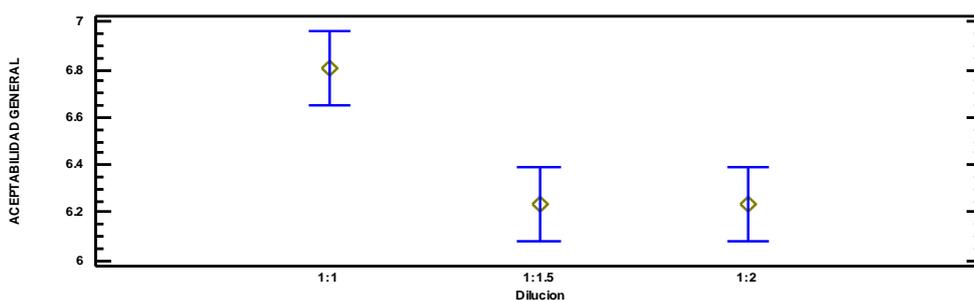
##### a. Análisis de Varianza

**Tabla 19: Análisis de Varianza para ACEPTABILIDAD GENERAL - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Dilucion	26.45	2	13.225	8.97	0.0002
B:Proporcion	8.6	2	4.3	2.92	0.0554
INTERACCIONES					
AB	9.4	4	2.35	1.59	0.1754
RESIDUOS	517.525	351	1.47443		
TOTAL (CORREGIDO)	561.975	359			

En la Tabla 19, se muestra el ANOVA para la ACEPTABILIDAD GENERAL, identificándose que el valor-P del factor DILUCION es menor a 0.05, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la aceptabilidad general, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 4: Medias e Intervalos (LSD) - Aceptabilidad general.**



En el Gráfico 4, se observa que las diluciones 1:1.5 – 1:2 presentan homogeneidad; mientras que las diluciones 1:1 – 1:1.5 y 1:1 – 1:2 presentaron una diferencia significativa, mediante los intervalos LSD.

#### 4.4. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Para evaluar las características fisicoquímicas de los 9 tratamientos, se llevó los datos a un arreglo factorial, para determinar el tratamiento óptimo:

##### 4.4.1. PH

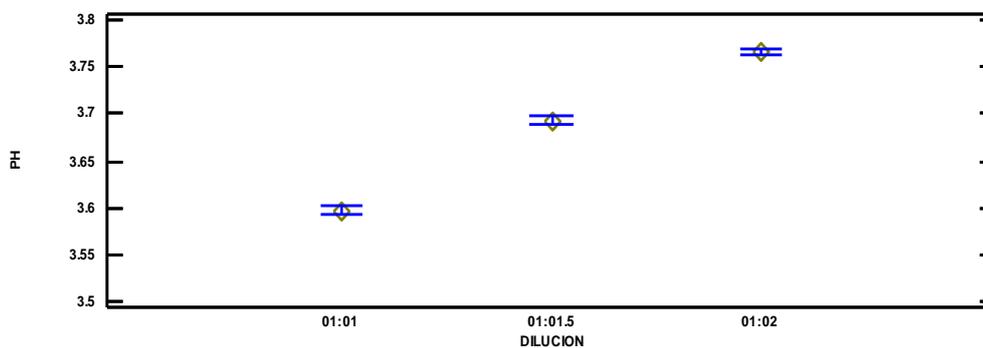
###### a. Análisis de Varianza

**Tabla 20: Análisis de Varianza para PH - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:DILUCION	0.132496	2	0.0662481	1052.18	0.0000
B:PROPORCION	0.010163	2	0.00508148	80.71	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.00165926	4	0.000414815	6.59	0.0019
RESIDUOS	0.00113333	18	0.000062963		
TOTAL (CORREGIDO)	0.145452	26			

En la Tabla 20, se muestra el ANOVA para el PH, identificándose que el valor-P del factor DILUCION, PROPORCIÓN e INTERACCIÓN es menor a 0.05, por lo que estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el sabor, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 5: Medias e Intervalos (LSD) - pH.**



En el Gráfico 5, se observa que las diluciones 1:1, 1:1.5 y 1:2 presentan diferencia significativa, debido a que no hay solapamiento entre sí, mediante los intervalos LSD.

#### 4.4.2. BRIX

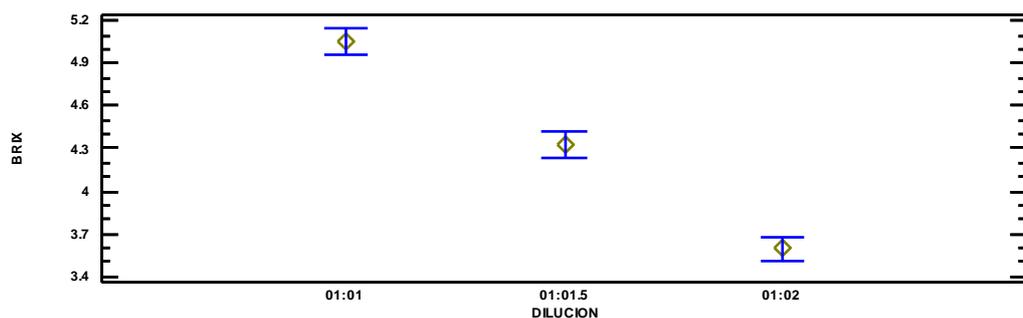
##### a. Análisis de Varianza

**Tabla 21: Análisis de Varianza para BRIX - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:DILUCION	9.68074	2	4.84037	139.03	0.0000
B:PROPORCION	1.42519	2	0.712593	20.47	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.939259	4	0.234815	6.74	0.0017
RESIDUOS	0.626667	18	0.0348148		
TOTAL	12.6719	26			
(CORREGIDO)					

En la Tabla 21, se muestra el ANOVA para el BRIX, identificándose que el valor-P del factor DILUCION, PROPORCIÓN e INTERACCIÓN es menor a 0.05, por lo que estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el brix, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 6: Medias e Intervalos (LSD) - °Bx**



En el Gráfico 6, se observa que las diluciones 1:1, 1:1.5 y 1:2 presentan diferencia significativa, debido a que no hay solapamiento entre sí, mediante los intervalos LSD.

### 4.4.3. ACIDEZ

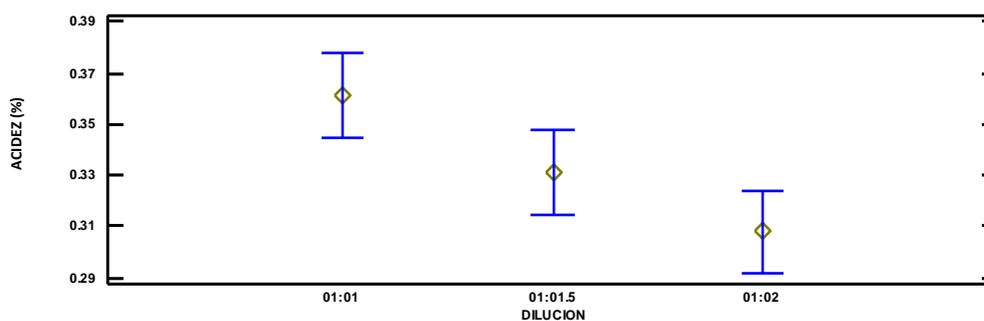
#### a. Análisis de varianza

**Tabla 22: Análisis de Varianza para ACIDEZ - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:DILUCION	0.013025	2	0.00651248	5.92	<b>0.0105</b>
B:PROPORCION	0.000712074	2	0.000356037	0.32	0.7274
INTERACCIONES					
AB	0.000285926	4	0.0000714815	0.07	0.9915
RESIDUOS	0.0197853	18	0.00109919		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0338083	26			

En la Tabla 22, se muestra el ANOVA para la ACIDEZ, identificándose que el valor-P del factor DILUCION es menor a 0.05, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 7: Medias e Intervalos (LSD) - % Acidez.**



En el Gráfico 7, se observa que las diluciones 1:1 - 1:1.5 y 1:1.5 - 1:2 no presentan diferencia significativa, debido a que hay un solapamiento entre sí; mientras que las diluciones 1:1 - 1:2 sí presentan diferencia significativa, mediante los intervalos LSD.

#### 4.4.4. INDICE DE COLOR

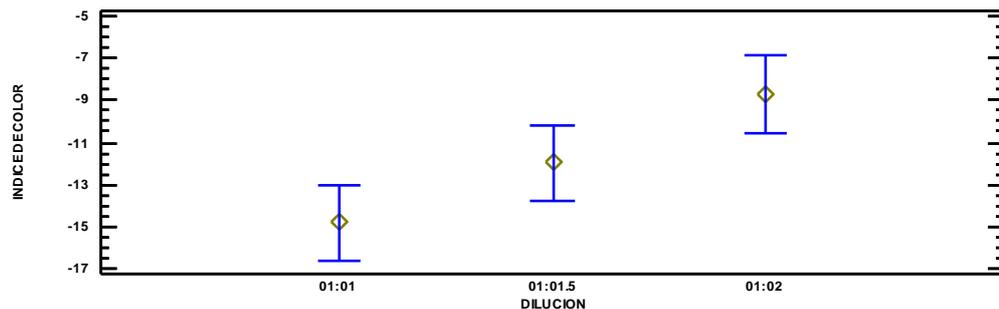
##### a. Análisis de Varianza

**Tabla 23: Análisis de Varianza para INDICE DE COLOR - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:DILUCION	171.365	2	85.6824	6.21	<b>0.0089</b>
B:PROPORCION	3.59137	2	1.79569	0.13	0.8788
INTERACCIONES					
AB	91.6285	4	22.9071	1.66	0.2029
RESIDUOS	248.345	18	13.7969		
TOTAL (CORREGIDO)	514.93	26			

En la Tabla 23, se muestra el ANOVA para el INDICE DE COLOR, identificándose que el valor-P del factor DILUCION es menor a 0.05, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de color, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 8: Medias e Intervalos (LSD) - Índice de color.**



En el Gráfico 8, se observa que las diluciones 1:1 - 1:1.5 y 1:1.5 - 1:2 no presentan diferencia significativa, debido a que hay un solapamiento entre sí; mientras que las diluciones 1:1 - 1:2 si presentan diferencia significativa, mediante los intervalos LSD.

#### 4.4.5. FRUCTO-OLIGOSACARIDOS

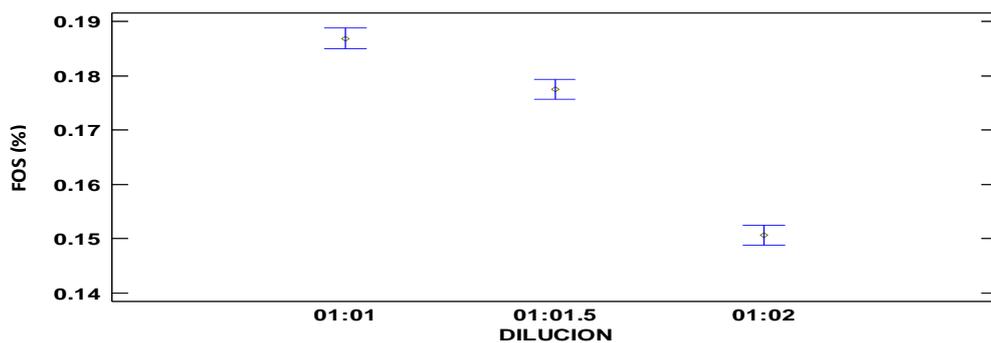
##### a. Análisis de Varianza

**Tabla 24: Análisis de Varianza para FOS - Suma de Cuadrados Tipo III.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:DILUCION	0.00635489	2	0.00317744	231.87	0.0000
B:PROPORCION	0.000344222	2	0.000172111	12.56	0.0004
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.000134222	4	0.0000335556	2.45	0.0836
RESIDUOS	0.000246667	18	0.0000137037		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00708	26			

En la Tabla 24, se muestra el ANOVA para el FOS, identificándose que el valor-P de los factores DILUCIÓN y PROPORCIÓN es menor a 0.05, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de FOS, con un 95.0% de confiabilidad.

**Gráfico 9: Medias e Intervalos (LSD) - FOS.**



En el Gráfico 9, se observa que las diluciones 1:1, 1:1.5 y 1:2 presentan diferencia significativa, debido a que no hay solapamiento entre sí, mediante los intervalos LSD.

#### 4.5. SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO

**Tabla 25: Arreglo factorial.**

		PROPORCIÓN		
		30% Y-70% P	50% Y-50% P	70% Y-30% P
DILUCIÓN	1:1	6.63	6.93	6.53
		6.4	6.6	6.53
		16.88	7.08	6.38
		6.83	7.03	6.58
	1:1.5	6.3	5.75	5.98
		6.48	5.9	5.98
		5.8	6.55	6.53
		5.8	6.5	6.4
	1:2	5.93	5.75	5.6
		5.95	6	5.65
		6.28	6.4	5.9
		6.25	6.4	6.05

**Tabla 26: ANOVA.**

	GI	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabulado</sub>	Significancia
Tratamiento	8	3.7637	0.4705	6.4718	2.312	*
Proporción	2	0.3221	0.1611	2.2180	3.362	NS
Dilución	2	3.1255	1.5628	21.4966	3.362	*
P x D	4	0.3161	0.0790	1.0867	2.732	NS
Error	27	1.9642	0.0727			
Total	35	5.7279				

**Tabla 27: PRUEBA DE DUNCAN**

TRATAMIENTO	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
CÓDIGO	357	574	324	281	290	755	427	452	110

**Significancia: 5%**

$$D_p = d_{\alpha,p,gl_{error}} \sqrt{\frac{CME}{r}} \quad \text{Donde:}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$gl_{error} = 27$$

**Por lo tanto:**

$$D_2 = 0.3914$$

$$D_6 = 0.4399$$

$$D_3 = 0.4113$$

$$D_7 = 0.4452$$

$$D_4 = 0.4241$$

$$D_8 = 0.4494$$

$$D_5 = 0.4331$$

$$D_9 = 0.4529$$

Promedio general:

	$T_9$	$T_4$	$T_7$	$T_8$	$T_5$	$T_6$	$T_3$	$T_1$	$T_2$
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	<b>5.80</b>	<b>6.095</b>	<b>6.103</b>	<b>6.138</b>	<b>6.175</b>	<b>6.223</b>	<b>6.505</b>	<b>6.685</b>	<b>6.91</b>
II		0.295	0.303	0.338	0.375	0.423	0.705*	0.885*	1.110*
III			0.008	0.043	0.08	0.128	0.41	0.590*	0.815*
IV				0.035	0.072	0.12	0.402	0.582*	0.807*
V					0.037	0.085	0.367	0.547*	0.772*
VI						0.048	0.33	0.510*	0.735*
VII							0.282	0.462*	0.687*
VIII								0.18	0.405
IX									0.06

$T_9$	$T_4$	$T_7$	$T_8$	$T_5$	$T_6$	$T_3$	$T_1$	$T_2$
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
a	a	a	a	A	a	a		
							<b>b</b>	<b>b</b>

Se obtienen dos tratamientos que no presentan diferencia significativa entre ambos y que además obtienen la mayor puntuación; es decir, son las más aceptadas por los panelistas en cuanto a sus características sensoriales. Estos tratamientos contienen una dilución de 1:1 y una proporción de 30% de yacon – 70% de piña para el  $T_1$  y 50% de yacon – 50% de piña para el  $T_2$ .

De este modo la elección del tratamiento óptimo entre el  $T_1$  y  $T_2$ , se define según la composición nutricional (específicamente FOS) para lograr un mayor efecto positivo en el consumidor, siendo este el  $T_2$

#### 4.6. EVALUACIÓN DE VIDA UTIL

Para la evaluación de vida útil, se utilizó los atributos sensoriales: olor, color, sabor y aceptabilidad general; y también los análisis fisicoquímicos de pH, acidez y color instrumental. Dicha evaluación se realizó cada 2 días:

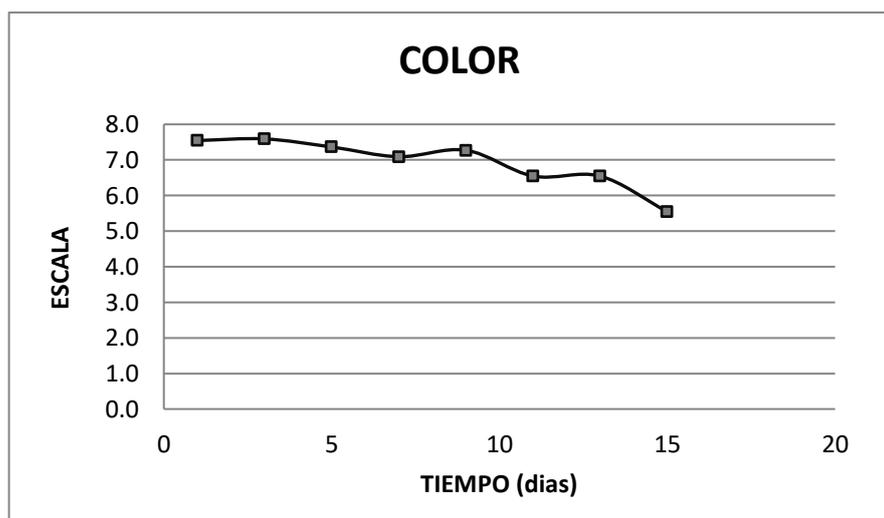
##### 4.6.1. ATRIBUTOS SENSORIALES:

###### a. Color

**Tabla 28: ATRIBUTO - COLOR**

DIAS	T <sub>2</sub> Código: 574
1	7.55
3	7.59
5	7.36
7	7.09
9	7.27
11	6.55
13	6.55
15	5.55

**Gráfico 10: Color - Vida Útil**



Como se observa en el Gráfico 10, en el primer día los panelistas calificaron el color con un puntaje de 7.55, lo cual tiende a “me gusta mucho” en base a la escala hedónica de 9 puntos; esto indica que en

la bebida se aprecia un color uniforme, semejante a las frutas frescas como menciona Camacho (2002).

