

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE
DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



“Demostración de un modelo matemático para el endulzamiento óptimo del
néctar de frutas con sacarosa”

Tesis, presentada por:

Bach. LOPEZ FLORES, Néstor
Oswaldo

Para optar al título Profesional de
Ingeniero Agroindustrial

Asesor: Dr. COLQUEHUANCA
VILCA, Julián

Puerto Maldonado 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE
DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



“Demostración de un modelo matemático para el endulzamiento óptimo del
néctar de frutas con sacarosa”

Tesis, presentada por:

Bach. LOPEZ FLORES, Néstor
Oswaldo

Para optar al título Profesional de
Ingeniero Agroindustrial

Asesor: Dr. COLQUEHUANCA
VILCA, Julián

Puerto Maldonado 2023

TURNITIN_NESTOR LOPEZ FLORES

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unamad.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1%

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	I
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Variables	3
1.5 Operacionalización de variables	3
1.6 Hipótesis	3
1.7 Justificación	4
1.8 Consideraciones éticas	5
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	6
2.1 Antecedentes de estudio.....	6
2.2 Base teórica	8
2.2.1 Néctar	8
2.2.2 Tecnología del néctar.....	10
2.2.3 Características del néctar	10
2.2.4 Grado Brix.....	11
2.2.5 pH	12
2.2.6 Acidez titulable	12
2.2.7 Ácidos orgánicos.....	14
2.2.8 Compuestos fenólicos.....	15
2.2.9 Radicales libres.....	16

2.2.10	Balance de masa.....	17
2.2.11	Modelo matemático	18
2.2.12	Modelado matemático	18
2.3	Definición de términos.....	20
2.3.1	Refractómetro	20
2.3.2	Balanza	21
2.3.3	Kilogramo	22
2.3.4	Carbohidratos.....	22
2.3.5	Sacarosa.....	23
2.3.6	Glucosa.....	25
2.3.7	Fructosa	25
	CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION	26
3.1	Tipo de estudio.....	26
3.2	Diseño del estudio.....	26
3.3	Población y muestra.....	26
3.3.1	Población	26
3.3.2	Muestra	27
3.4	Método y técnicas	27
3.4.1	Desarrollo del experimento	28
3.4.2	Operaciones unitarias del proceso de elaboración del néctar.....	30
3.4.3	Modelamiento matemático	31
3.4.4	Técnicas de medición	34
3.5	Tratamiento de los datos.....	34
	CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	36
4.1	Explicación de la presentación de los resultados.....	36

4.2	Cálculo de la masa de sacarosa	37
4.3	Datos obtenidos	38
4.4	Pruebas de hipótesis.....	42
4.4.1	Prueba de hipótesis 1	42
4.4.2	Prueba de hipótesis 2	46
4.4.3	Relación de gráficas.....	50
4.4.4	Discusiones.....	51
	SUGERENCIAS	54
	BIBLIOGRAFIA	55

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1: Operacionalización de variables.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 2: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), correspondientes a los dos modelos matemáticos.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 3: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), correspondientes a los dos modelos matemáticos.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 4: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), correspondientes a los dos modelos matemáticos.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 5: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de piña (*Ananas comosus*), correspondientes a los dos modelos matemáticos.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 6: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 7: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 8: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa.....¡**ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
- Tabla 9: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de piña (*Ananas comosus*), correspondientes al modelo matemático

obtenido generalmente del balance de
masa.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Tabla 10: Datos y frecuencias, correspondientes al modelo matemático
obtenido generalmente del balance de
masa.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Tabla 11: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8
néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), correspondientes al modelo
matemático propuesto en la
hipótesis.....¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.

Tabla 12: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8
néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), correspondientes al modelo
matemático propuesto en la
hipótesis.....¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.

Tabla 13: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8
néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), correspondientes al modelo
matemático propuesto en la
hipótesis.....¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.

Tabla 14: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8
néctares de piña (*Ananas comosus*), correspondientes al modelo
matemático propuesto en la
hipótesis.....¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.

Tabla 15: Datos y frecuencias, correspondientes al modelo matemático
propuesto en la
hipótesis.....¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.

INDICE DE FIGURAS

No se encontraron entradas de tabla de contenido.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Julián Colquehuanca Vilca, por su acertada función como asesor en esta investigación

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo general de demostrar la verosimilitud del modelo matemático propuesto en la hipótesis, que relaciona las variables, masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar con sacarosa.

La demostración se realizó a través de dos procesos, con el mismo néctar, con la misma masa de néctar y con el mismo grado brix final igual a 10 °B, un proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa y otro proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático propuesto en la hipótesis, en la estandarización del proceso de elaboración de 32 néctares de diferente masa, seleccionados como muestra conformada por 8 néctares de cocona, 8 néctares de maracuyá, 8 néctares de copoazú y 8 néctares de piña, que se les midió sus grados brix final respectivos, obteniéndose los datos correspondientes a cada modelo matemático, que se utilizaron en su respectiva prueba de hipótesis, mediante la distribución normal estándar, demostrándose:

Con los datos correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, que se rechaza la hipótesis nula:

$\mu \neq 10$, con un nivel de significancia del 5%,

que implica que el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

Con los datos correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis, que no se rechaza la hipótesis nula:

$\mu = 10$, con un nivel de significancia del 5%,

que implica que el modelo matemático propuesto en la hipótesis, calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

Entonces, de esta forma se demostró la verosimilitud del modelo matemático propuesto en la hipótesis, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar con sacarosa.

INTRODUCCION

Los néctares de fruta formulados con pulpa de fruta, adición de azúcar y agua, se encuentran entre las bebidas más consumidas, debido a su contenido de fruta y a su percepción "natural" (Kumar y Chail, 2019). La intensidad del dulzor es la característica más importante para la aceptación de las bebidas (Honorio et al., 2021).

En el proceso de elaboración del néctar, la estandarización es una operación unitaria importante, debido a que se regula el pH, la acidez, la uniformidad, la preservación y el dulzor del néctar, con el fin de que el néctar tenga características físico químicas y organolépticas óptimas.

En esta operación, debido a que el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcula la masa óptima de sacarosa para determinar el endulzamiento óptimo del néctar, en esta investigación se estudió el modelamiento matemático del cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar en su proceso de elaboración, relacionando las variables, masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, con el fin de obtener un modelo matemático que calcule la masa óptima de sacarosa para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

Por consiguiente, en esta investigación se demostró que el modelo matemático obtenido en el modelamiento matemático del cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar y propuesto en la hipótesis, calcula la masa óptima de sacarosa como soluto principal del néctar, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

Dada la importancia de la concentración de azúcar en las bebidas de fruta, es fundamental conocer el contenido de azúcar en una solución expresada en escala Brix (Dongare et al., 2014).

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Descripción del problema

El cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar, mediante el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa de los componentes del néctar, es inconsistente, por consiguiente, no es reproducible como método de cuantificación de sacarosa en la elaboración del néctar.

Modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa de los componentes del néctar:

$$x = \frac{M_n(\text{°}B_f - \text{°}B_i)}{100 - \text{°}B_f}$$

x: masa de sacarosa que se agrega al néctar

M_n: masa del néctar

°B_f: grados Brix final del néctar

°B_i: grados Brix inicial del néctar

Por consiguiente, en esta investigación se demostró un modelo matemático, para el endulzamiento óptimo del néctar, mediante el desarrollo experimental, en dos procesos, un proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa de los componentes del néctar y otro proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático propuesto en la hipótesis, conectados a través de las variables que relacionan los dos modelos matemáticos, masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, con el fin de dar validez al resultado.

Para demostrar la hipótesis, se midieron los grados Brix de los néctares del experimento, obteniéndose los datos correspondientes a cada modelo

matemático, que se utilizaron en su respectiva prueba de hipótesis, mediante la distribución normal estándar. Demostrándose:

a) Que se rechaza la hipótesis nula, con los datos obtenidos correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, que implica que el endulzamiento óptimo del néctar no es confiable al

$$95 \% = P(-1,96 \leq z \leq 1,96)$$

b) Que no se rechaza la hipótesis nula, con los datos obtenidos correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis, que implica que el endulzamiento óptimo del néctar es confiable al

$$95 \% = P(-1,96 \leq z \leq 1,96)$$

Entonces, de esta forma se demostró que el modelo matemático que calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar, es el modelo matemático propuesto en la hipótesis.

1.2 Formulación del problema

¿Cuán verosímil es el modelo matemático propuesto en la hipótesis, que relaciona las variables, masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar con sacarosa?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Demostrar la verosimilitud del modelo matemático propuesto en la hipótesis, que relaciona las variables, masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar con sacarosa.

1.3.2 Objetivos específicos

Formular y obtener un modelo matemático que relacione las variables, masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, para calcular la masa óptima de sacarosa que se agrega al néctar.

Calcular la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

Calcular las masas de sacarosa, con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa y con el modelo matemático propuesto en la hipótesis, para un mismo néctar, con la misma masa y con el mismo grado Brix final, para determinar sus diferencias respectivas.

Demostrar que el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcula la masa óptima de sacarosa que se agrega al néctar, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

1.4 Variables

Variable independiente: Masa de sacarosa que se agrega al néctar en Kg

Variable dependiente: Dulzor del néctar en grados Brix

1.5 Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Masa de sacarosa que se agrega al néctar	Cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar	Formulación y obtención del modelo matemático propuesto en la hipótesis	Masa de sacarosa que se agrega al néctar en Kg
Variable dependiente: Dulzor del néctar que corresponde a la densidad óptica del néctar	Medición del dulzor del néctar	Determinación del endulzamiento óptimo del néctar	Dulzor del néctar en grados Brix que corresponde al índice de refracción del néctar

1.6 Hipótesis

El modelo matemático propuesto es verosímil, para calcular la masa óptima de sacarosa que se agrega al néctar, con la relación de las variables masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar.

El modelo matemático que calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar, es:

$$x = \frac{x_i(\text{°}B_f - \text{°}B_i)}{\text{°}B_f^* - \text{°}B_i}$$

x: masa de sacarosa que se agrega al néctar

x_i: masa inicial de sacarosa que se agrega al néctar

°B_f: grados Brix final del néctar

*°B_f**: grados Brix final del néctar que se obtiene al agregar *x_i*

°B_i: grados Brix inicial del néctar

1.7 Justificación

Los cálculos de la masa de sacarosa que se agrega al néctar con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, son inadecuados, debido a que los correspondientes grados Brix del néctar indican que el endulzamiento del néctar no es óptimo, por consiguiente, se demostró un modelo matemático expresado en una función que relaciona las variables masa de sacarosa que se agrega al néctar y dulzor del néctar, que calcula la masa óptima de sacarosa que se agrega al néctar, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

Dada la concentración de azúcar en las bebidas endulzadas con azúcar como jugos y néctar de fruta, que dependen de sacarosa, glucosa y fructosa como soluto principal, es esencial conocer los métodos de modelado matemático y una simulación del sistema propuesto, con el propósito de desprender un modelo matemático que puede ayudar a obtener el cálculo exacto de adición de azúcar para el endulzado en la elaboración del néctar de fruta, así mismo, la optimización de varios parámetros en el desarrollo del modelo experimental (Dongare et al., 2014).

En la ciencia de los alimentos, existe un interés creciente en el modelado teórico que involucra expresiones matemáticas de fenómenos, como las propiedades inherentes de los productos alimenticios y los procesos relacionados (por ejemplo, la variabilidad de las materias primas, las características físicas como forma, tamaño, geometría, volumen, densidad,

viscosidad, la heterogeneidad de la estructura, grados Brix en caso de bebidas con añadido de azúcar). En la ciencia de los alimentos, un problema importante es la falta de traducir conocimientos en símbolos, como ecuaciones y código informático, que expresa el grado de comunicabilidad y comprensión del cálculo de masa exacta en procesos (Kansou et al., 2022).

1.8 Consideraciones éticas

- a) Esta investigación se realizó específicamente, de acuerdo a los tres principios fundamentales de la ética de la investigación: el respeto, la beneficencia y la justicia y en general, de acuerdo a los valores y derechos sociales.
- b) La experimentación de esta investigación, se realizó en un laboratorio de la UNAMAD, de acuerdo a las buenas prácticas de manufactura y de laboratorio.
- c) El conocimiento científico, que se produjo con esta investigación, sólo se obtuvo mediante procedimientos matemáticos y estadísticos.
- d) Esta investigación, se realizó cuando se obtuvo la autorización de la UNAMAD, de acuerdo a su normatividad vigente.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de estudio

CURO MANCHEGO y YBAÑEZ ARAUJO, (2017), Estudiaron la pre-factibilidad de la elaboración del néctar de copoazú y maracuyá, con el objetivo de determinar los parámetros óptimos para la elaboración del néctar mixto de copoazú y maracuyá, que sea rentable. Adicionalmente determinaron la composición proximal de la pulpa de copoazú, obteniendo: 84,851 % de humedad, 1,119 % de proteína, 1,055 % de ceniza, 1,045 % de grasa, 3,050 % de fibra y 8,881 % de carbohidratos. Además, realizaron ensayos preliminares de elaboración de néctar de copoazú y maracuyá con diluciones (1:3/ 1:4/ 1:5), en diferentes proporciones de pulpa, azúcar, estabilizante, con conservante y sin conservante, determinando para la formulación final la composición físico química: 14,48 °Brix, 3,32 de pH y 0,517 de acidez, siendo idónea sensorialmente la dilución 1:5, con 0,14 % de estabilizante CMC y 0,02 % de sorbato de potasio. Con el estudio de pre-factibilidad demostraron la viabilidad económica del proyecto con indicadores TIR DE 19,29 % y un VAN de S/.115 679.

