



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD EFECTIVA EN EL  
PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE BETARRAGA  
(*Beta vulgaris*) EN DIFERENTES AGENTES EDULCORANTES**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**LUIS ANGEL CASTILLO ICHUTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

*El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.*

*A mis hermanos Javier y Dina por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.*

*A mi madre Margarita, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.*

*A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me compartieron sus conocimientos.*



## AGRADECIMIENTOS

*A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de Universidad Nacional del Altiplano, a los docentes por la formación profesional que recibí en los años de permanencia en sus aulas.*

*A D.Sc. Rosario Edely Ortega Barriga docente de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial por su orientación, sus consejos y ayuda invaluable en la realización de este trabajo de investigación, quien confió en mí, con paciencia, comprensión y motivación.*

*A D.Sc. Luis Alberto Jimenez Monrroy, Ing. Whany Quispe Chambi y Dr. Ulises Alvarado Mamani docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por sus orientaciones, sus consejos, por su apoyo durante la revisión y corrección del presente trabajo de investigación.*

*Al personal administrativo, por las facilidades brindadas en los Laboratorios, bibliotecas para la ejecución del presente trabajo.*

*Finalmente agradezco a toda mi familia por los ánimos y el apoyo que siempre me dieron; y todas las personas que directa o indirectamente me apoyaron en la realización de mi trabajo de investigación.*



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.1.1. OBJETIVO GENERAL .....	18
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DESHIDRATACIÓN EN ALIMENTOS .....	19
2.1.1. TIPOS DE DESHIDRATACIÓN EN ALIMENTOS.....	20
2.1.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	20
2.2. ADITIVOS ALIMENTARIOS .....	25
2.2.1. AGENTES EDULCORANTES .....	26
2.3. CONTROL DE CALIDAD EN ALIMENTOS DESHIDRATADOS .....	30
2.3.1. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES .....	30
2.3.2. HUMEDAD.....	30



2.3.3. ANÁLISIS SENSORIAL .....	31
2.4. BETARRAGA .....	34
2.4.1. CLASIFICACIÓN TAXONOMÍA .....	34
2.4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA .....	35
2.4.3. FORMAS DE CONSUMO DE LA BETARRAGA .....	36
2.4.4. BENEFICIOS PARA LA SALUD.....	37

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	40
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	40
3.2.1. MATERIA PRIMA .....	40
3.2.2. INSUMOS .....	40
3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS .....	41
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	41
3.5. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD .....	44
3.6. DETERMINACIÓN DE °BRIX .....	44
3.7. DETERMINACIÓN DE TRANSFERENCIA DE MATERIA.....	44
3.8. DETERMINACIÓN DE CONSTANTES CINÉTICAS .....	47
3.9. DETERMINACIÓN DE DIFUSIVIDAD EFECTIVA.....	49
3.10. ANÁLISIS SENSORIAL.....	52
3.11. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	52
3.11.1. DISEÑO FACTORIAL <i>nk</i> .....	53
3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	53



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIACIÓN DE MASA TOTAL .....	54
4.2. PÉRDIDA DE AGUA.....	57
4.3. GANANCIA DE SÓLIDOS .....	60
4.4. CONSTANTES CINÉTICAS .....	62
4.5. DIFUSIVIDAD EFECTIVA.....	64
4.6. PROPIEDADES SENSORIALES .....	66
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>

**ÁREA :** Ingeniería y tecnología

**TEMA :** Propiedades físicas y estructurales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN 26 DE DICIEMBRE DEL 2019**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Contenido de agua y azúcar durante la deshidratación osmótica .....	21
Figura 2:	Absorción de agua de algunos azúcares respecto de la humedad relativa ...	28
Figura 3:	Diagrama de flujo de deshidratación osmótica de betarraga .....	42
Figura 4:	Variación de masa total en 40 °Brix .....	54
Figura 5:	Variación de masa total en 50 °Brix .....	55
Figura 6:	Variación de masa total en 60 °Brix .....	55
Figura 7:	Pérdida de agua en 40 °Brix.....	57
Figura 8:	Pérdida de agua en 50 °Brix.....	58
Figura 9:	Pérdida de agua en 60 °Brix.....	58
Figura 10:	Ganancia de sólidos en 40 °Brix .....	60
Figura 11:	Ganancia de sólidos en 50 °Brix .....	60
Figura 12:	Ganancia de sólidos en 60 °Brix.....	61
Figura 13:	Comparación de promedios de características sensoriales .....	67
Figura 14:	Medias y 95.0 % de Fisher LSD de características sensoriales de cubitos de betarraga osmodeshidratada: a) Color, b) Textura, c) Sabor y d) Aceptabilidad general.....	68



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos.....	22
Tabla 2:	Clasificación de edulcorantes .....	26
Tabla 3:	Composición nutricional de la betarraga .....	36
Tabla 4:	Características de betarraga .....	40
Tabla 5:	Ejemplo de determinación variación de masa total .....	45
Tabla 6:	Ejemplo de determinación de pérdida de agua .....	46
Tabla 7:	Ejemplo de determinación de ganancia de sólidos .....	47
Tabla 8:	Ejemplo de determinación de KW .....	48
Tabla 9:	Ejemplo de determinación de KSS .....	49
Tabla 10:	Ejemplo de determinación de DeW .....	51
Tabla 11:	Análisis sensorial de betarraga osmodeshidratada.....	52
Tabla 12:	Variables independientes y dependientes .....	53
Tabla 13:	Prueba de Duncan para variación de masa total por edulcorante .....	56
Tabla 14:	Prueba de Duncan para variación de masa total por concentración.....	56
Tabla 15:	Prueba de Duncan para pérdida de agua por edulcorante .....	59
Tabla 16:	Prueba de Duncan para pérdida de agua por concentración .....	59
Tabla 17:	Prueba de Duncan para ganancia de sólidos por edulcorante .....	62
Tabla 18:	Promedios de constantes cinéticas .....	63
Tabla 19:	Prueba de Duncan para constantes cinéticas de agua por edulcorante .....	63
Tabla 20:	Prueba de Duncan para constantes cinéticas de agua por concentración.....	63
Tabla 21:	Prueba de Duncan para constantes cinéticas de sólidos por edulcorante.....	64
Tabla 22:	Promedios de difusividad efectiva de agua y sólidos .....	65
Tabla 23:	Prueba de Duncan para difusividad efectiva de agua por edulcorante .....	65
Tabla 24:	Prueba de Duncan para difusividad efectiva de agua por concentración.....	65





Tabla 25: Prueba de Duncan para difusividad efectiva de sólidos por edulcorante..... 66

Tabla 26: Prueba de Duncan para difusividad efectiva de sólidos por concentración. 66



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Factores y niveles .....	81
ANEXO II: Datos experimentales de los tratamientos .....	82
ANEXO III: Datos de transferencia de masa de los tratamientos .....	83
ANEXO IV: Variaciones de peso, agua y ganancia de sólidos finales .....	84
ANEXO V: Constantes cinéticas .....	85
ANEXO VI: Difusividad efectiva.....	86
ANEXO VII: Base de datos de evaluación sensorial .....	87
ANEXO VIII: Ficha de análisis sensorial.....	88
ANEXO IX: Análisis estadístico de variación de masa total .....	89
ANEXO IX.1: Análisis de varianza (ANOVA) de variación de masa total .....	89
ANEXO IX.2: Diagrama de Pareto para Variación de masa total.....	89
ANEXO X: Análisis estadístico de variación de pérdida de agua.....	90
ANEXO X.1: Análisis de varianza (ANOVA) de pérdida de agua .....	90
ANEXO X.2: Diagrama de Pareto para pérdida de agua .....	90
ANEXO XI: Análisis estadístico de ganancia de sólidos .....	91
ANEXO XI.1: Análisis de varianza (ANOVA) de ganancia de sólidos.....	91
ANEXO XI.2: Diagrama de Pareto para ganancia de sólidos .....	91
ANEXO XII: Análisis estadístico de constantes cinéticas de agua .....	92
ANEXO XII.1: Análisis de varianza (ANOVA) de constantes cinéticas de agua.....	92
ANEXO XII.2: Diagrama de Pareto para constantes cinéticas de agua .....	92
ANEXO XIII: Análisis estadístico de constantes cinéticas de sólidos.....	93
ANEXO XIII.1: Análisis de varianza (ANOVA) de constantes cinéticas de sólidos	93
ANEXO XIII.2: Diagrama de Pareto para constantes cinéticas de sólidos .....	93
ANEXO XIV: Análisis estadístico de difusividad efectiva de agua .....	94



ANEXO XIV.1: Análisis de varianza (ANOVA) de Difusividad efectiva de agua ..	94
ANEXO XIV.2: Diagrama de Pareto para $D_{we}$ .....	94
ANEXO XV: Análisis estadístico de difusividad efectiva de sólidos .....	95
ANEXO XV.1: Análisis de varianza (ANOVA) de difusividad efectiva de sólidos.	95
ANEXO XV.2: Diagrama de Pareto para $D_{sse}$ .....	95
ANEXO XVI: Análisis estadístico de color por muestras.....	96
ANEXO XVI.1: Análisis de varianza (ANOVA) de color por muestras .....	96
ANEXO XVII: Análisis estadístico de textura por muestras .....	96
ANEXO XVII.1: Análisis de varianza (ANOVA) de textura por muestras .....	96
ANEXO XVII.2: Pruebas de Múltiple Rangos para textura por muestras método: 95.0 porcentaje LSD .....	96
ANEXO XVIII: Análisis estadístico de sabor por muestras.....	96
ANEXO XVIII.1: Análisis de varianza (ANOVA) de sabor por muestras .....	96
ANEXO XVIII.2: Pruebas de Múltiple Rangos para sabor por muestras método: 95.0 porcentaje LSD.....	97
ANEXO XIX: Análisis de varianza (ANOVA) de aceptabilidad general por muestras	97
ANEXO XIX.1: Análisis de varianza (ANOVA) de aceptabilidad general por muestras .....	97
ANEXO XIX.2: Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad general por muestras método: 95.0 porcentaje LSD .....	97



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- $Bx_M$  : °Brix de la muestra
- $Bx_{SOL}$  : °Brix de la solución
- $a_w$  : Actividad de agua
- $\Delta M$  : Variación de masa total (%)
- $\Delta M_W$  : Pérdida de agua (%)
- $\Delta M_{SS}$  : Ganancia de sólidos solubles (%)
- $Z_M$  :  $\frac{Bx_M}{100}$
- $M_t$  : Peso de la muestra a tiempo t (g)
- $M_0$  : Peso de la muestra a tiempo 0 (g)
- $M_f$  : Peso de la muestra a seco (g)
- m : metro
- s : segundo
- $X_{Wt}$  : Fracción de masa de agua a tiempo t (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)
- $X_{W0}$  : Fracción de masa de agua a tiempo 0 (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)
- $X_{SSt}$  : Fracción de masa de sólidos a tiempo t (g sólidos . g<sup>-1</sup> m. s.)
- $X_{SS0}$  : Fracción de masa de sólidos a tiempo 0 (g sólidos . g<sup>-1</sup> m. s.)
- $K_W$  : Constante cinética del agua
- $K_{SS}$  : Constante cinética de los sólidos solubles
- t : Tiempo (s)
- $Y_W$  : Fuerza impulsora de agua (Adimensional)
- $Y_{SS}$  : Fuerza impulsora de sólidos (Adimensional)
- $X_{We}$  : Fracción de masa de agua en equilibrio (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)
- $X_{SSe}$  : Fracción de masa de sólidos en equilibrio (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)



$D_{We}$  : Difusividad efectiva de agua ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )

$D_{Sse}$  : Difusividad efectiva de sólidos ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )

$L$  : Semi espesor (m)

$\sigma$  : Desviación estándar

MS401: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 1

MS402: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 2

MS403: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 3

MS501: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 1

MS502: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 2

MS503: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 3

MS601: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 1

MS602: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 2

MS603: Agente edulcorante: sacarosa; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 3

MG401: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 1

MG402: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 2

MG403: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 3

MG501: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 1

MG502: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 2

MG503: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 3

MG601: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 1

MG602: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 2

MG603: Agente edulcorante: glucosa; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 3

MM401: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 1

MM402: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 2

MM403: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 40 °Brix; Repetición: 3



MM501: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 1

MM502: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 2

MM503: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 50 °Brix; Repetición: 3

MM601: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 1

MM602: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 2

MM603: Agente edulcorante: miel de abeja; Concentración: 60 °Brix; Repetición: 3

A : Muestra deshidratada con sacarosa

B : Muestra deshidratada con glucosa

C : Muestra deshidratada con miel de abeja



## RESUMEN

La deshidratación osmótica es aplicada en frutas y hortalizas crudas para conservar la calidad y estabilidad sin tener pérdidas considerables en compuestos aromáticos entonces el objetivo de este trabajo de investigación fue determinar la difusividad efectiva en el proceso de deshidratación osmótica de betarraga (*Beta vulgaris*) en diferentes agentes edulcorantes para ello se utilizó dos variables independientes a) agentes edulcorantes (sacarosa, glucosa y miel de abeja) y b) concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix de la solución osmótica y las variables dependientes fueron: porcentaje de variación de masa total, porcentaje pérdida de agua, porcentaje ganancia de sólidos solubles, constantes cinéticas, difusividad efectiva y características sensoriales. Los cubos de 0.01 m de lado de betarraga se sumergieron en diferentes agentes edulcorantes a diferentes concentraciones (°Brix) por un periodo de 240 minutos. Los valores de difusividad efectiva de agua fueron entre  $1.24 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  y  $15.86 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , y la difusividad efectiva de sólidos fueron entre  $1.91 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  y  $5.48 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Las variaciones de masa total, pérdida de agua y constante cinética de agua son influenciadas por los factores agentes edulcorantes y concentraciones. La mejor variación de masa total y pérdida de agua fue en glucosa a 60 °Brix y la constante cinética de agua fue en sacarosa a 60 °Brix. Y las variaciones de ganancia de sólidos y las constantes cinéticas de sólidos solo son influenciadas por el factor agentes edulcorantes, siendo mejor el edulcorante miel de abeja. La muestra deshidratada con miel de abeja a 60 °Brix tuvo mejores propiedades en la textura, sabor y aceptabilidad general con una calificación 3.36, 3.78 y 3.6 (mayor a ni agradable ni desagradable).

**Palabras Clave:** Betarraga, deshidratación osmótica, difusividad efectiva, sólidos solubles y concentración.



## ABSTRACT

Osmotic dehydration is applied in raw fruits and vegetables to preserve quality and stability without having considerable losses in aromatic compounds so, the objective of this research is determine the effective diffusivity in the process of osmotic dehydration of betarraga (*Beta vulgaris*) in different two sweetening agents that were used for this purpose: a) sweetening agents (sucrose, glucose and honey) and b) concentrations of 40, 50 and 60 ° Brix of the osmotic solution. The dependent variables were: percentage of total mass variation, percentage of water loss, percentage of soluble solids increased, kinetic constants and effective diffusivity. The 0.01 m betarraga cubes were immersed in different sweetening agents at different concentrations (° Brix) for a period of 240 minutes. The values of effective water diffusivity were between  $1.24 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  and  $15.86 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , and the effective solids diffusivity were between  $1.91 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  and  $5.48 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . The variations in total mass, water loss and water kinetic constant were influenced by the sweetening agents and concentrations. The best variation of total mass and water loss was in glucose at 60 ° Brix and the kinetic constant of water was in sucrose at 60 ° Brix. And the variations of solid increase and the kinetic constants of solids were only influenced by sweetening agents factor, the better sweetening agent was bee honey. The sample dehydrated with honey at 60 ° Brix had better properties in texture, flavor and general acceptability with a rating of 3.36, 3.78 and 3.6 (more than neither tasty nor flavorless).

**Keywords:** Betarraga, osmotic dehydration, effective diffusivity, soluble solids and concentration





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El secado es una de las técnicas más antiguamente utilizadas para la conservación de alimentos desde los principios de la humanidad ya que proporciona al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de carencia (Fito *et al.*, 2001). En la actualidad hay diversas técnicas de secado una de ellas es la deshidratación osmótica.

La deshidratación osmótica es un método utilizado para disminuir el contenido de agua de frutas y vegetales. Consiste en sumergir la matriz biológica en una solución acuosa hipertónica de sales, azúcares y/o alcoholes, con el fin de promover la deshidratación gracias al gradiente de presión osmótica (Velasco *et al.*, 2016).

El uso de los agentes edulcorantes en una solución hipertónica es muy importante, ya que son capaces de generar una presión osmótica alta, lo cual permite aumentar la vida útil reduciendo la humedad y mejorando las propiedades sensoriales del producto (Rios, Marquez, & Ciro, 2005)

La betarraga es un producto vegetal que se considera un alimento de gran importancia para el ser humano por su alto contenido nutricional y medicinal, es desintoxicante y depuradora de sangre, rica en hierro, ya que ayuda a fomentar la producción de anticuerpos que combaten las enfermedades (Merizalde, 2006). Este vegetal se emplea cruda o cocida, pero la primera mantiene mejor sus propiedades nutricionales y medicinales (Chinchilla, 2014).

En esta investigación se pretende transformar y conservar la betarraga mediante la deshidratación osmótica, ya que este método mejora la calidad organoléptica del producto final y es una técnica que permite reducir su contenido de humedad e



incrementar el contenido de sólidos solubles en el producto (Castillo & Cornejo, 2007).

Hasta la actualidad, no existe estudios sobre la difusividad efectiva de betarraga, sumergido en soluciones edulcorantes (sacarosa, glucosa y miel de abeja).

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la difusividad efectiva en el proceso de deshidratación osmótica de betarraga (*Beta vulgaris*) en diferentes agentes edulcorantes

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener la difusividad efectiva mediante la cinética de proceso de deshidratación osmótica de la betarraga utilizando la ecuación de integración de la segunda Ley de Fick.
- Evaluar la influencia de los agentes edulcorantes y concentración de la solución osmótica sobre la cinética de transferencia de materia.
- Evaluar las propiedades sensoriales de la betarraga deshidratada osmóticamente con diferentes agentes edulcorantes.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. DESHIDRATACIÓN EN ALIMENTOS

La deshidratación permite preservar alimentos altamente perecederos, especialmente frutas y hortalizas, cuyo contenido de agua es típicamente superior al 90%. El objetivo principal de esta tecnología es reducir el contenido de humedad de los alimentos, lo cual disminuye su actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse sobre el alimento (Ochoa *et al*, 2013).

La deshidratación o secado de alimentos es una de las operaciones unitarias más utilizadas en la conservación de los mismos. En los procesos de deshidratación el agua es eliminada, en mayor y menor grado, y se consigue con ello una mejor conservación microbiológica, además de retardar muchas reacciones indeseables. Aunque esta conservación del alimento tiene gran importancia, con la deshidratación también se logran disminuir los costes de envasado, manejo, almacenado y transporte, ya que se disminuye el peso del alimento, y en algunos casos el volumen (Ibarz & Barbosa, 2011).

En el proceso de secado es importante conocer los mecanismos involucrados en el movimiento de agua en el interior y exterior del alimento. Este movimiento puede ser debido a fuerzas capilares, difusión del agua por gradientes de concentración, difusión en la superficie, difusión del vapor de agua en los poros llenos de aire, flujo debido a gradientes de presión y a la vaporización y condensación del agua (Ibarz & Barbosa, 2011).



### 2.1.1. TIPOS DE DESHIDRATACIÓN EN ALIMENTOS

Existen diversos tipos de deshidratación de alimentos (Ochoa *et al*, 2013):

- Deshidratación solar
- Deshidratado con aire caliente forzado
- Deshidratado con microondas
- Deshidratación osmótica
- Deshidratado por liofilización
- Deshidratación por atomización

En este trabajo de investigación se profundiza en el estudio de la deshidratación osmótica.

### 2.1.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La concentración de alimentos mediante la inmersión de los mismos en una solución hipertónica se conoce como deshidratación osmótica. La ósmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable, hacia otra solución de menor concentración (Ibarz & Barbosa, 2011; Arreola & Rosas , 2007).

La deshidratación osmótica implica sumergir materiales alimenticios de humedad alta en una solución osmótica, por lo general una solución de azúcar o de cloruro de sodio (Sharma, Mulvaney, & Rizvi, 2003; y Amami *et al.*, 2016).

Las pérdidas de agua por parte del alimento en el proceso de secado osmótico, se pueden dividir en dos períodos (Barbosa & Vega, 1996; Della & Mascheroni, 2011):

- 1) Un período de alrededor de dos horas con una alta velocidad de eliminación de agua

- 2) Un período, de dos a seis horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua.

La concentración de la solución osmótica afectan la velocidad de pérdida de agua del producto (Ibarz & Barbosa, 2011).

En el alimento, el contenido de agua y de solutos es función del tiempo; así, en la Figura 1 se muestra esta variación para la deshidratación de fruta, en la que se observa una disminución de agua y en algunos casos de vitaminas y pigmentos solubles; así mismo un aumento de los azúcares con el tiempo (Barbosa & Vega, 1996; Colina, 2010; Velasco, Salazar, Cisneros, Ramirez, & Pacheco, 2016 y Sacchetti, Gianotti, & Dalla, 2001).

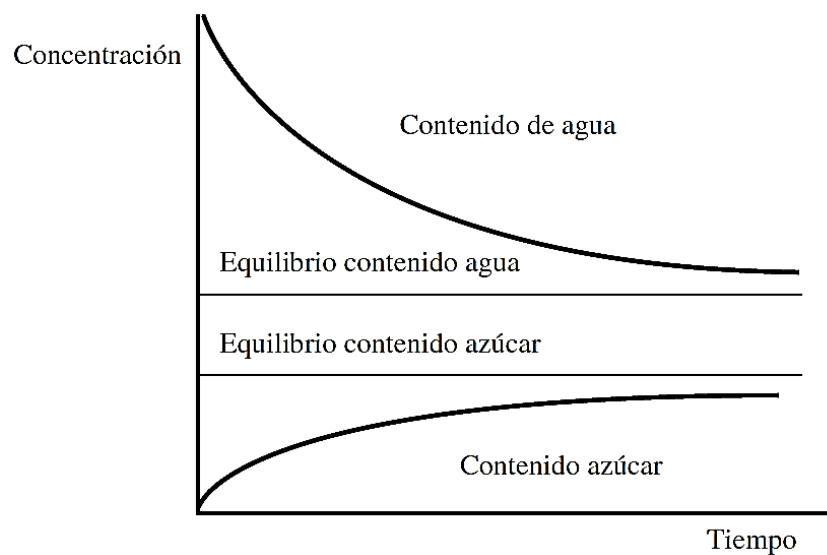


Figura 1: Contenido de agua y azúcar durante la deshidratación osmótica

Fuente: Barbosa & Vega (1996)

También es muy importante la elección del soluto de la solución osmótica, debiéndose tener presente tres factores muy importantes:

- 1) Las características sensoriales del producto;



- 2) El coste del soluto, y
- 3) La masa molecular del mismo.

Generalmente, los solutos más usados en los procesos de deshidratación osmótica son cloruro sódico, sacarosa, lactosa, jarabe de fructosa y glicerol. En la tabla 1 se muestran los usos y ventajas de algunos solutos osmóticos (Barbosa & Vega, 1996; y Colina, 2010)

Tabla 1: Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos

Nombre	Usos	Ventajas
Cloruro sódico	Carnes y verduras soluciones superior 10%	Alta capacidad de depresión de $a_w$
Sacarosa	Fruta	Reduce pardeamientos y aumenta retención de volátiles
Lactosa	Frutas	Sustitución parcial de sacarosa
Glicerol	Frutas y verduras	Mejora la textura
Combinación	Frutas, verduras y carnes	Características sensoriales ajustadas, combina la alta capacidad de depresión de $a_w$ de las sales con alta capacidad de eliminación de agua del azúcar.