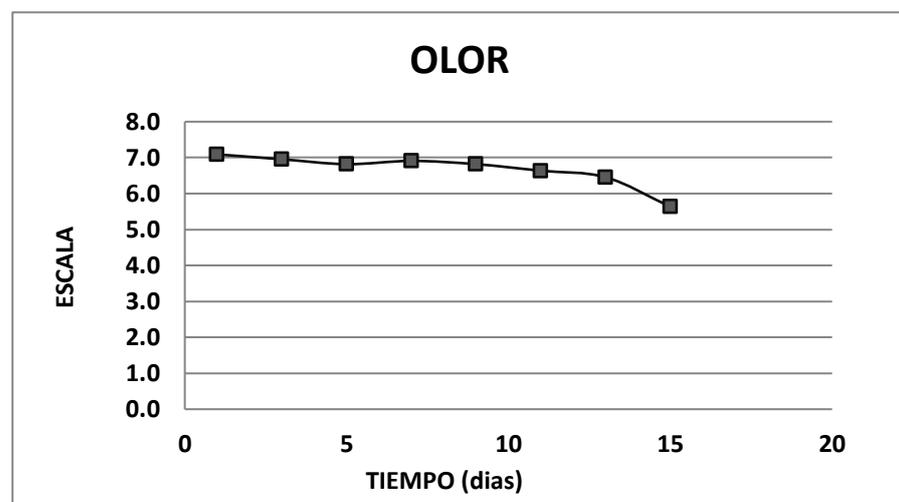
Los panelistas detectaron cambios durante el tiempo de almacenamiento, observándose una disminución de puntaje hasta 5.55 (“me gusta levemente”). Esta variación se debe a que los pigmentos presentes en la bebida se auto oxidan por reacción de factores como: luz y oxígeno atmosférico. (Meléndez *et. al*, 2004)

b. Olor

**Tabla 29: ATRIBUTO - OLOR**

<b>DIAS</b>	<b>T<sub>2</sub> Código: 574</b>
1	7.09
3	7.95
5	6.82
7	6.91
9	6.82
11	6.64
13	6.45
15	5.64

**Gráfico 11: Olor - Vida Útil**



Como se observa en el Gráfico 11, en el primer día los panelistas calificaron el olor con un puntaje de 7.09, lo cual tiende a “me gusta moderadamente” en base a la escala hedónica de 9 puntos; esto indica que la bebida mantiene un aroma a las frutas de origen. (Camacho 2002)

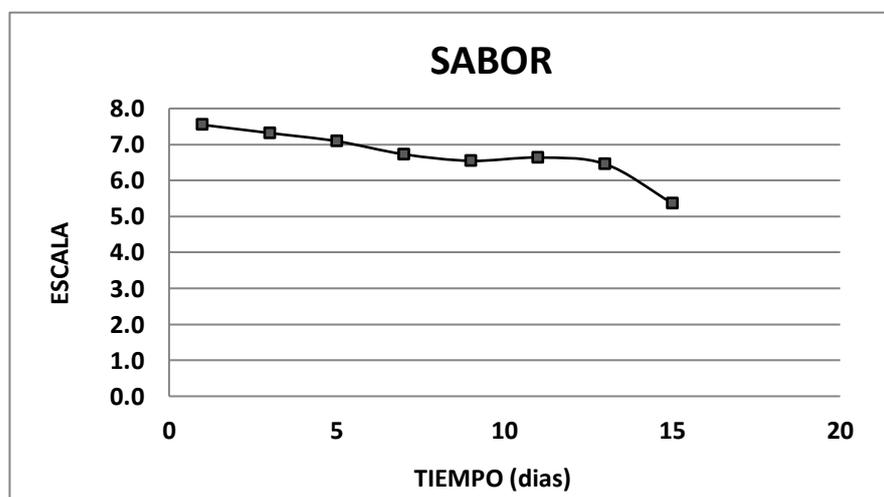
Los panelistas detectaron cambios durante el tiempo de almacenamiento, observándose una disminución de puntaje hasta 5.64 (“me gusta levemente”). Esta variación puede suceder debido a la volatilidad de los carbonílicos (aldehídos y cetonas) y carboxílicos (principalmente ésteres). (Fennema, 2000)

c. Sabor

**Tabla 30: ATRIBUTO - SABOR**

<b>DIAS</b>	<b>T<sub>2</sub> Código: 574</b>
1	7.55
3	7.32
5	7.09
7	6.73
9	6.55
11	6.64
13	6.45
15	5.36

**Gráfico 12: Sabor - Vida Útil**



Como se observa en el Gráfico 12, en el primer día los panelistas calificaron el sabor con un puntaje de 7.55, lo cual tiende a “me gusta mucho” en base a la escala hedónica de 9 puntos; esto indica que en la bebida se aprecia un sabor característico a los frutos frescos. (NTP 203.110:2009)

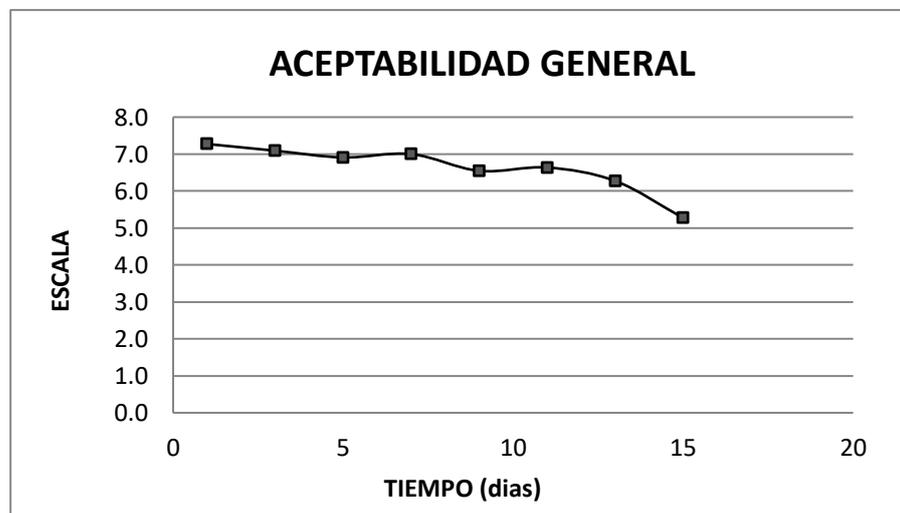
Los panelistas detectaron cambios durante el tiempo de almacenamiento, observándose una disminución de puntaje hasta 5.36 (“no me gusta ni me disgusta”). Esta variación se debe a que los pigmentos presentes en la bebida se auto oxidan por reacción de factores como: luz y oxígeno atmosférico. (Meléndez *et. al*, 2004)

d. Aceptabilidad General

**Tabla 31: ACEPTABILIDAD GENERAL**

<b>DIAS</b>	<b>T<sub>2</sub> Código: 574</b>
1	7.27
3	7.09
5	6.91
7	7.00
9	6.55
11	6.64
13	6.27
15	5.27

**Gráfico 13: Aceptabilidad General - Vida Útil**



Como se observa en el Gráfico 13, en el primer día los panelistas calificaron el sabor con un puntaje de 7.27, lo cual tiende a “me gusta moderadamente” en base a la escala hedónica de 9 puntos; esto indica que posee color uniforme y olor semejante al de las respectivas frutas. (Camacho, 2002)

Los panelistas detectaron cambios durante el tiempo de almacenamiento, observándose una disminución de puntaje hasta 5.27 (“no me gusta ni me disgusta”), ya que influyen los 3 parámetros mencionados anteriormente.

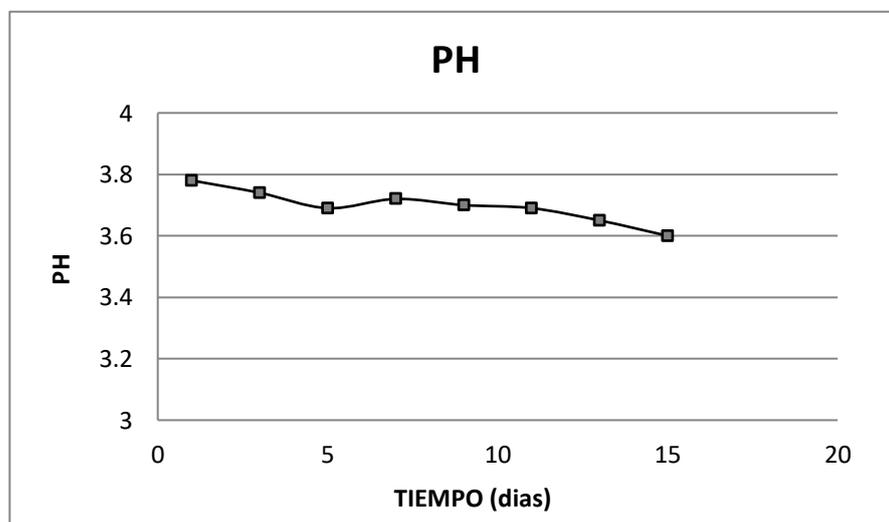
#### 4.6.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

##### a. PH

**Tabla 32: PH**

<b>DIAS</b>	<b>T<sub>2</sub> Código: 574</b>
1	3.78 ± 0.02
3	3.74 ± 0.03
5	3.68 ± 0.05
7	3.72 ± 0.02
9	3.70 ± 0.01
11	3.69 ± 0.01
13	3.65 ± 0.03
15	3.60 ± 0.04

**Gráfico 14: pH - Vida Útil**



Como se observa en el Gráfico 14, los valores de pH estuvieron dentro de lo establecido según La Norma Técnica Peruana para Jugos, Néctares y Bebidas de frutas (NTP 203.110:2009), donde el pH ideal de una bebida debe estar entre el rango 3.3 – 4.2.

Según A.A.P.P.A (2004) se puede categorizar como un alimento de alta acidez ( $\text{pH} < 4.5$ ).

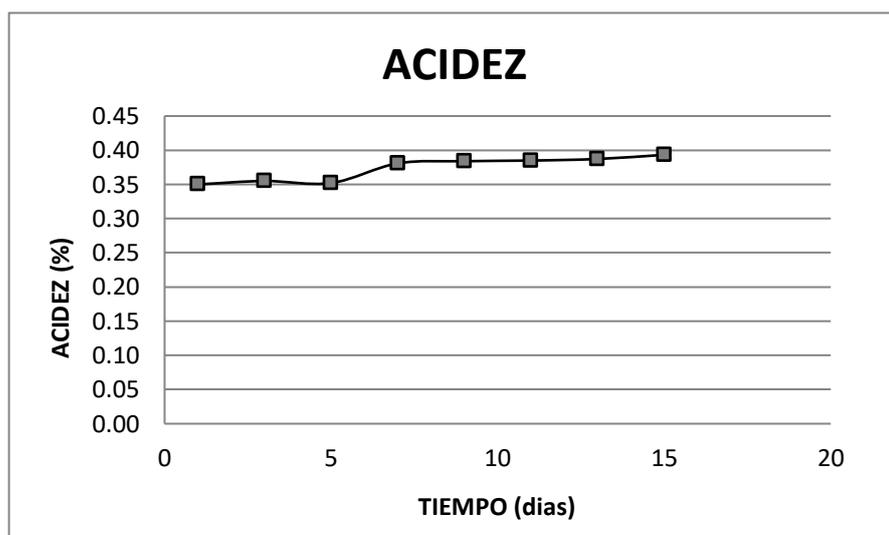
De esta manera se observa una leve disminución de pH, de  $3.78 \pm 0.02$  hasta  $3.60 \pm 0.04$  durante los 15 días de almacenamiento; esto se explicaría por la lenta disociación de los ácidos orgánicos. (Caxi, 2013)

b. Acidez

**Tabla 33: ACIDEZ (%)**

DIAS	T <sub>2</sub> Código: 574
1	$0.35 \pm 0.01$
3	$0.36 \pm 0.01$
5	$0.35 \pm 0.03$
7	$0.38 \pm 0.02$
9	$0.38 \pm 0.01$
11	$0.38 \pm 0.01$
13	$0.39 \pm 0.02$
15	$0.39 \pm 0.01$

Gráfico 15: Acidez - Vida Útil



En el Gráfico 15, se observa que los valores de acidez, se encuentran dentro de la especificación del CODEX STAN 192-1995, que permite un máximo de 0.5g Ac. Cítrico/100 ml.

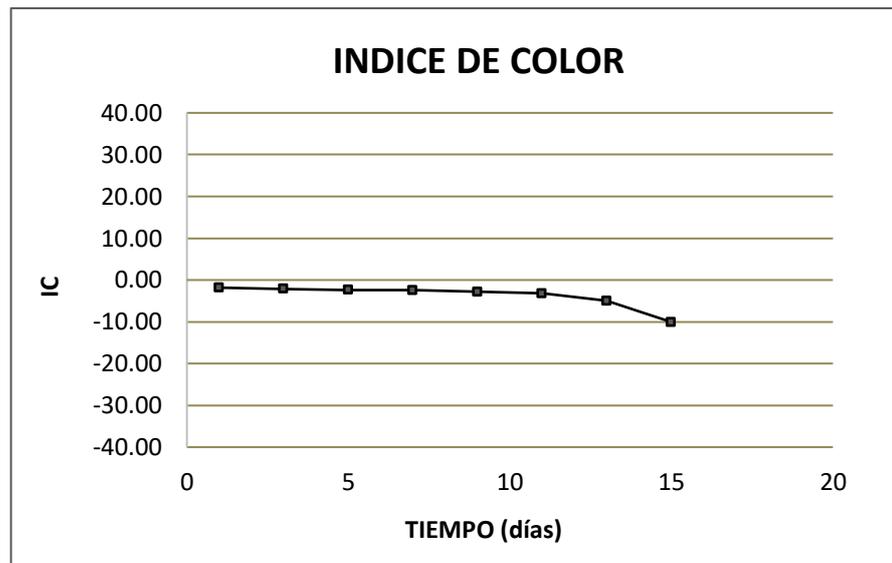
Así mismo se observa un crecimiento leve de acidez de  $0.35 \pm 0.01\%$  hasta  $0.39 \pm 0.01\%$ . Este incremento se explicaría por la lenta disociación de los ácidos orgánicos. (Caxi, 2013)

c. Color instrumental

Tabla 34: Color instrumental

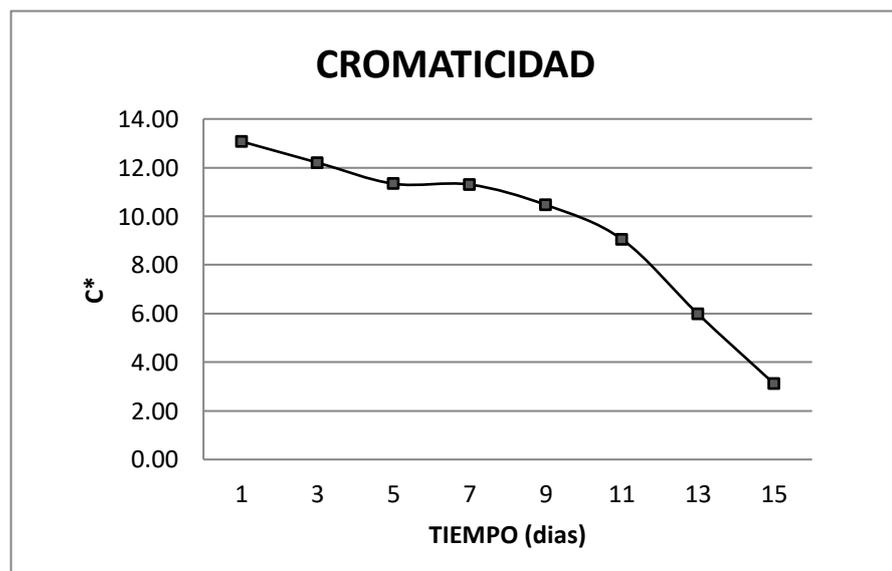
T <sub>2</sub> : Dilución 1.1, Proporción 50%Y-50%P						
DIAS	L*	a*	b*	C*	h*	IC
1	42.29 ± 2.52	-1.01 ± 0.04	13.04 ± 1.51	13.07 ± 1.08	148.32 ± 0.68	-1.83 ± 0.28
3	41.21 ± 0.95	-1.05 ± 0.11	12.16 ± 1.23	12.20 ± 1.22	149.12 ± 1.49	-2.00 ± 0.43
5	40.13 ± 2.20	-1.09 ± 0.19	11.28 ± 2.74	11.34 ± 2.70	150.04 ± 4.36	-2.41 ± 1.40
7	40.11 ± 1.54	-1.10 ± 0.08	11.25 ± 1.20	11.30 ± 1.20	150.14 ± 0.87	-2.44 ± 0.22
9	40.00 ± 2.34	-1.19 ± 0.10	10.40 ± 1.30	10.47 ± 1.28	151.61 ± 2.11	-2.86 ± 0.64
11	42.73 ± 2.91	-1.23 ± 0.24	8.97 ± 2.36	9.05 ± 2.30	153.59 ± 6.24	-3.20 ± 1.46
13	35.82 ± 2.00	-1.05 ± 0.11	5.89 ± 0.72	5.98 ± 0.71	157.20 ± 2.26	-4.96 ± 0.98
15	28.91 ± 2.23	-0.87 ± 0.15	2.99 ± 1.41	3.11 ± 1.43	166.86 ± 3.24	-10.06 ± 1.18

**Gráfico 16: Índice de Color - Vida Útil**



Según el Gráfico 16, el Índice de Color (IC) durante el almacenamiento en Refrigeración por 15 días va de  $-1.83 \pm 0.28$  hasta  $-10.06 \pm 1.18$ , encontrándose en el rango de (-20 a -2) y (-2 a +2), es decir que en los días 1 y 3, representa el amarillo verdoso, y a partir del día 5, van de verde profundo a verde amarillento.

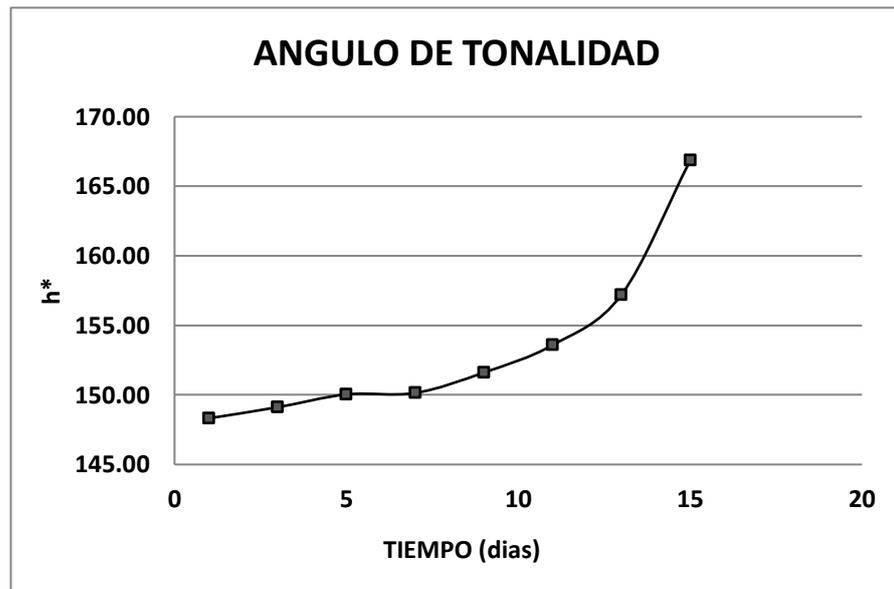
**Gráfico 17: Cromaticidad - Vida Útil**



Según el Gráfico 17, la cromaticidad con el paso de los días tiende a disminuir, por lo que Padrón (2012) nos dice que el croma o

cromaticidad ( $C^*$ ) indica cuán puro, intenso o vivo es un color en una escala del 1 al 100, donde este último valor expresa la mayor pureza; es decir que en esta bebida se indica una tendencia a disminuir ligeramente su pureza.

**Gráfico 18: Angulo de Tonalidad - Vida Útil**



El ángulo de tonalidad indica el grado de tonalidad o color de la muestra, donde los valores cercanos a  $90^\circ$  ( $+b^*$ ) indican una tonalidad amarilla, mientras que los valores cercanos a  $180^\circ$  ( $-a^*$ ) una tendencia a tonalidades verdes; un valor intermedio  $135^\circ$  se puede considerar un verde-amarillo o verde limón. Entonces como en esta bebida el ángulo de tonalidad tiende a aumentar de  $148.32 \pm 0.68^\circ$  a  $166.86 \pm 3.24^\circ$ , indica una tendencia a verde-amarillo o verde limón.

## 4.7. CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO

### 4.7.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

**Tabla 35: Características fisicoquímicas del tratamiento óptimo**

VARIABLES	TOTAL
PH	3.58 ± 0.03
Brix (°Bx)	5.00 ± 0.01
Acidez (%)	0.36 ± 0.01
Densidad (g/ml)	1.02 ± 0.01
Viscosidad (cP)	13.55 ± 0.15

La Norma Técnica Peruana para Jugos, Néctares y Bebidas de frutas (NTP 203.110:2009), establece en sus especificaciones un pH de 3.3 – 4.2; por lo que el pH de la Bebida funcional se encuentra dentro de lo especificado.

Así mismo según AAPPA (2004) se puede categorizar como un alimento de alta acidez (pH < 4.5).