BENITES VIVANCO, ROJAS JUAREZ y SANCHEZ NIÑO, (2019), Estudiaron la aceptabilidad del néctar de pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*), con el objetivo de determinar la concentración de la Carboximetilcelulosa (CMC) adecuada en la elaboración de néctar a partir de la pulpa de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus triangularis*), que sea aceptable, para contribuir en la industrialización de productos a base de frutas nuevas y exóticas. Utilizaron frutas que presentaron un índice de madurez interna (color de pulpa) = Blanco y un índice de madurez externa (color de piel) = Amarillo Claro. La concentración de CMC estudiaron en: Muestra 1 (150 ml de pulpa + 300 ml de agua +1,35 g de CMC+36 g de Azúcar), Muestra 2 (150 ml de pulpa + 300 ml de agua +2,25 g de CMC+36 g de Azúcar),

Muestra 3 (150 ml de pulpa + 375 ml de agua +1,575 g de CMC+45 g de Azúcar), Muestra 4 (150 ml de pulpa + 375 ml de agua +2,625 g de CMC+45 g de Azúcar), Muestra 5 (150 ml de pulpa + 450 ml de agua + 1,8 g de CMC+50 g de Azúcar) y la Muestra 6 (150 ml de pulpa + 450 ml de agua + 3 g de CMC+50 g de Azúcar). Evaluaron la aceptabilidad en un análisis sensorial con 14 panelistas utilizando escala hedónica de cinco parámetros. Concluyeron que la muestra 6 es la de mayor aceptabilidad con características físico químicas del néctar: pH= 3,95, sólidos solubles= 12,9 °Brix, viscosidad=1,7, acidez titulable=0,60.

ALBERCA CIEZA, (2019), Estudió el endulzado del néctar de babaco (Carica pentagona), con el objetivo de determinar los porcentajes adecuados de jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) y carboximetilcelulosa para elaborar néctar de babaco (Carica pentagona). Esta investigación desarrolló con porcentajes de 20:80, 30:70 y 40:60 de jugo de caña de azúcar y pulpa de babaco, tres concentraciones de carboximetilcelulosa (0,08 %, 0,10 % y 0,12 %) y dos diluciones de pulpa: agua (1:2 y 1:3). La aceptabilidad evaluó con la evaluación organoléptica a todas las combinaciones con panelistas, utilizando escala hedónica desde 1 hasta 5. Utilizó un Diseño de Bloques Irregular utilizando la prueba Friedman y Wilcoxon en el Software Stastistix 8.0. La combinación más aceptada fue 30 partes de jugo de caña de azúcar y 70 partes de pulpa de babaco con 0,10 % de estabilizante (carboximetilcelulosa) con una dilución de 1 parte de pulpa por 2 partes de agua, con características fisicoquímicas: °Brix 12 %, acidez 0,43, pH 3,91, humedad 83,8 %; estabilidad: coeficiente de sedimentación $\bar{s} = 3,199 \times 10^{-13}$ y viscosidad de 43,6 cP a 100 rpm y microbiológicos: muestra < 3 coliformes NMP/cm³, aerobios mesófilos 6 UFC/cm³, mohos 2 UFC/cm³ y levadura 5 UFC/cm³ dentro de los límites de la NTP N° 203.110-2009.

ROJAS CUEVA, (2019), Estudió el endulzado del néctar de mango con panela, con el objetivo de determinar la proporción de panela en la aceptabilidad sensorial de néctar de mango (Manguifera indica L). Utilizó frutas de mango Haden en un estado de madurez óptimo, evaluó las

características sensoriales de olor, color, sabor y apariencia general en 4 tratamientos de 10, 12, 13 y 14 °Brix con una prueba de aceptabilidad con escala hedónica de 5 puntos, un análisis microbiológico y un análisis fisicoquímico de los siguientes parámetros: porcentaje de acidez, pH y °Brix, después de 22 días almacenados a temperatura ambiente, Los resultados analizó a través del ANOVA y la prueba de Tukey al 5 %, determinando que las muestras más aceptadas son las que contienen 10 y 13 °Brix de panela, el tratamiento que contiene 10 % de panela es más aceptada en el color y la apariencia general y el tratamiento que contiene 13 % de panela es más aceptada en el olor y el sabor.

2.2 Base teórica

2.2.1 Néctar

El néctar es un producto alimenticio sin fermentar, pero fermentable, constituido por la mezcla de pulpa de fruta con agua, azúcar, estabilizante, conservante y ácido cítrico, en proporciones adecuadas y permitidas de acuerdo a la norma técnica peruana. El néctar mixto de frutas se obtiene a partir de dos o más tipos diferentes de fruta. Requisitos específicos del néctar:

- a) El néctar puede ser turbio, claro o clarificado y debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede.
- b) El néctar debe estar exento de olores o sabores extraños.
- c) El néctar debe tener un pH menor de 4,5, determinado según la norma ISO 1842.
- d) El contenido de sólidos solubles del néctar provenientes de la fruta deberá ser mayor o igual al 20 % m/m de los sólidos solubles contenidos en el jugo original para todas las variedades de frutas, excepto para aquellas que por su alta acidez natural no permitan estos porcentajes. Para los néctares de estas frutas de alta acidez, el contenido de jugo o puré deberá ser el suficiente para alcanzar una acidez natural mínima de 0,4 %, expresada en su equivalente a ácido cítrico.

El néctar de fruta es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido mediante la adición de agua con o sin adición de azúcar, miel, jarabes y/o

edulcorantes a jugos de fruta, jugos de fruta concentrados, purés de fruta o purés de fruta concentrados, o una mezcla de esos productos. Podrán añadirse sustancias aromáticas, componentes volátiles del sabor, pulpa y células, todos los cuales deberán haber sido recuperados del mismo tipo de fruta y obtenidos por medios físicos adecuados (Ryan, 2014).

Las bebidas de fruta se definen como cócteles de jugo con sabor a fruta, néctares u otras bebidas azucaradas con sabor a fruta o con edulcorantes no calóricos añadidos o ambos (Duffy et al., 2021).

En la última década el sector alimentario se ha caracterizado por el interés creciente del consumo de bebidas a base de fruta, por su contenido de sustancias antioxidantes y por sus beneficios para la salud. Por tanto, dependiendo del fruto del que se haya obtenido, el zumo fresco contiene un alto contenido en compuestos bioactivos (Todaro et al., 2023).

Las bebidas con sabor a fruta con añadido de azúcar son las más populares, además de los refrescos entre los adultos, con diferencia, las bebidas más consumidas entre los niños (Kay et al., 2018).

Muchos investigadores han intentado desarrollar una mezcla de jugos de fruta, incluidas algunas frutas tropicales. Además, en la mayoría de los estudios se optimizó la formulación en base a la aceptación sensorial de la misma. Los ejemplos incluyen bebida mixta a base de granada, manzana y melón, piña y coco, bebida mixta de frutas y jugos de bayas mixtas. Sin embargo, no se ha intentado optimizar la formulación con jugo de cocona, carambola y uva de mesa (Chakraborty et al., 2022).

Las bebidas de frutas mixtas (MFB) se preparan mediante la adición de dos o más jugos que tienen un sabor agradable y un sabor dominante. MFB es, por mucho, superior a los jugos de una sola concentración que contienen sabor y color artificiales (Jayachandran, Chakraborty y Rao, 2015). La palatabilidad y la proporción equilibrada de azúcar a ácido son una de sus características únicas en MFB, que contribuyen a su alta demanda por parte del consumidor. Además de esto, juega un papel importante en el cambio de

percepción de los consumidores hacia estos productos, al mejorar las propiedades sensoriales y nutricionales (Bhalerao et al., 2020).

2.2.2 Tecnología del néctar

La tecnología del néctar, es el conjunto de conocimientos científicos de materiales, técnicas y métodos que se utilizan en la elaboración del néctar, mediante sistemas de instrumentos, máquinas y equipos. La calidad de producción de néctares, mejora de acuerdo al desarrollo y a la innovación de la tecnología del néctar. El desarrollo tecnológico depende del desarrollo de los instrumentos, máquinas, equipos y de la ciencia, disminuye los costos de producción y aumenta la producción en forma más eficiente.

2.2.3 Características del néctar

Las características del néctar son: físico químicas, organolépticas, microbiológicas y nutricionales. Las características físico químicas del néctar son: sólidos solubles, pH, acidez titulable, masa, volumen, densidad, temperatura, viscosidad, estabilidad y preservabilidad. Las características organolépticas son: color, sabor y olor.

Los estudios en la literatura han demostrado que los parámetros como el pH, la acidez titulable (AT) y los sólidos solubles totales (TSS) de las bebidas a base de fruta no cambian drásticamente con el tratamiento con plasma frío. No se informaron cambios significativos en el valor del pH después del procesamiento con plasma frío en bebidas como agua de coco (Porto et al., 2020), jugo de uva blanca (Pankaj et al., 2017), bebidas a base de tomate (Mehta et al., 2019). Sin embargo, en algunos estudios sobre bebidas, se ha informado una reducción significativa en el valor del pH (Waghmare, 2021).

Las bebidas de fruta contienen, en general, agua, pulpa, azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (cítrico, málico, tartárico, entre otros), fibra (celulosa), vitaminas (C y A), polifenoles (taninos, entre otros), pigmentos (clorofilas, carotenoides, antocianinas, betalaínas y derivados de quinona). Estos componentes aportan a los productos alimenticios líquidos, saborizantes y sus propiedades físicas y químicas (Guerrero-Beltran y Ochoa-Velasco, 2020).

2.2.4 Grado Brix

Es una unidad que mide la cantidad de sólidos solubles de una solución en porcentaje en masa por cada 100 g de solución, de acuerdo a la definición de que, a x grados Brix le corresponde x g de sólidos solubles por cada 100 g de solución.

Los químicos del azúcar suelen denominar grado Brix al porcentaje en masa de sólidos solubles en una solución azucarada. La unidad °Brix, de uso es común en la industria azucarera desde hace muchos años, pretende representar el contenido de sustancia seca de las soluciones que contienen principalmente sacarosa (Dongare et al., 2014).

El grado Brix del néctar de fruta es un parámetro de control importante en los procesos de estandarización, así mismo, el control preciso es beneficioso para mejorar la calidad del producto. El grado Brix del néctar se refiere al porcentaje de masa de sólidos solubles (el componente principal es el azúcar). En la actualidad, se han propuesto muchos métodos de medición, entre los cuales el método de la conductividad, el método del índice de refracción y el método de microondas son los más comunes (Liu et al., 2022).

La medida de los grados Brix sin duda, es uno de los criterios básicos utilizados para la definición de zumos de fruta. Como es bien sabido, el grado Brix indica el porcentaje de sólidos solubles en agua en el jugo de fruta y puede verse afectado por muchos factores que incluyen la variedad, la región de crecimiento, el año de crecimiento y el nivel de madurez de la fruta (Türkmen y Ekşi, 2011).

El grado Brix se mide principalmente por métodos gravimétricos como el hidrómetro, la balanza de Westphal y el picnómetro. De estos, el hidrómetro es con mucho, el más común. Sin embargo, estas técnicas de medición son inadecuadas e inexactas debido a errores manuales. Las técnicas ópticas desarrolladas con fines de detección y análisis se están utilizando en varios campos (Dongare et al., 2014).

2.2.5 pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución. El pH se define como el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones hidrógeno: $pH = -\log_{10} a_{H^+}$, donde p es un operador logarítmico que significa potencial y a_{H^+} es la actividad de los iones hidrógeno expresada en moles de soluto por Kg de solvente. La actividad de los iones hidrógeno es la tendencia de una solución de proporcionar iones hidrógeno y es directamente proporcional a la concentración de iones hidrógeno. El pH indica la concentración de iones hidrogeno de una solución. A mayor actividad de los iones hidrógeno mayor acidez. El pH se mide generalmente en una escala de 0 a 14, el 0 es el valor más ácido, el 14 el valor más alcalino y el 7 el valor neutro, donde los valores menores que 7 son ácidos y los valores mayores que 7 son alcalinos. El pH se mide mediante un potenciómetro o pH metro, que mide la diferencia de potencial entre un electrodo de referencia generalmente de plata o cloruro de plata y un electrodo de vidrio sensible a los iones hidrogeno. El pH se mide en forma aproximada utilizando indicadores ácidos o bases débiles de diferente color según el pH.

El pH se define como el logaritmo negativo a partir de la actividad del ion hidrógeno (Wedborg et al., 1999), se expresa como $pH = -\log_{10} a_{H^+}$. Los principios de medición más utilizados para la determinación del pH son de naturaleza electroquímica y óptica (Henkel y Beutel, 2013), el pH en una solución mide la concentración de iones de hidrógeno, indicando su acidez o alcalinidad (Khandpur, 2020).

2.2.6 Acidez titulable

La acidez titulable es una medida de acidez total de una solución que indica el contenido de ácidos libres y se expresa en $\frac{g}{L}$ o en porcentaje del ácido predominante de la solución. En néctares la acidez titulable se expresa en porcentaje de ácido cítrico. La acidez titulable se determina mediante una valoración volumétrica que consiste en una titulación de la solución, donde el agente titulante es una base y el agente titulado es el ácido de la solución,

utilizando la fórmula: $\% \text{ de acidez} = \frac{V_b N M_{eq}}{V_m} 100$, donde V_b es el volumen de la base titulante en ml, N es la normalidad de la base titulante, M_{eq} es la masa equivalente del ácido de la muestra titulada y V_m es el volumen de la muestra titulada en ml. En néctares el agente titulante es NaOH de 0,1 N. La acidez titulable indica el total de iones hidrogeno que se liberan cuando el ácido de la solución reacciona con una base y esta reacción se observa con un colorante que generalmente es la fenolftaleína que cambia de color a rosa cuando se produce una reacción ácido base.

La acidez titulable se refiere a la concentración total de protones libres y ácidos no disociados en una solución que pueden reaccionar con una base fuerte y ser neutralizados. Las concentraciones típicas de protones libres en un zumo de fruta oscilan entre 0,1 y 1 mg/L, mientras que los valores de acidez titulable pueden ser de 4 a 8 g/L. Una valoración de la acidez titulable generalmente utiliza la base fuerte NaOH, y un indicador químico o un medidor de pH para indicar cuando se han dosificado cantidades equivalentes de base en la muestra. La concentración de hidróxido de sodio utilizada suele ser 0,1 N o inferior (Lobit et al., 2002).

La acidez titulable es un mejor predictor que el pH de cómo los ácidos orgánicos en los alimentos impactan el sabor. A diferencia de los ácidos fuertes que están completamente disociados, los ácidos de los alimentos solo están parcialmente ionizados. Algunas propiedades de los alimentos se ven afectadas solo por esta fracción ionizada de moléculas de ácido, mientras que otras propiedades se ven afectadas por el contenido total de ácido (Volmer et al., 2017).

Los métodos oficiales para determinar la acidez valorable consisten en la valoración de la muestra con una base fuerte hasta un punto final especificado, pH 7,0 o pH 8,2, mediante detección potenciométrica o colorimétrica utilizando fenolftaleína o azul de bromotimol como indicadores de pH (Sández et al., 2019).

2.2.7 Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos son compuestos orgánicos que tienen al menos un grupo ácido: grupo carboxilo, grupo hidroxilo, grupo tiol, grupo enol, grupo fenol o grupo sulfónico. Los ácidos orgánicos, generalmente son ácidos débiles, no se disocian completamente en agua y son muy solubles en disolventes orgánicos. Ejemplos de ácidos orgánicos: el ácido cítrico se encuentra en los frutos cítricos, el ácido benzoico se encuentra en las ciruelas verdes, el ácido láctico se encuentra en los tejidos animales, etc. En alimentos, los ácidos orgánicos se utilizan como conservantes debido a sus efectos antibacterianos.

Los ácidos orgánicos afectan las propiedades organolépticas de las frutas y verduras, como el color, el sabor y el aroma. Los ácidos orgánicos son el segundo componente de sólidos solubles más abundante en los jugos de fruta y por lo general, están presentes en alrededor del 1 % del peso total de un jugo de fruta. Los ácidos cítrico y málico son los principales ácidos orgánicos que se encuentran en los jugos de fruta. El ácido cítrico representa alrededor del 90 % del total de ácidos orgánicos en el jugo de naranja, mientras que el ácido málico es el principal ácido orgánico en el jugo de manzana. Sin embargo, la acidez del jugo de uva es causada principalmente por el ácido tartárico. Una pequeña cantidad de otros ácidos, incluidos los ácidos ascórbico, isocítrico, citrámico, galacturónico, shikímico, láctico, quínico, succínico y fumárico, también están presentes en los jugos de fruta. Los ácidos orgánicos son los compuestos orgánicos con propiedades ácidas, clasificados según el número de funciones carboxílicas. En general, los ácidos orgánicos son ácidos débiles. Sin embargo, los ácidos orgánicos con grupos fenol, enol, alcohol y tiol son más débiles que los ácidos carboxílicos. Los ácidos orgánicos varían en el número de grupos funcionales hidroxilo o carboxilo y dobles enlaces carbono-carbono en sus estructuras. Los ácidos orgánicos se clasifican según cuatro caracterizaciones: (1) naturaleza de la cadena de carbono (aromático, alifático, alicíclico y heterocíclico); (2) propiedades de saturación o

insaturación; (3) características sustituidas o no sustituidas; y (4) número de grupos funcionales (mono, di o tri-carboxílico) (ZHANG et al., 2020).

2.2.8 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son compuestos orgánicos que tienen uno o más grupos hidroxilo ($-OH$) unidos a un anillo aromático (estructura química cíclica formada por dobles enlaces alternos de carbono) y son sintetizados como metabolitos secundarios por las plantas. Ejemplos de metabolitos secundarios que son compuestos fenólicos: cumarinas, quinonas, betacianinas, flavonoides, ligninas, taninos, etc. Las funciones de los compuestos fenólicos en las plantas son: funciones metabólicas de crecimiento y reproducción, funciones de protección contra la radiación UV, los depredadores, los ataques fúngicos y bacterianos y funciones de dar características organolépticas. Actualmente existe un interés por los compuestos fenólicos, debido a su capacidad antioxidante de captos de radicales libres y a sus propiedades antioxidantes que tienen posibles implicaciones beneficiosas en la salud humana en la prevención de cáncer, enfermedades inflamatorias y enfermedades cardiovasculares.

Los compuestos fenólicos son el componente bioactivo importante, presente en varios productos frescos. Estos compuestos proporcionan efecto positivo sobre la salud. El ácido ascórbico también se conoce como vitamina C, que se usa comúnmente como ingrediente funcional en los alimentos, es una vitamina hidrosoluble y muestra una alta actividad antioxidante. El ácido ascórbico provoca la reducción de los radicales libres y algunas especies reactivas de oxígeno y nitrógeno que destruyen las moléculas, en particular los lípidos y el ADN (Waghmare, 2021).

Los compuestos fenólicos son nutrientes alimentarios funcionales con excelentes capacidades antioxidantes y antiinflamatorias, muestran similitud estructural, sintetizados a través de la vía biosintética de fenilpropanoides y flavonoides. Su similitud estructural hace que la elucidación de la separación y la estructura sea un desafío (Wang et al., 2023).

Las bebidas elaboradas con fruta contienen sustancias como vitaminas y metabolitos secundarios (polifenoles, carotenoides, esteroides, sabores, colorantes, aceites esenciales, flavonoides, alcaloides, taninos, cumarinas, lactonas, terpenos y saponinas, entre otros), con una actividad biológica que puede proteger al organismo humano frente a reacciones de oxidación celular (Lizcano, Dávila y Hernández, 2019).

Los polifenoles vegetales son un término general para un gran grupo de compuestos que consisten en al menos un anillo aromático con un grupo hidroxilo y varios sustituyentes. Los fenoles proporcionan principalmente H para reaccionar con los radicales libres para terminar la transferencia de la reacción en cadena y así lograr la inhibición de las reacciones de oxidación, y con más grupos hidroxilo fenólicos, su capacidad antioxidante se vuelve más fuerte (Li et al., 2023).

2.2.9 Radicales libres

Los radicales libres son especies químicas monoatómicas o poliatómicas que tienen uno o más electrones desapareados, que se forman en el intermedio de reacciones químicas a partir de la ruptura homolítica de una molécula, en los organismos vivos por contacto con el oxígeno y en donde actúan alterando las membranas celulares y el material genético de las células y son neutralizados por antioxidantes y enzimas conservando la vida celular, también en la atmósfera por radiación y se sintetizan en laboratorio. Los radicales libres son muy inestables y por consiguiente muy reactivos y de vida media muy corta en milisegundos. Ejemplos de radicales libres: monoatómicos: radical hidrógeno $H\cdot$, radical cloro $Cl\cdot$, etc., poliatómicos: radical hidroxilo $\cdot OH$, radical metilo $CH_3\cdot$, etc. Los radicales libres de acuerdo a la IUPAC se denominan simplemente radicales.

Los radicales libres se refieren a una serie de intermediarios altamente activos con uno o más electrones desapareados, que pueden extraer electrones de las moléculas que los rodean, por lo tanto, inducen la descomposición oxidativa de los sustratos en los sistemas biológicos. Debido a la alta electrofilia de los electrones no apareados, los radicales

libres son altamente inestables, de vida corta y reactivos no selectivos hacia las moléculas circundantes (Zhu et al., 2023).

Cada vez es más evidente que, como metabolitos intermedios con alta actividad biológica, los radicales libres se forman o convierten en el cuerpo a través de varias reacciones enzimáticas o no enzimáticas, endógenas y exógenas, lo que mantiene el equilibrio metabólico del cuerpo humano. Los radicales libres, están involucrados en muchos procesos fisiológicos, como la transducción de señales celulares, la defensa inmune y la homeostasis tisular y muestran diversas funciones biológicas según sus concentraciones. En primer lugar, los radicales libres son moléculas de señalización críticas que pueden ejercer una poderosa capacidad de regulación de la función vascular en el equilibrio Redox (Liu et al., 2023).

2.2.10 Balance de masa

Balance de masa es la aplicación de la ley de conservación de la materia: la materia no se crea ni se destruye solo se transforma, que consiste en que toda masa que entra a un sistema abierto sale o sale y se acumula según el estado del sistema:

$\Sigma \text{masa que entra} = \Sigma \text{masa que sale}$, si el estado del sistema es estacionario

$\Sigma \text{masa que entra} = \Sigma \text{masa que sale} + \Sigma \text{masa que se acumula}$, si el estado del sistema es transitorio

Balance de masa se define como una aplicación de la conservación de la masa en análisis de sistemas físicos. Permite contabilizar el material que ingresa y sale de un sistema, se pueden identificar flujos de masa que podrían ser desconocidos o difíciles de medir. El principio de la ley de conservación, sostiene que la aplicación exacta utilizada en el análisis del sistema depende del contexto del problema, que la masa no puede crearse ni destruirse, por tanto, en una planta de procesamiento de alimentos, la masa total de material que ingresa a la planta debe ser igual a la masa total de material que sale de la planta (Roa, Tapia y Millán, 2001).

En proceso de alimentos se propone un modelo simple basado en ecuaciones de balance de masa para la predicción de la masa final y

composición de productos sometidos, en algunas frutas tropicales en un sistema de solución de sacarosa-fruta, el fenómeno se puede describir en términos de fracción volumétrica de solución, como parámetro básico de modelado. Para usar las ecuaciones del modelo, solo se requiere equipo de laboratorio de rutina y experimentos simples. La predicción de las masas que intervienen con un error promedio de 2 a 3% (Chen et al., 2021)

Los balances de masa y energía son necesarios en la planificación y diseño de procesos alimentarios y análisis de ingeniería. Muchas operaciones complejas de procesamiento de alimentos se pueden simplificar utilizando los principios de los balances de masa y energía. Los balances de masa y energía se pueden realizar para una unidad de operación y una sección de proceso. El balance de masa puede realizarse en proceso completo de fabricación, subdivisión del proceso, separadamente en un equipo o en cada operación unitaria, así como también se pueden realizar balances de masa de componentes para generar muchas ecuaciones de balance de masa (Mittal, 2010).

2.2.11 Modelo matemático

Un modelo matemático es una expresión matemática simplificada en una función que relaciona dos o más variables de un fenómeno o sistema, que se utiliza para analizar la relación de esas variables con el objetivo de desarrollar científicamente el conocimiento del fenómeno o sistema. Un modelo matemático es un modelo científico que nos permite representar en una función las relaciones de dos o más variables de un fenómeno o sistema. Un modelo matemático es la representación matemática de un sistema o fenómeno. El modelamiento matemático es el proceso de la formulación y obtención de uno o más modelos matemáticos de un fenómeno o sistema.

2.2.12 Modelado matemático

El modelado matemático es en general la representación matemática de los fenómenos o sistemas a través de modelos matemáticos, en particular un modelo matemático es la representación matemática simplificada de un

sistema o fenómeno y las preguntas que el modelo matemático debe responder son los problemas que debe resolver.

El modelado es el núcleo del procesamiento de alimentos respaldado con enfoque en ecuaciones de transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento. Al introducir el modelado matemático en algunos procesos de alimentos, incluye transporte multifásico complejo y cambios en las propiedades del material durante el procesamiento. La mayoría de las industrias convencionales utilizan procesos térmicos como pasteurización, esterilización y congelación (KUMAR et al., 2021).

El modelo numérico propuesto podría describir con precisión la transferencia de masa y calor por conducción durante diferentes procesos. Para procesamiento y conservación de alimentos se utilizan modelos cinéticos que garantizan la seguridad, también proporcionan herramientas para comparar el impacto de diferentes tecnologías de proceso como la reducción de las poblaciones microbianas, la actividad enzimática o la combinación de tratamientos térmicos y de alta presión (Kansou et al., 2022).

Las técnicas que consisten en elegir combinaciones de procesos para su optimización sin tener debidamente en cuenta los diseños experimentales pertinentes, son científicamente poco fiables e irreproducibles. La modelización matemática, de la que forma parte la metodología de superficie de respuesta (RSM), proporciona un mapa preciso que conduce al éxito de la optimización. En este artículo se identificaron las variables claves del proceso, la construcción del modelo y la búsqueda de la solución, mediante el análisis de regresión multivariante, la interpretación de las ecuaciones polinómicas resultantes y los gráficos de superficie de respuesta/contorno, como pasos básicos para adaptar el diseño compuesto central, con el fin de lograr la optimización del proceso. También proporcionó información sobre los paquetes de software RSM adecuados y la elección del orden en el modelo RSM y la economía de datos en la reducción de los experimentos factoriales de un gran número de combinaciones de parámetros a un número mucho menor sin perder ninguna información, incluidos los efectos cuadráticos y de interacción (si están presentes). Se espera que este artículo

ofrezca a muchos científicos e investigadores del sector alimentario la oportunidad de adaptar RSM como modelo matemático, para lograr la optimización de bioprocesos en sistemas alimentarios (Nwabueze, 2010).

La modelización matemática es una herramienta útil para determinar los efectos de las diferentes características del sistema y del proceso sobre el resultado de un proceso. La modelización de diversos productos y/o procesos alimentarios constituye un reto, debido principalmente a la falta de comprensión de los fenómenos, a las dificultades para modelizar experimentos y a las incertidumbres relacionadas con la fiabilidad de los datos y las propiedades de los alimentos (Djekic et al., 2019).

La modelización matemática desempeña un papel importante en la ingeniería alimentaria, ya que existen varios modelos matemáticos adaptados a diferentes temas alimentarios. Sin embargo, los modelos matemáticos van seguidos de una información limitada sobre su aplicación en las empresas alimentarias (Ghahremani-Nahr, Ghaderi y Kian, 2023).

La aplicación de modelos en la industria alimentaria se basa en modelos estacionarios simplificados que, por lo general, no producen una evaluación realista de los procesos observados, las condiciones de calidad o seguridad y el impacto ambiental. Además, estos modelos simplifican las descripciones de los sistemas alimentarios, los mecanismos y las ecuaciones de tasas de cambio. Una forma de clasificar los modelos es distinguir tres grupos: (a) modelos analíticos, (b) modelos numéricos y (c) modelos observacionales. Otra forma de categorizar los modelos es desde el punto de vista en tres grupos: (a) producto, (b) proceso y (c) relaciones producto-proceso (Alvarenga, Brito y Lacerda, 2022).

2.3 Definición de términos

2.3.1 Refractómetro

El refractómetro es un instrumento de laboratorio, que mide el índice de refracción de líquidos, gases y sólidos, determinando el porcentaje en masa del soluto de la solución, en la escala de grados brix principalmente, mediante la densidad, que se obtiene a través del índice de refracción. El

refractómetro se basa en la medida del ángulo crítico o ángulo límite, que es el ángulo de refracción en un medio material, cuando el ángulo de incidencia es de 90° , respecto a la perpendicular de la interfaz entre el aire generalmente y el medio material.

La Refractometría es una técnica analítica que caracteriza la estructura y composición de los materiales mediante la velocidad de la luz transmitida a través de ellos. El resultado de la medición suele expresarse como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y la velocidad de la luz en la muestra (v) y se denomina índice de refracción: $n = \frac{c}{v}$ (Pawliszyn, 2005).

El índice de refracción es una magnitud física básica para indicar las propiedades ópticas de los materiales. Entre tanto, el índice de refracción también está relacionado con muchas otras magnitudes físicas, como la trayectoria óptica, el ángulo de refracción, la permitividad y permeabilidad relativas, la impedancia de onda y otras similares (Huang et al., 2023).

El índice de refracción es una característica fundamental e importante de una sustancia o un material. El refractómetro mide ópticamente la densidad de un líquido y luego se calibra en términos de índice de refracción. También suele contener una escala en términos de grados Brix, que a menudo se utiliza para medir la concentración de soluciones en industrias químicas y en procesamiento de alimentos. El índice de refracción se mide de varias maneras (Dongare et al., 2014).

2.3.2 Balanza

La balanza, es un instrumento que mide la masa de los cuerpos. La balanza es una palanca de primer grado de brazos iguales, que compara las masas de dos cuerpos mediante el equilibrio de masas. La balanza analítica es un instrumento utilizado en el laboratorio, para mediciones muy precisas, debido a que poseen muy poco margen de error. Las balanzas analíticas generalmente son digitales.

2.3.3 Kilogramo

El kilogramo es una unidad básica de masa del Sistema Internacional de Unidades (SI), definida en función de la constante de Planck (h):

$h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, de donde se obtiene la expresión del kilogramo en función de la constante de Planck (h):

$$1 \text{Kg} = \left(\frac{h}{6,62607015 \times 10^{-34}} \right) \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$$

2.3.4 Carbohidratos

Los carbohidratos, hidratos de carbono, glúcidos o sacáridos son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Algunos contienen nitrógeno, azufre o fósforo. Los carbohidratos son elaborados generalmente por las plantas a través de la fotosíntesis. Los carbohidratos cumplen dos funciones fundamentales en los seres vivos: función energética principalmente a través de la glucosa que proporciona energía inmediata a las células y función estructural principalmente a través de la celulosa que compone la pared celular vegetal. Los carbohidratos se clasifican en: monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. Los monosacáridos son carbohidratos de estructura molecular más simple, ejemplos de monosacáridos: glucosa, fructosa, galactosa, etc. Los disacáridos son carbohidratos compuestos por dos monosacáridos, ejemplos de disacáridos: sacarosa, lactosa, maltosa, etc. Los oligosacáridos son carbohidratos compuestos por 3 a 10 monosacáridos, ejemplos de oligosacáridos: rafinosa (trisacárido), estaquiosa (tetrasacárido), etc. Los polisacáridos son carbohidratos compuestos por más de 10 monosacáridos, ejemplos de polisacáridos: la celulosa, el almidón, etc.

Los carbohidratos son un componente dietético básico económico y versátil. Los carbohidratos simples más importantes en el metabolismo humano son la glucosa, la fructosa y la galactosa. La mayoría de los carbohidratos tienen que convertirse en glucosa para ser utilizados para la producción de energía. La glucosa es la forma circulante de carbohidrato en el torrente sanguíneo y consiste en la mayor cantidad de carbohidrato absorbido (Dustin et al., 2023).

Los carbohidratos son un componente principal de la dieta humana en la mayoría de las poblaciones y la calidad de los carbohidratos en la dieta tiene una fuerte influencia en el riesgo de enfermedades. Los carbohidratos no digeribles de bajo peso molecular (BPM) (es decir, los oligosacáridos y la inulina) se aceptan como fibra dietética en muchos países del mundo (Tan et al., 2023).

2.3.5 Sacarosa

La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha. Su fórmula química es: $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Los azúcares, definidos como monosacáridos y disacáridos, están presentes de forma natural en frutas, verduras, leche y miel. Durante miles de años, los seres humanos consumieron azúcares como parte de la matriz tisular intacta de frutas y verduras. La disponibilidad y las fuentes de azúcares en la dieta aumentaron notablemente a lo largo de la historia, a medida que los humanos comenzaron a extraer azúcares, principalmente sacarosa, de fuentes naturales para endulzar bebidas y preparaciones culinarias (Deliza, Lima y Ares, 2021).

El contenido de azúcar de un alimento se caracteriza como la suma de monosacáridos y disacáridos. Los monosacáridos y disacáridos más abundantes en los productos alimenticios son la fructosa, la glucosa y la sacarosa, todos los cuales se clasifican como azúcares principales. Una de las principales preocupaciones en la ciencia de los alimentos y la industria alimentaria, es la determinación de fructosa y glucosa en productos comestibles (Soyseven, Sezgin y Arli, 2022).

El término azúcares aplicado a las dietas humanas es un término colectivo. Por ejemplo, el azúcar de mesa es básicamente sacarosa pura, mientras que el jugo de fruta, la miel y los jarabes suelen contener sacarosa, glucosa, fructosa y diferentes oligosacáridos. Todos estos términos se combinan como "azúcares". El "azúcar libre" incluye todos los monosacáridos y

disacáridos que se agregan durante la fabricación y preparación de alimentos (Bayram y Ozturkcan, 2022).

Una de las principales diferencias es que los azúcares libres incluyen todos los azúcares que se encuentran naturalmente en los jugos de fruta, mientras que los azúcares agregados solo incluyen los azúcares agregados a estos productos. La terminología de azúcar añadida utilizada en este estudio ha seguido esta definición. Los ejemplos de azúcares añadidos incluyen sacarosa, jarabe de glucosa y azúcar invertido. El término azúcar total incluye todos los tipos de azúcares (Scapin et al., 2021).

A efectos dietéticos, los azúcares se pueden clasificar en azúcares intrínsecos, azúcares de la leche y azúcares libres/añadidos. Los azúcares intrínsecos se encuentran naturalmente en frutas, verduras y granos enteros, como la fructosa en las frutas. Los azúcares libres incluyen monosacáridos y disacáridos agregados a los alimentos y bebidas por el fabricante. Aunque no existe una definición universalmente aceptada de azúcares añadidos, la mayoría de los componentes alimentarios incluidos en la definición de azúcares libres también se consideran azúcares añadidos (Chen et al., 2022)

Por lo general, se entiende que el término "azúcar añadido" se refiere al azúcar añadido a los alimentos durante el procesamiento. En muchos países, la mayor parte del azúcar añadida a los alimentos se encuentra en forma de sacarosa refinada, pero puede incluir otros ingredientes que contienen monosacáridos y disacáridos, como glucosa y fructosa (y sus jarabes), así como jarabe de maíz o jarabe de maíz con alto contenido de fructosa (utilizado con más regularidad) (Louie et al., 2015).

Las bebidas azucaradas proporcionadas, que contienen glucosa, fructosa y sacarosa (que son, por definición, "azúcares añadidos") además de la dieta habitual de los participantes, son cantidades "moderadas" de azúcar. Sin embargo, hay que señalar que los consumidores ya tienen una cierta ingesta de azúcares añadidos en su dieta normal. Sin embargo, es necesario considerar la ingesta promedio de azúcares en la dieta de la población, para

clasificar las cantidades de azúcares añadidos utilizados en la dieta (Nelum y Piyasena et al., 2022).

El azúcar puede brindar a los humanos placer espontáneo y activar los centros de recompensa del cerebro, pero en exceso puede provocar problemas cardiovasculares como diabetes, obesidad, etc. El azúcar es ampliamente aplicado en varias bebidas a base de fruta, la aceptación de los consumidores de productos que contienen sustitutos del azúcar depende de sus propiedades sensoriales generales (Bian et al., 2023).

Los edulcorantes varían ampliamente en las estructuras químicas e incluyen sacáridos, glucósidos de diterpeno, polioles, aminoácidos, dipéptidos y otros no azúcares. Una descripción general de los estudios bioquímicos, electrofisiológicos, conductuales y psicofísicos sugiere que existen múltiples tipos de receptores de edulcorantes. El mecanismo de transducción del dulzor implica el transporte de sodio, así como la activación del sistema de adenilato ciclasa. Aunque existe una preferencia innata por el sabor dulce, la ingesta de edulcorantes de alta potencia no conduce a una mayor ingesta de alimentos (Schiffman y Gatlin, 1993).

2.3.6 Glucosa

La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular: $C_6H_{12}O_6$. Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y la miel. Las plantas sintetizan la glucosa en la fotosíntesis a partir de los compuestos inorgánicos: agua y dióxido de carbono, con la luz solar como catalizador en la reacción: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$.

2.3.7 Fructosa

La fructosa es un monosacárido con la misma fórmula molecular que la glucosa: $C_6H_{12}O_6$, pero con diferente estructura. Es una forma de azúcar que se encuentra en las frutas y la miel, generalmente junto con la glucosa formando la sacarosa.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1 Tipo de estudio

Consistió en un estudio científico, experimental y cuantitativo, es científico, porque se aplicó el método científico, que consistió en: observar la estandarización del néctar, formular el problema, plantear la hipótesis, analizar los datos, demostrar la hipótesis y sintetizar los resultados, es experimental, porque se obtuvo los datos mediante experimentos y es cuantitativo, porque los datos son cantidades.

3.2 Diseño del estudio

Consistió en realizar dos pruebas de hipótesis, mediante la distribución normal estándar, una prueba de hipótesis con los datos de la variable dependiente correspondientes a los datos de la variable independiente obtenidos con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa y otra prueba de hipótesis con los datos de la variable dependiente correspondientes a los datos de la variable independiente obtenidos con el modelo matemático propuesto en la hipótesis, donde se analizó los efectos de la variable independiente en la variable dependiente de acuerdo a la relación de causa y efecto, para demostrar la hipótesis y sintetizar los resultados.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población se definió al conjunto de todos los néctares en general, debido a que se puede seleccionar sin intención cualquier néctar para formar la muestra y a que la demostración de la hipótesis se validó para todo tipo de néctar.

3.3.2 Muestra

La muestra se formó mediante la técnica de muestreo no probabilístico, que consistió en seleccionar por conveniencia y por grupos un conjunto de 32 néctares de diferente masa, conformado por 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y 8 néctares de piña (*Ananas comosus*).

3.4 Método y técnicas

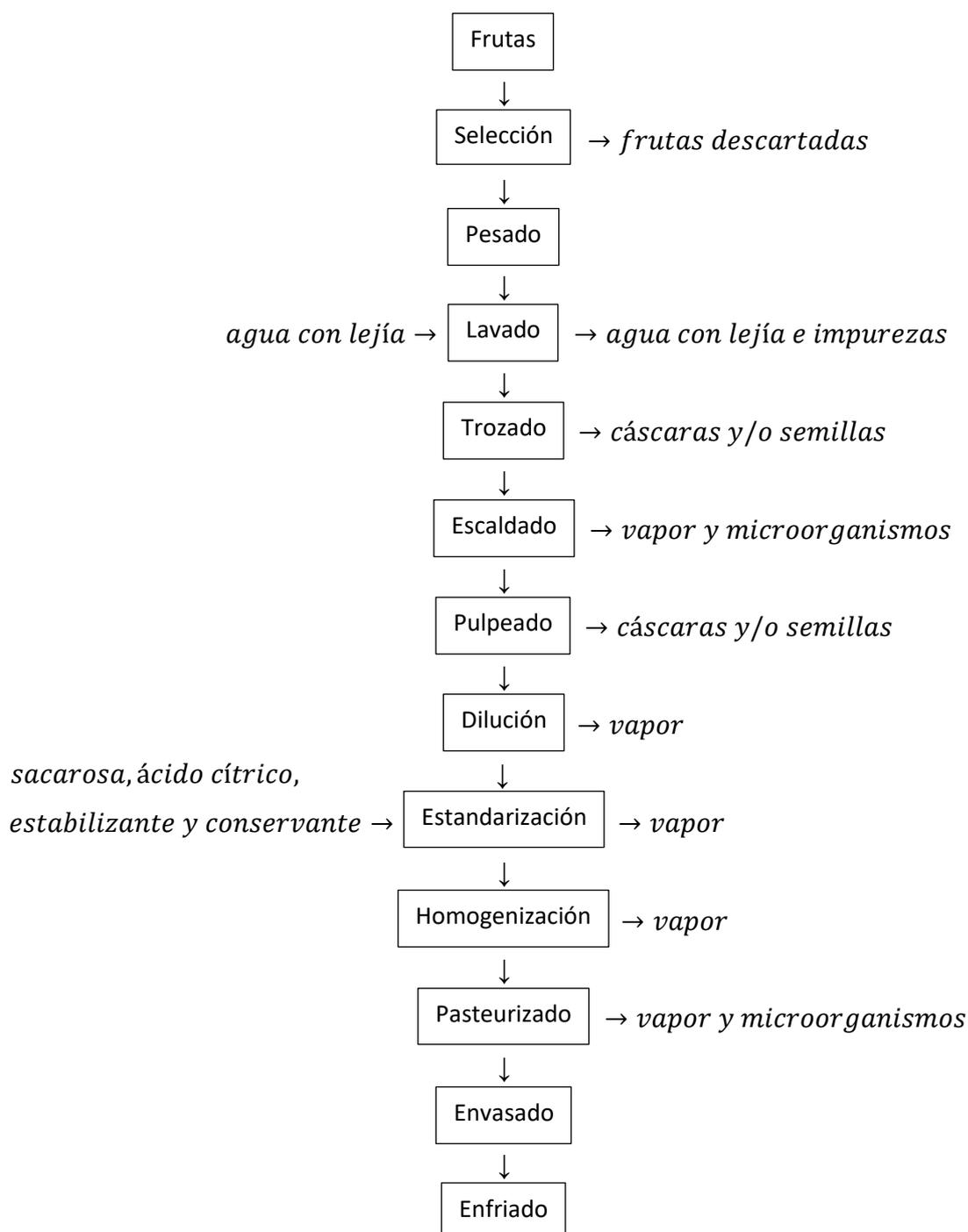
Método: Científico

Técnicas: consistieron en: técnicas de observación, porque se observaron las estandarizaciones de los néctares, técnicas de cálculo, porque se calcularon las masas de los néctares y las masas de sacarosa que se agrega al néctar, técnicas de medición, porque se midieron el Ph, la acidez titulable y los grados Brix del néctar, técnicas de análisis, porque se analizaron los datos, técnicas de demostración, porque se demostraron las hipótesis estadísticas y la hipótesis propuesta, técnicas de síntesis, porque se sintetizaron los resultados.

3.4.1 Desarrollo del experimento

El experimento se desarrolló siguiendo el diagrama de operaciones unitarias de la Figura 1:

Figura 1: Diagrama de operaciones unitarias del proceso de elaboración del néctar:



En base a las operaciones unitarias de la figura 1, se desarrollaron 32 néctares de diferente masa y se realizaron con el mismo néctar, con la misma masa de néctar y con el mismo grado Brix final, dos procesos en la estandarización de cada néctar, un proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa y otro proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático propuesto en la hipótesis, para obtener los datos de los grados Brix final de los néctares correspondientes a cada modelo matemático, que se utilizaron en su respectiva prueba de hipótesis, mediante la distribución normal estándar:

Proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

- a) Cálculo de la masa del néctar
- b) Medición de los grados Brix inicial del néctar
- c) Cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar
- d) Agregación de la masa de sacarosa que se agrega al néctar
- e) Medición de los grados Brix final del néctar
- f) Prueba de hipótesis con ajuste a la distribución normal estándar, para demostrar que se rechaza la hipótesis nula, que implica que el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcula la masa óptima de sacarosa para determinar el endulzamiento óptimo del néctar

Proceso con el cálculo de la masa de sacarosa con el modelo matemático propuesto en la hipótesis:

- a) Cálculo de la masa del néctar
- b) Medición de los grados Brix inicial del néctar
- c) Agregación de la masa inicial de sacarosa igual aproximadamente al 80 % de la masa de sacarosa que se agrega al néctar
- d) Medición de los grados Brix final del néctar que se obtiene al agregar la masa inicial de sacarosa
- e) Cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar

- f) Agregación de la masa de sacarosa que falta, para completar la masa de sacarosa que se agrega al néctar
- g) Medición de los grados Brix final del néctar
- h) Prueba de hipótesis con ajuste a la distribución normal estándar, para demostrar que no se rechaza la hipótesis nula, que implica que el modelo matemático propuesto en la hipótesis, calcula la masa óptima de sacarosa para determinar el endulzamiento óptimo del néctar

Entonces, de esta forma se demostró que el modelo matemático que calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar, es el modelo matemático propuesto en la hipótesis.

3.4.2 Operaciones unitarias del proceso de elaboración del néctar

- a) Selección. Consiste en descartar las frutas deterioradas y que no tienen la madurez adecuada, para obtener las frutas adecuadas que se procesan.
- b) Pesado. Consiste en calcular la masa de las frutas seleccionadas, para la estandarización.
- c) Lavado. Consiste en sumergir las frutas en un recipiente con agua con lejía en proporciones adecuadas, para eliminar impurezas y microorganismos.
- d) Trozado. Consiste en trozar adecuadamente las frutas, para el escaldado y separar cáscaras y/o semillas.
- e) Escaldado. Consiste en sumergir las frutas trozadas en una marmita con agua en ebullición, para inactivar enzimas que cambian el sabor y oscurecen las frutas, ablandar las frutas para el pulpeado y eliminar microorganismos, hasta que las frutas adquieran un color característico, que indica que dichas enzimas se inactivaron durante aproximadamente 5 *minutos*, para obtener la inocuidad y las características organolépticas del néctar.
- f) Pulpeado. Consiste en procesar las frutas escaldadas con el agua del escaldado en una pulpeadora, para separar cáscaras y/o semillas y obtener la pulpa con agua del escaldado.
- g) Dilución. Consiste en mezclar la pulpa con agua del escaldado con adecuada cantidad de agua en ebullición en una marmita, de acuerdo a la

relación pulpa agua durante 5 *minutos*, para disolver la pulpa adecuadamente.

- h) Estandarización. Consiste en agregar la cantidad adecuada de azúcar, estabilizante, preservante y ácido cítrico, para regular los grados brix, la uniformidad, la preservación y la acidez del néctar adecuadamente, a una temperatura de 80 °C.
- i) Homogenización. Consiste en mezclar los componentes del néctar a través de movimientos giratorios en la marmita durante 5 *minutos*, para uniformizar el néctar adecuadamente, a una temperatura de 80 °C.
- j) Pasteurizado. Consiste en mantener el néctar en la marmita a una temperatura de 85 °C durante 5 *minutos*, para eliminar microorganismos y asegurar la inocuidad del néctar.
- k) Envasado. Consiste en llenar totalmente los envases de vidrio con el néctar caliente a 80 °C evitando la formación de espuma, que luego se les forma el vacío debido a que el vapor que les sale impide les ingrese aire, debido a eso se les sella herméticamente con tapas adecuadas para envasado al vacío y se les voltea inmediatamente obteniéndose el vacío, para la preservación adecuada del néctar.
- l) Enfriado. Consiste en sumergir los envases sellados llenos de néctar caliente en un recipiente con agua a temperatura ambiente durante 5 *minutos*, para consolidar la formación de vacío dentro de dichos envases al enfriárseles el néctar, que asegura la preservación adecuada del néctar.

3.4.3 Modelamiento matemático

Consiste en los procesos de formulación y obtención de los dos modelos matemáticos del cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar: modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa y modelo matemático propuesto en la hipótesis, que se utilizaron en la estandarización de 32 néctares seleccionados como muestra:

- a) Procesos de formulación y obtención del modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

$$x = \frac{M_n(^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i)}{100 - ^{\circ}B_f}$$

x : masa de sacarosa que se agrega al néctar

M_n : masa del néctar

$^{\circ}B_f$: grados Brix final del néctar

$^{\circ}B_i$: grados Brix inicial del néctar

Mediante el balance de masa de los componentes del néctar y la definición de promedio ponderado:

$$M_n(^{\circ}B_i) + x(100) = (M_n + x)(^{\circ}B_f)$$

$$\Rightarrow 100x = M_n^{\circ}B_f + x^{\circ}B_f - M_n^{\circ}B_i$$

$$\Rightarrow x(100 - ^{\circ}B_f) = M_n(^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i)$$

$$\Rightarrow x = \frac{M_n(^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i)}{100 - ^{\circ}B_f}$$

Mediante la definición de grados Brix y la proporción directa entre las masas componentes y su respectivo porcentaje:

$$1 \text{ g} \dots \dots \dots 1 \%$$

$$(100 - 1) \text{ g} \dots \dots \dots (100 - 1) \%$$

$$\Rightarrow (x + 1) \text{ g} \dots \dots \dots ^{\circ}B_f$$

$$(100 - 1) \text{ g} \dots \dots \dots (100 - ^{\circ}B_f)$$

$$\Rightarrow \left(x + \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i\right) \text{ g} \dots \dots \dots ^{\circ}B_f$$

$$\left(M_n - \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i\right) \text{ g} \dots \dots \dots (100 - ^{\circ}B_f)$$

$$\Rightarrow x + \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i = \frac{\frac{M_n}{100}(100 - ^{\circ}B_i)^{\circ}B_f}{100 - ^{\circ}B_f}$$

$$\Rightarrow x = \frac{M_n^{\circ}B_f - \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i^{\circ}B_f}{100 - ^{\circ}B_f} - \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i$$

$$\Rightarrow x = \frac{M_n^{\circ}B_f - \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i^{\circ}B_f - M_n^{\circ}B_i + \frac{M_n}{100}^{\circ}B_i^{\circ}B_f}{100 - ^{\circ}B_f}$$

$$\Rightarrow x = \frac{M_n(^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i)}{100 - ^{\circ}B_f}$$

Mediante la definición de variación de los grados Brix de las soluciones y la definición de función hiperbólica:

$$^{\circ}B_f = 100 - \frac{(100 - ^{\circ}B_i)M_n}{x + M_n}$$

$$\Rightarrow \frac{100M_n - ^{\circ}B_i M_n}{x + M_n} = 100 - ^{\circ}B_f$$

$$\Rightarrow x + M_n = \frac{100M_n - ^{\circ}B_i M_n}{100 - ^{\circ}B_f}$$

$$\Rightarrow x = \frac{100M_n - ^{\circ}B_i M_n}{100 - ^{\circ}B_f} - M_n$$

$$\Rightarrow x = \frac{100M_n - ^{\circ}B_i M_n - 100M_n + ^{\circ}B_f M_n}{100 - ^{\circ}B_f}$$

$$\Rightarrow x = \frac{M_n(^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i)}{100 - ^{\circ}B_f}$$

b) Proceso de formulación y obtención del modelo matemático propuesto en la hipótesis:

$$x = \frac{x_i(^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i)}{^{\circ}B_f^* - ^{\circ}B_i}$$

x : masa de sacarosa que se agrega al néctar

x_i : masa inicial de sacarosa que se agrega al néctar

$^{\circ}B_f$: grados Brix final del néctar

$^{\circ}B_f^*$: grados Brix final del néctar que se obtiene al agregar x_i

$^{\circ}B_i$: grados Brix inicial del néctar

Mediante la aproximada proporción directa entre la masa de sacarosa y los grados Brix:

$$x_i \dots \dots \dots ^{\circ}B_f^* - B_i$$

$$x \dots \dots \dots ^{\circ}B_f - ^{\circ}B_i$$

$$\Rightarrow x = \frac{x_i(\text{°}B_f - \text{°}B_i)}{\text{°}B_f^* - \text{°}B_i}$$

3.4.4 Técnicas de medición

a) Determinación de pH:

El pH de los néctares de la muestra, se determinó utilizando un potenciómetro digital. El pH se determina utilizando un potenciómetro digital mediante el método de la electroquímica y óptica (Henkel y Beutel, 2013).

b) Determinación de acidez titulable:

La acidez titulable de los néctares de la muestra, se determinó mediante la titulación de los ácidos intrínsecos con una base estándar. Se tomó una muestra de 10 ml de néctar con una solución de NaOH 0,1 N hasta un punto final, usando un indicador de fenolftaleína. El cálculo de la acidez titulable se expresa como: % de acidez = [N (normalidad del titulador) x E (volumen del titulador en ml) x EQ (masa equivalente del ácido de la muestra)x100] / [V (volumen de la muestra en ml)] (Lobit et al., 2002).

c) Determinación de índice de refracción:

El índice de refracción de los néctares de la muestra expresado en grados Brix, se determinó utilizando un refractómetro Abbe. El índice de refracción de un medio material se determina mediante la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio material mediante la expresión: Índice de refracción del medio material (n)=Velocidad de la luz en el vacío (c) / Velocidad de la luz en el medio material (v) (Pawliszyn, 2005).

3.5 Tratamiento de los datos

Con los datos obtenidos de los experimentos correspondientes a cada modelo matemático se realizaron su respectiva prueba de hipótesis, mediante la distribución normal estándar, que es la distribución normal de variable continua z con función de densidad:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Donde:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}, \text{media: } \mu = 0, \text{desviación típica: } \sigma = 1, \text{notación: } N(0,1)$$

En las pruebas de hipótesis:

x expresa a los valores de los datos en grados Brix

μ es la media y σ es la desviación típica de los valores de los datos en grados Brix

z expresa a los mismos valores de los datos en grados Brix transformados por:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

El análisis de los datos, consistió en realizar dos pruebas de hipótesis, mediante la distribución normal estándar:

- a) Prueba de hipótesis con los datos obtenidos del dulzor de 32 néctares seleccionados como muestra, correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa.
- b) Prueba de hipótesis con los datos obtenidos del dulzor de 32 néctares seleccionados como muestra, correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis.

CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1 Explicación de la presentación de los resultados

La presentación de los resultados tiene el siguiente orden:

- a) Cálculo de la masa de sacarosa, que consiste en presentar un ejemplo, del cálculo de la masa de sacarosa con los dos modelos matemáticos para un mismo néctar, con la misma masa y con el mismo grado Brix final, para obtener los datos en grados Brix correspondientes a cada modelo matemático.
- b) Datos obtenidos, que consiste en presentar los datos obtenidos de la masa de sacarosa calculados con los dos modelos matemáticos para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado Brix final y del dulzor correspondientes a cada modelo matemático, de los 32 néctares de diferente masa seleccionados como muestra conformada por 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y 8 néctares de piña (*Ananas comosus*).
- c) Pruebas de hipótesis, que consiste en presentar la prueba de hipótesis 1 con los datos obtenidos del dulzor en grados Brix, correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa y la prueba de hipótesis 2 con los datos obtenidos del dulzor en grados Brix, correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis.
- d) Relación de gráficas, que consiste en presentar un ejemplo de la relación de gráficas de las funciones obtenidas de los modelos matemáticos, que corresponden a un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado Brix final, para determinar y graficar los puntos de coincidencia de las gráficas.
- e) Discusiones, consiste en presentar las discusiones de los resultados.

4.2 Cálculo de la masa de sacarosa

Ejemplo del cálculo de la masa de sacarosa con los dos modelos matemáticos, para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado Brix final igual a $10\text{ }^\circ\text{B}$:

a) Con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

$$x = \frac{M_n(\text{ }^\circ\text{B}_f - \text{ }^\circ\text{B}_i)}{100 - \text{ }^\circ\text{B}_f}$$

$$M_n = 29,6 \text{ Kg}$$

$$\text{ }^\circ\text{B}_f = 10\text{ }^\circ\text{B}$$

$$\text{ }^\circ\text{B}_i = 1,1\text{ }^\circ\text{B}$$

$$\Rightarrow x = \frac{29,6(10 - 1,1)}{100 - 10} \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow x = 2,93 \text{ Kg}$$

b) Con el modelo matemático propuesto en la hipótesis:

$$x = \frac{x_i(\text{ }^\circ\text{B}_f - \text{ }^\circ\text{B}_i)}{\text{ }^\circ\text{B}_f^* - \text{ }^\circ\text{B}_i}$$

$$M_n = 29,6 \text{ Kg}$$

$$x_i = 2,4 \text{ Kg} = 80\% \text{ de } 3 \text{ Kg} \text{ y } 3 \text{ Kg} = 10\% \text{ de } M_n \text{ aproximadamente}$$

$$\text{ }^\circ\text{B}_f = 10\text{ }^\circ\text{B}$$

$$\text{ }^\circ\text{B}_f^* = 8,5\text{ }^\circ\text{B}$$

$$\text{ }^\circ\text{B}_i = 1,1\text{ }^\circ\text{B}$$

$$\Rightarrow x = \frac{2,4(10 - 1,1)}{8,5 - 1,1} \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow x = 2,89 \text{ Kg}$$

4.3 Datos obtenidos

Consiste en los datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 32 néctares seleccionados como muestra, correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa (no hipotético) y al modelo matemático propuesto en la hipótesis (hipotético):

Tabla 2: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), correspondientes a los dos modelos matemáticos:

Fruta	Masa del néctar	Modelo matemático	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Cocona (<i>Solanum sessiliflorum</i>)	29,6 Kg	No hipotético	2,93 Kg	10,4 °B
		Hipotético	2,89 Kg	10,1 °B
	32,2 Kg	No hipotético	3,18 Kg	10,4 °B
		Hipotético	3,14 Kg	10,2 °B
	35,5 Kg	No hipotético	3,51 Kg	10,3 °B
		Hipotético	3,47 Kg	10,1 °B
	38,7 Kg	No hipotético	3,83 Kg	10,4 °B
		Hipotético	3,78 Kg	10,0 °B
	41,1 Kg	No hipotético	4,06 Kg	10,4 °B
		Hipotético	4,01 Kg	10,1 °B
	46,4 Kg	No hipotético	4,59 Kg	10,3 °B
		Hipotético	4,53 Kg	10,0 °B
	50,9 Kg	No hipotético	5,03 Kg	10,4 °B
		Hipotético	4,97 Kg	10,1 °B
	53,8 Kg	No hipotético	5,32 Kg	10,3 °B
		Hipotético	5,25 Kg	10,1 °B

Tabla 3: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), correspondientes a los dos modelos matemáticos:

Fruta	Masa del néctar	Modelo matemático	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	26,0 Kg	No hipotético	2,57 Kg	10,5 °B
		Hipotético	2,51 Kg	10,0 °B
	29,8 Kg	No hipotético	2,95 Kg	10,7 °B
		Hipotético	2,88 Kg	10,0 °B
	32,7 Kg	No hipotético	3,23 Kg	10,6 °B
		Hipotético	3,16 Kg	09,9 °B
	36,4 Kg	No hipotético	3,60 Kg	10,7 °B
		Hipotético	3,51 Kg	09,9 °B
	39,3 Kg	No hipotético	3,89 Kg	10,5 °B
		Hipotético	3,79 Kg	10,0 °B
	42,6 Kg	No hipotético	4,21 Kg	10,5 °B
		Hipotético	4,11 Kg	09,8 °B
	45,8 Kg	No hipotético	4,53 Kg	10,6 °B
		Hipotético	4,42 Kg	09,9 °B
	50,1 Kg	No hipotético	4,95 Kg	10,4 °B
		Hipotético	4,84 Kg	09,8 °B

Tabla 4: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), correspondientes a los dos modelos matemáticos:

Fruta	Masa del néctar	Modelo matemático	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	18,8 Kg	No hipotético	1,76 Kg	10,4 °B
		Hipotético	1,59 Kg	10,0 °B
	21,9 Kg	No hipotético	2,04 Kg	10,3 °B
		Hipotético	1,85 Kg	10,1 °B
	24,7 Kg	No hipotético	2,31 Kg	10,4 °B
		Hipotético	2,09 Kg	10,0 °B
	27,2 Kg	No hipotético	2,54 Kg	10,5 °B
		Hipotético	2,30 Kg	10,0 °B
	30,1 Kg	No hipotético	2,81 Kg	10,4 °B
		Hipotético	2,55 Kg	10,1 °B
	34,4 Kg	No hipotético	3,21 Kg	10,6 °B
		Hipotético	2,91 Kg	10,1 °B
	37,5 Kg	No hipotético	3,50 Kg	10,5 °B
		Hipotético	3,17 Kg	09,9 °B
	40,2 Kg	No hipotético	3,75 Kg	10,3 °B
		Hipotético	3,40 Kg	10,0 °B

Tabla 5: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de piña (Ananas comosus), correspondientes a los dos modelos matemáticos:

Fruta	Masa del néctar	Modelo matemático	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Piña (Ananas comosus)	17,6 Kg	No hipotético	1,64 Kg	10,4 °B
		Hipotético	1,55 Kg	10,0 °B
	20,4 Kg	No hipotético	1,90 Kg	10,4 °B
		Hipotético	1,80 Kg	10,1 °B
	24,2 Kg	No hipotético	2,26 Kg	10,3 °B
		Hipotético	2,13 Kg	10,0 °B
	27,8 Kg	No hipotético	2,59 Kg	10,3 °B
		Hipotético	2,45 Kg	09,8 °B
	31,6 Kg	No hipotético	2,95 Kg	10,4 °B
		Hipotético	2,78 Kg	09,9 °B
	34,9 Kg	No hipotético	3,26 Kg	10,3 °B
		Hipotético	3,07 Kg	10,1 °B
	37,3 Kg	No hipotético	3,48 Kg	10,4 °B
		Hipotético	3,28 Kg	10,1 °B
	40,1 Kg	No hipotético	3,74 Kg	10,5 °B
		Hipotético	3,53 Kg	10,0 °B

4.4 Pruebas de hipótesis

4.4.1 Prueba de hipótesis 1

Con los datos obtenidos del dulzor de 32 néctares en grados Brix, correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

Tabla 6: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Cocona (<i>Solanum sessiliflorum</i>)	29,6 Kg	2,93 Kg	10,4 °B
	32,2 Kg	3,18 Kg	10,4 °B
	35,5 Kg	3,51 Kg	10,3 °B
	38,7 Kg	3,83 Kg	10,4 °B
	41,1 Kg	4,06 Kg	10,4 °B
	46,4 Kg	4,59 Kg	10,3 °B
	50,9 Kg	5,03 Kg	10,4 °B
	53,8 Kg	5,32 Kg	10,3 °B

Tabla 7: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	26,0 Kg	2,57 Kg	10,5 °B
	29,8 Kg	2,95 Kg	10,7 °B
	32,7 Kg	3,23 Kg	10,6 °B
	36,4 Kg	3,60 Kg	10,7 °B
	39,3 Kg	3,89 Kg	10,5 °B
	42,6 Kg	4,21 Kg	10,5 °B
	45,8 Kg	4,53 Kg	10,6 °B
	50,1 Kg	4,95 Kg	10,4 °B

Tabla 8: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	18,8 Kg	1,76 Kg	10,4 °B
	21,9 Kg	2,04 Kg	10,3 °B
	24,7 Kg	2,31 Kg	10,4 °B
	27,2 Kg	2,54 Kg	10,5 °B
	30,1 Kg	2,81 Kg	10,4 °B
	34,4 Kg	3,21 Kg	10,6 °B
	37,5 Kg	3,50 Kg	10,5 °B
	40,2 Kg	3,75 Kg	10,3 °B

Tabla 9: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de piña (*Ananas comosus*), correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Piña (<i>Ananas comosus</i>)	17,6 Kg	1,64 Kg	10,4 °B
	20,4 Kg	1,90 Kg	10,4 °B
	24,2 Kg	2,26 Kg	10,3 °B
	27,8 Kg	2,59 Kg	10,3 °B
	31,6 Kg	2,95 Kg	10,4 °B
	34,9 Kg	3,26 Kg	10,3 °B
	37,3 Kg	3,48 Kg	10,4 °B
	40,1 Kg	3,74 Kg	10,5 °B

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0 : \mu = 10$$

$$H_1 : \mu \neq 10$$

Cálculo del valor de prueba y del valor tabulado:

Tabla 10: Datos y frecuencias, correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

Datos	Frecuencias
10,3	8
10,4	13
10,5	6
10,6	3
10,7	2

$$n = 32$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{32} \sum_{i=1}^{32} y_i = 10,43125$$

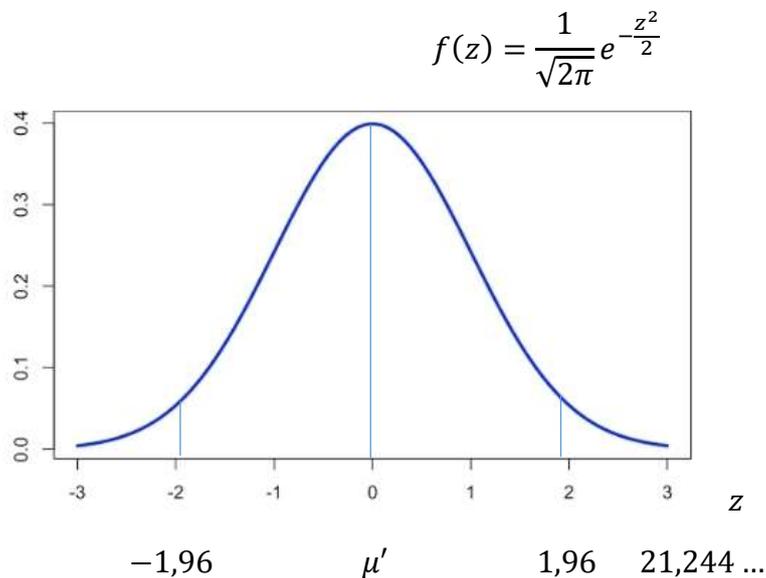
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1}{32-1} \sum_{i=1}^{32} (y_i - 10,43125)^2} = 0,11482 \dots$$

$$z = \frac{\bar{y} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{10,43125 - 10}{\frac{0,11482 \dots}{\sqrt{32}}} = 21,244 \dots = \text{valor de prueba}$$

$$\text{nivel de significancia del 5 \%} \Rightarrow \alpha = 0,05 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0,025$$

$$\text{valor tabulado} = -1,96$$

Figura 2: Gráfica del resultado de la prueba de hipótesis, realizada con los datos correspondientes al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:



Decisión:

se rechaza H_0

Conclusión:

$\mu \neq 10$, con un nivel de significancia del 5 %

\Rightarrow el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

4.4.2 Prueba de hipótesis 2

Con los datos obtenidos del dulzor de 32 néctares en grados Brix, correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

Tabla 11: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de cocona (*Solanum sessiliflorum*), correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Cocona (<i>Solanum sessiliflorum</i>)	29,6 Kg	2,89 Kg	10,1 °B
	32,2 Kg	3,14 Kg	10,2 °B
	35,5 Kg	3,47 Kg	10,1 °B
	38,7 Kg	3,78 Kg	10,0 °B
	41,1 Kg	4,01 Kg	10,1 °B
	46,4 Kg	4,53 Kg	10,0 °B
	50,9 Kg	4,97 Kg	10,1 °B
	53,8 Kg	5,25 Kg	10,1 °B

Tabla 12: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de maracuyá (*Passiflora edulis*), correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	26,0 Kg	2,51 Kg	10,0 °B
	29,8 Kg	2,88 Kg	10,0 °B
	32,7 Kg	3,16 Kg	09,9 °B
	36,4 Kg	3,51 Kg	09,9 °B
	39,3 Kg	3,79 Kg	10,0 °B
	42,6 Kg	4,11 Kg	09,8 °B
	45,8 Kg	4,42 Kg	09,9 °B
	50,1 Kg	4,84 Kg	09,8 °B

Tabla 13: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	18,8 Kg	1,59 Kg	10,0 °B
	21,9 Kg	1,85 Kg	10,1 °B
	24,7 Kg	2,09 Kg	10,0 °B
	27,2 Kg	2,30 Kg	10,0 °B
	30,1 Kg	2,55 Kg	10,1 °B
	34,4 Kg	2,91 Kg	10,1 °B
	37,5 Kg	3,17 Kg	09,9 °B
	40,2 Kg	3,40 Kg	10,0 °B

Tabla 14: Datos obtenidos de la masa de sacarosa y del dulzor de 8 néctares de piña (*Ananas comosus*), correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

Fruta	Masa del néctar	Masa de sacarosa	Dulzor del néctar
Piña (<i>Ananas comosus</i>)	17,6 Kg	1,55 Kg	10,0 °B
	20,4 Kg	1,80 Kg	10,1 °B
	24,2 Kg	2,13 Kg	10,0 °B
	27,8 Kg	2,45 Kg	09,8 °B
	31,6 Kg	2,78 Kg	09,9 °B
	34,9 Kg	3,07 Kg	10,1 °B
	37,3 Kg	3,28 Kg	10,1 °B
	40,1 Kg	3,53 Kg	10,0 °B

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0 : \mu = 10$$

$$H_1 : \mu \neq 10$$

Cálculo del valor de prueba y del valor tabulado:

Tabla 15: Datos y frecuencias, correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

Datos	Frecuencias
09,8	3
09,9	5
10,0	12
10,1	11
10,2	1

$$n = 32$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{32} \sum_{i=1}^{32} y_i = 10,00625$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1}{32-1} \sum_{i=1}^{32} (y_i - 10,00625)^2} = 0,10140 \dots$$

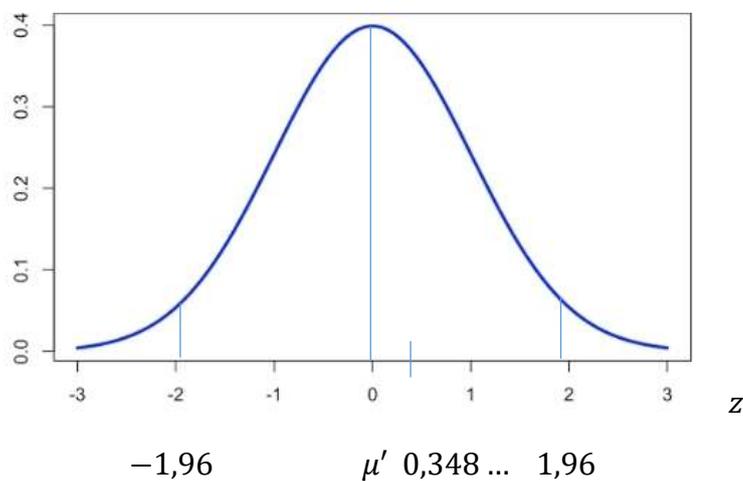
$$z = \frac{\bar{y} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{10,00625 - 10}{\frac{0,10140 \dots}{\sqrt{32}}} = 0,348 \dots = \text{valor de prueba}$$

$$\text{nivel de significancia del } 5\% \Rightarrow \alpha = 0,05 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0,025$$

$$\text{valor tabulado} = -1,96$$

Figura 3: Gráfica del resultado de la prueba de hipótesis, realizada con los datos correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$



Decisión:

no se rechaza H_0

Conclusión:

$\mu = 10$, con un nivel de significancia del 5 %

\Rightarrow el modelo matemático propuesto en la hipótesis, calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

4.4.3 Relación de gráficas

Ejemplo de la relación de gráficas de las funciones obtenidas de los modelos matemáticos:

Función obtenida del modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa:

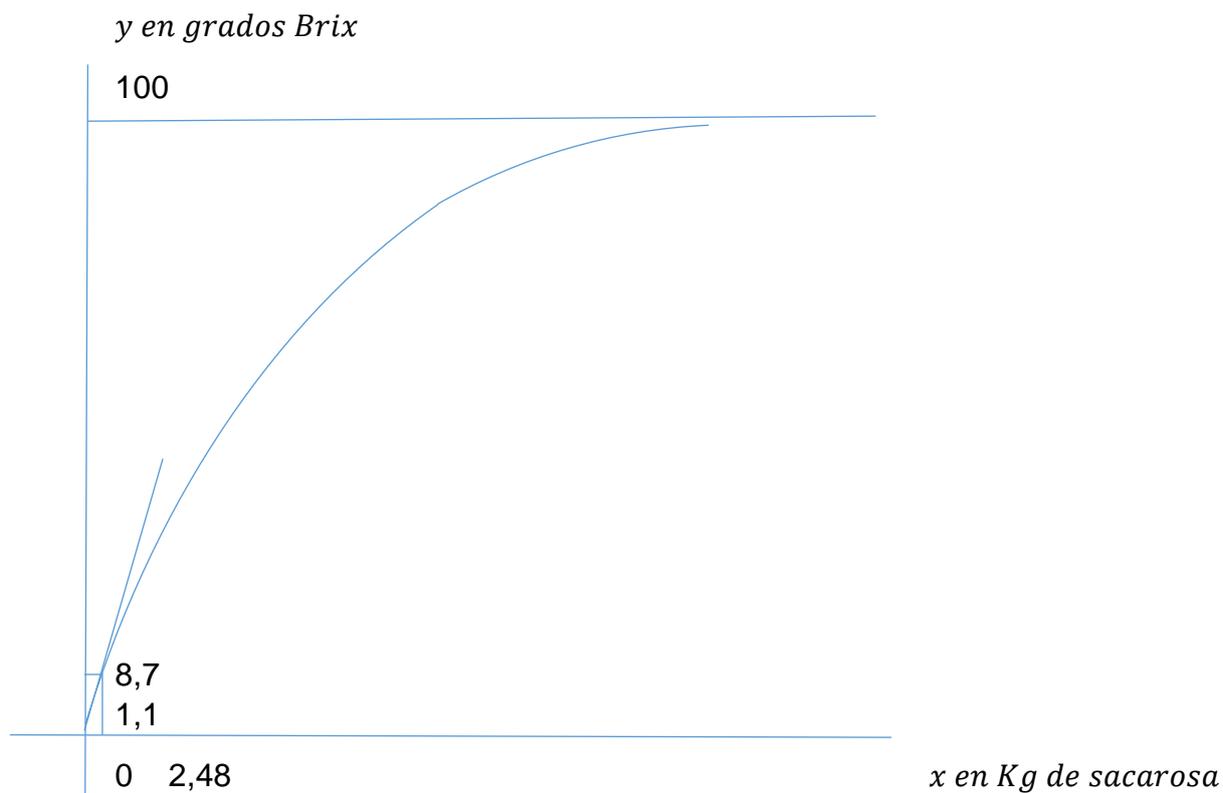
$$y = \frac{100x + 32,56}{x + 29,6} \Rightarrow \text{si } y = 10 \Rightarrow x = 2,93$$

Función obtenida del modelo matemático propuesto en la hipótesis:

$$y = \frac{37}{12}x + 1,1 \Rightarrow \text{si } y = 10 \Rightarrow x = 2,89$$

y en grados Brix en función de x en Kg de sacarosa, correspondientes a un néctar de cocona (*Solanum sessiliflorum*) de 29,6 Kg:

Figura 4: Gráfica del ejemplo de la relación de gráficas:



Entonces, los puntos de coincidencia de las gráficas son: (0; 1,1) y (2,48; 8,7)

4.4.4 Discusiones

- a) Se demostró que el modelo matemático propuesto en la hipótesis, calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar y que el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.
- b) Se determinó que las masas de sacarosa que se calcularon con el modelo matemático propuesto en la hipótesis son menores respectivamente que las masas de sacarosa que se calcularon con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado brix final.
- c) Se determinó que los grados brix del néctar en función su masa de sacarosa, de acuerdo al modelo matemático propuesto en la hipótesis y de acuerdo al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, coinciden en el valor del grado brix inicial del néctar y en un valor de grado brix menor al valor del grado brix final del néctar, para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado brix final.

CONCLUSIONES

- a) El modelo matemático, que calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar, es:

$$x = \frac{x_i(\text{°}B_f - \text{°}B_i)}{\text{°}B_f^* - \text{°}B_i}$$

x: masa de sacarosa que se agrega al néctar

x_i: masa inicial de sacarosa que se agrega al néctar

°B_f: grados Brix final del néctar

°B_f^{}*: grados Brix final del néctar que se obtiene al agregar *x_i*

°B_i: grados Brix inicial del néctar

- b) El modelo matemático, que no calcula la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar, es:

$$x = \frac{M_n(\text{°}B_f - \text{°}B_i)}{100 - \text{°}B_f}$$

x: masa de sacarosa que se agrega al néctar

M_n: masa del néctar

°B_f: grados Brix final del néctar

°B_i: grados Brix inicial del néctar

- c) Las masas de sacarosa que se calculan con el modelo matemático propuesto en la hipótesis son menores respectivamente que las masas de sacarosa que se calculan con el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado Brix final.
- d) En el modelo matemático propuesto en la hipótesis, la masa de sacarosa que se agrega al néctar no depende directamente de la masa del néctar, sino que depende de la masa inicial de sacarosa que se agrega al néctar que es igual al 10 % de la masa del néctar aproximadamente.
- e) En el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, la masa de sacarosa que se agrega al néctar depende directamente de la masa del néctar.

- f) Los grados Brix del néctar en función de su masa de sacarosa, de acuerdo al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, es una función hiperbólica.
- g) Los grados Brix del néctar en función de su masa de sacarosa, de acuerdo al modelo matemático propuesto en la hipótesis, es una función lineal.
- h) Los grados Brix del néctar en función de su masa de sacarosa, de acuerdo al modelo matemático propuesto en la hipótesis y de acuerdo al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, coinciden en el valor del grado Brix inicial y en un valor de grado Brix menor al valor del grado Brix final, para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado Brix final.
- i) Las gráficas de las funciones obtenidas correspondientes al modelo matemático propuesto en la hipótesis y al modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, coinciden en los puntos correspondientes al valor del grado Brix inicial y a un valor de grado Brix menor al valor del grado Brix final, para un mismo néctar con la misma masa y con el mismo grado Brix final.

SUGERENCIAS

- a) Utilizar el modelo matemático propuesto en la hipótesis, de acuerdo a su procedimiento de uso, en la estandarización de todo tipo de néctares.
- b) Investigar los factores que hacen que el modelo matemático obtenido generalmente del balance de masa, no calcule la masa óptima de sacarosa, para determinar el endulzamiento óptimo del néctar.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERCA CIEZA, V.V., 2019. *PORCENTAJES DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L) Y CARBOXIMETILCELULOSA PARA ELABORAR NÉCTAR DE BABACO (Carica pentagona) EN JAÉN*. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN.
- ALVARENGA, V.O., BRITO, L.M. y LACERDA, I.C.A., 2022. Application of mathematical models to validate emerging processing technologies in food. *Current Opinion in Food Science* [en línea], vol. 48, pp. 100928. ISSN 22147993. DOI 10.1016/j.cofs.2022.100928. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100928>.
- BAYRAM, H.M. y OZTURKCAN, A., 2022. Added sugars and non-nutritive sweeteners in the food supply: Are they a threat for consumers? *Clinical Nutrition ESPEN* [en línea], vol. 49, pp. 442-448. ISSN 24054577. DOI 10.1016/j.clnesp.2022.03.006. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.03.006>.
- BENITES VIVANCO, C.M., ROJAS JUAREZ, L.K. y SANCHEZ NIÑO, Y.O.Y., 2019. *DETERMINACIÓN DE CONCENTRACION ADECUADA DE CMC EN LA ELABORACIÓN DE NÉCTAR A PARTIR DE LA PULPA DE PITAHAYA AMARILLA (Hylocereus Triangularis) CON FINES DE ACEPTABILIDAD*. S.I.: Universidad Nacional de Piura.
- BHALERAO, P.P., MAHALE, S.A., DHAR, R. y CHAKRABORTY, S., 2020. Optimizing the formulation for a pomegranate-amla-muskmelon based mixed fruit beverage using sensory analysis and evaluating its thermal stability. *Lwt* [en línea], vol. 133, no. July, pp. 109907. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2020.109907. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109907>.
- BIAN, J., XIA, Y., HAN, R., WANG, C., HE, J. y ZHONG, F., 2023. How to determine Iso-sweet concentrations for various sweeteners: Insights from consumers and trained panels. *Food Quality and Preference* [en línea], vol. 107, no. February, pp. 104824. ISSN 09503293. DOI 10.1016/j.foodqual.2023.104824. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104824>.
- CHAKRABORTY, S., MAHALE, S., DHAR, R. y BASAK, S., 2022. Development of a mixed fruit beverage and pulsed light treatment thereof to obtain a microbially safe and enzymatically stable product. *Food Bioscience* [en línea], vol. 45, no. June 2021, pp. 101508. ISSN 22124306. DOI 10.1016/j.fbio.2021.101508. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101508>.

- CHEN, L., WU, W., ZHANG, N., BAK, K.H., ZHANG, Y. y FU, Y., 2022. Sugar reduction in beverages: Current trends and new perspectives from sensory and health viewpoints. *Food Research International*, vol. 162, no. April. ISSN 18737145. DOI 10.1016/j.foodres.2022.112076.
- CHEN, Z. dong, CHEN, Q., ZHU, Y. ting, ZHANG, Y. fan, ZHAN, Y., CHEN, X. fei, LIANG, X., JIA, J. ying, YU, C., LIU, H. yan, ZOU, J. jun, LIU, Y. mei y ZHONG, D. fang, 2021. Effects of Food on the Pharmacokinetic Properties and Mass Balance of Henagliflozin in Healthy Male Volunteers. *Clinical Therapeutics* [en línea], vol. 43, no. 9, pp. e264-e273. ISSN 1879114X. DOI 10.1016/j.clinthera.2021.07.008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2021.07.008>.
- CURO-MANCHEGO, J.J.A. y YBAÑEZ-ARAUJO, S.M.V., 2017. *Parámetros óptimos para la obtención de un néctar de copoazú (Theobroma grandiflorum) y maracuyá (Passiflora edulis) y su estudio a nivel de pre-factibilidad* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6427/Curo_mj.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- DELIZA, R., LIMA, M.F. y ARES, G., 2021. Rethinking sugar reduction in processed foods. *Current Opinion in Food Science*, vol. 40, pp. 58-66. ISSN 22147993. DOI 10.1016/j.cofs.2021.01.010.
- DJEKIC, I., MUJČINOVIĆ, A., NIKOLIĆ, A., JAMBRAK, A.R., PAPADEMAS, P., FEYISSA, A.H., KANSOU, K., THOMOPOULOS, R., BREISEN, H., KAVALLIERATOS, N.G., ATHANASSIOU, C.G., SILVA, C.L.M., SIRBU, A., MOISESCU, A.M., TOMASEVIC, I., BRODNJAK, U.V., CHARALAMBIDES, M. y TONDA, A., 2019. Cross-European initial survey on the use of mathematical models in food industry. *Journal of Food Engineering* [en línea], vol. 261, no. December 2018, pp. 109-116. ISSN 02608774. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2019.06.007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.06.007>.
- DONGARE, M.L., BUCHADE, P.B., AWATADE, M.N. y SHALIGRAM, A.D., 2014. Mathematical modeling and simulation of refractive index based Brix measurement system. *Optik* [en línea], vol. 125, no. 3, pp. 946-949. ISSN 00304026. DOI 10.1016/j.ijleo.2013.09.002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2013.09.002>.
- DUFFY, E.W., HALL, M.G., DILLMAN CARPENTIER, F.R., MUSICUS, A.A., MEYER, M.L., RIMM, E. y SMITH TAILLIE, L., 2021. Nutrition Claims on Fruit Drinks Are Inconsistent Indicators of Nutritional Profile: A Content Analysis of Fruit Drinks Purchased by Households With Young Children.

Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics [en línea], vol. 121, no. 1, pp. 36-46.e4. ISSN 22122672. DOI 10.1016/j.jand.2020.08.009.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2020.08.009>.

DUSTIN, D., KOWALSKI, C., SALESSES, M., MCDOWELL, A., KRIS-
ETHERTON, P.M., BELURY, M., JOHNSON, L.K. y CONRAD, Z., 2023.
Carbohydrate Intakes below Recommendations with a High Intake of Fat
Are associated with Higher Prevalence of Metabolic Syndrome. *Journal
of the Academy of Nutrition and Dietetics* [en línea], ISSN 22122672.
DOI 10.1016/j.jand.2023.02.011. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jand.2023.02.011>.

GHAHREMANI-NAHR, J., GHADERI, A. y KIAN, R., 2023. A food bank
network design examining food nutritional value and freshness: A multi
objective robust fuzzy model. *Expert Systems with Applications* [en
línea], vol. 215, no. November 2022, pp. 119272. ISSN 09574174. DOI
10.1016/j.eswa.2022.119272. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119272>.

GUERRERO-BELTRAN, J.A. y OCHOA-VELASCO, C.E., 2020. Ultraviolet-C
Light Technology and Systems for Preservation of Fruit Juices and
Beverages. *Innovative Food Processing Technologies: A
Comprehensive Review*, pp. 210-226. DOI 10.1016/b978-0-08-100596-
5.22937-5.

HENKEL, S. y BEUTEL, S., 2013. Messung des pH-Werts in der
Biotechnologie. *Chemie-Ingenieur-Technik*, vol. 85, no. 6, pp. 872-885.
ISSN 0009286X. DOI 10.1002/cite.201200099.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA
LUCIO, M. del P., 2016. *Metodología de la investigación*. Sexta edic.
México: MCGRAW-HILL. ISBN 9788578110796.

HONORIO, A.R., SOARES, A.F., LIMA, D.C.N. de y TRIBST, A.A.L., 2021.
Passion fruit nectar sweetened with stevia and sucralose: Is perception
affected by the regular consumption of sweeteners or diabetes?
International Journal of Gastronomy and Food Science, vol. 25, no. July.
ISSN 18784518. DOI 10.1016/j.ijgfs.2021.100404.

HUANG, M., SUN, C., QIN, H. y JIANG, Z., 2023. Measurement of liquid
refractive index by quantitative phase reconstruction of single frame
dual-wavelength digital hologram. *Measurement: Journal of the
International Measurement Confederation* [en línea], vol. 206, no.
November 2022, pp. 112325. ISSN 02632241. DOI
10.1016/j.measurement.2022.112325. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112325>.

- JUNG, H. y WICKSTROM, M.H., 2023. Teachers creating mathematical models to fairly distribute school funding. *Journal of Mathematical Behavior* [en línea], vol. 70, no. February, pp. 101041. ISSN 0732-3123. DOI 10.1016/j.jmathb.2023.101041. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2023.101041>.
- KANSOU, K., LAURIER, W., CHARALAMBIDES, M.N., DELLA-VALLE, G., DJEKIC, I., FEYISSA, A.H., MARRA, F., THOMOPOULOS, R. y BREDEWEG, B., 2022. Food modelling strategies and approaches for knowledge transfer. *Trends in Food Science and Technology* [en línea], vol. 120, no. January, pp. 363-373. ISSN 09242244. DOI 10.1016/j.tifs.2022.01.021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.021>.
- KEMPF-LEONARD, K., 2005. *Encyclopedia of Social Measurement Volume*. Chicago: Elsevier.
- KHANDPUR, R.S., 2020. pH Meter -. *Compendium of Biomedical Instrumentation*, vol. 3, no. Meter. , 10.1002/9781119288190, pp. 1505–1513. DOI 10.1002/9781119288190.ch285.
- KUMAR, M. y CHAIL, M., 2019. Sucrose and saccharin differentially modulate depression and anxiety-like behavior in diabetic mice: exposures and withdrawal effects. *Psychopharmacology*, vol. 236, no. 11, pp. 3095-3110. ISSN 14322072. DOI 10.1007/s00213-019-05259-3.
- KUMAR, M., VATSA, S., MADHUMITA, M. y PRABHAKAR, P.K., 2021. Mathematical Modeling of Food Processing Operations: A Basic Understanding and Overview. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 2, no. 2, pp. 472-492. DOI 10.46592/turkager.2021.v02i02.019.
- LI, N., ZHANG, K., DONG, X., XU, Y., TAN, Z., CAO, G., LIU, X., ZHOU, D. y LI, D., 2023. Modification of the structure and function of myofibrillar protein by structurally relevant natural phenolic compounds. *Food Bioscience*, vol. 53, no. February. ISSN 22124306. DOI 10.1016/j.fbio.2023.102676.
- LIU, H., HU, S., MENG, Y., CHEN, J., LI, Z., LI, J. y ZHANG, Y., 2022. Online measurement of syrup brix with microwave open coaxial resonator sensor. *Journal of Food Engineering* [en línea], vol. 322, no. January, pp. 110975. ISSN 02608774. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2022.110975. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110975>.

- LIU, X., LIU, G., LIU, S., QIN, L., LIN, B., WANG, M., YANG, L. y ZHENG, M., 2023. Free radical mechanism of toxic organic compound formations from o-chlorophenol. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 443, no. PB, pp. 130367. ISSN 18733336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2022.130367. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130367>.
- LIZCANO, S.C., DÁVILA, J.A. y HERNÁNDEZ, V., 2019. *Fruit Agroindustrial Wastes for Preparing Beverages for Medicinal Purposes by Supercritical Fluid Extraction Technology: Andes Berry (Rubus glaucus benth) Case* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128152607. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815260-7.00005-5>.
- LOBIT, P., SOING, P., GÉNARD, M. y HABIB, R., 2002. Theoretical analysis of relationships between composition, pH, and titratable acidity of peach fruit. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 25, no. 12, pp. 2775-2792. ISSN 01904167. DOI 10.1081/PLN-120015538.
- LOUIE, C.Y., MOSHTAGHIAN, H., BOYLAN, S., VICTORIA, M., RANGAN, A.M., BARCLAY, A.W., BRAND-MILLER, J.C. y TIMOTHY, P., 2015. A systematic methodology to estimate added sugar content of foods. , no. February. DOI 10.1038/ejcn.2014.256.
- MITTAL, G.S., 2010. Mass and Energy Balances in Food Processing. En: M.M. FARID (ed.), *Mathematical Modeling of Food Processing*. 1st Editio. France: CRC Press,
- NELUM P. PIYASENA, K.G., HETTIARACHCHI, L.S.K., D. P. S. JAYAWARDHANE, S.A., U. EDIRISINGHE, E.N. y JAYASINGHE, W.S., 2022. Evaluation of inherent fructose, glucose and sucrose concentrations in tea leaves (*Camellia sinensis* L.) and in black tea. *Applied Food Research*, vol. 2, no. 1, pp. 0-5. ISSN 27725022. DOI 10.1016/j.afres.2022.100100.
- NOWAK, P.M., BIEL, I., KÓZKA, G., KLAG, M. y WOŹNIAKIEWICZ, M., 2022. Influence of pH measurement inaccuracy on the values of acidity constant determined on the basis of electrophoretic and thermophoretic data. *Microchemical Journal*, vol. 181, no. June. ISSN 0026265X. DOI 10.1016/j.microc.2022.107689.
- NWABUEZE, T.U., 2010. Basic steps in adapting response surface methodology as mathematical modelling for bioprocess optimisation in the food systems. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 45, no. 9, pp. 1768-1776. ISSN 09505423. DOI 10.1111/j.1365-2621.2010.02256.x.

- PAWLISZYN, J., 2005. Refractometry and Reflectometry. *Differences*, vol. 2, pp. 452-461.
- ROA, V., TAPIA, M.S. y MILLÁN, F., 2001. Mass balances in porous foods impregnation. *Journal of Food Science*, vol. 66, no. 9, pp. 1332-1336. ISSN 00221147. DOI 10.1111/j.1365-2621.2001.tb15210.x.
- ROJAS, D., 2019. *EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE PANELA EN LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE NÉCTAR A BASE DE MANGO (Manguiфера indica L.)* [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>.
- RYAN, R., 2014. *Safety of Food and Beverages: Soft Drinks and Fruit Juices* [en línea]. S.I.: Elsevier Ltd. ISBN 9780123786128. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00296-1>.
- SÁNDEZ, N., CALVO-LÓPEZ, A., VIDIGAL, S.S.M.P., RANGEL, A.O.S.S. y ALONSO-CHAMARRO, J., 2019. Automated analytical microsystem for the spectrophotometric monitoring of titratable acidity in white, rosé and red wines. *Analytica Chimica Acta*, vol. 1091, pp. 50-58. ISSN 18734324. DOI 10.1016/j.aca.2019.09.052.
- SCAPIN, T., LOUIE, J.C.Y., PETTIGREW, S., NEAL, B., RODRIGUES, V.M., FERNANDES, A.C., BERNARDO, G.L., LAZZARIN UGGIONI, P. y PROENÇA, R.P. da C., 2021. The adaptation, validation, and application of a methodology for estimating the added sugar content of packaged food products when total and added sugar labels are not mandatory. *Food Research International* [en línea], vol. 144, no. March, pp. 110329. ISSN 18737145. DOI 10.1016/j.foodres.2021.110329. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110329>.
- SCHIFFMAN, S.S. y GATLIN, C.A., 1993. Sweeteners: State of knowledge review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 17, no. 3, pp. 313-345. ISSN 01497634. DOI 10.1016/S0149-7634(05)80015-6.
- SOYSEVEN, M., SEZGIN, B. y ARLI, G., 2022. A novel, rapid and robust HPLC-ELSD method for simultaneous determination of fructose, glucose and sucrose in various food samples: Method development and validation. *Journal of Food Composition and Analysis* [en línea], vol. 107, no. January, pp. 104400. ISSN 08891575. DOI 10.1016/j.jfca.2022.104400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104400>.
- TAN, D., SUTANTO, C.N., LIN, J.W.X., TOH, D.W.K., LÊ, K.A. y KIM, J.E., 2023. Measures of carbohydrate quality and their association with diet

quality and cardiometabolic health outcomes in Singapore middle-aged and older adults. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* [en línea], vol. 33, no. 4, pp. 778-788. ISSN 15903729. DOI 10.1016/j.numecd.2023.01.008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2023.01.008>.

TODARO, A., ARENA, E., TIMPONE, R., PARAFATI, L., PROETTO, I., PESCE, F., PISANA, F., FALLICO, B. y PALMERI, R., 2023. Use of concentrated fruit juice extracts to improve the antioxidant properties in a soft drink formulation. *International Journal of Gastronomy and Food Science* [en línea], vol. 31, no. November 2022, pp. 100649. ISSN 18784518. DOI 10.1016/j.ijgfs.2022.100649. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100649>.

TÜRKMEN, L. y EKŞİ, A., 2011. Brix degree and sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Food Chemistry*, vol. 127, no. 3, pp. 1404-1407. ISSN 03088146. DOI 10.1016/j.foodchem.2010.12.118.

VOLMER, D.A., CURBANI, L., PARKER, T.A., GARCIA, J., SCHULTZ, L.D. y BORGES, E.M., 2017. Determination of Titratable Acidity in Wine Using Potentiometric, Conductometric, and Photometric Methods. *Journal of Chemical Education*, vol. 94, no. 9, pp. 1296-1302. ISSN 19381328. DOI 10.1021/acs.jchemed.6b00891.

WAGHMARE, R., 2021. Cold plasma technology for fruit based beverages: A review. *Trends in Food Science and Technology* [en línea], vol. 114, no. May, pp. 60-69. ISSN 09242244. DOI 10.1016/j.tifs.2021.05.018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.018>.

WANG, H., ZHANG, Z., SONG, J., TIAN, M., LI, R. y CUI, X., 2023. Phenolic compound identification in tomato fruit by UPLC-QTOF-MS. *Lwt* [en línea], vol. 182, no. January, pp. 114791. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2023.114791. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114791>.

WEDBORG, M., TURNER, D.R., ANDERSON, L.G. y DYRSSEN, D., 1999. Determination of pH. *Methods of Seawater Analysis: Third, Completely Revised and Extended Edition*, pp. 109-125. DOI 10.1002/9783527613984.ch7.

ZHANG, J., NIE, J. yun, LI, J., ZHANG, H., LI, Y., FAROOQ, S., BACHA, S.A.S. y WANG, J., 2020. Evaluation of sugar and organic acid composition and their levels in highbush blueberries from two regions of China. *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 19, no. 9, pp. 2352-2361.

ISSN 20953119. DOI 10.1016/S2095-3119(20)63236-1.

ZHU, L., LUO, M., ZHANG, Y., FANG, F., LI, M., AN, F., ZHAO, D. y ZHANG, J., 2023. Free radical as a double-edged sword in disease: Deriving strategic opportunities for nanotherapeutics. *Coordination Chemistry Reviews* [en línea], vol. 475, pp. 214875. ISSN 00108545. DOI 10.1016/j.ccr.2022.214875. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2022.214875>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización de las variables

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Variable independiente: Masa de sacarosa que se agrega al néctar	Cálculo de la masa de sacarosa que se agrega al néctar	Formulación y obtención del modelo matemático propuesto en la hipótesis	Masa de sacarosa que se agrega al néctar en Kg calculados con el modelo matemático propuesto en la hipótesis	32 néctares de fruta seleccionados como muestra
Variable dependiente: Dulzor del néctar que corresponde a la densidad óptica del néctar	Medición del dulzor del néctar	Determinación del endulzamiento óptimo del néctar	Dulzor del néctar en grados Brix que se utilizaron en la prueba de hipótesis	32 néctares de fruta seleccionados como muestra

Anexo 2: Fotos

Foto 1: Escaldado de frutas de cocona (*Solanum sessiliflorum*) en la marmita de la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 2: Pulpeadora de la planta agroindustrial de la UNAMAD, después del pulpeado de frutas escaldadas de cocona (*Solanum sessiliflorum*):



Foto 3: Pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*), después del pulpeado en la pulpeadora de la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 4: Néctar de cocona (*Solanum sessiliflorum*), después de la dilución, estandarización, homogenización y pasteurizado en la marmita de la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 5: Néctar de cocona (*Solanum sessiliflorum*), después de su proceso de elaboración en la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 6: Pulpa de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), después del pulpeado en la pulpeadora de la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 7: Refractómetro de la planta agroindustrial de la UNAMAD, indicando los grados brix de una muestra de néctar de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) de 39.5 Kg, que se le agregó 3.34 Kg de azúcar, calculado con el modelo matemático propuesto en la hipótesis:



Foto 8: Refractómetro de la planta agroindustrial de la UNAMAD, indicando los grados brix de una muestra de néctar de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) de 39.5 Kg, que se le agregó 3.69 Kg de azúcar, calculado con el modelo matemático, obtenido generalmente del balance de masa de los componentes del néctar:



Foto 9: Néctar de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), después de su proceso de elaboración en la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 10: Néctar de piña (*Ananas comosus*), después de su proceso de elaboración en la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 11: Pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis*), después del pulpeado en la pulpeadora de la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 12: Néstor López, después del pulpeado de frutas escaldadas de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la pulpeadora de la planta agroindustrial de la UNAMAD:



Foto 13: Néstor López, después de elaborar néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la planta agroindustrial de la UNAMAD:

