

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS:**

**Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

**Bach. Erik PAREDES ROBLES**

ASESOR:

**Ing. Joaquín Basael HERNÁNDEZ GARCÍA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

*A DIOS fuente de vida y sabiduría.*

*A mi padre Angelino Paredes Oré y a mi madre Herilnda Robles Salcedo por haberme forjado como la persona que soy hoy en día; muchos de mis logros se los debo a ustedes gracias al apoyo, comprensión y motivación que me brindaron.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- *A la tricentenaria Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi alma mater, a los Ingenieros de la FIQM, y particularmente a los profesores de la E. P. de Ingeniería Agroindustrial, por su inquebrantable compromiso e incansable trabajo en compartir sus experiencias para mi excelente preparación académica.*
- *Al ing. Joaquín B. Hernández García, quien me asesoró en esta investigación y me brindó su apoyo profesional para terminar este trabajo.*
- *A mi familia, amistades y a todos aquellos que de alguna manera han contribuido a forjar mi carrera profesional.*

## RESUMEN

*El objetivo de este estudio fue encontrar los parámetros ideales para la bebida funcional a base de cocona (JC) en diluciones de pulpa/agua de 1/2.5 a 1/3.5, endulzada con jarabe de yacón (JY) en concentraciones de 35 a 45°brix. De acuerdo con un diseño central compuesto rotacional (RCCD), se crearon once tratamientos utilizando un diseño factorial completo 2<sup>2</sup>. 30 panelistas evaluaron los atributos fisicoquímicos (sólidos solubles, pH, acidez titulable y vitamina C), funcionales (polifenoles totales y capacidad antioxidante) y sensoriales del producto resultante mediante una escala hedónica de 9 puntos. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) con valores inferiores a 13°brix cuando el contenido de sólidos solubles se diluyó a 1/2,5 a 1/2,8 (JC) y 40 a 43°brix (JY); la vitamina C, el pH y la acidez titulable mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) con valores de 1,43 mg/100g; 3,83 y 0,677%, respectivamente, al diluir a 1/2,5 (JC) y 40°brix de concentración (JY); y con valores de 56,87 mg G. A.E./100 g y 170,80  $\mu$ M Trolox/100 g al utilizar diluciones de 1/2,5 (JC) y 40°brix de concentración (JY). Cuando se utilizó una dilución de 1/3,1 (JC) y 38,5°brix (JY), se optimizaron los valores medios de los panelistas para el olor (7,29), el color (8,00), el sabor (8,43) y el aspecto general (8,38). Estos valores se sitúan entre «me gusta moderadamente» y «me gusta mucho», según la escala hedónica. La evaluación sensorial de la bebida funcional reveló aceptación, que en una escala hedónica de 9 puntos se traduce en «me gusta mucho». Este producto demostró cualidades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales suficientes, lo que lo convierte en un alimento sano y nutritivo que pueden consumir tanto adultos como niños.*

**Palabras clave:** *jugo de cocona, jarabe de yacón, diseño central compuesto rotatable, propiedades funcionales.*

## ABSTRACT

*The objective of this study was to find the ideal parameters for cocona (JC) based functional beverage at 1/2.5 to 1/3.5 pulp/water dilutions, sweetened with yacon syrup (JY) at concentrations of 35 to 45°brix. According to a rotational composite central design (RCCD), eleven treatments were created using a full factorial design 22. 30 panelists evaluated the physicochemical (soluble solids, pH, titratable acidity and vitamin C), functional (total polyphenols and antioxidant capacity) and sensory attributes of the resulting product using a 9-point hedonic scale. The results showed significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) with values below 13°brix when the soluble solids content was diluted to 1/2.5 to 1/2.8 (JC) and 40 to 43°brix (JY); vitamin C, pH and titratable acidity showed significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) with values of 1.43 mg/100g; 3.83 and 0.677%, respectively, when diluting at 1/2.5 (JC) and 40°brix concentration (JY); and with values of 56.87 mg G. A.E./100 g and 170.80  $\mu$ M Trolox/100 g when using 1/2.5 (JC) and 40°brix concentration (JY) dilutions. When using a dilution of 1/3.1 (JC) and 38.5°brix (JY), the panelists' mean values for odor (7.29), color (8.00), flavor (8.43) and overall appearance (8.38) were optimized. These values are between "I like it moderately" and "I like it very much", according to the hedonic scale. The sensory evaluation of the functional beverage revealed acceptance, which on a 9-point hedonic scale translates into "I like it very much". This product demonstrated sufficient physicochemical, functional and sensory qualities, making it a healthy and nutritious food that can be consumed by both adults and children.*

**Key words:** *cocona juice, yacon syrup, rotatable composite core design, functional characteristics*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Justificación	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes	6
2.2 La cocona ( <i>Solanum Sessiliflorum Dunal</i> )	7
2.1.1 Generalidades	7
2.1.2 Taxonomía	8
2.1.3 Composición química	9
2.1.4 Usos	10
2.1.5 Ecotipos	11
2.2 El yacón ( <i>Smallanthus sonchifolia</i> )	11
2.2.1 Generalidades	11
2.2.2 Clasificación taxonómica	12
2.2.3 Valor nutricional	12
2.2.4 Propiedades	13
2.2.5 Fructooligosacáridos en el yacón	14
2.3 Compuestos fenólicos	15
2.4 Capacidad antioxidante	15
2.4.1 Métodos para evaluar la capacidad antioxidante	16
2.5 Bebida funcional	16
2.5.1 Generalidades	16
2.5.2 Clasificación de las bebidas funcionales	17
2.5.3 Efectos fisiológicos de la bebida funcional	19
2.5.4 Normas Nacionales e/o internacionales de las bebidas	19
2.6 Evaluación sensorial	20
2.6.1 Pruebas afectivas	21

2.6.2	Escala hedónica	23
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
3.1	Materiales	24
3.1.1	Materia prima y otros	24
3.1.2	Reactivos	24
3.1.3	Materiales de laboratorio	24
3.2	Equipos e instrumentos	24
3.3	Métodos de análisis fisicoquímicos	25
3.3.1	Análisis fisicoquímico de la cocona y yacón	25
3.3.2	Análisis fisicoquímico de la bebida funcional	25
3.3.3	Análisis funcional de la bebida	26
3.4	Diseño experimental	26
3.4.1	Obtención del jugo de cocona ( <i>Solanum Sessiliflorum Dunal</i> )	26
3.4.2	Proceso de obtención de jarabe de yacón	27
3.4.3	Elaboración de la bebida funcional con jugo de cocona endulzada con jarabe de yacón	28
3.5	Diseño estadístico	29
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Caracterización de la materia prima	32
4.1.1	Caracterización fisicoquímica del jugo de cocona y del yacón	32
4.1.2	Caracterización funcional de la cocona y yacón	33
4.2	Caracterización fisicoquímica de la bebida funcional a base de cocona endulzada con jarabe de yacón	34
4.2.1	Evaluación estadística de los sólidos solubles de la bebida funcional	34
4.2.2	Evaluación estadística de la vitamina C de la bebida funcional	38
4.2.3	Evaluación estadística del pH de la bebida funcional	41
4.2.4	Evaluación estadística de la acidez titulable de la bebida funcional	45
4.3	Caracterización funcional de la bebida funcional a base de cocona endulzada con jarabe de yacón	49
4.3.1	Evaluación estadística de la variación de polifenoles totales de la bebida funcional	49
4.3.2	Evaluación estadística de la variación de capacidad antioxidante de la bebida funcional	52
4.4	Caracterización sensorial de la bebida funcional a base de cocona endulzada con jarabe de yacón	55
4.4.1	Evaluación estadística del atributo olor de la bebida funcional	56

4.4.2	Evaluación estadística del atributo color de la bebida funcional	60
4.4.3	Evaluación estadística del atributo sabor de la bebida funcional	63
4.4.4	Evaluación estadística del atributo Apariencia general de la bebida funcional	66
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>71</b>
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>72</b>
<b>VII</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>73</b>
<b>VIII</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>80</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>La cocona y sus partes</i>	8
Figura 2	<i>Flujograma para obtener jugo de cocona</i>	27
Figura 3	<i>Diagrama de flujo para obtener jarabe de yacón</i>	28
Figura 4	<i>Flujograma para obtener la bebida funcional a base de cocona endulzada con jarabe de yacón</i>	29
Figura 5	<i>Diagrama de Pareto para la variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional</i>	36
Figura 6	<i>Superficie de respuesta para la variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional</i>	
Figura 7	<i>Diagrama de Pareto para la variable vitamina C de la bebida funcional</i>	39
Figura 8	<i>Superficie de respuesta de la variable vitamina C de la bebida funcional</i>	41
Figura 9	<i>Diagrama de Pareto para la variación de pH de la bebida funcional</i>	43
Figura 10	<i>Superficie de respuesta de la variación del pH de la bebida funcional</i>	44
Figura 11	<i>Diagrama de Pareto para la variable acidez titulable de la bebida funcional</i>	47
Figura 12	<i>Superficie de respuesta de la variación de acidez titulable de la bebida funcional</i>	48
Figura 13	<i>Diagrama de Pareto para la variable polifenoles totales de la bebida funcional</i>	50
Figura 14	<i>Superficie de respuesta de la variación de polifenoles totales de la bebida funcional</i>	52

Figura 15	<i>Diagrama de Pareto para la variable capacidad antioxidante de la bebida funcional</i>	54
Figura 16	<i>Superficie de respuesta de la variación de capacidad antioxidante de la bebida funcional</i>	55
Figura 17	<i>Diagrama de Pareto para el atributo olor de la bebida funcional</i>	57
Figura 18	<i>Superficie de respuesta del atributo olor de la bebida funcional</i>	59
Figura 19	<i>Diagrama de Pareto para el atributo color de la bebida funcional</i>	61
Figura 20	<i>Superficie de respuesta del atributo color de la bebida funcional</i>	62
Figura 21	<i>Diagrama de Pareto para el atributo sabor de la bebida funcional</i>	64
Figura 22	<i>Superficie de respuesta del atributo sabor de la bebida funcional</i>	65
Figura 23	<i>Diagrama de Pareto para el atributo apariencia general de la bebida funcional</i>	67
Figura 24	<i>Superficie de respuesta del atributo apariencia general de la bebida funcional</i>	68

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Composición química de la cocona (En 100 gramos de parte comestible)</i>	9
Tabla 2	<i>Ecotipos de la cocona con sus características</i>	11
Tabla 3	<i>Valor nutricional del yacón (En 100 g de parte comestible)</i>	12
Tabla 4	<i>Clasificación general de las bebidas funcionales</i>	18
Tabla 5	<i>Tipos de pruebas en el análisis sensorial de alimentos</i>	21
Tabla 6	<i>Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2<sup>2</sup></i>	30
Tabla 7	<i>Valores codificados y reales del DCCR 2<sup>2</sup> con cuatro experimentos factoriales, cuatro experimentos axiales y tres repeticiones centrales</i>	31
Tabla 8	<i>Características fisicoquímicas de la cocona y yacón (g /100 g parte comestible)</i>	32
Tabla 9	<i>Características funcionales de la cocona y yacón</i>	33
Tabla 10	<i>Valores promedio de sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional según diseño experimental</i>	34
Tabla 11	<i>Coefficientes de regresión de variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional</i>	35
Tabla 12	<i>ANOVA para la variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional</i>	36
Tabla 13	<i>Valores promedio de vitamina C de la bebida funcional según diseño experimental</i>	38
Tabla 14	<i>Coefficientes de regresión de variable vitamina C de la bebida funcional</i>	39
Tabla 15	<i>ANOVA para la variable vitamina C de la bebida funcional</i>	40
Tabla 16	<i>Valores promedio de pH de la bebida funcional según diseño</i>	

	<i>experimental</i>	42
Tabla 17	<i>Coeficientes de regresión de la variación del pH de la bebida funcional</i>	43
Tabla 18	<i>ANOVA para la variación del pH de la bebida funcional</i>	44
Tabla 19	<i>Valores promedio de acidez titulable de la bebida funcional según diseño experimental</i>	45
Tabla 20	<i>Coeficientes de regresión de variable acidez titulable de la bebida funcional</i>	46
Tabla 21	<i>ANOVA para la variable acidez titulable de la bebida funcional</i>	47
Tabla 22	<i>Valores promedio de polifenoles totales de la bebida funcional según diseño experimental</i>	49
Tabla 23	<i>Coeficientes de regresión de variable polifenoles totales de la bebida funcional</i>	50
Tabla 24	<i>ANOVA para la variable polifenoles totales de la bebida funcional</i>	51
Tabla 25	<i>Valores promedio de actividad antioxidante de la bebida funcional según diseño experimental</i>	52
Tabla 26	<i>Coeficientes de regresión de variable capacidad antioxidante de la bebida funcional</i>	53
Tabla 27	<i>ANOVA para la variable capacidad antioxidante de la bebida funcional</i>	54
Tabla 28	<i>Valores promedio de la evaluación sensorial de la bebida funcional</i>	56
Tabla 29	<i>Coeficientes de regresión del atributo OLOR de la bebida funcional</i>	57
Tabla 30	<i>ANOVA para el atributo OLOR de la bebida funcional</i>	58
Tabla 31	<i>Coeficientes de regresión del atributo OLOR de la bebida funcional</i>	60
Tabla 32	<i>ANOVA para el atributo COLOR de la bebida funcional</i>	61
Tabla 33	<i>Coeficientes de regresión del atributo SABOR de la bebida funcional</i>	63

Tabla 34	<i>ANVA para el atributo SABOR de la bebida funcional</i>	64
Tabla 35	<i>Coeficientes de regresión del atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional</i>	66
Tabla 36	<i>ANVA para el atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional</i>	

## ANEXOS

Anexo 1	<i>Ficha técnica del yacón</i>	81
Anexo 2	<i>Formato sensorial de la bebida funcional</i>	83
Anexo 3	<i>Panel fotográfico de la investigación</i>	84

## INTRODUCCIÓN

Según investigaciones científicas, es beneficioso consumir regularmente alimentos ricos en antioxidantes presentes en frutas y verduras para prevenir enfermedades crónicas (Coronado et al., 2015). Estas enfermedades pueden estar provocadas por la presencia de radicales libres, por lo que ha surgido un interés por los antioxidantes naturales que contrarrestan estos efectos (Viada, Gómez, y Campaña, 2017).

Los componentes de la materia prima, como antioxidantes, vitaminas, fibras y minerales, alteran en su composición funcional a lo largo del procesamiento de valor agregado de las frutas para consumo humano.

Numerosos estudios demuestran que el coco tiene un importante contenido en antioxidantes que pueden ayudar a prevenir trastornos relacionados con el estrés oxidativo (Torres, 2010).

Es vital evitar alterar estos componentes químicos durante las distintas fases de elaboración del producto final. Por lo tanto, es importante realizar más investigaciones en este ámbito, es decir, estudios cuyo objetivo sea preservar dicho compuesto por su importante contribución a la salud. La cocona tiene pigmentos naturales que le dan color y un sabor característico. También contiene antioxidantes que podrían prevenir la formación de radicales libres que causan daños en el organismo.

Con un contenido calórico inferior al 50% en comparación con la sacarosa, el yacón, crudo o procesado, puede utilizarse como edulcorante bajo en calorías con una capacidad edulcorante comparable debido a su alto contenido en fructooligosacáridos e inulina.

Así pues, con el fin de elaborar un producto que conserve sus cualidades nutracéuticas, realizamos el presente estudio para identificar las características fisicoquímicas y funcionales ideales, así como la aceptación de la bebida de cocona edulcorada con jarabe de yacón.

# CAPITULO I

## PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

A pesar de su limitado uso industrial y de su escaso cultivo a gran escala, el yacón puede ser un valioso sustituto como edulcorante para una población cada vez más numerosa que padece enfermedades no transmisibles como la diabetes y la obesidad.

El jugo de cocona es consumido a diario por todas las familias de la selva peruana, pero sólo unas pocas han logrado industrializarlo y comercializarlo con costes y beneficios claramente definidos y controlados. Esto requiere una estricta gestión del tiempo, capacidad para planificar, crear procesos eficientes y mejorar continuamente el producto en respuesta a los cambios, entre otras cosas.

Algunos de los factores que contribuyen a la falta de interés por esta fruta tropical son los siguientes.

- ✓ La investigación sobre la cocona es limitada; se ha examinado como planta medicinal pero no como fruta que pueda utilizarse con fines industriales.
- ✓ Miedo a invertir en el bosque; se puede valorizar una amplia gama de productos naturales, incluidas las conservas y los néctares.

### 1.2 Formulación del problema

#### General

¿Cuáles serán los parámetros óptimos de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)?

#### Específicos

- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y funcionales de la cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) edulcorada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)?
- ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicas de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)?

- ¿Cuáles serán los mejores funcionales de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)?
- ¿Tendrá influencia la cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) y el jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la aceptabilidad de la bebida funcional obtenida?

### **1.3 Objetivos**

#### **General**

Determinar los parámetros óptimos de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) edulcorada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

#### **Específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante análisis por instrumentación.
- Determinar las características fisicoquímicas de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante análisis por instrumentación.
- Determinar las características funcionales de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) edulcorada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante análisis por instrumentación.
- Determinar la aceptabilidad de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) edulcorada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mediante pruebas sensoriales.

### **1.4 Hipótesis**

#### **Hipótesis general**

Los parámetros óptimos obtenidos de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) presentarán buenos indicadores fisicoquímicos, funcionales y sensoriales.

#### **Hipótesis específicas**

- Mediante métodos de análisis instrumental será posible evaluar las características fisicoquímicas y funcionales de la cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

- Mediante métodos de análisis instrumental será posible evaluar las características fisicoquímicas de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).
- Mediante métodos analíticos estandarizadas será posible evaluar las características funcionales de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).
- Evaluando las características sensoriales de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) se podrá determinar la aceptabilidad por parte del consumidor.

### **1.5 Justificación.**

La tendencia alimentaria mundial de la última década muestra que los consumidores están interesados en consumir una variedad de alimentos que, a pesar de su valor nutricional, contienen compuestos fisiológicamente activos que sirven como nutrientes esenciales y tienen efectos positivos que disminuyen la prevalencia de ciertas enfermedades (Castañeda, Llica, & Vásquez, 2008). De acuerdo con diversas investigaciones en nutrición humana, consumir más frutas y verduras se asocia con un menor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas degenerativas, ya que son abundantes en antioxidantes, vitaminas, minerales y fibra y bajas en colesterol (Caballero & Colonia, 2018). A medida que los consumidores tratan de mejorar su salud, el término «seguridad alimentaria» se está volviendo más popular en estos días (Santander, Osorio, & Mejía, 2017). En la actualidad, existe una gran preocupación por los alimentos inadecuados, por lo que los consumidores, los productores de alimentos y los expertos del sector concentran sus esfuerzos de producción y comercialización en artículos que presenten ventajas significativas para la salud de los consumidores (Casas, Salgado, Moncayo y Cote, 2016).

Además de sus cualidades nutricionales, los alimentos funcionales se desarrollan para cumplir determinados fines especializados, como promover la salud y reducir el riesgo de enfermedad. Se les pueden añadir sustancias bioactivas, como ácidos grasos, antioxidantes, ciertas vitaminas y fibra dietética, afirman Rivero y Rodríguez (2015). Con el fin de aprovechar el potencial de frutas y verduras, existe un creciente interés por conocer todas sus cualidades antioxidantes (Beltrán, Tzatzil, Oliva, & Gallardo, 2009).

Los antiguos andinos incluían el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en su dieta y, en los últimos años, algunos países han experimentado un auge en su consumo (Sánchez & Genta, 2007). Al no contener almidón, estas raíces almacenan principalmente fructooligosacáridos (FOS), un azúcar importante que tiene un contenido calórico inferior al de la sacarosa (Roberfroid, 1999) y ayuda a mantener bajos los niveles de glucosa en sangre. Debido a estos beneficios, el yacón es un alimento esencial para los diabéticos y las personas que siguen una dieta hipocalórica. Dado que algunos azúcares no son digeridos por una enzima digestiva humana específica, sino que son utilizados por las bacterias intestinales, la elevada concentración de FOS del extracto de yacón explica sus beneficios prebióticos (Pedreschi, Campos, Noratto, Chirinos y Cisneros-Zevallos, 2003). Además, el yacón contiene sustancias químicas fenólicas, consideradas antioxidantes naturales esenciales para la salud humana. Estos compuestos suelen formarse a partir de los ácidos cafeico y clorogénico (Takenaka et al., 2003).

Además de ser valorada por sus propiedades organolépticas, la abundante fruta *Solanum sessiliflorum*, también conocida como cocona, se consume en grandes cantidades en la Amazonia peruana en diversas formas, como fruta fresca, bebidas refrescantes, zumos, helados, etc. (Gonzales, 2007).

Utilizar cocona y yacón para crear una bebida funcional es significativo porque ofrecería una cantidad importante de fibra y sustancias químicas bioactivas, entre otras cosas, y sus aportaciones nutricionales y funcionales tendrían repercusiones positivas para la salud.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

**Qusipe-Herrera, Paredes y Roque (2022)** en su artículo: “Capacidad antioxidante y análisis proximal de néctar a base de *Solanum sessiliflorum* y *Chenopodium quinoa* Willdenow” determinaron que el néctar más popular incluía un 73% de pulpa de cocona y un 7% de quinua cocida; la adición de quinua elevó el contenido de macronutrientes en un 42% y la capacidad antioxidante en un 20%. El contenido antioxidante de los granos de quinua cocida era el doble que el de la cocona, bajo en calorías. Tras añadir ingredientes bioactivos con alta capacidad antioxidante, se elaboró una bebida con 49,3 kcal/100 g que cumplía la normativa y podría ayudar a preservar y mejorar la salud.

**Obregón-La Rosa et al., (2021)** investigaron las “Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas” Según los resultados, la cocona y la pitahaya tenían niveles más bajos de vitamina C (4.54 y 8,0 mg por 100 g de peso fresco, respectivamente) que las frutas de aguaymanto, sanky y camu camu (43,0, 57,1 y 2780 mg por 100 g de peso fresco, respectivamente). Los mayores niveles de azúcares reductores se encontraron en la pitahaya y el aguaymanto (26,85% y 9,75%). Los mayores valores de fibra fueron reportados por cocona y aguaymanto (2.9 y 2.5%, respectivamente). Pitahaya y aguaymanto presentaron los mayores valores de contenido de sólidos solubles (°brix) (16.2 y 13.3, respectivamente). Los resultados indican que las frutas nativas investigadas son una fuente importante de nutrientes que pueden ser utilizados en la dieta humana.

**Altamar Pérez et al., (2020)** creó un jarabe de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) para aprovechar el alto contenido nutritivo de este tubérculo. Para la creación del estudio se empleó una técnica descriptiva y experimental, y se completó en tres etapas: en primer lugar, se determinó el proceso de producción; en segundo lugar, se estandarizó el producto; y en tercer lugar, se evaluó la vida útil del producto final. descubrió que se puede obtener un jarabe bajo en calorías elaborado a partir del yacón, lo que lo hace perfecto para los diabéticos o los que se encuentran en la franja saludable.

**Silvério y Berlingieri (2018)**, en su investigación “Produtos alimentícios a base de cubiu (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) como oportunidade a agroindústria” se basaron en publicaciones sobre alimentos a base de coco creadas recientemente y publicadas en las plataformas Scielo, Google Scholar y Embrapa (Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria). Estos estudios fueron analizados, presentados y discutidos. De acuerdo con las conclusiones del estudio, este tipo de alimentos debe crearse en el futuro debido a su alto valor nutricional, lo que aumentará el valor de las frutas amazónicas y proporcionará a las agroindustrias locales perspectivas lucrativas.

## **2.2 La cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal)**

### **2.2.1 Generalidades**

La especie tropical conocida como cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) es originaria de la región del alto Amazonas, que se extiende desde la cuenca alta del río Orinoco hasta las estribaciones orientales de los Andes. Antes de la llegada de los europeos a Sudamérica, era utilizada habitualmente por los pueblos de las altas cuencas del Amazonas y del Orinoco (Serenó et al., 2018).

Arbusto originario de la selva amazónica, la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) pertenece a la familia de las solanáceas, 2.500 especies de plantas angiospermas, entre ellas las patatas (*Solanum tuberosum* L.), los tomates (*S. lycopersicum*), las berenjenas (*S. melongena* L.) y diversos pimientos picantes (*Capsicum* spp.), son bien conocidas por su uso alimentario. Se ha demostrado que estas plantas contienen compuestos químicos con diversas funciones biológicas cruciales para la agricultura, la economía, la medicina y la nutrición. (Colodel & de Oliveira Petkowicz, 2019; Ramón-Valderrama & Galeano-García, 2020). Se ha encontrado que el género *Solanum* posee propiedades citotóxicas, anticancerígenas, antiinflamatorias, antiulcerogénicas, antibacterianas y antioxidantes (Ramón-Valderrama & Galeano-García, 2020).

La composición de la cocona ha sido abordada por diversos autores. Su alto contenido en fibra, materia seca, proteínas y carbohidratos, así como su acidez titulable, la hacen idónea para la formulación de subproductos. También tiene notables niveles de hierro, fósforo y selenio (Serenó et al., 2018). Esta fruta tiene mucho potencial para convertirse en un importante producto de la industria alimentaria (Jiménez, 2018).

Según Jiménez (2018), la cocona se utiliza prioritariamente para consumo en fresco o para darle valor agregado como jaleas, jugos y mermeladas, entre otros productos. En tanto, los amazónicos conocen sus aplicaciones medicinales tradicionales y populares, que incluyen el tratamiento de quemaduras, diabetes, micosis de la piel, reducción del colesterol y del ácido úrico, entre otras.

## Figura 1

*El fruto de cocona*



Nota. Extraído de [www.infobae.com/peru/cocona](http://www.infobae.com/peru/cocona)

### 2.2.2 Taxonomía

La clasificación taxonómica de la cocona es como sigue:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Subfamilia	: Solanoideae
Tribu	: Solanaceae
Género	: Solanum
Especie	: <i>S. sessiliflorum</i>
Nombre común	: "cocona", "topiro" (castellano), "cubui" (portugués), "Peach tomato" (inglés)

Fuente: Obtenido de Balcázar *et al.*, (2011).

### 2.1.3. Composición química

La composición de la cocona se presenta en la tabla 1.

Utilizamos rangos o promedios para describir la composición química de la especie *Solanum sessiliflorum* Dunal (cocona) porque es imposible precisar el valor exacto de los componentes.

**Tabla 1**

*Composición química de la cocona (En 100 gramos de parte comestible)*

Componente	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal	176
Agua	g	88,5
Proteínas	g	0,9
Grasa bruta	g	0,7
Cenizas	g	0,7
Carbohidratos	g	9,2
Vitamina C	mg	4,5
Niacina	mg	2,25
Riboflavina	mg	0,10
Tiamina	mg	0,06
Vitamina A	µg	23
Hierro	mg	1,50
Calcio	mg	16
Fósforo	mg	30

Nota. Obtenido de Reyes et al., (2017)

Según un estudio sobre la composición mineral de 28 variedades étnicas de *Solanum sessiliflorum* Dunal (cocona), las concentraciones más notables fueron las de potasio y zinc, que oscilaron entre 54,6 y 563,5 mg y entre 27,0 y 623,7 mg, respectivamente; el manganeso se encontró en cantidades menores, con valores de 0,09 mg, 0,09 mg y 0,08 mg. Si se compara con las evaluaciones de estos minerales en otras harinas vegetales, la cocona, o *Solanum sessiliflorum* Dunal, puede considerarse una buena fuente de minerales al alcance de cualquier hogar (Fernandes et al. 2005).

Según Yuyama et al. (2007), la cocona tiene un bajo nivel de sodio (53,7 a 336,4 µg%), lo que la convierte en un fruto perfecto para una alimentación saludable, ya que es inferior a la ración recomendada (1500 mg) para un hombre adulto.

Se considera una fruta muy dietética, perfecta para personas con hiperglucemia e hipercolesterolemia, por su alto contenido en fibra dietética (1,6%) y calorías (Silva et al. 2012).

Entre sus componentes destacan el hierro, la niacina, el calcio, el ácido cítrico, la vitamina A y la pectina; esta última es crucial por sus cualidades gelificantes y espesantes, muy beneficiosas en la elaboración de diversos productos (Barbosa et al. 2006).

Con un volumen de zumo de hasta 36 cm<sup>3</sup>/fruta, el °brix oscila entre 5 y 8 (Silva, 1998) o entre 4 y 6. (Balcázar et al., 2001). Se requieren fuertes diluciones para la fabricación del producto debido a la conocida fuerte acidez de la fruta. El bajo nivel de astringencia puede explicarse por la presencia de sustancias químicas fenólicas, aunque en cantidades traza (Silva 1998).

#### **2.1.4 Usos**

Por sus cualidades, el fruto y las hojas de la cocona son valiosos en la industria alimentaria, medicinal y cosmética.

Debido a su sabor y aroma distintivos, la pulpa de la cocona se utiliza en la industria alimentaria para fabricar diversos productos, como zumos, mermeladas, dulces, néctares, compotas y salsas. También se utiliza para realzar bebidas alcohólicas y otras cocinas amazónicas (Silva 1998).

En cuanto a la medicina, los habitantes de Brasil y Perú tienen la tradición de utilizar el zumo en el ojo y las hojas en la piel para tratar las quemaduras y el picor de la piel, respectivamente (Silva 1998).

Por su contenido en fibra dietética, la cocona se utiliza para regular los niveles de glucosa, ácido úrico y colesterol en sangre y se aconseja a personas con hiperglucemia e hipercolesterolemia (Pereira 2001).






#### **2.1.5 Ecotipos**

En su estudio sobre los diversos ecotipos de *Solanum sessiliflorum* Dunal, Balcázar et al. (2011) describieron varias características agronómicas.

Las descripciones de los ecotipos y sus correspondientes características externas se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2***Ecotipos de la cocona con sus características*

	SRN9	CTR	CD1	UNT2	NMA1
COLOR	Amarillo 100%	Amarillo 100%	Anaranjado 100%	Amarillo con visos anaranjados 100%	Amarillo con visos marrones 100%
LONGITUD	4.57 cm	8.99 cm	4.84 cm	9.8 cm	11.28 cm
DIAMETRO	4.44 cm	6.87 cm	3.44 cm	7.99 cm	8.67 cm
FORMA	Atomatado 100%	Amarañado 100%	Aciruelado 100%	Oblongo 100%	Oblato 100%
PESO	43.7 g	260.86 g	29.6 g	335.03 g	376.06

*Obtenido de Balcazar et al., (2011)*

## 2.2 El yacón (*Smallanthus sonchifolia*)

### 2.2.1 Generalidades

Existen 21 especies americanas de yacón, una raíz andina que se encuentra a partir de la parte sur de México hasta la zona andina de Bolivia y Perú. Perteneció al género *Smallanthus*. Sus hojas y raíces se utilizan empíricamente para tratar la diabetes, las enfermedades renales y digestivas y otras afecciones.

El yacón es un tubérculo con una alta proporción acuosa que se comparte en dos secciones, la raíz y la hoja, cada una de las cuales tiene una composición diferente. Entre el 80 y el 90 por ciento de su peso fresco está constituido por agua, y el 90 por ciento de su peso seco por hidratos de carbono, de los cuales entre el 50 y el 70 por ciento son fructooligosacáridos (FOS), y el resto fructosa, glucosa y sacarosa.

También están presentes en la raíz el potasio, antioxidantes como el triptófano y el ácido clorogénico, compuestos polifenólicos a base de ácido cafeico y una serie de fitoalexinas con propiedades fungicidas. La proporción proteica, grasas, vitaminas y minerales son muy bajos. Las hojas están constituidas por sesquiterpenos, lactonas, flavonoides y un conjunto de compuestos no identificados (I.C. Pachayachachi, 2018).

### 2.2.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del yacón según Robinson (2016) se muestra a continuación.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Tribu	Millerieae
Genero	Smallanthus
N.C	<i>S. Sonchifolius (Poepp &amp; Endl) H. Robinson</i>
Sinonimia	Polyumnia Sonchifolius Poepp &Endl

### 2.2.3 Valor nutricional

Comparada con otras raíces comestibles, el agua constituye entre el 85 y el 90% de la porción fresca de esta raíz. El 90% del peso seco de las raíces recién cortadas se compone de hidratos de carbono, y los fructooligosacáridos (FOS) representan entre el 50% y el 70% de este total. Los carbohidratos restantes están compuestos por sacarosa, fructosa y glucosa (Flores, Santos, Franch, 2007).

La tabla 3 muestra la composición química del yacón.

**Tabla 3**

*Valor nutricional del yacón (En 100 g de parte comestible)*

VARIABLE	UNIDAD	PROMEDIO	RANGO
Materia seca	g	115	98 - 136
Carbohidratos totales	g	106	89 - 127
Fructanos	g	62	31 - 89
Fructuosa libre	g	3.4	2.3 - 5.9
Glucosa libre	g	8.5	3.9 - 21.1
Sacarosa libre	g	14	10.1 - 19
Proteínas	g	3.7	2.7 - 4.1
Fibra	g	3.6	3.1 - 4.1
Lípidos	mg	244	112 - 464
Calcio	mg	87	56 - 131
Fosforo	mg	240	182 - 309
Potasio	mg	2282	1843 - 2946

Nota. Adaptado de Seminario (2003)

El sabor de sus raíces es dulce y agradable. Se consumen crudos justo después de la cosecha o después de exponerlos al sol durante unos días hasta que la cáscara

se arruga. A medida que las raíces se exponen a más luz solar, aumenta la cantidad de azúcar. Se incorpora a la dieta de los pacientes ya que es de fácil absorción. Como no afecta los niveles de azúcar en sangre, las personas con diabetes lo aprecian. Tiene inulina, que está presente en la raíz tuberosa del yacón. Las verduras incluyen inulina, un compuesto de reserva que es un excelente oligonofructano para personas diabéticas. Muñoz (2006).

Después de rallar y tamizar la raíz, se produce una bebida fría. La cocción de la cáscara de yacón tiene grandes propiedades diuréticas.

Las hojas secas son ricas en proteínas (11-17%) y sabrosas. Funciona como sustituto del azúcar produciendo una especie de chancaca al hervir el líquido de la raíz. Las cataplasmas hechas con hojas calentadas se utilizan para tratar dolores articulares y osteomusculares, con notables resultados (Muñoz et al., 2006).

#### **2.2.4 Propiedades**

En la medicina tradicional, las personas con diabetes u otras afecciones digestivas o renales beben infusiones a base de hojas secas y raíces tuberosas de yacón. Debido al alto contenido de fructanos (inulina y FOS), sus raíces tuberosas, se pueden comer crudas o cocidas, considerándose un alimento funcional.

Los fructanos son hidratos de carbono de reserva con una estructura lineal o ramificada unida por enlaces fructilfructosa, conectados o no a una molécula terminal de sacarosa, están formados por hasta 70 unidades de fructosa. (De Moura et al., 2012)

Los fructooligosacáridos funcionan como un producto prebiótico por su contenido en fibra soluble baja en calorías, que cuando se consume ofrece una serie de ventajas para la salud. Por ejemplo, ayuda a las personas con estreñimiento al influir en el crecimiento de bifidobacterias, lo que acorta el tiempo de tránsito intestinal, optimizando el metabolismo y el tiempo de deposición. Esto promueve el equilibrio intestinal, lo que a su vez reduce la inflamación y previene enfermedades graves como el cáncer de colon. (2020, Narváez).

Los fructooligosacáridos pueden ayudar a quienes padecen problemas de obesidad gracias a la actividad de la inulina y los FOS, que produce esta raíz. En consecuencia, se describe como antioxidante y estimulante de la formación del complejo B. También incluye una importante cantidad de compuestos fenólicos, entre los que destacan sus efectos diuréticos, reductores del colesterol y triglicéridos, y ácido clorogénico (Narváez, 2020). La ficha técnica se muestra en el anexo 1.

### 2.2.5 Fructooligosacáridos en el yacón

Las cadenas cortas de fructosa forman los fructooligosacáridos, que son muy solubles en agua y tienen un sabor algo dulce (pueden endulzar los alimentos entre un 30 y un 65% de sacarosa) (Chávez, 2007).

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) contiene componentes esenciales llamados fructooligosacáridos (FOS), que tienen beneficios prebióticos y nutricionales para la salud humana. Para encontrar nuevas con alto contenido de FOS se están investigando variedades nativas que se cultivaron por primera vez en los Andes (Fernández et al., 2013).

Además, como los FOS no aumentan los niveles de glucosa en sangre, los diabéticos pueden incorporarlos a su dieta. Una alternativa es obtener los FOS del yacón, que siempre están dispuestas en su forma natural y en proporciones significativas. Los FOS se obtienen industrialmente hidrolizando la inulina, un polisacárido presente en grandes cantidades en las raíces de achicoria, o mediante procesos sintéticos a partir de sacarosa sometida a transfructosilación con  $\beta$ -fructofuranosidasa (Inga et al., 2015).

Los FOS son absolutamente diluibles en agua, constantes en el intervalo de pH de 4,0 a 7,0 y extremadamente estables a bajas temperaturas. Debido a estas características, los oligosacáridos pueden utilizarse para modular el grado de caramelización causado por las reacciones de Maillard y modificar la temperatura de congelación de los alimentos (Mussatto & Mancilha, 2007).

Las plantas contienen cantidades menores de FOS. En cambio, el azúcar principal del yacón es el FOS, y no hay inulina. Según Manrique et al. (2004), el yacón puede ser la planta con mayor concentración de FOS.

Dado que los FOS carecen de las enzimas importantes para romper los enlaces glucosídicos  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) que mantienen unidas las moléculas de fructosa, no pueden ser digeridos inmediatamente por el tracto digestivo humano, como ocurre con todos los fructanos. Como resultado, cuando una persona consume FOS, éstos pasan a través del sistema digestivo sin cambios; sin embargo, en el momento en que llegan al colon, el segmento final del intestino grueso, se someten a fermentación por un tipo específico de bacterias que son un componente de la microbiota intestinal. Estos microorganismos se denominan probióticos y están relacionados con una serie de efectos positivos para la salud (Coussement, 1999).

### **2.3 Compuestos fenólicos**

Una posible fuente de sustancias fitoquímicas bioactivas con efectos farmacológicos terapéuticos son los alimentos funcionales derivados de plantas. Numerosos tipos de plantas, frutas y verduras contienen estos elementos en grandes cantidades. Las sustancias fenólicas, flavonoides, carotenoides, fitoesteroles, terpenos, lignanos, ácidos grasos esenciales, taninos y otros componentes fitoquímicos son ejemplos de sustancias químicas bioactivas (Drago et al., 2006).

Se trata de compuestos con al menos un sustituyente hidroxilo y uno o más anillos aromáticos. Las sustancias químicas fenólicas deben considerarse antioxidantes importantes en la dieta, además de las vitaminas. Gracias a sus propiedades antioxidantes, pueden tener efectos positivos en la salud humana, como la prevención del cáncer, las enfermedades cardíacas e incluso afecciones neurológicas como el Alzheimer. Además de su potencial antioxidante, estas sustancias tienen efectos antiinflamatorios, antialérgicos, antitrombóticos, antibacterianos y antitumorales (Badui, 2006).

Los flavonoides y los no flavonoides son las dos categorías principales en las que se dividen los compuestos fenólicos. La categoría de flavonoides incluye antocianinas, chalconas, isoflavonas, dihidroflavonoles, flavonoles, flavonas y flavan-3-oles. Según Peñarrieta et al. (2014), el grupo de los no flavonoides incluye polifenoles volátiles, estilbenos, ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos y otras sustancias como lignanos y cumarinas.

### **2.4 Capacidad antioxidante**

Los antioxidantes son sustancias que tienen la propiedad de detener o incluso revertir los daños que provoca el proceso natural de oxidación fisiológica. Además de permitirnos presentar u obtener protección frente al proceso oxidativo y deterioro del producto, que disminuirá su composición y aspecto nutricional, la determinación de la actividad antioxidante de los alimentos es crucial para predecir su potencial antioxidante in vitro antes de su ingesta (Sánchez-Moreno, 2002).

#### **2.4.1 Métodos para evaluar la capacidad antioxidante**

La actividad antioxidante puede medirse mediante diversas técnicas, la mayoría de las cuales se basan en su capacidad para absorber radicales libres. Entre ellas se incluyen la utilización de los radicales 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH), 2,2', azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS), peróxido, superóxido e hidroxilo,

así como las reacciones con óxido nitroso y dicloruro de N,N-dimetilp-fenilendiamina (DMPD). Para evitar este escenario, se toma en consideración la actividad antioxidante de una muestra expresada en IC50 (concentración mínima necesaria para inhibir el 50% del DPPH). El poder antioxidante de un extracto de fruta puede expresarse en función del porcentaje de DPPH. La reducción del reactivo se sigue midiendo con el descenso de la absorbatividad. La capacidad antioxidante aumenta con la disminución del valor IC50 (Kuskoski et al., 2005).

## **2.5 Bebida funcional**

### **2.5.1 Generalidades**

Las novedades en la agroindustria de los refrescos han crecido mucho en los últimos años. Los zumos más ligeros y con menos calorías e hidratos de carbono, así como una gama más amplia de zumos, son algunos de los muchos nuevos inventos. Debido a la creciente prevalencia de enfermedades y dolencias, los consumidores buscan cada vez más bebidas que les ayuden a mantenerse más sanos. Como resultado, la mayoría de las bebidas analcohólicas disponibles en el mercado ofrecen ventajas adicionales para la salud. (Derkyi y otros, 2018).

Una bebida funcional es aquella que ayuda en diferentes condiciones fisiológicas, además de proporcionar nutrición e hidratación (Barrios 2017).

Ha habido casos en que el consumo de estas bebidas disminuye la posibilidad de contraer enfermedades específicas (Chiroque, Dioses y Masias 2019).

En la década de 1980 se acuñó en Japón la expresión «alimentos funcionales» para describir los alimentos mejorados con ingredientes únicos que tienen acciones fisiológicas positivas. Debido a su potencial para prevenir y tratar enfermedades del ser humano a través de una serie de procesos, relacionados sobre todo con la salud gastrointestinal y la prevención de enfermedades crónicas degenerativas, las sustancias químicas bioactivas han atraído cada vez más la atención. La demanda de frutas y componentes funcionales entre los consumidores está aumentando como consecuencia de estas ventajas para la salud. Entre las sustancias químicas funcionales, varios estudios recientes se han centrado en los efectos fisiológicos derivados del consumo de una amplia gama de fibras alimentarias. Las comidas funcionales pueden reducir el riesgo de algunas enfermedades (por ejemplo, los productos que reducen el colesterol), mejorar las condiciones corporales generales (por ejemplo, los probióticos y prebióticos) y posiblemente incluso curar algunas dolencias. Dado que muchos estudios demográficos mostraron que los servicios

médicos para la población anciana son algo costosos, se determinó que existe una necesidad de estos artículos (Derkyi et al., 2018).

Los productos hortofrutícolas contienen nutrientes relevantes como la vitamina C y el ácido fólico, una forma de vitamina B. Además, contienen fibra alimentaria y minerales como el magnesio y el potasio. También contienen fibra alimentaria y minerales como el magnesio y el potasio. Además, ciertas frutas incluyen flavonoides, que son antioxidantes, o caroteno, que el cuerpo transforma en vitamina A. Los antioxidantes son compuestos que ayudan al organismo a combatir los radicales libres. Los radicales libres son sustancias químicas peligrosas que pueden provocar cáncer, infecciones y otras enfermedades. La concentración de nutrientes varía de varias maneras durante el procesado de los alimentos. La temperatura, el tiempo, el oxígeno, la luz, el pH y otros factores pueden afectar a las vitaminas. Cuando se emplean en la preparación de alimentos, metales como el cobre o el hierro pueden funcionar como catalizadores. La vitamina C es la más delicada de todas las vitaminas; se estropea fácilmente durante el almacenamiento y el procesado. Además de las condiciones enumeradas anteriormente, la vitamina C se vuelve inestable en presencia de enzimas y concentraciones de azúcar o sal. A diferencia de la vitamina A, por ejemplo, permanece estable en ambientes ácidos. Los minerales pueden perderse cuando se procesan frutas y verduras, como cuando se pelan (Derkyi et al., 2018).

Existen dos categorías: los productos naturales como el té y los que contienen nutracéuticos, como vitaminas, minerales o polifenoles, que deben indicarse en el producto (Chiroque, Dioses y Masías 2019). Pueden ser uno o una combinación de elementos y suelen presentarse listos para el consumo (Contreras y Purisaca 2018).

### **2.5.2 Clasificación de las bebidas funcionales**

Clavo (2012), referenciado por Barrios (2017), afirma que las bebidas funcionales se categorizan en función de sus alegaciones y ventajas para la salud.

- a) (a) Salud gástrica: aquellas con mayores niveles de péptidos, fibra y enzimas.
- b) Los prebióticos, probióticos, vitamina C, carnitina, polifenoles y licopeno son la base de la salud inmunológica (b).
- c) El estado de salud intestinal, incluida la presencia de insulina o fibra soluble e insoluble.

- d) La salud cardiovascular: potenciada por el magnesio, la carnitina, los omega 3 y los ácidos grasos.
- e) Los productos lácteos que contienen calcio, fósforo, zinc, vitamina D3 y otros minerales son buenos para los huesos.
- f) Salud visual: los que tienen luteína y ácidos grasos omega 3..