La NTP 203.110:2009 establece que el rango de especificación de sólidos solubles (°Bx) es de 12-18, reportándose un valor inferior (5.00 ± 0.01°Bx) a lo establecido por la norma. Esto es debido a que, en vez de usar sacarosa, se utilizó stevia, el cual es considerado un endulzante catalogado como “light”, debido a su bajo aporte tanto de sólidos como de calorías, además de no ser un azúcar o carbohidrato, sino un esteviósido, que posee un poder edulcorante mucho mayor que los azúcares que conocemos. Es por ello que en la tesis elaborada por Guzmán (2015) titulada como «DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA OBTENCIÓN DE NÉCTAR A PARTIR DEL MANGO CIRUELO (*Spondias cytherea*) EDULCORADO CON STEVIA (*Rebaudiana Bertoni*)» reporta valores de sólidos solubles de 3°Bx, el cual también es un valor inferior al establecido por la Norma.

El contenido de acidez debe tener un máximo de 0.5g Ac. Cítrico/100 ml según el CODEX STAN 192-1995, obteniéndose en la investigación  $0.36 \pm 0.01$  g Ac. Cítrico/100 ml, el cual se encuentra dentro de lo especificado.

El valor de densidad reportado es de  $1.02 \pm 0.01$  g/ml, siendo dicho valor cercano al reportado en la tesis de Guzmán, *et al.* (2015) con 1.06 g/ml y por Sequeiros y Castro (2003) con 1.05g/ml de densidad, dependiendo dicha diferencia de la materia prima y/o estabilizante.

Por último, la viscosidad fue de  $13.55 \pm 0.15$  cp, utilizando el método de Brookfield, mientras que para Ojasild (2009) en su investigación titulada como “ELABORACIÓN DE NÉCTARES DE GULUPA (*Passiflora edulis f. edulis*) Y CURUBA (*Passiflora mollissima*), reportó un valor de viscosidad superior, lo cual es explicado por Chin *et al.* (2009) quien nos dice que a medida que aumenta la concentración de sólidos solubles en los zumos, la viscosidad también lo hace de forma apreciable.

Color instrumental					
L*	a*	b*	C*	h*	IC
$31.83 \pm 0.25$	$-1.04 \pm 0.24$	$2.34 \pm 0.52$	$2.56 \pm 0.56$	$114.06 \pm 2.47$	$-14.03 \pm 1.65$

El Índice de Color (IC) reporta un valor de  $-14.03 \pm 1.65$ , encontrándose en el rango de (-20 a -2), indicando que los colores van del verde profundo al verde amarillento.

Así mismo el ángulo de tonalidad con un valor de  $114.06 \pm 2.47$  el cual se puede considerar una tonalidad de verde-amarillo o verde limón.

#### 4.7.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

**Tabla 36: Composición nutricional del tratamiento óptimo**

COMPONENTES	TOTAL
Humedad (%)	91.33 ± 0.01
Cenizas (%)	0.67 ± 0.04
Vitamina C (mg/100ml)	2.97 ± 0.01
Proteínas (%)	0.31 ± 0.07
FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS	
Nystose (%)	0.06
1-Kestose (%)	0.13

En la Tabla 36, se muestra la composición nutricional del tratamiento óptimo. En dicha bebida se encontró 91.33 ± 0.01 % de humedad, valor superior en comparación a una bebida en base a zarzamora con un 87.3% según Guevara (2013), y en comparación a una bebida en base de yacon-maracuyá con un 85.92% según la tesis elaborada por Caxi (2013). Este alto porcentaje de agua se debe a los niveles altos de humedad de la pulpa de yacon y piña, en comparación con la humedad de los frutos mencionados por dichos autores.

El contenido de cenizas obtenido fue 0.67 ± 0.04%, valor aproximado en comparación con una bebida de yacon-maracuyá con un 0.87% según Caxi (2013).

El contenido de vitamina C (Ácido ascórbico) fue de 2.97 ± 0.01 mg/ml, el valor es inferior en comparación lo que reporta (Valencia, 2013) de 3.87 mg/100g en un néctar de zarzamora. El contenido de vitamina C, resulta ser muy variable tanto por causas genotípicas como de manejo pre y poscosecha (Rossi, 2010). Además, la vitamina C puede degradarse fácilmente por exposición al calor y por oxidación (Ravani, 2011).

El contenido de proteínas fue de 0.31 ± 0.07%, dato similar al reportado en la tesis elaborada por Caxi (2013) con un valor de 0.371% para una bebida de yacon-maracuyá.

El contenido de fructooligosacáridos fue de 0.19 % (0.06% de Nystose, 0.13% de 1-Kestose) en base húmeda, valor inferior a lo reportado en la tesis de Espinoza y Chimbor (2010) para un néctar de melocotón-yacon de 1.30% de FOS.

Por regla general se asume que el consumo diario de FOS no debe exceder de 0,3 y 0,4 g por cada kilogramo de peso corporal en hombres y mujeres, respectivamente. Dosis superiores a 20 g de FOS/día pueden producir flatulencia y presión abdominal, y dosis por encima de 50 g frecuentemente ocasionan diarrea. (Manrique, 2003)

El contenido de FOS se complementa con la stevia, ya que es un edulcorante no calórico; de este modo se logra obtener una bebida de bajo valor calórico y con una funcionalidad de fibra dietética. (Niness, 1999)

El aporte de stevia en la bebida le permite ser recomendada a las personas que requieran lograr buenos índices de salud, controlando el peso y efecto antihiper glucemiante e hipogluce miente. (Bustamante, 2015). En específico para el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2, al estimular la secreción de insulina actuando sobre las células b del páncreas. (Gregersen *et al.*, 2004)

#### 4.7.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

**Tabla 37: Análisis microbiológico en el tratamiento óptimo.**

Agente Microbiológico	Categoría	Clase	UFC
Hongos	2	3	Positivo < 10
Bacterias mesófilas viables	2	3	Negativo
Coliformes totales	5	5	Negativo

Los microorganismos indicadores según la NTP (203.2009) son tres: Hongos, bacterias mesófilas viables y coliformes totales.

Camacho, A. *et al.* (2009) afirma que los hongos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente, por lo que son frecuentes en la microbiota habitual de muchos alimentos; se dispersan

fácilmente por el aire y el polvo. Debido a su crecimiento lento y a su baja competitividad, se manifiestan en los alimentos donde las condiciones no favorecen el crecimiento bacteriano, por ejemplo: pH ácido, baja humedad, alto contenido en sales o carbohidratos, baja temperatura de almacenamiento, presencia de antibióticos u otros antibacterianos. Así mismo la NTP 203.110:2009 establece un Índice máximo permisible de hongos y levaduras para identificar el nivel aceptable de calidad igual a 10; teniendo como resultado un valor menor a éste, lo cual se encuentra dentro del rango permisible.

Esta pequeña cantidad de UFC (hongos), según León (2017), tiende a deberse a la falta de sustancias conservadoras que se añaden a los alimentos para prevenir su deterioro, las cuales evitan el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos y levaduras. Las sustancias conservantes químicas más usadas son el sorbato de potasio y el benzoato de sodio.

El recuento de mesófilos aerobios, se utiliza para valorar la calidad de la materia prima, problemas de almacenamiento, abuso de temperatura y vida útil según el Instituto Nacional de Alimentos; sin embargo, en esta investigación se determinó como Negativo, lo cual significa ausencia.

La NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 nos dice que los microorganismos indicadores de higiene en las categorías 4, 5 y 6, se encuentran los microorganismos no patógenos que suelen estar asociados a ellos, como Coliformes (que para efectos de la presente norma sanitaria se refiere a Coliformes Totales), Enterobacteriaceas, a excepción de este último en el caso de "Preparaciones en polvo para Lactantes; teniendo como índice máximo permisible  $< 2.2$ ; sin embargo se obtuvo un resultado negativo, debido a que los resultados de laboratorio mostraron ausencia de turbidez y burbujas.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Las características morfológicas de la materia prima para el caso del yacon fueron de: forma alargada-ovalada con superficie lisa, color de cáscara marrón rojizo, color de pulpa amarillo,  $14.27 \pm 0.25$  de largo,  $7.87 \pm 1.00$  de ancho y un peso promedio de  $266.84 \pm 24.76$  g; mientras que para la piña fueron de: forma ovalada con superficie rugosa, color de cáscara rojiza, color de pulpa amarillo claro,  $27.97 \pm 0.75$  cm de largo,  $10.53 \pm 0.49$  cm de ancho y un peso promedio de  $861.99 \pm 57.20$  g.
- Las características fisicoquímicas de la materia prima para el caso del yacon fue:  $6.28 \pm 0.01$  de pH,  $6.97 \pm 0.21^\circ\text{Bx}$ ,  $0.31 \pm 0.02$  % de acidez,  $-1.90 \pm 1.22$  índice de color,  $89.33 \pm 0.27\%$ , de humedad,  $0.67 \pm 0.04\%$  cenizas,  $0.41 \pm 0.21\%$  azúcares reductores,  $9.00 \pm 0.01$  mg Vit. C/100ml,  $0.34 \pm 0.08\%$  proteínas, FOS (0.20% Nystose, 0.39% 1-Kestose).
- La composición fisicoquímicas de la materia prima para el caso de la piña fue:  $3.68 \pm 0.01$  de pH,  $10.07 \pm 0.06^\circ\text{Bx}$ ,  $0.77 \pm 0.02\%$  acidez,  $-4.62 \pm 1.59$  índice de color,  $92.52 \pm 0.02\%$ , de humedad,  $0.47 \pm 0.03\%$  cenizas,  $0.07 \pm 0.01\%$  azúcares reductores,  $7.23 \pm 0.01$  mg Vit. C/100ml,  $0.69 \pm 0.09\%$  de proteínas.
- Según el análisis de varianza de Diseño Factorial, se demostró que los parámetros: color, olor, aceptabilidad general, acidez e índice de color son afectados significativamente por el factor Dilución; mientras que los parámetros: sabor, pH,  $^\circ\text{Bx}$  y %FOS son afectados por la Dilución y Proporción.
- Según la prueba de preferencia por el tipo de Escala Hedónica, se determinó dos tratamientos (Código 357 y 574) que obtuvieron la mayor puntuación y que no presentaron diferencia significativa en cuanto a sus características sensoriales, por lo tanto, se seleccionó el tratamiento de código 574 (50% de

yacon – 50% de piña) como el óptimo, debido al % FOS (1-Kestose y Nystose).

- La composición del tratamiento óptimo fue la siguiente: pH de  $3.58 \pm 0.03$ ,  $5.00 \pm 0.01$ °Bx,  $0.36 \pm 0.01$ % de acidez, densidad de  $1.02 \pm 0.01$  g/ml, viscosidad de  $13.55 \pm 0.15$  cP, índice de color de  $-14.03 \pm 1.65$ ,  $91.33 \pm 0.01$ % de humedad,  $0.67 \pm 0.04$ % de cenizas,  $2.97 \pm 0.01$  mg Vit. C/100ml,  $0.31 \pm 0.07$ % de proteínas y FOS (1-Kestose = 0.06% y Nystose = 0.13%).
- Los parámetros de pH y acidez del tratamiento óptimo, se encuentran dentro del rango establecido según la Norma Técnica Peruana para Jugos, Néctares y Bebidas de frutas (NTP 203.110:2009), que indica un pH de 3.3-4.5 y una acidez de 0.5 gr. Ac. Cítrico/100 ml.
- Según el método HPLC, se determinó presencia de FOS en el tratamiento óptimo, con un contenido de 0.06% de 1-Kestose y 0.13%, Nystose, lo cual contribuye a la funcionalidad de la bebida en complemento con la stevia.
- El análisis microbiológico del tratamiento óptimo, mostró ausencia de mesófilos viables y coliformes totales, sin embargo, la presencia de mohos se encuentra dentro el índice máximo permisible como nivel aceptable de la calidad según la NTP 203.110:2009.
- El tiempo de vida útil del tratamiento óptimo se determinó en función al análisis sensorial y fisicoquímico, obteniéndose un resultado de 15 días.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Para optimizar la precisión de los resultados de %FOS, se sugiere utilizar un Cromatógrafo de Líquidos de Ultra Alta Resolución acoplado a un Espectrómetro de Masas.
- Realizar el pelado del yacon de manera automatizada para escalas mayores, de modo que se reduzca el tiempo de exposición al ambiente, debido a que el yacon es un fruto que presenta un pardeamiento enzimático acelerado, y así mismo utilizar ácido ascórbico para su conservación.
- Para determinar la vida útil de bebidas es posible utilizar el método de evaluación nutricional, además de los sensoriales y fisicoquímicos aplicados en esta investigación.
- Para obtener una bebida orientada para el consumo humano, se requiere la aplicación de BPM y POES, de modo que se obtenga un producto que garantice la calidad e inocuidad.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACADEMIA DEL ÁREA DE PLANTAS PILOTO DE ALIMENTOS (A.A.P.P.A). (2004). Introducción a la tecnología de alimentos (2da edición). México D.F: Editorial LIMUSA, S.A.
- ADRIAN.J y FRANGUE.R. (1990). La Ciencia de los Alimentos de la A a la Z.
- AJE GROUP. (2009). Demanda de bebidas saludables en Perú. Andina. Editora Perú.
- ALBA SÁNCHEZ, R. (2010). Stevia: historia, virtudes y aplicaciones de la planta dulce que lo cura todo. (4a ed.). Ediciones Obelisco S.L.
- ALONSO, J. (2004). Tratado de fitofármacos y nutraceuticos. Argentina, Rosario Corpus Libros. 1360 p.
- ÁLVAREZ, G.; SÁNCHEZ, S. y UCHUARI, Y. (2012). Manual Técnico para el cultivo de Jícama (*Smallanthus sonchifolius*) en Loja. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- AMAYA, J. (2002). Desenvolvimento de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep & Endl) a partir de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Tese do título de Doutor em Agronomia – Area de concentração em horticultura, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Brasil, 89 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. (2005). A.S.T.M. D1439 – 03. F.E.U.M. 8va. Edición. Método Brookfiel.
- ARAGÓN. C. CARVALHO. L. GONZÁLEZ. J. ESCALONA. M. AMANCIO. S. (2012). The physiology of ex vitro pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. var MD-2) as CAM or C3 is regulated by environmental conditions: proteomic and transcriptomic profiles. *Plant Cell Rep*, 31, 757-769. doi: 10.1007/s00299-013-1493-3.

- ARANCETA, J. Y GIL, A. (2010). *Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil*. Madrid: Médica Panamericana.
- ASAMI, T.; KUBOTA, M.; MINAMISAWA, K. & TSUKIHASHI, T. (1989). Chemical Composition of Yacon, a New Root Crop from the Andean Highlands. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 60: 122 - 126.
- ASOCIACIÓN AMERICANA DE DIETÉTICA (2004). Position of the Americana Dietetics Association functional position statement. *Journal of American Dietetic Association*, 104: 814-826.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (1934). AOAC 934.06. Humedad.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (1978). AOAC 932.12. Refractometría.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (1984). AOAC 7009. Cenizas.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (1993). AOAC 981.12. Potenciometría.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2001). AOAC 2001.11. Proteína cruda. "Método de Kjeldahl".
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (2002). AOAC 942.15. Titulometría.
- BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E. & ROHRBACH, K. G. (2002). *The Pineapple: botany, production and uses*. University of Hawaii at Manoa. CABI Publishing. Honolulu. USA. 301pp.
- BARTHOLOMEW, D.P. y PAULL, R.E. (1986). *CRO Handbook of fruit set and Development*. Ed. Monselise. Boca Ratón, Florida.

- BENJAMÍN L.R., MCGARRY, A. & GARAY, D. (1997). The root vegetables: beet, carrot, parsnip and turnip. In: Wien HC (ed.): The physiology of vegetable crops. CAB International, Washington, DC. USA, p. 553-573.
- BERTO, D. (2003). Bebidas ñao alcohólicas- Apelo “saudável” impulsiõna consumo. *Food Ingredients*, 24, 32-34.
- BIALE JB Y YOUNG, RE. (1981). Respiraciõn y maduraciõn en frutas: retrospectiva y prospectiva. En: Friend J, Rhodes MJC (eds) Avances recientes en la bioquímica de frutas y verduras. Academic Press, Londres, pp 1-39.
- BLÁZQUEZ BLANCO, E. (2014). Dieta integrativa: la dieta que tu salud necesita. Madrid, Espaõa: Integralia La casa natural S.L.
- BRADY, L., GALLAHER, D. & BUSTA, F. (2000). The role of probiotic cultures in the prevention of colon cancer. *Journal of Nutrition* 130: 410S-414S.
- BUSTAMANTE, F. (2015). DESARROLLO DE UNA BEBIDA FUNCIONAL A BASE DE EXTRACTO DE Equisetum arvense "COLA DE CABALLO" EDULCORADO CON Stevia rebaudiana Bertoni "STEVIA". (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carriõn, Huacho, Perú.
- CALVO, B.; GÓMEZ, C.; LÓPEZ, N. y ROYO, B. (2013). Nutriciõn, Salud y Alimentos funcionales. Espaõa: Arazandi.
- CAMACHO, A.; GILES, M.; ORTEGÓN, A.; PALAO, M.; SERRANO, B. y VELÁZQUEZ, O. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM.
- CAMACHO, G. 2002. Curso en línea de "Transformaciõn y Conservaciõn de Frutas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA de la Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- CAXI, S. (2013). Evaluaciõn de la vida útil de un néctar a base de yacõn (*smallanthus sonchifolius*), maracuyá amarilla (*passiflora edulis*) y stevia (*stevia*

- rebaudiana*) en función de las características fisicoquímicas y sensoriales. Universidad Nacional José Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- CENTRO TECNOLÓGICO AINIA (2014). Europa/Madrid.
  - CHEFTEL, J.C. Y LORIENT, D. (1982) Les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. Lait, 62, 436-483.
  - CHEN, T.; CHEN, S.; CHAN, P.; CHU, Y.; YANG, H. & CHENG, J. (2005). Mechanism of the hypoglycemic effect of stevioside, a glycoside of *Stevia rebaudiana*. *Planta Med* 71: 108–113.
  - CHIMBOR, V.M Y ESPINOZA, L.V. (2010). Formulación y elaboración de una bebida prebiótica a base de melocotón (*Prunus Persica*) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
  - CHIN, N.L.; CHAN, S.M.; YUSOF, Y.A.; CHUAH, T.G. & TALIB, R.A. (2009). Modelling of rheological behaviour of pummelo juice concentrates using master-curve. *Journal of Food Engineering* 93, 134-140.
  - CISNEROS-ZEVALLOS, L. (2002). Characterization and Evaluation of Fructooligosaccharides on Yacon Roots (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) During Storage. Department of Horticulture, Texas.
  - CODEX STAN 182-1993. NORMA PARA LA PIÑA. Revisión 1999. Enmienda 2005, 2011.
  - CONWAY, P.L. 2001. Prebiotics and human health: The state of the art and future perspectives. *Scandinavian Journal of Nutrition* 45: 13-21.
  - CORZO N., ALONSO J.L., AZPIROZ F., Y COLS. (2015). Prebióticos: concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 99-118.
  - COUSSEMENT, P. (1999). Inulin and oligofructose: Safe intakes and legal status. *Journal of Nutrition* 129: 1412S-1417S.