Fuente: Barbosa & Vega (1996)

#### a) FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE MASA

La velocidad con la que se efectúa la transferencia de masa (entrada de soluto y entrada de agua) de un producto depende de los diversos factores como:

- **Características del producto:** entre las características del producto que más influencia ejercen sobre la velocidad de transferencia de solutos y agua están en forma y tamaño, que determinan el área superficial para la transferencia de masa. Trozos de



productos pequeño espesor y forma homogénea incrementan el área superficial del mismo. Asimismo, son importantes a la composición química, textura y porosidad del producto que determinan, tanto el tipo y concentración de solutos que pueden ser transportados al interior del tejido, como la velocidad con la ocurre el transporte de masa. Es importante considerar el manejo previo del alimento, ya que operaciones como el pelado, cortado, escaldado o pre cocido, congelación – descongelación, entre otras, modifican las características originales del producto por deshidratar (Colina, 2010; Sablani & Rahman, 2003; y Madamba & Lopez, 2002).

- **Naturaleza de los solutos en la solución:** los sólidos utilizados para la deshidratación osmótica poseen diferencias en sus estructura química, peso molecular, polaridad y permeabilidad, por lo que presentan diferentes interrelaciones con las membranas o componentes del alimento, que se reflejan en la velocidad de transferencia de masa y, por tanto, en la capacidad de cada soluto para provocar pérdida de agua y ganancia de sólidos por parte del alimento (Colina, 2010; Sereno, Moreira, & Martínez, 2001; y Sacchetti, Gianotti , & Dalla , 2001)
- **Concentración de los solutos e las soluciones osmótica:** Tanto la trasferencia de masa por difusión como los gradientes de presión osmótica, están relacionados están relacionados directamente con la concentración de solutos en la solución osmótica. Además, esta concentración tiene una influencia considerable en la viscosidad de la solución, por ende, en el movimiento que pueden tener las moléculas durante el proceso (Colina, 2010; y Vega *et al.*, 2007).

En la difusión del agua del alimento a la solución, la fuerza impulsora requerida para el flujo del agua es la diferencia de potencial químico entre la disolución y el fluido intracelular (Acevedo, Tirado, & Guzmán, 2013). A medida que aumenta la



concentración de la solución, mayor es la variación de masa de masa (Vega *et al.*, 2007).

En soluciones a 60 % de sólidos, aquellas con mezclas de sacarosa/sal (50/10 o 45/15) son mejores agentes osmóticos, comparadas con las que solo utilizan sacarosa. Esto puede atribuirse a que la sacarosa es el material con mayor peso molecular y origina mayor gradiente de concentración que resulta en mayor pérdida de agua por parte del sólido. Sin embargo, en las soluciones con mezclas sacarosa/sal, esta última, debido a su bajo peso molecular penetra con mayor facilidad al tejido, provocando una mayor reducción en la  $a_w$  del sólido, al mismo nivel de contenido de sólidos totales (Colina, 2010).

- **Relación masa de solución osmótica/ masa del producto:** A medida que transcurre la deshidratación osmótica y los solutos van penetrando al alimento, la solución va disminuyendo su concentración de solutos, lo cual reduce de modo gradual el gradiente osmótico y, así, la transferencia de masa. En la práctica es común utilizar relaciones masa de solución osmótica: masa de producto entre 3:1 y 5:1 (Colina, 2010).
- **Tiempo de inmersión del producto en la solución:** El proceso de difusión es un proceso en estado no estacionario, por lo que el tiempo de inmersión (hasta antes de alcanzar el equilibrio) es una variable importante para definir la cantidad de agua removida y/o la cantidad de sólidos ganados (Colina, 2010; y Sacchetti, Gianotti, & Dalla, 2001).

## b) EL PROCESO DE DIFUSIÓN

La transferencia de materia incluye tanto transporte por difusión de materia a escala molecular como transporte neto por convección. El proceso de difusión puede describirse matemáticamente utilizando la Ley de difusión de Fick, la cual propone que





el flujo de materia de un componente por unidad de área es proporcional al gradiente de su concentración (Sing & Heldman, 2009; y Aguado, 2009).

### c) **LEY DE FICK DE LA DIFUSIÓN**

Movimiento de una sustancia a través de una mezcla binaria, debida a la existencia de un gradiente de concentración. El movimiento de una sustancia en el seno de una mezcla binaria, desde puntos de elevadas concentraciones a otras más bajas, se puede intuir fácilmente. La difusión de un componente debido a la existencia de un gradiente de concentración recibe el nombre de difusión ordinaria. Además, existen otros tipos de difusión, según sea la propiedad que confiere el movimiento al componente de la mezcla; así, si es debida a un gradiente de presión se trata de difusión de presión, si es debida a un gradiente térmico la difusión es térmica, cuando existe una desigualdad de fuerzas externas que provoca dicho movimiento se trata de una difusión forzada (Ibarz & Barbosa, 2011).

## **2.2. ADITIVOS ALIMENTARIOS**

Un aditivo alimentario, ya sea natural o sintético, es una sustancia o mezcla de varias sustancias, que se adiciona intencionalmente al alimento durante las etapas de producción, envasado y conservación, para lograr ciertos beneficios (Badui, 2006).

Los aditivos se aplican por muchas razones: para incrementar el valor nutritivo, como las vitaminas, aminoácidos y elementos químicos; para la preservación de los alimentos, como los conservadores, antioxidantes, agentes que reducen la actividad del agua, antiendurecedores y otros; y para mejorar las propiedades sensoriales, como los saborizantes, colores, edulcorantes, espesantes, espumantes, gelificantes y emulsionantes. Sin embargo, muchos de ellos cumplen más de una función al mismo tiempo: los polioles, que reducen la actividad del agua, también son edulcorantes y humectantes; los antioxidantes igualmente presentan cierta actividad antimicrobiana; los acidulantes

abarcan una gama muy amplia de acciones; los espesantes, como gomas o proteínas, también estabilizan emulsiones de aceite en agua; los diversos fosfatos comerciales (fosfatos, metafosfatos, hexametafosfatos, tripolifosfatos y pirofosfatos) desarrollan muchas funciones, tales como amortiguador de pH, emulsionante, antiaglomerante, secuestrador, dispersante, en sales de panificación, etc. (Badui, 2006).

En esta investigación se utiliza los aditivos edulcorantes con el fin de reducir la humedad y mejorar las propiedades sensoriales de la betarraga.

### 2.2.1. AGENTES EDULCORANTES

En cuanto a su clasificación global, ante la gran variedad de tipos existentes, los edulcorantes se pueden agrupar en función de su contenido calórico (calóricos o acalóricos), según su origen (natural o artificial) o incluso según su estructura química. Existen multitud de sustancias con poder edulcorante (García, Casado, & García, 2013). La clasificación actual de los principales edulcorantes se presenta en la tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de edulcorantes

Calóricos	Naturales	Azúcares	Sacarosa, glucosa, dextrosa, fructosa, lactosa, maltosa, galactosa y trehalosa, Sacromalat *
		Edulcorantes Naturales calóricos	Miel, jarabe de arce, azúcar de palma o de coco y jarabe de sorgo
	Artificiales	Azúcares modificados	arabe de maíz de lato fructosa, caramelo, azúcar invertido
		Alcoholes del azúcar	Sorbitol, xilitol, manitol, eritritol mantitol, isoltulosa, lactitol, glicerol
Acalóricos	Naturales	Edulcorantes Naturales sin calorías	Luo Han Guo, stevia, taumatina, pentadina, monelina, brazzeína
	Artificiales	Edulcorantes Artificiales	Aspartamo, sucralosa, neotano, acesulfame K, ciclamato, neohesperidina DC, alitamo, advantamo

\*Valor calórico similar a la fructosa, si bien realmente se trata de un oligosacárido artificial

Fuente: García, Casado, & García (2013)



Los azúcares son hidratos de carbono y por tanto contienen 4 calorías por gramo. Se encuentran de forma natural en muchos alimentos como frutas, verduras, cereales y leche (García, Casado, & García, 2013).

En esta investigación se utiliza los edulcorantes debido a que tiene ventajas en la utilización en el proceso de deshidratación osmótica de los cuales se trabaja con sacarosa, glucosa y miel de abeja.

#### **a) SACAROSA**

La sacarosa abunda en forma natural en casi todas las frutas, en algunas raíces (como la remolacha, a partir de la cual se obtiene comercialmente, junto con la caña de azúcar), en ciertos granos, y en leguminosas como los chícharos (*Pisum sativum*). Su concentración en los diversos alimentos varía de manera considerable según el grado de madurez de estos productos. Por ejemplo, antes de alcanzar la madurez óptima para su cosecha, los chícharos (guisantes) contienen un porcentaje de sacarosa que representa 95% del total de los azúcares (9.5% del peso de la legumbre), y algunos monosacáridos como glucosa, fructosa y galactosa en baja cantidad; además, como la proporción de sacarosa es mayor que la del almidón, un chícharo inmaduro tiene un sabor dulce y una textura delicada (Badui, 2006; Fennema, 2000; y Mabel & Sceni, 2009).

La sacarosa llamada comúnmente “azúcar”, está integrada por una glucosa cuyo carbono aldehídico se une al cetónico de la fructosa, estableciendo un enlace glucosídico b(1,2) que impide que este disacárido sea reductor por carecer de grupos aldehído o cetona libres; además, no exhibe mutarotación. La fructosa que contiene está como furanosa tensionada, lo que hace que el enlace glucosídico sea muy lábil al calor y a los ácidos, y pueda hidrolizarse con facilidad para producir una mezcla altamente reductora de los

correspondientes monosacáridos; de hecho, esta unión es de las más sensibles entre todos los disacáridos (Badui, 2006).

La sacarosa es el químico orgánico más abundante en el mundo. Su hidrólisis parcial se aprovecha comercialmente en la elaboración de azúcar invertido usado en bebidas, ya que se reduce el porcentaje de azúcar necesario para proporcionar un dulzor determinado (Badui, 2006; y Fennema, 2000).

Este azúcar tiene un grado de solubilidad muy alto, una gran capacidad de hidratación, y es menos higroscópico que la fructosa (Figura 2); todas estas características hacen que se emplee en la elaboración de diversos alimentos (Badui, 2006).

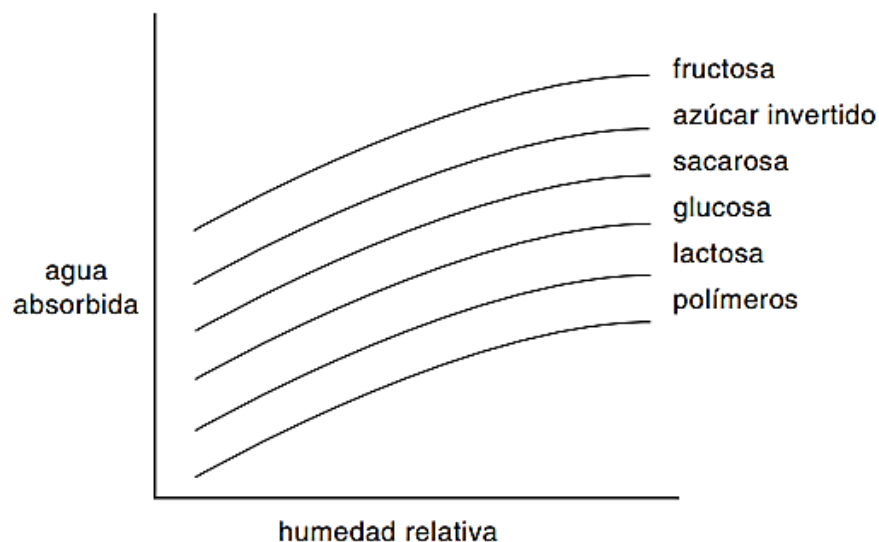


Figura 2: Absorción de agua de algunos azúcares respecto de la humedad relativa

Fuente: Badui (2006)

En esta investigación se utiliza la sacarosa porque es más utilizado en la preparación de soluciones hipertónicas (Chenlo, Moreira, Fernandez, & Vazquez, 2006).



## **b) GLUCOSA**

La glucosa es el monosacárido más abundante en la naturaleza; se encuentra en diferentes frutas, como las manzanas y las fresas, y en hortalizas como la cebolla. Su concentración depende básicamente del grado de madurez del producto. Otro tipo de producto rico en glucosa es la miel, que contiene aproximadamente un 40% de ésta. La glucosa que se emplea comercialmente en la elaboración de gran número de alimentos y se obtiene del hidrólisis controlada del almidón (Badui, 2006; y Mabel & Sceni, 2009).

La glucosa es una forma de carbohidrato importante en el metabolismo de las células; su oxidación completa a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , por medio del glucólisis y el ciclo de Krebs, genera ATP, unidad básica de transferencia de energía en los sistemas biológicos. La reserva de estos compuestos en los animales y en las plantas son, respectivamente, el glucógeno y el almidón, polímeros de glucosa cuya combustión genera 4 kcal/g (17kJ/g); la porción de fibra dietética presente en los vegetales no produce energía (Badui, 2006).

En esta investigación se utiliza glucosa porque es un azúcar simple y se utiliza como fuente de energía.

## **c) MIEL DE ABEJA**

La miel contiene azúcar y cualidades nutritivas (García, Casado, & García, 2013). La miel es una sustancia dulce y natural, producida por abejas (*Apis mellifera*) o diferentes subespecies, a partir del néctar de las plantas o de otras secreciones extra florales. Los componentes más comunes que se encuentran en la miel son el agua (17,1%), azúcares (82,4%), proteínas (0,1%) y otros componentes que incluyen vitaminas, minerales, sustancias aromáticas y ácidos orgánicos, entre otros (0,4%) (Bogdanov, 2003).



Está compuesta esencialmente de diferentes azúcares, sobre todo fructosa y glucosa, así como otras sustancias tales como ácidos orgánicos, enzimas y partículas sólidas provenientes de su recolección (Moguel, Echazarret , & Mora, 2005).

Aunque la fructosa y glucosa son los monosacáridos predominantes (entre 60 y 85%), también contiene maltosa y sacarosa. La relación de fructosa-glucosa es un factor determinante de la velocidad de cristalización de la miel, y además es responsable en buena parte de sus propiedades reológicas (Witczak, Juszczak, & Gałkowska, 2011).

En esta investigación se utiliza miel de abeja por el mayor poder osmótico y antimicrobiano que tiene este edulcorante (Rios, Marquez, & Ciro , 2005).

## **2.3. CONTROL DE CALIDAD EN ALIMENTOS DESHIDRATADOS**

### **2.3.1. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES**

El contenido de sólidos solubles se expresa en grados Brix. El contenido de sólidos solubles totales o contenido de azúcar mide e incluye los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, grasas y minerales del fruto (Luchsinger & Camilo , 2008). El contenido de sólidos solubles totales es empleado comercialmente como índice de calidad del fruto por guardar una alta correlación positiva con el contenido de azúcares (Silva, Menezes, & Silva, 2003).

### **2.3.2. HUMEDAD**

El contenido de humedad es una magnitud que expresa la cantidad de agua en un material sólido (Martienes & Lira, 2010).

El agua es el principal componente de los alimentos, ayudándoles a mantener su frescura, sabor, textura y color. Además de conocer el contenido de agua o humedad de



un alimento, es imprescindible conocer si ésta está disponible para ciertas reacciones bioquímicas, enzimáticas, microbianas, o bien interactuando con otros solutos presentes en el alimento, como son, proteínas, carbohidratos, lípidos y vitaminas (Marin, Lemus , Flores, & Vega , 2006).

El agua influye en la textura, sabor y calidad de los alimentos, pero es también una de las causas de su naturaleza perecedera (Puerta, 2006).

Los productos se secan hasta un contenido de agua que permita su conservación. La humedad para cada tipo de alimento se establece a través de investigaciones que se basan en el cual se logre la estabilidad del producto, tanto biológica, como física y química (Puerta, 2006).

### **2.3.3. ANÁLISIS SENSORIAL**

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Lawless & Heymann, 2010).

Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento, entre otras (Ramírez, 2012; Sancho, Bota, & De-Castro, 2002)

#### **a) PROPIEDADES SENSORIALES**

En la evaluación sensorial de los alimentos, cada sentido resulta ser el instrumento que proporciona una información valiosa y específica acerca de los mismos. Existen



algunos términos universales para la clasificación de los atributos sensoriales de los alimentos y otros particulares para áreas específicas. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades quínicas o texturales (Picallo, 2009).

- **Vista**

En muchas ocasiones es necesario describir y evaluar las diferencias de aspecto y color entre los productos, para lo cual los jueces necesitan un mínimo de agudeza visual, debiendo ser capaces de distinguir los colores (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2009; y Hernandez, 2005).

La luz que entra en el ojo a través de la córnea y el cristalino converge sobre la retina, que contiene millones de células fotosensibles llamadas conos y bastoncillos. Estos últimos más numerosos y sensibles a las intensidades de la luz, mientras que los conos son sensibles a los colores, teniendo en cuenta la longitud de la onda real de la luz que determina el color que vemos. Nuestros ojos son sensibles a longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nanómetros, aproximadamente; las longitudes de onda corta se muestran de color azul, la onda media, verdes y las de onda larga, rojas. Las combinaciones de conos y bastoncillos en nuestros ojos que son capaces de diferenciar tanto la intensidad del color (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2009; y Sancho, Bota, & De-Castro, 2002).

- **Olfato**

Nuestro sentido del olfato puede detectar muchos olores diferentes cuando se aspiran por la nariz, aunque también es importante para detectar, formando parte de la





percepción del flavor, sustancias volátiles emanadas por los alimentos en la boca. El sentido del olfato es clave en el análisis sensorial (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2009).

Los receptores olfatorios están localizados en la nariz y durante la respiración, solo una pequeña cantidad de aire penetra en esta zona. Sin embargo, cuando se realiza fuerte aspiración una importante cantidad de aire y olores penetra en la región olfatoria. Los olores pueden penetrar igualmente a través de la boca (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2009; y Ramírez, 2012).

- **Gusto**

La palabra “taste” (gusto, sabor) proviene de la palabra “tasten”, utilizada en la lengua inglesa de la Edad Media, que significa “examinar mediante el tacto o el gusto (taste)”. Esto resalta la importancia del gusto, para las generaciones anteriores, como una de las defensas más efectivas frente a las enfermedades e intoxicaciones. El uso alternativo de la palabra, como en la expresión “buen gusto”, enfatiza la importancia del gusto en la existencia cotidiana. Para el analista sensorial en la industria alimentaria, el sentido del gusto tiene una importancia clave (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2009).

La sensación del gusto es el resultado del efecto de la interacción entre las moléculas hidrosolubles y los receptores localizados en la lengua y la cavidad bucal. Estos receptores contienen yemas que son renovadas cada seis a ocho días. Las sustancias sápidas alcanzan las membranas de las células poseedoras de las yemas, quienes la transmiten en forma de impulso al cerebro (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2009; y Normas-UNE, 2010).



## **b) PANELISTAS**

Existen varios tipos de panelista de acuerdo al estudio que se esté realizando: panelistas expertos, panelistas entrenados o panelistas de laboratorio y panelistas consumidores. Los dos primeros son empleados en el control de calidad en el desarrollo de nuevos productos o para cuando se realizan cambios en las formulaciones. El segundo grupo es empleado para determinar la reacción del consumidor hacia el producto alimenticio (Hernandez, 2005).

## **c) ESCALA HEDÓNICA VERBAL**

Consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta y la escala gráfica consiste en la presentación de caritas o figuras faciales (Hernandez, 2005; Lawless & Heymann, 2010)

## **2.4. BETARRAGA**

La betarraga (*Beta vulgaris* L.) es una raíz casi esférica de forma globosa, con un diámetro de entre 5 y 10 cm y un peso de entre 80 y 200 gramos. Su color es variable desde rosáceo a violáceo, anaranjado rojizo o hasta el marrón, la pulpa suele ser de color rojo oscuro y puede presentar, en ocasiones, círculos concéntricos de color blanco, su sabor es dulce, debido a que se acumula gran cantidad de azúcares y es una fuente excelente de vitamina C (Gómez & Duque, 2018).

### **2.4.1. CLASIFICACIÓN TAXONOMÍA**

La clasificación taxonómica según Robledo (2004) es la siguiente:



Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Betoideae

Género: Beta

Especie: *Beta vulgaris*

#### **2.4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Posee alto contenido de fibra, soluble e insoluble. Es un alimento de moderado contenido calórico, ya que además del agua, los hidratos de carbono son el componente más abundante, lo que hace que ésta sea una de las hortalizas más ricas en azúcares como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Composición nutricional de la betarraga

Componentes	Unidades	Reyes (2017)	Martinez (2000)	Collazos (1996)
Energía	kcal	18	43	44
Agua	g	91.3	87.5	87.7
Proteína	g	2	1.61	1.7
Grasa Total	g	0.3	0.17	0.1
Carbohidrato Total	g	5.4	9.56	9.5
Fibra	g	2.7	2.8	1
Cenizas	g	1		0.9
Calcio	mg	24	16	14
Fosforo	mg	30	40	38
Hierro	mg	0.8	0.8	0.8
Retinol	mg		36	
Tiamina	mg	0.03		0.01
Riboflavina	mg	0.04	0.04	0.04
Niacina	mg	0.33	0.33	0.2
Piridoxina	mg		0.07	
Acido fólico	mcg		109	
Acido ascorbico	mg	51.78	4.9	5
Tocoferol	iu		0.3	
Potasio	mg		325	
Sodio	mg		78	
Magnesio	mg		23	
Zinc	mg		0.35	

Fuente: Reyes (2017); Martinez (2000) y Collazos (1996)

### 2.4.3. FORMAS DE CONSUMO DE LA BETARRAGA

La betarraga es empleada cruda o cocida, pero mantiene mejor las propiedades cuando está cruda. Se puede utilizar para ensaladas y la industria alimentaria la emplea en la elaboración de jugos. Además, también se le extrae un pigmento natural presente en esta raíz que le otorga su color rojo característico y que es utilizado en la industria alimentaria para la obtención de un colorante denominado “rojo de remolacha”, que se utiliza para dar color a producto (Chinchilla, 2014).



## **2.4.4. BENEFICIOS PARA LA SALUD**

### **a) COMPONENTE BIOACTIVOS**

Se considera un componente bioactivos a aquellos elementos alimentarios que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos, produciendo efectos beneficiosos sobre la salud, estos se encuentran generalmente en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos. La betarraga es una hortaliza rica en componentes bioactivos tales como polifenoles, antocianinas y sales de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (Janiszewska & Włodarczyk , 2013; Wruss *et al*, 2015).

### **b) POLIFENOLES**

Los polifenoles contenidos en los alimentos son uno de los principales antioxidantes consumidos por el ser humano, poseen un efecto vaso-dilatador y vaso-protector, anti- trombóticos, antiinflamatorios, anti-apoptóticos, efecto cardio-protector, anti-lipémicos y antiaterogénico (Fuentes, Muñoz , Aguilera , & González , 2018).

La betarraga (*Beta vulgaris* L.) es una rica fuente de polifenoles, sus valores fluctúan entre 218.00 mg.kg<sup>-1</sup> y 887.75 mg.kg<sup>-1</sup> según variedad botánica. Estudios específicos en betarraga son escasos, sin embargo, un estudio experimental en ratones observo un efecto inmuno-estimulante frente al consumo de betarraga (Amparo, 2014).

### **c) ANTOCIANINAS**

Las antocianinas, también están clasificadas dentro de los compuestos bioactivos, estas corresponden a pigmentos vegetales hidrosolubles, los cuales se encuentran en una gran variedad de frutas y verduras con un amplio esquema de colores que van desde el rojo brillante hasta el púrpura y azul oscuro (Kovarovič, Bystrická, Ján, & Lenková, 2017). Estas ejercen efectos terapéuticos conocidos, los cuales incluyen la reducción de



la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios, antidiabéticos, mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo, estos efectos están relacionados con la actividad antioxidante (Fuentes, Muñoz , Aguilera , & González , 2018).

El contenido de antocianinas totales en betarraga también es variable, este fluctúa entre  $14.48 \pm 0.40$  mg.kg-1 a  $84.50 \pm 4.71$  mg.kg-1 según variedad botánica (Fuentes, Muñoz , Aguilera , & González , 2018).

#### **d) ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

La principal función de los polifenoles y antocianinas es su capacidad antioxidante, los antioxidantes cumplen un rol protector frente a los radicales libres. Los cuales son sustancias inestables que captan electrones de sustancias estables mediante reacciones químicas de peroxidación, estas reacciones destruyen estructuras biológicas como proteínas, fosfolípidos de la membrana celular, ácidos nucleicos (ADN), lipoproteínas de baja densidad y mitocondrias (Jiménez, 2003).

La betarraga registra una actividad antioxidante variable, esta fluctúa entre  $8.37 \pm 0.29\%$  a  $21.83 \pm 0.35\%$  AOA (% de inhibición) (Fuentes, Muñoz , Aguilera , & González , 2018).

#### **e) NITRATO**

Las sales de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) es otro compuesto bioactivo, el cual se encuentra en hortalizas de hoja verde tales como; betarraga, zanahoria, espinacas y otras. El  $\text{NO}_3$  es una molécula precursora del óxido nítrico (NO) en el cuerpo humano. La betarraga se caracteriza por poseer uno de los contenidos más altos de  $\text{NO}_3$  dentro de las hortalizas, alrededor de 1.800 mg  $\text{NO}_3$ -/kg de masa fresca (Santamaria, 2006).



Varios estudios han asociado al  $\text{NO}_3$  a efectos cardioprotectores (aumento de la circulación sanguínea, reducción de la presión arterial, regulador de la función plaquetaria, inhibidor de trombos), relajación del músculo liso, aumento del consumo máximo de oxígeno en ejercicio ( $\text{VO}_2$  max), regulación de la glucosa muscular y mejora de rendimiento cardiorespiratorio (Fuentes, Muñoz , Aguilera , & González , 2018).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El proyecto se ejecutó en el laboratorio de Ingeniería de los Alimentos y laboratorio de Post Cosecha, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Ciudad de Puno, Departamento de Puno.

#### 3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

##### 3.2.1. MATERIA PRIMA

- Betarraga (*Beta vulgaris*) variedad conditiva (cosechada a los  $85 \pm 10$  días después de su siembra, forma globular cilíndrica o cónica y tamaño  $8 \pm 2$  cm). Se compró en el supermercado Plaza Vea de la ciudad de Puno con las características en la Tabla 4.

Tabla 4: Características de betarraga

Características de betarraga	
Tamaño	$8 \pm 2$ cm
Sólidos solubles totales	12.5 ° Brix
Humedad	0.7712 g agua . g <sup>-1</sup> m.s.

##### 3.2.2. INSUMOS

- Azúcar rubia (> a 99 °Brix)
- Glucosa SANTY (> a 80 °Brix)
- Miel de abeja LA REYNA DE OXAPAMPA (> a 80 °Brix)





- Agua destilada (libre de  $C O_2$ )

### **3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS**

- Baguetas de vidrio
- Vaso precipitado de 50, 100, 250 y 500 ml
- Cuchillo de acero inoxidable
- Matraz de Erlenmeyer de 50,100 y 250 ml
- Lunas de reloj
- Papel absorbente
- Papel aluminio
- Pipetas de 10 y 20 ml
- Probetas de 20, 50, 100 y 250 ml
- Tabla para cortar
- Balanza analítica con Max 220g d=0.1 mg KERN ABS
- Refractómetro con rango de 0 – 85 °Brix HI 96801 REFRACTOMETER
- Estufa de convección natural de 50 L (10 a 300 °C) MEMMERT
- Computadora HP Sistema operativo Windows 8
- Software STATGRAPHICS CENTURION XVI.I Version Free
- Software MS Microsoft Excel 2013

### **3.4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DESHIDRATACIÓN**

#### **OSMÓTICA**

En la Figura 3 se muestra los procesos que se realizaron para ejecutar el proyecto; así como la inclusión de los agentes edulcorantes y sus concentraciones.

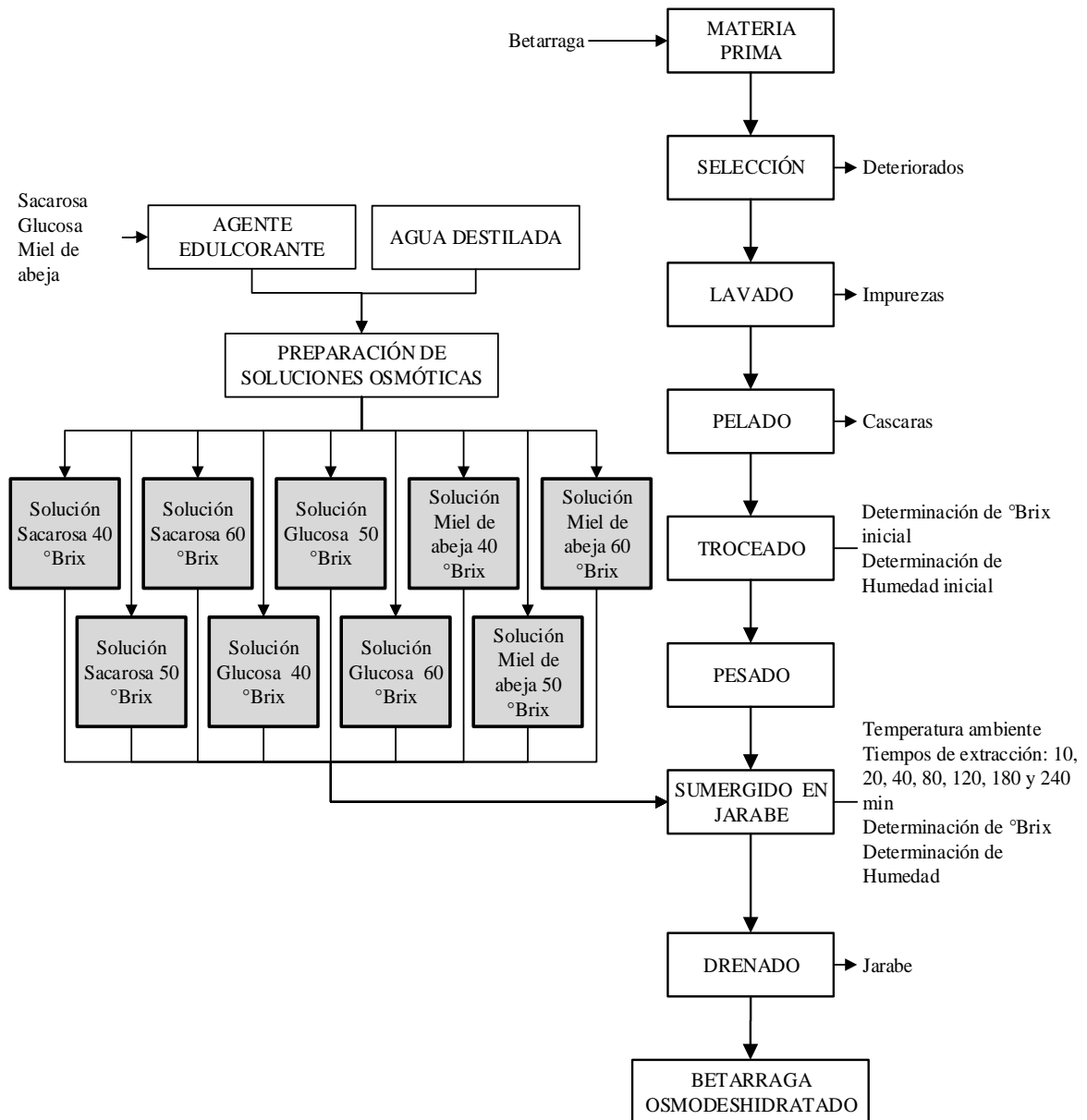


Figura 3: Diagrama de flujo de deshidratación osmótica de betarraga

Fuente: adaptado de Delgado (2016) y Cantuta (2016)

- **MATERIA PRIMA:** Se utilizó betarraga comprada en el supermercado Plaza Vea de la Ciudad de Puno. Se utilizó betarraga cosechada a los  $85 \pm 10$  días después de su siembra (etapa de madurez fisiológica), forma globular cilíndrica o cónica y tamaño  $8 \pm 2$  cm.



- **SELECCIÓN:** se separó todas las hortalizas que no presenta uniformidad con el lote, en cuanto a madurez (deficiente madurez fisiológica), color (diferente a rojo), tamaño (menores o mayores a  $8 \pm 2$  cm), presencia de daño mecánico (con golpes o rajaduras) y microbiológico aparente (en estado deterioro causada por microorganismos).
- **LAVADO:** Se llevó a cabo en forma manual con agua potable. El lavado es necesario para separar la tierra, materiales extraños de la fruta y reducir la carga bacteriana que está presente en forma natural en los alimentos (Cholota, Quito, & Vásconez, 2000).
- **PELADO:** El pelado fue manual con un cuchillo afilado, se prefirió el método mecánico porque las porciones comestibles de los productos siguen siendo frescos y libres de daños tal como los menciona (Gomez, Garcia, Arbones, & Vasquez, 2014).
- **TROCEADO:** Se cortó en forma de cubos con 1 cm de lado con una cortadora manual.
- **PESADO:** se realizó en una balanza analítica.
- **DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA:** se preparó una solución hipertónica disolviendo agentes edulcorantes (sacarosa, glucosa y miel de abeja) de grado alimentario en agua destilada en concentraciones 40, 50 y 60 °Brix a temperatura ambiente. Después los trozos de remolacha se sumergieron en las soluciones de agentes edulcorantes de acuerdo a Anexo I durante un periodo de 240 minutos.
- **DRENADO Y SECADO:** Se realizó la extracción de muestras a 10, 20, 40, 80, 120, 180 y 240 minutos, luego se drenó y secó con papel absorbente el exceso de jarabe. Luego se determinó el contenido de humedad y °Brix.



### 3.5. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Se realizó por desecación a estufa a 65 °C con una muestra, hasta lograr peso constante en un periodo de 12 horas. La determinación de humedad se realizó por diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad (A.O.A.C., 2000).

### 3.6. DETERMINACIÓN DE °BRUX

Para determinar la concentración de sólidos solubles (SS) se vertió gota a gota la muestra sobre la superficie del prisma hasta llenar la cavidad completamente del refractómetro y luego se realizó la lectura de °Brix (Hanna-instruments-SAS; y A.O.A.C., 2000).

### 3.7. DETERMINACIÓN DE TRANSFERENCIA DE MATERIA

La variación de masa total ( $\Delta M$ ), pérdida de masa ( $\Delta M_W$ ) y ganancia de sólidos solubles ( $\Delta M_{SS}$ ), se calculó usando las ecuaciones 1, 2 y 3 (Sacchetti, Gianotti, & Dalla, 2001).

$$\Delta M = \frac{M_t - M_0}{M_0} \quad (1)$$

Donde:

$\Delta M$  : Variación de masa total (%)

$M_t$  : Peso de la muestra a tiempo t (g)

$M_0$  : Peso de la muestra a tiempo 0 (g)

Por ejemplo, la determinación de variación de masa total de betarraga osmodeshidratada en una solución de sacarosa a 40 °Brix en 40 minutos se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Ejemplo de determinación variación de masa total

Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
$\Delta M = \frac{1.7166 \text{ g} - 2.1577 \text{ g}}{2.1577 \text{ g}}$	$\Delta M = \frac{1.9304 \text{ g} - 2.2540 \text{ g}}{2.2540 \text{ g}}$	$\Delta M = \frac{1.8851 \text{ g} - 2.1582 \text{ g}}{2.1582 \text{ g}}$
$\Delta M = -0.088402$	$\Delta M = -0.143567$	$\Delta M = -0.126541$
$\Delta M (\%) = -8.8402 \%$	$\Delta M (\%) = -14.3567 \%$	$\Delta M (\%) = -12.6541 \%$
$\text{Promedio de } \Delta M (\%) \text{ en sacarosa a } 40^\circ \text{brix en } 40 \text{ min} = \frac{-8.8402 \% - 14.3567 \% - 12.6541 \%}{3}$		
$\text{Promedio de } \Delta M (\%) \text{ en sacarosa a } 40^\circ \text{brix en } 40 \text{ min} = -11.9503 \%$		

$$\Delta M_W = \frac{(M_t X_{Wt} - M_0 X_{W0})}{M_0} \quad (2)$$

Donde:

$\Delta M_W$  : Pérdida de agua (%)

$M_t$  : Peso de la muestra a tiempo t (g)

$M_0$  : Peso de la muestra a tiempo 0 (g)

$X_{Wt}$  : Fracción de masa de agua a tiempo t (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)

$X_{W0}$  : Fracción de masa de agua a tiempo 0 (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)

Por ejemplo, la determinación de pérdida agua de betarraga osmodeshidratada en una solución de glucosa a 50 °Brix en 120 minutos se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Ejemplo de determinación de pérdida de agua

Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
$X_{W0} = \frac{M_0 - M_f}{M_0}$	$X_{W0} = \frac{M_0 - M_f}{M_0}$	$X_{W0} = \frac{M_0 - M_f}{M_0}$
$X_{W0} = \frac{1.7118 - 0.1605}{1.7118}$	$X_{W0} = \frac{2.0554 - 0.2010}{2.0554}$	$X_{W0} = \frac{1.7951 - 0.1952}{1.7951}$
$X_{W0} = 0.9062$	$X_{W0} = 0.9022$	$X_{W0} = 0.8913$
$X_{Wt} = \frac{M_t - M_f}{M_t}$	$X_{Wt} = \frac{M_t - M_f}{M_t}$	$X_{Wt} = \frac{M_t - M_f}{M_t}$
$X_{Wt} = \frac{1.2934 - 0.2545}{1.2934}$	$X_{Wt} = \frac{1.438 - 0.2783}{1.438}$	$X_{Wt} = \frac{1.3833 - 0.02625}{1.3833}$
$X_{Wt} = 0.8032$	$X_{Wt} = 0.8065$	$X_{Wt} = 0.8103$
$\Delta M_W = \frac{(M_t X_{Wt} - M_0 X_{W0})}{M_0}$	$\Delta M_W = \frac{(M_t X_{Wt} - M_0 X_{W0})}{M_0}$	$\Delta M_W = \frac{(M_t X_{Wt} - M_0 X_{W0})}{M_0}$
$\Delta M_W = \frac{(1.2934 \cdot 0.8032 - 1.7628 \cdot 0.906)}{1.7628}$	$\Delta M_W = \frac{(1.438 \cdot 0.8065 - 1.9341 \cdot 0.902)}{1.9341}$	$\Delta M_W = \frac{(1.3833 \cdot 0.8102 - 1.8815 \cdot 0.891)}{1.8815}$
$\Delta M_W = -0.316893$	$\Delta M_W = -0.302602$	$\Delta M_W = 0.295565$
$\Delta M_W(\%) = -31.6893 \%$	$\Delta M_W(\%) = -30.2602 \%$	$\Delta M_W(\%) = 29.5565 \%$
$Promedio de \Delta M_W (\%) en glucosa a 50 \text{ }^\circ\text{brix en 120 min} = \frac{-31.6893 \% - 30.2602 \% - 29.5565 \%}{3}$		
$Promedio de \Delta M_W (\%) en glucosa a 50 \text{ }^\circ\text{brix en 120 min} = -30.5020 \%$		

$$\Delta M_{SS} = \frac{(M_t X_{SSt} - M_0 X_{SS0})}{M_0} \quad (3)$$

Donde:

$\Delta M_{SS}$  : Pérdida de agua (%)

$M_t$  : Peso de la muestra a tiempo t (g)

$M_0$  : Peso de la muestra a tiempo 0 (g)

$X_{SSt}$  : Fracción de masa de sólidos a tiempo t (g sólidos . g<sup>-1</sup> m. s.)

$X_{SS0}$  : Fracción de masa de sólidos a tiempo 0 (g sólidos . g<sup>-1</sup> m. s.)

Por ejemplo, la determinación de ganancia de sólidos de betarraga osmodeshidratada en una solución de miel de abeja a 60 °Brix en 240 minutos se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Ejemplo de determinación de ganancia de sólidos

Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
$Z_M = \frac{Bx_M}{100}$	$Z_M = \frac{Bx_M}{100}$	$Z_M = \frac{Bx_M}{100}$
$Z_M = \frac{38.0}{100} = 0.38$	$Z_M = \frac{40.2}{100} = 0.402$	$Z_M = \frac{39.6}{100} = 0.396$
$X_{sst} = \frac{Z_M - X_{wt}}{(1 - Z_M)}$	$X_{sst} = \frac{Z_M - X_{wt}}{(1 - Z_M)}$	$X_{sst} = \frac{Z_M - X_{wt}}{(1 - Z_M)}$
$X_{sst} = \frac{0.38 - 0.5506}{(1 - 0.38)} = 0.3375$	$X_{sst} = \frac{0.402 - 0.55946}{(1 - 0.402)} = 0.3997$	$X_{sst} = \frac{0.396 - 0.5947}{(1 - 0.396)} = 0.3899$
$\Delta M_{SS} = \frac{(M_t X_{SSt} - M_0 X_{SS0})}{M_0}$	$\Delta M_{SS} = \frac{(M_t X_{SSt} - M_0 X_{SS0})}{M_0}$	$\Delta M_{SS} = \frac{(M_t X_{SSt} - M_0 X_{SS0})}{M_0}$
$\Delta M_{SS} = \frac{(1.3354 \cdot 0.3375 - 2.0056 \cdot 0.1464)}{2.0056}$	$\Delta M_{SS} = \frac{(1.4101 \cdot 0.3997 - 2.1062 \cdot 0.1356)}{2.1062}$	$\Delta M_{SS} = \frac{(1.1191 \cdot 0.3899 - 1.6332 \cdot 0.1346)}{1.6332}$
$\Delta M_{SS} = 0.078261$	$\Delta M_{SS} = 0.131972$	$\Delta M_{SS} = 0.132604$
$\Delta M_{SS}(\%) = 7.8261 \%$	$\Delta M_{SS}(\%) = 13.1972 \%$	$\Delta M_{SS}(\%) = 13.2604 \%$
$Promedio de \Delta M_{SS}(\%) en glucosa a 60^\circ brix en 240 min = \frac{7.8261\% + 13.1972\% + 13.2604\%}{3}$		
$Promedio de \Delta M_{SS}(\%) en glucosa a 60^\circ brix en 240 min = 11.4279 \%$		

### 3.8. DETERMINACIÓN DE CONSTANTES CINÉTICAS

Para el modelado de la pérdida de humedad y la ganancia de sólidos solubles del tiempo de inmersión en la solución osmótica, se aplicó el modelo propuesto por Biswal-Bozorgmehr (1992). Con este trabajo se plantea que dicho modelo puede ser modificado de acuerdo a las siguientes Ecuaciones 4 y 5, al cual se le llamará modelo Biswal-Bozorgmehr modificado (Ochoa & Ayala, 2005).

$$\Delta M_W = K_W t^{0.5} \quad (4)$$

Donde:

$\Delta M_W$  : Pérdida de agua (%)

$K_W$  : Constante cinética del agua

$t$  : Tiempo (s)

Por ejemplo, la determinación de  $K_W$  de betarraga osmodeshidratada en una solución de sacarosa a 50 °Brix se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Ejemplo de determinación de  $K_W$

Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3		
$\Delta M_W = K_W t^{0.5}$			$\Delta M_W = K_W t^{0.5}$			$\Delta M_W = K_W t^{0.5}$		
Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $K_W$ utilizando la función “=PENDIENTE( $\Delta M_W, t^{0.5}$ )”			Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $K_W$ utilizando la función “=PENDIENTE( $\Delta M_W, t^{0.5}$ )”			Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $K_W$ utilizando la función “=PENDIENTE( $\Delta M_W, t^{0.5}$ )”		
<b>t (min)</b>	<b>x=t<sup>0.5</sup></b>	<b>y=ΔM<sub>w</sub></b>	<b>t (min)</b>	<b>x=t<sup>0.5</sup></b>	<b>y=ΔM<sub>w</sub></b>	<b>t (min)</b>	<b>x=t<sup>0.5</sup></b>	<b>y=ΔM<sub>w</sub></b>
0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
10	3.1623	-0.1093	10	3.1623	-0.2002	10	3.1623	-0.0887
20	4.4721	-0.1126	20	4.4721	-0.1259	20	4.4721	-0.1148
40	6.3246	-0.1816	40	6.3246	-0.1917	40	6.3246	-0.2338
80	8.9443	-0.2498	80	8.9443	-0.2135	80	8.9443	-0.3084
120	10.9545	-0.2873	120	10.9545	-0.3378	120	10.9545	-0.3590
180	13.4164	-0.3007	180	13.4164	-0.3275	180	13.4164	-0.3853
240	15.4919	-0.4193	240	15.4919	-0.3823	240	15.4919	-0.3589
$K_W = \text{PENDIENTE}(\Delta M_W, t^{0.5})$			$K_W = \text{PENDIENTE}(\Delta M_W, t^{0.5})$			$K_W = \text{PENDIENTE}(\Delta M_W, t^{0.5})$		
$K_W = -24.7043 \times 10^{-3}$			$K_W = -22.1605 \times 10^{-3}$			$K_W = -26.2590 \times 10^{-3}$		
$\text{Promedio de } K_W \text{ en sacarosa a } 50^\circ \text{brix} = \frac{-24.7043 \times 10^{-3} - 22.1605 \times 10^{-3} - 26.2590 \times 10^{-3}}{3}$								
$\text{Promedio de } K_W \text{ en sacarosa a } 50^\circ \text{brix} = -24.3746 \times 10^{-3}$								

$$\Delta M_{SS} = K_{SS} t^{0.5} \quad (5)$$

Donde:

$\Delta M_{SS}$  : Ganancia de sólidos solubles (%)

$K_{SS}$  : Constante cinética de los sólidos solubles

$t$  : Tiempo (s)

Por ejemplo, la determinación de  $K_{SS}$  de betarraga osmodeshidratada en una solución de sacarosa a 50 °Brix se muestra en la tabla 9.



Tabla 9: Ejemplo de determinación de  $K_{SS}$

Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3		
$\Delta M_{SS} = K_{SS}t^{0.5}$			$\Delta M_{SS} = K_{SS}t^{0.5}$			$\Delta M_{SS} = K_{SS}t^{0.5}$		
Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $K_{SS}$ utilizando la función “=PENDIENTE( $\Delta M_{SS}, t^{0.5}$ )”			Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $K_{SS}$ utilizando la función “=PENDIENTE( $\Delta M_{SS}, t^{0.5}$ )”			Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $K_{SS}$ utilizando la función “=PENDIENTE( $\Delta M_{SS}, t^{0.5}$ )”		
<b>t (min)</b>	<b>x=t<sup>0.5</sup></b>	<b>y=ΔM<sub>ss</sub></b>	<b>t (min)</b>	<b>x=t<sup>0.5</sup></b>	<b>y=ΔM<sub>ss</sub></b>	<b>t (min)</b>	<b>x=t<sup>0.5</sup></b>	<b>y=ΔM<sub>ss</sub></b>
0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
10	3.1623	0.0036	10	3.1623	0.0037	10	3.1623	0.0042
20	4.4721	0.0006	20	4.4721	0.0037	20	4.4721	0.0020
40	6.3246	0.0099	40	6.3246	0.0061	40	6.3246	0.0003
80	8.9443	0.0047	80	8.9443	0.0056	80	8.9443	0.0081
120	10.9545	0.0295	120	10.9545	0.0314	120	10.9545	0.0346
180	13.4164	0.0699	180	13.4164	0.0473	180	13.4164	0.0212
240	15.4919	0.0220	240	15.4919	0.0278	240	15.4919	0.0269
$K_{SS} = \text{PENDIENTE}(\Delta M_{SS}, t^{0.5})$ $K_{SS} = 3.1412 \times 10^{-3}$			$K_{SS} = \text{PENDIENTE}(\Delta M_{SS}, t^{0.5})$ $K_{SS} = 2.7382 \times 10^{-3}$			$K_{SS} = \text{PENDIENTE}(\Delta M_{SS}, t^{0.5})$ $K_{SS} = 2.0919 \times 10^{-3}$		
$\text{Promedio de } K_{SS} \text{ en glucosa a } 60^\circ \text{brix} = \frac{3.1412 \times 10^{-3} + 2.7382 \times 10^{-3} + 2.0919 \times 10^{-3}}{3}$ $\text{Promedio de } K_{SS} \text{ en glucosa a } 60^\circ \text{brix} = 2.6571 \times 10^{-3}$								

### 3.9. DETERMINACIÓN DE DIFUSIVIDAD EFECTIVA

Los valores de difusividad efectiva ( $D_e$ ) de agua y de sólidos, serán obtenidos aplicando las ecuaciones difusionales integrando la segunda Ley de Fick, para tiempos largos de proceso y suponiendo los cubitos de betarraga como una lámina infinita. Debido a que los datos experimentales cumplen las condiciones de entorno (geometría del producto, concentración inicial homogénea, concentración constante de la interface) la ecuación de Fick (ecuación 6) converge rápidamente pudiéndose utilizar solo el primer término del desarrollo de la serie como una buena aproximación (ecuación 7). Para el cálculo de la difusividad ( $D_e$ ) se linealiza dicha ecuación y se convierte en la Ecuación 8,

donde la pendiente de la ecuación obtenida se iguala a  $-\frac{D_e\pi^2}{4L^2}$ , de donde se obtiene la De  
(Mendoza & Schmalko, 2003).

$$Y = \frac{X_{(W,SS)t} - X_{(W,SS)e}}{X_{(W,SS)0} - X_{(W,SS)e}} = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2\pi^2} \exp\left\{-D_{(W,SS)e}(2n+1)^2 \frac{\pi^2 t}{4L^2}\right\} \quad (6)$$

$$Y = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-D_{(W,SS)e}\pi^2}{4L^2} t\right) \quad (7)$$

$$\ln Y_{(W,SS)} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \left(\frac{D_{(W,SS)e}\pi^2}{4L^2}\right) t \quad (8)$$

Donde:

- $Y_W$  : Fuerza impulsora de agua (Adimensional)  
 $Y_{SS}$  : Fuerza impulsora de sólidos (Adimensional)  
 $X_{We}$  : Fracción de masa de agua en equilibrio (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)  
 $X_{Sse}$  : Fracción de masa de sólidos en equilibrio (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)  
 $X_{Wt}$  : Fracción de masa de agua a tiempo t (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)  
 $X_{W0}$  : Fracción de masa de agua a tiempo 0 (g agua . g<sup>-1</sup> m. s.)  
 $X_{Sst}$  : Fracción de masa de sólidos a tiempo t (g sólidos . g<sup>-1</sup> m. s.)  
 $X_{SS0}$  : Fracción de masa de sólidos a tiempo 0 (g sólidos . g<sup>-1</sup> m. s.)  
 $D_{We}$  : Difusividad efectiva de agua (m<sup>2</sup> . s<sup>-1</sup>)  
 $D_{Sse}$  : Difusividad efectiva de sólidos (m<sup>2</sup> . s<sup>-1</sup>)  
 $L$  : Semi espesor (m)  
 $t$  : Tiempo (s)

Por ejemplo, la determinación de difusividad efectiva de agua de betarraga osmodeshidratada en una solución de glucosa a 40 °Brix se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Ejemplo de determinación de  $D_{we}$

Repetición 1					Repetición 2					Repetición 3				
$X_{We}$ en 10 minutos					$X_{We}$ en 10 minutos					$X_{We}$ en 10 minutos				
$X_{We} = 1 - \frac{Bx_{SOL}}{100}$					$X_{We} = 1 - \frac{Bx_{SOL}}{100}$					$X_{We} = 1 - \frac{Bx_{SOL}}{100}$				
$X_{We} = 1 - \frac{39.8}{100}$					$X_{We} = 1 - \frac{39.4}{100}$					$X_{We} = 1 - \frac{39.9}{100}$				
$X_{We} = 0.602$					$X_{We} = 0.606$					$X_{We} = 0.601$				
$Y_W = \frac{X_{Wt} - X_{We}}{X_{W0} - X_{We}}$					$Y_W = \frac{X_{Wt} - X_{We}}{X_{W0} - X_{We}}$					$Y_W = \frac{X_{Wt} - X_{We}}{X_{W0} - X_{We}}$				
$Y_W = \frac{0.8714 - 0.602}{0.9046 - 0.602}$					$Y_W = \frac{0.8313 - 0.606}{0.8631 - 0.606}$					$Y_W = \frac{0.8701 - 0.601}{0.8713 - 0.601}$				
$Y_W = 0.8902$					$Y_W = 0.8762$					$Y_W = 0.9958$				
$Ln Y = Ln \frac{8}{\pi^2} - \left( \frac{D_{We}\pi^2}{4L^2} \right) t$					$Ln Y = Ln \frac{8}{\pi^2} - \left( \frac{D_{We}\pi^2}{4L^2} \right) t$					$Ln Y = Ln \frac{8}{\pi^2} - \left( \frac{D_{We}\pi^2}{4L^2} \right) t$				
t(min)	$X_{Wt}$	$X_{We}$	$Y_W$	Ln $Y_W$	t(min)	$X_{Wt}$	$X_{We}$	$Y_W$	Ln $Y_W$	t(min)	$X_{Wt}$	$X_{We}$	$Y_W$	Ln $Y_W$
0	0.9046	0.600	1.0000	0.0000	0	0.8631	0.600	1.0000	0.0000	0	0.8713	0.600	1.0000	0.0000
10	0.8714	0.602	0.8902	-0.1163	10	0.8313	0.606	0.8762	-0.1321	10	0.8701	0.601	0.9958	-0.0042
20	0.8701	0.609	0.8833	-0.1240	20	0.8302	0.608	0.8708	-0.1384	20	0.8623	0.610	0.9657	-0.0349
40	0.8382	0.618	0.7684	-0.2634	40	0.8166	0.619	0.8094	-0.2114	40	0.8316	0.615	0.8451	-0.1683
80	0.8123	0.622	0.6732	-0.3956	80	0.8147	0.623	0.7983	-0.2253	80	0.8265	0.621	0.8211	-0.1971
120	0.8122	0.622	0.6728	-0.3962	120	0.8094	0.624	0.7755	-0.2542	120	0.8246	0.622	0.8126	-0.2075
180	0.8107	0.630	0.6580	-0.4185	180	0.8041	0.627	0.7499	-0.2878	180	0.8179	0.625	0.7832	-0.2444
240	0.8102	0.630	0.6561	-0.4214	240	0.8002	0.630	0.7299	-0.3148	240	0.8166	0.628	0.7751	-0.2547
Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $\frac{D_{We}\pi^2}{4L^2}$ utilizando la función “=PENDIENTE(ln y, t)”					Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $\frac{D_{We}\pi^2}{4L^2}$ utilizando la función “=PENDIENTE(ln y, t)”					Con la ayuda de MS Microsoft Excel 2013 se determinó la pendiente = $\frac{D_{We}\pi^2}{4L^2}$ utilizando la función “=PENDIENTE(ln y, t)”				
$\frac{D_{We}\pi^2}{4L^2} = 16.0458 \times 10^{-4}$					$\frac{D_{We}\pi^2}{4L^2} = 10.0261 \times 10^{-4}$					$\frac{D_{We}\pi^2}{4L^2} = 10.7578 \times 10^{-4}$				
L = 0.005 m					L = 0.005 m					L = 0.005 m				
$D_{We} = \frac{4 \times 16.0458 \times 10^{-4} \times 0.005^2}{\pi^2}$					$D_{We} = \frac{4 \times 10.0261 \times 10^{-4} \times 0.005^2}{\pi^2}$					$D_{We} = \frac{4 \times 10.7578 \times 10^{-4} \times 0.005^2}{\pi^2}$				
$D_{We} = 1.6258 \times 10^{-8} m^2 \cdot s^{-1}$					$D_{We} = 1.0159 \times 10^{-8} m^2 \cdot s^{-1}$					$D_{We} = 1.0900 \times 10^{-8} m^2 \cdot s^{-1}$				
$Promedio de D_{We} en glucosa a 40 \text{ }^\circ brix = \frac{1.6258 \times 10^{-8} + 1.0159 \times 10^{-8} + 1.0900 \times 10^{-8}}{3}$														
$Promedio de D_{We} en glucosa a 40 \text{ }^\circ brix = 1.2439 \times 10^{-8} m^2 \cdot s^{-1}$														

### 3.10. ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó una prueba de nivel de agrado o desagrado; participaron jueces consumidores entre 17 y 30 años de edad; se seleccionaron las muestras con mayor variación de masa total en cada agente edulcorante siendo la betarraga deshidratada con edulcorante sacarosa (A), glucosa (B) y miel de abeja (C) a 60 °Brix se presentaron individualizadas, en diferente orden para cada individuo como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Análisis sensorial de betarraga osmodeshidratada

Muestras	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General
A				
B				
C				

Fuente: Adaptado de Sancho, Bota y De-Castro (2002)

Los evaluadores las calificaron de acuerdo con la siguiente escala hedónica: 5. Agradable, 4. Ligeramente agradable, 3. Ni agradable ni desagradable, 2. Ligeramente desagradable y 1. Desagradable (Sancho, Bota, & De-Castro , 2002).

### 3.11. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este proyecto se tuvo los variables independientes y variables dependientes como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Variables independientes y dependientes

<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
Agentes edulcorantes	Variación de masa total (%)
Sacarosa	Pérdida de agua (%)
Glucosa	
Miel de Abeja	Ganancia de sólidos solubles (%)
Concentraciones (%)	Constantes cinéticas
40%	Difusividad efectiva ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )
50%	
60%	Características sensoriales *

\* Del mejor tratamiento de cada agente edulcorante

Fuente: elaboración propia

### 3.11.1. DISEÑO FACTORIAL $n^k$

El diseño experimental empleado está basado en un diseño factorial  $n^k$ , donde  $n$  es el número de niveles y  $k$  es el número de factores, donde la concentración de la solución y agente edulcorante son los dos factores a estudiar ( $k = 2$ ), cada uno con tres niveles ( $n = 3$ ), por lo tanto, se requirieron de 9 experimentos ( $3^2$ ) (Montgomery, 2013). En el ANEXO II se muestra los niveles decodificados de las variables a utilizados en el diseño experimental.

### 3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos experimentales se utilizó con el software STATGRAPHICS Centurion XVII.I. La influencia de los efectos fue analizada mediante un análisis de varianza (ANOVA) simple y factorial ( $p < 0,05$ ), además se realizó una regresión múltiple para ver la interrelación entre las variables estudiadas. Todos estos análisis serán realizados con un nivel de confianza de 95,0 (Montgomery, 2013).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. VARIACIÓN DE MASA TOTAL

A partir de la ecuación 1 se obtiene los resultados que se muestran en el Anexo III, luego se reflejan los resultados de variación de la masa total en la Figura 4, 5 y 6. La variación de masa se da porque hay un flujo de agua desde el producto hacia la solución osmótica y la ganancia de sólidos por parte del producto desde la solución osmótica (Vega *et al.*, 2007).

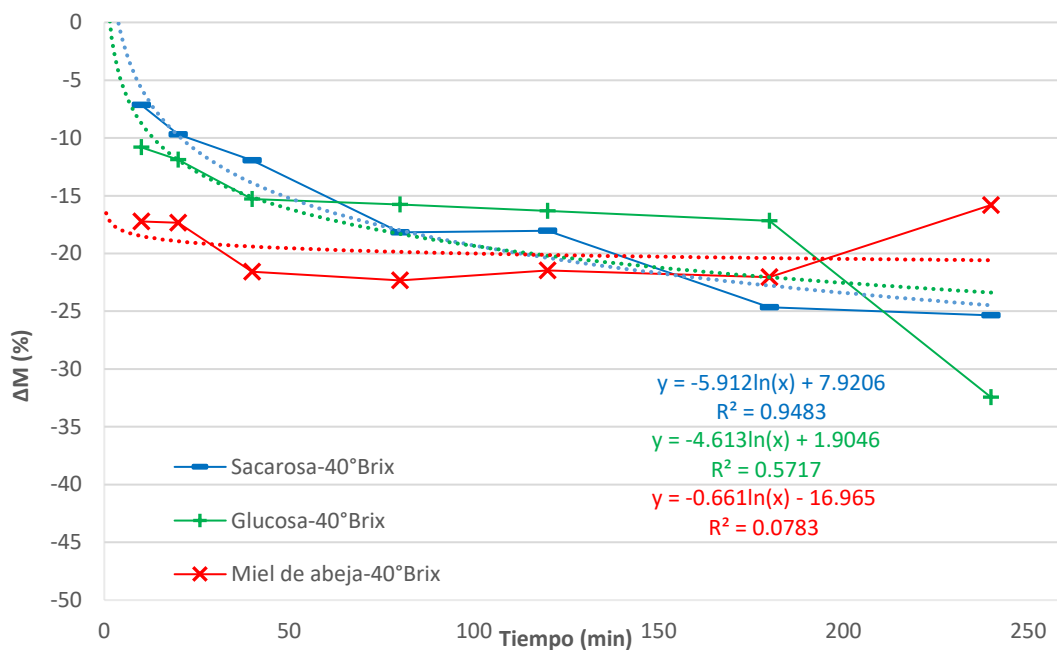


Figura 4: Variación de masa total en 40 °Brix

En la Figura 4, los valores de variación de masa total en soluciones de sacarosa y glucosa a 40 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.9483 y 0.5717) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico; en cambio en solución de miel de abeja a 40 °Brix no se ajusta al modelo logarítmico, ya que el  $R^2$  (0.0783) es cercano a 0, por lo tanto, no se acepta el modelo logarítmico según Garcia, Alvis, & Garcia (2015).

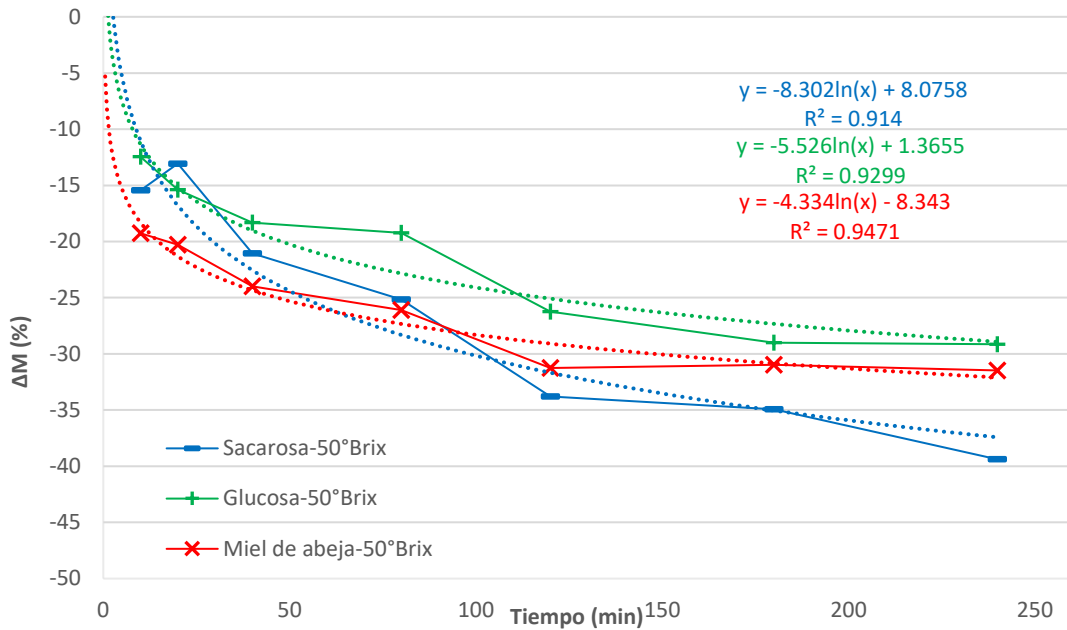


Figura 5: Variación de masa total en 50 °Brix

En la Figura 5, los valores de variación de masa total en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 50 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.914, 0.9299 y 0.9471) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo.

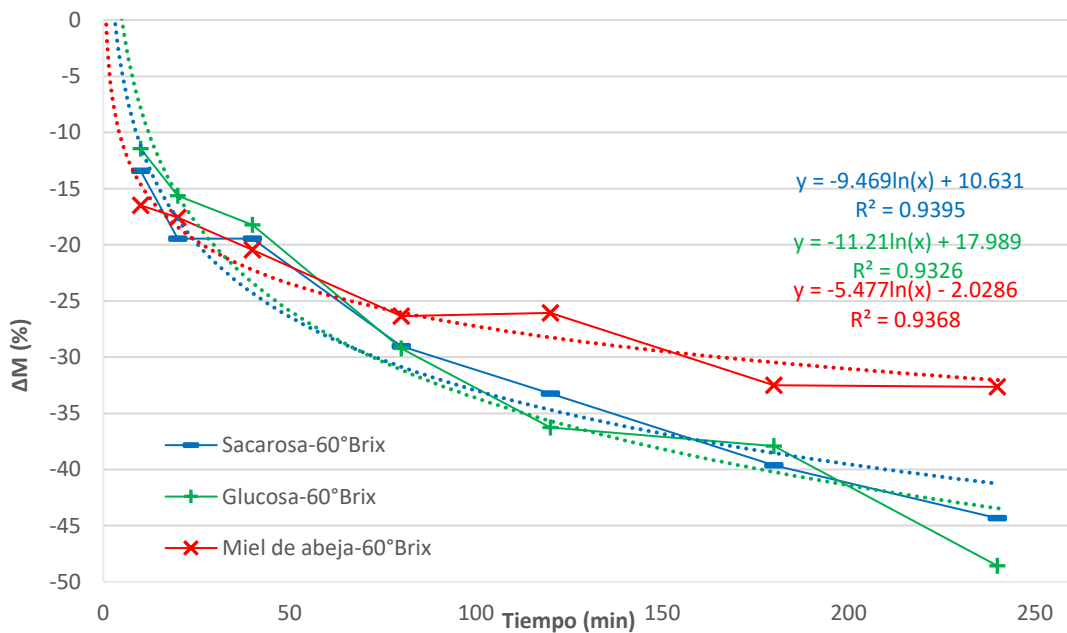


Figura 6: Variación de masa total en 60 °Brix

En la Figura 6, los valores de variación de masa total en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 60 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.9395, 0.9396 y 0.9368) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico.

En el Anexo IX.1 de análisis de varianza (ANOVA) de variación de masa total se evidencia que ambos factores edulcorante y concentración fueron influyentes en la variación de masa total, excepto las interacciones edulcorante – edulcorante, edulcorante – concentración y concentración – concentración. Adicionalmente a partir del Anexo IX.2, el factor concentración es positivo, es decir con el aumento de la concentración de la solución osmótica provoca el aumento del porcentaje de variación de masa total. Además, la mayor pérdida de masa se produce en solución osmótica de glucosa (Tabla 13) a una concentración de 60 °Brix (Tabla 14).

Tabla 13: Prueba de Duncan para variación de masa total por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Miel de abeja	9	26.6436	A
Sacarosa	9	36.3597	B
Glucosa	9	36.7206	B

Tabla 14: Prueba de Duncan para variación de masa total por concentración

Concentración	Casos	Media	Grupos Homogéneos
40	9	24.5357	A
50	9	33.3333	B
60	9	41.8548	C

En la figura 4, 5 y 6 se observan que a medida que pasa el tiempo de inmersión en solución osmótica aumenta la pérdida de masa total, similar resultado obtuvo García, Rodríguez, & Hernández (2015) estudiando la deshidratación osmótica de cubos de papa, además en la solución osmótica de mayor concentración la pérdida de masa total es mayor que las demás, siendo la concentración de 60 °Brix el cual coincide con el resultado obtenido por Cantuta (2016) en la deshidratación osmótica de mashua a 60 °Brix.



Las variaciones de masa total son diferentes en cada agente edulcorante, es porque tiene diferencias en las propiedades fisicoquímicas (tamaño molecular y presión osmótica) en disoluciones hipertónicas se comportarán de manera diferente (Matusek, Czukor, & Merész, 2008; Rodríguez, Granada, & Cruz, 2014; y Kowalska *et al.*, 2017). Y también las diferencias de tamaño entre las moléculas de sacarosa saturan y dificultan la difusión del soluto a través de la membrana celular (Barat, Grau, & Fito, 1998).

#### 4.2. PÉRDIDA DE AGUA

A partir de la ecuación 2 se obtiene los resultados que se muestran en el Anexo III, luego se reflejan los resultados de pérdida de agua en la Figura 7, 8 y 9.

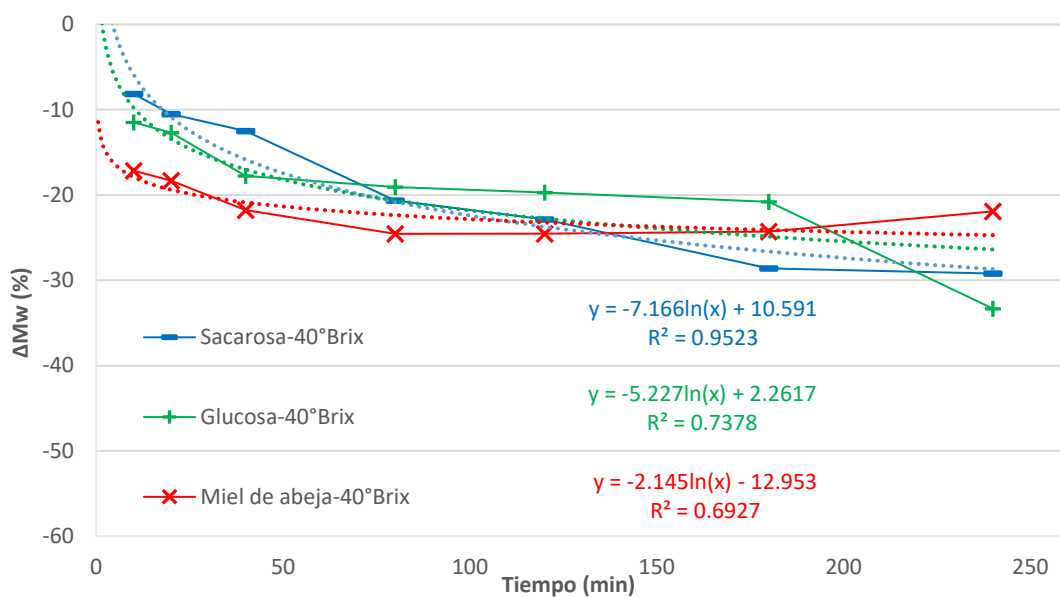


Figura 7: Pérdida de agua en 40 °Brix

En la Figura 7, los valores de pérdida de agua en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 40 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.9523, 0.7378 y 0.6927) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico.

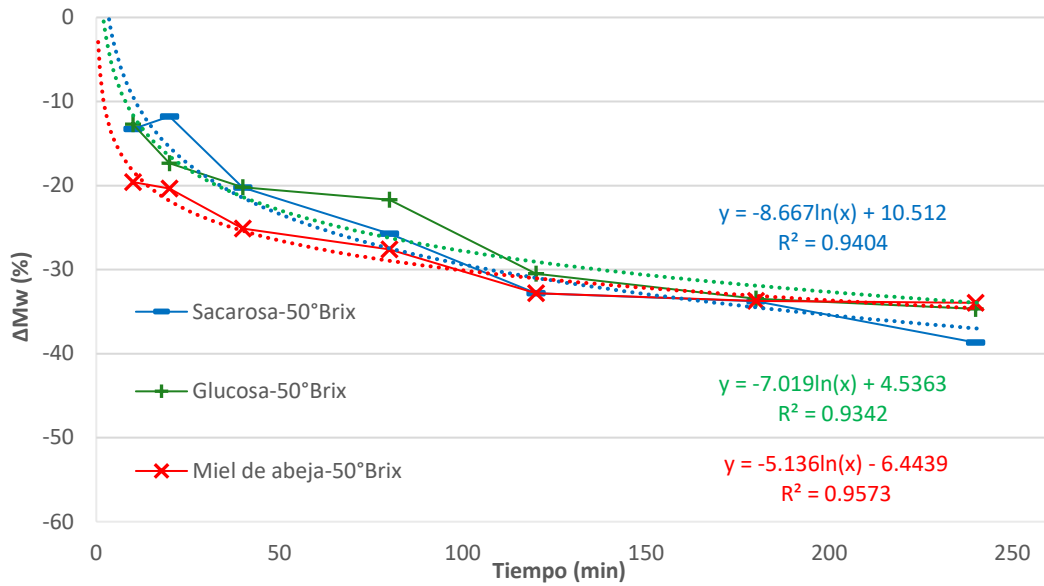


Figura 8: Pérdida de agua en 50 °Brix

En la Figura 8, los valores de pérdida de agua en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 50 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.9404, 0.9342 y 0.9573) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico.

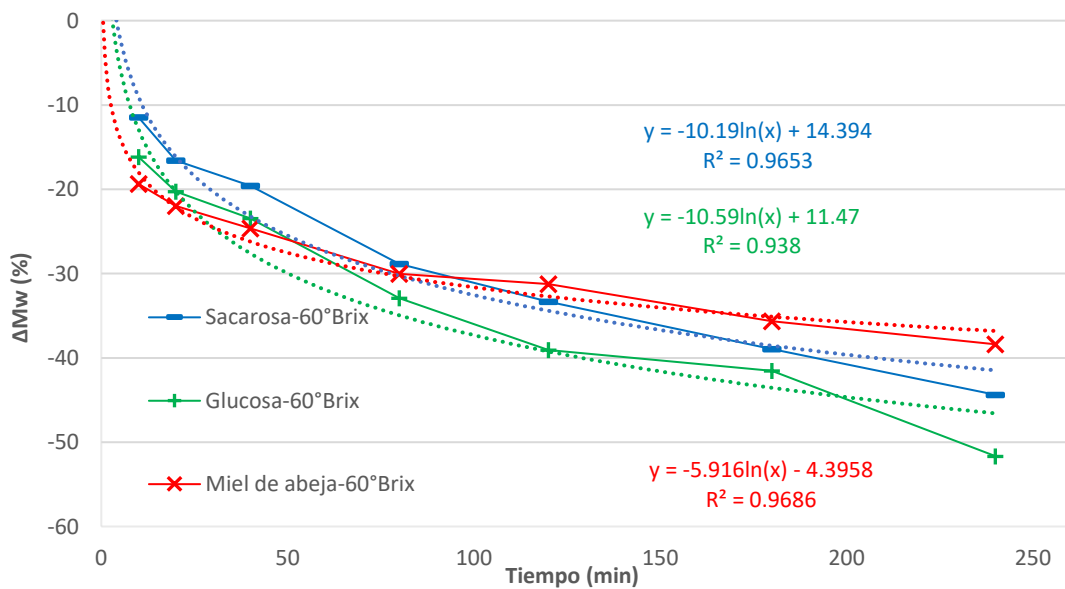


Figura 9: Pérdida de agua en 60 °Brix

En la Figura 9, los valores de pérdida de agua en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 60 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.9653, 0.938 y 0.9686) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico.

En el Anexo X.1 de análisis de varianza (ANOVA) de pérdida de agua se evidencia que ambos factores edulcorante y concentración y la interacción entre edulcorante – edulcorante fueron influyentes en la variación de pérdida de agua, excepto las interacciones, concentración – concentración y edulcorante – concentración. Adicionalmente a partir del Anexo X.2, el factor concentración es positivo, es decir con el aumento de la concentración de la solución osmótica provoca el aumento del porcentaje de variación de pérdida de agua. Además, la mayor pérdida de agua se produce en solución osmótica de glucosa (Tabla 15) a una concentración de 60 °Brix (Tabla 16).

Tabla 15: Prueba de Duncan para pérdida de agua por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Miel de abeja	9	31.4174	a
Sacarosa	9	37.4213	a b
Glucosa	9	39.8831	b

Tabla 16: Prueba de Duncan para pérdida de agua por concentración

Concentración	Casos	Media	Grupos Homogéneos
40	9	28.1453	a
50	9	35.7715	b
60	9	44.805	c

En la Figura 7, 8 y 9 se observa que la pérdida de agua se incrementa conforme se incrementa la concentración de la solución osmótica se tiene similares resultados obtenidos por Arreola & Rosas (2007), además la mayor pérdida de agua ocurrió dentro de los primeros minutos de proceso, a partir de los cuales un aumento de tiempo no produjo cambios apreciables en el contenido de agua de las muestras. Estos resultados concuerdan con estudiado por Maldonado, Santapaola, Singh, Torrez, & Garay (2008).

### 4.3. GANANCIA DE SÓLIDOS

A partir de la ecuación 3 se obtiene los resultados que se muestran en el Anexo III, luego se reflejan los resultados de pérdida de agua en la Figura 10, 11 y 12.

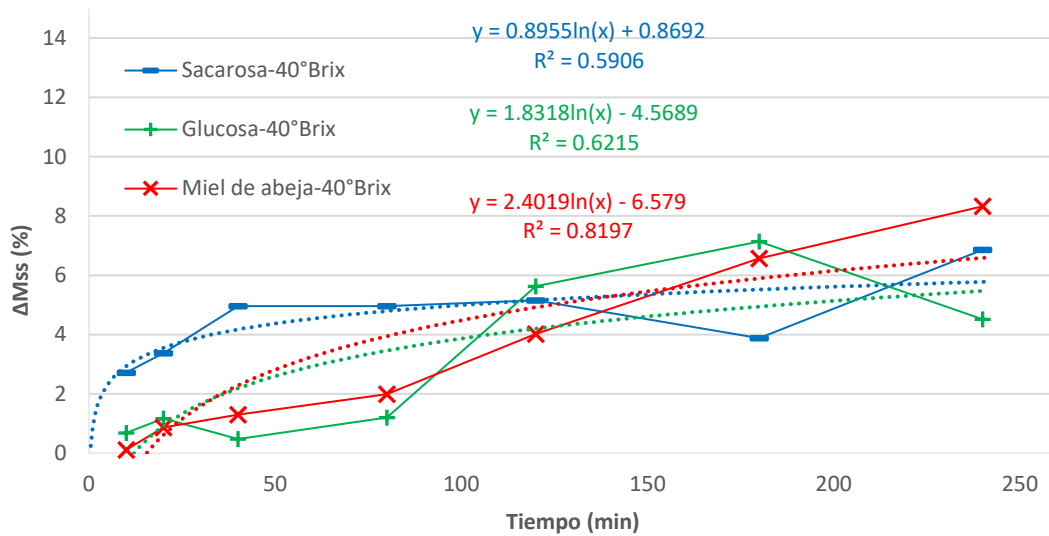


Figura 10: Ganancia de sólidos en 40 °Brix

En la Figura 10 los valores de ganancia de sólidos en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 40 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.5906, 0.6215 y 0.8197) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico.

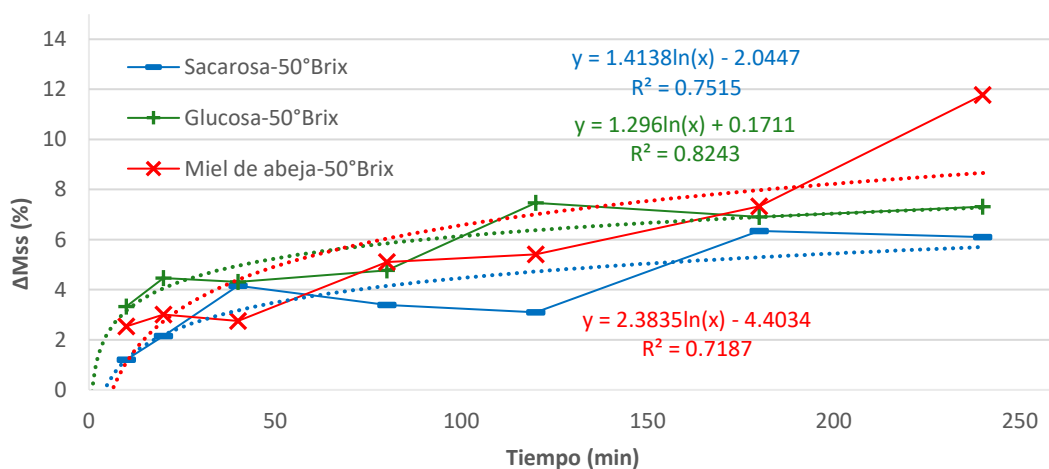


Figura 11: Ganancia de sólidos en 50 °Brix

En la Figura 11 los valores de ganancia de sólidos en soluciones de sacarosa, glucosa y miel de abeja a 50 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.7515, 0.8243 y 0.7187) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico.

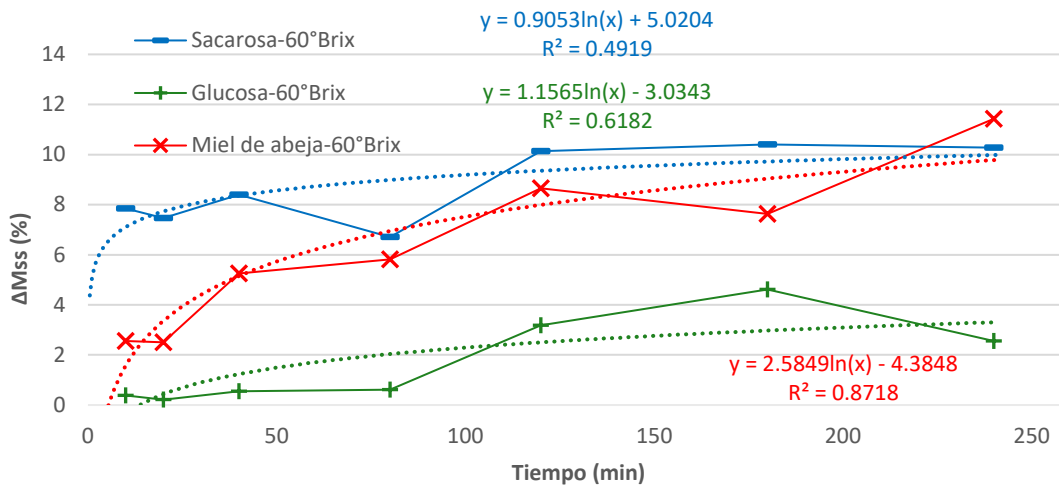


Figura 12: Ganancia de sólidos en 60 °Brix

En la Figura 12 los valores de ganancia de sólidos en soluciones de glucosa y miel de abeja a 60 °Brix se ajustan al modelo logarítmico, ya que los  $R^2$  (0.6182 y 0.8718) son cercanos a 1, por lo tanto, se acepta el modelo logarítmico; en cambio en solución de miel de abeja a 40 °Brix no se ajusta al modelo logarítmico, ya que el  $R^2$  (0.4919) es cercano a 0, por lo tanto, no se acepta el modelo logarítmico.

En el Anexo XI.1 de análisis de varianza (ANOVA) de ganancia de sólidos se evidencia que factor edulcorante y la interacción entre edulcorante – edulcorante fueron influyentes en la variación de ganancia de sólidos, excepto el factor concentración y las interacciones, concentración – concentración y edulcorante – concentración. Adicionalmente a partir del Anexo XI.2, el factor edulcorante es positivo, es decir con el uso de otro edulcorante cambia el porcentaje de ganancia de sólidos. Además, la mayor

ganancia de sólidos se produce en solución osmótica de miel de abeja seguido por sacarosa y finalmente glucosa (Tabla 17).

Tabla 17: Prueba de Duncan para ganancia de sólidos por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Glucosa	9	4.79769	a
Sacarosa	9	7.74534	b
Miel de abeja	9	10.5077	c

En la Figura 10, 11 y 12 muestra los cambios en la ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica. Después de los primeros 20 minutos, las velocidades de transferencia de sólidos disminuyen hasta que se llega al equilibrio aproximadamente en unos 200 minutos, es decir, cuando la velocidad neta de transporte de sólidos es cero tal como lo menciona Della & Mascheroni (2011). Durante el proceso se observó que la ganancia de sólidos incrementa con la concentración de la solución osmótica de miel de abeja y sacarosa es similar con los resultados obtenidos por Giraldo, Chiralt, & Fito (2005), mientras tanto con la solución osmótica de glucosa se puede ver a 50 °Brix se tiene una mayor ganancia de sólidos, no se tuvo mayor ganancia de sólidos a 60 °Brix podría ser por la elevadísima viscosidad la solución tal como lo menciona Chenlo, Moreira, Torres, & Ferra (2008).

La pérdida de agua resultó mayor a la ganancia de sólido con lo cual hubo pérdida de peso durante todo el proceso de deshidratación osmótica de cubitos de betarraga, estos resultados coinciden por estudiado por (Della, Roche, & Mascheroni, 2013).

#### 4.4. CONSTANTES CINÉTICAS

A partir de la ecuación 4 y 5 se obtiene los resultados que se muestran en el Anexo V, luego se reflejan los resultados de promedios de constantes cinéticas en la Tabla 18.

Tabla 18: Promedios de constantes cinéticas

Edulcorante	Concentración (°Brix)	Constantes Cinéticas			
		$K_W \times 10^{-3}$	$\sigma$ de $K_W$	$K_{SS} \times 10^{-3}$	$\sigma$ de $K_{SS}$
Sacarosa	40	-19.4252	± 4.1063	3.2322	± 1.0141
Glucosa	40	-16.6728	± 1.5227	4.3173	± 0.4995
Miel de abeja	40	-11.6844	± 3.1516	5.5416	± 1.6774
Sacarosa	50	-24.3746	± 2.0690	3.8508	± 0.7235
Glucosa	50	-21.3302	± 0.8527	4.3334	± 0.3976
Miel de abeja	50	-19.2983	± 0.3988	6.4314	± 1.2741
Sacarosa	60	-27.9478	± 1.1212	5.0998	± 1.8593
Glucosa	60	-30.5863	± 1.4557	2.6571	± 0.5293
Miel de abeja	60	-21.2494	± 2.0079	6.8220	± 0.7697

En el Anexo XII.1 de análisis de varianza (ANOVA) de constantes cinéticas de agua se evidencia que ambos factores edulcorante y concentración y la interacción entre edulcorante – edulcorante fueron influyentes en las constantes cinéticas de agua, excepto las interacciones entre concentración – concentración y edulcorante – concentración. Adicionalmente a partir del Anexo XII.2, el factor concentración es positivo, es decir con el aumento de la concentración de la solución osmótica en °Brix provoca el aumento de la constante cinética de agua, es similar a los resultados obtenidos por Vega *et al.* (2007). Además, la mayor constante cinética de agua se produce en solución osmótica de sacarosa (Tabla 19) a una concentración de 60 °Brix (Tabla 20).

Tabla 19: Prueba de Duncan para constantes cinéticas de agua por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Glucosa	9	0.0174107	a
Miel de abeja	9	0.0228631	b
Sacarosa	9	0.0239159	b

Tabla 20: Prueba de Duncan para constantes cinéticas de agua por concentración

Concentración	Casos	Media	Grupos Homogéneos
40	9	0.0159275	a
50	9	0.0216677	b
60	9	0.0265945	c

En el Anexo XIII.1 de análisis de varianza (ANOVA) de constantes cinéticas de sólidos se evidencia que el factor edulcorante y la interacción entre edulcorante – edulcorante fueron influyentes en la de constantes cinéticas de sólidos, excepto el factor concentración y las interacciones entre concentración – concentración y edulcorante – concentración. Adicionalmente a partir del Anexo XIII.2, el factor edulcorante es positivo, es decir con el cambio de edulcorante provoca el cambio de la constante cinética de sólido, estos resultados se relacionan con lo estudiado por Rios, Marquez, & Ciro (2005) en diferentes edulcorantes. Además, la mayor constante cinética de sólidos se produce en solución osmótica de miel de abeja (Tabla 21).

Tabla 21: Prueba de Duncan para constantes cinéticas de sólidos por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Glucosa	9	0.0037693	a
Sacarosa	9	0.0040609	a
Miel de abeja	9	0.00626499	b

Las constantes cinéticas obtenidos pueden ser muy útiles en la práctica porque permiten una estimación rápida de la composición final del producto en un tiempo determinado a partir de la medida de la humedad y los sólidos solubles iniciales de la muestra (Panadés *et al.*, 2010).

#### 4.5. DIFUSIVIDAD EFECTIVA

A partir de la ecuación 8 se determinó la difusividad efectiva del agua y sólidos, en el Anexo VI se muestran los resultados y en la tabla 22 se muestra los valores promedios de difusividad efectiva de agua ( $D_{ew}$ ) y de sólidos ( $D_{wss}$ ) obtenidos en diferentes agentes edulcorantes y a diferentes concentraciones de trabajo.



Tabla 22: Promedios de difusividad efectiva de agua y sólidos

Edulcorante	Concentración (°Brix)	Difusividad efectiva			
		$D_{ew} \times 10^{-8} \text{ (m}^2 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	$\sigma$ de $D_{ew}$	$D_{ess} \times 10^{-8} \text{ (m}^2 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	$\sigma$ de $D_{ess}$
Sacarosa	40	15.8632	± 4.3344	2.0437	± 0.1860
Glucosa	40	1.2439	± 0.3328	2.6671	± 0.2666
Miel de abeja	40	5.6302	± 0.8865	4.5979	± 3.2698
Sacarosa	50	8.2245	± 7.1528	2.8936	± 0.5452
Glucosa	50	1.6377	± 0.0979	1.9331	± 0.0470
Miel de abeja	50	4.2399	± 0.2017	5.4825	± 1.2438
Sacarosa	60	3.3474	± 1.0721	3.4480	± 0.8574
Glucosa	60	1.3974	± 0.2283	1.9114	± 0.1776
Miel de abeja	60	4.9736	± 2.2456	4.2068	± 0.4282

En el Anexo XIV.1 de análisis de varianza (ANOVA) de difusividad efectiva de agua se evidencia que todos los factores e interacciones fueron influyentes en la difusividad efectiva de agua. Adicionalmente a partir del Anexo XIV.2, los factores concentración y edulcorante son negativos, es decir con el aumento de la concentración en °Brix provoca la disminución de la difusividad efectiva de agua. Además, la mayor difusividad efectiva de agua se produce en solución osmótica de sacarosa (Tabla 23) a una concentración de 40 °Brix (Tabla 24).

Tabla 23: Prueba de Duncan para difusividad efectiva de agua por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Glucosa	9	1.42632E-8	A
Mel de abeja	9	4.94791E-8	A
Sacarosa	9	9.14506E-8	B

Tabla 24: Prueba de Duncan para difusividad efectiva de agua por concentración

Concentración	Casos	Media	Grupos Homogéneos
60	9	3.23948E-8	A
50	9	4.70069E-8	A
40	9	7.57912E-8	A

En el Anexo XV.1 de análisis de varianza (ANOVA) de difusividad efectiva de sólidos se evidencia que todos los factores e interacciones fueron influyentes en la difusividad efectiva de sólidos. Adicionalmente a partir del Anexo XV.2, los factores

concentración y edulcorante son negativos, es decir con el aumento de la concentración en °Brix provoca el aumento de la difusividad efectiva de sólidos. Además, la mayor difusividad efectiva de sólidos se produce en solución osmótica de miel de abeja (Tabla 25) a una concentración de 50 °Brix (Tabla 26).

Tabla 25: Prueba de Duncan para difusividad efectiva de sólidos por edulcorante

Edulcorante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Glucosa	9	2.17052E-8	A
Sacarosa	9	2.7951E-8	A
Miel de abeja	9	4.76242E-8	B

Tabla 26: Prueba de Duncan para difusividad efectiva de sólidos por concentración

Concentración	Casos	Media	Grupos Homogéneos
40	9	3.10292E-8	A
60	9	3.18872E-8	A
50	9	3.4364E-8	A

En la difusividad efectiva de agua y sólidos las variaciones podría ser originado por la formación de una capa de azúcar superficial, que dificultaría la difusión en ambos sentidos, también a los cambios en las propiedades físicas del alimento, tales como la permeabilidad de la célula y la porosidad (Rastogi & Raghavarao, 2004). Además los resultados obtenidos son similares a obtenidos en la deshidratación osmótica de cubos de papa (Silva, Della, Tisocco, & Maschroni, 2014), cubos de yacon (Gavidia *et al.*, 2013) y olluco (Aredo *et al.*, 2013).

#### 4.6. PROPIEDADES SENSORIALES

En el Anexo VII se presentan los resultados de análisis sensorial de 50 jueces consumidores y en la Figura 13 se presenta los promedios de las características sensoriales de escala hedónica (A: muestra deshidratada con sacarosa a 60 °Brix, B: muestra deshidratada con glucosa a 60 °Brix y C: muestra deshidratada con miel de abeja a 60 °Brix).

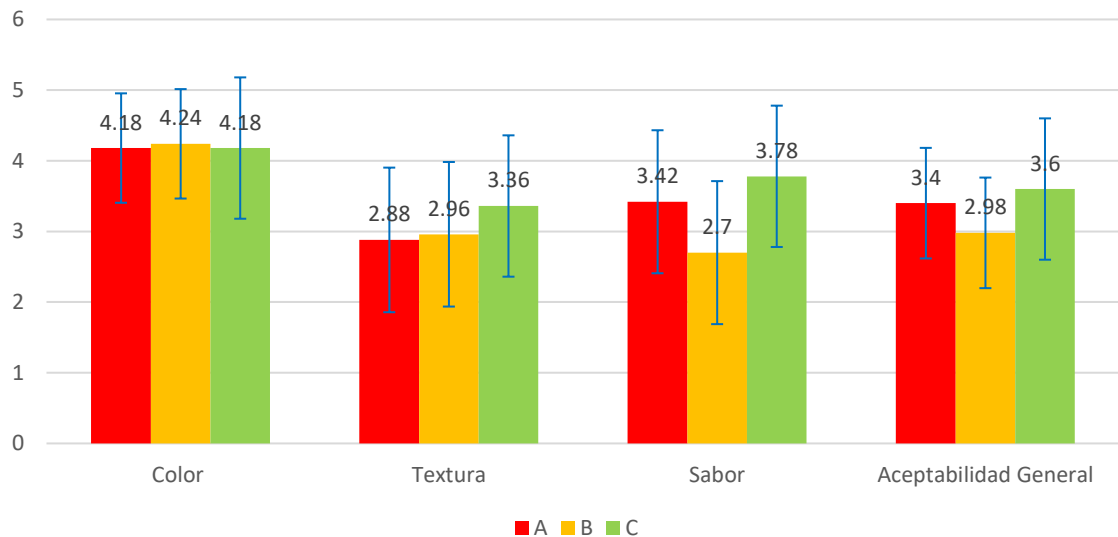


Figura 13: Comparación de promedios de características sensoriales

En el Anexo XVI.1 de análisis de varianza (ANOVA) de color se evidencia que no existen diferencias significativas entre las muestras, teniendo una calificación mayor a ligeramente agradable en todas las muestras. En el Anexo XVII.1 de análisis de varianza (ANOVA) de textura se evidencia en las muestras B – C y C - A si existe diferencias significativas, mientras en las muestras B – A no existe diferencias significativas. Y en el Anexo XVIII.1 y XII.1 de análisis de varianza (ANOVA) de sabor y aceptabilidad general se evidencia que en las muestras B – C y C – A si existe diferencias significativas, mientras en las muestras C – A no existe diferencias significativas. Además, se observa en la Figura 14b, 14c, y 14d se observa la muestra C tiene el mejor textura, sabor y aceptabilidad general con una calificación 3.36, 3.78 y 3.6 (mayor a ni agradable ni desagradable).

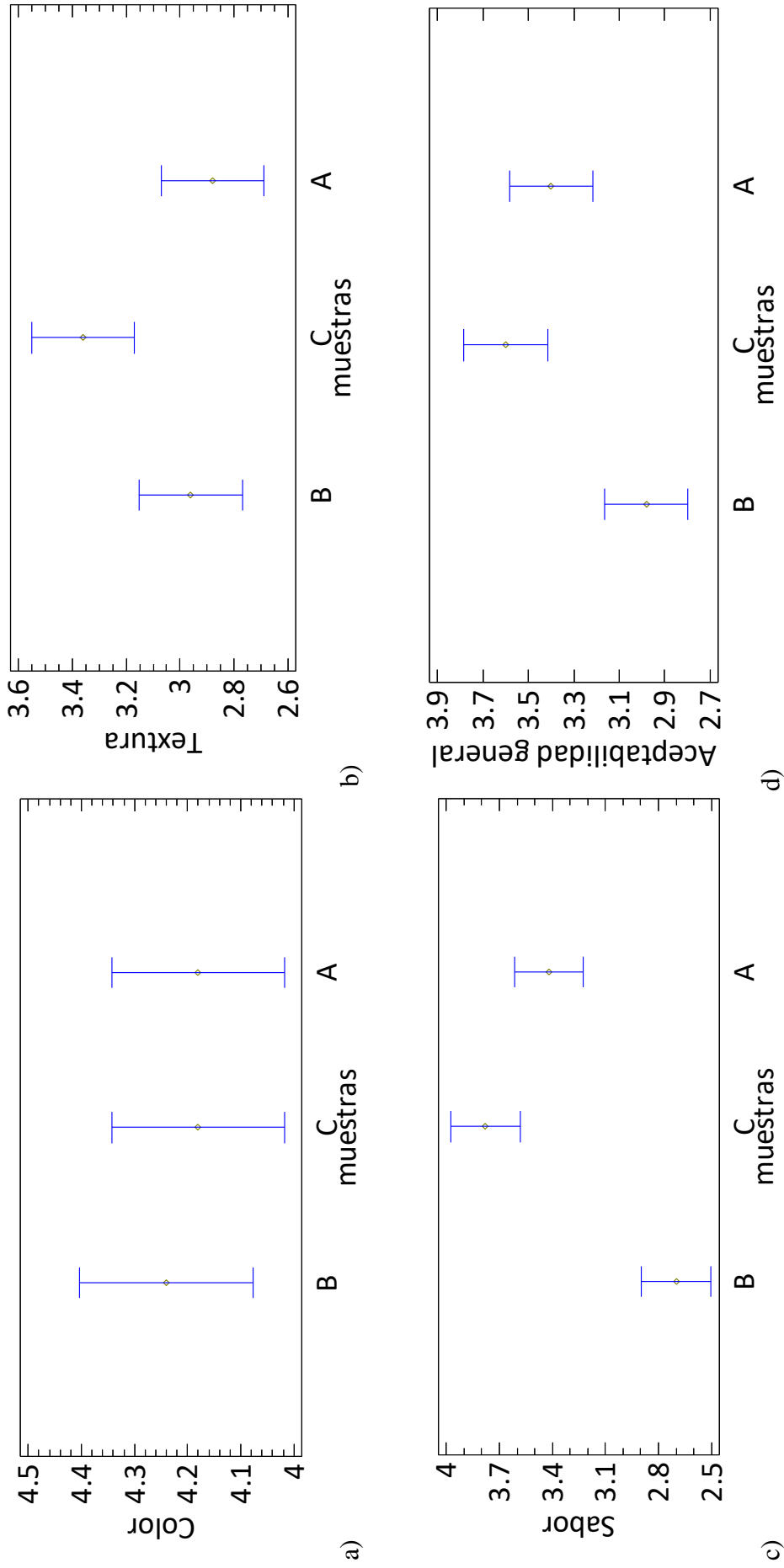


Figura 14: Medias y 95.0 % de Fisher LSD de características sensoriales de cubitos de betarraga osmodeshidratada: a) Color, b) Textura, c) Sabor y d) Aceptabilidad general



El sabor de la betarraga deshidratada con glucosa es menos aceptado que las demás muestras, podría ser por la elevadísima viscosidad la solución de glucosa y tiene menor la ganancia de sólidos tal como lo menciona Chenlo, Moreira, Torres, & Ferra (2008).

Las muestras deshidratadas con sacarosa y miel de abeja tuvieron menor aceptación en el color por los consumidores, porque los compuestos coloreados de la betarraga se cambian, podría ser la transferencia de color ámbar de estos agentes edulcorantes con el incremento de tiempo de secado (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini, & Fett, 2005; Badui, 2006; y Jay, 2003). Para mantener la calidad del color se debe dar un tratamiento térmico de la betarraga con el objetivo de aumentar la estabilidad en el color (Barret , Garcia, Russell, Ramirez, & Shirazi, 2000).

La textura de la betarraga deshidrata con miel de abeja tiene mejor textura podría ser por la disminución de la gomosidad, adhesividad y dureza, estas características de calidad son importantes para la aceptación del producto (Madilley, Jimenez, & Varentos , 2000).



## V. CONCLUSIONES

Los valores de difusividad efectiva de agua obtenidos fueron entre  $1.24 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  en solución de glucosa a 40 °Brix y  $15.86 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  en solución de sacarosa a 40 °Brix y la difusividad efectiva de sólidos fueron entre  $1.91 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  en solución de glucosa a 60 °Brix y  $5.48 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  en solución de glucosa a 50 °Brix utilizando la ecuación integrada de la segunda ley de Fick.

Las variaciones de masa total, pérdida de agua y constante cinética de agua son influenciadas por los factores agentes edulcorantes y concentraciones. Incrementa la variación de masa total, pérdida de agua y constantes cinéticas de agua conforme incrementa la concentración de °Brix de la solución osmótica, por lo tanto, la mejor variación de masa total y pérdida de agua fue en glucosa a 60 °Brix y la constante cinética de agua fue en sacarosa a 60 °Brix. Y las variaciones de ganancia de sólidos y las constantes cinéticas de sólidos solo son influenciadas por el factor agentes edulcorantes, siendo mejor el edulcorante miel de abeja para estas variables dependientes.

La muestra deshidratada con miel de abeja a 60 °Brix tuvo mejores propiedades en la textura, sabor y aceptabilidad general con una calificación mayor a ni agradable ni desagradable, en cambio en la propiedad del color se evidencia que no existen diferencias significativas con una calificación mayor a ligeramente agradable en todas las muestras.



## VI. RECOMENDACIONES

Realizar la evaluación de vida útil de betarraga osmodeshidratada.

Realizar un tratamiento antes del proceso de deshidratación osmótica de la betarraga, para inactivar encimas y ablandar los tejidos.

Dar uso a las soluciones osmóticas después de la deshidratación, para aprovechar la pigmentación de la solución.

Realizar un análisis físico químico de la betarraga osmodeshidratada.

Evaluar la presencia de antioxidantes en betarraga y betarraga osmodeshidratada.

Evaluar la actividad antimicrobiana de miel de abeja en la deshidratación osmótica de betarraga.



## VII. REFERENCIAS

- A.O.A.C. (2000). *Official methods of the association of official analytical chemists*. 15 ed. EEUU. Association of official analytical chemists.
- Acevedo, D., Tirado, D., & Guzmán, M. (2013). Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, Vol. 17 (1), 123 - 130.
- Aguado, J. (2009). *Ingeniería de la industria alimentaria*. Madrid, España: Editorial síntesis S A.
- Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L., Bejar, A., Perez, C., & Kechaou, N. (2016). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 36, 286–300 .
- Amparo, J. (2014). Influence of beetroot (*Beta vulgaris* var. cruenta) on mice leukocytes increase. *Ann Fac Med*, Vol. 75(1), 9-12.
- Aredo, V., Arteaga, A., Benites, C., Gamboa, D., Geronimo, W., Ibañez, D., Vasquez, L. (2013). Deshidratación osmótica de olluco (*Ullucus tuberosus*) con y sin recubrimiento a diferentes concentraciones de cloruro de sodio y sacarosa. *Agroindustrial Science*, 125-135.
- Arreola, S., & Rosas, M. (2007). Aplicación de Vacío en la Deshidratación Osmótica de Higos (*Ficus carica*). *Información Tecnológica*, Vol. 18 (2), 43-48.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Mexico: Pearson educación.
- Barat, J., Grau, A., & Fito, P. (1998). Deshidratación osmótica de alimentos. *Universidad Politécnica de Valencia*, 12-35.





- Barbosa, A., & Vega, H. (1996). *Deshydration of food*. New York: Chapman and Hall.
- Barret , D., Garcia, E., Russell, G., Ramirez, Q., & Shirazi, A. (2000). Blanch time and cultivar effects on quality of frozen and stured corn and brocoli. *Jurnal of food science*, Vol. 65(5),534-539.
- Bogdanov, S. (2003). Current status of analytical methods for the detection of residues in bee products. *Apiacta*, Vol. 38, 190-193.
- Cantuta , D. (2016). Efecto de la deshidratación osmótica sobre los compuestos antioxidantes en dos accesiones de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). *Tesis: Universidad Nacional del Altiplano. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial*.
- Carpenter , R., Lyon, D., & Hasdell, T. (2009). *Análisis sensorial en el desarrollo y control del la calidad de alimentos* . Zaragoza - España: Editorial Acribia, S.A.
- Castillo, M., & Cornejo, F. (2007). Estudio del Efecto del Proceso de Deshidratación Osmótica en la Obtención de Trozos Secos de Carambola (*Averroha carambola* L.). *Revista Tecnológica ESPOL*, Vol. 20(1), 183-188.
- Chenlo, F., Moreira, C., Fernandez, C., & Vazquez, C. (2006). Mass transfer during osmotic dehydration of chesnut using sodium chloride solutions. *Journal of Food Engineering*, Vol. 73, 164-173.
- Chenlo, F., Moreira, R., Torres, M., & Ferra, J. (2008). Deshidratación osmótica de castaña en medios estáticos y dinámicos de sal, sacarosa y glucosa. *Ciencia y tecnologia alimentaria*, Vol. 6(2), 117-129.
- Chinchilla, S. (2014). Remolacha. *Sistema de alimentación agroalimentaria Costa Rica*.



- Cholota, N., Quito, C., & Vásquez, C. (2000). Estudio de la vida útil de la pulpa de chirimoya (*Annona cherimola*) minimamente procesada. *Alimentos, ciencia e ingeniería*, 13 -19.
- Colina Irezabal, M. L. (2010). *Deshidratación de alimentos*. Mexico: Editorial Trillas; S.A. de C.V.
- Collazos, C. (1996). *Tablas peruanas de composición de los alimentos*. Lima - Peru: Ministerio de salud.
- Delgado, G. (2016). Estudio de la deshidratación osmótica de barritas de remolacha (*Beta vulgaris*). *Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias. Ingeniería de Alimentos*.
- Della, P., & Mascheroni, R. (2011). Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. *Proyecciones*, Vol. 9(2),11-26.
- Della, P., Roche, L., & Mascheroni, R. (2013). Estudio de la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de zanahoria. *Proyecciones*, Vol.11 (2), 81-91.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Fito, P. ; Andrés, A. ; Barát, J. ; Abors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Fuentes, H., Muñoz , D., Aguilera , R., & González , C. (2018). Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardioprotector: Una revisión narrativa. *Rev Chil Nutr* , Vol. 45(2), 178-182.
- García, J., Casado, G., & García, J. (2013). Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. *Nutrición hospitalaria*, Vol. 28(4), 17-31.



- García, M., Alvis, A., & García, C. (2015). Modelado de la cinética de secado de mango pre-tratadas con deshidratación osmótica y microondas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol. 13(2), 22-29.
- García, M., Rodríguez, A., & Hernández, D. (2015). Influencia de coberturas de quitosana en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de cubos de papa. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 25(3), 66-70.
- Gavidia, A., Carvajal, R., Reyna, L., Hidalgo, C., Guevara, C., Cabellos, J., & Rojas, J. (2013). Efecto de la temperatura y la concentración del jarabe de inmersión en la difusividad efectiva y aceptación sensorial en cubos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) osmodeshidratado. *Agroindustrial Science*, Vol. 1 (1), 161-166.
- Giraldo, G., Chiralt, A., & Fito, P. (2005). Deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica*). Aplicación al escarchado. *Ingeniería y Competitividad*, Vol. 7(1), 44-55.
- Gómez, M., & Duque, A. (2018). Caracterización fisicoquímica y contenido fenólico de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) en fresco y sometida a tratamiento térmico. *Revista Ion*, Vol. 31(1), 43-47.
- Gomez, M., Garcia, M., Arbones, E., & Vasquez, M. (2014). Comparison of different peeling systems for kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *International Journal of Food Science and Technology*.
- Hanna-instruments-SAS. (s.f.). Ficha técnica del producto refractómetro digital para el análisis del azúcar en la industria alimenticia (% Brix) HI 96801. [www.hannacolombia.com](http://www.hannacolombia.com).
- Hernandez, E. (2005). *Evaluación Sensorial*. Bogota: Copy righth.



- Ibarz, A., & Barbosa, G. (2011). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid - España y Mexico: Ediciones Mundi - Prensa.
- Janiszewska, E., & Włodarczyk, J. (2013). Influence of spray drying conditions on beetroot pigments retention after microencapsulation process. *Acta Agroph*, Vol. 20(2), 343-356.
- Jay, Y. (2003). *Modern food microbiology*. USA: Van Nostrand Reinhold Company.
- Jiménez, S. (2003). *Antioxidants and RL in smoking*. Buenos Aires: Only women.
- Kowalska, H., Marzec, A., Kowalska, J., Ciurzynska, A., Czajkowska, K., Cichowska, J., & Lenart, A. (2017). Osmotic dehydration of Honeoy strawberries in solutions enriched with natural bioactive molecules. *Food Science and Technology*, Vol. 30, 1-6.
- Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 24(4), 726-732.
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. New York: Springer.
- Luchsinger, A., & Camilo, F. (2008). Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. *Idesia*, Vol. 26(3), 21-29.
- Mabel, F., & Sceni, P. (2009). *La química de los alimentos*. Buenos Aires, Argentina: Artes Gráficas Rioplatense S. A.
- Madamba, P., & Lopez, R. (2002). Optimization of the osmotic dehydration of mango (*Mangifera Indica* L.) slices. *Drying Technology*, Vol. 20 (6), 1227-1242.



- Madilley, C., Jimenez, T., & Varentos, M. (2000). Sustitutos de la sacarosa, edulcorantes de carga, polioles o azúcares alcohol. *Alimentación Equipos y Tecnología*, Vol. 19 (1), 91-97.
- Maldonado, S., Santapaola, J., Singh, J., Torrez, M., & Garay, A. (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Science and Technology*, Vol. 28(1), 251-256.
- Matussek, A., Czukor, B., & Merész, P. (2008). Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple. *Innov Food Sci Emerg*, Vol. 9, 365-373.
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista chilena de nutrición*, Vol. 33(3).
- Martínez, E., & Lira, L. (2010). Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad. *Simposio de Metrología*.
- Martínez, E. (2000). Deshidratación osmótica de manzanas (*Granny Smith*) con diferentes soluciones osmóticas. *Archivos Latinoamericanos de Salud*, 30-33.
- Mendoza, R., & Schmalko, M. (2003). Diffusion coefficients of water and sucrose osmotic dehydration of papaya. *International Journal of Food Properties*, Vol. 5(3), 537-546.
- Merizalde, O. (2006). Estudio nutricional de la remolacha: innovación y creación de nuevas preparaciones gastronómicas que permitan su difusión. *Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador*.
- Moguel, Y., Echazarret, C., & Mora, R. (2005). Calidad fisicoquímica de la miel de abeja (*Apis mellifera*) producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del



- proceso de producción y tipos de floración. *Revista Mexicana de ciencias pecuarias*, Vol. 43(3), 323-334.
- Montgomery, D. (2013). *Diseño y análisis de experimentos*. Mexico: Editorial Limusa S.A.
- Normas-UNE. (2010). *Análisis sensorial*. España: Aenor Ediciones.
- Ochoa, C., & Ayala, A. (2005). Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. *Cienc. Technol. Aliment*, Vol. 4(5), 330-342.
- Ochoa, E., Ornelas, J., Ruiz, S., Ibarra, V., Pérez, J., Guevara, J., & Aguilar, C. (2013). Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Biotecnica*, Vol. 15 (2), 39-46.
- Panadés, G., Castro, D., Aguiar, Y., Fito, P., Chiralt, A., & Acosta, V. (2010). Coeficientes globales de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de la guayaba. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 20 (2), 21-26.
- Picallo, A. (2009). *Análisis sensorial de los alimentos . El imperio de los sentidos*.
- Puerta, G. (2006). La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. *Federación Nacional de cafeteros de colombia* .
- Ramírez, J. (2012). *Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor*. Cali - Valle - Colombia: ReCiTe1A.
- Rastogi, N., & Raghavarao, K. (2004). Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. *Food Science and Technology*, Vol. 37 (1), 43-47.
- Reyes, M. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: SEGEAR SAC.



- Rios, M., Marquez, C., & Ciro, H. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) en cuatro agentes edulcorantes. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. Vol. 58 (2), 2989-3002.
- Robledo, J. (2004). *Descubre los frutos exóticos*. Madrid - España: Norma-Capitel.
- Rodríguez, S., Granada, J., & Cruz, D. (2014). Comparación de sacarosa, inulina y fructo-oligosacáridos como agentes osmóticos en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) . *Products of Interest for Tropical Regions*, Vol. 2, 47-52 .
- Sablani, S., & Rahman, M. (2003). Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International*, Vol. 36, 65-71.
- Sacchetti, G., Gianotti, A., & Dalla, M. (2001). Sucrose salt combined effect on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*, Vol. 49(2), 163-173.
- Sancho, J., Bota, E., & De-Castro, J. (2002). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Mexico: D. F. Alfaomega.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J Sci. Food Agric*, Vol. 86(1), 10-17.
- Sereno, A., Moreira, R., & Martínez, E. (2001). Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, Vol. 47, 43-49.
- Sharma, S., Mulvaney, S., & Rizvi, S. (2003). *Ingeniería de Alimentos. Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio*. Ithaca - Nueva York: EDITORIAL LIMUSA, SA.



- Silva, P., Menezes, O., & Silva, P. (2003). Distribuição do teor de sólidos solúveis totais no melão. *Hortic. Bras*, Vol. 21 (1), 31-33.
- Silva, R., Della, P., Tisocco, O., & Maschroni, R. (2014). Efecto de la temperatura sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Proyecciones*, Vol. 12 (2), 37-44.
- Sing, R., & Heldman, D. (2009). *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza - España: Editorial Acribia S.A.
- Vega, A., Palacios, P., Boglio, F., Passaro, C., Jerez, C., & Lemus, R. (2007). Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcella Pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas*, Vol. 27(3), 470-477.
- Velasco, E., Salazar, A., Cisneros, O., Ramirez, L., & Pacheco, M. (2016). Análisis de las propiedades físicas y químicas de zanahoria deshidratada por ósmosis y secado convectivo. *Ciencia y tecnología alimentaria*, Vol. 14(2), 42 - 53.
- Witczak, M., Juszczak, L., & Gałkowska, D. (2011). Non-Newtonian behaviour of heather honey. *Journal of Food*, Vol. 104(4), 532-537.
- Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *J Food Comp Anal*, Vol. 42, 46-55.





## ANEXOS

### ANEXO I: Factores y niveles

Tratamientos	<i>FACTORES (k = 2)</i>		Repeticiones		
	Edulcorantes	Concentraciones (%)	R1	R2	R3
1		40	MS401	MS402	MS403
2	Sacarosa	50	MS501	MS502	MS503
3		60	MS601	MS602	MS603
4		40	MG401	MG402	MG403
5	Glucosa	50	MG501	MG502	MG503
6		60	MG601	MG602	MG603
7		40	MM401	MM402	MM403
8	Miel de Abeja	50	MM501	MM502	MM503
9		60	MM601	MM602	MM603

***NIVELES (n = 3): Concentraciones de 40 %, 50 % y 60 %***



## ANEXO II: Datos experimentales de los tratamientos

Tratamiento Edulcorante Concentración (°Brix)	t (min)	Repetición 1					Repetición 2					Repetición 3					
		M <sub>0</sub> (g)	M <sub>t</sub> (g)	X <sub>w,t</sub> (g agua . g <sup>-1</sup> m. s.)	B <sub>xM</sub> (°Brix)	B <sub>xSOL</sub> (°Brix)	M <sub>0</sub> (g)	M <sub>t</sub> (g)	X <sub>w,t</sub> (g agua . g <sup>-1</sup> m. s.)	B <sub>xM</sub> (°Brix)	B <sub>xSOL</sub> (°Brix)	M <sub>0</sub> (g)	M <sub>t</sub> (g)	X <sub>w,t</sub> (g agua . g <sup>-1</sup> m. s.)	B <sub>xM</sub> (°Brix)	B <sub>xSOL</sub> (°Brix)	
Sucrosa	40	0	2.2070	2.2070	0.7712	12.5	40.0	1.8814	1.8814	0.7826	12.5	40.0	1.9240	1.9240	0.7855	6.6	40.0
		10	1.7084	1.5333	0.7351	17.7	37.1	2.0411	1.8969	0.7428	16.3	37.8	1.8252	1.7500	0.7766	10.0	38.2
		20	1.9894	1.7262	0.7349	19.9	37.1	2.0717	1.8512	0.7346	17.0	37.5	2.3046	2.1854	0.7698	10.5	37.8
		40	2.1572	1.9665	0.7368	20.0	37.1	2.2540	1.9304	0.7257	20.2	37.3	2.1582	1.8851	0.7680	13.1	36.8
		80	1.8423	1.5722	0.6904	19.0	35.9	2.0454	1.6112	0.6826	22.9	35.5	1.7427	1.4180	0.7295	17.8	35.8
		120	1.9545	1.6039	0.6869	20.5	35.6	1.9866	1.6406	0.6785	23.4	35.1	2.1576	1.7535	0.6516	17.9	35.3
		180	1.7947	1.3276	0.6580	20.3	35.5	1.9342	1.5764	0.6542	24.1	35.1	2.1441	1.5127	0.6535	17.9	35.0
	240	1.8510	1.4633	0.6545	26.7	35.3	2.1074	1.5722	0.6532	25.0	35.1	2.0437	1.4363	0.6522	22.4	35.0	
	50	0	2.0964	2.0964	0.7565	9.0	50.0	2.0941	2.0941	0.7931	10.2	50.0	2.0653	2.0653	0.7812	12.1	50.0
		10	1.6268	1.4141	0.7445	11.0	44.6	1.9702	1.5262	0.7654	14.5	46.4	1.8727	1.6722	0.7756	15.6	43.3
		20	1.9857	1.7198	0.7434	13.1	43.9	1.9915	1.7417	0.7629	14.9	42.2	1.8775	1.6286	0.7683	15.6	42.9
		40	1.9761	1.5297	0.7426	18.0	43.2	1.7498	1.3973	0.7532	15.5	42.2	1.8070	1.4382	0.6878	22.7	42.8
		80	1.6891	1.1651	0.7346	19.9	40.7	1.8668	1.4790	0.7316	15.9	42.2	1.7428	1.3294	0.6198	22.7	42.7
		120	1.8634	1.2390	0.7056	19.9	40.7	1.7747	1.1102	0.7279	21.4	42.2	1.9331	1.3457	0.6065	22.8	40.2
		180	1.7211	1.1294	0.6945	20.9	40.7	1.9254	1.2356	0.7256	26.3	42.2	2.0747	1.3564	0.6056	30.8	40.2
	240	1.6388	0.8750	0.6315	26.0	39.0	1.9862	1.1661	0.6998	26.6	40.8	1.8020	1.2567	0.6056	30.8	40.2	
	60	0	1.7454	1.7454	0.8002	7.4	60.0	1.7790	1.7790	0.8315	7.4	60.0	1.8642	1.8642	0.8023	7.4	60.0
		10	2.0413	1.7774	0.7971	18.4	53.9	1.9213	1.7055	0.8225	16.9	54.6	2.1306	1.7879	0.7933	15.8	49.7
		20	1.9949	1.3850	0.7927	18.5	51.2	2.0200	1.7727	0.8195	18.2	52.9	2.1006	1.7741	0.7895	16.7	51.3
		40	1.8547	1.5435	0.7824	19.3	49.3	2.1963	1.7870	0.8021	18.4	48.0	2.1884	1.6869	0.7045	20.9	49.7
		80	1.9010	1.3013	0.7572	20.6	44.7	2.1100	1.6483	0.7787	19.2	48.0	1.8959	1.2584	0.6651	20.9	47.2
		120	1.8962	1.2303	0.7477	22.4	44.5	2.1014	1.3904	0.7584	31.6	48.0	1.9915	1.3779	0.6463	22.1	48.4
		180	1.9466	1.1090	0.7244	23.2	44.5	2.2393	1.4403	0.7308	31.6	48.0	2.0637	1.2340	0.6401	30.1	47.8
	240	1.8790	1.0109	0.6621	32.3	44.5	1.9075	1.0132	0.6919	31.6	48.0	1.8248	1.0961	0.6311	30.1	46.4	
40	0	1.8904	1.8904	0.9046	11.1	40.0	1.7607	1.7607	0.8631	11.3	40.0	2.0674	2.0674	0.8713	10.9	40.0	
	10	1.6983	1.5116	0.8714	14.1	39.8	1.9947	1.7795	0.8313	13.5	39.4	1.7144	1.5317	0.8701	12.1	39.9	
	20	1.9396	1.7226	0.8701	14.1	39.1	1.7472	1.5355	0.8302	14.0	39.2	2.0852	1.8275	0.8623	13.6	39.0	
	40	1.7711	1.4986	0.8382	14.1	38.2	1.9699	1.6745	0.8166	14.0	38.1	1.8376	1.5534	0.8316	14.0	38.5	
	80	1.7325	1.4665	0.8123	15.0	37.8	1.9812	1.6594	0.8147	15.2	37.7	2.0793	1.7529	0.8265	14.9	37.9	
	120	1.8870	1.5769	0.8122	21.8	37.8	1.9434	1.6279	0.8094	20.3	37.6	1.7034	1.4268	0.8246	16.5	37.8	
	180	1.7301	1.5056	0.8107	21.8	37.0	1.8987	1.5491	0.8041	21.3	37.3	1.8849	1.5051	0.8179	20.6	37.5	
240	2.0257	1.3123	0.8102	22.1	37.0	1.9008	1.3181	0.8002	22.9	37.0	1.7428	1.1945	0.8166	21.3	37.2		
50	0	1.7118	1.7118	0.9062	8.5	50.0	2.0554	2.0554	0.9022	10.2	50.0	1.7951	1.7951	0.8913	10.6	50.0	
	10	1.7114	1.4861	0.8750	15.0	48.6	1.8884	1.6494	0.8922	14.5	48.7	1.8392	1.6265	0.8815	13.9	48.1	
	20	1.9251	1.6207	0.8633	16.6	46.4	1.8412	1.5713	0.8513	16.3	47.6	2.2527	1.9000	0.8601	16.2	47.7	
	40	1.8315	1.4835	0.8613	16.6	46.4	2.1239	1.7338	0.8503	16.8	47.6	2.0202	1.6653	0.8513	16.9	47.3	
	80	2.0838	1.6838	0.8594	17.0	46.4	2.0516	1.6569	0.8455	18.0	47.5	1.8057	1.4581	0.8316	17.6	47.3	
	120	1.7628	1.2934	0.8032	23.4	46.4	1.9341	1.4380	0.8065	22.6	47.3	1.8815	1.3833	0.8102	21.3	46.1	
	180	2.2466	1.5056	0.7952	23.4	46.4	2.2160	1.6076	0.7945	22.6	46.1	1.8028	1.3241	0.7986	22.3	45.8	
240	1.8341	1.3123	0.7841	23.4	46.4	2.0627	1.4325	0.7755	23.5	45.0	1.8207	1.3033	0.7822	23.8	45.2		
60	0	1.8950	1.8950	0.9044	9.7	60.0	1.8868	1.8868	0.8965	9.9	60.0	1.7178	1.7178	0.9066	10.0	60.0	
	10	1.8305	1.6215	0.8265	12.1	54.8	1.7116	1.5191	0.8365	12.1	55.2	1.8324	1.6190	0.8466	12.3	56.2	
	20	1.7718	1.5040	0.8207	12.3	54.8	2.0348	1.7044	0.8317	12.8	54.1	1.8533	1.5651	0.8366	12.7	54.1	
	40	1.8308	1.4933	0.8196	13.8	50.4	1.7243	1.4214	0.8133	13.5	50.2	1.8776	1.5273	0.8166	13.2	52.1	
	80	1.7233	1.1776	0.8186	15.4	48.9	1.8117	1.2961	0.8055	15.3	50.2	2.0565	1.4900	0.8064	15.7	52.0	
	120	2.0088	1.2121	0.8140	20.5	48.9	1.8871	1.2174	0.8006	20.1	50.1	1.7908	1.1881	0.7957	20.4	51.8	
	180	1.8127	1.2744	0.7955	23.0	54.8	1.8529	1.1040	0.7923	23.6	50.1	1.7240	0.9714	0.7627	22.1	51.1	
240	1.7940	0.9065	0.7467	24.0	54.1	2.0310	1.0469	0.7513	24.6	50.1	1.9085	0.9961	0.7536	24.5	51.1		
40	0	1.9440	1.9440	0.7746	17.1	40.0	1.9440	1.9440	0.7746	16.2	40.0	1.9440	1.9440	0.7746	16.0	40.0	
	10	2.0999	1.8200	0.7404	20.1	39.5	1.8829	1.5164	0.7164	20.7	39.0	2.0218	1.6404	0.7279	20.1	38.5	
	20	2.0527	1.7785	0.7254	21.2	39.1	1.8200	1.4385	0.7084	21.2	37.6	1.9609	1.6144	0.7116	21.8	38.0	
	40	1.6719	1.3715	0.7231	23.7	38.2	1.9526	1.5484	0.6949	22.7	37.6	1.7639	1.3037	0.7115	22.2	36.2	
	80	1.8362	1.5352	0.7004	24.9	37.7	1.6640	1.2179	0.6719	25.7	37.2	2.0548	1.5660	0.6698	23.0	36.2	
	120	1.8883	1.5412	0.6815	26.1	37.7	1.6193	1.3360	0.6702	26.9	37.2	1.9005	1.3583	0.6697	27.1	36.0	
	180	1.9037	1.6120	0.6613	26.1	37.7	1.9741	1.5231	0.7095	29.4	37.0	1.9017	1.3692	0.6770	31.9	36.0	
240	2.0933	1.8519	0.6524	27.2	37.7	1.4550	1.2971	0.6531	29.5	37.0	1.7635	1.3219	0.6766	32.8	36.0		
∞ Miel de abeja	0	1.9440	1.9440	0.7746	15.7	50.0	1.9440	1.9440	0.7746	14.2	50.0	1.9440	1.9440	0.7746	15.8	50.0	
	10	2.0584	1.5690	0.7101	21.1	45.8	1.6261	1.3182	0.7161	20.5	47.2	1.7022	1.4455	0.7235	24.5	48.4	
	20	2.0072	1.6066	0.6851	22.5	44.5	2.0725	1.6093	0.7446	20.5	46.9	2.0064	1.6337	0.7199	25.4	46.0	
	40	2.0641	1.6650	0.6679	24.0	44.1	2.0189	1.3691	0.6773	22.5	46.7	2.1577	1.7166	0.7191	25.6	46.0	
	80	1.9296	1.4657	0.6745	25.3	44.0	2.1486	1.5271	0.6635	29.4	45.7	2.1633	1.6150	0.6854	28.2	46.0	
	120	2.2870	1.5681	0.6399	30.1	43.5	1.8871	1.2616	0.6549	29.4	45.6	1.8373	1.3010	0.6533	31.1	45.9	
	180	2.0633	1.3466	0.6346	30.7	43.5	1.7601	1.1929	0.6346	33.7	43.4	1.8178	1.3463	0.6313	33.5	45.1	
240	1.9209	1.3201	0.6331	37.6	43.5	1.7887	1.1993	0.6463	37.2	43.4	1.7338	1.2103	0.6255	36.6	45.1		
60	0	1.9440	1.9440	0.7746	15.9	60.0	1.9440	1.9440	0.7746	14.9	60.0	1.9440	1.9440	0.7746	14.8	60.0	
	10	2.0792	1.7361	0.6814	21.7	52.2	2.1135	1.7440	0.7354	21.6	52.4	2.0339	1.7189	0.6705	22.9	53.2	
	20	2.1016	1.7263	0.6629	23.8	52.2	2.0870	1.7288	0.7150	21.7	48.8	2.0687	1.7018	0.6410	23.0	53.1	
	40	1.8342	1.3868	0.6439	24.1	47.7	2.1075	1.7147	0.7103	26.6	48.8	2.1497	1.7560	0.6362	28.8	52.8	
	80	1.9452	1.4115	0.6422	30.2	47.5	2.0057	1.4201	0.6552	26.7	48.8	2.1488	1.6677	0.6351	30.9	52.6	
	120	2.															

### ANEXO III: Datos de transferencia de masa de los tratamientos

Treat.	Edulcorante	Concentración (°Brix)	t (min)	X <sub>wi</sub> (g agua · g <sup>-1</sup> m. s.)	X <sub>ss</sub> (g sólidos · g <sup>-1</sup> m. s.)	ΔM(%)	ΔM <sub>w</sub> (%)	ΔM <sub>ss</sub> (%)
1		40	0	0.7797 ± 0.0076	0.0925 ± 0.0320	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.7515 ± 0.0221	0.1297 ± 0.0382	-7.1448 ± 3.0654	-8.1519 ± 3.6451	2.7198 ± 0.4535
			20	0.7464 ± 0.0203	0.1411 ± 0.0468	-9.6819 ± 4.1141	-10.5041 ± 4.3078	3.3682 ± 1.3164
			40	0.7435 ± 0.0219	0.1612 ± 0.0394	-11.9503 ± 2.8248	-12.5105 ± 3.2069	4.9627 ± 0.7031
			80	0.7008 ± 0.0251	0.1742 ± 0.0248	-18.1737 ± 3.3074	-20.6275 ± 3.3782	4.9655 ± 2.2550
			120	0.6723 ± 0.0185	0.1755 ± 0.0326	-18.0280 ± 0.6608	-22.8579 ± 2.4845	5.1498 ± 1.4134
			180	0.6552 ± 0.0024	0.1726 ± 0.0329	-24.6578 ± 5.6017	-28.6082 ± 3.7579	3.8777 ± 2.2504
			240	0.6533 ± 0.0012	0.2148 ± 0.0252	-25.3541 ± 4.3877	-29.2058 ± 3.6791	6.8581 ± 1.5547
2	Sacarosa	50	0	0.7770 ± 0.0187	0.0908 ± 0.0164	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.7618 ± 0.0159	0.1217 ± 0.0266	-15.4390 ± 6.2590	-13.2745 ± 5.9366	1.2033 ± 0.7771
			20	0.7582 ± 0.0131	0.1292 ± 0.0154	-13.0637 ± 0.4556	-11.7784 ± 0.7150	2.1538 ± 0.5575
			40	0.7279 ± 0.0351	0.1677 ± 0.0322	-21.0482 ± 1.3417	-20.2375 ± 2.7690	4.1608 ± 1.8532
			80	0.6953 ± 0.0654	0.1676 ± 0.0254	-25.1721 ± 5.2764	-25.7246 ± 4.7894	3.3955 ± 1.5957
			120	0.6800 ± 0.0646	0.1842 ± 0.0122	-33.7793 ± 3.5360	-32.8033 ± 3.6846	3.0930 ± 1.2561
			180	0.6752 ± 0.0622	0.2373 ± 0.0469	-34.9425 ± 0.7750	-33.7843 ± 4.3210	6.3455 ± 1.5894
			240	0.6456 ± 0.0487	0.2483 ± 0.0242	-39.3860 ± 8.3379	-38.6841 ± 3.0433	6.0958 ± 1.8477
3		60	0	0.8113 ± 0.0175	0.0648 ± 0.0014	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.8043 ± 0.0159	0.1653 ± 0.0155	-13.4149 ± 2.4627	-11.4732 ± 1.9084	7.8461 ± 1.6171
			20	0.8006 ± 0.0165	0.1735 ± 0.0133	-19.4529 ± 9.7706	-16.5918 ± 7.3615	7.4699 ± 1.6886
			40	0.7630 ± 0.0516	0.1847 ± 0.0034	-19.4437 ± 3.1474	-19.5730 ± 5.6933	8.3955 ± 0.6798
			80	0.7337 ± 0.0603	0.1857 ± 0.0104	-29.0178 ± 6.2669	-28.8649 ± 6.9024	6.7051 ± 1.3128
			120	0.7175 ± 0.0619	0.2499 ± 0.0886	-33.2544 ± 2.2112	-33.3313 ± 2.0257	10.1403 ± 5.5805
			180	0.6984 ± 0.0506	0.2774 ± 0.0594	-39.6381 ± 3.7066	-38.9512 ± 2.9049	10.4042 ± 4.5074
			240	0.6617 ± 0.0304	0.3024 ± 0.0266	-44.3389 ± 3.8307	-44.3740 ± 2.0438	10.2821 ± 0.3457
4		40	0	0.8797 ± 0.0220	0.1098 ± 0.0032	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.8576 ± 0.0228	0.1309 ± 0.0117	-10.8129 ± 0.1696	-11.4801 ± 1.8510	0.6857 ± 0.7028
			20	0.8542 ± 0.0212	0.1379 ± 0.0043	-11.8876 ± 0.6180	-12.6974 ± 0.9946	1.1693 ± 0.2612
			40	0.8288 ± 0.0111	0.1353 ± 0.0023	-15.2825 ± 0.2516	-17.7543 ± 1.5422	0.4789 ± 0.2660
			80	0.8178 ± 0.0076	0.1447 ± 0.0013	-15.7646 ± 0.4483	-19.0778 ± 2.2975	1.2048 ± 0.3522
			120	0.8154 ± 0.0081	0.1985 ± 0.0324	-16.3020 ± 0.1139	-19.7207 ± 2.4973	5.6295 ± 2.3842
			180	0.8109 ± 0.0069	0.2186 ± 0.0070	-17.1794 ± 3.7424	-20.8137 ± 0.9586	7.1391 ± 1.0942
			240	0.8090 ± 0.0083	0.2295 ± 0.0083	-32.4446 ± 2.4349	-33.3211 ± 4.0355	4.5228 ± 0.9454
5	Glucosa	50	0	0.8999 ± 0.0078	0.0974 ± 0.0116	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.8829 ± 0.0087	0.1493 ± 0.0063	-12.4619 ± 0.8174	-12.7000 ± 1.7711	3.3255 ± 1.5181
			20	0.8582 ± 0.0062	0.1680 ± 0.0034	-15.3760 ± 0.6258	-17.3670 ± 0.7008	4.4679 ± 1.3864
			40	0.8543 ± 0.0061	0.1721 ± 0.0009	-18.3118 ± 0.7182	-20.2090 ± 1.0865	4.3126 ± 1.0002
			80	0.8455 ± 0.0139	0.1797 ± 0.0051	-19.2282 ± 0.0287	-21.6995 ± 0.4474	4.7734 ± 1.0150
			120	0.8066 ± 0.0035	0.2334 ± 0.0132	-26.2524 ± 0.5268	-30.5020 ± 1.0868	7.4666 ± 2.0230
			180	0.7961 ± 0.0022	0.2347 ± 0.0072	-28.9971 ± 3.4814	-33.4642 ± 3.5143	6.9025 ± 0.8444
			240	0.7806 ± 0.0045	0.2407 ± 0.0032	-29.1399 ± 1.2232	-34.6736 ± 1.6194	7.3122 ± 1.2586
6		60	0	0.9025 ± 0.0053	0.0988 ± 0.0018	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.8365 ± 0.0101	0.1159 ± 0.0026	-11.4368 ± 0.2003	-16.1668 ± 0.9511	0.3831 ± 0.0300
			20	0.8297 ± 0.0081	0.1196 ± 0.0039	-15.6342 ± 0.5661	-20.2584 ± 0.4466	0.2116 ± 0.1596
			40	0.8165 ± 0.0032	0.1274 ± 0.0035	-18.2193 ± 0.5761	-23.4790 ± 0.8153	0.5425 ± 0.4829
			80	0.8102 ± 0.0073	0.1482 ± 0.0024	-29.2241 ± 2.1634	-32.9217 ± 1.3741	0.6112 ± 0.1764
			120	0.8034 ± 0.0094	0.2051 ± 0.0044	-36.2681 ± 3.0776	-39.0659 ± 1.9614	3.1828 ± 0.2561
			180	0.7835 ± 0.0181	0.2329 ± 0.0148	-37.9227 ± 7.3060	-41.5480 ± 6.6286	4.6135 ± 2.4377
			240	0.7505 ± 0.0035	0.2418 ± 0.0052	-48.5772 ± 0.8385	-51.6546 ± 0.9365	2.5581 ± 0.3137
7		40	0	0.7746 ± 0.0000	0.1524 ± 0.0065	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.7282 ± 0.0120	0.1855 ± 0.0021	-17.2194 ± 3.3824	-17.1510 ± 3.4172	0.1181 ± 0.0426
			20	0.7152 ± 0.0090	0.1947 ± 0.0039	-17.3300 ± 3.8132	-18.3143 ± 3.4637	0.8668 ± 0.7459
			40	0.7099 ± 0.0142	0.2106 ± 0.0122	-21.5860 ± 4.1329	-21.7869 ± 3.4023	1.3029 ± 1.1015
			80	0.6807 ± 0.0171	0.2216 ± 0.0186	-22.3299 ± 5.3591	-24.5326 ± 4.9641	1.9888 ± 1.4723
			120	0.6738 ± 0.0067	0.2454 ± 0.0043	-21.4687 ± 6.1307	-24.5328 ± 4.3894	4.0262 ± 1.2088
			180	0.6826 ± 0.0246	0.2821 ± 0.0434	-22.0566 ± 6.3760	-24.2968 ± 3.8754	6.5673 ± 2.4008
			240	0.6607 ± 0.0138	0.2824 ± 0.0440	-15.8085 ± 8.0029	-21.9089 ± 4.1929	8.3245 ± 2.3919
8	Miel de abeja	50	0	0.7746 ± 0.0000	0.1393 ± 0.0096	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.7165 ± 0.0067	0.2031 ± 0.0276	-19.2637 ± 4.3569	-19.5890 ± 3.6600	2.5329 ± 2.6973
			20	0.7165 ± 0.0299	0.2120 ± 0.0289	-20.2945 ± 1.9095	-20.3675 ± 1.9922	3.0025 ± 2.1173
			40	0.6881 ± 0.0272	0.2183 ± 0.0262	-23.9881 ± 7.1211	-25.1194 ± 5.7944	2.7511 ± 2.3216
			80	0.6745 ± 0.0110	0.2580 ± 0.0258	-26.1042 ± 2.5291	-27.6065 ± 2.3351	5.1018 ± 1.9861
			120	0.6493 ± 0.0082	0.2810 ± 0.0121	-31.2566 ± 1.9842	-32.8210 ± 1.4039	5.4081 ± 0.9390
			180	0.6335 ± 0.0019	0.3072 ± 0.0227	-30.9663 ± 4.5320	-33.7330 ± 2.7413	7.3268 ± 2.9498
			240	0.6350 ± 0.0105	0.3751 ± 0.0122	-31.4740 ± 1.3893	-33.9569 ± 0.1670	11.7705 ± 1.0880
9		60	0	0.7746 ± 0.0000	0.1389 ± 0.0066	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000
			10	0.6958 ± 0.0348	0.1969 ± 0.0072	-16.4906 ± 0.9977	-19.3764 ± 2.2577	2.5522 ± 1.2416
			20	0.6729 ± 0.0380	0.1989 ± 0.0078	-17.5857 ± 0.3708	-21.9901 ± 3.3678	2.5031 ± 0.3044
			40	0.6635 ± 0.0408	0.2397 ± 0.0305	-20.4482 ± 3.4194	-24.6438 ± 4.6128	5.2537 ± 3.8455
			80	0.6441 ± 0.0102	0.2668 ± 0.0246	-26.3409 ± 3.5336	-30.0347 ± 1.6175	5.8122 ± 2.6376
			120	0.6257 ± 0.0178	0.3058 ± 0.0338	-26.0671 ± 3.0978	-31.2295 ± 0.9965	8.6539 ± 0.8907
			180	0.6199 ± 0.0150	0.3186 ± 0.0201	-32.5123 ± 4.2239	-35.6554 ± 1.9645	7.6281 ± 1.8184
			240	0.5800 ± 0.0254	0.3757 ± 0.0335	-32.6482 ± 1.0298	-38.3866 ± 2.1395	11.4279 ± 3.1195



#### ANEXO IV: Variaciones de peso, agua y ganancia de sólidos finales

Edulcorante	Concentración (°Brix)	Repetición	$\Delta M(\%)$	$\Delta M_w(\%)$	$\Delta M_{ss}(\%)$
Sacarosa	40	1	-20.9454	-25.3787	7.8296
Glucosa	40	1	-35.2175	-37.9768	3.5949
Miel de abeja	40	1	-11.5320	-19.7461	5.5853
Sacarosa	50	1	-46.6073	-41.9289	4.3658
Glucosa	50	1	-28.4499	-34.5201	8.7201
Miel de abeja	50	1	-31.2770	-33.9532	11.7890
Sacarosa	60	1	-46.2001	-44.4018	10.5997
Glucosa	60	1	-49.4705	-52.7119	2.1998
Miel de abeja	60	1	-33.4164	-40.7965	7.8261
Sacarosa	40	2	-25.3962	-29.5225	5.0650
Glucosa	40	2	-30.6555	-30.8251	5.4848
Miel de abeja	40	2	-10.8522	-19.2389	9.3874
Sacarosa	50	2	-41.2899	-38.2298	5.8797
Glucosa	50	2	-30.5522	-36.3643	6.2964
Miel de abeja	50	2	-32.9513	-34.1257	12.8491
Sacarosa	60	2	-46.8834	-46.4038	10.3328
Glucosa	60	2	-48.4540	-50.9297	2.7833
Miel de abeja	60	2	-33.0500	-37.6526	13.1973
Sacarosa	40	3	-29.7206	-32.7164	7.6797
Glucosa	40	3	-31.4609	-31.1614	4.4886
Miel de abeja	40	3	-25.0411	-26.7415	10.0008
Sacarosa	50	3	-30.2608	-35.8934	8.0421
Glucosa	50	3	-28.4176	-33.1365	6.9200
Miel de abeja	50	3	-30.1938	-33.7918	10.6734
Sacarosa	60	3	-39.9331	-42.3164	9.9138
Glucosa	60	3	-47.8072	-51.3221	2.6912
Miel de abeja	60	3	-31.4781	-36.7106	13.2604



## ANEXO V: Constantes cinéticas

Edulcorante	Concentración (°Brix)	Repetición	Constantes Cinéticas	
			$K_W \times 10^{-3}$	$K_{SS} \times 10^{-3}$
Sacarosa	40	1	-16.4320	2.1087
Glucosa	40	1	-18.2612	4.3943
Miel de abeja	40	1	-11.1421	3.6140
Sacarosa	50	1	-24.7043	3.0187
Glucosa	50	1	-21.9121	4.7857
Miel de abeja	50	1	-18.8378	6.0680
Sacarosa	60	1	-26.7052	3.4624
Glucosa	60	1	-29.1069	3.1412
Miel de abeja	60	1	-21.4645	6.4286
Sacarosa	40	2	-17.7370	3.5083
Glucosa	40	2	-15.2255	4.7739
Miel de abeja	40	2	-8.8391	6.6693
Sacarosa	50	2	-22.1605	4.2021
Glucosa	50	2	-21.7272	4.0391
Miel de abeja	50	2	-19.5232	7.8477
Sacarosa	60	2	-28.8839	7.1211
Glucosa	60	2	-30.6347	2.7382
Miel de abeja	60	2	-23.1411	6.3285
Sacarosa	40	3	-24.1065	4.0796
Glucosa	40	3	-16.5318	3.7838
Miel de abeja	40	3	-15.0720	6.3415
Sacarosa	50	3	-26.2590	4.3315
Glucosa	50	3	-20.3515	4.1756
Miel de abeja	50	3	-19.5339	5.3783
Sacarosa	60	3	-28.2542	4.7158
Glucosa	60	3	-32.0172	2.0919
Miel de abeja	60	3	-19.1426	7.7089



## ANEXO VI: Difusividad efectiva

Edulcorante	Concentración (°Brix)	Repetición	Difusividad efectiva	
			$D_{eW} \times 10^{-8} (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	$D_{eSS} \times 10^{-8} (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$
Sacarosa	40	1	11.7819	1.8471
Glucosa	40	1	1.6258	2.7556
Miel de abeja	40	1	6.6510	1.7298
Sacarosa	50	1	6.4201	2.2703
Glucosa	50	1	1.6068	1.9815
Miel de abeja	50	1	4.1017	5.7111
Sacarosa	60	1	3.1078	3.2835
Glucosa	60	1	1.1683	1.7754
Miel de abeja	60	1	7.3827	4.2094
Sacarosa	40	2	15.3951	2.2167
Glucosa	40	2	1.0159	2.8782
Miel de abeja	40	2	5.0528	3.9056
Sacarosa	50	2	2.1467	3.1291
Glucosa	50	2	1.7473	1.8877
Miel de abeja	50	2	4.1465	6.5962
Sacarosa	60	2	2.4155	4.3757
Glucosa	60	2	1.3990	2.1123
Miel de abeja	60	2	4.5998	4.6338
Sacarosa	40	3	20.4127	2.0674
Glucosa	40	3	1.0900	2.3675
Miel de abeja	40	3	5.1869	8.1584
Sacarosa	50	3	16.1067	3.2815
Glucosa	50	3	1.5590	1.9302
Miel de abeja	50	3	4.4714	4.1402
Sacarosa	60	3	4.5191	2.6847
Glucosa	60	3	1.6248	1.8464
Miel de abeja	60	3	2.9384	3.7774



## ANEXO VII: Base de datos de evaluación sensorial

MUESTRA: N° de Ficha	A				B				C			
	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General
1	5	2	4	3	5	3	2	2	5	4	4	5
2	4	2	4	3	2	1	1	2	3	2	3	3
3	5	2	2	3	5	1	2	3	5	3	4	4
4	3	3	4	4	3	4	5	4	3	3	5	4
5	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	2	2
6	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4
7	5	4	4	4	5	3	2	1	4	4	5	1
8	5	3	2	4	5	4	3	3	5	3	4	4
9	4	4	4	4	4	2	3	3	4	2	2	3
10	4	1	2	3	4	1	3	3	3	1	3	3
11	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3
12	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4
13	4	2	4	3	3	2	3	3	4	3	5	4
14	3	1	2	1	4	1	1	1	3	1	3	1
15	5	3	2	2	5	3	3	3	5	4	5	4
16	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3
17	4	2	2	3	4	2	2	2	4	3	4	4
18	5	3	4	4	5	4	3	4	4	4	4	5
19	5	4	4	4	5	4	2	3	4	4	4	4
20	3	3	3	3	4	3	2	3	5	3	4	4
21	3	1	4	3	4	1	2	2	4	1	4	4
22	3	4	3	3	3	3	3	3	5	4	4	4
23	5	4	5	5	5	4	3	3	5	4	2	2
24	4	3	4	4	5	3	3	3	4	3	5	4
25	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	3	3
26	3	4	5	4	4	3	4	3	3	4	5	5
27	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	2	2
28	4	3	2	3	4	3	3	3	4	4	4	4
29	4	2	3	3	4	2	2	3	4	2	1	1
30	4	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	4
31	4	2	3	3	4	3	2	2	4	3	2	2
32	4	2	3	3	5	4	3	4	1	3	4	3
33	4	2	2	2	5	2	2	2	5	3	4	3
34	5	3	5	4	4	3	1	2	5	3	5	5
35	4	2	2	2	4	4	2	3	3	3	4	3
36	2	3	2	3	5	4	3	3	4	4	5	4
37	4	3	5	4	5	4	3	5	4	4	3	4
38	4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3
39	5	2	3	4	5	1	2	3	5	3	4	4
40	3	2	3	3	3	3	2	3	5	4	4	5
41	5	3	4	4	5	3	3	3	5	4	5	5
42	5	2	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5
43	5	1	4	2	4	4	4	5	5	4	5	5
44	5	3	5	5	5	4	2	4	2	4	3	2
45	5	4	4	4	5	3	4	2	5	4	5	5
46	5	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	3
47	4	2	3	4	4	2	1	3	5	5	5	5
48	4	4	5	4	3	3	2	2	5	4	4	4
49	5	3	3	3	5	4	2	3	5	4	4	3
50	5	2	4	3	5	3	2	2	5	4	4	5



### ANEXO VIII: Ficha de análisis sensorial



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



#### FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

Nombre del panelista: .....

Edad: .....

Fecha: ...../...../.....

Pruebe los productos que se presentan a continuación. Luego califica de acuerdo con la siguiente escala hedónica:

- Agradable (5)
- Ligeramente agradable (4)
- Ni agradable ni desagradable (3)
- Ligeramente desagradable (2)
- Desagradable (1)

En la siguiente tabla:

Muestras	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General
A				
B				
C				

Observaciones:

.....

.....

.....

.....



**ANEXO IX:** Analisis estadístico de variación de masa total

**ANEXO IX.2:** Análisis de varianza (ANOVA) de variación de masa total

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Gl Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	424.811	1	424.811	10.61	<b>0.0041</b>
B:Concentración	1349.77	1	1349.77	33.72	<b>0.0000</b>
AA	163.426	1	163.426	4.08	0.0577
AB	3.45094	1	3.45094	0.09	0.7722
BB	0.114399	1	0.114399	0.00	0.9579
Bloques	4.44407	2	2.22204	0.06	0.9462
Error total	760.647	19	40.0341		
Total (corr.)	2706.66	26			

R-cuadrada = 71.8972 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 61.5436 porciento

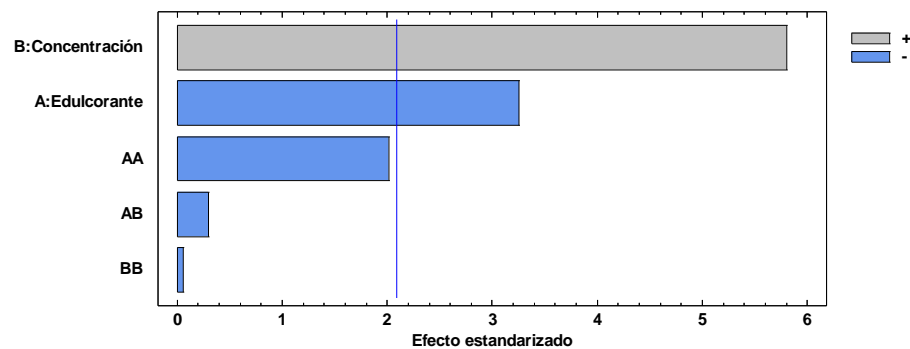
Error estándar del est. = 6.32725

Error absoluto medio = 4.70085

Estadístico Durbin-Watson = 3.11147 (P=0.9899)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.589263

**ANEXO IX.2:** Diagrama de Pareto para Variación de masa total



**ANEXO X:** Análisis estadístico de variación de pérdida de agua

**ANEXO X.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de pérdida de agua

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	162.209	1	162.209	10.45	0.0044
B:Concentración	1248.97	1	1248.97	80.46	0.0000
AA	179.114	1	179.114	11.54	0.0030
AB	1.28619	1	1.28619	0.08	0.7766
BB	2.97058	1	2.97058	0.19	0.6667
Bloques	4.60495	2	2.30248	0.15	0.8631
Error total	294.935	19	15.5229		
Total (corr.)	1894.09	26			

R-cuadrada = 84.4286 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 78.6918 por ciento

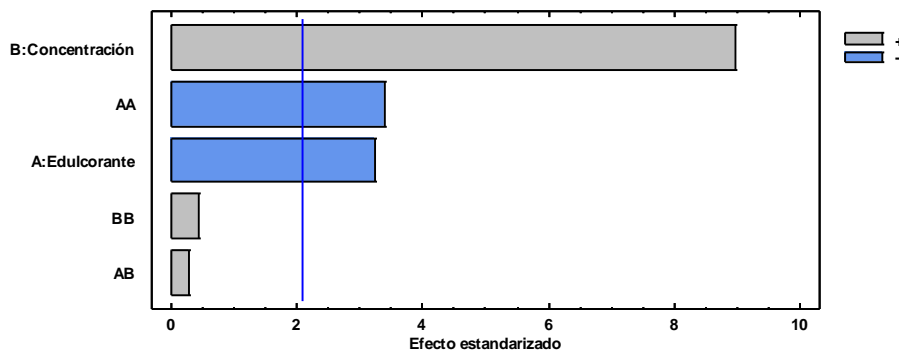
Error estándar del est. = 3.93991

Error absoluto medio = 2.87658

Estadístico Durbin-Watson = 3.16286 (P=0.9935)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.640287 }

**ANEXO X.2:** Diagrama de Pareto para pérdida de agua



## ANEXO XI: Análisis estadístico de ganancia de sólidos

### ANEXO XI.1: Análisis de varianza (ANOVA) de ganancia de sólidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	34.3368	1	34.3368	5.87	<b>0.0255</b>
B:Concentración	10.4092	1	10.4092	1.78	0.1978
AA	112.432	1	112.432	19.23	<b>0.0003</b>
AB	0.0770914	1	0.0770914	0.01	0.9098
BB	6.79178	1	6.79178	1.16	0.2946
Bloques	7.67068	2	3.83534	0.66	0.5302
Error total	111.072	19	5.84589		
Total (corr.)	282.789	26			

R-cuadrada = **60.7227** porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **46.2521** porciento

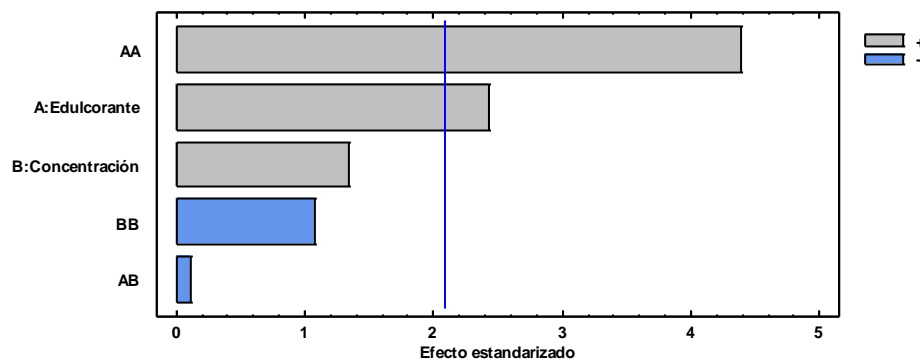
Error estándar del est. = **2.41783**

Error absoluto medio = **1.74216**

Estadístico Durbin-Watson = 2.18424 (P=0.4428)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.127126

### ANEXO XI.2: Diagrama de Pareto para ganancia de sólidos



## ANEXO XII: Análisis estadístico de constantes cinéticas de agua

### ANEXO XII.1: Análisis de varianza (ANOVA) de constantes cinéticas de agua

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	0.000190427	1	0.000190427	29.90	0.0000
B:Concentración	0.000512033	1	0.000512033	80.39	0.0000
AA	0.0000290359	1	0.0000290359	4.56	0.0460
AB	8.14858E-7	1	8.14858E-7	0.13	0.7245
BB	9.92625E-7	1	9.92625E-7	0.16	0.6974
Bloques	0.0000126407	2	0.00000632033	0.99	0.3891
Error total	0.000121011	19	0.000006369		
Total (corr.)	0.000866955	26			

R-cuadrada = 86.0418 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 80.8994 por ciento

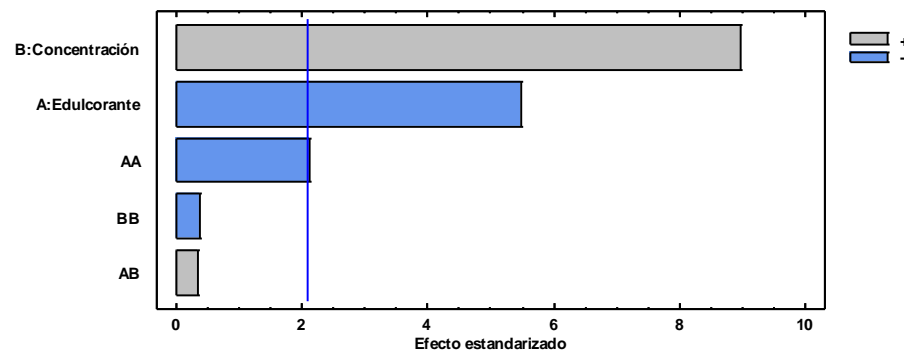
Error estándar del est. = 0.00252369

Error absoluto medio = 0.00177834

Estadístico Durbin-Watson = 2.3194 (P=0.5733)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.264555

### ANEXO XII.2: Diagrama de Pareto para constantes cinéticas de agua



**ANEXO XIII:** Análisis estadístico de constantes cinéticas de sólidos

**ANEXO XIII.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de constantes cinéticas de sólidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	0.0000218611	1	0.0000218611	15.13	<b>0.0010</b>
B:Concentración	0.00000110671	1	0.00000110671	0.77	0.3924
AA	0.0000116535	1	0.0000116535	8.06	<b>0.0105</b>
AB	2.58561E-7	1	2.58561E-7	0.18	0.6770
BB	4.06181E-7	1	4.06181E-7	0.28	0.6021
Bloques	0.00000580461	2	0.0000029023	2.01	0.1617
Error total	0.0000274567	19	0.00000144509		
Total (corr.)	0.0000685474	26			

R-cuadrada = **59.9449** por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **45.1878** por ciento

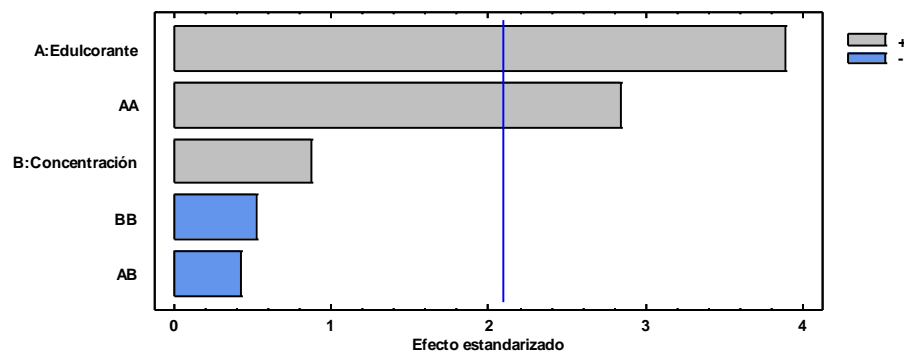
Error estándar del est. = **0.00120212**

Error absoluto medio = **0.000799056**

Estadístico Durbin-Watson = 2.60775 (P=0.8176)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.353542

**ANEXO XIII.2:** Diagrama de Pareto para constantes cinéticas de sólidos



**ANEXO XIV:** Análisis estadístico de difusividad efectiva de agua

**ANEXO XIV.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de Difusividad efectiva de agua

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	7.92723E-15	1	7.92723E-15		
B:Concentración	8.47461E-15	1	8.47461E-15		
AA	1.89517E-14	1	1.89517E-14		
AB	1.0548E-14	1	1.0548E-14		
BB	3.01275E-16	1	3.01275E-16		
Bloques	2.34267E-15	2	1.17134E-15		
Error total	0.0	19	0.0		
Total (corr.)	6.64991E-14	26			

R-cuadrada = 100.0 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 100.0 por ciento

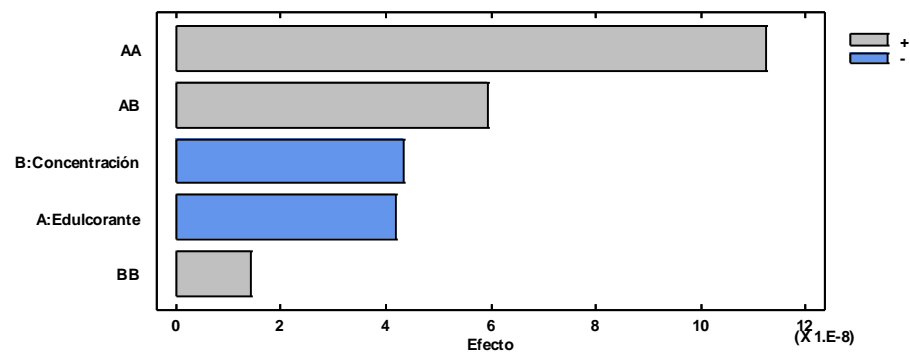
Error estándar del est. = 0.0

Error absoluto medio = 2.04383E-8

Estadístico Durbin-Watson = 2.51812 (P=0.7510)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.327082

**ANEXO XIV.2:** Diagrama de Pareto para  $D_{we}$



**ANEXO XV:** Análisis estadístico de difusividad efectiva de sólidos

**ANEXO XV.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de difusividad efectiva de sólidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Edulcorante	1.74166E-15	1	1.74166E-15		
B:Concentración	3.31274E-18	1	3.31274E-18		
AA	1.55186E-15	1	1.55186E-15		
AB	2.41729E-16	1	2.41729E-16		
BB	5.06605E-17	1	5.06605E-17		
Bloques	2.30675E-16	2	1.15338E-16		
Error total	0.0	19	0.0		
Total (corr.)	6.67972E-15	26			

R-cuadrada = 100.0 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 100.0 por ciento

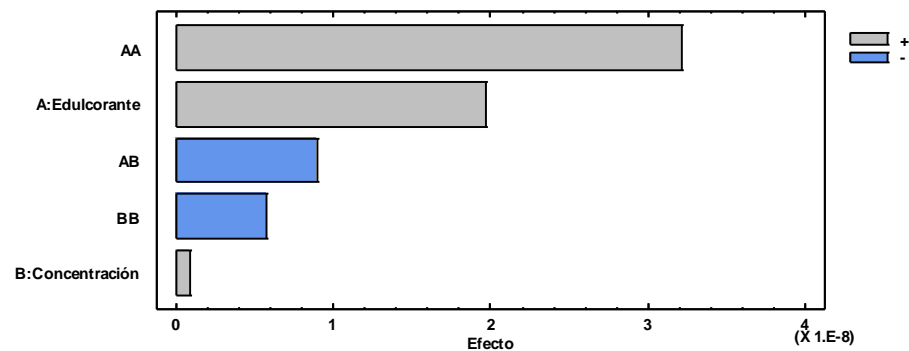
Error estándar del est. = 0.0

Error absoluto medio = 7.05853E-9

Estadístico Durbin-Watson = 1.98546 (P=0.2667)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.000919619

**ANEXO XV.2:** Diagrama de Pareto para D<sub>ss</sub>e





**ANEXO XVI:** Análisis estadístico de color por muestras

**ANEXO XVI.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de color por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.12	2	0.06	0.09	0.9155
Intra grupos	99.88	147	0.679456		
Total (Corr.)	100.0	149			

**ANEXO XVII:** Análisis estadístico de textura por muestras

**ANEXO XVII.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de textura por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.61333	2	3.30667	3.56	0.0311
Intra grupos	136.72	147	0.930068		
Total (Corr.)	143.333	149			

**ANEXO XVII.2:** Pruebas de Múltiple Rangos para textura por muestras método: 95.0 porcentaje LSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A	50	2.88	A
B	50	2.96	A
C	50	3.36	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
B - C	*	-0.4	0.381177
B - A		0.08	0.381177
C - A	*	0.48	0.381177

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO XVIII:** Análisis estadístico de sabor por muestras

**ANEXO XVIII.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de sabor por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	30.24	2	15.12	15.30	0.0000
Intra grupos	145.26	147	0.988163		
Total (Corr.)	175.5	149			





**ANEXO XVIII.2:** Pruebas de Múltiple Rangos para sabor por muestras método: 95.0 porcentaje LSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
B	50	2.7	A
A	50	3.42	B
C	50	3.78	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
B - C	*	-1.08	0.392901
B - A	*	-0.72	0.392901
C - A		0.36	0.392901

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO XIX:** Análisis de varianza (ANOVA) de aceptabilidad general por muestras

**ANEXO XIX.1:** Análisis de varianza (ANOVA) de aceptabilidad general por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.0133	2	5.00667	5.80	0.0038
Intra grupos	126.98	147	0.86381		
Total (Corr.)	136.993	149			

**ANEXO XIX.2:** Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad general por muestras método: 95.0 porcentaje LSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
B	50	2.98	A
A	50	3.4	B
C	50	3.6	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
B - C	*	-0.62	0.367348
B - A	*	-0.42	0.367348
C - A		0.2	0.367348

\* indica una diferencia significativa.