En la tabla 4 se muestra la clasificación general de las bebidas funcionales.

**Tabla 4**

*Clasificación general de las bebidas funcionales*

Propiedad funcional	Características
Control de peso o apropiadas para diabéticos	Utilización de edulcorantes artificiales (bebidas light). Contienen polisacáridos que tienen el efecto de provocar un índice glucémico bajo
Orgánicas/Naturales	A partir de vegetales cultivados en ausencia de pesticidas o de abonos químicos y procesados sin conservadores o aditivos químicos, pero pueden tener aditivos naturales.
Energizantes/ Revitalizantes	Aceleran el sistema nervioso simpático. Se les añade cafeína o algún otro alcaloide estimulante. Puede añadirseles ginseng, equinácea o espinillo amarillo.
Reductoras de colesterol	Se les añade etanol o sus ésteres los fitoesteroles
Relajantes	Elaboradas a base de hierbas con opiáceos en bajas concentraciones
Reconstituyentes/Hidratante	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
Curativas de úlcera	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.
Mitigantes del envejecimiento	Se les adicionan ácidos grasos omega-3, omega-6 o compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes.
Simbióticas	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.

*Obtenido de Ramos, 2007 citado en Chiroque et al., (2019)*

**2.5.3 Efectos fisiológicos de la bebida funcional**

Según Ramos 2007, citado por Chiroque et al., (2019), los efectos fisiológicos que presentan las bebidas funcionales son las siguientes:

- a) Afecciones cardiacas: reducen los niveles de homocisteína y sus efectos perjudiciales sobre el corazón y los vasos sanguíneos.

- b) La osteoporosis puede prevenirse y controlarse con calcio y vitamina D, que funcionan mejor cuando se toman juntos, ya que se potencian mutuamente. Estas bebidas tienen un efecto más fuerte en las mujeres menopáusicas y en los adultos.
- c) Protección inmunológica: Mediante el uso de diferentes péptidos bioactivos, las personas con alteraciones intestinales pueden mantener su estado nutricional a la vez que contribuyen a mejorar su microbiota intestinal y a reforzar su propiedad de bloqueo defensivo.
- d) Resistencia a la insulina: El control glucémico y la resistencia a la insulina mejoran cuando el consumo de vitamina D y calcio es suficiente.
- e) Prevenir el cáncer: El aumento del consumo de licopeno, carotenoides, vitamina C, calcio y fibra se ha relacionado con una disminución del riesgo de varios tipos de cáncer en las mujeres.

#### **2.5.4 Normas Nacionales e/o internacionales de las bebidas**

##### **Zumos (jugos) de frutas conservados por medios físicos exclusivamente:**

Zumo de naranja (CODEX STAN 45-1981), zumo de pomelo (CODEX STAN 46-1981), zumo de limón (CODEX STAN 47-1981), zumo de manzana (CODEX STAN 48-1981), zumo de tomate (CODEX STAN 49-1981), zumo de uva (CODEX STAN 82-1981), zumo de piña (CODEX STAN 85-1981), el zumo de grosella negra (CODEX STAN 120-1981), el zumo de piña (CODEX STAN 85-1981), el zumo de pomelo (CODEX STAN 82-1981) y el zumo de piña (CODEX STAN 85-1981) son la norma general para los zumos de frutas no regulados por normas individuales (CODEX STAN 164-1989), y también jugo de uva.

##### **Zumos (jugos) concentrados de frutas conservados por medios físicos exclusivamente:**

jugo concentrado de piña (CODEX STAN 138-1983), jugo concentrado de manzana (CODEX STAN 63-1981), zumo concentrado de naranja (CODEX STAN 64-1981), jugo concentrado de uva (CODEX STAN 83-1981), jugo concentrado y azucarado de uva Labrusca (CODEX STAN 84-1981) y jugo concentrado de grosella negra (CODEX STAN 121-1981).

##### **Néctares de frutas conservados por medios físicos exclusivamente:**

La Norma general para los néctares de frutas no regulados por normas individuales (CODEX STAN 161-1989), los néctares de determinados cítricos (CODEX STAN 134-1981), los néctares de albaricoques, melocotones y peras (CODEX STAN 44-1981), el néctar de guayaba (CODEX STAN 148-1985), el néctar no pulposo de grosella

negra (CODEX STAN 101-1981) y los néctares pulposos de determinados frutos pequeños (CODEX STAN 122-1981).

## **2.6 Evaluación sensorial**

Según Medina (2013), la evaluación sensorial es un método de determinación que permite reconocer cómo responden nuestros sentidos a los estímulos fisicoquímicos que nos proporcionarán los productos alimenticios, que permiten cuantificar, examinar y evaluar cómo responden las personas a sus cualidades. El cerebro humano convierte estas sensaciones en conceptos que permiten evaluar y juzgar la calidad sensorial de un producto comparándolos con estímulos almacenados durante experiencias anteriores.

La evaluación sensorial del consumidor es una etapa crucial en la elección de una formulación que se adapte a sus preferencias y a su nivel de placer. Comprender el producto desde una perspectiva tanto sensorial como hedonista, así como la forma en que se relacionan entre sí, es necesario para crear una formulación que atraiga las preferencias del consumidor. Mientras que las pruebas de consumidores en los estudios sensoriales tradicionales se centran en la medición hedónica, el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), una metodología descriptiva bien establecida que se utiliza en varios productos alimentarios, incluidos los lácteos, emplea técnicas de elaboración de perfiles sensoriales para determinar las cualidades sensoriales del producto. Normalmente, esto se hace con un grupo de panelistas especializados. (Varela y Ares, 2012).

En muchas empresas, el sistema sensorial humano es un instrumento muy útil para controlar la calidad de los productos. La vista, el olfato, el gusto y el oído son las mejores formas de evaluar el color, el olor, el gusto, el sabor y la textura en la tecnología agroalimentaria, ya que todos ellos contribuyen al aspecto atractivo y a la alta calidad de los alimentos, que son rasgos que nos permiten reconocerlos (Bautista, 2013).

La disponibilidad de varios enfoques novedosos para la caracterización sensorial es cada vez mayor. Estos enfoques proporcionan mapas sensoriales muy similares a un análisis descriptivo tradicional con paneles entrenados, son más flexibles, llevan menos tiempo y pueden aplicarse a evaluadores semientrenados e incluso a consumidores. La escala de intensidad y la metodología de indagación CATA (elija todo lo que corresponda) son dos ejemplos de estas novedosas técnicas centradas en la evaluación de atributos concretos (Varela y Ares, 2012).

Solo dos de los tres tipos de test de análisis sensorial -descriptivo, afectivo y discriminativo- están destinados a panelistas sin formación o con una formación parcial., como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Tipos de pruebas en el análisis sensorial de alimentos*

<b>Tipo de prueba</b>	<b>Pregunta principal</b>	<b>Características del panel sensorial</b>
Afectivas Hedónicas	¿Gustan o disgustan los productos?	Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, son personas no entrenadas
Afectivas de preferencia	¿Qué productos son los preferidos?	
Discriminativas	¿Son diferentes los productos?	Seleccionados por su agudeza sensorial, orientados al tipo de prueba y, eventualmente entrenados.
Descriptivas	¿Qué atributos caracterizan al producto? ¿En qué difieren los productos? ¿Cuánto difieren los productos?	Seleccionados por su agudeza sensorial y motivada, las personas son entrenadas o altamente entrenadas.

Obtenido de Ibáñez y Barcina, (2001)

### 2.6.1 Pruebas afectivas

Evaluaciones que se llevan a cabo ante personas no seleccionadas y sin experiencia, a las que se denomina jueces emocionales; en este caso, los jueces son clientes actuales o potenciales. Dado que el juez transmite su opinión subjetiva sobre el producto en estas respuestas, es imperativo que las personas comprendan la necesidad de emitir respuestas lo más veraces posible. Siempre es factible determinar si uno o varios productos son amados, rechazados, aceptados o preferidos en función de los resultados de éstas (Espinoza, 2007).

Las pruebas afectivas se clasifican en tres tipos:

- ✓ La prueba de preferencia por parejas es el tipo más básico de prueba de preferencia; las pruebas de orden y categoría también se utilizan habitualmente para determinar la preferencia. Las pruebas de preferencia permiten a los consumidores elegir entre una variedad de muestras e indicar si tienen preferencia por una sobre otra o no (Espinoza, 2007).

- ✓ Hernández (2005) define las pruebas afectivas como aquellas en las que el sujeto expresa qué tanto prefiere, acepta y le gusta un determinado alimento en comparación a otro. Para evaluar las muestras se emplean escalas valorativas.

Los distintos tipos de evaluaciones afectivas son los siguientes

- ✓ Evaluaciones de satisfacción (escalas hedónicas verbales y faciales). Pruebas de preferencia (prueba de ordenación, prueba de preferencia emparejada).
- ✓ Pruebas de aceptación: Estas pruebas, que incluyen pruebas de comparación por pares, pruebas de ordenación y escalas de categorización, tienen por objeto determinar la aceptación de un producto por parte de los clientes. Según Ibáñez y Barcina (2001), la aceptabilidad de un producto suele reflejar su uso real, incluida la compra y el consumo.
  
- ✓ **Pruebas escalares:** Las escalas hedónicas, que son instrumentos para medir las sensaciones que produce el producto en el juez afectivo, ya sean agradables o desagradables, se utilizan para esta prueba cuando se evalúan más de dos muestras a la vez o cuando se quiere aprender más sobre un producto. El número de muestras a evaluar y las edades de los jueces determinan cuántas muestras se utilizan. Espinoza (2007).
  
- ✓ Se han creado escalas hedónicas y se han aplicado con éxito a una amplia gama de productos. Se pueden replicar con varios grupos de temas y son fáciles de comprender y ejecutar. Se recomienda que tenga un número impar de puntos, siendo la opción "Ni me gusta ni me disgusta" la del medio. Aunque este tipo de escala puede tener un mínimo de tres puntos y un máximo de nueve (las escalas de 11 puntos son factibles), las escalas de cinco o siete puntos son más adecuadas. Esto se debe a que a los individuos les resulta difícil elegir entre dos puntos consecutivos cuando la escala tiene nueve o más puntos.
  
- ✓ Por otra parte, a pesar de ser más sencillas, las escalas de tres puntos se limitan a evaluar un máximo de dos muestras. La escala hedónica de nueve puntos puede utilizarse cuando se evalúan más de dos productos o cuando dos productos podrían producir potencialmente la misma sensación (agradable o desagradable). (Ibáñez y Barcina, 2001).

### 2.6.2 Escala hedónica

A través de una escala hedónica, conocida como satisfacción, que va del agrado al disgusto, el método de determinar el grado de satisfacción por cualidades es una forma eficaz de cuantificar la elección de las personas por un producto y conocer su

nivel de placer. Se recomienda que las escalas sean inusuales, sin "me gusta" ni "no me gusta" como punto medio. Los siguientes son algunos de los beneficios del uso de escalas hedónicas: La escala es fácil de entender para los consumidores, requiere poca capacitación, es rápida, simple de usar y responder para el informante y es muy útil para evaluar cualidades (Hernández, 2005).

Utilizando una escala que el analista proporciona al consumidor, las pruebas hedónicas miden todo el nivel de satisfacción que genera un producto. Dado que los consumidores determinan en última instancia si un producto tiene éxito o no, las pruebas son una técnica muy útil que las empresas utilizan cada vez más a la hora de crear nuevos productos. Las pruebas sensoriales se realizan «a ciegas», lo que significa que no se revelan ni la marca ni el coste. Los consumidores pueden otorgar a un producto una calificación hedónica alta, pero es posible que éste no tenga éxito en el mercado. Pero a un producto con una valoración hedónica baja le resulta difícil llegar al mercado debido a que el departamento de "marketing" trabaja muy duro. (González et al. 2014)

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

#### **3.1 Materiales**

##### **3.1.1 Materia prima y otros**

Asegurándose de que no presentaran indicios de deterioro, se compró cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en el mercado Nery García Zárate de la ciudad de Ayacucho.

También se utilizaron insumos e ingredientes tales como.

- Carboximetilcelulosa (CMC)

##### **3.1.2 Materiales de laboratorio**

- Matraces Erlenmeyer de 100 y 250 mL.
- Probetas de 25, 50 y 100 mL
- Vasos de precipitados de 50, 100, 250 y 500 mL
- Fiolas de 25 mL, 50 mL, 100 mL y 1 L.
- Buretas de 50 mL
- Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 mL.
- Espátulas, pinzas, papel filtro, cuchillos, entre otros

##### **3.1.3 Reactivos**

- Ácido ascórbico
- Sulfato de potasio (KOH)
- Ácido clorhídrico
- Hexano
- NaOH q.p.
- Fenolftaleína al 1%
- 2,6 Diclorofenolindofenol
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Agua destilada

### 3.2 Equipos e instrumentos

Se emplearon los siguientes equipos e instrumentos:

- Balanza analítica Marca AND HR 200
- Cocina eléctrica
- Pulpeadora
- Ollas de acero inoxidable
- Paletas de madera
- Balanza digital
- pH- Metro
- Equipo KJELDAHL
- Refractómetro
- Determinador de fibra
- Diversos materiales, como baldes de plástico, cucharones, etc.

### 3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

#### 3.3.1 Análisis fisicoquímico de la cocona y yacón.

- ✓ **Humedad.** Método AOAC 930.15. AOAC (2005).
- ✓  **Cenizas.** Por calcinación directa, Método AOAC 942.05. (AOAC, 2005)
- ✓ **Fibra cruda.** Por hidrólisis ácida y básica (AOAC, 2016).
- ✓ **Proteínas.** Por el método Kjeldahl, Método AOAC 984.13. AOAC (2005)
- ✓ **Grasa bruta.** Método AOAC 920.039. AOAC (2005).
- ✓ **Carbohidratos.** Por diferencia, AOAC (2005).
- ✓ **Sólidos solubles (°brix):** (Método AOAC 932.12) modificado, en un vaso de precipitado se coloca 1 gramo de pulpa agregando 50 mL de agua destilada precalentada a 80°C, se agita por 2 minutos en un vortex y se deja reposar por un tiempo de 20 minutos, luego se centrifuga a 3000 rpm, del cual se toma una alícuota para la medición de los grados °brix. AOAC (2005).
- ✓ **pH.** (Método AOAC 981.12): En un vaso de 100 mL se coloca 1 gramo de muestra de pulpa se añade 50mL de agua destilada y se deja en reposo por una hora con agitaciones suaves durante el intervalo de tiempo, finalmente se mide el pH con un potenciómetro previamente calibrado previamente con tres tipos de buffers 4, 7 y 10 para tener mayor precisión, los valores son reportados con dos decimales.
- ✓ **Acidez titulable.** Mediante valoración con hidróxido de sodio. Mediante el (Método AOAC 942.15).

### 3.3.2 Análisis fisicoquímico de la bebida funcional

Se realizaron los siguientes análisis:

- ✓ **Sólidos solubles (°brix):** Mediante el método AOAC (2005) 932.12.
- ✓ **pH.** Método potenciométrico, mediante el método AOAC 981.12.
- ✓ **Acidez titulable.** Titulación con hidróxido de sodio. Mediante el método AOAC 942.15. (2005)
- ✓ **Vitamina C.** Método del 2,6 - diclorofenolindofenol por espectrofotometría UV-visible. Este método se basa en que el colorante 2,6 – DFIF, se reduce por acción del ácido ascórbico diluido. La determinación se leyó a 520nm.

### 3.3.3 Análisis funcional de la bebida

#### Determinación de polifenoles totales

Se utilizó la metodología de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965) referido en Jurado *et al.*, (2016)

#### Capacidad antioxidante (DPPH)

Se evaluó la capacidad antioxidante de los extractos mediante la acción captadora del radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) utilizando la metodología recomendada por Quezada & Yenque (2019).

### 3.3.4 Análisis sensorial

Treinta panelistas semicapacitados participaron en el enfoque de escala hedónica para examinar todas las formulaciones. Evaluamos la apariencia general, el sabor, el color y el olor. Se empleó escala hedónica de 9 puntos, donde 9 denota el nivel más alto de preferencia (me gusta muchísimo) y 1 el más bajo (me disgusta muchísimo). A las muestras respectivas se le rotuló con un código de 3 dígitos. El documento se muestra en el Anexo 2.

## 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

### 3.4.1 Producción de jugo de cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*)

Para producir el jugo de cocona se siguió el procedimiento descrito por Quispe-Herrera *et al.*, (2022) con algunas modificaciones.

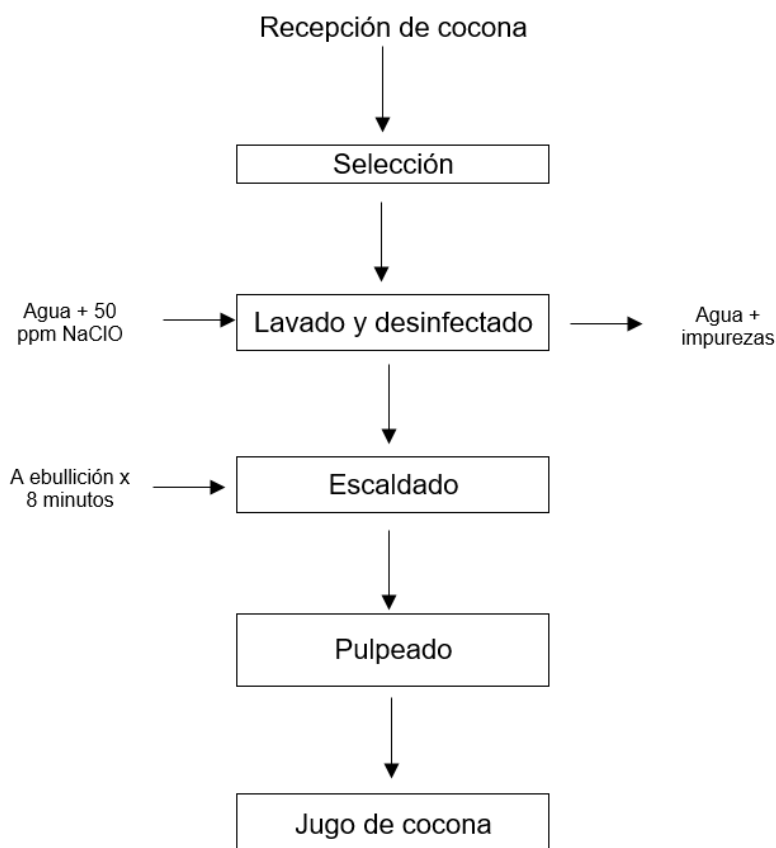
Se seleccionó las frutas de cocona, de forma manual, se retiraron las frutas que presentaban signos de deterioro, luego se lavaron con abundante agua y se desinfectó con hipoclorito de sodio a 50 ppm durante 5 minutos, se enjuagó con agua corriente. Posteriormente se escaldó a ebullición por 8 minutos para ablandar

la fruta e inhibir enzimas responsables del oscurecimiento enzimático y reducir la carga microbiana, finalmente se obtuvo el jugo con un pulpeador.

El diagrama de flujo para obtener jugo de cocona se muestra en la figura 3

## Figura 2

Flujograma para obtener jugo de cocona



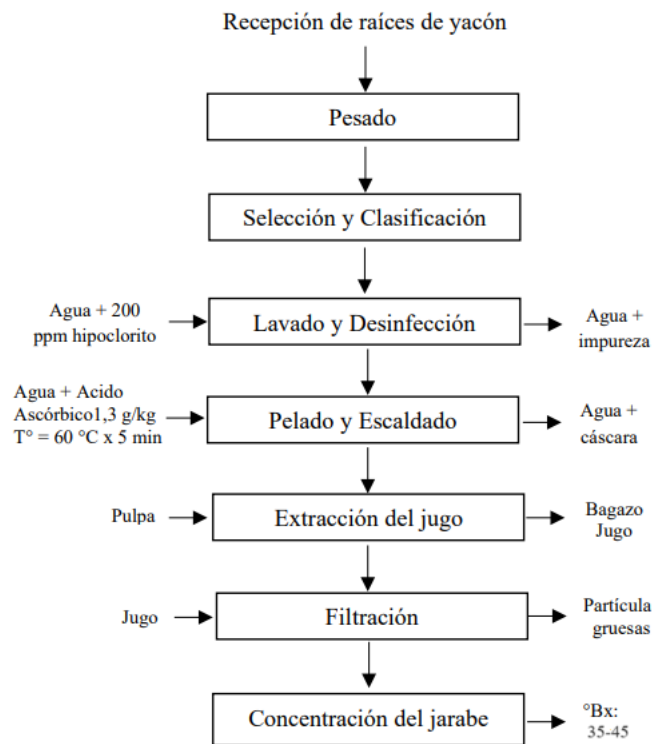
### 3.4.2 Proceso de obtención de jarabe de yacón

Para obtener el jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), se empleó el diagrama de flujo indicado en la figura 3

Los yacones se recibieron en el laboratorio, se pesó para luego seleccionar separando los dañados e impurezas presentes, se lavó con agua corriente para luego se desinfectar con hipoclorito de sodio 200 ppm, después se peló y escaldó con ácido ascórbico con 1,3 g/kg para inhibir las enzimas responsables del pardeamiento enzimático, después se extrajo el jugo para luego filtrarlo y finalmente concentrar el jugo de yacón (30-45) según el diseño planteado.

**Figura 3**

*Diagrama de flujo para obtener jarabe de yacón*



### 3.4.3 Elaboración de la bebida funcional con jugo de cocona endulzada con jarabe de yacón

La figura 4 muestra el flujograma para obtener la bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum Dunal*) edulcorada con el jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

La secuencia de operaciones para obtener la bebida funcional con cocona edulcorada con yacón, se realizó como sigue:

**Formulación.** La bebida se formuló según el diseño planteado en las tablas 6 y 7. El jugo de cocona se adicionó según diluciones y el jarabe de yacón el 10% del total de la bebida diluida (según el °brix del planteamiento).

**Estandarización.** La bebida se estandarizó con el jugo de cocona y jarabe de yacón según la formulación, luego se incluyó la carboximetilcelulosa (CMC).