- DÍAZ, L. (2014). Investigación de mercados y propuesta de un plan de negocios para la industrialización y comercialización de una bebida a base de yacon. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- DIAZ, J. (1981). Atlas de frutas y hortalizas, Ed. Julián Díaz Robledo, Valencia. 303— 331.
- DULL, G.G. (1971). Food sciences and technology. A series of monographs. The biochemistry of fruits and their products. 2, 303-331.
- ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA, TOMO 1 (2001).
- FAO (2010). Small-scale food processing. A guide for appropriate equipment. Disponible en <http://www.fao.org/WARRdocs/x543e/x543e00.htm#Contents>
- FENNEMA, O. 2000. Química de los alimentos. 2 ed. Editorial Acribia S.A. España.
- FIGUEROA, R.; WARLF, C.; FRANCIOSI, R. y VAN, O. (1970). El cultivo de la piña en el Perú. Lima. MA. 35 p. (Boletín técnico N°75).
- FONT QUER, P. (1970). Diccionario de botánica. Editorial Labor, Barcelona, España, 1236 p.
- FUKAI, S., DE JONG, J., RADEMAKER, W. (1995). Efficient genetic transformation of *Chrysanthemum*. (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura) using stem segments. *Biotech. Sci.*, 45: 179-184.
- GARCIDUEÑAS A. (2013). Caracterización morfológica y molecular de piña *Ananas comosus* (L.) híbrido MD-2 y su establecimiento in vitro. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F. & HARA, Y. (1995). Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Biosci. Biotech. Biochem.* 59(12): 2346-2347.
- GRAU, A & REA, J. (1997). Yacon, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M & J Heller (eds.): Andean roots and tubers: Ahip,

- arracacha, maca yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy, p. 199-242.
- GRAU, A.; REA, J. (2002). Yacón: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Tucumán (Argentina): Universidad Nacional de Tucumán, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de los Yungas.
  - GREGERSEN, S., P. JEPPESEN, J. HOLST Y K. HERMANSEN. 2004. Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects. *Metabolism*. 53(1), 73-76.
  - GUEVARA, A. (2002). Elaboración de zumos, pulpas y néctares de frutas. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 170p.
  - GUZMÁN, E.A. (2015). Determinación de los parámetros óptimos para la obtención de néctar a partir del mango ciruelo (*Spondias cytherea*) edulcorado con stevia (*Rebaudiana Bertoni*). Tesis de grado no publicada de Ingeniería Agroindustrial e Industrias alimentarias. Universidad Nacional de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.
  - HENDRY, G.A.F. & WALLACE, R.K. (1993). The origin, distribution and evolutionary significance of fructans. In: Suzuki M, Chatterton JN (eds). *Science and Technology of Fructan*, CRC Press, Boca Raton.
  - HERMANN M, FREIRE I & C PAZOS. (1999). Compositional diversity of the yacon storage root. In: *Impact on a changing world: Program report 1997-98*. International Potato Center (CIP), Lima (Perú), p. 425-432.
  - HERMANN, M. & HELLER, J. (1997). *Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon*; International Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Italia.

- HODGSON, A. & HODGSON, L. (1993). Pineapple juice En: Nagy, S., Chen, C. S. y Shaw, P. Eds. Fruit Juice Processing Technology. Agscience, Inc. Auburndale.
- HOGARTH, A. J.; HUNTER, D. E.; JACOBS, W. A.; GAR-LEB, K. A.; WOLF, B. W. (2000). Ion chromatographic determination of three fructooligosaccharide oligomers in prepared and preserved foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48(11):5326-5330.
- HUAYCHO, H., ARUQUIPA, R., MERCADO, G., TRIGO, R., BOSQUE, H., Y CONDORI, J. (2016). Conocimientos tradicionales en yacón o aricomá (*Smallanthus sonchifolius*) en comunidades de Mocomoco, Coroico e Irupana de La Paz. *Scielo Perú*, 3(2), 163-165.
- HURTADO, M. (1992). Caracterización de derivados de piña: zumos y néctares p 10-20. Universidad Complutense de Madrid.
- JEPPESEN, P.; GREGERSEN, S.; ALSTRUP, K. & HERMANSEN, K. (2002). Stevioside induces antihyperglycaemic, insulinotropic and glucagonostatic effects in vivo: studies in the diabetic Goto-Kakizaki (GK) rats. *Phytomedicine* 9: 9–14.
- JIMÉNEZ DÍAZ, J. (1999). Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 222p.
- JIMÉNEZ, M. (2017). Las bebidas funcionales como respuesta a un consumidor cada vez más preocupado por la salud (Tesis de postgrado). Universidad Pontificia Comillas, Madrid - España.
- KAKIHARA, T.S.; CÁMARA y VILHENA. (1996). SMC y el cultivo yacón industrialización (*Polymnia sonchifolia*): una experiencia brasileña. en: ROOTS Congreso de la América tropical, 1; CONGRESO BRASILEÑO DE YUCA, 9. San Pedro. Anais Sao Pedro, SP: Cerat-UNESP.

- KAUSAR, H.; SAEED, S.; AHMAD, M. & SALAM, A. (2012). Studies on the development and storage stability of cucumber-melon functional drink. *Journal of Agriculture Research*, 50 (2), 238-248.
- LACHMAN, J.; FERNANDEZ, E.C. & ORSÁK; M. (2003). Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. Et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant Soil Environ* 49: 283 – 290.
- LEMUS-MONDACA, R.; VEGA-GÁLVEZ, A.; ZURA-BRAVO, L.; AH-HEN, K. (2012). *Stevia Rebaudiana Bertoni*, source of a high potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and funtional aspects. *Food Chemistry*. 132: 1121-1132.
- LEÓN MORENO, M.E. (2017). Evaluación de eficiencia de dos marcas diferentes de benzoato de sodio en zumo de naranja sobre pruebas microbiológicas. Lima, Perú.
- LEWIS, D. H. (1993). Nomenclature and diagrammatic representation of oligomericfructans. A paper for discussion. *New Phytologist*, 124, 583-594.
- LUTZ, M. (2009). Alimentos funcionales en la cura de enfermedades no transmisibles. En Lutz M. y León E. (Eds.) *Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación* (pp. 38-50). Chile: Universidad de Valparaiso.
- MACRAE, R.; ROBINSON, R. & SADLER, R. (1993). *Encyclopedia of Food Science, food technology and nutrition*. Academic Press, New York.
- MALDONADO, S.; LUNA-PIZARRO, P.; MARTÍNEZ, V.; VILLATARCO, M. Y SINGH, J. (2008). Producción y comercialización de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en comunidades rurales del noroeste argentino. *AGROALIMENTARIA*. N° 26. (119-125).
- MANRIQUE, I. (2003). El yacón, fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (Cosude).

- MANRIQUE, I. *et al.* (2004). Yacón, wenk técnica. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima Perú. 2004.
- MANSILLA, R., LOPEZ, C., FLORES, M. Y ESPEJO, R. (2010). Estudios de la biología reproductiva en cinco accesiones de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) Robinson. *SciELO Perú*, 9(2), 172.
- MARTÍNEZ-CARRERA, D.; CURVETTO, N.; SOBAL, M.; MORALES, P. y MORA V. M. (Eds.). (2010). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas del siglo XXI. México.
- MELÉNDEZ, A.; VICARIO, I. Y HEREDIA, F. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *SciELO*, 54(2).
- MINISTERIO DE AGRICULTURA y GANADERÍA. (2005). Guías técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco. San José, C.R.: MAG.
- MOURA, C.P. (2004). Aplicação de redesneuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymniasonchifolia*) com pré-tratamento osmótico. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MUNYAKA, A., MAKULE, EE., OEY, I., VAN LOEY, A., and HENDRICKX M. Thermal stability of l-ascorbic acid and ascorbic acid oxidase in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journal of Food Science*, 2010, 75 (4), p.336-340.
- MUÑOZ, A.M. (2009). Monografía del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.)). Lima, Perú.: Perúbiodiverso.
- NAKASONE, H.Y. & PAULL, R. E. (1998). *Tropical Fruits*. CAB International, Oxon, UK, 443 pp.
- NARANJO, E. (2008). Directora Nacional Línea Nutricional, TECNAS S.A.

- NICOLAS, J. J.; RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. J.; AUBERT, S. Y. (1994). Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(2): 109-157.
- NIETO, C. (1991). Estudio agronómico y bromatológico en jicama (*Polimnia sonchifolia*). *Arch Latinoam Nutr* 41: 213-221.
- NINESS, K.R. (1999a). Inulin and oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition* 129: 1402S-1406S.
- NORMA TECNICA ECUATORIANA. (1999). INEN 2 150:99. Determinación de Densidad Relativa.
- NORMA TÉCNICA PERUANA: NTP 203.110. (2009). Jugos, néctares y bebidas de fruta. Requisitos. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias – INDECOPI. Apartado 145. Lima, Perú.
- NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (R.M. N° 591-2008/MINSA).
- OIRSA. (2005). Manual Técnico Buenas Prácticas de Cultivo en piña. Panamá. 145 págs.
- OJASILD RAMIREZ, E.L. (2009). Elaboración de néctares de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*) Y CURUBA (*Passiflora mollissima*). Tesis de grado no publicada de Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá D.C, Colombia.
- OSSENI B, SARAH JL, HUGON, R. (1997). Effet du pH du sol sur le développement des populations de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) dans les racines d'ananas et sur la croissance et le rendement de la plante *Proc. 2nd Internat. Pineapple Symposium* Martin-Prével P, Hugon R (eds.) *Acta Horticulturae* 425:423-433.

- PADRÓN, C.A.; PADRÓN, G.M.; MONTES A.I. y OROPEZA R. A. (2012). "Determinación de color en epicarpio de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill) con sistema de visión computarizada durante su maduración". En *Agronomía Costarricense*, pp. 97-111.
- PALOMINO, R.G. y RIOS, A.C. (2004). Obtención y caracterización fisicoquímica del harina de yacon (*Smallanthus sonchifolius*).
- PAMPLONA, R. J. (2006). Salud por los alimentos asociación educación y salud. Madrid España. Pag. 180.
- PAPADAKIS, S.; ABDUL-MALEK, S.; KAMDEM, R. & YAM, K.L. (2000). Versatile and inexpensive technique for measuring colour of foods. *Food Technology* 54(12): 48-51.
- PAULL, R.E. (1997). Pineapple. Pág. 291-323 En Mitra, S.K. (ed.), *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International. New York.
- PERAZZO, G. (2000). Retardo del crecimiento in vitro de yacón *Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) por efecto del uso de manitol y sorbitol como estresantes osmóticos. Tesis de Grado, Universidad Particular Ricardo Palma, Perú, 77 p.
- POLREICH, S. (2003). Establishment of a classification scheme to structure the post-harvest diversity of yacon storage roots (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson). Degree thesis, University of Kassel, Germany, 58 p.
- PULIDO, R.; BRAVO, L. & SAURA-CALIXTO, F. (2000), Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *J Agric Food Chem*, 48, 3396-3402.
- RAMÍREZ-NAVAS, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

- RAMOS, R. (2007). Estudio químico – bromatológico de algunas variedades de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) de la provincia de Sandia – Puno. Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
- RAVANI, A., and JOSHI, D. Standardization of processing parameters for the production of ReadyTo-Serve unripe Mango beverage (Pana). *Journal Of Dairying Foods & Home Sciences*, 30(2), 2011, p. 94-98.
- RIVERO-URGELL, L.M., Y SANTAMARIA-ORLEANS, A. (2001). Oligosaccharides: application in infant food. *Journal Early Human Development*, 65, S43-S52.
- ROBERFROID, M. (1993). Dietary Fiber, Inulin, and Oligofructose: A Review Comparing their Physiological Effects. *Critical Rev. Fd Sci. Nutr.* 33 (2): 103 - 148.
- ROBERFROID, M.B. (2000). Chicory fructooligosaccharides and the gastrointestinal tract. *Nutrition* 16(7/8): 677-679.
- ROBERFROID, M.B. (2005). Introducing inulin-type fructans. *Br J Nutr.* Apr; 93 Suppl 1:S13-25.
- ROBERT T. (1986) “Postprocessing changes in aseptically packed beverages” *Jl. Agric. Food. Chem.*, 34, 405-408.
- ROBINSON, H. (1978). Studies in the Heliantheae (Asteraceae). XII. Re-establishment of the genus *Smallanthus*. *Phytologia* 39(1): 47-53.
- RODRÍGUEZ FÉLIX, A.; VILLEGAS OCHOA, M.A.; SOTO VALDÉZ, H.; SILVEIRA GRAMONT, M. y PACHECO AGUILAR, R. (1996). Patrón de maduración de durazno “Flordaprince” *Horticultura mexicana* 4(3).
- ROSSI DE R, A y PIGHÍN, A. Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina c pre y post cocción. *Revista Chilena de Nutrición*, 37 (2), 2010, p. 201-207.

- SALUNKHE, D.K. & DESAI, B. B. (1984). Postharvest Biotechnology of Vegetables. Vol. 2. pp.70-75 CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. 193p.
- SAMSON, J. (1991). Fruticultura tropical. Limusa-Noriega. México. Pág. 229-358.
- SAURA-CALIXTO FD, GOÑI I. (2004). The intake of dietary indigestible fraction in the Spanish diet shows the limitations of dietary fibre data for nutritional studies. Eur J Clin Nutr. 2004; 58, 1078-1082.
- SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. y MANRIQUE I. (2003). El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú, 60 p.
- SEQUEÍROS, N. y CASTRO, A. (2003). Elaboración de una bebida nutritiva a partir de Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*). Tacna.
- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA). (2015).
- SEYMOUR, G.B.; J.E. TAYLOR y G.S TUCKER. (1993). Biochemistry of fruit ripening. Chapman y may. London. Great Britain. Pág. 123-143.
- SILVA, E.B. & CÂNDIDO, L.M.B. (2004). Processamento de bebida funcional à base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping e Endlicher). Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SIMONSOHN, B. (2011). Descubre la stevia: la alternativa más poderosa al azúcar y los edulcorantes. Ediciones Obelisco, S.L.
- TONELLO, A. (2012). Consumo de alimentos prebióticos y probióticos y resultados intrínsecos de su consumo en mujeres de 30 a 40 años que asisten a un gimnasio en la ciudad de Rosario (Tesis de pregrado). Universidad Abierta Interamericana, Argentina.

- UNIVERSIDAD EARTH. (2004). Perfil del producto piña. Costa Rica.
- VALENCIA C., GUEVARA A. (2013). Elaboración de néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) Elaboration of wild blackberry (*Rubus fruticosus* L.) néctar. *Scientia Agropecuaria* 4(2013) 101 – 109.
- VILHENA, S. M. C.; CÂMARA, F. L. A. y KAKIHARA, S. T. O. (2000). cultivo de Yacon no Brasil. *Horticultura brasileira*, v. 18, n. 1, p. 5-8.
- VILLACHICA, H., S. BELLO Y A. JULCA. (2001). Mejoramiento del cultivo de la piña en la amazonia peruana. Informe Técnico N° 16. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales INIAA. Lima Perú.
- WELLS, J.R. (1965). A taxonomic study of *Polymnia* (Compositae). *Brittonia* 17: 144-159.
- WENKAM, A. (1990). Utilization and processing of fruits. Macmillan press, London, 5: 388-506.
- WILLS, R.B.H. & GREENFIELD, H. (1984). “Delhydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity” *J.Agric Food Chem.* 32, 4, 836—838.
- WILSON, T. & TEMPLE, J.N. (2004). *Beverages in nutrition and health*. Nueva Jersey: Humana Press.
- WOLF-DIETER, F. Y THORLEIF, A. (2009). *Modern Biocatalysis: Stereoselective and Environmentally Friendly Reactions*. WILEY-VCH.
- WOODROOF, J.G. & LUH, B.S. (1986). “Commercial fruit processing” Second Edition. AVI Publishing Company, INC Westport Connecticut.
- YNOUYE, F. (2005). Determinación del contenido de carbohidratos de reserva, la actividad enzimática de la polifenol oxidasa y la concentración de polifenoles en raíces reservantes de Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*). Trabajo de grado biología. Lima.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Departamento de Biología. p.67.

- YU & BOGUE (2013). Concept optimization of fermented functional cereal beverages. *British Food Journal*, 115(4), 541-563.
- YUN, J.W. (1996). Fructooligosaccharides--Occurrence, preparation, and application *Enzyme and Microbial Technology* 19 (2):107-117.
- YUN, J.W. (2003). Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and applications. Consultado 24jun. 2004.
- ZAMORRA, S. y PÉREZ, F. (2002). *Nutrición y alimentación humana*. Murcia, España: Aula de Mayores. Universidad de Murcia.
- ZARDINI, E. (1991). Ethnobotanical Notes "Yacón" *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae. *Economy botanic*. 45 (1), 72 - 85.

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1: FORMULACIONES PARA AJUSTAR %STEVIA

Tabla A 1: Ajuste de % stevia para una Dilución 1:1

% DE STEVIA	DILUCIÓN 1:1		
	Prop. 30%y – 70%p	Prop. 50%y – 50%p	Prop. 70%y – 30%p
<b>0.1 %</b>	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 62.5 ml	Yacon = 87.5 ml
	Piña = 87.5 ml	Piña = 62.5 ml	Piña = 37.5 ml
	Agua =125 ml	Agua = 125 ml	Agua = 125 ml
	Stevia = 0.25 gr	Stevia = 0.25 gr	Stevia = 0.25 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr
<b>0.25 %</b>	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml
	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml
	Agua =125 ml	Agua =125 ml	Agua =125 ml
	Stevia = 0.625 gr	Stevia = 0.625 gr	Stevia = 0.625 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr
<b>0.35 %</b>	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml
	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml
	Agua =125 ml	Agua =125 ml	Agua =125 ml
	Stevia = 0.875 gr	Stevia = 0.875 gr	Stevia = 0.875 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr

Tabla A 2: Ajuste de % stevia para una Dilución 1:1.5

% DE STEVIA	DILUCIÓN 1:1.5		
	Prop. 30%y – 70%p	Prop. 50%y – 50%p	Prop. 70%y – 30%p
<b>0.1 %</b>	Yacon = 30 ml	Yacon = 50 ml	Yacon = 70 ml
	Piña = 70 ml	Piña = 50 ml	Piña = 30 ml
	Agua =150 ml	Agua = 150 ml	Agua = 150 ml
	Stevia = 0.25 gr	Stevia = 0.25 gr	Stevia = 0.25 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr
<b>0.25 %</b>	Yacon = 30 ml	Yacon = 30 ml	Yacon = 30 ml
	Piña = 70 ml	Piña = 70 ml	Piña = 70 ml
	Agua =150 ml	Agua =150 ml	Agua =150 ml
	Stevia = 0.625 gr	Stevia = 0.625 gr	Stevia = 625 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr
<b>0.35 %</b>	Yacon = 30 ml	Yacon = 30 ml	Yacon = 30 ml
	Piña = 70 ml	Piña = 70 ml	Piña = 70 ml
	Agua =150 ml	Agua =150 ml	Agua =150 ml
	Stevia = 0.875 gr	Stevia = 0.875 gr	Stevia = 0.875 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr

Tabla A 3: Ajuste de % stevia para una Dilución 1:2

% DE STEVIA	DILUCIÓN 1:2		
	Prop. 30%y – 70%p	Prop. 50%y – 50%p	Prop. 70%y – 30%p
<b>0.1 %</b>	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 62.5 ml	Yacon = 87.5 ml
	Piña = 87.5 ml	Piña = 62.5 ml	Piña = 37.5 ml
	Agua =125 ml	Agua = 125 ml	Agua = 125 ml
	Stevia = 0.25 gr	Stevia = 0.25 gr	Stevia = 0.25 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr
<b>0.25 %</b>	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml
	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml
	Agua =125 ml	Agua =125 ml	Agua =125 ml
	Stevia = 0.625 gr	Stevia = 0.625 gr	Stevia = 0.625 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr
<b>0.35 %</b>	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml	Yacon = 37.5 ml
	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml	Piña = 87.5 ml
	Agua =125 ml	Agua =125 ml	Agua =125 ml
	Stevia = 0.875 gr	Stevia = 0.875 gr	Stevia = 0.875 gr
	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr	CMC = 0.75 gr

## ANEXO 2: DETERMINACIÓN DE pH.

Tabla A 4: Análisis de pH en los 9 tratamientos

TRATAMIENTO	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
T1 (357)	3.63	3.64	3.64	3.64
T2 (574)	3.58	3.59	3.58	3.58
T3 (324)	3.56	3.58	3.57	3.57
T4 (281)	3.73	3.72	3.71	3.72
T5 (290)	3.67	3.68	3.68	3.68
T6 (755)	3.68	3.69	3.68	3.68
T7 (427)	3.78	3.79	3.78	3.78
T8 (452)	3.75	3.77	3.76	3.76
T9 (110)	3.75	3.77	3.76	3.76

REFERENCIA:

Método AOAC, 981.12 – ISO 11289: 1993. Potenciometría

## ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (°Bx).

Tabla A 5: Análisis de °Bx en los 9 tratamientos

TRATAMIENTO	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
T1 (357)	5.01	5.00	5.00	5.00
T2 (574)	5.00	5.01	5.01	5.01
T3 (324)	5.00	5.50	5.00	5.17
T4 (281)	4.00	4.50	4.00	4.17
T5 (290)	4.00	4.00	3.50	3.83
T6 (755)	5.00	5.01	5.00	5.00
T7 (427)	3.50	3.50	3.50	3.50
T8 (452)	3.50	3.50	3.50	3.50
T9 (110)	3.50	4.00	3.80	3.77

REFERENCIA:

Método AOAC 932.12 – ISO 2173: 1978. Refractometría

#### ANEXO 4: DETERMINACIÓN DE ACIDEZ.

Formula para determinación de acidez de la bebida:

$$\% \text{Acidez} = \frac{N \times V \times 0.064}{v} \times 100$$

Donde:

N= Normalidad de la solución de NaOH

V= Volumen del gasto de la solución de NaOH.

v = Volumen de la muestra.

Tabla A 6: Análisis de acidez en los 9 tratamientos

TRATAMIENTO	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
T1 (357)	0.38	0.37	0.37	0.37
T2 (574)	0.37	0.35	0.36	0.36
T3 (324)	0.36	0.35	0.35	0.35
T4 (281)	0.32	0.34	0.35	0.34
T5 (290)	0.29	0.35	0.35	0.33
T6 (755)	0.29	0.35	0.35	0.33
T7 (427)	0.27	0.34	0.33	0.31
T8 (452)	0.25	0.34	0.34	0.31
T9 (110)	0.24	0.34	0.34	0.31

REFERENCIA:

Método AOAC 942.15 (2002). Titulometría.

#### ANEXO 5: DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE COLOR.

Para la determinación del color instrumental se utilizó el colorímetro Konica Minolta CR-400, cuyos valores se expresan en Hunter L\*, a\*, b\*, donde L\* corresponde a la luminosidad, a\* y b\* son coordenadas de cromaticidad (-a = verde y +a = rojo; -b = azul y +b = amarillo).

Con los datos obtenidos, se calcularon las medias y desviación estándar de los parámetros L\*, a\* y b\*. Asimismo, se determinó la cromaticidad o índice de

saturación ( $C^*$ ), el ángulo de tonalidad ( $h^*$ ) y la diferencia total del color ( $\Delta E^*$ ). El valor de  $C^*$  es 0 en el centro y aumenta de acuerdo con la distancia del centro. El valor de  $h^*$  se expresó en grados, donde  $0^\circ$  corresponde a  $-a^*$  (rojo),  $90^\circ$  corresponde a  $+b^*$  (amarillo),  $180^\circ$  corresponde a  $-a^*$  (verde) y  $270^\circ$  corresponde a  $-b^*$  (azul).

Para el cálculo de estos parámetros se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

REFERENCIA:

Método CIELab 1976.

## ANEXO 6: DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.

### Descripción del Método.

- Pesar la muestra en una placa Petri limpia y seca, previamente tratada (5 g de muestra).
- Colocar en la estufa a una temperatura de  $100 \pm 3^\circ\text{C}$  por un tiempo de 3 horas.
- Enfriar en la campana de desecación por 30 minutos y pesar.

### Cálculos:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} \times 100$$

Donde:

$P_1$  = masa del recipiente más la masa húmeda en gramos.

$P_2$  = masa del recipiente más la muestra seca en gramos.

$m$  = masa de la muestra en gramos.

REFERENCIA:

Método AOAC 934.06 (secado)

## **ANEXO 7: DETERMINACIÓN DE CENIZAS.**

### **Descripción del método:**

- Pesar el crisol previamente secado.
- Pesar en el crisol 5 g de muestra e incinerar en la cocina eléctrica hasta su total carbonización.
- Colocar la muestra en la mufla y calcinar a 550 - 600°C por un tiempo de 3 a 5 horas hasta obtener cenizas blancas.
- Retirar el crisol de la mufla y colocar en la campana de desecación por 30 minutos a temperatura ambiente y pesar el crisol más las cenizas obtenidas.

### **Cálculos:**

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} \times 100$$

Donde:

$P_1$  = masa del crisol vacío en gramos.

$P_2$  = masa del crisol más ceniza en gramos.

$m$  = masa de la muestra en gramos.

REFERENCIA:

Método AOAC 7009 (1948)

## **ANEXO 8: DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES POR ESPECTROFOTOMETRÍA.**

### **Descripción del método:**

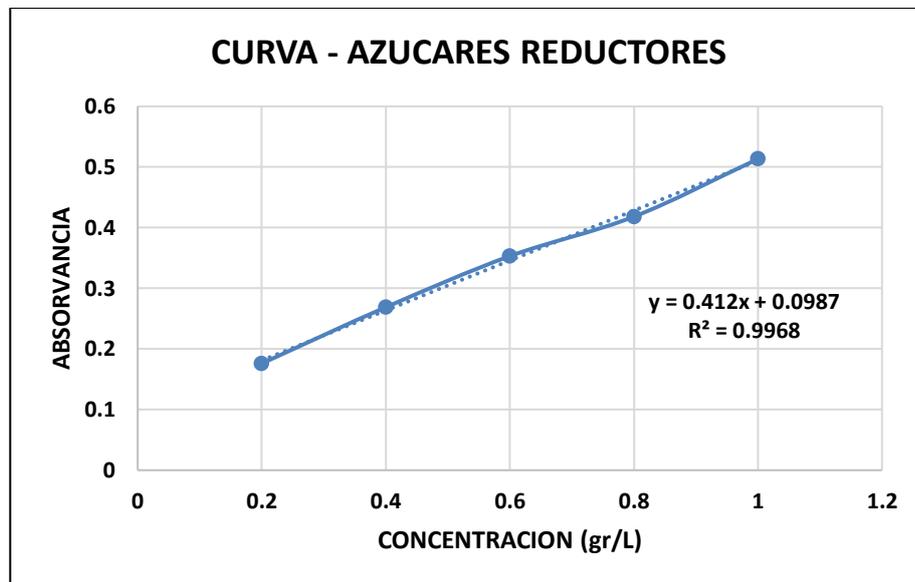
Preparación del DNS:

- Disolver 1.6 g de NaOH en agua destilada.
- Adicionar 30 g de tartrato de sodio y potasio.
- Adicionar 1 g de DNS.
- Aforar a 100 ml con agua destilada.

Preparación de la muestra:

- Colocar 10 ml de bebida funcional en tubos con tapa rosca.
- Centrifugar por un tiempo de 10 minutos a 1200 rpm.
- Del sobrenadante coger 0.5 ml y colocar en un tubo de ensayo.
- Agregar 0.5 ml de DNS preparado.
- Colocar los tubos de ensayo a baño maria por 10 minutos.
- Enfriar y adicionar 5 ml de agua destilada.
- Finalmente se procede a medir la absorbancia en el espectrofotometro UV-Visible a una longitud de onda de 540 nm.

Gráfico A 1: Curva de Calibrado para Azucares Reductores



$$R^2 = 0.9968$$

$$y = 0.412x + 0.0987$$

Despejando la concentración:

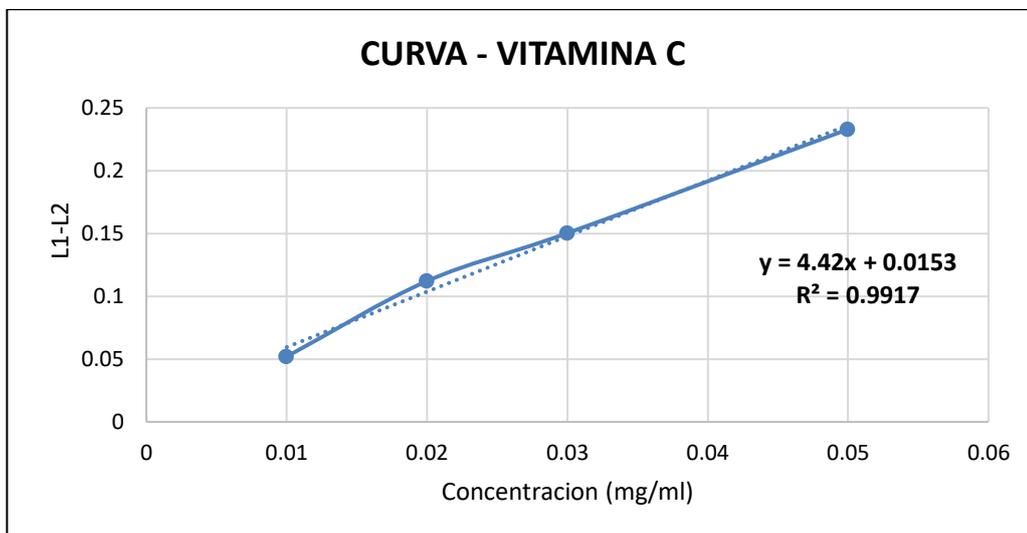
$$x = \frac{y - 0.0987}{0.412}$$

## REFERENCIA

Metodo: Acido 3,5 dinitrosalicilico (DNS), por Espectrofotometria UV-Visible (Análisis de alimentos, 1994)

## ANEXO 9: DETERMINACIÓN DE VITAMINA C (Ácido Ascórbico)

Gráfico A 2: Curva de Calibrado para Vitamina C



$$R^2 = 0.9917$$

$$y = 0.0442x + 0.0153$$

Despejando la concentración:

$$x = \frac{y - 0.0153}{0.0442}$$

### REFERENCIA

Metodo: 2,6 diclorofenolindofenol, por Espectrofotometria UV-Visible.

## ANEXO 10: DETERMINACIÓN DE PROTEINAS.

### Descripción del método:

Consta de 3 etapas:

#### 1. Digestión de la muestra:

- Se midió 1 ml muestra y se coloca en el balón Kjeldahl, se agregó 2 pastillas catalizadoras (sulfato de cobre y sulfato de potasio) y 12 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Luego se colocó en el digestor por 2 horas hasta que el color adquiriera un color verde esmeralda claro.

#### 2. Destilación

- La mezcla obtenida en la primera etapa se diluye con 50 ml de agua destilada lentamente se colocó en un destilador automático.
- Luego se neutraliza la solución abriendo la llave de alcali y cuando la llave torna a color marrón o negro se cierra la llave.

#### 3. Titulación

- Se tituló el contenido de cada destilado con HCl 0,1N.
- Se agregó 5 gotas de naranja de metilo, hasta que vire a color rojo vino.
- Se realizó la lectura y se anotó el volumen de HCl gastado en cada titulación. Se calculó el contenido de proteína, según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{V_{\text{HCl (ml)}} \times N_{\text{HCl}} \times \text{miliequivalente del N}}{\text{Peso de muestra en gr.}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrogeno} \times \text{Factor de conversión de N a Proteína}$$

Donde:

Miliequivalente del N : 0.014

V: Volumen de HCl para la muestra en ml

N: Normalidad de HCl

REFERENCIA:

Método de Kjeldahl. Método Oficial de la AOAC 2001. 11

## ANEXO 11: DETERMINACIÓN DE DENSIDAD.

**Fórmulas a utilizar:**

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \rightarrow \quad \rho_{bebida} = \frac{m_{bebida}}{V_{picometro}} \quad ec (1)$$

$$\rho_{agua} = \frac{m_{agua}}{V_{picometro}} \quad \rightarrow \quad V_{picometro} = \frac{m_{agua}}{\rho_{agua}}$$

$$V_{picometro} = \frac{m_{picometro+ agua} - m_{picometro}}{\rho_{agua}}$$

Despejamos la ecuacion 1:

$$\rho_{bebida} = \frac{m_{picometro+ bebida} - m_{picometro}}{V_{picometro}}$$

$$\rho_{bebida} = \frac{m_{picometro+ bebida} - m_{picometro}}{\frac{m_{picometro+ agua} - m_{picometro}}{\rho_{agua}}}$$

Por lo tanto:

$$\rho_{bebida} = \frac{m_{picometro+ bebida} - m_{picometro}}{m_{picometro+ agua} - m_{picometro}} \times \rho_{agua}$$

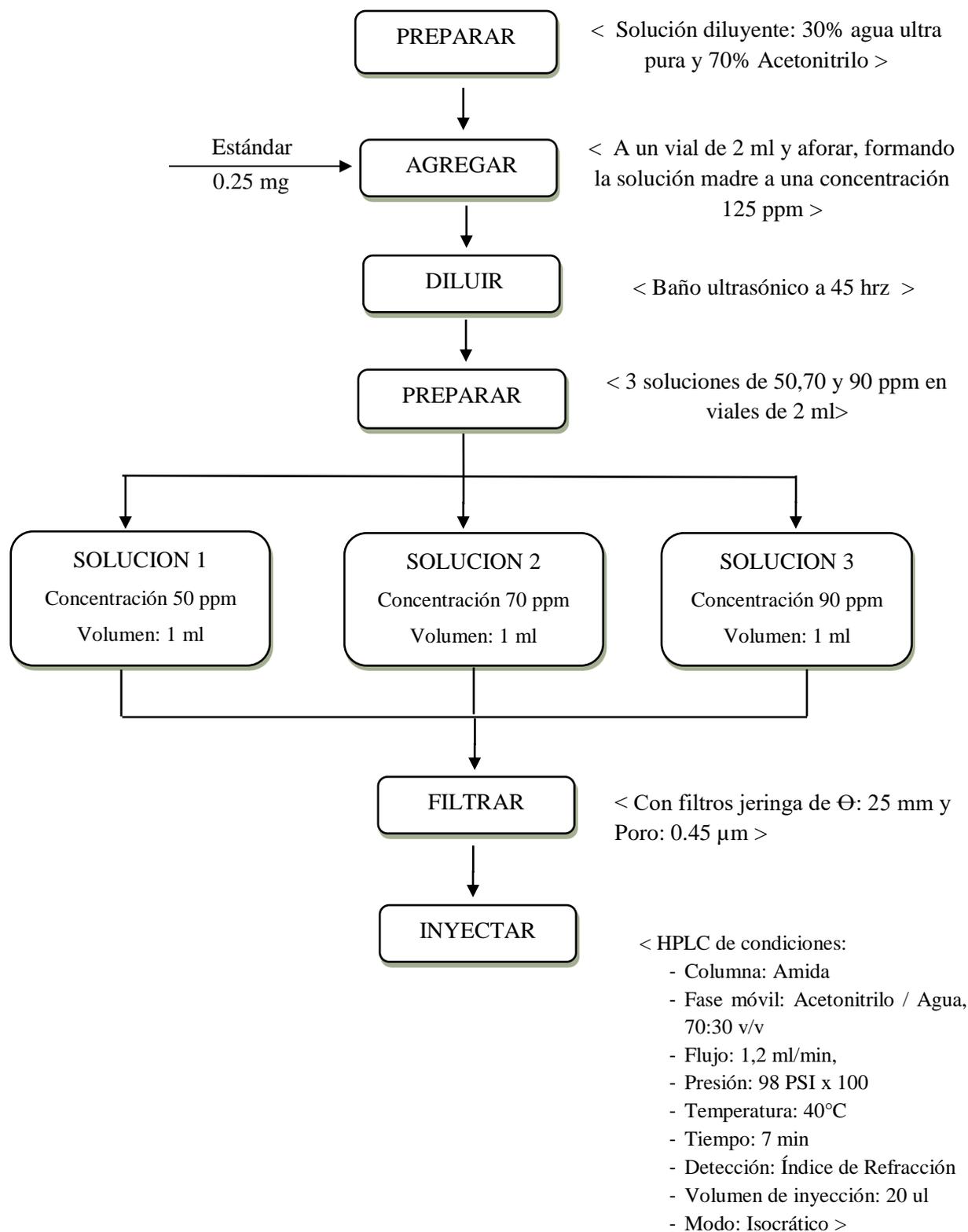
REFERENCIA:

Metodo del Picometro. 1999.

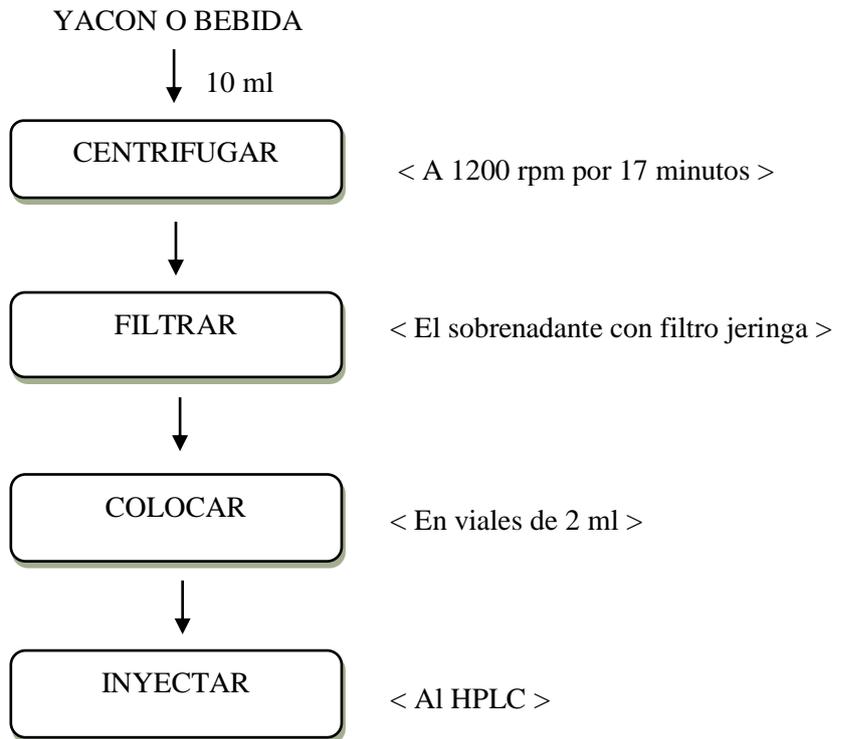
## ANEXO 12: DETERMINACIÓN DE FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS.

Descripción del método:

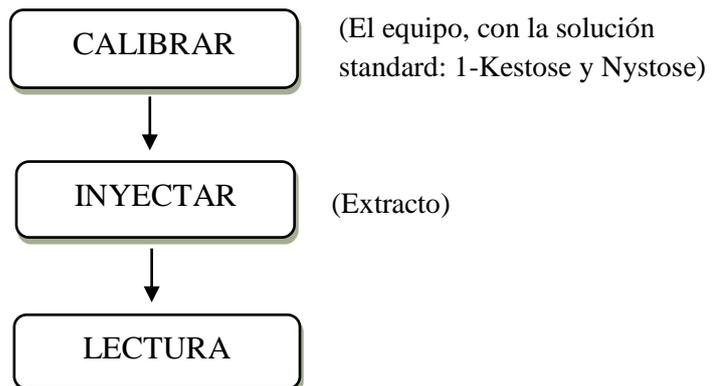
Esquema para la preparación de estándares (Nystose y 1-kestose):



Esquema para la preparación de la muestra:



Determinación del FOS (Nystose y 1-Kestose):



## ANEXO 13: CROMATOGRAMAS

- Cromatogramas de Nystose:

Gráfico A 3: Concentración 50ppm - Nystose

1 Nystose 50 ppm			
Sample Name:	<b>Nystose 50 ppm</b>	Injection Volume:	<b>20.0</b>
Vial Number:	<b>RA4</b>	Channel:	<b>RI_1</b>
Sample Type:	<b>standard</b>	Wavelength:	<b>n.a.</b>
Control Program:	<b>metodocarbohidrato</b>	Bandwidth:	<b>n.a.</b>
Quantif. Method:	<b>Carbohidratometodo</b>	Dilution Factor:	<b>1.0000</b>
Recording Time:	<b>23/2/2017 16:15</b>	Sample Weight:	<b>1.0000</b>
Run Time (min):	<b>6.00</b>	Sample Amount:	<b>1.0000</b>

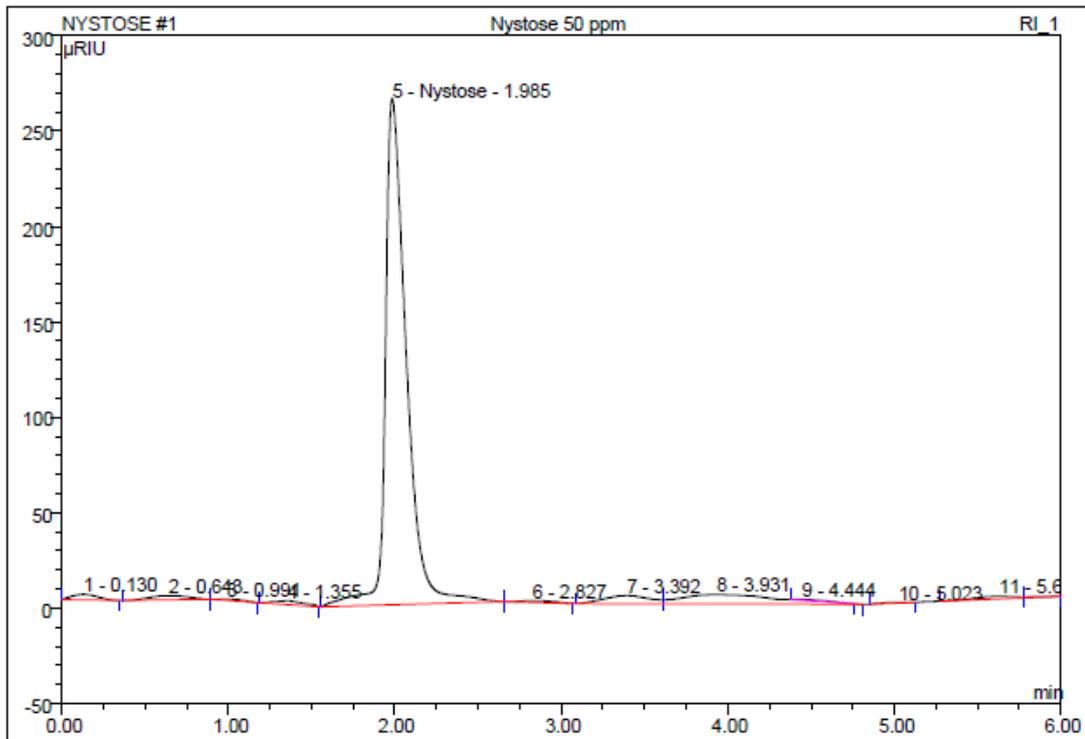


Gráfico A 4: Concentración 70ppm - Nystose

2 Nystose 70 ppm			
Sample Name:	Nystose 70 ppm	Injection Volume:	20.0
Vial Number:	RA5	Channel:	RI_1
Sample Type:	standard	Wavelength:	n.a.
Control Program:	metodocarbohidrato	Bandwidth:	n.a.
Quantif. Method:	Carbohidratometodo	Dilution Factor:	1.0000
Recording Time:	23/2/2017 16:23	Sample Weight:	1.0000
Run Time (min):	6.00	Sample Amount:	1.0000

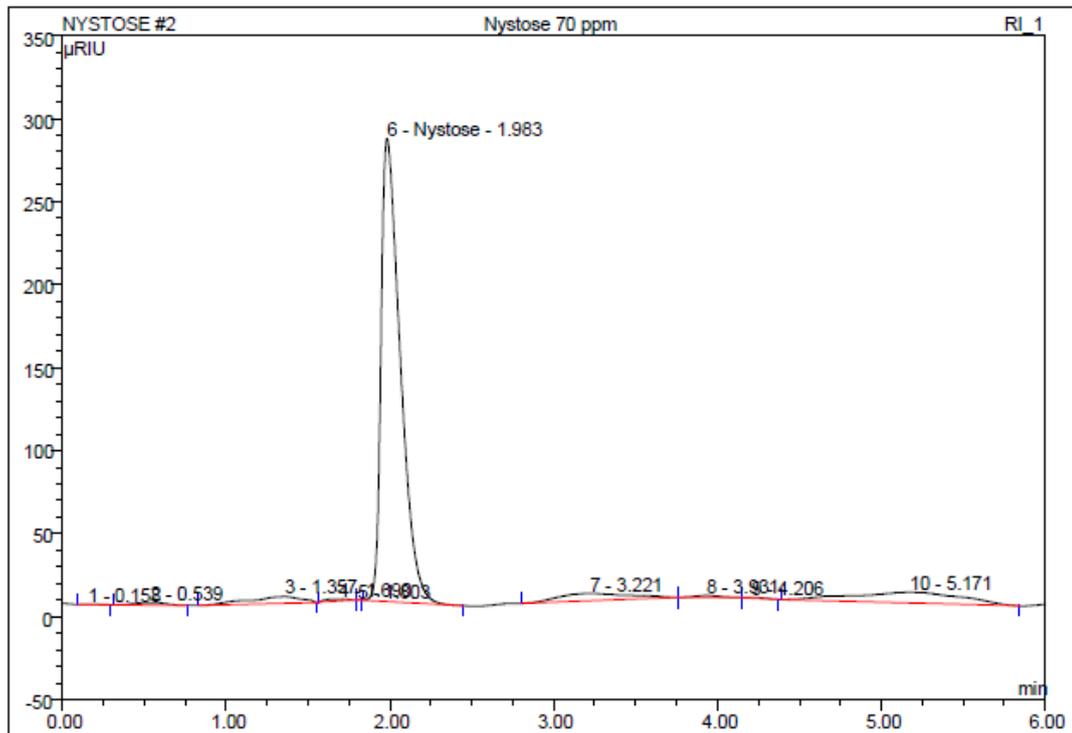


Gráfico A 5: Concentración 90ppm – Nystose

3 Nystose 90 ppm			
Sample Name:	Nystose 90 ppm	Injection Volume:	20.0
Vial Number:	RA6	Channel:	RI_1
Sample Type:	standard	Wavelength:	n.a.
Control Program:	metodocarbohidrato	Bandwidth:	n.a.
Quantif. Method:	Carbohidratometodo	Dilution Factor:	1.0000
Recording Time:	23/2/2017 16:32	Sample Weight:	1.0000
Run Time (min):	6.00	Sample Amount:	1.0000

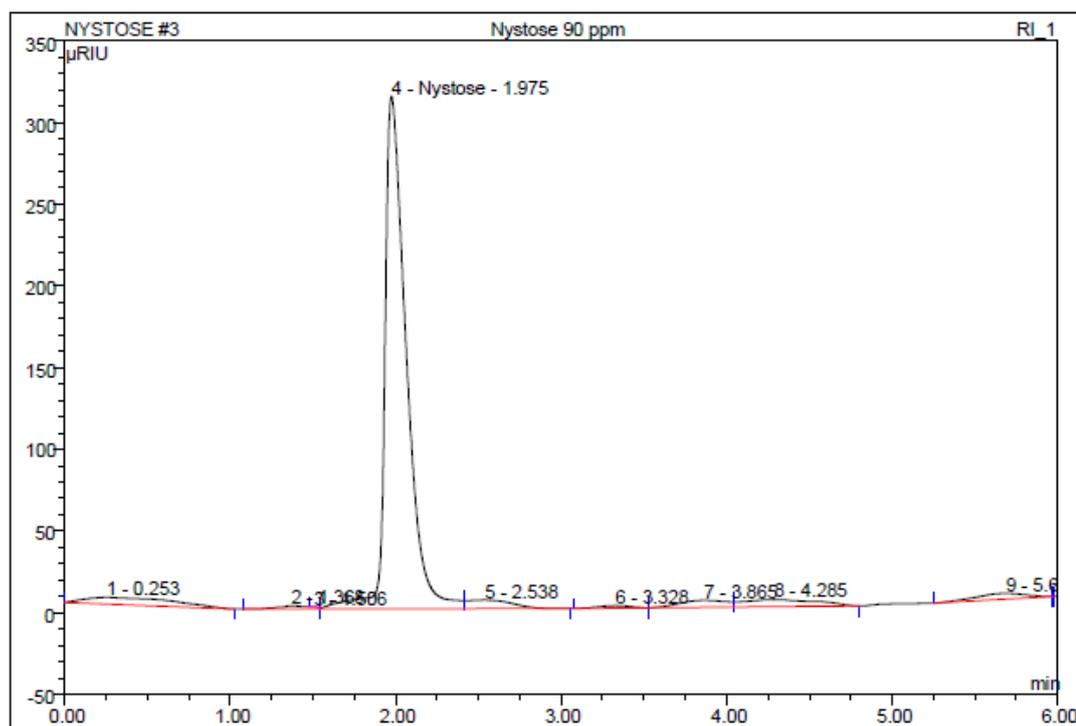
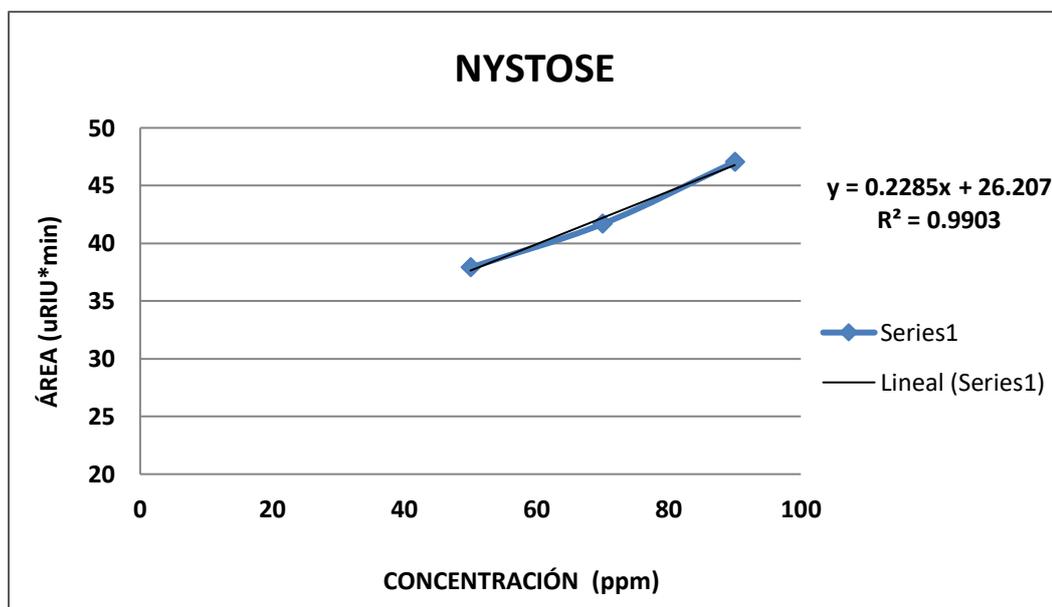


Tabla A 7: Resumen – Nystose

Sample No.	Sample Name	Ret.Time min	Area $\mu$ RIU*min	Height $\mu$ RIU	Amount ppm	Type	Plates (EP)
		Nystose RI_1	Nystose RI_1	Nystose RI_1	Nystose RI_1	Nystose RI_1	Nystose RI_1
1	Nystose 50 ppm	1.985	37.8966	265.10	66.5959	BMB	1423
2	Nystose 70 ppm	1.983	41.6820	278.95	71.9760	BMB	1395
3	Nystose 90 ppm	1.975	47.0386	313.79	82.6610	M	1285
4	Muestra 01	1.833	169.4464	602.68	297.7686	BMB	261
5	Muestra 02	1.827	170.9170	596.37	300.3528	BMB	205
6	Muestra 03	1.848	172.4551	607.13	303.0558	BMB	278
7	Muestra 04	1.827	168.1030	591.41	295.4078	BMB	296
8	Muestra 05	1.847	168.6670	587.66	296.3988	BMB	265
9	Muestra 06	1.837	169.0257	597.98	297.0292	BMB	334
10	Muestra 07	1.837	157.9051	593.30	277.4869	BMB	292
11	Muestra 08	1.832	162.3564	592.13	285.3093	BMB	279
12	Muestra 09	1.823	165.7180	592.33	291.2166	BMB	274
13	Muestra 10	1.840	481.9551	1595.05	865.2737	BMB	983
<b>Average:</b>		<b>1.869</b>	<b>137.090</b>	<b>524.145</b>	<b>240.810</b>		<b>536</b>
<b>Rel.Std.Dev:</b>		<b>3.453 %</b>	<b>39.706 %</b>	<b>25.998 %</b>	<b>39.800 %</b>		<b>88.911 %</b>

Gráfico A 6: Curva de Calibrado para Nystose



- Cromatograma de 1- Kestose:

Gráfico A 7: Concentración 50ppm - 1-Kestose

1 1-Kestose 50ppm			
Sample Name:	1-Kestose 50ppm	Injection Volume:	20.0
Vial Number:	RA1	Channel:	RI_1
Sample Type:	standard	Wavelength:	n.a.
Control Program:	metodocarbohidrato	Bandwidth:	n.a.
Quantif. Method:	Carbohidratometodo	Dilution Factor:	1.0000
Recording Time:	23/2/2017 14:44	Sample Weight:	1.0000
Run Time (min):	7.00	Sample Amount:	1.0000

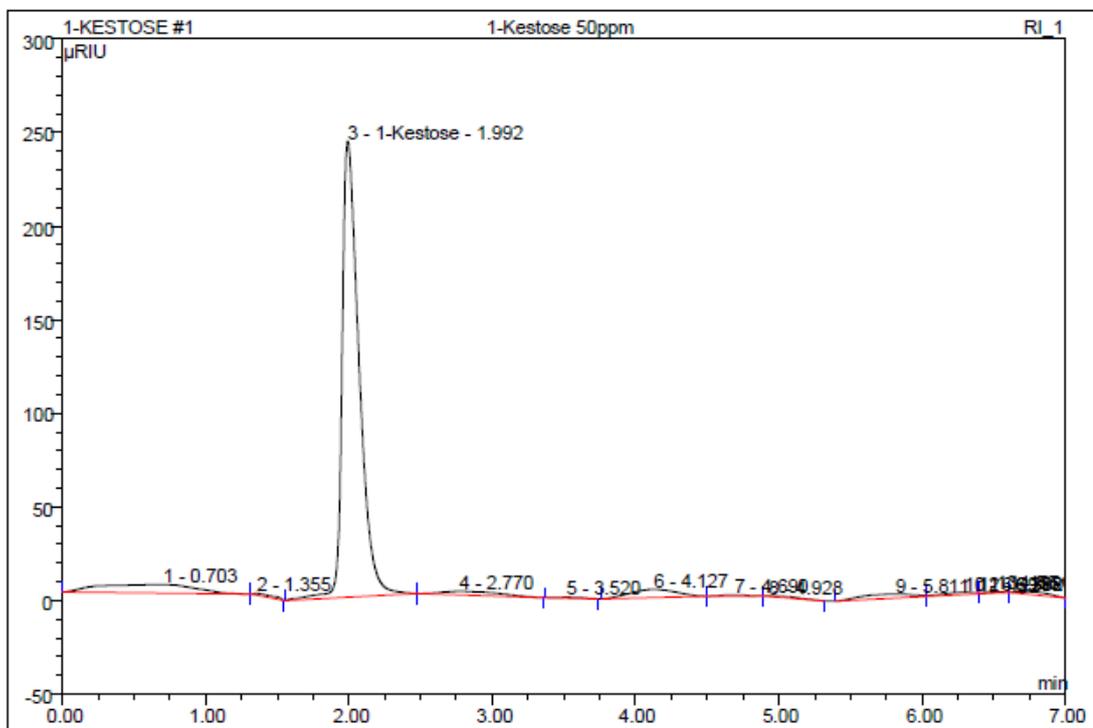


Gráfico A 8: Concentración 70ppm - 1-Kestose

2 1-Kestose 70ppm			
Sample Name:	1-Kestose 70ppm	Injection Volume:	20.0
Vial Number:	RA2	Channel:	RI_1
Sample Type:	standard	Wavelength:	n.a.
Control Program:	metodocarbohidrato	Bandwidth:	n.a.
Quantif. Method:	Carbohidratometodo	Dilution Factor:	1.0000
Recording Time:	23/2/2017 14:33	Sample Weight:	1.0000
Run Time (min):	7.00	Sample Amount:	1.0000

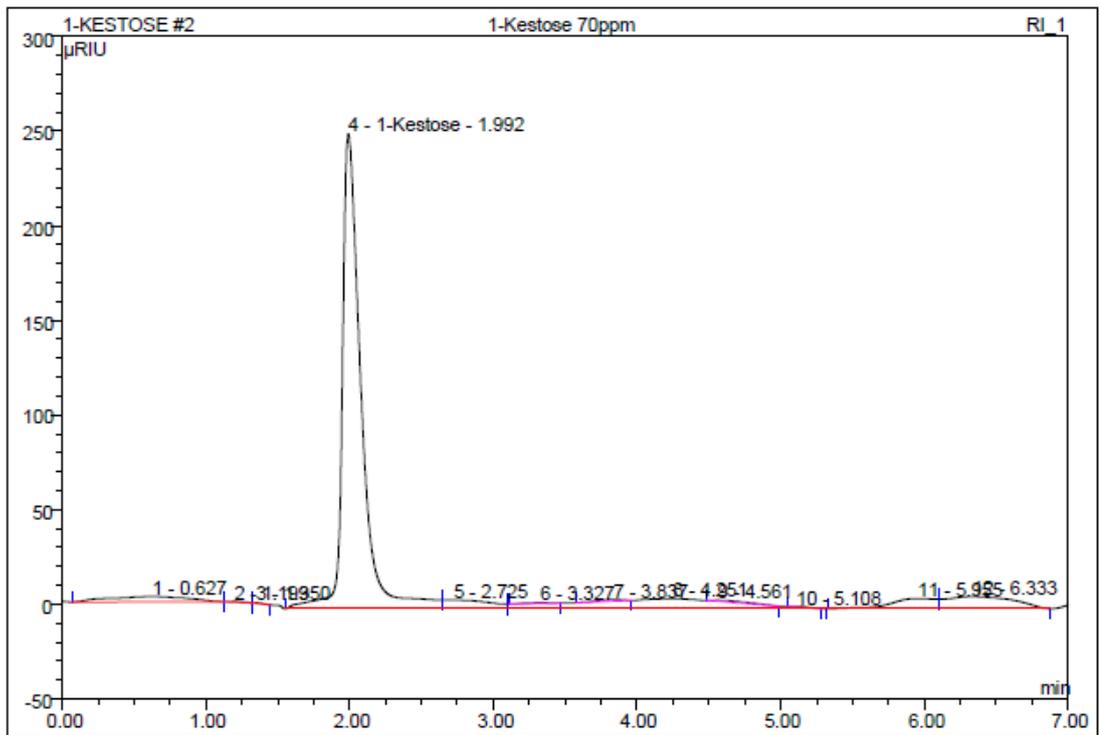


Gráfico A 9: Concentración 90ppm - 1-Kestose

3 1-Kestose 90ppm			
Sample Name:	1-Kestose 90ppm	Injection Volume:	20.0
Vial Number:	RA3	Channel:	RI_1
Sample Type:	standard	Wavelength:	n.a.
Control Program:	metodocarbohidrato	Bandwidth:	n.a.
Quantif. Method:	Carbohidratometodo	Dilution Factor:	1.0000
Recording Time:	23/2/2017 14:55	Sample Weight:	1.0000
Run Time (min):	7.00	Sample Amount:	1.0000

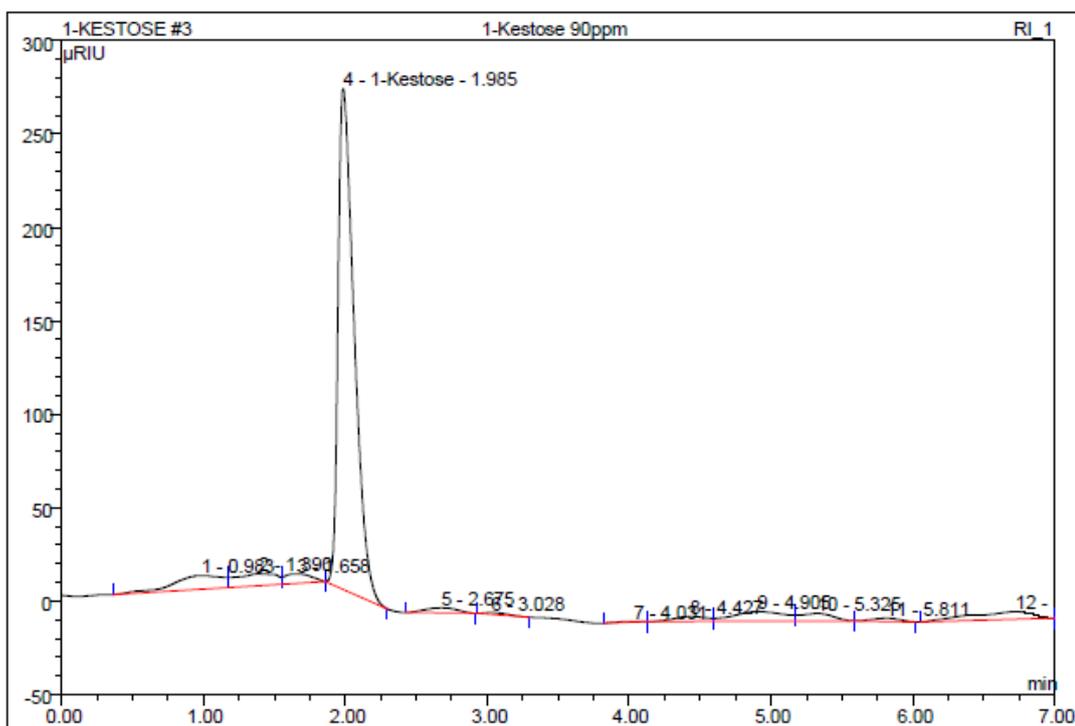
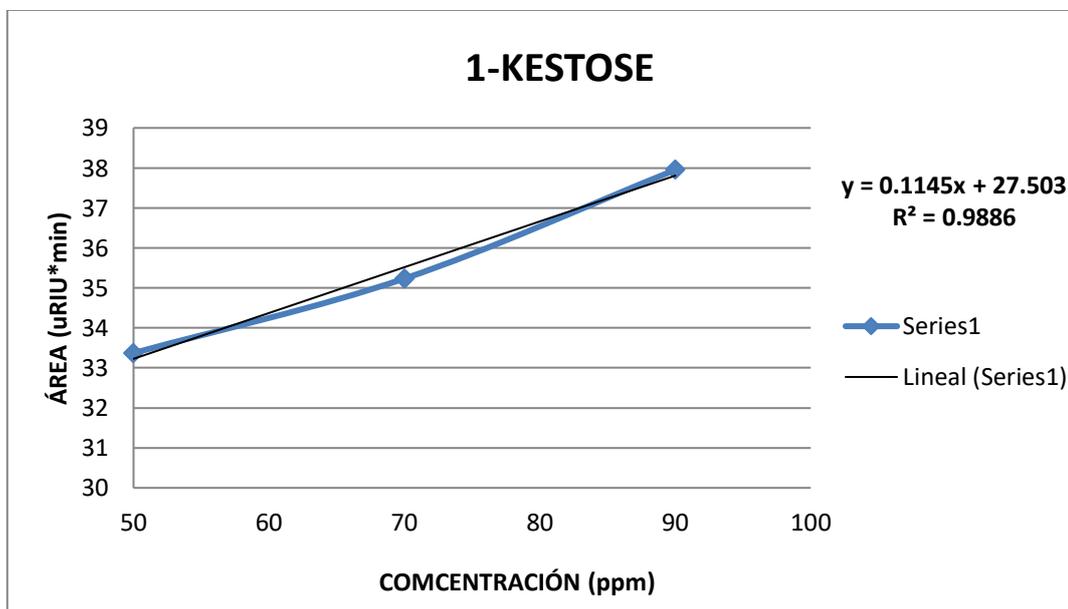


Tabla A 8: Resumen – 1-Kestose

Sample No.	Sample Name	Ret.Time	Area	Height	Amount	Type	Plates
		min	$\mu$ RIU*min	$\mu$ RIU	ppm		(EP)
		1-Kestose	1-Kestose	1-Kestose	1-Kestose	1-Kestose	1-Kestose
		RI_1	RI_1	RI_1	RI_1	RI_1	RI_1
1	1-Kestose 50ppm	1.992	33.3701	243.56	69.0012	BMB	1485
2	1-Kestose 70ppm	1.992	35.2337	250.95	72.8547	BM	1445
3	1-Kestose 90ppm	1.985	37.9502	267.99	78.4717	BMB	1475
4	Muestra 01	1.892	166.8296	631.90	344.9628	BMB	286
5	Muestra 02	1.857	171.5542	617.85	354.7322	BMB	298
6	Muestra 03	1.852	172.4221	625.01	356.5268	BMB	330
7	Muestra 04	1.850	149.0810	597.55	308.2631	BMB	344
8	Muestra 05	1.875	165.5435	627.18	342.3035	MB	308
9	Muestra 06	1.865	166.1656	624.89	343.5900	BMB	305
10	Muestra 07	1.855	124.8281	596.29	258.1142	BM	n.a.
11	Muestra 08	1.857	125.1453	633.59	258.7699	BM	434
12	Muestra 09	1.848	125.9502	629.85	260.4343	BM	433
13	Muestra 10	1.847	478.2905	1593.63	898.3576	BMB	999
<b>Average:</b>		<b>1.890</b>	<b>124.490</b>	<b>533.866</b>	<b>257.414</b>		<b>629</b>
<b>Rel.Std.Dev:</b>		<b>3.081 %</b>	<b>43.062 %</b>	<b>29.992 %</b>	<b>43.062 %</b>		<b>80.981 %</b>

Gráfico A 10: Curva de Calibrado para 1-Kestose



- Cromatogramas del tratamiento óptimo

Gráfico A 11: Nystose para tratamiento óptimo

Sample Name:	Muestra 02	Injection Volume:	20.0
Vial Number:	RA8	Channel:	RI_1
Sample Type:	unknown	Wavelength:	n.a.
Control Program:	metodocarbohidrato	Bandwidth:	n.a.
Quantif. Method:	Carbohidratometodo	Dilution Factor:	1.0000
Recording Time:	23/2/2017 16:50	Sample Weight:	1.0000
Run Time (min):	6.00	Sample Amount:	1.0000

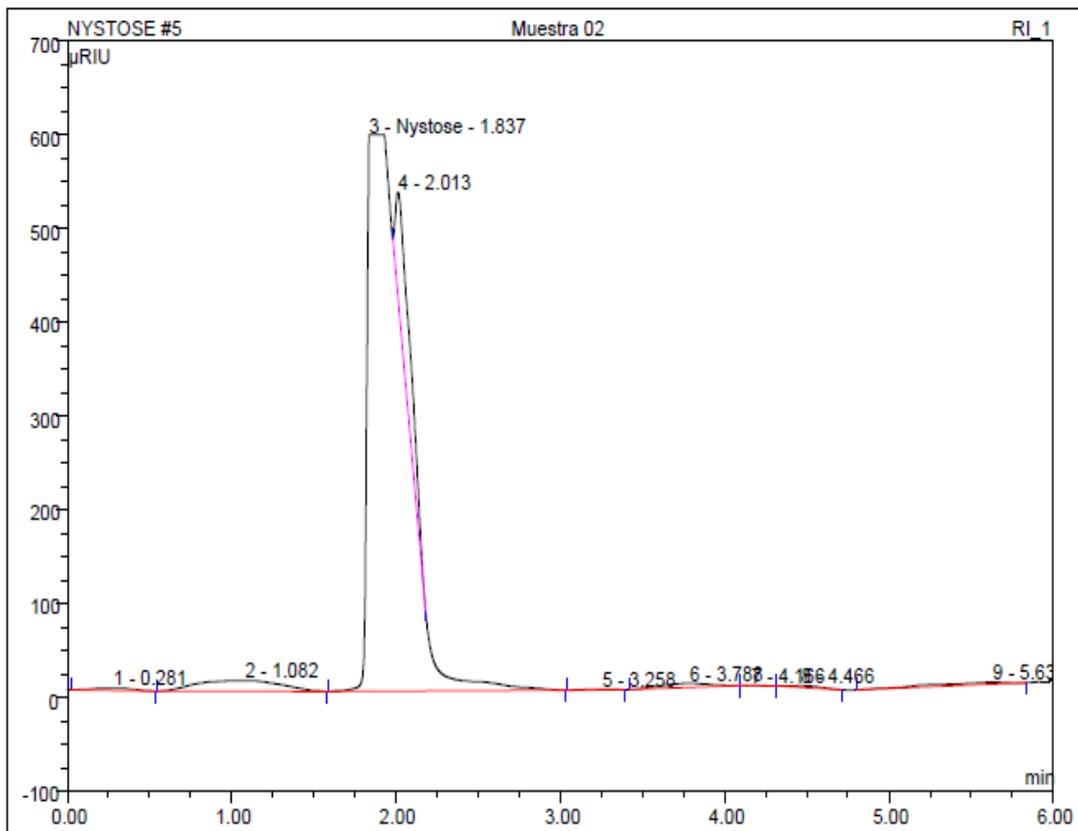
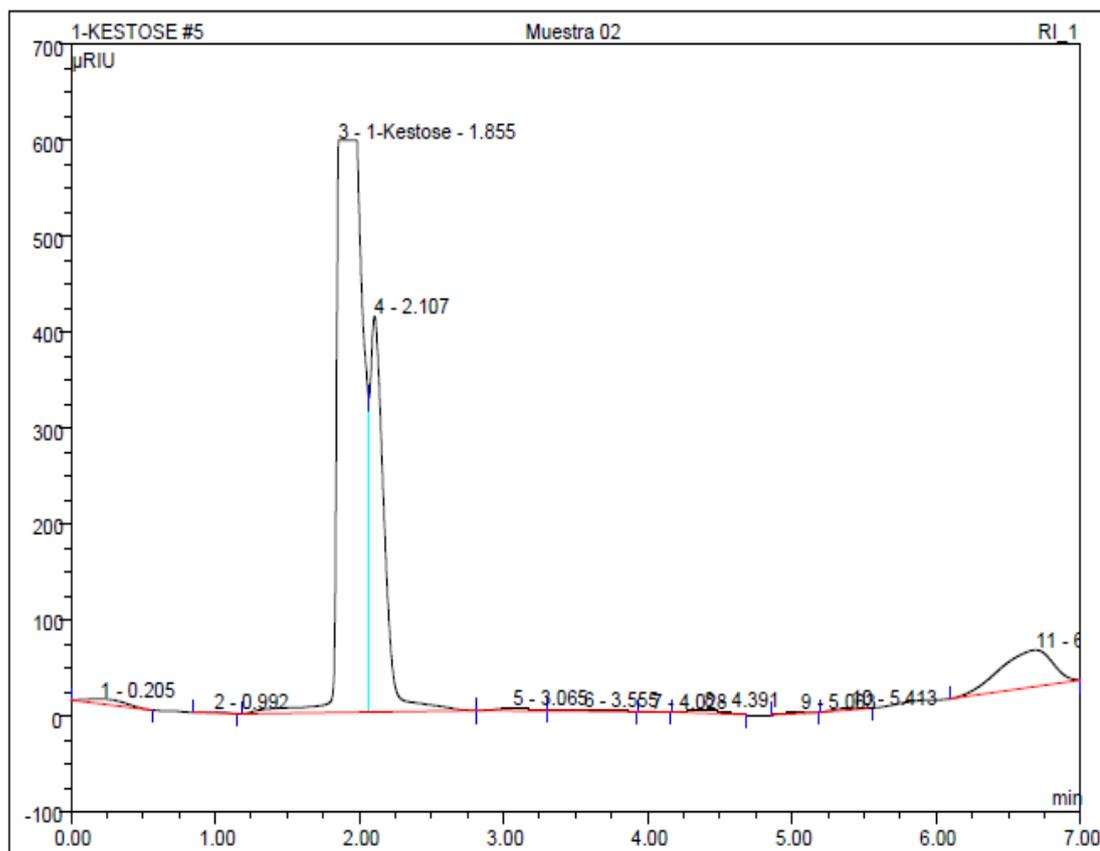


Gráfico A 12: 1-Kestose para tratamiento óptimo

Sample Name:	<b>Muestra 02</b>	Injection Volume:	<b>20.0</b>
Vial Number:	<b>RA8</b>	Channel:	<b>RI_1</b>
Sample Type:	<b>unknown</b>	Wavelength:	<b>n.a.</b>
Control Program:	<b>metodocarbohidrato</b>	Bandwidth:	<b>n.a.</b>
Quantif. Method:	<b>Carbohidratometodo</b>	Dilution Factor:	<b>1.0000</b>
Recording Time:	<b>23/2/2017 12:25</b>	Sample Weight:	<b>1.0000</b>
Run Time (min):	<b>7.00</b>	Sample Amount:	<b>1.0000</b>



## **ANEXO 14: PROCEDIMIENTOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

### **1. Determinación de Hongos y Levaduras**

- La muestra a analizar fue diluida en tres diluciones, para lo cual se agregó 10 ml de muestra en un matraz conteniendo 90 ml de solución salina (dilución  $10^{-1}$ ).
- De la dilución  $10^{-1}$  se extrajo 1 ml, añadiéndola en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de solución salina, obteniéndose así una dilución de  $10^{-2}$ , luego se extrajo de esta dilución 1 ml de muestra y se depositó en otro tubo de ensayo que contenía 90 ml de solución salina obteniendo así una dilución de  $10^{-3}$ , se preparó todas las diluciones en condiciones asepticas.
- Luego se procedió a sembrar en placas petri previamente esterilizadas, se depositó 1 ml de las diluciones en cada placa, haciendo 1 repetición de cada una, dejando así mismo 2 placas sin cultivo que nos sirvieran como blanco. Luego se agregó 15 ml de Agar Sabouraud Dextrosa previamente esterilizado y enfriado hasta  $45^{\circ}\text{C}$ .
- Se homogenizó bien la mezcla por agitación manual (movimientos circulares), luego se dejó enfriar sobre una superficie plana hasta que se solidifique. Se invirtieron las placas y se incubó a temperatura ambiente por 48 horas.
- Terminada la incubación examinar las placas para hacer el recuento de las colonias formadas.

REFERENCIA:

METODO AOAC: 1975 y APHA 1976

## 2. Determinación de bacterias aeróbicas mesófilas viables.

- La muestra a analizar fue diluida en tres diluciones, para lo cual se agregó 10 ml de muestra en un matraz conteniendo 90 ml de solución salina (dilución  $10^{-1}$ ).
- De la dilución  $10^{-1}$  se extrajo 1 ml, añadiéndola en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de solución salina, obteniéndose así una dilución de  $10^{-2}$ , luego se extrajo de esta dilución 1 ml de muestra y se depositó en otro tubo de ensayo que contenía 90 ml de solución salina obteniendo así una dilución de  $10^{-3}$ , se preparó todas las diluciones en condiciones asepticas.
- Se procedió a sembrar asepticamente en las placas petri, previamente esterilizadas, se depositó 1 ml de dilución por placa, con 1 repetición de cada dilución, dejando 2 placas sin cultivo (blanco). Luego se agregó 15 ml de Agar Plate Count previamente esterilizado y enfriado hasta 45 °C.
- Se homogenizó bien la mezcla por agitación manual (movimientos circulares), luego se dejó enfriar sobre una superficie plana hasta que se solidifique. Se invirtieron las placas y se incubó a temperatura de 37°C por 48 horas.
- Después de la incubación se examinó las placas y se hizo el recuento de las colonias desarrolladas.

### 3. Determinación de Coliformes totales

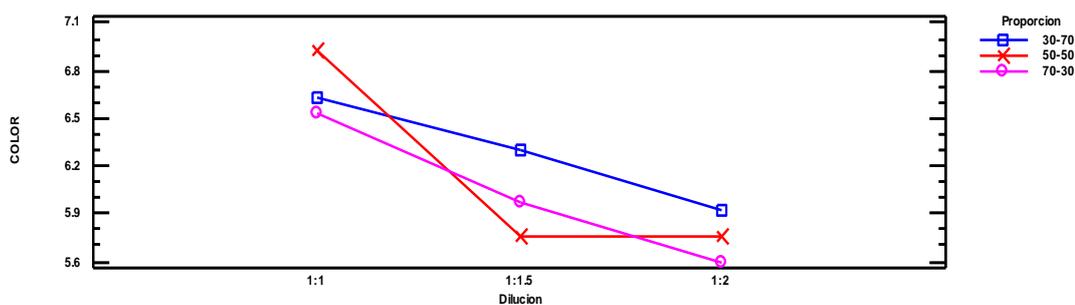
- La muestra a analizar fue diluida en tres diluciones, para lo cual se agregó 10 ml de muestra en un matraz conteniendo 90 ml de solución salina (dilución  $10^{-1}$ ).
- De la dilución  $10^{-1}$  se extrajo 1 ml, añadiéndola en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de solución salina, obteniéndose así una dilución de  $10^{-2}$ , luego se extrajo de esta dilución 1 ml de muestra y se depositó en otro tubo de ensayo que contenía 90 ml de solución salina obteniendo así una dilución de  $10^{-3}$ , se preparó todas las diluciones en condiciones asepticas.
- Luego se procedió a agregar las diluciones preparadas a tubos que contienen 9 ml de caldo verde brillante bilis, para cada dilución haciendo un cultivo en tubos de ensayo.
- Luego incubar a  $37^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 48 horas.
- Terminado el tiempo de incubación se anotó el número de tubos que presenten la formación de gas hasta los  $2/3$  partes de la campana como positivos.
- Luego en la tabla ubicamos y determinamos el número más probable de coliformes totales.

## ANEXO 15: EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES: COLOR, OLOR, SABOR Y ACEPTABILIDAD GENERAL

### 1. COLOR

#### a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 13: Interacción de factores respecto al color.



En el Gráfico A13, se muestran que las líneas no son paralelas evidenciando interacción. Se observa que la gráfica es afectada por 3 diluciones y 3 proporciones, siendo la proporción 50-50, en el nivel de la dilución 1:1 es la más aceptada por los panelistas respecto al color.

#### b. Pruebas de Múltiple Rangos para COLOR por Dilución

Tabla A 9: Método: 95.0 porcentaje Duncan.

Dilución	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	120	5.75833	0.0975574	X
1:1.5	120	6.00833	0.0975574	X
1:1	120	6.69167	0.0975574	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	0.683333
1:1 - 1:2	*	0.933333
1:1.5 - 1:2		0.25

\* indica una diferencia significativa.

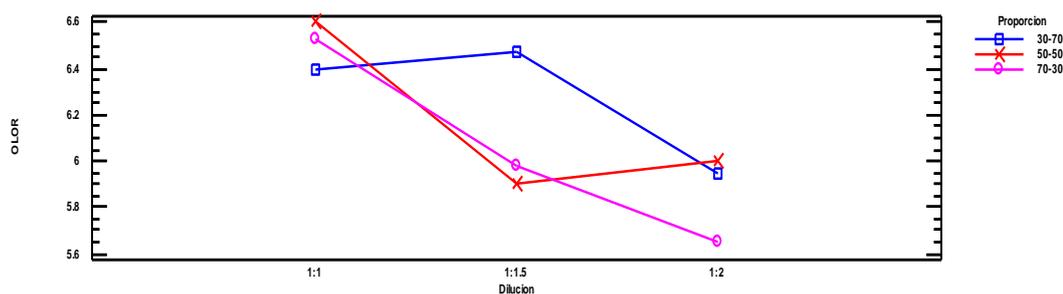
En la Tabla A9, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (1:2 y 1:1.5), entre

los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (1:1 - 1:1.5 y 1:1 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

## 2. OLOR

### a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 14: Intersección respecto al olor.



En el Gráfico A14, se muestran que las líneas no son paralelas evidenciando interacción. Se observa que la proporción 50-50, en el nivel de la dilución 1:1 y la proporción 70-30, en el nivel de la dilución 1:1 son las más aceptadas por los panelistas respecto al olor.

### b. Pruebas de Múltiple Rangos para OLOR por Dilución

Tabla A 10: Método: 95.0 porcentaje Duncan.

Dilución	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	120	5.86667	0.100654	X
1:1.5	120	6.11667	0.100654	X
1:1	120	6.50833	0.100654	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	0.391667
1:1 - 1:2	*	0.641667
1:1.5 - 1:2		0.25

\* indica una diferencia significativa.

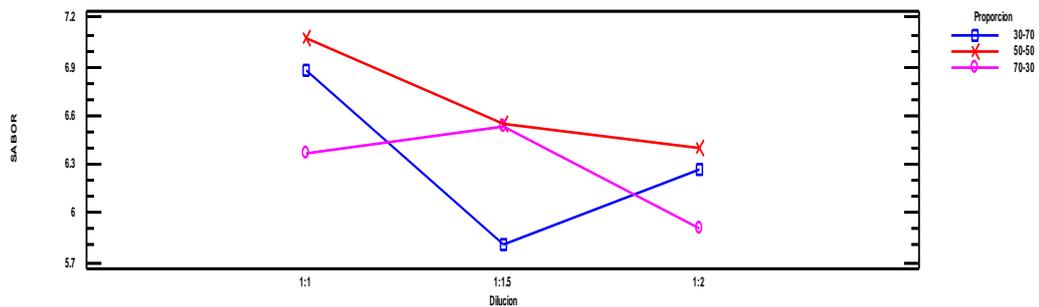
En la Tabla A10, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la

parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (1:2 y 1:1.5), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (1:1 - 1:1.5 y 1:1 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

### 3. SABOR

#### a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 15: Intersección de factores respecto al sabor.



En el Gráfico A15, se muestran que las líneas no son paralelas evidenciando interacción. Se observa que la proporción 50-50, en el nivel de la dilución 1:1 y la proporción 30-70, en el nivel de la dilución 1:1 son las más aceptadas por los panelistas respecto al sabor.

#### b. Pruebas de Múltiple Rangos

Tabla A 11: Método: 95.0 porcentaje Duncan para sabor - Dilución.

Dilución	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	120	6.19167	0.125176	X
1:1.5	120	6.29167	0.125176	X
1:1	120	6.775	0.125176	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	0.483333
1:1 - 1:2	*	0.583333
1:1.5 - 1:2		0.1

\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A11, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (1:2 y 1:1.5), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (1:1 - 1:1.5 y 1:1 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

Tabla A 12: Método: 95.0 porcentaje Duncan para sabor – proporción

Proporción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
70-30	120	6.26667	0.125176	X
30-70	120	6.31667	0.125176	X
50-50	120	6.675	0.125176	X

Contraste	Sig.	Diferencia
30-70 - 50-50	*	-0.358333
30-70 - 70-30		0.05
50-50 - 70-30	*	0.408333

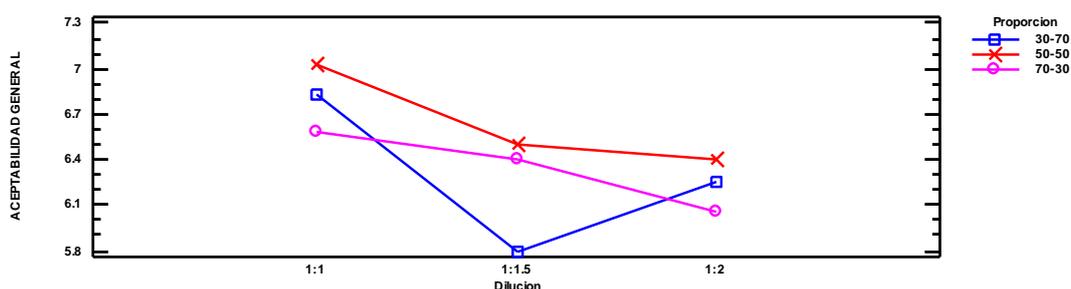
\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A12, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (70-30 y 30-70), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (30-70 – 50-50 y 50-50 – 70-30), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

#### 4. ACEPTABILIDAD GENERAL

##### a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 16: Intersección entre factores respecto a la aceptabilidad general.



En el Gráfica A16, se muestran que las líneas no son paralelas evidenciando interacción. Se observa que la proporción 50-50, en el nivel de la dilución 1:1 es la más aceptada por los panelistas respecto a la aceptabilidad general.

b. Pruebas de Múltiple Rangos para ACEPTABILIDAD GENERAL por Dilución

Tabla A 13: Método: 95.0 porcentaje Duncan.

Dilución	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	120	6.23333	0.110846	X
1:1.5	120	6.23333	0.110846	X
1:1	120	6.80833	0.110846	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	0.575
1:1 - 1:2	*	0.575
1:1.5 - 1:2		0

\* indica una diferencia significativa.

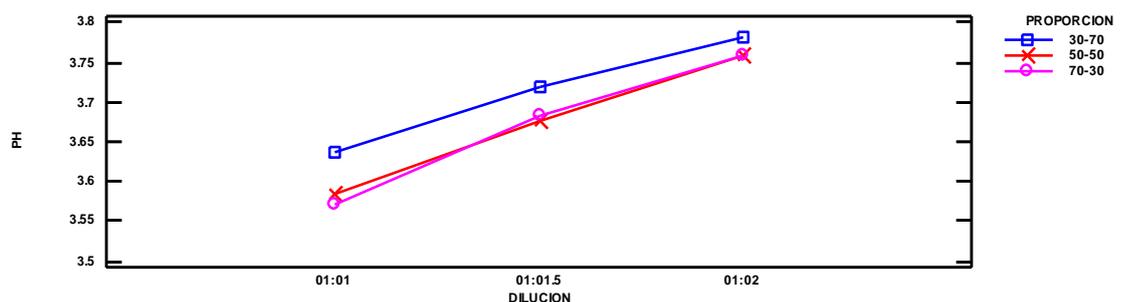
En la Tabla A13, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (1:2 y 1:1.5), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (1:1 - 1:1.5 y 1:1 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

## ANEXO 16: EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

### 1. PH

a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 17: Intersección de factores respecto al pH.



En el Gráfico A17, se observa que las líneas tienden a ser paralelas no evidenciando interacción. Se observa que la proporción 30-70 se mantiene más estable; el menor pH se muestra en proporción 70-30 en el nivel de dilución 1:1, y el mayor pH se muestra en la proporción 30-70 en el nivel de dilución 1:2.

b. Pruebas de Múltiple Rangos para PH

Tabla A 14: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución.

DILUCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:1	9	3.59667	0.00264497	X
1:1.5	9	3.69333	0.00264497	X
1:2	9	3.76778	0.00264497	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	-0.0966667
1:1 - 1:2	*	-0.171111
1:1.5 - 1:2	*	-0.0744444

\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A14, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado que en los 3 pares (1:1 - 1:1.5, 1:1 - 1:2 y 1:1.5 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*) con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla A 15: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Proporción.

PROPORCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
70-30	9	3.67111	0.00264497	X
50-50	9	3.67333	0.00264497	X
30-70	9	3.71333	0.00264497	X

Contraste	Sig.	Diferencia
30-70 - 50-50	*	0.04
30-70 - 70-30	*	0.0422222
50-50 - 70-30		0.00222222

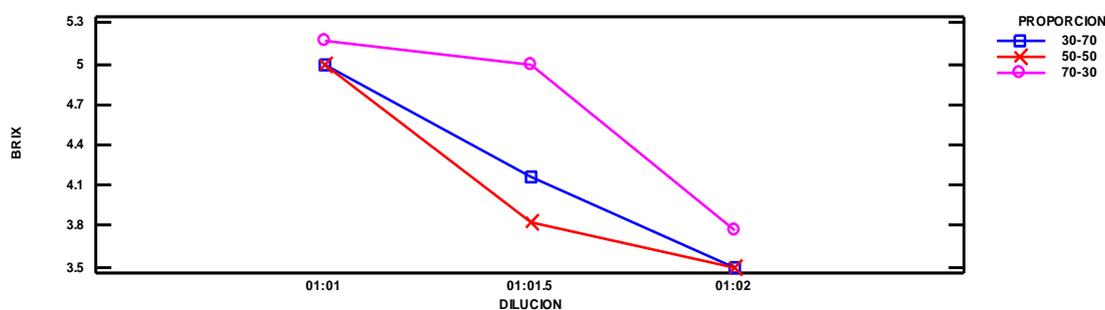
\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A15, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (70-30 y 50-50), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (30-70 – 50-50 y 30-70 – 70-30), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

## 2. BRIX

### a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 18: Interacción entre factores respecto a grados Brix.



En el Gráfico A18, se observa que las líneas son paralelas no evidenciando interacción. El menor °Bx se muestra en proporción 30-70 y 50-50 en el nivel de dilución 1:2, y el mayor pH se muestra en la proporción 50-50 en el nivel de dilución 1:1.

### b. Pruebas de Múltiple Rangos para BRIX

Tabla A 16: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución.

DILUCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	9	3.58889	0.0621958	X
1:1.5	9	4.33333	0.0621958	X
1:1	9	5.05556	0.0621958	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	0.722222
1:1 - 1:2	*	1.46667
1:1.5 - 1:2	*	0.744444

\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A16, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado que en los 3 pares (1:1 - 1:1.5, 1:1 - 1:2 y 1:1.5 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*) con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla A 17: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Proporción.

PROPORCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
50-50	9	4.11111	0.0621958	X
30-70	9	4.22222	0.0621958	X
70-30	9	4.64444	0.0621958	X

Contraste	Sig.	Diferencia
30-70 - 50-50		0.111111
30-70 - 70-30	*	-0.422222
50-50 - 70-30	*	-0.533333

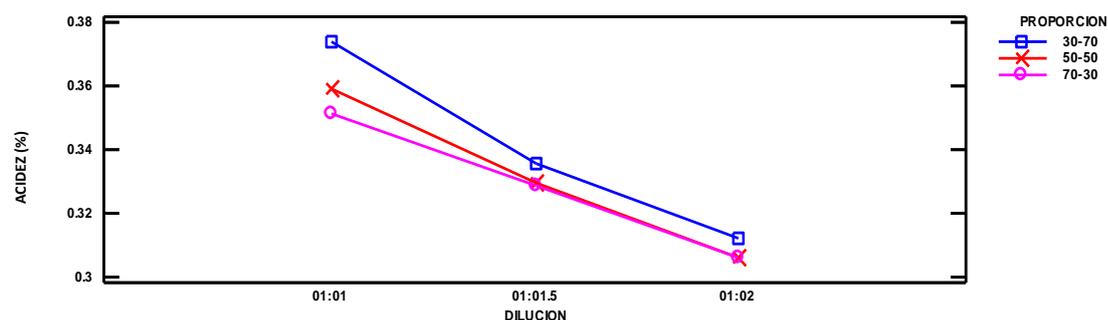
\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A17, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (50-50 y 30-70), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (30-70 – 70-30 y 50-50 – 70-30), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

### 3. ACIDEZ

#### a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 19: Interacción de factores respecto a la acidez.



En el Gráfico A19, se observa que las líneas tienden a ser paralelas no evidenciando interacción. Se muestra que la proporción 30-70 se mantiene más estable; el menor % de acidez se muestra en proporción 30-70 en el nivel de dilución 1:2, y el mayor % de acidez se muestra en la proporción 50-50 en el nivel de dilución 1:1.

b. Pruebas de Múltiple Rangos para ACIDEZ

Tabla A 18: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución.

DILUCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	9	0.307889	0.0110513	X
1:1.5	9	0.331444	0.0110513	XX
1:1	9	0.361556	0.0110513	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5		0.0301111
1:1 - 1:2	*	0.0536667
1:1.5 - 1:2		0.0235556

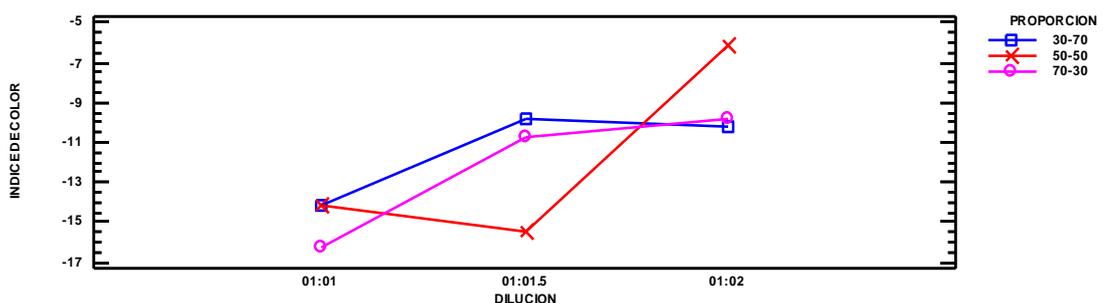
\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A18, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 pares de grupos homogéneos (1:2-1:1.5 y 1:1.5-1:1), entre los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para el par restante (1:1-1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

4. INDICE DE COLOR

a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 20: Interacción de factores respecto al índice de color.



En el Gráfico A20, se observa que las líneas no son paralelas evidenciando interacción.

b. Pruebas de Múltiple Rangos para INDICE DE COLOR

Tabla A 19: Método: 95.0 porcentaje Duncan – Dilución.

DILUCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:1	9	-14.8597	1.23814	X
1:1.5	9	-11.9912	1.23814	XX
1:2	9	-8.69367	1.23814	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5		-2.86846
1:1 - 1:2	*	-6.16601
1:1.5 - 1:2		-3.29756

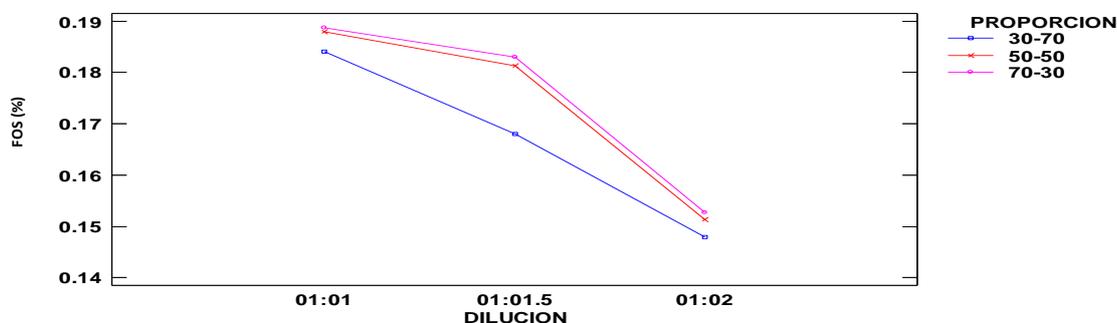
\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A19, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 pares de grupos homogéneos (1:2-1:1.5 y 1:1.5-1:1), entre los cuales no existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para el par restante (1:1-1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*)

5. FRUCTO-OLIGOSACARIDOS

a. Gráfico de interacciones

Gráfico A 21: Interacción entre factores respecto al FOS.



En la Gráfica A21, se muestra que las líneas tienden a ser paralelas no evidenciando interacción. Se observa que la proporción 50-50 y 70-30 nivel de dilución 1:1, tienen el mayor porcentaje de Fructooligosacáridos.

b. Pruebas de Múltiple Rangos para FOS

Tabla A 20: Método: 95.0 porcentaje Duncan - Dilución.

DILUCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:2	9	0.150667	0.00123395	X
1:1.5	9	0.177444	0.00123395	X
1:1	9	0.186889	0.00123395	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1:1 - 1:1.5	*	0.00944444
1:1 - 1:2	*	0.0362222
1:1.5 - 1:2	*	0.0267778

\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A20, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado que en los 3 pares (1:1 - 1:1.5, 1:1 - 1:2 y 1:1.5 - 1:2), existe diferencia estadísticamente significativa (\*) con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla A 21: Método: 95.0 porcentaje Duncan - Proporción.

PROPORCION	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30-70	9	0.166667	0.00123395	X
50-50	9	0.173556	0.00123395	X
70-30	9	0.174778	0.00123395	X

Contraste	Sig.	Diferencia
30-70 - 50-50	*	-0.00688889
30-70 - 70-30	*	-0.00811111
50-50 - 70-30		-0.00122222

\* indica una diferencia significativa.

En la Tabla A21, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En la parte superior, se han identificado 2 grupos homogéneos (50-50 y 70-30), entre los cuales no existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza; mientras que para los dos pares restantes (30-70 - 50-50 y 30-70 - 70-30), existe diferencia estadísticamente significativa (\*).

## ANEXO 17: ETIQUETA PARA BEBIDA FUNCIONAL

**Producto Peruano**

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
	Cada 100 ml	Cada 285 ml (1 envase)
Humedad	91.33 ml	260.28 ml
Cenizas	670.00 mg	1896.00 mg
Vitamina C	2.97 mg	8.47 mg
Proteínas	306.00 mg	870.00 mg
FOS	190.00 mg	541.50 mg
Nystose	60.00 mg	171.00 mg
1-Kestose	130.00 mg	370.50 mg

REGISTRO SANITARIO P2201917N/BRARLA  
 CERTIFICADO 2981-2018  
 EXPEDIENTE 11E821-2018-R  
 RUC N° 10706026394

# BEBIDA FUNCIONAL

(SIN PRESERVANTES)

Yacon

Piña



Contenido Neto  
285 ml

**INGREDIENTES:**  
 Pulpa de yacon, pulpa de piña, stevia,  
 Estabilizante (carboximetilcelulosa),  
 Acidulante (E-330)

Mantener en  
Refrigeración



AGITE ANTES  
DE CONSUMIR

Instituto de Investigación Tecnológico  
 Agroindustrial – Universidad Nacional Del Santa  
 Nuevo Chimbote – Ancash – Perú  
 Teléf.: (51) 043 – 319767



7 509997 006970

FV250118  
LT001