**Homogenización.** Se homogenizó la bebida con una licuadora a fin de mezclar los componentes formulados.

**Pasteurización.** Se pasteurizó durante 10 minutos a 90°C, a fin de reducir la carga microbiana.

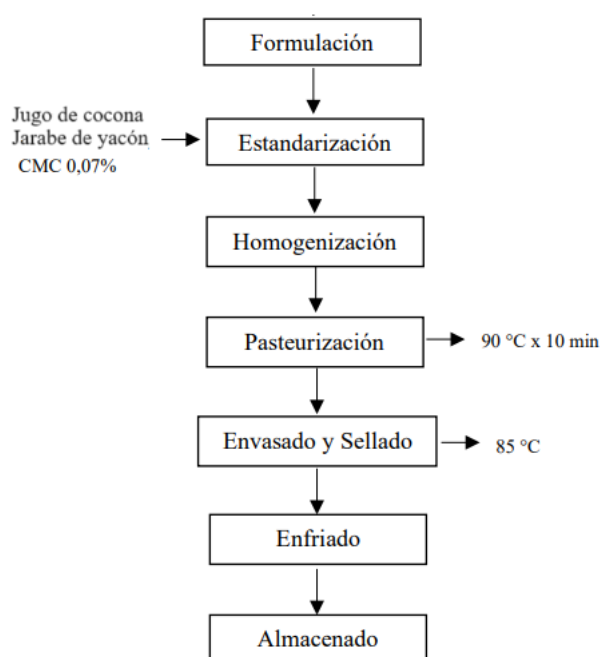
**Envasado y sellado.** El envasado se realizó en botellas de vidrio a 85°C para luego sellar en caliente con tapas de plástico.

**Enfriado.** Esta etapa se realizó mediante el shock térmico en agua fría.

**Almacenado.** La bebida funcional se almacenó en refrigeración para su posterior análisis.

#### Figura 4

*Flujograma para obtener la bebida funcional a base de cocona (Solanum Sessiliflorum Dunal) edulcorada con jarabe de yacón (Smallanthus sonchifolius)*



### 3.5 Diseño estadístico

Este diseño estadístico a emplear en este estudio de investigación será el diseño experimental tipo factorial.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2016), el diseño orienta al investigador sobre cómo lograr los objetivos planteados, responder a las consultas y evaluar la validez de las hipótesis. Sus características incluyen: manejo, en la que interviene el investigador; grupo de control o control; y que la muestra sea aleatoria.

Para ejecutar la estrategia experimental se empleará el diseño factorial completo (DCCR), que Box & Wilson propusieron como alternativa al factorial 3k. Garantiza una propiedad estadística de rotabilidad y consiste en un núcleo de dos factores

con niveles factoriales que se codifican con +1 y -1, así como niveles que pueden cambiar en función del número de factores a evaluar (Mora, 2000). El jugo de cocona (JC) (1/...) y el jarabe de yacón (JY) (°brix) (Factores X1 y X2) son los dos factores tomados en consideración en este estudio. El primer factor oscila entre 2,5 y 3,5, mientras que el segundo oscila entre 35 y 45.

El número de tratamientos y las concentraciones de la variable estará en función de la siguiente ecuación:  $2^n + 2n + 3$  PC = 4 + 4 + 3 = 11, las que se muestran en las tablas 6 y 7 respectivamente.

**Tabla 6**

*Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2<sup>2</sup>.*

Variables independientes	Niveles				
	-α	-1	0	+1	+α
Jugo de cocona (1:...)	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5
Jarabe de yacón (°brix)	35	38	40	43	45

Donde  $\alpha = \pm 1.4142$

Se realizaron 11 tratamientos (4 repeticiones factoriales, 4 axiales y 3 centrales) de acuerdo con el diseño sugerido y el software STATISTICA v.12. Los datos codificados y reales para el diseño experimental sugerido se muestran en la Tabla 7.

Se utilizó el programa estadístico STATISTICA, versión 12, para determinar el impacto de las variables independientes (JC y JY); con un nivel de significancia del 5% ( $p < 0,05$ ) se calcularon los coeficientes de regresión, el respectivo diagrama de Pareto, el análisis de varianza (ANOVA) y las superficies de respuesta.

**Tabla 7**

*Valores codificados y reales del DCCR 2<sup>2</sup> con cuatro experimentos factoriales, cuatro experimentos axiales y tres repeticiones centrales*

Trat.	Valores codificados		Valores reales	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Jugo de cocona (1:...)	Jarabe de yacón (%)
1	-1	-1	2,8	38
2	+1	-1	3,3	38
3	-1	+1	2,8	43
4	+1	+1	3,3	43
5	-α	0	2,5	40
6	+α	0	3,5	40
7	0	-α	3	35
8	0	+α	3	45
9	0	0	3	40
10	0	0	3	40
11	0	0	3	40

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización de la materia prima

#### 4.1.1 Caracterización fisicoquímica del jugo de cocona y del yacón

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de la cocona y del yacón se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Características fisicoquímicas de la cocona y yacón (g /100 g parte comestible)*

<b>Componente</b>	<b>Cocona</b>	<b>Yacón</b>
Humedad	84,08 ± 1,36	79,06 ± 1,82
Proteína	2,58 ± 0,11	1,43 ± 0,09
Grasa	1,09 ± 0,03	0,47 ± 0,07
Cenizas	0,71 ± 0,08	2,81 ± 0,11
Fibra cruda	5,69 ± 0,09	6,12 ± 0,12
Carbohidratos	5,85 ± 0,12	10,11 ± 0,43
pH	3,62 ± 0,04	6,19 ± 0,06
Sólidos solubles (°brix)	7,14 ± 0,09	8,82 ± 0,10
Acidez titulable *	3,21 ± 0,10	0,28 ± 0,02
Vitamina C (mg/100 g)	5,23 ± 0,12	15,08 ± 0,55

\* Expresado como ácido cítrico  
Media de 3 repeticiones ± DS

La Tabla 8 muestra que la cocona tiene un contenido de fibra cruda de 5,69% y un contenido de carbohidratos de 5,85%, los cuales son comparables con los valores reportados por Juliano y Tapia (2020). Es crucial tener en cuenta que las cualidades fisicoquímicas pueden estar influenciadas por variables como el clima, el tipo de suelo y las prácticas culturales. (Mera y Beltrán, 2013).

Los datos obtenidos de acidez titulable (3,21%) y grados brix (7,14) de la cocona le confieren bajo indicativo de dulzor y con acidez relativa por lo que el consumo directo de la fruta es poco consumible, motivo por el cual se utiliza como jugo o pulpa en la formulación de bebidas u otros productos por sus cualidades suigeneris. Viñas Almenar et al. (2013) afirman que el contenido de azúcares solubles aumenta con el proceso de maduración y logra su valor máximo en el nivel óptimo de madurez sensorial. El tipo y la concentración de los azúcares presentes, que están

determinados principalmente por el genotipo pero también en cierta medida afectada por factores ambientales, determinarán el dulzor final distintivo de la fruta. Los datos de vitamina C de cocona obtenidos en este estudio (5,23 mg/100 g) fue ligeramente superior a lo reportado por Augusto-Elías-Peñañiel et al., (2021) cuyo valor ascendió a 4,54 mg%.

El contenido de fibra cruda del yacón (6,12) es superior al 4,21% reportado por Ramos (2017), mientras que el contenido de carbohidratos (10,11%) es algo superior al reportado por Reyes et al. (2017) (12,5%).

Los valores de °brix (8,82) obtenidos se encuentran entre los 9°brix reportados por Flores y Gonzales (2017) y los 8-12°brix reportados por Manrique (2005), quien considera que el yacón debe incluir estos valores. La acidez titulable (0,28%) en ácido cítrico fue comparable al valor de 0,30% reportado por Ramos (2007).

Martínez (2018) reportó un valor de 12,29 mg% para la vitamina C del yacón, algo inferior al valor de 15,08 mg/100 g descubierto en este estudio.

Las variaciones en la composición fisicoquímica pueden ser causadas por una variedad de factores, incluyendo la nutrición, el tamaño de la planta, los efectos estacionales y climáticos, la ubicación de la planta, el tipo de suelo y la humedad del suelo, según Flores (1994), que Martínez (2018) citó.

#### 4.1.2 Caracterización funcional de la cocona y yacón

Los resultados del análisis funcional de la cocona y yacón se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Características funcionales de la cocona y yacón*

Componente	Cocona	Yacón
Polifenoles totales (mg G.A.E./100 g)	123,38 ± 0,75	70,09 ± 1,12
Capacidad antioxidante (µM trolox/100 g)	321,16 ± 0,94	391,32 ± 1,44

Media de 3 repeticiones ± DS

De la tabla 9 se observa que los valores de polifenoles y capacidad antioxidante de la cocona fueron 123,38 mg G.A.E./100 g y 321,16 µM trolox/100g respectivamente, no se encontró reportes bibliográficos para comparación. En frutas similares se reportó valores de polifenoles totales y actividad antioxidante por debajo de lo encontrado en este estudio, para Quito Quito fue de 280 mg G.A.E./100 g respectivamente (Obregón, 2020).

La actividad antioxidante y el contenido en polifenoles del yacón fueron de 70,09 mg de EGA/100 g y 391,32  $\mu$ M de trolox/100 g, respectivamente; Ramos (2011) informó de una capacidad antioxidante y un contenido en polifenoles algo inferiores, de 68,7 mg de EGA/100 g y 380  $\mu$ M de trolox/100 g, respectivamente.

Factores medioambientales como la temperatura y la luz inciden en la maduración ideal del fruto y en su composición nutricional, expresando la presencia de compuestos altamente bioactivos y la calidad en términos de estado fisiológico (Obregón, 2020).

Chirinos et al. (2013) afirman que la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos totales (CPT) tienen una relación positiva. Según Marín et al. (2007), existen una serie de factores que afectan a la cantidad de compuestos fenólicos presentes. Estos incluyen la genética, ya que los tipos de una misma planta pueden diferir mucho en composición; los factores medioambientales, como la temperatura y la luz, también pueden afectar el crecimiento y la calidad de los cultivos; y, por último, pero no menos importante, el estado fisiológico del cultivo, que establece el estado ideal de madurez y el calibre de sus compuestos bioactivos.

#### **4.2 Caracterización fisicoquímica de la bebida funcional con cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).**

##### **4.2.1 Evaluación estadística de los sólidos solubles de la bebida funcional a base de jugo de cocona y jarabe de yacón**

Los resultados promedio de los sólidos solubles ( $^{\circ}$ brix) de la bebida funcional a base de jugo de cocona (JC) y jarabe de yacón (JY), se muestran en la tabla 10.

Los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes examinadas en sólidos solubles ( $^{\circ}$ brix) se muestran en la Tabla 11.

Se encuentra que si bien tanto el jugo de cocona como el jarabe de yacón no tuvieron significancia en el término cuadrático, sí tuvieron un impacto significativo ( $p < 0,05$ ) en el término lineal. El diagrama de Pareto (Figura 5) ilustra la importancia de los factores en estudio. Dependiendo de los grados de libertad y del error experimental, los coeficientes de regresión muestran el error estándar, el valor t-student y la probabilidad de la interacción lineal (L), cuadrática (Q) y de las variables: jarabe de yacón (X2). y jugo de cocona (X1).

**Tabla 10**

Valores promedio de sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional según diseño experimental

Tratamientos	JC (1/...)	JY (°brix)	Sólidos solubles (°brix)
T1	2,8	38	10,85
T2	3,3	38	9,87
T3	2,8	43	12,28
T4	3,3	43	10,42
T5	2,5	40	12,54
T6	3,5	40	9,35
T7	3	35	9,64
T8	3	45	11,99
T9	3	40	10,65
T10	3	40	10,58
T11	3	40	10,69

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón

**Tabla 11**

Coefficientes de regresión de variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional

	Coefficientes de regresión	Error estándar	t (5)	Valor p*
<b>Media</b>	10.65246	0.069093	154.1762	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-1.54119	0.081746	-18.8534	<b>0.000008</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.15413	0.061178	2.5193	0.053217
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	1.08855	0.081746	13.3163	<b>0.000043</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	0.07814	0.061178	1.2773	0.257595
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	-0.42856	0.132561	-3.2329	<b>0.023130</b>

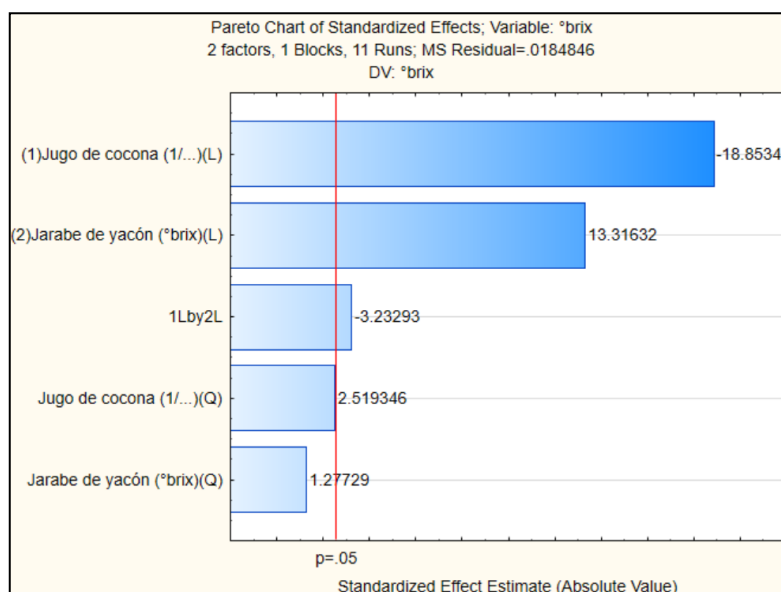
X<sub>1</sub>=Jugo de cocona, X<sub>2</sub>= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Excluyendo los componentes no significativos (p>0,05), el valor r<sup>2</sup> revisado fue del 98,35%, superior al 70%, lo que confirma el buen ajuste del diseño propuesto. El valor r<sup>2</sup> para el diseño experimental de la variable sólidos solubles (°brix) fue del 99,17%. Dado que los valores centrales (T9, T10 y T11) estaban próximos entre sí, la repetibilidad del diseño era buena.

**Figura 5**

*Diagrama de Pareto para la variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional*



Según el análisis de varianza (ANOVA) de la Tabla 12, los términos lineales para el zumo de cocona y el jarabe de yacón en el modelo para sólidos solubles (°brix) fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ). La superficie de respuesta pudo representarse gracias al valor  $r^2$  de 0,9835 (Figura 6).

**Tabla 12**

*ANOVA para la variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)JC (1:...)(L)	6.57038	1	6.570378	355.4516	<b>0.000008</b>
JC (1:...)(Q)	0.11732	1	0.117324	6.3471	0.053217
(2)JY (°brix)(L)	3.27777	1	3.277767	177.3243	<b>0.000043</b>
JY (°brix)(Q)	0.03016	1	0.030157	1.6315	0.257595
1L by 2L	0.19320	1	0.193198	10.4518	<b>0.023130</b>
Error	0.09242	5	0.018485		
<b>Total SS</b>	<b>11.17667</b>	<b>10</b>			

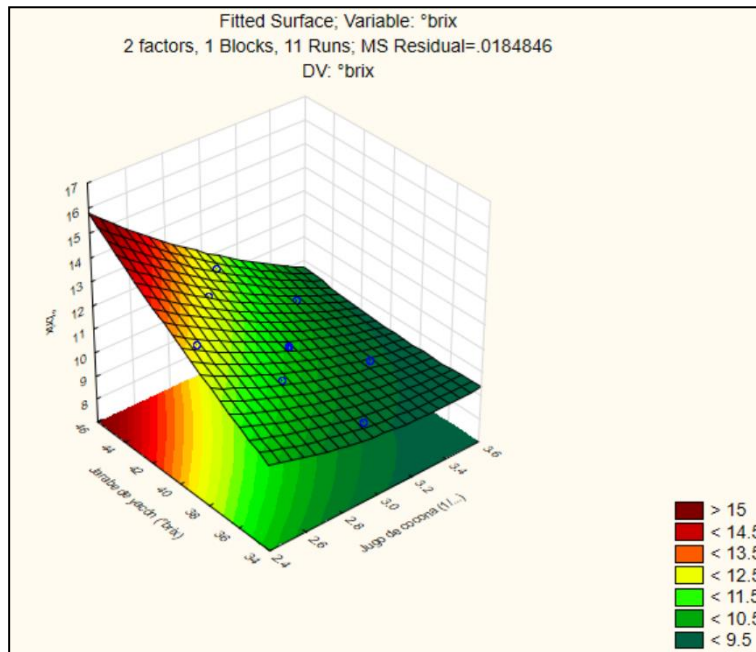
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Sólidos solubles (°brix)} = 10,6524 - 1,5412x_1 + 0,1541x_1^2 - 0,4285x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (1)$$

**Figura 6**

*Superficie de respuesta de la variable sólidos solubles (°brix) de la bebida funcional*



Se observa en la figura 6 que conforme aumenta la concentración de sólidos solubles de jarabe de yacón y disminuye la dilución de jugo de cocona aumenta el °brix de la bebida funcional.

La NTP 203.110, precisa en sus especificaciones técnicas para bebidas a base de frutas un mínimo de sólidos solubles (°brix) de 10, en el caso de la bebida funcional a base de cocona edulcorada con yacón se encontró un rango de 9,35 a 12,54 °brix; estos valores se encuentran dentro de lo expresado por la norma INDECOPI, (2009).

Según Roberford (2005), “la fructan fructosiltransferasa (1-FFT), enzima responsable del alargamiento de las cadenas de fructosa, cataliza la unión de la fructosa de un oligofructano para transferirla a otro, creando uno nuevo con mayor grado de polimerización”.

Una mayor cantidad de inulina (fructooligosacáridos) conduce a un °brix más alto porque hay una mayor producción de cadenas de FOS y no se ha producido ninguna degradación o fragmentación como resultado del tratamiento.

#### 4.2.2 Evaluación estadística de la vitamina C de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

En la tabla 13 se presenta los resultados promedio de vitamina C de la bebida funcional a base de jugo de cocona (JC) y jarabe de yacón (JY)

**Tabla 13**

*Valores promedio de vitamina C de la bebida funcional según diseño experimental*

Tratamientos	JC (1/...)	JY (%brix)	Vitamina C (mg/100 ml)
T1	2,8	38	1,29
T2	3,3	38	1,17
T3	2,8	43	1,19
T4	3,3	43	1,09
T5	2,5	40	1,43
T6	3,5	40	1,12
T7	3	35	1,31
T8	3	45	1,04
T9	3	40	1,18
T10	3	40	1,15
T11	3	40	1,16

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón

En la tabla 14 se muestran los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes examinadas en relación con la vitamina C. Se observa que las variables zumo de cocona y jarabe de yacón resultaron significativas ( $p < 0,05$ ) en el término lineal, mientras que la variable jarabe de yacón no tuvo significación en el término cuadrático. La significación de las variables examinadas se representa mediante el diagrama de Pareto (figura 7). El error estándar, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables -jarabe de yacón (X2) y zumo de cocona (X1)- se muestran mediante los coeficientes de regresión. Dado que los valores centrales (T9, T10 y T11) estaban próximos entre sí, la repetibilidad del diseño era buena.

Tras eliminar los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el valor  $r^2$  revisado para el diseño experimental de la variable vitamina C fue del 96,01%, superior al 70%, lo

que confirma la buena modificación del diseño sugerido. El valor  $r^2$  original era del 98,00%.

**Tabla 14**

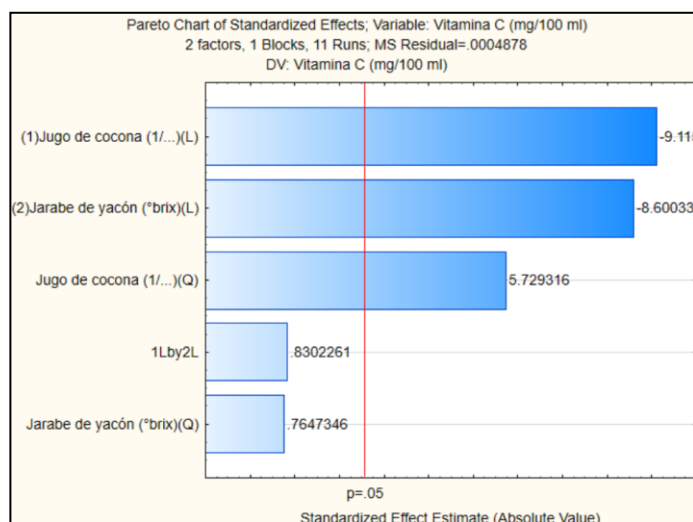
*Coefficientes de regresión de variable vitamina C de la bebida funcional*

	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	1.142410	0.011225	101.7775	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-0.121056	0.013280	-9.1155	<b>0.000266</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.056943	0.009939	5.7293	<b>0.002267</b>
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	-0.114214	0.013280	-8.6003	<b>0.000351</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	0.007601	0.009939	0.7647	0.478948
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	0.017879	0.021535	0.8302	0.444231

X1=Jugo de cocona, X2= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.  
\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

**Figura 7**

*Diagrama de Pareto para la variable vitamina C de la bebida funcional*



El modelo para la vitamina C, los términos lineales zumo de cocona y jarabe de yacón, y el término cuadrático zumo de cocona resultaron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), según el análisis de la varianza (ANOVA) de la Tabla 15. El valor  $r^2$  fue de 0,9601, lo que también permitió representar la superficie de respuesta (Figura 8). El valor  $r^2$  fue de 0,9601, lo que también permitió representar la superficie de respuesta (Figura 8).

**Tabla 15***ANOVA para la variable vitamina C de la bebida funcional*

<b>Factor</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
<b>(1)JC (1:...)(L)</b>	0.040537	1	0.040537	83.09307	<b>0.000266</b>
<b>JC (1:...)(Q)</b>	0.016014	1	0.016014	32.82506	<b>0.002267</b>
<b>(2)JY (°brix)(L)</b>	0.036084	1	0.036084	73.96562	<b>0.000351</b>
<b>JY (°brix)(Q)</b>	0.000285	1	0.000285	0.58482	0.478948
<b>1L by 2L</b>	0.000336	1	0.000336	0.68928	0.444231
<b>Error</b>	0.002439	5	0.000488		
<b>Total SS</b>	0.122255	10			

JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Estadística v. 12.0

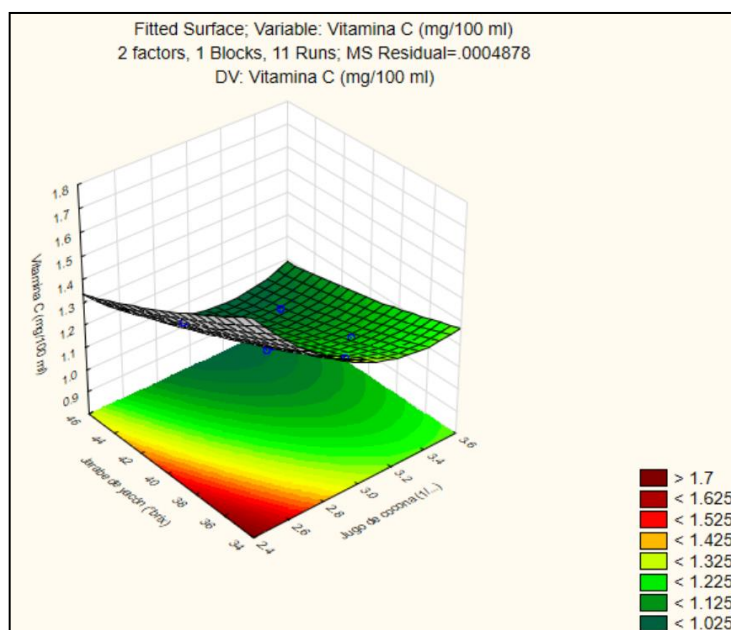
La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$\text{Vitamina C} = 1,1424 - 0,1210x_1 + 0,0569x_1^2 - 0,0178x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (2)$$

La figura 8 ilustra cómo los valores de vitamina C de la bebida funcional correspondiente aumentan a medida que disminuye la concentración de sólidos solubles del jarabe de yacón y la dilución del zumo de cocona. Esto se debe a que, en estas circunstancias, los tratamientos menos duros dan lugar a un mayor porcentaje de vitamina C retenida en la bebida.

**Figura 8**

*Superficie de respuesta de la variable vitamina C de la bebida funcional*



El MINSA (2016) afirma que es necesario consumir al menos 10 mg de vitamina C al día. Los hombres suelen consumir 75 mg diarios, mientras que las mujeres suelen consumir 60 mg. La cantidad de vitamina C de la bebida funcional investigada oscilaba entre 1,04 y 1,43 mg/100 mL. Esto significa que el consumo diario de 300 ml de la bebida aportaría entre 3,12 y 3,90 mg, cuyos porcentajes se situarían entre el 3,12 y el 3,90% de la ingesta diaria mínima de vitamina C exigida por la norma.

Ravani y Joshi (2011) afirman que la exposición al calor y los efectos de la oxidación descomponen fácilmente la vitamina C.

#### 4.2.3 Evaluación estadística del pH de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón.

En la tabla 16 se presenta los resultados promedio de pH de la bebida funcional a base de jugo de cocona (JC) y jarabe de yacón (JY)

**Tabla 16**

*Valores promedio de pH de la bebida funcional según diseño experimental*

Tratamientos	JC (1/...)	JY (°brix)	pH
T1	2,8	38	3,07
T2	3,3	38	3,46
T3	2,8	43	3,65
T4	3,3	43	3,39
T5	2,5	40	3,11
T6	3,5	40	3,83
T7	3	35	3,51
T8	3	45	3,72
T9	3	40	3,24
T10	3	40	3,19
T11	3	40	3,21

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón

La Tabla 17 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes que se examinaron en relación con el valor del pH. Se encuentra que mientras las variables jugo de cocona en el término lineal y jarabe de yacón en el término cuadrático demostraron un efecto estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ), las variables en el término cuadrático y el jarabe de yacón en el término lineal no lo hicieron ( $p > 0.05$ ). El diagrama de Pareto (Figura 9) ilustra la importancia de los factores estudiados. Los coeficientes de regresión muestran el error estándar, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables -zumo de coco (X1) y sirope de beicon (X2)-. El diseño era repetible porque las variables centrales (T9, T10 y T11) estaban próximas entre sí. Tras eliminar los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el nuevo valor  $r^2$  fue del

79,92%, superior al 70%, lo que confirma el buen ajuste del diseño propuesto. El valor  $r^2$  para la delimitación experimental de la variable pH fue del 89,96%.

**Tabla 17**

*Coefficientes de regresión de la variación del pH de la bebida funcional*

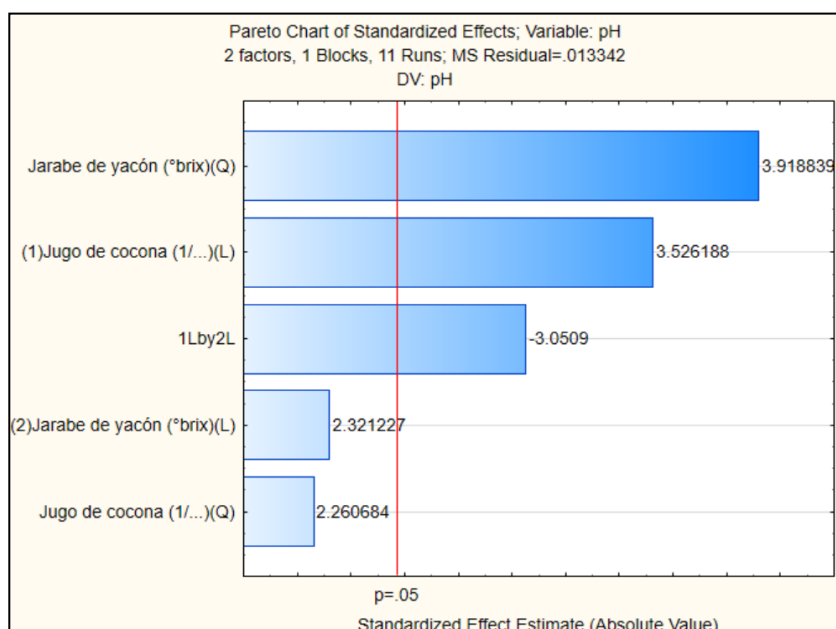
	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	3.249117	0.058700	55.35126	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	0.244893	0.069450	3.52619	<b>0.016808</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.117501	0.051976	2.26068	0.073289
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	0.161208	0.069450	2.32123	0.067950
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	0.203685	0.051976	3.91884	<b>0.011195</b>
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	-0.343597	0.112622	-3.05090	0.028395

x1=Jugo de cocona, x2= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

**Figura 9**

*Diagrama de Pareto para la variación de pH de la bebida funcional*



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 18, refiere que el modelo para el pH, el término lineal de jugo de cocona y el término cuadrático jarabe de yacón presentaron significancias estadísticas ( $p < 0,05$ ), resaltando que el valor de  $r^2$  fue de 0,79792, logrando que se pueda graficar la superficie de respuesta (figura 10).

**Tabla 18**

*ANOVA para la variación del pH de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)JC (1:...)(L)	0.165895	1	0.165895	12.43401	<b>0.016808</b>
JC (1:...)(Q)	0.068187	1	0.068187	5.11069	0.073289
(2)JY (°brix)(L)	0.071888	1	0.071888	5.38809	0.067950
JY (°brix)(Q)	0.204897	1	0.204897	15.35730	<b>0.011195</b>
1L by 2L	0.124187	1	0.124187	9.30799	<b>0.028395</b>
Error	0.066710	5	0.013342		
<b>Total SS</b>	<b>0.664364</b>	<b>10</b>			

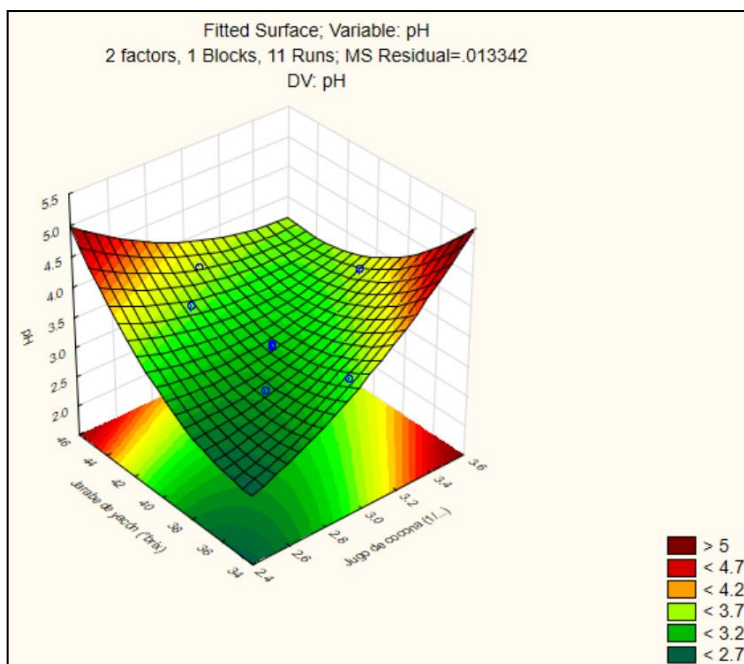
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statistica v. 12.0

La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$\text{pH} = 3,249+02449x_1+0,1175x_1^2-0,3436x_1.x_2\dots\dots\dots (3)$$

**Figura 10**

*Superficie de respuesta de la variación del pH de la bebida funcional*



Debido a que las proporciones de pulpa de cocona son mayores, la Figura 10 ilustra cómo los valores de pH de la bebida funcional disminuyen al disminuir la concentración de jarabe de yacón y la dilución del jugo de cocona.

Según INDECOPI (2009), la Norma Técnica Peruana para Jugos, Néctares y Bebidas Frutales (NTP 203.110) estipula que el valor del pH debe ser inferior a 4,5. El valor de pH de la bebida en esta investigación osciló entre 3,11 y 3,83, lo cual se encuentra dentro de los parámetros de la norma.

#### 4.2.4 Evaluación estadística de la acidez titulable de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

Los resultados promedio de acidez titulable de la bebida funcional a base de jugo de cocona (JC) y jarabe de yacón (JY) se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Valores promedio de acidez titulable según diseño experimental*

Tratamientos	JC (1/...)	JY (°brix)	Acidez titulable
T1	2,8	38	0.639
T2	3,3	38	0.565
T3	2,8	43	0.601
T4	3,3	43	0.568
T5	2,5	40	0.677
T6	3,5	40	0.511
T7	3	35	0.607
T8	3	45	0.651
T9	3	40	0.618
T10	3	40	0.622
T11	3	40	0.617

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón

La Tabla 20 presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes que fueron examinadas en relación con el valor de acidez titulable. Se encuentra que las variables jugo de cocona y jarabe de yacón no presentaron un efecto estadístico significativo ( $p > 0.05$ ) en el término lineal, pero sí en el cuadrático. El diagrama de Pareto (Figura 11) ilustra la importancia de los factores estudiados. Los coeficientes de regresión muestran el error estándar, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables jarabe de yacón ( $X_2$ ) y zumo de cocona ( $X_1$ ). Dado que los valores centrales (T9, T10 y T11) estaban próximos entre sí, la repetibilidad del diseño era buena.

Tras eliminar los componentes no significativos ( $p > 0,05$ ), el nuevo valor  $r^2$  para el diseño experimental de la variable acidez valorable fue de 75,06%, superior al 70%, lo que confirma el buen ajuste del diseño propuesto. El valor  $r^2$  original era del 87,53%.

**Tabla 20**

*Coefficientes de regresión de la variación de acidez titulable de la bebida funcional*

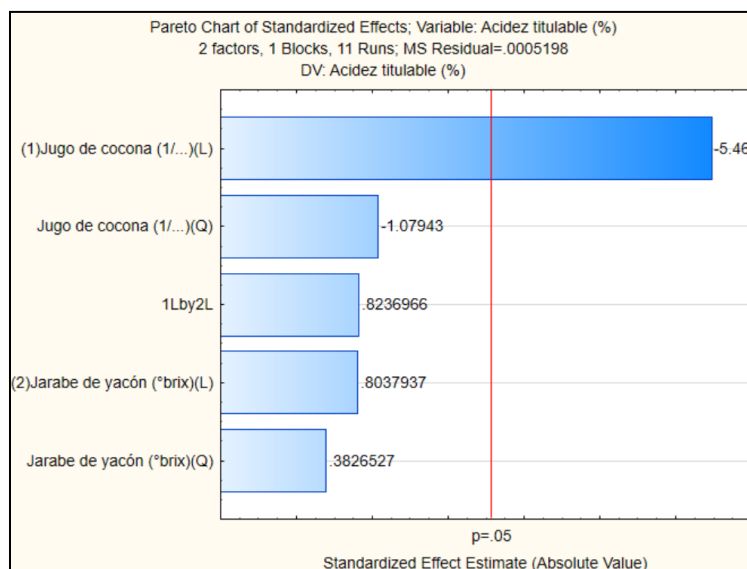
	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	0.606596	0.011587	52.35326	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-0.074981	0.013708	-5.46971	<b>0.002782</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	-0.011074	0.010259	-1.07943	0.329693
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	0.011019	0.013708	0.80379	0.458011
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	0.003926	0.010259	0.38265	0.717704
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	0.018311	0.022230	0.82370	0.447606

X<sub>1</sub>=Jugo de cocona, X<sub>2</sub>= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

**Figura 11**

*Diagrama de Pareto para la variable acidez titulable de la bebida funcional*



El modelo para la acidez titulable se describió mediante el análisis de la varianza (ANOVA) en la Tabla 21. El término lineal del jugo de cocona mostró significación estadística ( $p < 0,05$ ), y el valor  $r^2$  fue de 0,7506, lo que permitió representar la superficie de respuesta (Figura 12).

**Tabla 21**

*ANOVA para la variable acidez titulable de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
<b>(1)JC (1:...)(L)</b>	0.015552	1	0.015552	29.91775	<b>0.002782</b>
<b>JC (1:...)(Q)</b>	0.000606	1	0.000606	1.16516	0.329693
<b>(2)JY (*brix)(L)</b>	0.000336	1	0.000336	0.64608	0.458011
<b>JY (*brix)(Q)</b>	0.000076	1	0.000076	0.14642	0.717704
<b>1L by 2L</b>	0.000353	1	0.000353	0.67848	0.447606
<b>Error</b>	0.002599	5	0.000520		
<b>Total SS</b>	0.020843	10			

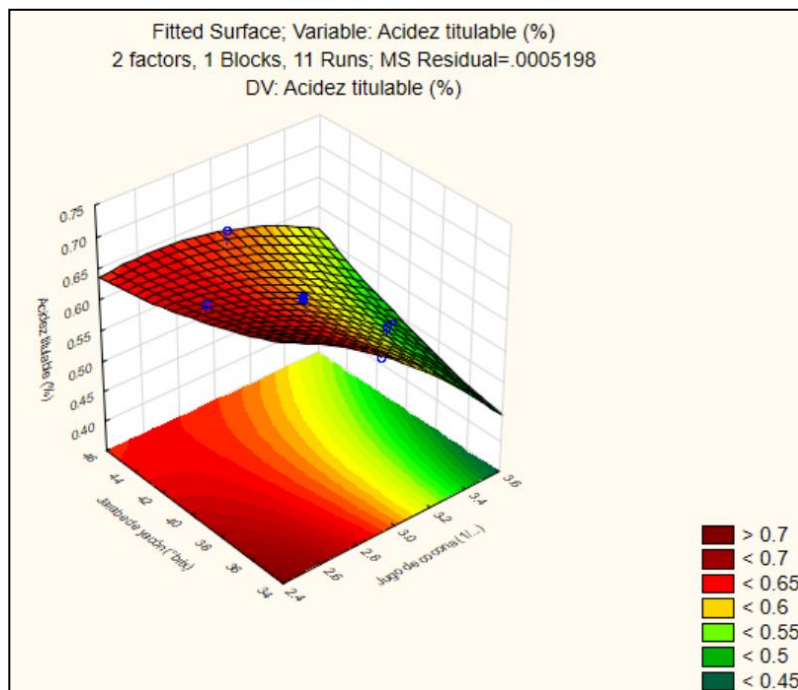
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statistica v. 12.0

La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$\text{Acidez titulable} = 0,6066 - 0,0749x_1 - 0,01107x_1^2 - 0,0183x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (4)$$

**Figura 12**

*Superficie de respuesta de la variación de acidez titulable de la bebida funcional*



Dado que la mayor proporción de fruta resultante de la reducción de la dilución afecta a los valores de acidez valorable de la bebida, la figura 12 ilustra que los valores de acidez valorable de la bebida funcional aumentan cuando disminuye la concentración de jarabe de yacón y la dilución del zumo de cocona.

El CODEX (2005) elaboró la Norma General para Jugos y Néctares de Frutas (Codex Stan 247), que establece que las bebidas a base de frutas no deben incluir más de 0,5% de acidez (representada como ácido cítrico), en este estudio se obtuvo un rango de 0,517 a 0,677; determinándose que estos valores son ligeramente superiores a lo exigido por la norma; debe tenerse en cuenta que la acidez expresada en los datos obtenidos es propia de la fruta utilizada (cocona) porque no se añadió regulador de acidez (ácido cítrico).

### 4.3 Caracterización funcional de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

#### 4.3.1 Evaluación estadística de la variación de polifenoles totales de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

Los resultados promedio de polifenoles totales de la bebida funcional a base de jugo de cocona (JC) y jarabe de yacón (JY) se precisan en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Valores promedio de polifenoles totales según diseño experimental*

Tratamientos	JC (1/...)	JY (°brix)	Polifenoles totales (mg G.A.E./100 g)
T1	2,8	38	51,46
T2	3,3	38	44,77
T3	2,8	43	52,81
T4	3,3	43	48,54
T5	2,5	40	56,87
T6	3,5	40	42,66
T7	3	35	46,58
T8	3	45	48,49
T9	3	40	44,85
T10	3	40	44,91
T11	3	40	44,89

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón

En la tabla 23 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas sobre los polifenoles totales, se observa que la variable, jugo de cocona en el término lineal presentó efecto estadístico significativo, mientras que la variable jugo de cocona en término cuadrático y jarabe de yacón en el término lineal y cuadrático no presentaron efecto estadístico significativo ( $p > 0,05$ ). La importancia de los factores estudiados se representa en el diagrama de Pareto (Figura 13). Los coeficientes de regresión muestran el error estándar, el valor t-student (en función del error experimental y los

grados de libertad) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables jarabe de yacón (X2) y zumo de cocona (X1). El diseño era repetible porque las variables centrales (T9, T10 y T11) estaban próximas entre sí.

Tras eliminar los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el nuevo valor  $r^2$  para el diseño experimental de la variable polifenol total fue del 73,36%, que es superior al 70% y confirma el buen ajuste del diseño sugerido. El valor  $r^2$  original era del 86,68%.

**Tabla 23**

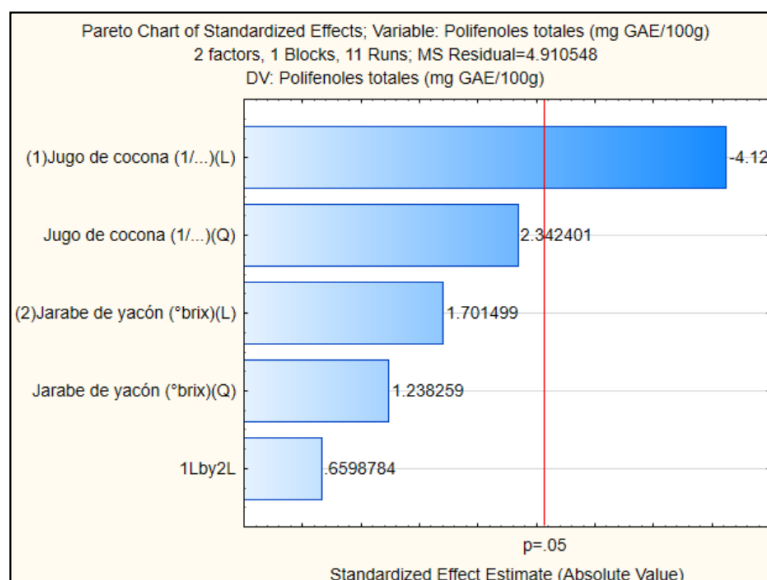
*Coefficientes de regresión de la variación de polifenoles totales de la bebida funcional*

	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	45.67727	1.126140	40.56092	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-5.49271	1.332370	-4.12251	<b>0.009151</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	2.33571	0.997142	2.34240	0.066182
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	2.26703	1.332370	1.70150	0.149587
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	1.23472	0.997142	1.23826	0.270585
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	1.42574	2.160607	0.65988	0.538511

X1=Jugo de cocona, X2= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.  
\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

**Figura 13**

*Diagrama de Pareto para la variable polifenoles totales de la bebida funcional*



Según el análisis de varianza (ANOVA) de la Tabla 24, el término lineal del zumo de cocona en el modelo para los polifenoles totales mostró significación estadística ( $p < 0,05$ ). La superficie de respuesta pudo representarse ya que el valor  $r^2$  fue de 0,7336 (Figura 14).

**Tabla 24**

*ANOVA para la variación de polifenoles totales de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
<b>(1)JC (1:...)(L)</b>	83.4553	1	83.45530	16.99511	<b>0.009151</b>
<b>JC (1:...)(Q)</b>	26.9434	1	26.94341	5.48684	0.066182
<b>(2)JY (°brix)(L)</b>	14.2165	1	14.21652	2.89510	0.149587
<b>JY (°brix)(Q)</b>	7.5293	1	7.52927	1.53329	0.270585
<b>1L by 2L</b>	2.1382	1	2.13825	0.43544	0.538511
<b>Error</b>	24.5527	5	4.91055		
<b>Total SS</b>	184.2995	10			

JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Stastitica v. 12.0

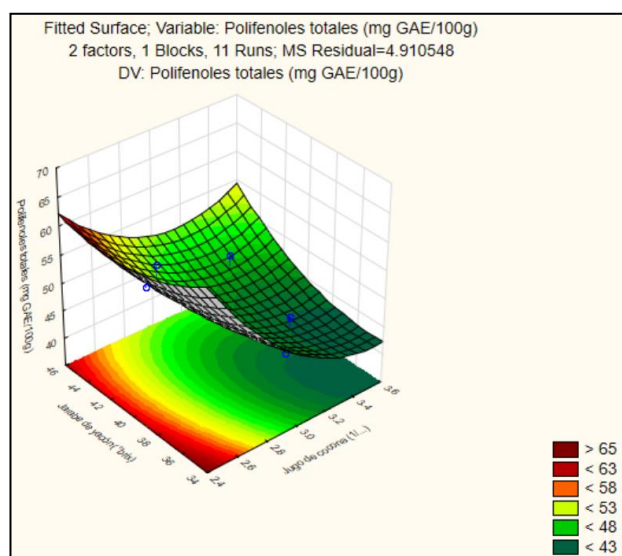
La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$\text{Polifenoles totales} = 45,677 - 5,4927x_1 + 2,3357x_1^2 - 1,4257x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (5)$$

La figura 14 ilustra cómo los valores totales de polifenoles de la bebida funcional aumentan a medida que aumenta la concentración de jarabe de yacón y disminuye la dilución de zumo de cocona. Esto se debe a que la mayor proporción de fruta resultante de la menor dilución afecta a los valores totales de polifenoles de la bebida.

**Figura 14**

*Superficie de respuesta de la variación de polifenoles totales de la bebida funcional*



#### 4.3.2 Evaluación estadística de la variación de capacidad antioxidante de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

En la tabla 25 se presenta los resultados promedio de capacidad antioxidante de la bebida funcional a base de jugo de cocona (JC) y jarabe de yacón (JY)

**Tabla 25**

*Valores promedio de capacidad antioxidante según diseño experimental*

Tratamientos	JC (1/...)	JY (°brix)	Capacidad antioxidante (µM Trolox/100 g)
T1	2,8	38	155.52
T2	3,3	38	137.97
T3	2,8	43	158.72
T4	3,3	43	141.17
T5	2,5	40	170.80
T6	3,5	40	133.75
T7	3	35	145.45
T8	3	45	150.86
T9	3	40	147.38
T10	3	40	147.31
T11	3	40	147.36

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón

En los términos lineal y cuadrático, el zumo de cocona y el jarabe de yacón mostraron efectos estadísticos significativos ( $p < 0,05$ ), mientras que la variable jarabe de yacón en el término cuadrático no lo hizo ( $p > 0,05$ ). La Tabla 26 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes estudiadas sobre la capacidad antioxidante de la bebida funcional. El diagrama de Pareto (Figura 15) ilustra la importancia de los factores estudiados. El error estándar, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y de interacción de las variables -jarabe de yacón (X2) y zumo de cocona (X1)- se muestran mediante los coeficientes de regresión. Dado que los valores centrales (T9, T10 y T11) estaban próximos entre sí, la repetibilidad del diseño era buena.

Tras eliminar los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el valor  $r^2$  revisado para el diseño experimental de la variable de capacidad antioxidante fue del 99,43%, superior al 70%, lo que confirma el buen ajuste del diseño sugerido.

**Tabla 26**

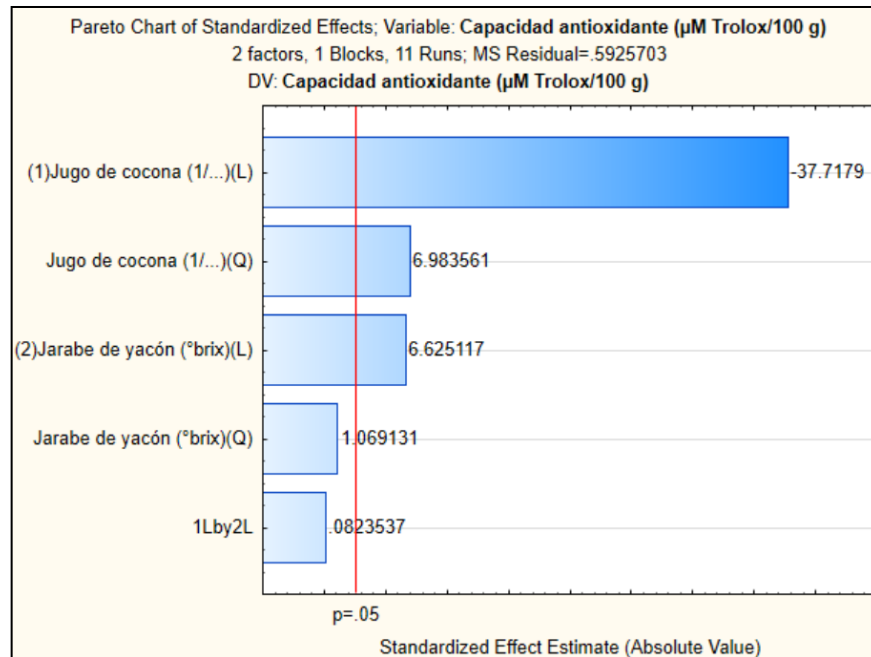
*Coefficientes de regresión de la variación de capacidad antioxidante de la bebida funcional*

	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	146.2801	0.391199	373.9280	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-17.4573	0.462839	-37.7179	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	2.4190	0.346387	6.9836	<b>0.000927</b>
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	3.0664	0.462839	6.6251	<b>0.001180</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	0.3703	0.346387	1.0691	0.333885
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	0.0618	0.750552	0.0824	0.937561

X1=Jugo de cocona, X2= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.  
\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

**Figura 15**

*Diagrama de Pareto para la variable capacidad antioxidante de la bebida funcional*



El modelo para la capacidad antioxidante, los términos lineales del jugo de cocona en términos lineales y cuadráticos, y el jarabe de yacón en términos lineales presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) de la Tabla 27. El valor  $r^2$  fue de 0,9943, lo que permitió representar la superficie de respuesta (Figura 16).

**Tabla 27**

*ANOVA para la variable capacidad antioxidante de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)JC (1:...)(L)	843.016	1	843.0158	1422.643	<b>0.000000</b>
JC (1:...)(Q)	28.900	1	28.8997	48.770	<b>0.000927</b>
(2)JY (*brix)(L)	26.009	1	26.0092	43.892	<b>0.001180</b>
JY (*brix)(Q)	0.677	1	0.6773	1.143	0.333885
1L by 2L	0.004	1	0.0040	0.007	0.937561
Error	2.963	5	0.5926		
<b>Total SS</b>	<b>1051.326</b>	<b>10</b>			

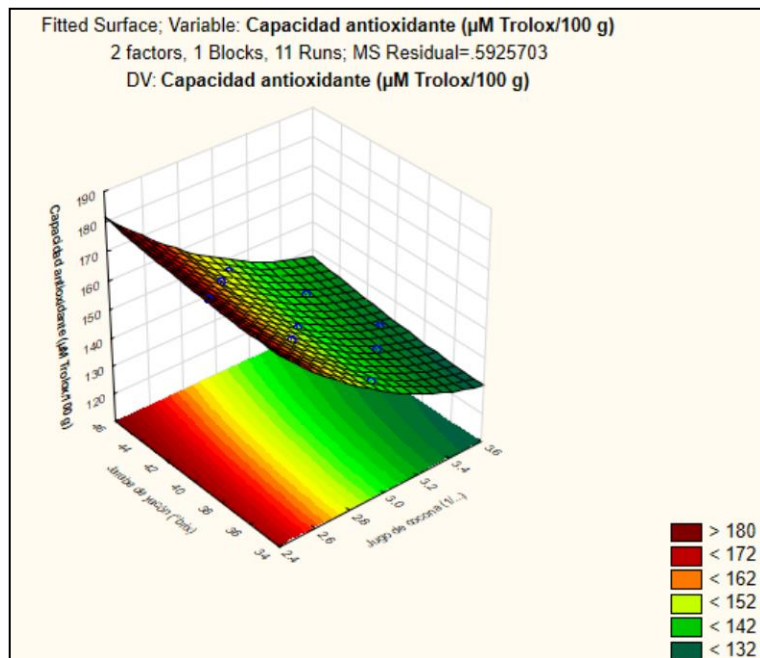
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statistica v. 12.0

La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$\text{Capacidad antioxidante} = 146,28 - 17,4573x_1 + 2,419x_1^2 + 0,0618x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (6)$$

**Figura 16**

*Superficie de respuesta de la variación de capacidad antioxidante de la bebida funcional*



La figura 16 ilustra cómo los valores de capacidad antioxidante de la bebida funcional aumentan a medida que aumenta la concentración de jarabe de yacón y disminuye la dilución de zumo de cocona. Esto se debe a que la mayor proporción de fruta por menor dilución afecta a los valores de capacidad antioxidante de la bebida.

#### 4.4 Caracterización sensorial de la bebida funcional a base de cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

Los resultados promedio de la evaluación sensorial de la bebida funcional según diseño experimental se presentan en la tabla 28.

**Tabla 28***Valores promedio de la evaluación sensorial de la bebida funcional*

TTs	JC (1/...)	JY (°brix)	Olor	Color	Sabor	Apariencia general
T1	2,8	38	5.45	6.42	6.81	6.78
T2	3,3	38	4.82	5.79	6.18	6.15
T3	2,8	43	4.31	5.28	5.67	5.64
T4	3,3	43	4.12	5.09	5.03	5.01
T5	2,5	40	7.41	8.11	8.52	8.47
T6	3,5	40	5.16	5.87	6.26	6.23
T7	3	35	4.17	5.14	5.53	5.46
T8	3	45	3.88	4.85	5.14	5.21
T9	3	40	4.65	5.62	6.01	5.98
T10	3	40	4.59	5.56	5.95	5.92
T11	3	40	4.61	5.58	5.97	5.94

JC: Jugo de cocona, JY: Jarabe de yacón  
Fuente: Laboratorio de biotecnología industrial

#### 4.4.1 Evaluación estadística del atributo OLOR de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

Los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas se muestran en la tabla 29, donde se observa que la variables, jugo de cocona en el término lineal y cuadrático, y jarabe de yacón en el término lineal presentaron efecto estadístico significativo ( $p < 0,05$ ); la variable jarabe de yacón en el término cuadrático no presentó diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en el atributo **OLOR**. El diagrama de Pareto (Figura 17) ilustra la importancia de los factores estudiados. El error típico, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables -jarabe de yacón ( $x_2$ ) y zumo de cocona ( $x_1$ )- se muestran mediante los coeficientes de regresión.

**Tabla 29**

*Coefficientes de regresión del atributo OLOR de la bebida funcional*

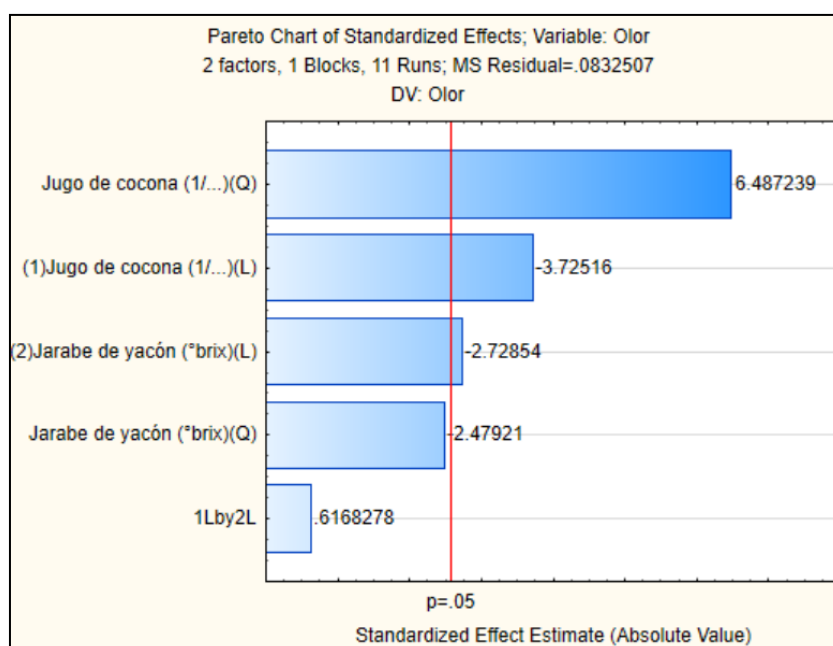
	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	4.469717	0.146630	30.48306	<b>0.000001</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-0.323124	0.173482	-3.72516	<b>0.013639</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.842260	0.129833	6.48724	<b>0.001298</b>
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	-0.236676	0.86741	-2.72854	<b>0.041352</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	-0.321885	0.129833	-2.47921	0.055895
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	0.173528	0.281323	0.61683	0.564348

x1=Jugo de cocona, x2= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.  
 \* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Excluyendo los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el valor  $R^2$  del diseño experimental para el atributo OLOR era del 95,57%; el nuevo valor  $R^2$  era del 91,14%; este valor era superior al 70%, lo que indica que el diseño propuesto era adecuado. La proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11) indica que el diseño es repetible.

**Figura 17**

*Diagrama de Pareto para el atributo OLOR de la bebida funcional*



El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 30, describe que el modelo para el atributo **OLOR** de la bebida funcional, “el término lineal y cuadrático jugo de cocona y el término lineal jarabe de yacón mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), además el valor de  $R^2$  fue de 0,9114, permitiendo la representación de la superficie de respuesta” (figura 18).

**Tabla 30**

*ANOVA para el atributo OLOR de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
<b>(1)JC (1:...)(L)</b>	1.155256	1	1.155256	13.87682	<b>0.013639</b>
<b>JC (1:...)(Q)</b>	3.503547	1	3.503547	42.08427	<b>0.001298</b>
<b>(2)JY (°brix)(L)</b>	0.619798	1	0.619798	7.44496	<b>0.041352</b>
<b>JY (°brix)(Q)</b>	0.511701	1	0.511701	6.14651	0.055895
<b>1L by 2L</b>	0.031675	1	0.031675	0.38048	0.564348
<b>Error</b>	0.416254	5	0.083251		
<b>Total SS</b>	9.400655	10			

JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statistica v. 12.0

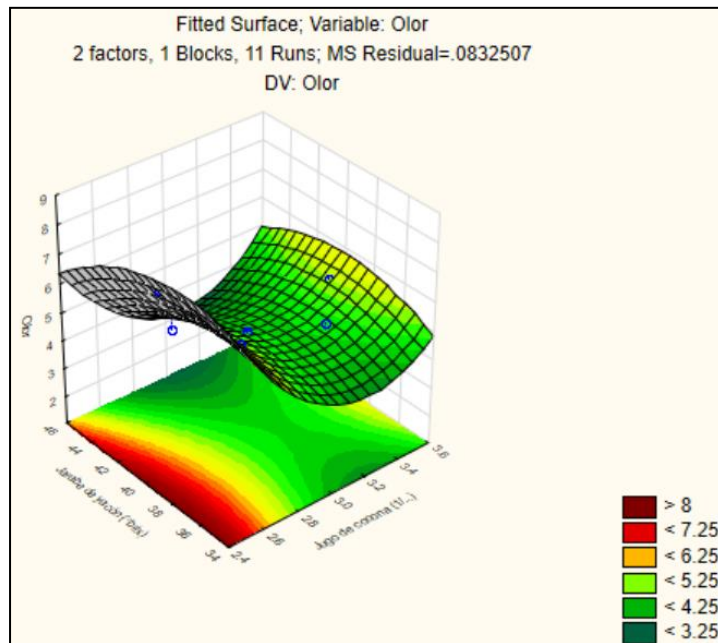
Se creó un modelo codificado utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA, y se representa mediante la siguiente ecuación.

$$\text{OLOR} = 4,4697 - 0,3212x_1 + 0,8422x_1^2 - 0,2366x_2 - 0,3218x_2^2 - 0,1735x_1 \cdot x_2 \dots \dots (7)$$

Es posible determinar las cantidades ideales de zumo de cocona y jarabe de yacón que deben utilizarse para producir una bebida con la mayor puntuación OLOR observando la Figura 18, que muestra la optimización de la superficie de respuesta del valor máximo de la puntuación del atributo OLOR de la bebida funcional.

**Figura 18**

*Superficie de respuesta del atributo OLOR de la bebida funcional*



Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (7) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

En lo que respecta a la variable  $x_1$  (dilución de Jugo de cocona):

$$\frac{dy}{dx_1} = -0,3231 + 0,8422x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,38$$

Para la variable  $x_2$  (Concentración de jarabe de yacón):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,2366 - 0,3218x_2 = 0$$

$$x_2 = -0,73$$

Dado que  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados, debe utilizarse la planificación estadística de la Tabla 6 para determinar los valores reales. La dilución óptima de zumo de cocona (1/3,1) y la concentración de jarabe de yacón (38,54°brix) son necesarias para que la bebida funcional exhiba la puntuación más alta posible para el atributo OLOR. La superficie de reacción de la figura 18 ofrece una representación visual de estos valores.

#### 4.4.2 Evaluación estadística del atributo COLOR de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón.

En los términos lineal y cuadrático, el jugo de cocona y el jarabe de yacón mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ); en el término cuadrático, sin embargo, la variable jarabe de yacón no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el atributo COLOR. La Tabla 31 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes investigadas. El diagrama de Pareto (Figura 19) ilustra la importancia de los factores estudiados. El error típico, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables -jarabe de yacón ( $x_2$ ) y zumo de cocona ( $x_1$ )- se muestran mediante los coeficientes de regresión.

**Tabla 31**

*Coefficientes de regresión del atributo COLOR de la bebida funcional*

	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	5.465659	0.147554	37.04180	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-0.335937	0.174575	-3.84862	<b>0.012018</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.709197	0.130652	5.42815	<b>0.002876</b>
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	-0.233700	0.174575	-2.67736	<b>0.043959</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	-0.324026	0.130652	-2.48007	0.055836
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	0.180795	0.283096	0.63864	0.551162

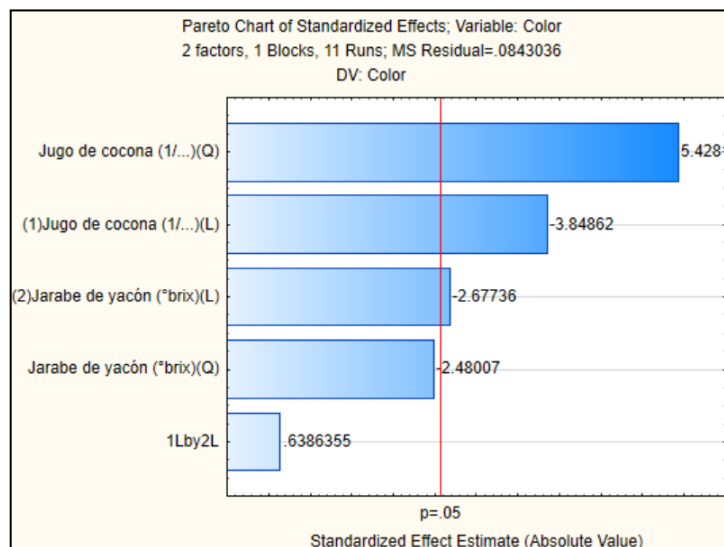
X<sub>1</sub>=Jugo de cocona, X<sub>2</sub>= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

El valor de  $R^2$  del atributo COLOR según el diseño experimental fue de 94,70% excluyendo términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el nuevo valor de  $R^2$  fue de 89,40%; este valor fue superior al 70%, lo que confirma la idoneidad del diseño propuesto. La repetibilidad del diseño es buena debido a la cercanía de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

**Figura 19**

*Diagrama de Pareto para el atributo COLOR de la bebida funcional*



El modelo para el atributo COLOR de la bebida funcional, los términos lineal y cuadrático jugo de cocona y el término lineal jarabe de yacón, demostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), según el análisis de varianza (ANOVA) de la Tabla 32. La superficie de respuesta pudo representarse gracias al valor  $R^2$  de 0,8940 (Figura 20).

**Tabla 32**

*ANOVA para el atributo COLOR de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
<b>(1)JC (1:...)(L)</b>	1.248694	1	1.248694	14.81186	<b>0.012018</b>
<b>JC (1:...)(Q)</b>	2.483991	1	2.483991	29.46482	<b>0.002876</b>
<b>(2)JY (*brix)(L)</b>	0.604308	1	0.604308	7.16823	<b>0.043959</b>
<b>JY (*brix)(Q)</b>	0.518532	1	0.518532	6.15077	0.055836
<b>1L by 2L</b>	0.034384	1	0.034384	0.40786	0.551162
<b>Error</b>	0.421518	5	0.084304		
<b>Total SS</b>	7.954673	10			

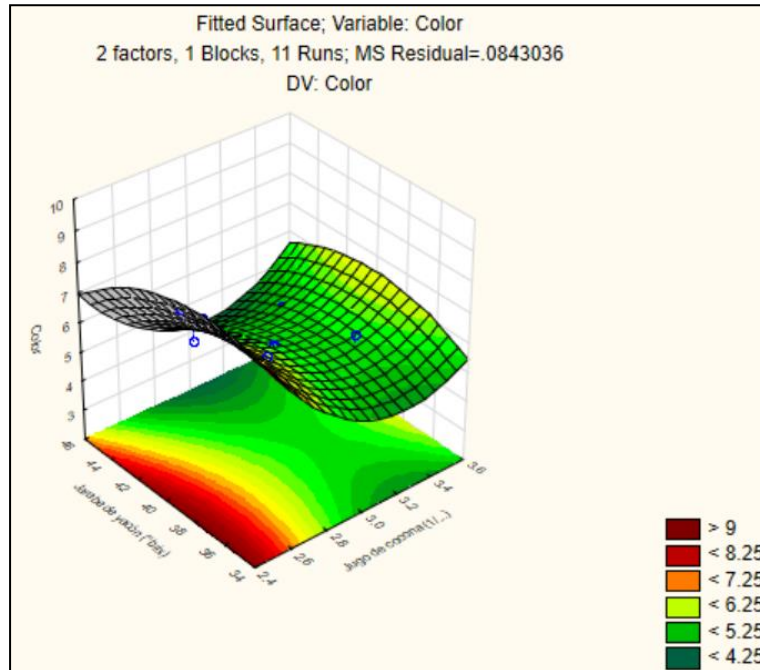
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statística v. 12.0

La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$\text{COLOR} = 5,4656 - 0,3359x_1 + 0,7092x_1^2 - 0,2337x_2 - 0,3240x_2^2 - 0,1808x_1 \cdot x_2 \dots (8)$$

**Figura 20**

*Superficie de respuesta del atributo COLOR de la bebida funcional*



Es posible determinar las concentraciones ideales de jarabe de yacón y jugo de cocona a emplear para producir una bebida con la mayor puntuación COLOR analizando la superficie de respuesta de la Figura 20, que muestra la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo COLOR de la bebida funcional. Utilizamos la ecuación (8) en función de los factores objeto de estudio para obtener estas concentraciones, que son las siguientes:

Respecto a la variable  $x_1$  (dilución de Jugo de cocona):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,3359 - 0,7092x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,47$$

Para la variable  $x_2$  (Concentración de jarabe de yacón):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,2337 - 0,3240x_2 = 0$$

$$x_2 = -0,72$$

Dado que  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados, la planificación estadística mostrada en la Tabla 6 debe utilizarse para determinar los valores reales. El jarabe de yacón a

una concentración de 38,55°brix y el zumo de cocona a la dilución pulpa/agua (1/3,1) arrojarán los mejores resultados para la capacidad de la bebida funcional de mostrar la puntuación más alta del atributo COLOR. La superficie de respuesta de la figura 20 ofrece una representación visual de estos valores.

#### 4.4.3 Evaluación estadística del atributo SABOR de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

En los términos lineal y cuadrático, el jugo de cocona y el jarabe de yacón mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ); en el término cuadrático, sin embargo, la variable jarabe de yacón no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el atributo SABOR. La Tabla 33 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes investigadas. El diagrama de Pareto (Figura 21) ilustra la importancia de los factores objeto de estudio. Los coeficientes de regresión muestran el error estándar, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables jarabe de yacón ( $x_2$ ) y zumo de cocona ( $x_1$ ).

**Tabla 33**

*Coefficientes de regresión del atributo SABOR de la bebida funcional*

	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	5.811434	0.159736	36.38153	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-0.398053	0.188988	-4.21247	<b>0.008388</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.706678	0.141438	4.99637	<b>0.004117</b>
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	-0.312922	0.188988	-3.31155	<b>0.021204</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	-0.354835	0.141438	-2.50876	0.053910
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	-0.081799	0.306469	-0.26691	0.800199

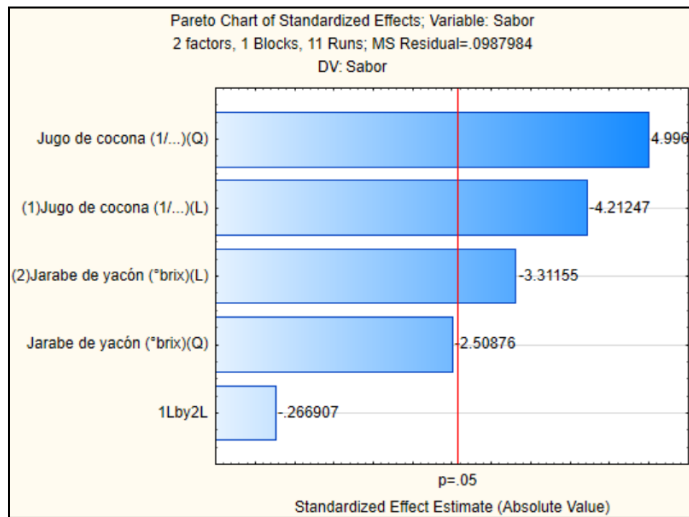
X<sub>1</sub>=Jugo de cocona, X<sub>2</sub>= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

Excluyendo los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el valor  $R^2$  del diseño experimental para el atributo SABOR era del 94,52%; el nuevo valor  $R^2$  era del 89,04%; este valor era superior al 70%, lo que indica que el diseño propuesto era adecuado. La proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11) indica que el diseño es repetible.

**Figura 21**

*Diagrama de Pareto para el atributo SABOR de la bebida funcional*



Según el análisis de varianza (ANOVA) de la Tabla 34, el modelo para el atributo SABOR de la bebida funcional reveló diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los términos lineal y cuadrático zumo de cocona y jarabe de yacón. Además, el valor  $R^2$  fue de 0,8904, lo que permitió representar la superficie de respuesta (Figura 22).

**Tabla 34**

*ANOVA para el atributo SABOR de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)JC (1:...)(L)	1.753164	1	1.753164	17.74486	<b>0.008388</b>
JC (1:...)(Q)	2.466375	1	2.466375	24.96371	<b>0.004117</b>
(2)JY (°brix)(L)	1.083456	1	1.083456	10.96633	<b>0.021204</b>
JY (°brix)(Q)	0.621825	1	0.621825	6.29388	0.053910
1L by 2L	0.007038	1	0.007038	0.07124	0.800199
Error	0.493992	5	0.098798		
<b>Total SS</b>	<b>9.016218</b>	<b>10</b>			

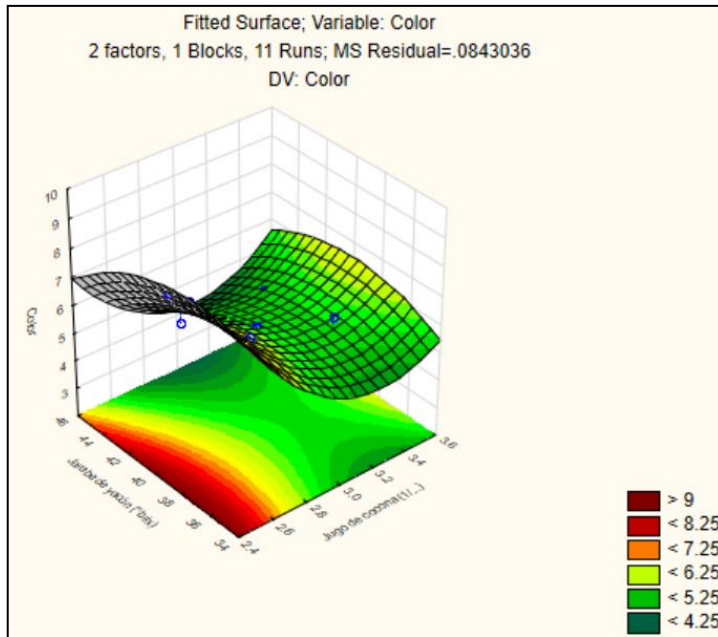
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Stastitica v. 12.0

Se creó un modelo codificado utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA, y se representa mediante la siguiente ecuación.

$$\text{SABOR} = 5,8114 - 0,7961x_1 + 0,7067x_1^2 - 0,6258x_2 - 0,3548x_2^2 - 0,0818x_1 \cdot x_2 \dots (9)$$

**Figura 22**

*Superficie de respuesta del atributo SABOR de la bebida funcional*



Se pueden calcular los valores óptimos de dilución de jugo de cocona y de concentración de jarabe de yacón a utilizar para obtener una bebida con la máxima puntuación de SABOR obtenida, ya que la superficie de respuesta de la Figura 22 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo SABOR de la bebida funcional. Utilizamos la ecuación (9) en función de los factores objeto de estudio para calcular estas concentraciones, que son las siguientes:

En lo que respecta a la variable  $x_1$  (dilución de Jugo de cocona):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,3980 - 0,7067x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,56$$

Para la variable  $x_2$  (Concentración de jarabe de yacón):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0,3129 - 0,3548x_2 = 0$$

$$x_2 = 0,88$$

Dado que  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados, debe utilizarse la planificación estadística que aparece en la Tabla 6 para determinar los valores reales. Las proporciones

ideales de dilución del zumo de cocona son pulpa/agua (1/3,1) y una concentración de jarabe de yacón de 38,52°brix para que la bebida funcional presente la máxima puntuación del atributo SABOR. La superficie de reacción de la figura 22 ofrece una representación visual de estos valores.

#### 4.4.4 Evaluación estadística del atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional a base de cocona y jarabe de yacón

En los términos lineal y cuadrático, el jugo de cocona y el jarabe de yacón mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ); en el término cuadrático, sin embargo, la variable jarabe de yacón no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el atributo Aspecto general (AG). La Tabla 35 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y de interacción de las variables independientes investigadas. El diagrama de Pareto (Figura 23) ilustra la importancia de los factores objeto de estudio. Los coeficientes de regresión muestran el error estándar, el valor t-student (en función de los grados de libertad y del error experimental) y la probabilidad de los términos lineal (L), cuadrático (Q) y de interacción de las variables jarabe de yacón ( $x_2$ ) y zumo de cocona ( $x_1$ ).

**Tabla 35**

*Coefficientes de regresión del atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional*

	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t (5)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Media</b>	5.786588	0.172567	33.53236	<b>0.000000</b>
<b>X<sub>1</sub>(L)</b>	-0.395371	0.204170	-3.87297	<b>0.011725</b>
<b>X<sub>1</sub>(Q)</b>	0.700464	0.152800	4.58419	<b>0.005925</b>
<b>X<sub>2</sub>(L)</b>	-0.287871	0.204170	-2.81992	<b>0.037112</b>
<b>X<sub>2</sub>(Q)</b>	-0.343286	0.152800	-2.24664	0.074591
<b>X<sub>1</sub>.X<sub>2</sub></b>	-0.086317	0.331087	-0.26071	0.804714

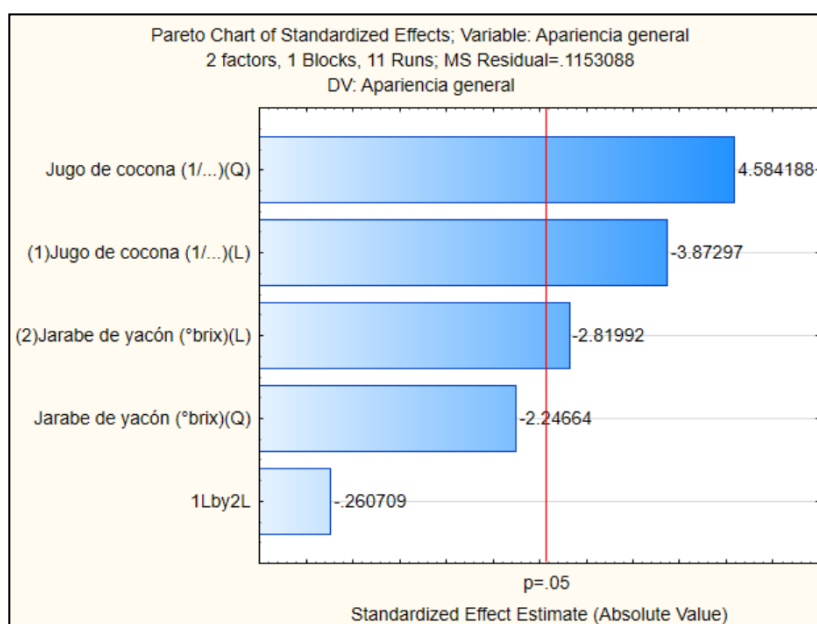
X<sub>1</sub>=Jugo de cocona, X<sub>2</sub>= Jarabe de yacón, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ).

Excluyendo los términos no significativos ( $p > 0,05$ ), el valor R<sup>2</sup> del diseño experimental para el atributo APARIENCIA GENERAL era de 93,42%; el nuevo valor R<sup>2</sup> era de 86,84%; este valor era superior al 70%, lo que indica que el diseño propuesto era adecuado. La proximidad de los valores centrales obtenidos (T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub> y T<sub>11</sub>) indica que el diseño es repetible.

**Figura 23**

*Diagrama de Pareto para el atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional*



El modelo para el atributo Aspecto general de la bebida funcional, los términos lineal y cuadrático jugo de cocona y el término lineal jarabe de yacón, demostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), según el análisis de varianza (ANOVA) de la Tabla 36. El valor  $R^2$  fue de 0,8684, lo que también permitió representar la superficie de respuesta (Figura 22).

**Tabla 6**

*ANOVA para el atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional*

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)JC (1:...)(L)	1.729618	1	1.729618	14.99989	<b>0.011725</b>
JC (1:...)(Q)	2.423188	1	2.423188	21.01478	<b>0.005925</b>
(2)JY (*brix)(L)	0.916931	1	0.916931	7.95196	<b>0.037112</b>
JY (*brix)(Q)	0.582007	1	0.582007	5.04738	0.074591
1L by 2L	0.007837	1	0.007837	0.06797	0.804714
Error	0.576544	5	0.115309		
<b>Total SS</b>	<b>8.763764</b>	<b>10</b>			

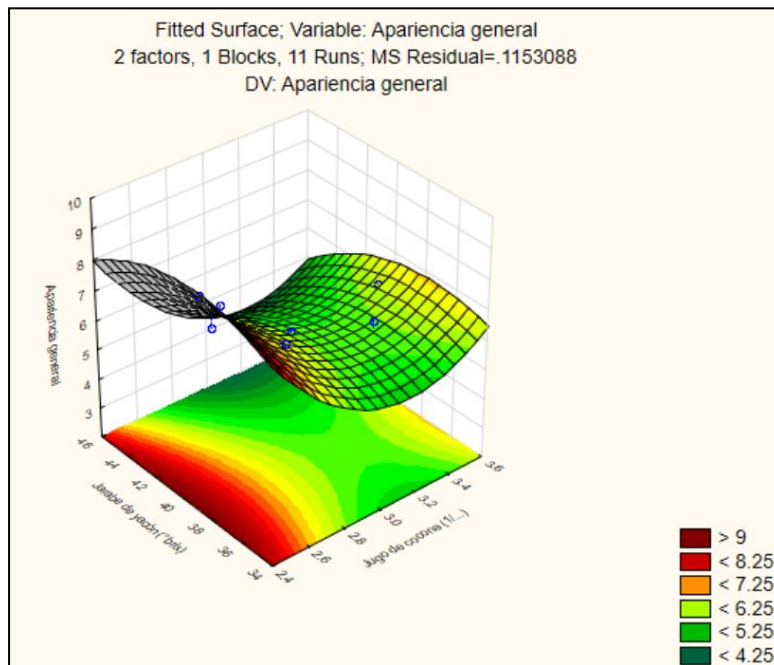
JC=Jugo de cocona, JY=Jarabe de yacón  
Fuente: Statística v. 12.0

La siguiente ecuación ilustra el modelo codificado que se creó utilizando el coeficiente de regresión y los datos del ANOVA.

$$AG = 5,7866 - 0,3953x_1 + 0,7005x_1^2 - 0,2878x_2 - 0,3433x_2^2 - 0,0863x_1 \cdot x_2 \dots (10)$$

**Figura 24**

*Superficie de respuesta del atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional*



Es posible determinar las concentraciones ideales de jarabe de yacón y jugo de cocona a utilizar para producir una bebida con la mayor puntuación de APARIENCIA GENERAL posible analizando la superficie de respuesta de la Figura 24, que muestra la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo APARIENCIA GENERAL de la bebida funcional. Derivamos la ecuación (10) en función de las variables objeto de estudio para alcanzar estas concentraciones, de la siguiente manera:

Respecto a la variable  $x_1$  (dilución de Jugo de cocona):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,3953 - 0,704x_2 = 0$$

$$x_1 = 0,56$$

Para la variable  $x_2$  (Concentración de jarabe de yacón):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0,2878 - 0,3433x_2 = 0$$

$$x_2 = 0,83$$

Dado que  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados, para determinar los valores reales debe utilizarse la planificación estadística que figura en el Cuadro 6. Las concentraciones ideales de zumo de cocona y jarabe de yacón son una dilución de pulpa/agua (1:3,1) y 38,51°brix, respectivamente, para que la bebida funcional exhiba la puntuación más alta del atributo ASPECTO GENERAL. La superficie de respuesta de la figura 24 ofrece una representación visual de estos valores.

Según el software STATISTICA v.12, al evaluar los resultados del análisis sensorial, para el atributo **olor** de la bebida funcional a base de jugo de cocona endulzada con jarabe de yacón, el valor óptimo por parte de los jueces corresponde cuando se utilice jugo de cocona en la dilución pulpa/agua (1:3,1) y de jarabe de yacón a la concentración de 38,54°brix, que correspondería al valor evaluado de 7,29 entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”, según la escala hedónica utilizada.

Para el atributo **color** de la bebida funcional, el valor óptimo por parte de los jueces corresponde cuando se utilice jugo de cocona en la dilución pulpa/agua (1:3,1) y de jarabe de yacón a la concentración de 38,5°brix, que correspondería al valor evaluado de 8,0 “me gusta mucho”, según la escala hedónica utilizada.

Para el caso del atributo **sabor** el valor óptimo de la bebida por parte de los jueces corresponde cuando se utilice jugo de cocona en la dilución pulpa/agua (1:3,1) y de jarabe de yacón a la concentración de 38,52°brix, que correspondería al valor evaluado de 8,43 entre “me gusta mucho” y me gusta muchísimo”, según la escala hedónica utilizada.

Para el caso del atributo **apariciencia general** el valor óptimo de la bebida por parte de los jueces corresponde cuando se utilice jugo de cocona en la dilución pulpa/agua (1:3,1) y de jarabe de yacón a la concentración de 38,52°brix, que correspondería al valor evaluado de 8,38 entre “me gusta mucho” y me gusta muchísimo”, según la escala hedónica utilizada.

Con lo descrito y el análisis estadístico realizado con el software STATISITCA se puede deducir que la bebida funcional a base de jugo de cocona endulzada con

jarabe de yacón tiene aceptabilidad general por parte de los consumidores por la puntuación obtenida sensorialmente, y para ello en la formulación se debe utilizar: Dilución de jugo de cocona (1:3,1) y concentración de jarabe de yacón de 38,5 °brix.

Además, los valores fisicoquímicos evaluados como sólidos solubles (°brix), vitamina C, pH y acidez titulable a la bebida funcional le confiere característica especial, muy nutritiva y saludable, al contener solo jugo de cocona y jarabe de yacón, no se añadió azúcar refinada, saborizantes, ni conservantes, ni ningún otro aditivo.

Aunque el uso de estabilizantes como la carboximetilcelulosa (CMC) no está contemplado en la Norma Técnica Peruana, este aditivo se utiliza frecuentemente para aumentar la estabilidad de las bebidas a base de frutas y evitar la precipitación de sólidos insolubles. Por esta razón, se utilizó en este estudio en cantidades que oscilan entre 0,1 y 0,15%.

Características como el color, el olor, el sabor y la textura se utilizan para calibrar el grado de satisfacción o aceptación de un producto, pero la valoración que el consumidor hace del producto basándose en su propia escala de apreciación es el principal indicador (Anzaldúa, 1994).

## CONCLUSIONES

- ✓ Los valores fisicoquímicos del jugo de cocona fueron: humedad (84,08% ± 1,36), proteína (2,58% ± 0,11), grasa (1,09% ± 0,03), cenizas (0,71% ± 0,08), fibra cruda (5,69% ± 0,09), carbohidratos (5,85% ± 0,12), pH (3,62 ± 0,04), sólidos solubles (7,14 ± 0,09), acidez titulable (3,21 ± 0,10), vitamina C (mg/100 ml) (5,23 ± 0,12) y de la pulpa de yacón fueron: humedad (79,06% ± 1,82), proteína (1,43% ± 0,09), grasa (0,47% ± 0,07), cenizas (2,81% ± 0,11), Fibra cruda (6,12% ± 0,12), carbohidratos (10,11% ± 0,43), pH (6,19 ± 0,06), sólidos solubles (8,82 ± 0,10), acidez titulable (0,28 ± 0,02), vitamina C (mg/100 ml) (15,08 ± 0,55)
- ✓ Los valores funcionales del jugo de cocona fueron: Polifenoles totales (123,38 ± 0,75 mg G.A.E./100 g), capacidad antioxidante (321,16 ± 0,94 µM trolox/100 g) y del jugo de yacón fueron: Polifenoles totales (70,09 ± 1,12 mg G.A.E./100 g), capacidad antioxidante (391,32 ± 1,44 µM trolox/100 g)
- ✓ Según la evaluación estadística por el método de superficie de respuesta se comprobó que el uso de jugo de cocona y jarabe de yacón en la bebida funcional tuvo influencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) sobre la evaluación fisicoquímica, mostrando los mejores valores de sólidos solubles (12,54°brix), vitamina C (1,43 mg/100 ml), pH (3,83), acidez titulable (0,677%) cuando se emplearon una dilución de jugo de cocona (1:2,5) y jarabe de yacón a 40°brix.
- ✓ Según la evaluación estadística por el método de superficie de respuesta se comprobó que el uso de jugo de cocona y jarabe de yacón en la bebida funcional tuvo influencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) sobre la evaluación funcional, mostrando los mejores valores de polifenoles totales (56,87 mg G.A.E./100 g) y capacidad antioxidante (170,80 µM trolox/100 g), cuando se emplearon una dilución de jugo de cocona (1:2,5) y jarabe de yacón a 40°brix.
- ✓ Los atributos sensoriales evaluados por los panelistas de la bebida funcional de jugo de cocona endulzada con jarabe de yacón mostraron valores de: olor (7,29); color (8,00); sabor (8,43) y apariencia general (8,38) para una formulación de dilución de jugo de cocona (1:3,1) y concentración de jarabe de yacón de 38,5°brix, valores que según escala hedónica corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.
- ✓ La bebida funcional a base de jugo de cocona endulzada con jarabe de yacón tuvo aceptabilidad sensorial, además los parámetros fisicoquímicos encuadran al producto como nutritivo, funcional y saludable, que puede ser consumido por la población en general.

## RECOMENDACIONES

- Analizar la vida útil y las propiedades reológicas de la bebida funcional utilizando zumo de cocona endulzado con jarabe de yacón.
- Para evaluar la rentabilidad económica de la bebida funcional, realizar un análisis técnico-económico.
- Realizar investigaciones para crear bebidas funcionales que incorporen harinas pseudocereales y otras frutas exóticas, como kiwicha y cañihua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamar Pérez, T. de J., Castro Escorcia, Y., & Blanco Villadiego, D. B. V. (2020). *Elaboración de un sirope a partir del yacón (Smallantus Sonchifolius) como alternativa de endulzante natural*. *Revista Gipama*, 1(1), 233–239. Recuperado a partir de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3223>.
- Augusto-Elías-Peñañiel, C. C., Obregón-La Rosa, A. J., Contreras-López, E., Arias-Arroyo, G. C., & Bracamonte-Romero, M. . (2021). *Características físicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas*. *Revista De Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 23(1), 17-25. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.202>.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. (E. Quintanar Duarte, Ed.; 4.a ed.). Pearson Educación.
- BALCAZAR, L., CARBAJAL, C., ANTEPARRA, E. y CABEZAS, O., 2011. *El cultivo de cocona*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). S.l.: s.n. ISBN 9789972501258.
- BARRIOS, O., 2017. *Formulación Y Aceptabilidad De Una Bebida Funcional a Base De Lactosuero, Suplementada Con Colágeno*. Estudio Realizado En Una Industria Láctea Del Municipio De San Cristobal Totonicapán, Departamento De Totonicapán, Guatemala. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2017/09/15/Barrios-Olivia.pdf>.
- Beltrán, A., & Mera, J. (2014). *Elaboración del tuberculo mashua (tropaolum tuberosum) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/reduq/3504>.
- Beltrán, M., Tzatzil, G., Oliva, T., & Gallardo, G. (2009). *Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (Stenocereus stellatus Riccobono)*. *Agrociencia*, 43(2).153-162 pp. ISSN 2521-9766.
- Caballero, L., & Colonia, A. (2018). *Yacon como planta promisoría en el manejo de enfermedades*. *Investigaciones Andina*, 20(36), 145-157 pp.
- Casas, N., Salgado, Y., Moncayo, D., & Cote, S. (2016). *Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y mango (Mangifera indica)*. . *Rev. Agroind Sci* , 6: 77-83.

- Castañeda, B., Llica, E., & Vásquez, L. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. . *Horizonte Médico*, 8(1).
- Chávez, J. S. (2007). *Elaboración y caracterización de un jarabe de yacón (Smallanthus sonchifolius) procedente de la provincia de Huancabamba. [Universidad Nacional de Piura].*
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.025>.
- CHIROQUE, J., DIOSES, E. y MASIAS, T., 2019. ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA FUNCIONAL A PARTIR DE LA GRANADA (*Punica granatum L.*), EDULCORADO CON ESTEVIA (*Stevia rebaudiana Bertoni*) EN LA CIUDAD DE PIURA – PERU. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1867>.
- CODEX. (2005). CODEX STAN 247-2005: Norma General del CODEX para Zumo (Jugos) y Néctares de Frutas. [http://www.fao.org/input/download/standards/10154/CXS\\_247s.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/10154/CXS_247s.pdf).
- Colodel, C., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2019). Acid extraction and physicochemical characterization of pectin from cubiu (*Solanum sessiliflorum D.*) fruit peel. *Food Hydrocolloids*, 86, 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.06.013>.
- CONTRERAS, E. y PURISACA, J., 2018. “Elaboración y evaluación de bebida funcional a partir de yacón (*smallanthus sonchifolius*) y piña (*anasas comosus*) endulzado con stevia”. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3060>.
- Coussement, P. A. A. (1999). Inulin and Oligofructose: Safe Intakes and Legal Status. *The Journal of Nutrition*, 129(7), 1412S-1417S. <https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1412S>.
- Crispin R. (2011). *Evaluación de la capacidad antioxidante de productos tradicionales de la Región Junín “Granadilla, Guinda, Habas, Quiwicha, Oca, Quinoa, Tuna, Tumbo y Yacón. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1219>.*
- De Moura, N. A., Caetano, B. F. R., Sivieri, K., Urbano, L. H., Cabello, C., Rodrigues, M. A. M., & Barbisan, L. F. (2012). Protective effects of yacón

- (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. *Food and Chemical Toxicology*, 50(8), 2902-2910. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.006>.
- Derkyi, N. S. A., Acheampong, M. A., Mwin, E. N., Tetteh, P., & Aidoo, S. C. (2018). Product design for a functional non-alcoholic drink. *South African Journal of Chemical Engineering*, 25, 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2018.02.002>.
- Drago, M. E., López, M., & Saínez, T. del R. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58-68.
- FERNANDES, D., KIYOKO, L., LOPES, J.P., CARMO, M. y PINHEIRO, L.H., 2005. Caracterização e avaliação do potencial agrônomo e nutricional de etnoviedades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. *Acta Amazonica*, vol. 35, no. 4, pp. 399-406. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000400003>.
- Fernández, E. C., Rajchl, A., Lachman, J., Čížková, H., Kvasnička, F., Kotíková, Z., Milella, L., & Voldřich, M. (2013). Impact of yacon landraces cultivated in the Czech Republic and their ploidy on the short- and long-chain fructooligosaccharides content in tuberous roots. *LWT - Food Science and Technology*, 54(1), 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.013>.
- GONZALES, A., 2007. *Frutales Nativos Amazónicos. Patrimonio Alimenticio de la Humanidad. FRUTALES NATIVOS AMAZÓNICOS. S.l.: s.n., pp. 39.*
- Instituto Cultural Pachayachachiq. (2018). *El Yacón, sus características y propiedades.* Obtenido de <http://www.pachayachachiq.org/yacon-caracteristicas-propiedades/>.
- INDECOPI. (2009). NTP 203.110:2009 Jugos, Néctares y Bebidas de Fruta. Requisitos. <https://es.scribd.com/doc/285300947/NTP-NECTAR>.
- Inga, M., Betalleluz, I., Kina, M., & Campos, D. (2015). OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LOS FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 263-272. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i3.31>.
- Jiménez, P. (2018). Cocona—*Solanum sessiliflorum*. In S. Rodrigues, E. de Oliveira Silva, & E. S. de Brito (Eds.), *Exotic Fruits* (pp. 153-158). doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00020-4>.
- Juliano B y Tapia V. (2020). ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FUNCIONAL DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), EDULCORADO CON JARABE DE YACÓN

- (*Smallantus sonchifolius*). Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santa María. Arequipa. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9907>.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726-732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>.
- Manrique, I. P. (2005). *Jarabe de yacón: principios y procesamiento*. (Vol. 8). Lima, Perú.
- Manrique, I., Hermann, M., & Bernet, T. (2004). Yacón—Ficha Técnica. (p. 2). Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://core.ac.uk/download/pdf/48032371.pdf>.
- Marín Fernández, A., Buendía, B., Allende Prieto, A., & Tomás Barberán, F. A. (2007). Estabilidad de los compuestos bioactivos de fresa sometida a tratamientos postcosecha oxidativos y atmosféricos. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/12260>.
- Martínez J. (2018). Efecto de la temperatura de almacenamiento y escaldado de yacón (*Smallanthus sonchifolia*) sobre la enzima peroxidasa y variación de vitamina C. tesis de pregrado UNSCH. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3387>.
- MINSA. (2016). Sala Situacional Alimentaria Nutricional 3: Micronutrientes. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4528276/01\\_Sala\\_Situacional\\_Alimentaria\\_Nutricional\\_3\\_MicronutrientesKtEgd.pdf?v=1683577258](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4528276/01_Sala_Situacional_Alimentaria_Nutricional_3_MicronutrientesKtEgd.pdf?v=1683577258).
- Muñoz J., Ana María; Blanco B., Teresa; Serván T., Karin; Alvarado-Ortíz U., Carlos. (2006). Evaluación del contenido nutricional de yacón (*Polimnia sonchifolia*) procedente de sus principales zonas de producción nacional *Horizonte Médico*, vol. 6, núm. 2, pp. 69-73. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3716/371637114001.pdf>.
- Mussatto, S. I., & Mancilha, I. M. (2007). Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers*, 68(3), 587-597. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.12.011>.
- NARVAEZ. G. L. V. (2020). PRODUCCIÓN DE HARINA DE JÍCAMA (*Smallanthus sonchifolius*) PARA LA FORMULACIÓN DE GALLETAS ENRIQUECIDA CON HARINA DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa Willd*) (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).

- OBREGÓN A. (2020). COMPONENTES DE FRUTOS NATIVOS COMO FUENTE POTENCIAL DE NUTRIENTES EN EL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL ÓPTIMO DE GRUPOS VULNERABLES. Tesis doctoral. Universidad Nacional Federico Villareal. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/4155>.
- Obregón-La Rosa, Antonio José, Augusto Elías-Peñañiel, Carlos César, Contreras-López, Eliana, Arias-Arroyo, Gladys Constanza, & Bracamonte-Romero, Michael. (2021). Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 17-25. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.202>.
- Pedreschi, R., Campos, D., Noratto, G., Chirinos, G., & Cisneros-Zevallos, L. (2003). Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp&Endl.) Fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. *J Agric Food Chem*, 51: 5278-5284.
- Peñarrieta, J. M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Phenolic Compounds in Food. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81.
- PEREIRA, Z.R.F., 2001. EFEITO HIPOGLICÊMICO DA FIBRA DO CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM RATOS DIABÉTICOS. S.l.: s.n.
- Quispe-Herrera, R., Paredes Valverde, Y., & Roque Huamani, J. R. (2022). Antioxidant capacity and proximal analysis of *Solanum sessiliflorum* Dunal and *Chenopodium quinoa* Willdenow nectar-based. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2), 47706. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47706>.
- Ramón-Valderrama, J. A., & Galeano-García, P. L. (2020). Actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos metanólicos de hojas de plantas del género *Solanum*. *Información Tecnológica*, 31(5), 33-42. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642020000500033>.
- RAMOS, R. (2007). Estudio químico bromatológico de algunas variedades de Yacón. Lima.
- Ravani, A., & Joshi, D. C. (2011). STANDARDIZATION OF PROCESSING PARAMETERS FOR THE PRODUCTION OF READY-TO-SERVE UNRIPE MANGO BEVERAGE (PANA). *Asian Journal Of Dairy and Food Research*, 30(2), 94-98. Obtenido en: <https://arccjournals.com/journal/asian-journal-of-dairy-and-food-research/ARCC992>.
- Reyes M. Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F y Ganoza L. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. – Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.

- Rivero, M., & Rodriguez, M. (2015). La importancia de los ingredientes funcionales en las leches. *Nutrición hospitalaria*, 135-146. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112005000200011](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112005000200011).
- Roberfroid, M. (1999). Caloric Value of Inulin and Oligofructose. *The Journal of Nutrition (Supplement)*, 129: 1436S-1437S.
- Sánchez, S., & Genta, S. (2007). Yacon: Un potencial producto natural para el tratamiento de la diabetes. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 6 (5). 162-164 pp. Recuperada de <https://www.redalyc.org/pdf/856/85617508014.pdf>.
- Sánchez-Moreno, C. (2002). Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. *Food Science and Technology International*, 8(3), 121-137. <https://doi.org/10.1106/108201302026770>.
- Santander, M., Osorio, O., & Mejia, D. (2017). Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida mixta durante almacenamiento refrigerado. *Rev. Cienc. Agr.* 34(1): 84-97. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.65>.
- Sereno, A. B., Bampi, M., dos Santos, I. E., Ferreira, S. M. R., Bertin, R. L., & Krüger, C. C. H. (2018). Mineral profile, carotenoids and composition of cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), a wild Brazilian fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 72, 32-38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.06.001>.
- SILVA, D., MACHADO, M.F., NODA, H., YUYAMA, L.K.O., AGUIAR, J.P.L. y GOMES SOUZA, V., 2012. CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal): ASPECTOS AGRONÔMICOS E NUTRICIONAIS. S.l.: s.n.
- SILVA, D.F., 1998. COCONA (*Solanum sessiliflorum* Dunal): Cultivo y utilización. S.l.: s.n.
- SILVÉRIO, T.P. y BERLINGIERI, M.F., 2018. Produtos Alimentícios a Base De Cubiu (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) Como Oportunidade a Agroindústria. *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, vol. 11, no. 01, pp. 241-250. DOI 10.24979/162.
- Takenaka, M., Yan, X., Ono, H., Yoshida, M., Nagata, T., & Nakanishi, T. (2003). Caffeic Acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *J Agric Food Chem*, 51:793-796.

*Viñas Almenar, M. I., Usall Rodie, J., Echeverría Cortada, G., Graell Sarle, J., Lara Ayala, I., & Recasens Ginjuan, D. I. (2013). Poscosecha de pera, manzana y melocotón. In (Ediciones Paraninfo SA ed., pp. 358) Mundi-Prensa.*

*YUYAMA, L.K.O., MACEDO, S.H.M., AGUIAR, J.P.L., FILHO, D.S., YUYAMA, K., FÁVARO, D.I.T. y VASCONCELLOS, M.B.A., 2007. Quantificação de macro e micro nutrientes em algumas etnovariedades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Acta Amazonica*, vol. 37, no. 3, pp. 425-429. ISSN 00445967. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300014>.*

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### FICHA TÉCNICA DEL YACÓN

# YACÓN

## Ficha Técnica

Yacón - Ficha Técnica. Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú  
Diciembre 2004  
www.cipotato.org/artc/cipcrops/fichatecnicayacon.pdf  
ISBN 92-9060-243-0

Iván Manrique, Michael Hermann y Thomas Bernet

#### Taxonomía<sup>1</sup>

El yacón pertenece a la familia de las compuestas (Compositae o Asteraceae). Su nombre científico es *Smallanthus sonchifolius*. Previamente se le ha identificado como *Polymnia sonchifolia* o *Polymnia edulis*. Los nombres comunes que se usan en diferentes partes de los Andes son yacón, llacón, aricoma, jicama y algunos derivados de éstos, como llagon, llacum, llacuma, yacumpi, aricuma, chicama, jiquima y jiquimilla.

I. Manrique



Agricultor de yacón. Caja de Selva en Sandía, Puno, febrero 2004.

#### Descripción y usos tradicionales

El yacón es una planta perenne y de porte herbáceo que llega a medir entre 1.5 y 2.5 m de altura. La planta produce raíces reservantes (conocidas con el nombre de yacón) que tienen un agradable y ligero sabor dulce y que por lo general son consumidas crudas, como frutas. Tradicionalmente el yacón es consumido para calmar la sed durante las faenas de trabajo en el campo. En algunas localidades es usado para rejuvenecer la piel y aliviar problemas gastrointestinales, hepáticos y renales. También es usado como ofrenda en algunas festividades religiosas en los Andes.

#### Distribución geográfica

Su hábitat original son las tierras altas de los Andes, desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina, entre los 1800 y 2800 msnm, en climas templados montañosos. Sin embargo, se adapta fácilmente a una diversidad amplia de climas y suelos, desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm. La helada destruye la planta. En 1982 el yacón fue introducido a Nueva Zelanda y desde este país a Japón en 1985. En la actualidad se siembra en Brasil, Corea, República Checa, Rusia, Taiwán y algunos lugares en Estados Unidos.

#### Zonas de producción

En casi todos los departamentos del Perú se siembra yacón, siendo Amazonas, Cajamarca, Oxapampa, Huánuco y Puno los lugares con mayor área sembrada. En el Perú, el área estimada de siembra con fines comerciales en el 2002 fue de 600 ha. En Bolivia y Ecuador su cultivo es menor y se destina principalmente al autoconsumo. En Argentina se siembra sólo en las provincias norteañas de Jujuy y Salta. Fuera de los Andes, Brasil (Sao Paulo) y Japón (con 100 ha) son los países con mayor área de cultivo.

#### Cultivares

Debido a que existe poca variación en la parte aérea de las plantas, los cultivares de yacón se diferencian por el color de la cáscara y la pulpa de la raíz. La pulpa puede ser de color cremoso, anaranjado, rojizo, morado o con jaspeados morados, pero más comunes son los

cultivares de pulpa anaranjada y cremosa. No se conoce el número de cultivares pero se estima que podrían ser entre 20 y 30.

#### Propagación

El yacón es propagado vegetativamente por medio del rizoma, un órgano subterráneo de la planta del cual se puede obtener entre 6 a 14 propágulos. Otros métodos de propagación -no tradicionales- incluyen los nudos y los esquejes de tallo. La reproducción sexual del yacón es difícil debido a la escasa formación de semilla sexual fértil.

#### Cultivo

En los Andes se siembra el yacón mayormente entre los meses de septiembre a noviembre, en la época de inicio de las lluvias. Sin embargo, en terrenos con riego y sin presencia de heladas, la siembra se puede realizar en cualquier época del año.

El yacón crece mejor en suelos ricos en materia orgánica y de pH neutro a ligeramente ácido. Los distanciamientos entre plantas varían de 0.6 a 1.0 m y entre surcos de 0.8 a 1.0 m. Los requerimientos de agua son relativamente altos (>800 mm) y la escasez de agua puede afectar fuertemente el rendimiento.

La duración del ciclo de cultivo varía entre 6 y 12 meses, dependiendo principalmente de la altura de la localidad de siembra.

#### Rendimiento

Si bien en Sao Paulo (Brasil) se han reportado rendimientos de raíces de hasta 100 t/ha, el rendimiento promedio en condiciones alto andinas varía entre 20 a 40 t/ha. Algunos cultivares tienen un rendimiento mayor que otros, pero el medio ambiente -localidad, fertilización, época de siembra- pueden modificar significativamente la capacidad productiva.

#### Composición química

Las raíces frescas acumulan principalmente agua y carbohidratos (ver tabla). Entre el 40 a 70% del peso seco está en forma de oligofructosa (OF) - un azúcar especial que tiene varios efectos favorables en la salud- y 15 a 40% está en forma de azúcares simples: sacarosa, fructosa y glucosa. El contenido de otros nutrientes es bajo, sólo el potasio se encuentra en cantidades importantes.

Tanto las raíces como las hojas contienen compuestos con un alto poder antioxidante: ácido clorogénico, triptófano y varios fenoles derivados del ácido cafeico.

#### Manejo poscosecha<sup>2</sup>

Con la cosecha de las raíces empieza un rápido proceso

Campo experimental de yacón en el CIP, La Molina, Lima, octubre 2004.



I. Manrique

**Tabla nutricional del yacón (100 g de raíz fresca sin cáscara)**

Compuesto	Rango
Agua	85 – 90 g
Oligofruktosa (OF)	6 – 12 g
Azúcares simples*	1,5 – 4 g
Proteínas	0,1 – 0,5 g
Potasio	185 – 295 mg
Calcio	6 – 13 mg
Calorías	14 – 22 kcal

\* Incluye sacarosa, fructosa y glucosa.

de conversión de la OF en azúcares simples. Después de una semana en almacenamiento a temperatura ambiente, el contenido de OF puede disminuir en un 30 a 40%. Así, con el fin de obtener productos con el mayor contenido posible de OF es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha o refrigerarlas para disminuir la tasa de degradación de la OF. Por otro lado, la costumbre tradicional de solear (exponer al sol) las raíces por unos días para que se vuelvan más dulces, acelera el proceso de conversión de la OF en azúcares simples.

Para evitar la degradación de la OF en el procesamiento, es preferible no exceder temperaturas superiores a 120°C.

### Efectos sobre la salud<sup>3</sup>

Debido a que el consumo de OF aporta pocas calorías (1,5 kcal/g), sin elevar el nivel de glucosa en la sangre, la raíz puede ser consumida por diabéticos y personas que desean bajar de peso. A la vez, siendo la OF un prebiótico (reconstituyente de la microflora intestinal) y un tipo de fibra soluble, ayuda a prevenir el estreñimiento. Estudios con animales indican que la OF promueve la asimilación de calcio, reduce el nivel de colesterol, fortalece el sistema inmunológico y disminuye el riesgo de desarrollar lesiones cancerosas en el colon.

Además, las raíces y las hojas contienen polifenoles con actividad antioxidante, compuestos que han sido asociados con la prevención del cáncer y la arteriosclerosis. Se ha demostrado que la infusión de las hojas –ricas en polifenoles– reduce el nivel de glucosa en la sangre en ratas diabéticas y no diabéticas<sup>4, 5</sup>.

### Oportunidades de mercado

Debido a la alta perecibilidad de las raíces y las hojas, los productos procesados ofrecen una alternativa a la comercialización tradicional de raíces frescas. Desde el 2003 varios supermercados del Perú

Productos procesados de yacón. Muestras de Brasil, Japón y Perú.



I. Manrique

ofrecen diferentes productos procesados: jarabe, zumo, mermelada, hojuelas y té. Aunque la producción aún es en pequeña escala, ya se ha empezado a exportar yacón a Japón, Estados Unidos y algunos países europeos. La gran demanda de información sobre el yacón indica que hay mucho interés en este cultivo, en varios países del mundo.

### Retos para la investigación

Hoy el yacón se comercializa como un 'nutracéutico', un alimento saludable que ayuda prevenir ciertas enfermedades. Sin embargo, se requieren estudios clínicos que comprueben estos efectos sobre la salud. Por otro lado, hace falta investigar con más profundidad la diversidad genética del yacón para promover variedades con ciertas ventajas para su procesamiento y uso: mayor contenido de OF, mayor rendimiento de raíces y hojas, mayor contenido de polifenoles, etc.



I. Manrique

Raíces reservantes de yacón.

### Referencias

1. Grau A & J Rea. 1997. Yacon, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M & J Heller (eds.); Andean roots and tubers: Ahípa, arracacha, maca yacón. 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. <http://www.cipotato.org/market/ARTChermann/yacon.pdf>
2. Graefe S, Hermann M, Manrique I, Golombek S & A Bürkert. 2004. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacón roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research* 86: 157-165.
3. Seminario J, Valderrama M & I Manrique. 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. [http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacon\\_Fundamentos\\_password.pdf](http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacon_Fundamentos_password.pdf)
4. Aybar MJ, Sánchez Riera AN, Grau A & SS Sánchez. 2001. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacón) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 74: 125-132.
5. Valentová K, Moncion A, de Waziers I & J Ullrichová. 2004. The effect of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts on rat hepatic metabolism. *Cell Biology and Toxicology* 20 (2): 109-120.

**INTERNACIONAL**

El Centro Internacional de la Papa (CIP) contribuirá a reducir la pobreza y el hambre, a mejorar la salud humana, desarrollar sistemas de sustento rurales y urbanos sostenibles y robustos, y mejorar el acceso a los beneficios de los conocimientos y las tecnologías modernas. El CIP, un Centro Mundial, afrontará estos desafíos ejecutando y convocando investigaciones y alianzas que se centren en la papa, el camote, las raíces y los tubérculos andinos, y los sistemas de montaña y otras zonas menos favorecidas en donde el CIP puede contribuir a un desarrollo humano saludable y sostenible.

[www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)

**FUTURE HARVEST**

El CIP es un centro perteneciente a Future Harvest (Cosecha del Futuro), y recibe la mayor parte de su financiamiento de un grupo de gobiernos, fundaciones privadas y organizaciones internacionales y regionales que conforman el Grupo para la Investigación Agrícola Internacional, más conocido por sus siglas en inglés CGIAR.

[www.futureharvest.org](http://www.futureharvest.org) • [www.cgiar.org](http://www.cgiar.org)

## ANEXO 2

### FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA BEBIDA FUNCIONAL

Sexo: F      M                                      Edad:                                      Fecha:      /      /

---

**Instrucciones:** Está recibiendo muestras codificadas muestras de “bebida funcional”, observe y evalúe cada una de ellas en los atributos: **Olor, Color, Sabor** y **Apariencia general**, tome agua antes de probar cada muestra. Indique el grado de aceptabilidad, basado en la siguiente tabla.

Escriba el número de la muestra y luego otorgue la calificación según cada atributo.

Grado de aceptabilidad	Descripción
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

---

MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	APARIENCIA GENERAL

### ANEXO 3

#### PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1 Para obtener jugo de cocona



##### 3.2 Para obtener jarabe de yacón





**3.3 Para obtener la bebida funcional a base de jugo de cocona endulzada con jarabe de yacón**





**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y  
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

**Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)****Expositor: Erik Paredes Robles  
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2472411****Resolución Decanal N° 245-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 29-11-2024**

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las dos de la tarde con cinco minutos del día martes tres de diciembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Erik Paredes Robles**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA y Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Wuelde Cesar DIAZ MALDONADO (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)**, presentado por el Bachiller **Erik Paredes Robles**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 245-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Erik Paredes Robles**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE, Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA. Luego el Presidente invitó al Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y  
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

**Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)****Expositor: Erik Paredes Robles  
Bachiller en Ingeniería Agroindustria****Expediente N° 2472411    Resolución Decanal N° 245-2024-UNSCH-FIQM/D    Fecha: 29-11-2024**


Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Erik Paredes Robles**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las nueve de la mañana con cincuenta y cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

  
.....  
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA  
Presidente

  
.....  
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA  
Miembro

  
.....  
Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA  
Miembro

  
.....  
Mg. Fredy Robér PARIONA ESCALANTE  
Miembro

  
.....  
Mg. Wuelde Cesar DIAZ MALDONADO  
(Secretario Docente(e))



**UNSCH**

FACULTAD DE  
**INGENIERÍA QUÍMICA  
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis M.Sc. PERCY FERMÍN VELÁSQUEZ CCOSI, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

**Tesis** Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Nombre y Apellido : Bach. Erik PAREDES ROBLES  
Identificador de entrega : 2614881735  
Fecha : 14-mar-2025 06:27p.m. (UTC-0500)  
Archivo : Tesis\_Final\_EPR\_14.03.25.doc (15.07M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 26 % de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 24 de marzo del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA  
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
  
Ing. Percy Fermín Velásquez Ccosi  
DIRECTOR

C.c.  
Const. N°002-2025  
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
Av. Independencia S/N - Ayacucho  
Telf. 066-303496  
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

# Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum* dunal) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

*por* Erik Paredes Robles

---

**Fecha de entrega:** 14-mar-2025 06:27p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2614881735

**Nombre del archivo:** Tesis\_Final\_EPR\_14.03.25.doc (15.07M)

**Total de palabras:** 18385

**Total de caracteres:** 101890

# Determinación de parámetros óptimos en una bebida funcional a base de cocona (*Solanum sessiliflorum* dunal) endulzada con jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga</b> Trabajo del estudiante	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unapiquitos.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unsch.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unf.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>10</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

11	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://www.cofece.mx">www.cofece.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://pdfs.semanticscholar.org">pdfs.semanticscholar.org</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://dspace.espech.edu.ec">dspace.espech.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo