

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**“CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y COEFICIENTE DE
DIFUSIVIDAD DEL TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) A
DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MIEL DE ABEJA Y DIFERENTES
TEMPERATURAS”**

TESIS

Para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias

Presentado por la Bachiller:

Ruby de Nathaly Cruzado Abanto

Asesores:

Dr. Ing. Jimmy Frank Oblitas Cruz

MBA. Ing. Mary Diana Herrera Chilón

CAJAMARCA – PERÚ

2025



**Universidad
Nacional de
Cajamarca**
"Norte de la Universidad Peruana"

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Ruby de Nathaly Cruzado Abanto
DNI: N° 72972893
Escuela Profesional/Unidad UNC:
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD DEL TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MIEL DE ABEJA Y DIFERENTES TEMPERATURAS"
6. Fecha de evaluación: 03/09/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 15%
9. Código Documento: 3117:491318480
10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 15%
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 03/09/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz DNI: 40043738

*En caso se realizó la evaluación hasta septiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los siete días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 331-2025-FCA-UNC, de fecha 16 de junio del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD DEL TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MIEL DE ABEJA Y DIFERENTES TEMPERATURAS"**, realizada por la Bachiller RUBY DE NATHALY CRUZADO ABANTO para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y veinticinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y diez minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
SECRETARIO

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
VOCAL

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
ASESOR

MBA. Ing. Mary Diana Herrera Chilón
ASESORA

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis con profundo respeto y gratitud a mis padres, **Antero Cruzado Peña** y **Nicolasa Sonia Abanto Chávez**, por haberme formado con valores sólidos, disciplina y amor. Su ejemplo de integridad, esfuerzo, perseverancia y compromiso han sido esenciales en la orientación en mi camino y motivación para cada uno de mis logros

Asimismo, a mi esposo, **Bryan Stefano Martínez Rojas**, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional durante el desarrollo de esta investigación. Su presencia fue fundamental en cada etapa de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Me reconozco a mí misma por la decisión, disciplina y fortaleza demostradas para alcanzar esta meta, encaminada por los valores heredados de mi entorno familiar, académico y social.

A mis padres, por haberme legado, desde los inicios de mi formación, ideales fundamentales como la responsabilidad, la perseverancia, el respeto y la integridad. Su amor incondicional y confianza plena han sido los pilares que me permitieron avanzar con seguridad a lo largo de este proceso académico.

A mi esposo, por su acompañamiento continuo, su comprensión en los momentos de mayor exigencia, y por convertirse en un apoyo emocional invaluable durante todas las etapas de esta investigación.

A mi suegra, mis hermanos y a mi cuñada, por su apoyo altruista y por el aliento brindado en cada momento significativo de este camino académico.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí experiencias académicas y personales que contribuyeron significativamente a mi desarrollo integral.

Finalmente, deseo reconocer la compañía silenciosa de mis mascotas, cuyo afecto y presencia durante largas jornadas de estudio contribuyeron positivamente a mi bienestar emocional durante este exigente proceso.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE GENERAL.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	11
ABSTRAC (Resumen traducido en inglés).....	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Formulación del problema.....	14
1.3 Justificación	14
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivo General.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA	16
2.1 Antecedentes.....	16
2.2 Marco teórico.....	21
2.3 Definición de Términos.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Ubicación (mapa)	41
3.2 Materiales e insumos	41
3.3 Metodología	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
V. CONCLUSIONES	63
VI. RECOMENDACIONES.....	64
CAPÍTULO VI	65
BIBLIOGRAFÍA	65
CAPITULO VII	71
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles decodificados de las variables. -----	18
Tabla 2 Valores medios y desviación estándar de D_{we} y D_{sse} para cada experimento.-----	21
Tabla 3 Efecto de temperatura en el tomate Cherry. -----	23
Tabla 4 Temperatura en etapa de crecimiento del tomate Cherry. -----	23
Tabla 5 Valores nutricionales del tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i>) var. cerasiforme en 100 gramos. -----	26
Tabla 6 Componentes de la miel de abeja.-----	28
Tabla 7 Factores y niveles del diseño experimental. -----	43
Tabla 8 Tratamientos desarrollados en la investigación. -----	44
Tabla 9 Análisis de Varianza para Pérdida de peso (PP%) -----	51
Tabla 10 Análisis del Valor optimo según los factores (PP%)-----	53
Tabla 11 Análisis de Varianza para Pérdida de Agua (PA%) -----	54
Tabla 12 Análisis del Valor optimo según los factores (PA%) -----	55
Tabla 13 Análisis de Varianza para Ganancia de Sólidos (GS%) -----	56
Tabla 14 Análisis del Valor optimo según los factores (GS%) -----	58
Tabla 15 Análisis de Varianza para Coeficiente de difusividad -----	59
Tabla 16 Análisis del Valor optimo según los factores (difusividad)-----	61
Tabla 17 Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 1-----	71
Tabla 18 Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 2-----	71
Tabla 19 Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3-----	72
Tabla 20 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 1 -----	72
Tabla 21 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 2 -----	73
Tabla 22 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3 -----	73
Tabla 23 Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 1-----	73
Tabla 24 Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de	

concentración del día 2-----	74
Tabla 25 Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3-----	74
Tabla 26 Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3-----	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pérdida de agua a diferentes temperaturas durante la deshidratación osmótica. ----	17
Figura 2 Ubicación geográfica de las instalaciones donde se realizará la investigación -----	41
Figura 3 Diseño experimental-----	43
Figura 4 Flujograma de obtención de las mitades de tomate Cherry -----	44
Figura 5 Flujograma de preparación de la solución de miel de abeja-----	46
Figura 6 Flujograma de la deshidratación osmótica del tomate Cherry -----	48
Figura 7 Efectos principales para la Cinética de Deshidratación (PP%)-----	51
Figura 8 Efectos principales para la Pérdida de Agua (PA%) -----	54
Figura 9 Efectos principales para la ganancia de sólidos (GS%)-----	56
Figura 10 Efectos principales para coeficiente de difusividad -----	59
Figura 11 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 30 °C del día 1.-----	76
Figura 12 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 30 °C del día 2.-----	76
Figura 13 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 30 °C del día 3.-----	77
Figura 14 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.-----	77
Figura 15 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.-----	78
Figura 16 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 40 °C del día 3.-----	78
Figura 17 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 1.-----	79
Figura 18 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 1.-----	79

Figura 19 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.	80
Figura 20 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.	80
Figura 21 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.	81
Figura 22 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 30 °C del día 3.	81
Figura 23 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.	82
Figura 24 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 40 °C del día 2.	82
Figura 25 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 40 °C del día 3.	83
Figura 26 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 1.	83
Figura 27 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 2.	84
Figura 28 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.	84
Figura 29 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.	85
Figura 30 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 30 °C del día 2.	85
Figura 31 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 30 °C del día 3.	86
Figura 32 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.	86
Figura 33 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 40 °C del día 2.	87
Figura 34 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 40 °C del día 3.	87
Figura 35 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de	

concentración y 50 °C del día 1.-----	88
Figura 36 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 50 °C del día 2 -----	88
Figura 37 Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.-----	89
Figura 38 Actividad de agua en el tomate Cherry durante los 3 días -----	89
Figura 39 Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 1.-----	90
Figura 40 Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 2.-----	90
Figura 41 Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 3.-----	91
Figura 42 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 1.-----	91
Figura 43 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 2.-----	92
Figura 44 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 3.-----	92
Figura 45 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 1.-----	93
Figura 46 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 2.-----	93
Figura 47 Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 3.-----	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en predecir el comportamiento osmótico del tomate Cherry a través de modelos matemáticos. Se realizó una deshidratación osmótica la cual consistió en sumergir mitades de tomate Cherry en una solución hipertónica (miel de abeja) durante 12 horas, donde el agua que va desde el tomate hacia la solución genera la reducción en la actividad de agua. Para la etapa de deshidratación osmótica, los tratamientos se analizaron bajo un diseño factorial mixto de 3x3, con tres niveles de temperatura (30, 40 y 50°C) y tres niveles de concentración de miel (40, 50 y 60 °Brix) todo esto por triplicado. Las variables dependientes fueron la cinética de deshidratación osmótica y el coeficiente de difusividad y las variables independientes fueron la temperatura y la concentración de solutos, estas variables nos ayudarán a determinar la influencia sobre la cinética de deshidratación osmótica y el coeficiente de difusividad. La solución osmótica de miel de abeja a 60 °Brix y una temperatura de 50 °C fueron los factores que se consideraron para determinar la mejor combinación de tratamiento, aquellos que permitieron remover la mayor cantidad de agua libre en el tomate Cherry y también una mayor ganancia de sólidos solubles. Las variables se evaluaron mediante tablas ANOVA, el empleo de la deshidratación osmótica directa nos ayudó a obtener el producto sin alteración en su forma y su textura.

Palabras claves: Deshidratación Osmótica, Tomate Cherry, Cinética de deshidratación osmótica, Coeficiente de difusividad, Temperatura, Concentración de solutos.

ABSTRAC (Resumen traducido en inglés)

The present research work consisted of predicting the osmotic behavior of cherry tomato through mathematical models. An osmotic dehydration was performed, which consisted of immersing Cherry tomato halves in a hypertonic solution (bee honey) for 12 hours, where the water flowing from the tomato into the solution generates the reduction in water activity. For the osmotic dehydration stage, treatments were analyzed under a 3x3 mixed factorial design, with three levels of temperature (30, 40 and 50°C) and three levels of honey concentration (40, 50 and 60 °Brix) in triplicate.

The dependent variables were the osmotic dehydration kinetics and the diffusivity coefficient and the independent variables were temperature and solute concentration, these variables will help us to determine the influence on the osmotic dehydration kinetics and the diffusivity coefficient. The osmotic solution of bee honey at 60 °Brix and a temperature of 50 °C were the factors considered to determine the best combination of treatment, those that allowed the removal of the greatest amount of free water in the cherry tomato and also a greater gain of soluble solids. The variables were evaluated by ANOVA tables, the use of direct osmotic dehydration helped us to obtain the product without alteration in its shape and texture.

Key words: Osmotic dehydration, Cherry tomato, osmotic dehydration kinetics, diffusivity coefficient, temperature, solute concentration.

I. INTRODUCCIÓN

Durante años la ingeniería alimentaria ha enfrentado el desafío de dilatar la vida útil de una gran variedad de frutas y vegetales, es por ello que en esta investigación se realizó la deshidratación osmótica del tomate Cherry, utilizando diferentes concentraciones de soluto o jarabe (40 – 50 – 60 ° Brix), así mismo, distintas temperaturas (30 – 40 – 50 °C) para evaluar la influencia que tienen en la cinética de deshidratación osmótica y coeficiente de difusividad del tomate Cherry.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la especie hortícola más cultivada a nivel mundial, además es considerada como la hortaliza de mayor importancia económica. Este hecho se deriva de los diversos tipos de frutos y de las variadas formas de consumo que ofrece (Marim et al., 2005).

La miel es un líquido viscoso y dulce, elaborado por las abejas a partir de néctar procedente fundamentalmente de las flores, el cual transporta las obreras a la colmena en su buche melarios y se almacena y madura en los panales constituyendo una reserva de alimentos (Root, 2003). Su composición depende de factores como: la especie de abejas, el estado fisiológico de la colonia, la flora visitada, naturaleza del suelo, condiciones climáticas y edafológicas del lugar donde se produce (Zegarra, 2006).

La deshidratación osmótica es una operación que permite eliminar el agua de un alimento al ponerlo en contacto directo con una disolución altamente concentrada (Molano et al., 1996) (Panadés et al., 1996). El proceso tiene lugar debido a que el agua del producto (disolución más diluida) se difunde a través de las membranas celulares que son semipermeables, hacia el medio que le rodea (disolución más concentrada) con el fin de establecer el equilibrio. La cinética describe la modificación de la humedad y también la evaporación de un material durante el proceso de deshidratación (Panadés et al., 1996). Difusividad, es la constante de proporción que aparece en la Segunda Ley de Fick (Bird et al.,

2006). Este término describe el movimiento molecular a través de un fluido por medio de movimientos individuales y aleatorios.

1.1 Descripción del problema

El tomate Cherry es una fruta con alto valor comercial, su consumo se debe a su utilización en forma variada. Además, de sus notables cualidades organolépticas, su alto valor nutricional y su contenido de licopeno y vitamina C; sin embargo, por su alto contenido de humedad es propenso a aparición de hongos y enfermedades, para ello las condiciones ideales para alargar su vida útil hasta por 10 días son: temperatura de 7-15 °C, humedad relativa de 95%. (Arroyo Uriarte, 2018)

En Cajamarca el cultivo del tomate Cherry es reciente en un invernadero ubicado en el caserío Hornuyoc en la provincia de Cajamarca y no se han realizado investigaciones sobre este producto. Sabiendo que el tomate Cherry tiene un gran contenido de nutrientes y beneficios para la salud, y con un cultivo ecológico en dicho invernadero, pero que además tiene un alto contenido de agua lo que lo hace altamente perecible en corto periodo de tiempo, es primordial realizar investigaciones sobre este producto a fin de brindar alternativas para su tratamiento tecnológico, disponer del producto por un mayor tiempo y aprovechar sus beneficios, por lo que se decidió realizar la deshidratación osmótica para alargar su vida útil, utilizando bajas temperaturas para conservar la mayor cantidad de sus propiedades por ser un producto delicado y se utilizó además un soluto natural como es el caso de la miel de abeja.

1.2 Formulación del problema

¿La temperatura y la concentración de miel de abeja influyen sobre la cinética de deshidratación osmótica y el coeficiente de difusividad del tomate Cherry?

1.3 Justificación

El tomate Cherry es un producto rico en nutrientes, es de consumo práctico debido a su tamaño y las preparaciones donde se pueden incluir son numerosas, por lo tanto, es importante conocer

más alternativas de conservación además de la baja temperatura, ya que esto nos permitirá reducir costos, mayores ingresos a los productores y a los mismos consumidores, mayor aprovechamiento de sus nutrientes, etc., y al no contarse con investigaciones sobre la deshidratación osmótica de este producto que además es cultivado en la misma provincia de Cajamarca con este trabajo se logrará contribuir al avance y desarrollo tecnológico en su tratamiento postcosecha.

Otro punto importante es el tipo de soluto utilizado, generalmente se utilizan productos como el azúcar rubia o blanca para la deshidratación osmótica, en este caso se utilizará un producto natural como es la miel de abeja, lo que permitirá también conocer las propiedades deshidratadoras de este producto y realizar una comparación con otro tipo de solutos por lo que se recomienda complementar esta investigación con evaluación fisicoquímica, sensorial y microbiológica del tomate Cherry deshidratado con este producto natural.

Además, la deshidratación osmótica es una tecnología que se justifica por su capacidad para preservar alimentos, especialmente frutas y verduras, reduciendo su contenido de humedad de forma parcial, lo que ayuda a extender su vida útil y a conservar sus características nutricionales y sensoriales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la influencia de la temperatura y la concentración de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación osmótica y el coeficiente de difusividad del tomate Cherry.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la temperatura y concentración de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación del tomate Cherry.

- Determinar el efecto de la temperatura y concentración de miel de abeja sobre el coeficiente de difusividad del tomate Cherry.

1.5 Hipótesis

La variación de temperatura y concentración de miel de abeja afecta significativamente a la cinética de deshidratación osmótica y coeficiente de difusividad del tomate Cherry.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Concentración de los Solutos en las Soluciones Osmóticas

Según Meneses (2018) quien realizó la deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas, trabajó con frutos de zapallo anquito buscando obtener trozos con humedad menor del 5%. Emplearon el método de osmosis directa y las mejores condiciones de proceso se obtuvieron con jarabes de sacarosa a 50 °C y 50 ° Brix. Así mismo se trabajó en una inmersión de jarabe de sacarosa de 70° Brix y melaza de 70 ° Brix durante 96 horas a temperatura ambiente como medios osmodeshidratantes a temperatura ambiente y a 37 °C y se observó la pérdida de peso en la deshidratación con agitación a 37 °C es mayor en la melaza que en el jarabe invertido en cambio a 70 ° Brix hubo una mayor pérdida de peso durante las 12 primeras horas. Teniendo esto en cuenta y trabajando a las mismas concentraciones de jarabe (40-50-60 ° Brix) podemos tomar en consideración cual es la mejor para los resultados de nuestro trabajo.

Temperatura de la Solución Osmótica

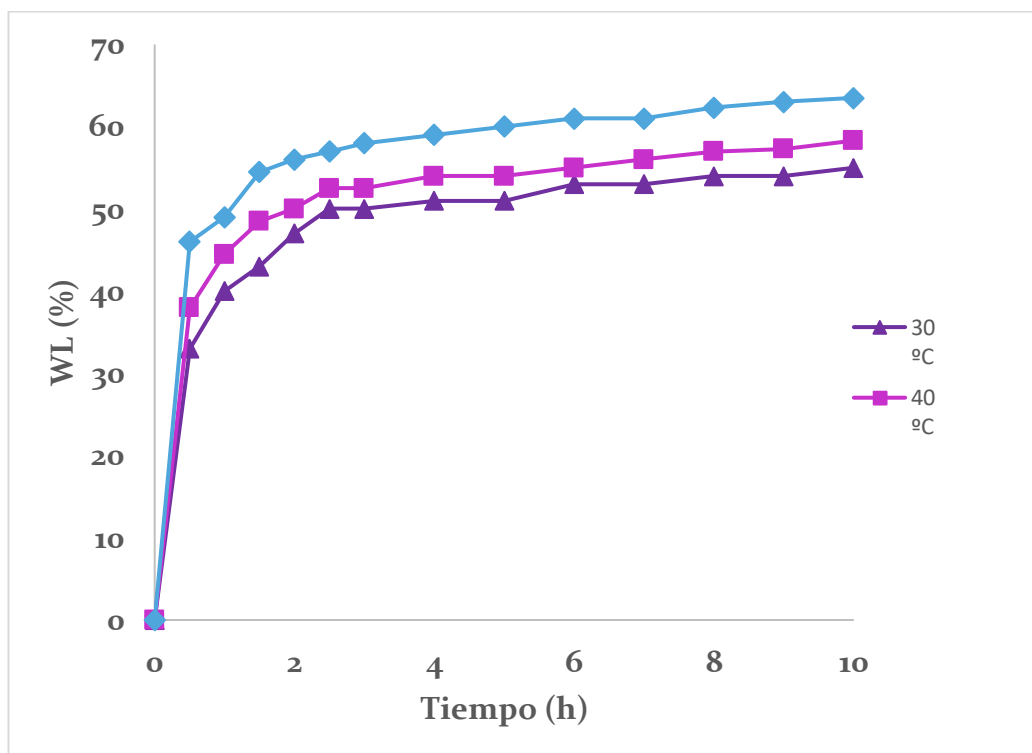
Según García et al. (2013) quien realizó el análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa), trabajó con 60 °C por 6 horas y como solución osmótica utilizó un jarabe de azúcar de 50 °Brix con una relación de piña: almíbar (1:3) hasta 4 horas. Luego se enjuagaron en agua a 70°C por 3 segundos para remover el exceso de jarabe y se pasan por un recipiente con jarabe a 50°Brix con bisulfito de sodio (1:1), por 15 minutos, en esta investigación se

trabajará con tres temperaturas de 30, 40 y 50 °C, para así ver la con respecto a las temperaturas usadas en el estudio mencionado.

Según Reynaldo (2014), quien estudió el efecto de la temperatura sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa (*Solanum tuberosum* L.)” trabajó con 30 °C, 40 °C y 50 °C. Se empleó una proporción masa/solución de 1:4 y un nivel de agitación de 120 ± 5 rpm por un tiempo de 10 horas con intervalos de tiempo: 0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420 y 480 min. En las primeras horas se observó una notable velocidad de pérdida, particularmente a 40 °C y 50 °C. Esta velocidad se redujo a partir de la 2 a 3 h de proceso y la pérdida de peso siguió una cinética similar a la pérdida de agua, aumentando con el tiempo y siendo mayor con el incremento de la temperatura, tendiendo al equilibrio a partir de la 2 h de proceso, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Pérdida de agua a diferentes temperaturas durante la deshidratación osmótica.



Nota. La figura muestra la pérdida de agua a diferentes temperaturas durante la deshidratación osmótica. Fuente: Reynaldo (2014).

Siendo así y al trabajar con las temperaturas de 30, 40 y 50 °C, la mayor pérdida observada sería a la temperatura de 50 °C por ende lo más recomendable es trabajar con una baja temperatura que sería 30 y 40°C.

Según Vega Gálvez (2007) en su estudio de deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea Pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia, trabajó con un diseño experimental basado en un diseño factorial nk, donde n es el número de niveles y k es el número de factores, donde la temperatura y la concentración fueron los dos factores a estudiar ($k = 2$), cada uno con tres niveles ($n = 3$), por lo tanto, se requirieron de 9 experimentos. La Tabla 1 muestra los niveles decodificados de las variables que se utilizaron en el diseño experimental.

Tabla 1

Niveles decodificados de las variables.

Niveles decodificados		
Niveles codificados	Concentración de la solución (%)	Temperatura de la solución (°C)
-1	40	30
0	50	40
+1	60	50

Nota. Datos tomados de Vega Gálvez (2007).

Al aumentar la temperatura se espera observar un aumento en las concentraciones de solidos en el producto final y esto nos ayuda a saber con cual temperatura podemos obtener una mejor concentración de solidos en el producto deshidratado.

Según Meneses (2018) en su estudio realizado de deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas, realizó un estudio del efecto de la temperatura (25 °C; 35 °C y 45 °C) sobre la cinética de pérdida de agua durante la deshidratación osmótica de manzana, en jarabe de sacarosa a 70 °Brix y aplicando el método de Fick para el ajuste de sus resultados encontró que, los coeficientes de difusión del agua en manzanas variaron según la temperatura entre

$3,07 \cdot 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}$ y $5,41 \cdot 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}$ y fueron relacionados con la temperatura mediante la ecuación de Arrhenius.

En esta investigación se aplicará también la ecuación de Arrhenius para determinar la cinética de deshidratación del tomate Cherry, pero a diferentes temperaturas, de esta manera se podrá cotejar los resultados obtenidos.

Cinética de Deshidratación Osmótica

Según Ferrari et al. (2009) en su trabajo de modelado de la transferencia de masa durante el proceso de deshidratación osmótica de peras con soluciones de sacarosa y sorbitol, menciona que el aumento de la concentración de la solución osmótica favoreció la pérdida de agua en el producto por el mayor gradiente de presión osmótica en la interfase producto/solución, proporcionando una mayor tasa de transferencia de masa, afirmando que mayores tasas de pérdida de agua son obtenidas con la combinación de alta temperatura y concentración de la solución hipertónica; así mismo, con relación a la ganancia de sólidos obtiene una disminución de la incorporación de solutos con el aumento de la concentración de azúcar. Además de eso, el aumento de la viscosidad de la solución a 60°Brix representa una barrera para la transferencia de masa de la solución a la fruta, el autor comprobó una mayor pérdida de agua y una mayor ganancia de azúcares a lo largo del proceso osmótico

En esta investigación se observará cómo reacciona la cinética con las fórmulas propuestas de ganancia de sólidos, pérdida de peso y pérdida de agua.

Según Arias et al. (2017) en su estudio de cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura, estudió la cinética de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de mango y utilizó una relación jarabe/fruta de 3/1 durante 6 h de proceso comparando tres modelos matemáticos para representar la cinética de pérdida de agua y ganancia de sólidos a diferentes temperaturas (20, 35 y 50 °C) y concentraciones de sacarosa (45 - 60 °Brix). Se

ajustó el modelo empírico de Azuara y los resultados indicaron que el modelo de Peleg ajustó mejor que el modelo empírico de Azuara y que el modelo fenomenológico derivado de la ley de Fick. Adicionalmente se hizo un ajuste tipo Arrhenius para los coeficientes de difusión efectiva a 60 °Brix, en función de la temperatura.

Siendo así la transferencia de agua y solidos solubles se respalda por el aumento en la concentración de jarabe y la temperatura, y en la investigación se pueden utilizar diferentes modelos matemáticos para el cálculo de cinética de deshidratación.

Coeficiente de difusividad

Según Ferrari et al. (2009) en su trabajo de modelado de la transferencia de masa durante el proceso de deshidratación osmótica de peras con soluciones de sacarosa y sorbitol, menciona que los coeficientes efectivos de difusión para el agua fueron mayores en las muestras deshidratadas con sacarosa, además los coeficientes de difusión de sólidos son mayores en el caso de las soluciones con sacarosa.

En la investigación al trabajarse con un soluto natural que es la miel de abeja, viendo el cambio producido en el coeficiente de difusión tanto del agua como de los sólidos.

Según Vega Gálvez (2007) en su estudio de deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea Pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia, calculó los valores de difusividad efectiva (D_e) de agua y de sólidos aplicando las ecuaciones difusionales integrando la segunda ley de Fick y para el cálculo de la difusividad (D_e) lo hizo con las siguientes ecuaciones:

$$\ln Y = \ln \frac{8}{\pi^2} - \left(\frac{D_e \pi^2}{4L^2} \right)$$

$$D_e = D_0 \cdot \exp \left(- \frac{E_a}{R \cdot T} \right)$$

$$\ln D_e = \ln D_0 - \left(\frac{E_a}{R \cdot T} \right)$$

En su trabajo también menciona que las temperaturas a trabajar son 30, 40 y 50 °C y con concentraciones de 40, 50 y 60% y la Tabla 2 muestra los valores de difusividad efectiva de agua (D_{we}) y de sólidos solubles (D_{sse}) obtenidos para las diferentes temperaturas y concentraciones de trabajo.

Tabla 2

Valores medios y desviación estándar de D_{we} y D_{sse} para cada experimento.

Experimento	$D_{we} \cdot 10^{-10} (m^2 \cdot s^{-1})$	$D_{sse} \cdot 10^{-10} (m^2 \cdot s^{-1})$
1	$9,53 \pm 0,63$	$6,55 \pm 0,66$
2	$18,19 \pm 4,44$	$9,88 \pm 1,93$
3	$40,43 \pm 2,22$	$15,80 \pm 2,08$
4	$12,07 \pm 0,22$	$6,42 \pm 0,20$
5	$19,56 \pm 2,15$	$9,81 \pm 1,92$
6	$32,87 \pm 5,40$	$18,58 \pm 2,68$
7	$11,85 \pm 0,33$	$5,54 \pm 0,26$
8	$21,37 \pm 0,25$	$10,70 \pm 0,39$
9	$31,28 \pm 2,31$	$19,32 \pm 1,70$

Nota. Datos tomados de Vega Gálvez (2007).

Teniendo todos los valores sabemos que las dos difusividades son dependientes de la concentración de la solución osmótica, esto es, los valores de difusividad de agua y difusividad de sólidos aumentan a medida que aumenta la concentración, y en esta investigación se trabajará con las mismas concentraciones, pero de un soluto natural que es la miel de abeja, y así determinar los cambios en la difusividad.

2.2 Marco teórico.

2.2.1 Tomate Cherry.

Es un fruto de la familia de las solanáceas, originándose en el continente sudamericano, específicamente de Perú. La palabra tomate emana del azteca tomate, la primera civilización que manejó el tomate en sus cultivos (Sañudo Torres, 2013).

2.2.1.1 Características fisicoquímicas del tomate Cherry.

El tomate Cherry es una baya pulposa, dividida interiormente en 2 lóculos; presenta

una variación de tamaño desde 0.5 hasta 6 pulgadas de diámetro. La superficie es lisa o lobulada, y brillante al madurar. La fruta joven presenta superficialmente una leve vellosidad que desaparece al crecer. Su forma usualmente es globosa u oblada, pero existen las de forma casi cuadrada, alargada, ovalada, piriforme o variantes de las formas antes mencionadas (Fornaris, 2007).

2.2.1.2 Características organolépticas del tomate Cherry.

- **Color:** rojo anaranjado en su punto óptimo de recolección, pasando a rojo intenso en la maduración.
- **Apariencia:** fruto con forma redonda de unos 18-35 mm de diámetro, con piel fina de superficie lisa, de pared intermedia con carne densa, y con cavidad seminal compacta y mucilaginoso.
- **Aroma:** intenso, característico de la variedad.
- **Sabor:** intenso, dulce y ligeramente ácido, con valores °Brix entre 6 - 8 en frutos maduros. (Choice, 2012)

2.2.1.3 Variedades de tomate Cherry.

- **Tomate Cherry Pera:** Sabor dulce y textura agradable, es uno de los más estimados.
- **Tomate Cherry redondo:** Grandes, firmes y agradables al gusto.
- **Tomate Cherry Gardenberry:** Rojo con forma de corazón, agradable al gusto y olor.
- **Tomate Yellow Pear Cherry:** Forma de pera o bombilla de color amarillo, de sabor dulce y textura crujiente.
- **Tomate Zebra Cherry:** Tiene rayas negras sobre la piel marrón, de gran sabor y pulpa de color oscuro.
- **Tomate Zebra Pear Cherry:** Alargada, tiene líneas negras encima de la piel **marrón**, de gran sabor y pulpa de color oscuro.
- **Tomate Black Cherry:** Color rojo muy oscuro, con buen sabor y textura.

(Fresana, 2018)

2.2.1.4 Factores edafoclimáticos de tomate Cherry

i. Clima

Se desarrollan mejor en climas secos a temperaturas moderadas, el cultivo exterior se realiza en climas cálidos, ya que los tomates son una semilla de estación cálida y la temperatura óptima va entre los 18 y los 30 °C para su crecimiento, temperaturas inferiores a 10 °C afectan la floración.

Por debajo de 10 °C, el crecimiento de plantas y frutos se vuelve más difícil y provoca malformaciones, las plantas se congelan a 2 °C y dejan de crecer a los 10-12 °C (Herrera, 2015)

Estos efectos de la temperatura en el tomate Cherry son explicados más a detalle en las tablas 3 y 4.

Tabla 3

Efecto de temperatura en el tomate Cherry.

Temperatura	Efecto que ocasiona en la planta
Mínima 8-12 °C	“El proceso de toma de nutrientes y desarrollo logran una intensidad mínima o se paralizan, si la temperatura mínima se alarga por muchos días la planta llega a debilitarse y si suceden temperaturas por debajo de este nivel, la planta sufre una creciente decadencia o muerte”.
Óptima 21-27 °C	“El proceso bioquímico se desarrolla normalmente; el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación son apropiadas”.
Máxima 32-36 °C	“Los procesos bioquímicos y la toma de nutrientes están al máximo, son enormes y agotadores para la planta, se muestran desórdenes fisiológicos y se suspende la floración, cuando estas temperaturas se alargan ocurre la muerte de la planta”.

Nota. Datos tomados de Jaramillo Noreña (2006).

Tabla 4

Temperatura en etapa de crecimiento del tomate Cherry.

Etapas de crecimiento	T. mínima	T. óptima	T. máxima
Germinación	11 °C	16 – 29 °C	34 °C
Crecimiento	18 °C	21 – 24 °C	32 °C
Cuajado de frutos en el transcurso del día	18 °C	23 – 26 °C	32 °C

Cuajado de frutos en el transcurso de la noche	10 °C	14 – 17 °C	22 °C
Producción de pigmento rojo (licopeno)	10 °C	20 – 24 °C	30 °C
Producción de pigmento amarillo (β caroteno)	10 °C	21 – 23 °C	40 °C
Temperatura del suelo	12 °C	20 – 24 °C	25 °C

Nota. Datos tomados de Jones (2007).

ii. Humedad

El contenido de humedad es la cantidad de agua presente en el tomate Cherry, expresada como porcentaje del peso total.

Para el crecimiento del tomate Cherry oscila entre 60 a 80%, las humedades muy altas aumentan el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas (Martínez, 2007)

iii. Luminosidad

El tomate Cherry exige al menos seis horas diarias de luz directa para florecer, estos valores al disminuir pueden afectar de forma negativa sobre este proceso y la fecundación (IGAC, 2022)

iv. Precipitación

El criterio de clasificación climática por precipitación se da en desértico (cantidad anual de precipitación inferior a 250 mm), árido (cantidad anual de precipitación entre 250 y 500 mm), moderadamente lluvioso (cantidad anual de precipitación entre 500 y 2000 mm) y excesivamente lluvioso (cantidad anual de precipitación superior a 2000 mm).

Tomando todo lo anterior en cuenta el tomate exige una precipitación de 600–1200 mm/año, siendo así moderadamente lluvioso. (FAO, 2022)

v. Suelo

El cultivo de tomate Cherry es poco exigente a las condiciones de suelo, pero debe tener un buen drenaje, de aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos, se desarrolla con mínimo 40 cm de profundidad, en cuanto al pH del suelo, el óptimo va entre 6 y 6,5 para que la planta prospere y disponga de nutrientes

debidamente, es viable hallar cultivos de tomate establecidos en suelos que presentan pH 8 (López Perez, 2019).

vi. Agua

El tomate requiere estar bien **suministrado** de agua a lo largo del ciclo de cultivo. Por ello, el suelo debe poseer buena capacidad de retención de agua (Rodriguez, 1997).

2.2.1.7. Principales características del tomate Cherry.

- **Alto contenido de antioxidantes:** Es un fruto con un alto contenido de antioxidantes como la vitamina C; que se halla en mayor concentración en la sustancia gelatinosa que rodea los **tomates** Cherry, así mismo evita el deterioro de los radicales libres.
- **Idóneo para diabéticos tipo 2:** Debido a su bajo índice glucémico, los tomates Cherry son frutos permitidos en una dieta para diabéticos tipo 2.
- **Alto contenido de licopeno:** Son los que le dan el color rojo característico, son un tipo de carotenos con propiedades antioxidantes, influyentes en los efectos de la comunicación **hormonal**, el sistema inmune y mejorar los procesos metabólicos.
- **Mejora el sistema cardiovascular:** Aparentemente existe una acción sinérgica antiinflamatoria del licopeno y grasas saludables.
- **Reducen la probabilidad de tener Alzheimer:** Las concentraciones de Zeaxantina y Luteína son altas, la incorporación de estas 2 moléculas se relaciona con una menor probabilidad de Alzheimer y otras enfermedades degenerativas.
- **Mejora la salud de la piel:** Consumir tomate Cherry de forma regular mejora la salud de la piel. Comer 40 gramos de tomate Cherry aporta 16 mg de licopenos. Esto es equivalente a prevenir el efecto de ocho semanas de exposición a los rayos ultravioletas.
- **Aporte de fibra vegetal:** Contribuye 1 gr de fibra vegetal por 100 gr de producto, los alimentos con **fibra** son fundamentales para ayudar el proceso de digestión y mejorar la absorción de nutrientes.

(Hernández, 2011)

Los valores nutricionales en 100 g del tomate Cherry se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

Valores nutricionales del tomate Cherry (Solanum lycopersicum) var. cerasiforme en 100 gramos.

Constituyente	Valor
Agua	95.5 %
Calorías	18 kcal
Proteínas	0.9 gr
Grasas totales	0.2 gr
Carbohidratos	3.9 gr
Fibras totales	1.2 gr
Azúcares totales	2.6 gr
Calcio (Ca)	10 mg
Hierro (Fe)	0.3 mg
Magnesio (Mg)	11 mg
Fosforo (P)	24 mg
Potasio (K)	237 mg
Sodio (Na)	5 mg
Zinc	0.2 mg
Vitamina C	14 mg
Tiamina	0.04 mg
Riboflavina	0.02 mg
Niacina	0.6 mg
Vitamina B₆	0.08 mg
Folato	15 µg
Vitamina B₁₂	0.04 mg
Vitamina A	42 µg
Vitamina E	0.5 mg
Vitamina D	0 µg
Vitamina K	7.9 µg
Colesterol	0 mg

Nota. Datos tomados de USDA (1991).

2.2.2. Miel de abeja

Producto alimenticio producido por las abejas melíferas a partir del néctar de las flores o de las secreciones procedentes de partes vivas de las plantas o de excreciones de insectos

succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de plantas, que las abejas recogen, transforman, combinan con sustancias específicas propias, almacenan y dejan madurar en los panales de la colmena (Bradbear, 2005).

2.2.2.1. Procesos de miel de abeja

- **Extracción por centrifugación del panal.** Consiste en exprimir el panal generalmente en caliente, así se obtiene mayor cantidad de miel, pero se destruyen las sustancias de acción antiséptica y antibiótica por efecto del calor.
- **Filtrado.** Para eliminar los restos de cera.
- **Choque térmico.** La miel procesada industrialmente se calienta alrededor de 65 - 75 °C para que sea más fluida y que no haya cristalización, perdiendo parte de sus propiedades. La lisis osmótica permite la prolongación **conservación** de los dulces y de las frutas en almíbar, donde el alto contenido en azúcar disminuye el **contenido** de agua.

(Bradbear, 2005)

2.2.2.2. Tipos de miel de abeja

- **Miel de panal:** miel situada por las abejas en panales de reciente construcción, sin larvas y comercializada en panales enteros operculados o en secciones de los mismos.
- **Miel centrifugada:** miel obtenida por centrifugación de los panales desorperculados y sin larvas.
- **Miel prensada:** miel obtenida por compresión de los panales sin larvas.

(Mendizabal, 2005)

2.2.2.3. Características químicas de la miel de abeja

La miel de abeja está compuesta especialmente por glucosa y fructosa. De esta forma, al mezclar el azúcar en un vaso con agua, una parte del azúcar quedará en el fondo del vaso. Eso se debe a que el agua solo podrá disolver una cierta cantidad, pero, si el agua está caliente se disuelve mayor cantidad de azúcar.

La composición de una muestra de miel va a depender principalmente de dos factores:

- a) **Composición del néctar o néctares:** dependen de la especie o conglomerado de especies de plantas que producen el néctar.
- b) **Factores externos;** tipo y química del suelo, clima, manejo apícola y manejo de la miel una vez cosechada por el apicultor.

Es muy difícil hablar de una muestra promedio de miel ya que las variaciones encontradas a través del mundo son amplias, dado por las diferencias en número y especies apibotánicas, tipos de suelos, subsuelos, áreas geográficas y climas. Los componentes de la miel de abeja se presentan en la tabla 6.

Tabla 6
Componentes de la miel de abeja.

Componente	Cantidad
Azúcar invertido	75 %
• Levulosa	41 %
• Glucosa	34 %
Sacarosa	1.9 %
Cenizas	0.18 %
Humedad	17 %
Dextrina	1.8 %
Proteína	0.3 %
Ácido	0.1 %

Nota. Datos tomados de Grandjean (2002).

2.2.2.4. Características físicas de la miel de abeja

- **Conductividad eléctrica.** Capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica, en las medidas en soluciones acuosas, el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto **mayor** sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La capacidad de transmitir la electricidad puede variar de 1 a 15 veces entre una miel y otra (Prost, 2007)
- **Densidad.** Es la magnitud que refleja el vínculo que existe entre la masa de un cuerpo y

su volumen. Normalmente a 20 °C, la densidad está entre 1,41 y 1,43 kg/dm³. El porcentaje de **humedad** influye en la densidad, pudiendo tomar valores entre 1,3384 y 1,5015 kg/dm³ (Prost, 2007)

- **Cristalización de la miel.** Recién extraída, la miel es líquida; pero debido a la evaporación de la humedad que contiene, se cristaliza en forma natural. Las mieles con mayor contenido de glucosa se solidificarán rápidamente (Pardo, 2005)
- **Viscosidad:** Factores que disminuyen la viscosidad (o aumentan la fluidez) en orden de importancia:
 - ◇ Con el aumento de la temperatura, llegando al máximo a 38 °C, es poco el incremento de la fluidez.
 - ◇ Con el porcentaje de agua de la miel, se nota más fluida cuando la humedad en la miel pasa del 18 al 19 % de agua.
 - ◇ Cuanto menor es la cantidad de dextrinas.
 - ◇ Cuando aumenta la relación levulosa/dextrosa.

(Fernández, 2011)
- **Hidroscopicidad:** El factor que más **incrementa** la hidroscopia de la miel es la levulosa (Prost, 2007)
- **Calor específico:** La miel necesita la mitad de calorías que el mismo peso de agua para subir 1 °C su temperatura (Prost, 2007)
- **Conductividad térmica:** La capacidad de transmitir la temperatura es muy baja, siendo así, la miel puede estar caliente en un punto, y frío en un entorno cercano (Prost, 2007)
- **La cristalización.** La miel tiende a solidificarse durante su almacenamiento, coexistiendo en esa **masa**: los sólidos no disueltos en estado de cristales.

La cristalización se genera a partir de cualquier cristal o partícula que se encuentre en su interior, de alguno de estos dos modos:

- ◇ **Cristalización lenta:** genera granos gruesos no uniformes y se presentan en una masa compacta y arenosa, como granos de azúcar.
- ◇ **Cristalización rápida:** produce cristales de grano uniforme y fino que se presentan en una masa homogénea y pastosa. Son los cristales más apreciados por los consumidores. Comúnmente se los llama “**crema** de miel”.

La cristalización es considerada como una garantía de que la miel no está adulterada (Prost, 2007)

- **Humedad.** Si la miel contiene mucha humedad será propensa a fermentarse o acidificarse. Cuando algunas mieles se sacan pronto de la colmena o antes que las abejas hayan tenido tiempo de madurarla, puede contener hasta el 25% de humedad lo que las hace inservibles para el comercio. Aun teniendo de 20% a 21% de humedad la miel puede fermentar con facilidad (Mendizabal, 2005)
- **Deshidratación:** Es un método en el que se elimina agua basado en el gradiente de agua y actividad de solubilidad a través de la membrana semipermeable de una célula, además este proceso utiliza menos energía que un secado convectivo ya que la transferencia de jarabe de solución osmótica a través de la membrana celular requiere de dos a tres veces menos energía. (Sharma et al., 2003).

El objetivo principal de la deshidratación es reducir el contenido de agua en la medida en que se encuentre tan baja el agua libre para que sea inutilizable por los microorganismos o que participen en las reacciones. (Alvarado, 2013)

2.2.2.5. Métodos de secado:

- **Secado por aire caliente:** El alimento se expone a una corriente de aire caliente usa una tecnología sencilla y ampliamente utilizada, así mismo tiene un alto consumo de energía y potencial de daños al producto debido a altas temperaturas. (Mari et al., 2024).
- **Secado por contacto directo con una superficie caliente:** El calor se transporta al

producto especialmente por conducción (Brennan, 1998)

- Secado mediante el aporte de energía por fuente radiante, de microondas o dieléctrica.
- **Liofilización:** El agua de los alimentos se congela y se sublima, tiene una excelente conservación del sabor, textura y nutrientes y el contenido de humedad es muy bajo en el producto final. (Mari et al., 2024).

2.2.3. Agua en alimentos:

El agua es importante ya que contribuye a las propiedades organolépticas de los alimentos. Es fundamental en la vida útil de los alimentos, ya que determina el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y la actividad química y enzimática durante la conservación del alimento, que van a afectar a su calidad. Por ende, al eliminar el agua de los alimentos o reducirla, se puede extender la vida útil de los alimentos. (Cardona Serrate, 2017)

2.2.4. Contenido en agua.

El contenido de agua presente en un producto se expresa como peso húmedo (BH), es decir, la masa de agua por unidad de peso de producto húmedo, o como peso seco (BS), es decir la masa de agua por unidad de masa seca de extracto. El último método es el más utilizado en los cálculos del secado (Brennan, 1998)

2.2.5. Actividad de agua.

En el contenido en agua en los alimentos, es importante la cantidad de agua disponible para el crecimiento microbiano y la actividad química. Así mismo, una parte del contenido en agua de los alimentos depende de puntos determinados de los componentes sólidos y la cantidad faltante es menos dependiente, pero tampoco está disponible como disolvente para diversos solutos; la actividad de agua es expresada de la siguiente forma:

$$a_w = \frac{P_v}{P_w}$$

Donde:

a_w : actividad de agua

P_v : presión de vapor de agua ejercida por la disolución o el sólido húmedo

P_w : presión de agua pura a la misma temperatura

(Brennan, 1998)

2.2.6. Deshidratación osmótica:

Se trata de un método donde no se trata térmicamente que se utiliza para comprimir el contenido de agua de los productos alimenticios para prolongar su vida útil y preservar sus propiedades organolépticas, funcionales y nutricionales. Con este método la deshidratación parcial de los alimentos, enteros o fraccionados, se puede obtener mediante la inmersión en una solución acuosa concentrada en un soluto (solución hipertónica) que tiene una presión osmótica alta y actividad de agua baja (Alvarado, 2013)

El proceso de deshidratación osmótica con corta diferencia no afecta sobre el color, sabor, aroma y consistencia del alimento, previene la pérdida de la mayoría de nutrientes y no requiere un gran gasto energético porque se lleva a cabo a baja temperatura (normalmente cercana a la T° ambiente). En diversos casos, este método se utiliza en la industria como método de pretratamiento en operaciones rutinarias como congelación, liofilización, secado (microondas, convección, etc.), etc; para conseguir la estabilidad del producto manteniendo sus propiedades organolépticas. De igual manera, otra función del método es cambiar el contenido de ciertos ingredientes del alimento (Muñiz Becerá, 2019)

A lo largo de este proceso se presentan dos flujos en contracorriente: el desplazamiento de agua desde el alimento hacia la solución concentrada, y el movimiento de solutos desde la solución al alimento.

La deshidratación osmótica es más rápida que la deshidratación por aire, ya que la eliminación de agua ocurre sin cambio de estado, reduciendo cambios físicos y químicos y también se modifican las características sensoriales y nutricionales en el producto. Sin

embargo, la eliminación del agua está condicionada a la concentración de la solución hipertónica, por lo que solamente se consigue concentrar el alimento y normalmente debe aplicarse algún método de deshidratación después para obtener el nivel de humedad final requerido (Paltrinieri, 1997)

2.2.6.1. Mecanismo de la deshidratación osmótica.

Al sumergir un alimento sólido en una solución de solutos de elevada concentración, se crea un gradiente de presión osmótica entre el alimento y la solución osmótica. Las células del alimento actúan como membrana semipermeable que permiten la entrada de soluto y también la salida de agua del mismo (Zapata Montoya, 1999)

2.2.6.2. Factores que Afectan la deshidratación Osmótica.

Se ha determinado la existencia de varios factores que influyen en la deshidratación osmótica, los cuales están relacionados con las propias características de la fruta, del jarabe y de las situaciones que se pongan en contacto estos componentes de la mezcla.

- **Factores relacionados con la fruta.**

La permeabilidad y características estructurales de las paredes o membranas celulares (cantidad de superficie que se ponga en relación con el jarabe y la estructura de los jugos interiores de la pulpa) (Aguilar Osorio, 2011)

Los solutos no pueden ingresar a la célula debido al flujo transmembrana y permanecen en los espacios extracelulares. Alrededor del 70% de los solutos llegan al espacio extracelular, el 30% restante se deposita en el límite superior de la capa de soluto extracelular hasta formar una capa alrededor de la superficie exterior del alimento. En el espacio extracelular que queda libre, los solutos se difunden contra la corriente de agua provocada por el flujo transmembrana (Muñiz Becerá, 2019)

- **Factores relacionados con el jarabe.**

Dependiendo de la composición de los compuestos para preparar el jarabe van a ejercer

una diferente presión osmótica (expresa el número de moles de cloruro de sodio por litro para obtener una solución con la misma presión osmótica de la solución a estudiar).

La concentración del jarabe afecta directamente la cinética de deshidratación osmótica, ya que, al mantener una gran diferencia de concentraciones en ambos lados de la membrana, la presión osmótica aumenta aún más promoviendo el rápido movimiento de agua a través de la membrana en busca del equilibrio.

El peso molecular y el tamaño del compuesto que forma el jarabe influyen de la misma forma en el ingreso de este compuesto al fruto a través de la membrana en paralelo al drenaje de agua del fruto al jarabe. La ingesta de sólidos es aproximadamente del 3 al 10% del peso total de sólidos del fruto y ocurre con mayor rapidez durante los primeros minutos de inmersión (Aguilar Osorio, 2011)

- **Factores relacionados con el sistema fruta: jarabe.**

Son la temperatura y la agitación; al aumentar la temperatura produce cambios en la permeabilidad de la pared celular y en la fluidez del jarabe. Una mayor permeabilidad conduce a una mayor tasa de deshidratación debido a una mayor movilidad molecular y a una pérdida de selectividad de la membrana, lo que permite un mayor intercambio de agua desde la fruta, pero también más solutos o componentes del jarabe más intrusivos. Esto se ve facilitado por un contacto más estrecho del jarabe, que se vuelve más líquido bajo la influencia del calor (Aguilar Osorio, 2011)

2.2.7. Determinación de la temperatura de deshidratación osmótica.

La temperatura afecta notablemente la velocidad de la osmosis, el aumento de la temperatura acelerará la eliminación de agua y la penetración del agente osmótico hasta el fondo del tejido, aunque la cinética está influenciada por el tipo de agente utilizado. La deshidratación osmótica también se puede realizar a bajas temperaturas, especialmente para productos que requieren una mayor eliminación de agua y una baja permeabilidad de los

solutos (Colina Irezabal, 2009)

Temperaturas que están cerca a los 50 °C, favorece la absorción de sustancias solubles en los alimentos, evitando el deterioro de propiedades de los alimentos como sabor, color, textura y la descomposición de compuestos sensibles al calor en el material. También inhibe el pardeamiento enzimático y ayuda a mantener la viscosidad de la solución y la adecuada difusión del agua a lo largo del tiempo sin afectar la calidad de los alimentos (Khoualdia, 2018)

La dependencia de la difusividad másica (D_m) de la temperatura puede observarse en la ecuación:

$$D_{ef} = D_m \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right)$$

Donde:

D_{ef} = Difusividad másica efectiva (m^2/s)

D_m = Difusividad masica de referencia (m^2/s)

$-E_a$ = Energia de activación (J/mol)

R = Constante general de los gases = 8.314 J/mol K

T = Temperatura absoluta (K)

(Colina Irezabal, 2009)

2.2.8. Determinación de la cinética de deshidratación osmótica

La humedad en base seca se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$X = \frac{W - ms}{ms}$$

Donde:

X = Humedad en base seca (g agua/g ms)

W = Peso del sólido húmedo (g)

ms = Peso del sólido seco (g)

(Barraza-Jáuregui, 2013)

La velocidad de secado se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{ms}{A} * \frac{dX}{dt}$$

Donde:

R= Velocidad de secado (g agua/m²s)

dt/dX = Pendiente de las tangentes a la curva de secado.

A= Área superficial expuesta al secado (m²)

(Barraza-Jáuregui, 2013)

2.2.9. Determinación de coeficiente de difusividad.

La temperatura de la solución tiene un impacto significativo en el coeficiente de difusión del agua y de la sacarosa en una solución acuosa; el aumento de la temperatura hace que el coeficiente de difusión de los componentes aumente en magnitud.

En la deshidratación osmótica, el coeficiente de difusión depende de las moléculas que se difunden, del medio en el que existen, de la concentración y la temperatura de la solución osmótica.

La difusividad efectiva puede ser organizada a través de un simple concepto físico (Alvarado, 2013)

$$\left(\ln \frac{w_t - w_\infty}{w_i - w_\infty} \right) = \left(\ln \frac{8}{\pi^2} \right) + \left(-\frac{\pi^2 * D_{ef}}{4l^2} \right) * t$$

Se utilizaron los valores de espesor, longitud, humedad inicial, humedad de equilibrio y humedad luego de una hora para el cálculo de la difusividad efectiva en cada muestra con los tratamientos de 30, 40 y 50 °C con concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix.

Se graficará Ln (X/X_c) en función del tiempo (t), después se aplicará un análisis de regresión lineal, esto a partir de la pendiente se despejará D (m²/s).

Una vez construidas las curvas de secado de cada tratamiento, se determinará el tiempo de secado necesario para llegar en el tomate Cherry osmodeshidratado hasta una humedad final de 12% (Paltrinieri, 1997)

2.2.10. Determinación de humedad

Se determinó a través del método gravimétrico

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i = peso inicial de la muestra.

P_f = peso final de la muestra.

La determinación de humedad se realizó mediante el método gravimétrico, registrando la variación de peso de las mitades de tomate Cherry en intervalos de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 horas durante el proceso de deshidratación osmótica en cada tratamiento definido por la combinación de concentración de miel de abeja (40, 50 y 60 °Brix) y temperatura en el proceso (30, 40 y 50 °C), obteniéndose así la humedad en cada punto de muestreo. Estos valores se aplicaron posteriormente para el ajuste de los modelos cinéticos y la estimación de parámetros de secado.

2.2.11. Determinación de pérdida de humedad

Se determinó con el modelo de Peleg para predecir la pérdida de humedad en el tiempo.

$$M(t) = M_i \pm \frac{t}{k_1 + k_2 t}$$

Donde:

M_i = humedad inicial

$M(t)$ = humedad al tiempo t

k_1 y k_2 = constantes de secado.

Para cada tratamiento, definido por la combinación de concentración de miel de abeja

(40, 50 y 60 °Brix) y temperatura en el proceso (30, 40 y 50 °C), se determinó la pérdida de humedad a partir de los pesos de las mitades de tomate cherry en intervalos de **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 horas**. El cálculo se realizó empleando la ecuación del modelo de Peleg, utilizando como humedad inicial M_i la correspondiente al tiempo 0 y como $M(t)$ la humedad medida en cada intervalo, ajustando los parámetros k_1 y k_2 mediante regresión no lineal.

2.2.12. Determinación de ganancia de sólidos.

La ganancia de sólidos, o incorporación de azúcares, fue calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$GS (\%) = 100 \left[\frac{m_{sf} - m_{s0}}{m_{s0}} \right]$$

Donde:

GS = Incorporación de azúcares del producto deshidratado (%)

m_{s0} = Masa inicial de sólidos en la muestra (g)

m_{sf} = Masa final de sólidos en la muestra (g).

El cálculo se realizó utilizando los pesos de las mitades de tomate cherry antes y después del proceso de deshidratación osmótica. Para cada tratamiento definido por la combinación de concentración de miel de abeja (40, 50 y 60 °Brix) y temperatura en el proceso (30, 40 y 50 °C), se determinó el aumento en el contenido de sólidos con base en la diferencia entre la masa inicial y la masa final, enunciando el resultado como porcentaje respecto a la masa inicial.

2.2.13. Determinación de pérdida de peso

Se determinó la pérdida de peso en relación a la masa inicial del producto, evaluada a través de la ecuación:

$$PP (\%) = 100 \left[1 - \frac{m_f}{m_0} \right]$$

Donde:

PP = Pérdida de peso del producto deshidratado (%)

m_0 = Masa inicial del producto (g)

m_f = Masa final del producto (g).

Para cada tratamiento definido por la combinación de concentración de miel de abeja (40, 50 y 60 °Brix) y temperatura en el proceso (30, 40 y 50 °C), se registraron los pesos de las mitades de tomate cherry en intervalos de **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 horas**. Con estos valores, se determinó la reducción progresiva de la masa, y a la vez la salida de agua e incorporación de sólidos durante el proceso de deshidratación osmótica.

2.2.14. Determinación de pérdida de agua.

La pérdida de agua en términos porcentuales fue calculada por la ecuación:

$$PA (\%) = 100 \left[\frac{m_{w0} - m_{wf}}{m_{w0}} \right]$$

Donde:

PA = Pérdida de agua del producto deshidratado (%)

m_{w0} = Masa inicial de agua en la muestra (g)

m_{wf} = Masa final de agua en la muestra (g)

Para el cálculo, la masa de agua en cada intervalo de tiempo se obtuvo a partir de la multiplicación entre el peso de la muestra y el promedio de humedad (el cual permanece constante). Posteriormente, se expresaron las variaciones en porcentaje respecto a pérdida de agua y ganancia de sólidos. Este procedimiento se aplicó en cada combinación de concentración de miel de abeja (40, 50 y 60 °Brix) y temperatura en el proceso (30, 40 y 50 °C), con registros de **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 horas** de proceso.

2.3 Definición de Términos

- **Cinética de deshidratación osmótica:** La cinética de deshidratación estudia la velocidad

de reacción de las propiedades en los alimentos durante los **procesos** tecnológicos de deshidratación (Pereira, 2013)

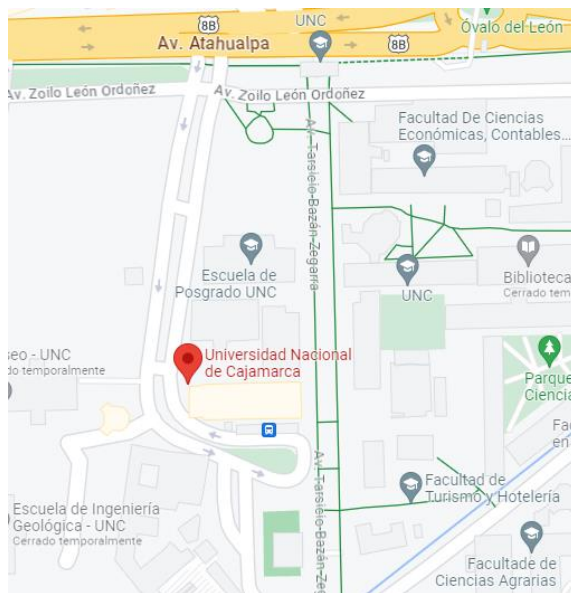
- **Coefficiente de difusividad:** Describe la rapidez con la que un material puede difundirse a través de otro **material**. Cuanto mayor sea el coeficiente de difusión, más rápida será la difusión. Por lo tanto, los coeficientes de difusión para sólidos **tienden** a ser mucho más bajos que los coeficientes de difusión para líquidos y gases (Ricardo, 2021)
- **Concentración de soluto:** La proporción entre la cantidad de soluto con respecto a la cantidad de solución, o a la cantidad de solvente. La concentración se expresa en **distintas** unidades, las más comunes son: gramos de soluto por litro de disolución, gramos de soluto por cada 100 mL de disolución, gramos de soluto por cada 100 g de solución, moles de soluto por litro de disolución (molaridad o concentración molar) y moles de soluto por kilogramo de solvente (molalidad) (Raviolo, 2020)
- **Miel de abeja:** Producto alimenticio producido por las abejas melíferas a partir del néctar de las flores o de las **secreciones** procedentes de partes vivas de las plantas (Bradbear, 2005)
- **Temperatura:** Es una magnitud intensiva, relacionada directamente con la Energía Cinética **molecular** media de las partículas y, en consecuencia, con la agitación de las mismas (Mahmud, 2010)
- **Tomate Cherry:** El tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) es una variedad **cultivada** que destaca por su alto contenido de carotenoides, vitamina C, compuestos fenólicos, sólidos solubles, sabor y amarre del fruto (Najeema, 2018)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación (mapa)

Figura 2

Ubicación geográfica de las instalaciones donde se realizará la investigación.



La presente investigación se desarrolló en la provincia de Cajamarca en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca ubicada en la Av. Atahualpa # 1050 Carretera Baños del Inca, en el Edificio 2H en el laboratorio de Ingeniería de la EAP de Industrias Alimentarias.

3.2 Materiales e insumos

3.2.1. Materiales e instrumentos:

- ◇ Tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)
- ◇ Miel de abeja
- ◇ Agua potable.
- ◇ Agua destilada.
- ◇ Recipientes plásticos.
- ◇ Recipientes de acero inoxidable grado alimentario.
- ◇ Ollas.
- ◇ Cuchillos.

- ◇ Bandejas.
- ◇ Coladores.
- ◇ Jarras.
- ◇ Mesa de acero inoxidable.
- ◇ Termómetro (escala -10 – 150 °C).
- ◇ Probeta.
- ◇ Pipeta.

3.2.2. Equipos:

- ◇ Agitador magnético con calefacción.
- ◇ Balanza electrónica.
- ◇ Balanza analítica digital marca PRECISA.
- ◇ Cocina industrial.
- ◇ Refractómetro de grados Brix
- ◇ Potenciómetro o pHmetro.

3.3 Metodología

3.3.1. Diseño experimental, arreglos de los tratamientos.

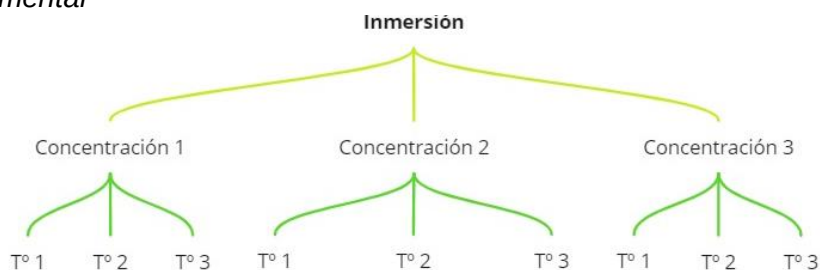
Metodología Experimental De La Investigación.

Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con estructura factorial 3×3 , compuesto por dos factores: concentración de soluto y temperatura, cada uno con tres niveles. El primer factor representado por A corresponde a la concentración de soluto, con tres niveles: C1 = 40 °Brix, C2 = 50 °Brix y C3 = 60 °Brix y el segundo factor representado por B corresponde a la temperatura, igualmente con tres niveles: T1 = 30°C, T2 = 40°C y T3 = 50°C. Estos factores nos dieron como resultado un total de 9 tratamientos (3 concentraciones * 3 temperaturas), cada una de ellas con 3 repeticiones. En total se evaluaron 27 módulos experimentales, donde las variables de respuesta analizadas fueron las diferentes

concentraciones de jarabe de miel de abeja utilizadas en el proceso de inmersión del tomate Cherry, expresado en la figura 3:

Figura 3

Diseño experimental



Fuente: Adaptado de Figueroa (2019).

Donde:

C1: concentración de miel de abeja a 40 °Brix.

C2: concentración de miel de abeja a 50 °Brix.

C3: concentración de miel de abeja a 60 °Brix.

T1: temperatura de 30 °C.

T2: temperatura de 40 °C.

T3: temperatura de 50 °C.

Se tomaron dichos tratamientos para la cinética de deshidratación osmótica y el coeficiente de difusividad del tomate Cherry.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con los siguientes factores y niveles indicados en la tabla 07:

Tabla 7

Factores y niveles del diseño experimental.

FACTORES	NIVELES
Concentraciones de soluto	40 ° Brix
	50 ° Brix
	60 ° Brix
Temperatura	30 ° C
	40 ° C
	50 ° C

Fuente: Adaptado de Mamani (2023).

Al establecer los factores de estudio: temperatura y concentración de solutos, se determinó aplicar un diseño experimental 3^2 y se obtienen 9 tratamientos, detalladas en la tabla 08 a partir de un diseño factorial:

Tabla 8

Tratamientos desarrollados en la investigación.

Nº	Tratamiento	Concentración de soluto	Temperatura
1	a_0b_0	40	30
2	a_0b_1	40	40
3	a_0b_2	40	50
4	a_1b_0	50	30
5	a_1b_1	50	40
6	a_1b_2	50	50
7	a_2b_0	60	30
8	a_2b_1	60	40
9	a_2b_2	60	50

Fuente: Adaptado de Colchado (2023).

Figura 4

Flujograma de obtención de las mitades de tomate Cherry

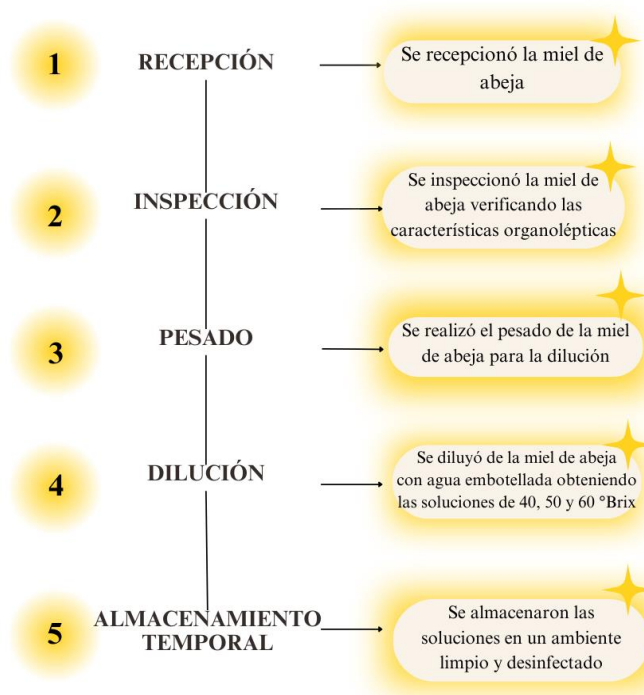


Fuente: Adaptado de Pico Poma et al. (2024)

Descripción de operaciones del proceso de la obtención de mitades de tomate Cherry

- ◆ **Recepción:** Se recibieron los tomates Cherry de forma redondeada, obtenidos del invernadero ubicado caserío Hornuyoc, centro poblado Huacataz, Distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.
- ◆ **Selección e inspección:** Se seleccionaron los tomates cherry en su punto óptimo de madurez, intactos de daños mecánicos, defectos o signos de deterioro. Luego, se realizó la limpieza y desinfección de la fruta mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (durante 5 minutos), tiempo suficiente para garantizar la reducción de la carga microbiana superficial.
- ◆ **Lavado y desinfección:** Se realizó un lavado meticuloso de los tomates cherry, con la ayuda del agua potable, eliminando residuos de tierra que pudieran haber estado adheridos a la superficie.
- ◆ **Escaldado y pelado:** Los tomates Cherry previamente lavados, se hizo el proceso del escaldado en agua a punto de ebullición durante 120 segundos, inmediatamente se retiran del agua con un colador para proceder con la extracción de la cáscara, con el objetivo de eliminar la piel y facilitar la reducción de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica. Así mismo, se midieron los diámetros de las mitades de tomates Cherry a través de un Vernier digital para el registro de dimensiones iniciales.
- ◆ **Cortado y extracción de pulpa:** Los tomates Cherry fueron sometidos a un corte longitudinal a la mitad, para luego extraer completamente la pulpa incluyendo las semillas, con el fin de estandarizar las muestras y reducir el efecto del contenido ayudando a la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica.

El procedimiento detallado fue adaptado de (Pico Poma et al., 2024) quienes, para sus investigaciones de deshidratación osmótica de tomate, trabajaron siguiendo pasos similares de lavado, despulpado, escaldado y cortado en mitades del tomate Cherry.

Figura 5*Flujograma de preparación de la solución de miel de abeja***Fuente:** Adaptado de Huatuco et al. (2021)**Descripción de preparación de la solución de miel de abeja**

- ♦ **Recepción.** Se recepcionó la miel de abeja en recipientes limpios y desinfectados, la cual pertenece a un apiario ubicado en el caserío de Progreso, distrito de Tumbaden, provincia de San Pablo.
- ♦ **Inspección:** Se seleccionaron los mejores potes de miel de abeja, los cuales presentaban mejores condiciones con respecto a sus propiedades organolépticas propias de una miel de abeja de calidad.
- ♦ **Pesado.** La miel de abeja se pesó en una balanza analítica, según la concentración requerida (40, 50 y 60 °Brix).
- ♦ **Diluido.** Se realizó el diluido con agua embotellada hasta llegar la concentración requerida, verificando los °Brix con un refractómetro. Para la preparación de las soluciones se utilizaron vasos de precipitación, en el primero 95 g de miel de abeja + 100 g de agua embotellada para obtener 40 °Brix, en el segundo 150 g de miel de abeja + 100 g de agua

embotellada para obtener 50 °Brix y el tercero 220 g de miel de abeja + 100 de agua embotellada para obtener 60 °Brix.

El procedimiento detallado fue adaptado de (Huatuco Quintanilla, Espinoza Saravia, & Moreno Castillo, 2021) quienes, para sus investigaciones de deshidratación osmótica de papaya en cuatro agentes edulcorantes, uno de ellos es la miel de abeja haciendo distintas concentraciones para la obtención de las soluciones osmóticas.

Diagrama de bloques para el procesamiento del tomate Cherry osmodeshidratado

Tanto los análisis físicos, químicos y la deshidratación osmótica se realizaron en los laboratorios de fisicoquímica y control de calidad en la Facultad de Ingeniería de industrias alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. El procedimiento es señalado en la Figura N° 06, que consta:

Figura 6

Flujograma de la deshidratación osmótica del tomate Cherry



Fuente: Adaptado de Huatucu et al. (2021)

- ♦ **Recepción:** Se recepcionó la materia prima a evaluar, en este caso el tomate Cherry y la miel de abeja.
- ♦ **Selección e inspección:** Se seleccionó la materia prima, se tomaron muestras que no contengan ningún tipo de deterioro o defectos.
- ♦ **Lavado:** Se realizó un lavado meticuloso de la fruta, eliminando residuos de tierra que pudieran haber estado adheridos.
- ♦ **Escaldado y pelado:** Los tomates Cherry se lavaron con agua del grifo y se escaldaron en agua hirviendo durante 120 s y sacándolos con un colador.
- ♦ **Cortado y extracción de pulpa:** Se hizo un corte a la mitad de los tomates Cherry y se extrajo toda la pulpa incluida la semilla.
- ♦ **Pesado:** En este proceso se pesó cada mitad de tomate Cherry luego de haberle extraído todas las semillas y la pulpa.
- ♦ **Preparación de jarabe:** A la miel de abeja se le añadió agua embotellada para bajar a 60, 50 y 40° Brix midiéndolo en el refractómetro.
- ♦ **Inmersión del tomate en el jarabe:** Se utilizó una relación fruta: jarabe de 1:5 con respecto al peso, donde las mitades de tomate Cherry fueron sumergidas completamente en el jarabe de miel de abeja, garantizando que quedaran totalmente cubiertas por la solución, evitando el contacto con el aire; para así colocar en las diferentes temperaturas y concentraciones establecidas, registrando la hora exacta de inmersión.
- ♦ **Lavado y secado:** Cada 1 hora de inmersión se extrajo cada mitad de tomate Cherry de cada solución osmótica, se dio el lavado en agua destilada y se secó para pesarlos y observar cómo va cambiando su peso de cada mitad de tomate Cherry.
- ♦ **Determinación de parámetros:** Se hizo la determinación de los parámetros (determinación de coeficiente de difusividad, determinación de cinética de deshidratación, determinación de humedad, determinación de ganancia de sólidos, determinación de

pérdida de peso, determinación de pérdida de agua) a través de las fórmulas dadas en el marco teórico y la actividad de agua se determinó en el medidor de actividad de agua AQUALAB.

El procedimiento detallado fue adaptado de (Huatuco et al., 2021) quienes, para sus investigaciones de deshidratación osmótica de papaya en cuatro agentes edulcorantes, trabajaron siguiendo pasos similares de lavado, despulpado, escaldado, preparación de jarabe, inmersión en trozos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos experimentales obtenidos en la sección de Anexos, correspondientes a los pesos iniciales y finales de las muestras, así como el tiempo de proceso, se calcularon la humedad en base seca y la velocidad de secado, aplicando las ecuaciones presentadas en la sección de Metodología.

4.1. Evaluación del efecto de la temperatura y concentración de soluto sobre la pérdida de peso.

Tabla 9

Análisis de Varianza para Pérdida de peso (PP%)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Concentración de soluto	1.02035	1	1.02035	0.44	0.5157
B: Temperatura	0.0614251	1	0.0614251	0.03	0.8726
AA	0.379212	1	0.379212	0.16	0.6909
AB	10.0147	1	10.0147	4.31	0.0518
BB	1.82436	1	1.82436	0.78	0.3869
Error total	44.1952	21	2.32606		
Total (corr.)	97.9848	26			

R-cuadrada = 54.8959 por ciento

La tabla 09 presenta los resultados del ANOVA para la variable Pérdida de Peso (PP%) y se observa que los factores temperatura y concentración de soluto no han producido efectos significativos sobre la pérdida de peso del tomate Cherry deshidratado osmóticamente puesto que $p > 0.05$. De la misma manera se observa que la interacción de los factores no influye en la Pérdida de Peso; lo cual permite desestimar la hipótesis alterna y confirmar la ausencia de diferencias significativas entre las medias de la Pérdida de Peso obtenida con cada uno de los tratamientos.

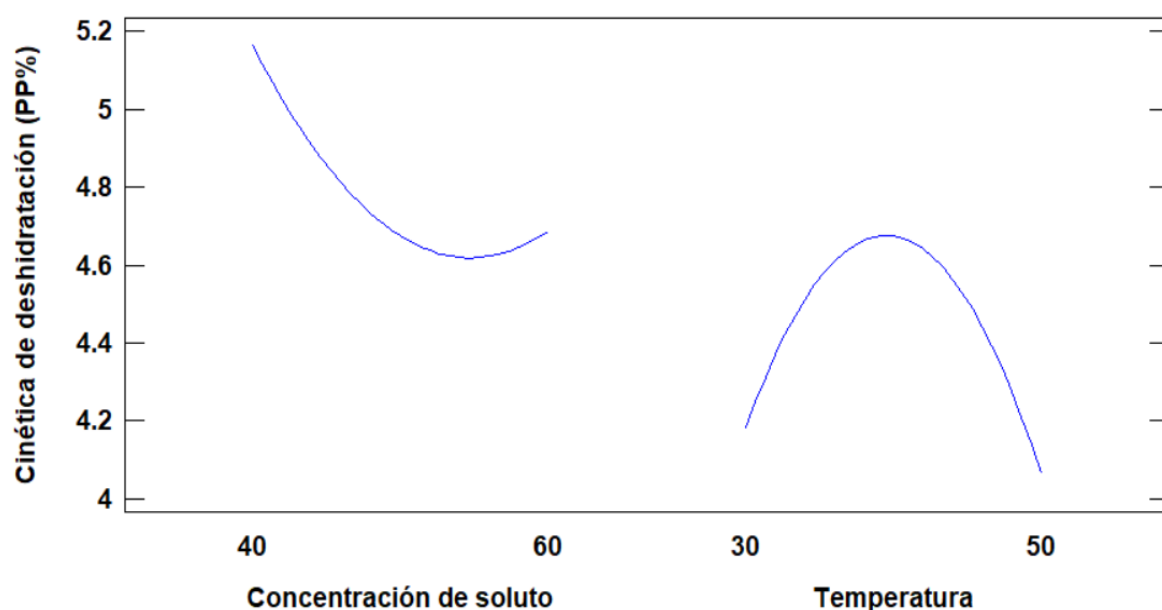
La piel cerosa del tomate Cherry representa una alta resistencia a la transferencia de masa pues la cinética de deshidratación está determinada predominantemente por la

permeabilidad de la piel y el tomate Cherry posee una estructura celular compacta del epicarpio que está compuesta por células pequeñas con paredes celulares gruesas y una gran cantidad de componentes de la lámina media Moreira Azoubel & Xidieh Murr (2000). Así mismo, investigaciones como las de Fernandes et al. (2008) han mostrado que la temperatura del medio osmótico puede estimular el proceso de difusión del agua al aumentar la energía cinética de las moléculas, favoreciendo así una mayor pérdida de peso. Sin embargo, en esta investigación se realizó el pelado del tomate Cherry para favorecer la transferencia de sólidos, pero no se tuvieron resultados en la pérdida de peso ya que ninguno de los factores tuvo influencia estadísticamente significativa.

También se observa que en la interacción entre la concentración de soluto y la temperatura se mostró un valor de p cercano a 0.05, lo que indica que la interacción de ambos factores sí podría tener un efecto moderado en la pérdida de peso. Esto es coherente con estudios como los de Soto Jiménez (2024), quienes hallaron que la combinación adecuada de concentración de soluto y temperatura es fundamental para maximizar la eficiencia del proceso sin generar efectos desfavorables en la textura y calidad del producto.

Figura 7

Efectos principales para la Cinética de Deshidratación (PP%)



La figura 07 muestra los efectos principales de los factores en estudio (concentración de soluto y temperatura) de manera independiente, donde se observa que al aumentar la concentración de soluto (de 40°Brix a 50°Brix), la PP disminuye, aunque se observa un pequeño incremento al superar una concentración de 50°Brix, pero no es significativo, es decir, existe una relación inversa entre la concentración de soluto y la PP, mientras que la temperatura presenta un efecto cuadrático sobre la PP, mostrando un máximo valor a una temperatura cercana a 30 °C, esto sugiere que temperaturas cercanas a 30 °C promueven una mayor Pérdida de Peso del tomate Cherry deshidratado osmóticamente.

Barrera (2012) determinó que si se evalúa el efecto de la concentración de soluto y la temperatura sobre la cinética de deshidratación (PP%, PA%, GS%) del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), es el factor temperatura quien tiene predominio sobre la concentración de soluto, lo que coincide con los resultados obtenidos en este caso donde se observa que la temperatura si tuvo efecto positivo sobre la Pérdida de peso aunque no fue estadísticamente significativo, mientras que la concentración de soluto tuvo un efecto negativo en la variable.

Resultados diferentes obtuvieron Mayor et al. (2011), quienes señalaron que la pérdida de peso en la deshidratación osmótica del tomate Cherry depende firmemente de la concentración de soluto, puesto que una mayor diferencia de potencial osmótico entre el medio y la fruta beneficia la difusión del agua. Asimismo, Gomes et al. (2016), determinaron que las soluciones con concentraciones mayores al 10% generaban una disminución representativa del peso del tomate Cherry, lo que no se refleja en los resultados del presente estudio.

4.2. Evaluación del efecto de la temperatura y concentración de soluto sobre la pérdida de agua.

Tabla 10
Análisis de Varianza para Pérdida de Agua (PA%)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración de soluto	6.69634	1	6.69634	4.86	0.0400
B: Temperatura	2.19535	1	2.19535	1.59	0.2221
AA	0.0801647	1	0.0801647	0.06	0.8120
AB	2.94426	1	2.94426	2.14	0.1601
BB	0.00224783	1	0.00224783	0.00	0.9682
Error total	26.1725	21	1.3775		
Total (corr.)	90.3497	26			

R-cuadrada = 71.032 por ciento

La tabla 10 evidencia, estadísticamente, el efecto de la concentración de soluto sobre la Pérdida de Agua del tomate Cherry deshidratado osmóticamente y se observa que hay significancia estadística puesto que $p < 0.05$ lo cual significa que la concentración de soluto influye en la Pérdida de Agua, lo que nos permite desestimar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna para el factor concentración de soluto. En cambio, la temperatura no tiene un efecto significativo sobre la Pérdida de Agua, puesto que $p > 0.05$.

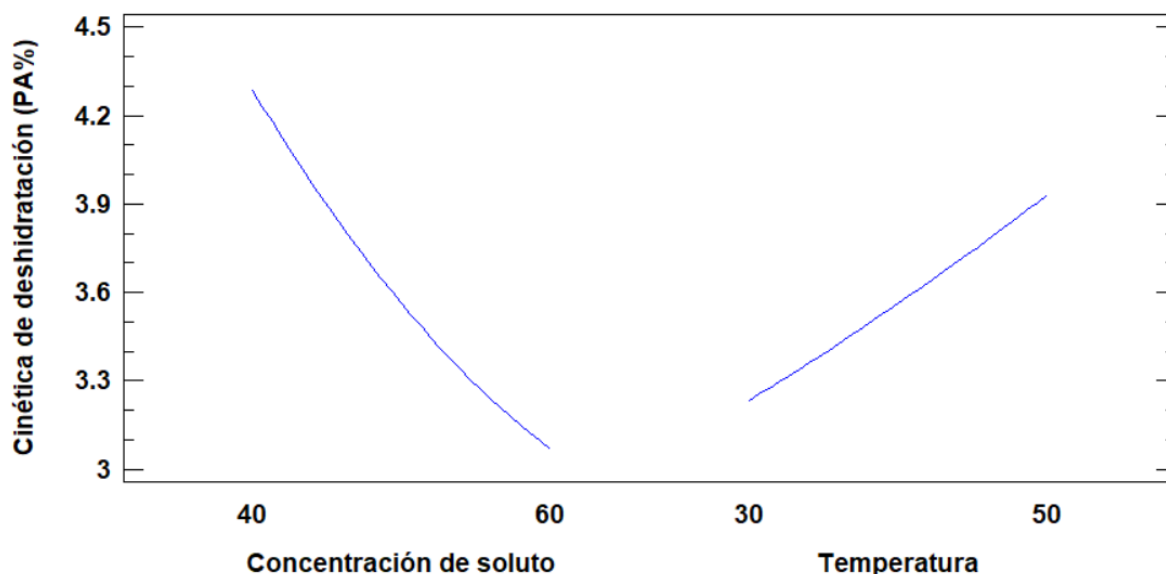
Soto et al. (2020) también obtuvo que el efecto de la temperatura difícilmente es significativo en la pérdida de agua en vegetales expuestos a deshidratación osmótica. En su investigación sobre manzanas, determinó que, aunque la temperatura puede agilizar el proceso, su influencia es inferior en comparación con la concentración de soluto. Esto se explica debido a que el proceso osmótico es preferentemente controlado por distinciones en potencial químico entre el alimento y la solución.

Una mayor concentración de soluto genera un mayor gradiente de presión osmótica y una consecuente disminución de la actividad de agua, generando un incremento de la fuerza impulsora para la eliminación del agua entre la solución y el alimento, lo que genera, una mayor tasa de transferencia de masa y coeficientes de difusión aparente del agua Moreira Azoubel &

Xidieh Murr (2000). Además, estos autores determinaron que en soluciones salinas mezcladas con sacarosa la pérdida de agua es menor que utilizando sal sola, por lo que se recomienda que se utilice sal para realizar la deshidratación osmótica del tomate Cherry.

Figura 8

Efectos principales para la Pérdida de Agua (PA%)



La figura 08 muestra los efectos principales de los factores en estudio (concentración de soluto y temperatura) de manera independiente, donde se observa que el nivel más bajo (40°Brix) de concentración de soluto produce mayor pérdida de agua en las muestras y un aumento de la concentración de soluto produce el efecto inverso, indicando una relación inversa entre la concentración de soluto y la pérdida de agua, mientras el factor temperatura muestra un efecto positivo en la pérdida de agua, pues a medida que aumenta (de 30 a 50°C) la temperatura la pérdida de agua también se incrementa tal como se puede observar en la figura.

García & Ruales (2018), indicaron que la concentración de la solución osmótica es el factor principal que ayuda a la pérdida de agua en frutos a lo largo de la deshidratación osmótica. En su estudio sobre fresas, se encontró que una mayor concentración de soluto aumenta el gradiente osmótico, favoreciendo una mayor difusión de agua desde el interior del fruto hacia el exterior, sin embargo, en la figura 8 podemos observar que, tal como indicó la tabla 11, la

concentración efectivamente tuvo efecto significativo en la pérdida de agua del tomate Cherry pero este efecto fue inverso a la concentración del soluto, es decir, a medida que se aumentó la concentración del soluto, la pérdida de agua fue disminuyendo, por tanto, contradice lo indicado por estos autores.

Perez et al. (2018) en su estudio sobre el deshidratado de mango infieren que la temperatura puede tener un efecto secundario al alterar la viscosidad del soluto, simplificando la transferencia de masa, pero sin ser un factor definitivo en la pérdida de agua. Estos resultados respaldan los de la presente investigación, donde la temperatura no evidenció un impacto estadísticamente importante en la pérdida de agua del tomate Cherry, aunque sí tuvo una relación directa, es decir, a mayor temperatura, fue mayor la pérdida de agua del tomate Cherry.

4.3. Evaluación del efecto de la temperatura y concentración de soluto sobre la ganancia de sólidos.

Tabla 11

Análisis de Varianza para Ganancia de Sólidos (GS%)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Concentración de soluto	0.130305	1	0.130305	1.44	0.2444
B: Temperatura	0.186518	1	0.186518	2.07	0.1669
AA	0.0212772	1	0.0212772	0.24	0.6329
AB	0.000673501	1	0.00067350	0.01	0.9321
BB	0.000103335	1	0.00010333	0.00	0.9734
Error total	1.71568	19	0.090299		
Total (corr.)	2.13458	26			

R-cuadrada = 19.6243 porciento

En la tabla 11 se muestra el ANOVA para la variable Ganancia de Sólidos en las muestras de tomate Cherry deshidratado osmóticamente, donde se observa que el factor temperatura y concentración de soluto no produce efectos significativos en las muestras puesto que $p > 0.05$, así mismo la interacción ambos factores tampoco influye puesto que el valor de $p > 0.05$, lo

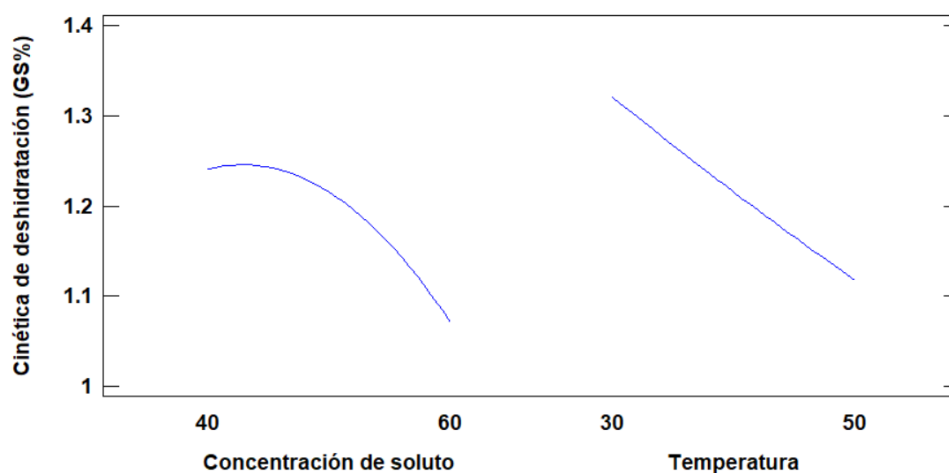
cual significa que estos factores no producen efectos en las muestras y se afirma que no están asociados o correlacionado, es decir, no actúan conjuntamente.

La sacarosa genera la formación de una capa subsuperficial de azúcar, que interfiere con los gradientes de concentración a través de la interfaz producto-medio y actúa como una barrera contra la eliminación del agua y la absorción de sólidos Moreira Azoubel & Xidieh Murr (2000), lo que podría explicar porque ninguno de los factores tuvo efecto significativo sobre la ganancia de sólidos en el tomate Cherry deshidratado osmóticamente, aunque el contenido de la miel de abeja es mayor en fructosa y glucosa que en sacarosa, lo que nos hace inferir que la fructosa y la glucosa pudieron tener el mismo efecto que la sacarosa en la superficie del tomate Cherry. La combinación de diferentes agentes osmóticos es más efectiva que la sacarosa sola debido a la combinación de propiedades de los solutos Kumar Yadav & Vir Singh (2012).

Los resultados coinciden con los estudios de Pérez García & Supho Medina (2019), quien señalo que, aunque la concentración de soluto y la temperatura pueden beneficiar la absorción de sólidos en procesos osmóticos, su impacto puede no ser relevante cuando se trabaja con ciertas frutas con sistemas celulares compactas, como el tomate Cherry. En el estudio de García también se encontró que otras circunstancias, como el tiempo de inmersión y la composición química del fruto, es importante en la incorporación de sólidos solubles.

Figura 9

Efectos principales para la ganancia de sólidos (GS%)



La figura 09 muestra los efectos principales de los factores en estudio (concentración de soluto y temperatura) de manera independiente, donde se observa que una concentración de soluto cercana al mínimo (40°Brix) produce mayor ganancia de sólidos en las muestras, y esto va disminuyendo a medida que la concentración de soluto es mayor, es decir, existe una relación inversa, de similar manera, la temperatura tiene un efecto inverso sobre la ganancia de sólidos, pues a medida que la temperatura del proceso aumenta la ganancia de sólidos va disminuyendo linealmente, se observa que la temperatura cercana a 30 °C parece producir una mayor ganancia de sólidos en las muestras, mientras que a 50 °C esta disminuye significativamente.

La investigación realizada por Acosta García & Martínez Rivera (2020) sobre la deshidratación osmótica de piña mostró que la ganancia de sólidos acata en gran medida de la concentración de la solución osmótica cuando se trabaja en tiempos extensos de tratamiento. Pero, en condiciones similares a las del estudio presente, la absorción de solutos no fue significativa estadísticamente, insinuando que el tiempo de proceso es fundamental para lograr una mayor ganancia de sólidos.

Soto et al. (2021) menciona que la estructura celular del tomate Cherry restringe la difusión de solutos al interior del tejido, sin embargo, es la epidermis la estructura que impide la pérdida de agua del tomate Cherry, por lo que en este estudio se eliminó la epidermis y así facilitar la pérdida de agua y ganancia de sólidos, a pesar de eso, la concentración de soluto y la temperatura no presentaron efectos importantes en este estudio.

El secado de los tomates generalmente requiere cortar el fruto en rodajas, lo cual no es adecuado para la deshidratación osmótica debido a su textura heterogénea y la inevitable pérdida de líquido nutritivo de la porción del lóculo de los tomates Ponting (1973). Es deseable la deshidratación osmótica del tomate entero para minimizar la pérdida de pulpa y jugo del tomate Shi et al. (1997).

4.4. Evaluación del efecto de la temperatura y concentración de soluto sobre la ganancia de sólidos.

Tabla 12
Análisis de Varianza para Coeficiente de difusividad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración de soluto	1.4289E-7	1	1.4289E-7	0.39	0.5400
B: Temperatura	0.0000024987	1	0.0000024987	6.81	0.0172
AA	1.89327E-9	1	1.89327E-9	0.01	0.9435
AB	3.62789E-7	1	3.62789E-7	0.99	0.3326
BB	3.15032E-7	1	3.15032E-7	0.86	0.3658
Error total	0.00000697205	21	3.6695E-7		
Total (corr.)	0.0000147829	26			

R-cuadrada = 52.837 por ciento

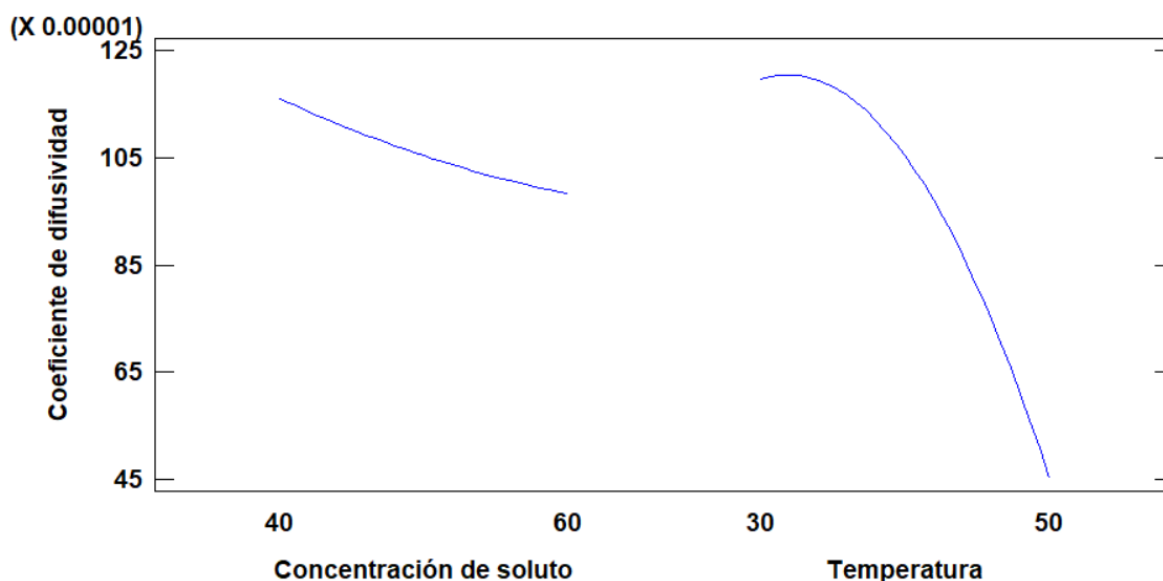
Los resultados de la tabla ANOVA para la variable coeficiente de difusividad muestra una alta significación estadística para el factor temperatura, puesto que $p < 0.05$, esto indica que el factor temperatura produce efectos significativos en el coeficiente de difusividad de las muestras. Por otro lado, se observa que no hay efectos cuadráticos al igual que las interacciones de los factores no están afectando significativamente a la variable evaluada.

Los resultados de esta investigación concuerdan con Gomes et al. (2016), quienes estudiaron el coeficiente de difusividad en la deshidratación osmótica de frutas tropicales. Su investigación dedujo que un aumento en la temperatura del medio osmótico aumenta el coeficiente de difusividad de manera relevante, debido a la disminución en la viscosidad del agua y la considerable movilidad molecular dentro del tejido vegetal. Similarmente, Fernandes et al. (2008) descubrieron que la difusividad efectiva en la deshidratación osmótica de fresas crece con la temperatura del proceso, apuntando que este efecto se debe a una mayor energía cinética de las moléculas de agua, lo que simplifica su transporte mediante las membranas celulares.

La falta de importancia de la concentración de soluto en el estudio se evidencia con Lerici et al. (1985) quienes indicaron que soluciones más concentradas producen una mayor presión osmótica, lo que eventualmente aumenta la velocidad de difusión del agua. Aunque, estudios recientes, como el de Mayor et al. (2011) en mango y papaya, ha demostrado que en base a cierta concentración de soluto ($\approx 50\%$), el coeficiente de difusividad tiende a consolidarse gracias a la resistencia estructural del tejido, lo que define el por qué en el experimento no se observó un efecto importante de este factor.

Algunos autores han reportado que la relación entre temperatura y concentración de soluto puede afectar la difusividad. Por ejemplo, Azuara et al. (1992) modeló la cinética de deshidratación osmótica y encontró que, aunque la temperatura es el factor dominante, su relación con la concentración de soluto puede ser trascendente en productos con alta porosidad. No obstante, en el estudio estos efectos no fueron importantes, lo que propone que el tomate Cherry tiene una estructura celular que no permite una variación notable en la difusividad en función de la concentración de soluto.

Los resultados indican que para potenciar la deshidratación osmótica del tomate Cherry, la variable clave a manipular es la temperatura, ya que impacta directamente el coeficiente de difusividad. La concentración de soluto, aunque puede influir en la velocidad del proceso, no afecta de manera significativa la difusión de agua en este estudio. Se recomienda realizar análisis complementarios con métodos como microscopía electrónica de barrido (SEM) para evaluar cambios fundamentales en el tejido y comprobar estos resultados.

Figura 10*Efectos principales para coeficiente de difusividad*

La figura 10 muestra los efectos principales de los factores en estudio (concentración de soluto y temperatura) de manera independiente, donde se observa que el nivel más bajo (40 %) de soluto produce un mayor coeficiente de difusividad en las muestras, es decir tiene una relación inversa ya que el coeficiente de difusividad disminuye a medida que la concentración de soluto se incrementa, de igual manera se observa que la temperatura produce menor coeficiente de difusividad a medida que esta aumenta, siendo la temperatura cercana a 30 °C la que produce mayor coeficiente de difusividad en las muestras.

Espinoza Huillca & Hanco Díaz (2017) trabajaron la osmodeshidratación de Sachatomate y aplicaron el modelo de Page modificado para determinar el coeficiente de difusividad efectiva (D_{ef}) y determinaron que una concentración menor de tratamiento (45°Brix) junto a una mayor temperatura de tratamiento (30°C) generaron una mayor difusividad efectiva D_{ef} , lo que deba claro que para algunos productos el mejor tratamiento para obtener una mayor difusividad es alta temperatura y baja concentración de soluto, mientras que Vásquez Oscoco (2018) quien calculó el coeficiente de difusividad mediante la segunda Ley de Fick en la deshidratación osmótica de la frambuesa y determinó que la D_{ef} fue mayor a 50°Brix de concentración (menor

concentración del estudio) y a la menor temperatura de tratamiento (40°C), lo cual demuestra que la difusividad cambia en función del tipo de producto, dimensiones del producto, etc., ya que la ecuación usada por Vásquez utilizó el radio de la esfera por tener el producto esa forma, mientras que el tomate Cherry no fue sometido al tratamiento en su forma natural, sino que fue pelado, cortado y separado de las semillas, sometiéndose al deshidratado solamente la pulpa (mesocarpo y endocarpo carnosos), obteniendo una forma final de lámina.

Leyva Astucuri & Ruiz Arauco (2014) calcularon el coeficiente de difusión de sólidos solubles de rodaja de pepino dulce mediante la Segunda Ley de Fick, modificada por Crank al igual que en esta investigación, y determinaron que a una menor concentración de soluto (40°Brix) y una temperatura de 50°C el coeficiente de difusividad fue mayor y determinaron estadísticamente que los factores concentración de soluto, temperatura y la interacción de ambos tuvieron efectos significativos en el coeficiente de difusividad.

V. CONCLUSIONES

- La cinética de deshidratación osmótica del tomate Cherry fue evaluada a través de tres parámetros: pérdida de peso (60.595% en promedio), pérdida de agua (63.342% en promedio) y ganancia de sólidos (34.685% en promedio). El análisis estadístico demostró que, para la pérdida de peso y la ganancia de sólidos, **ninguno de los factores o la interacción de ellos presentaron efectos estadísticamente significativos**, en cambio, la concentración de soluto fue el único factor con efecto estadísticamente significativo sobre la pérdida de agua. Por otra parte, se identificó una **relación inversa** entre la concentración de soluto y los tres parámetros (pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos) indicando que, al aumentar la concentración de miel de abeja, los valores de los tres parámetros tendieron a disminuir. Asimismo, con respecto a la temperatura se observó un **efecto cuadrático** en la pérdida de peso, una **relación directa** en la pérdida de agua y una **relación inversa** en la ganancia de sólidos.
- Con respecto al coeficiente de difusividad, la **temperatura** fue el único que presentó un efecto estadísticamente significativo, por otra parte, tanto la concentración de miel de abeja como la temperatura mostraron **relaciones inversas**, evidenciando que el incremento de estos factores provocó la disminución en el coeficiente de difusividad.

VI. RECOMENDACIONES

- Dado que la concentración de soluto fue el único factor con efecto significativo estadísticamente sobre la pérdida de peso del tomate Cherry, se sugiere ampliar el rango de estudios con respecto a las concentraciones de miel de abeja superiores a 55 °Brix y en temperaturas inferiores a 40 °C. Esto permitiría identificar una concentración óptima que maximice la eficiencia del proceso de deshidratación osmótica sin comprometer la calidad del producto.
- Considerando que la temperatura no mostró un efecto significativo estadísticamente sobre la pérdida de agua ni sobre la ganancia de sólidos, pero sí afectó desfavorablemente el coeficiente de difusividad, se sugiere evaluar temperaturas inferiores a 30 °C. Esta aproximación podría favorecer la conservación de la estructura y propiedades del tomate Cherry sin comprometer la eficiencia del proceso de deshidratación osmótica.
- Se plantea estudiar el efecto combinado de temperaturas bajas ($< 30\text{ °C}$) con concentraciones elevadas de miel (60 °Brix o más) con el fin de verificar si es posible mantener una buena tasa de deshidratación osmótica sin afectar negativamente la difusividad. Este análisis permitiría establecer un balance adecuado entre la eficiencia del proceso y la absorción de nutrientes.
- Finalmente, analizar el impacto del uso de temperaturas más bajas, combinado con una superior duración del proceso, con el fin de obtener resultados medibles sobre la ganancia de sólidos y la calidad fisicoquímica y sensorial del producto final.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta García, N., & Martínez Rivera, D. L. (octubre de 2020). *DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y SECADO LAMINAR DE PLÁTANO MACHO (Musa balbisiana) EN SOLUCIONES BINARIAS DE SACAROSA Y NaCl*. Obtenido de <https://51.143.95.221/bitstream/TecNM/5355/1/TB%20100%20DESHIDRATACIÓN%20OSMÓTICA%20Y%20SECADO%20LAMINAR%20DE%20PLÁTANO%20MACHO.pdf>
- Aguilar Osorio, M. V. (2011). *Estudio de la Temperatura y Concentración de Azúcar en la Deshidratación Osmótica de Jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/843>
- al., G. e. (marzo de 2013). *Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa)*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n1/rcta11113.pdf>
- Alvarado, J. D. (2013). *Principios de ingeniería aplicados a alimentos*. Ecuador: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/302119863_Principios_de_Ingenieria_Aplicados_en_Alimentos_2da_ed
- Arias, L., Perea, Y., & Zapata, J. E. (junio de 2017). *Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (Mangifera indica L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v28n3/art06.pdf>
- Arroyo Uriarte, P. (2018). *Frutas y Hortalizas: Nutrición y Salud en la España del S. XXI*. España: FEN (Fundación española de nutrición).
- Azuara et al., E. (1992). Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic. *International Journal of Food Science and Technology*, 239-242.
- Barraza-Jáuregui, G. (2013). Cinética de secado de rodajas de manzana (Pirus malus L.). *UCV Facultad de Ingeniería y Desarrollo*, 11(1), 23-32. Obtenido de <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/rtd/article/view/1666>
- Barrera, C. A. (2012). *Efecto de la concentración y la temperatura en la deshidratación osmótica de tomate de árbol (Cyphomandra betacea)*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/items/20849c5a-4fd4-44a2-be40-abe36e2d1b8a>
- Bird et al., R. B. (2006). *Fenomenos de Transporte. Segunda Edicion*.
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Roma: FAO. Obtenido de <https://www.herbogeminis.com/revista/IMG/pdf/apicultura-y-medios-de-vida-sostenibles.pdf>
- Brennan, J. (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: ACRIBIA S.A. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/qdownload/las-operaciones-de-la-ingenieria-de-los-alimentos-j-g-brennan-9-pdf-free.html>
- Cardona Serrate, F. (2017). *Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/610cba34-0d71-44fd-8ed4-e57f938840ea/content>
- Choice, N. (03 de septiembre de 2012). *Ficha técnica de tomate Cherry*. Obtenido de <http://www.productonaturechoice.com/tomate/FichaTomateCherry.pdf>
- Colchado Verano, G. M. (2023). *OPTIMIZACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE ZANAHORIA (Daucus carota) CON MIEL DE ABEJA POR EL MÉTODO DE*

- SUPERFICIE DE RESPUESTA (MSR)*. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9601/T010_45275179_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Colina Irezabal, M. L. (2009). *Deshidratación de alimentos*. Benito Juárez: Trillas.
- Espinoza Huillca, Y., & Hanco Díaz, N. (2017). *Evaluación de la cinética de osmodeshidratación y estudio microestructural del sachatomate (Solanum betaceum Cav.)*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiriLmyutOOAxWqILkGHUdlN08QFnoECBYQAQ&url=https%3A%2F%2Frep ositorio.unsaac.edu.pe%2Fhandle%2F20.500.12918%2F6058&usg=AOvVaw22Yxox lkoxz4Mcp-jEimwo&opi=89978449>
- FAO. (2022). *Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/home/es>
- Fernandes, F. (2008). *Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple*. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/271548/1-s2.0-S1350417708X00045/1-s2.0-S13504177080000515/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEN3%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQCQjynjwErdhSbX%2BjSdHiS4TO4lIcO%2BHoPOPQwEa6j7AIhAPtN07Zl>
- Fernandes, F., Linhares, F., & Rodrigues, S. (septiembre de 2008). *Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple*. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/271548/1-s2.0-S1350417708X00045/1-s2.0-S13504177080000515/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEO%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIA04p8x9NqH%2FAjs25buQ8YyED0ovAoGps2CjDJVFOee4AiEaIAbhK%2F>
- Fernández, U. (2011). *Dones del cielo. Abeja y miel en el mediterráneo antiguo*. Madrid: UNED. Obtenido de <https://xebook.ull.es/Record/Xebook1-1961/t/dones-del-cielo-abeja-y-miel-en-el-mediterraneo-antiguo-pilar-fernandez-urriel>
- Ferrari, C., Arballo, J., & Mascheroni, R. (marzo de 2009). *Modelado de la transferencia de masa durante el proceso de deshidratación osmótica de peras con soluciones de sacarosa y sorbitol*. Obtenido de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/124759/Documento_completo.-.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Figueroa Gutiérrez, A. d. (2019). *Efecto del tiempo de pretratamiento osmótico en las características fisicoquímicas y sensoriales de lycopersicon esculentum, var. Carina turbo osmodeshidratado*. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f6f62319-7ebc-4e4d-bbeb-8a6a7650ab85/content>
- Fornaris, G. J. (2007). *Conjunto tecnológico para la producción de tomate: cosecha y manejo postcosecha*. Estación experimental agrícola. Obtenido de <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/TOMATE-Cosecha-y-Manejo-Postcosecha-v2007.pdf>
- Fresana. (26 de febrero de 2018). *Tomate Cherry, variedad sabrosa y fácil de cultivar*. Obtenido de <https://www.fresanas.com/blog/tomate-cherry/>
- Galvez, V. (setiembre de 2007). Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Ciencia y Tecnología Alimentaria Campinas*, 27(3), 470 - 477. Obtenido de

- <https://www.scielo.br/j/cta/a/pgwsw4gL5SX74vpsks4pDVx/>
- García, A., & Ruales, J. (enero de 2018). *Study the Effect of Pre-Treatment of Drying 'Mortño' (Vaccinium Floribundum Kunth) with*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/6887/688773638006.pdf>
- García Pereira, A., Muñiz Becerá, S., Hernández Gómez, A., Mario Gonzáles, L., & Fernández Valdés, D. (2013). *Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa)*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n1/rcta11113.pdf>
- Gomes Correa, J. L., Branquinho Ernesto, D., & Soares de Mendoza, K. (Septiembre de 2016). *Pulsed vacuum osmotic dehydration of tomatoes: Sodium incorporation reduction and kinetics modeling*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643816300469>
- Grandjean, M. (2002). *Manual de buenas prácticas para la apicultura*. PROMER. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B3362e/B3362e.pdf>
- Hernández, A. (2011). *Desarrollo de Tomate Cherry (Solanum lycopersicum L. cv. Camelia) en respuesta a la biofertilización bajo condiciones de casasombra y análisis de algunos parámetros fisiológicos*. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/195/1/Armando%20Hernandez%20Perez%2C%20Maestria.pdf>
- Herrera, H. (2015). Estudio técnico y económico del tomate tipo cereza élite (Solanum lycopersicum L. var. Cerasiforme) bajo condiciones semicontroladas. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 9 (2), 290-300. Obtenido de <https://doctoradoagrarias.files.wordpress.com/2016/05/estudio-tc3a9cnico-y-econoc3b3mico-tomate-tipo-cereza.pdf>
- Huatuco Quintanilla, M. F., Espinoza Saravia, M. I., & Moreno Castillo, R. B. (2021). DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTOS DE PAPAYA HAWAIIANA (Carica papaya L.) EN CUATRO AGENTES EDULCORANTES.
- IGAC. (2022). *Centro de investigación y desarrollo en información geográfica*. Obtenido de <https://ciaf.igac.gov.co>
- Jaramillo - Noreña, J. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero. *CORPOICA*, págs. 1 - 48. Obtenido de https://www.academia.edu/6674874/El_cultivo_de_tomate_bajo_invernadero_1_Boletín_Técnico_21
- Jones, J. (2007). *Tomato Plant culture in the field, Greenhouse and home garden*. CRC Press. Obtenido de <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420007398/tomato-plant-culture-benton-jones-jr>
- Khoualdia, B. (2018). Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Tunisian Pomegranate Seeds and Effect of Blanching Pretreatment. *Hindawi*, 2018 (1), 1 - 9. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/ijce/2018/2041056/>
- Kumar Yadav, A., & Vir Singh, S. (2012). *Deshidratación osmótica de frutas y verduras: una revisión*. *J Food*. Obtenido de https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4152536/?utm_source=chatgpt.com
- Lerici, C., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M., & Bartolucci, L. (septiembre de 1985). *Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality*. Obtenido de <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1985.tb10445.x>
- Leyva Astucuri, J., & Ruiz Arauco, M. Y. (2014). *DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DIFUSIVIDAD MÁSCA EN LA DESHIDRATACIÓN*

- OSMÓTICA DEL PEPINO DULCE (*Solanum muricatum* Aiton). Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1950/Leyva%20Astucuri%20-%20Ruiz%20Arauco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López Perez, E. G. (2019). *EVALUACIÓN DE DOS SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE CHERRY (Lycopersicon esculentum Mill) Var. Cerasiforme (Dunal) EN INVERNADERO*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10738/1/13T0880.pdf>
- Mahmud, M. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación Universitaria*, 3 (1), 11-20. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v3n1/art03.pdf>
- Mamani, D. Q. (2023). *EFFECTO DE LA SACAROSA, MALTODEXTRINA Y MIEL DE ABEJA POR OSMODESHIDRATACIÓN CON IMPREGNACIÓN AL VACÍO EN LA RETENCIÓN DE VITAMINAS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COLOR DEL SACHATOMATE (Solanum betaceum Cav)*. Obtenido de https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/760/Danitza_Tesis_Bachiller_2023.pdf;jsessionid=881DFE75BA667877BA1ABA0FF9D02A4F?sequence=1
- Mari, A., Parisouli, D. N., & Krokida, M. (agosto de 2024). *Exploring Osmotic Dehydration for Food Preservation: Methods, Modelling, and Modern Applications*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/17/2783>
- Marim B. G., S. D. (2005). Sistemas de tutoramento e condu<ao do tomateiro visando produ<ao de frutos para consumo in natura. *Hortic. Bra*, págs. 951-955.
- Martínez, H. (junio de 2007). *Efectividad de un Fulvato de Fierro en la calidad de plantula de tomate Cherry*. Obtenido de <https://1library.co/document/zxvx10wy-efectividad-fulvato-fierro-calidad-plantula-tomate-cherry.html>
- Mayor, L., Moreira, R., & Sereno, A. (Marzo de 2011). *Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (Cucurbita pepo L.) fruits*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087741000470X>
- Mendizabal, F. (2005). *Abejas*. Buenos Aires: Albatros. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=7jSL8ETF97wC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Meneses, J. (2018). *Deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas: Una revisión de desarrollos recientes*. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1965/1891>
- Molano, L. S. (1996). Deshidratación de Piña Variedad Cayena Lisa por. págs. 140-158.
- Moreira Azoubel, P. M., & Xidieh Murr, F. E. (2000). *MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL TOMATE CHERRY (Lycopersicon esculentum var. cerasiforme)*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/cta/a/R7QHSFGZ6DSvRSk4cHRTPJr/?lang=en>
- Muñiz Becerá, S. (noviembre de 2019). *ESTUDIO DE LOS MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE SOLUTOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE MANZANA (GRANNY SMITH) [Tesis doctoral, CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL CIIDIR UNIDAD OAXACA]*. Obtenido de http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/525/Muñiz%20Becerá%2c%20S.%2c%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Najeema, M. H. (2018). Evaluation of Cherry Tomato (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*,

- 7(6), 2433 - 2439. Obtenido de <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.289>
- Paltrinieri, G. (1997). *Technical manual on small-scale processing of fruits and vegetables*. Santiago: Senior Food Technology and Agroindustries Officer. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x0209e/x0209e00.htm#TopOfPage>
- Panadés Ambrosio, G., Terto Cárdenas, O., & Núñez de Villavicencio, M. (1996). Pulse Vacuum Osmotic Dehidratation of Guava. *Food Science Tecnology International*, págs. 301-306.
- Pardo, A. (2005). *Descubra el poder de la miel*. Buenos Aires: Imaginador. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=smDfr-UXTeoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Pereira, A. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22 (1), 62 - 69. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n1/rcta11113.pdf>
- Pérez García, R. M., & Supho Medina, L. D. (2019). *EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA GUAYABA (Psidium guajava L.) PARA ALARGAR SU VIDA ÚTIL Y MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES*. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/33f2926a-a5cd-4fcf-a4ef-a475df27263c/content>
- Perez, L., Estrada, H., Restrepo, C., & Saumett, H. (Junio de 2018). *Deshidratación Osmótica y Secado por Aire Caliente en Mango, Guayaba y Limón para la Obtención de Ingredientes Funcionales*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n3/0718-0764-infotec-29-03-00197.pdf>
- Pico Poma, J. P., Chiriboga Ruilova, M. V., Sarabia Guevara, D. A., & Landivar Valverde, M. D. (2024). Frutas y vegetales amazónicos como materia prima para la producción de alimentos. *Agroecología Global Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, págs. 75-88.
- Ponting, J. (1973). Osmotic dehydration of fruits: Recent modifications and applications. *Process Biochemistry*.
- Prost, J. (2007). *Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la colmena*. Madrid: Mundi-prensa. Obtenido de https://books.google.com.pa/books?id=NRnVlm_rp6kC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Raviolo, A. (2020). Aprendizaje conceptual del tema concentración de disoluciones: análisis de imágenes de libros de texto universitario. *Educación química*, 33 (3), 119-133. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v31n3/0187-893X-eq-31-03-119.pdf>
- Reynaldo, J. (octubre de 2014). Efecto de la temperatura sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Proyecciones*, 12 (2), 37 - 44. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/10618/CONICET_Digital_Nro.12739.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ricardo, R. J. (26 de octubre de 2021). *Estudyando*. Obtenido de <https://estudyando.com/coeficiente-de-difusion-definicion-ecuacion-y-unidades/>
- Rodriguez, R. (1997). *Cultivo moderno del tomate*. Mundiprensa. Obtenido de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471146403/cultivo-moderno-del-tomate>
- Root, A. (2003). ABC y XYZ de la Apicultura.
- Sañudo Torres, R. R. (noviembre de 2013). *EL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicon esculentum Mill.) Y EL POTENCIAL ENDOFÍTICO DE DIFERENTES AISLADOS DE Beauveria bassiana*. Obtenido de

- <http://uaim.mx/cgip/PDF/TesisRosarioRaudelSanudo.pdf>
- Sharma, S., Mulvaney, S., & Rizvi, S. (2003). *Ingeniería de alimentos Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. México: Limusa S.A.
- Shi, H., Shiraishi, M., & Shimizu, K. (1997). *Metabolic flux analysis for biosynthesis of poly(β -hydroxybutyric acid) in *Alcaligenes eutrophus* from various carbon sources*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0922338X97819150>
- Silva Paz et al., R., Della Rocca, P., Tisocco, O., & Mascheroni, R. (s.f.).
- Soto Jiménez, L. (2024). *Aplicación de los modelos experimentales de Peleg y Page durante la deshidratación osmótica y el secado convectivo de mitades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)*. Obtenido de <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/360/346>
- USDA, U. S. (1991). Obtenido de https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Tomato_Standard%5B1%5D.pdf
- Vásquez Oscoco, J. (2018). *CINÉTICA, COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRAMBUESA HERITAGE (*Rubus idaeus*)*. Obtenido de https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/688/Jhenry_Tesis_Bachiller_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zapata Montoya, J. E. (1999). DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTAS Y VEGETALES. *Revista facultad nacional de agronomía Medellín*, 52(1), 451 - 466. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/23782/24455>
- Zegarra, G. (2006). *Influencia del tratamiento térmico en los parámetros de calidad de la miel de la zona Illimo - Departamento de Lambayeque (Tesis de Maestría)*.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Datos experimentales.

6.1.1 Variación de peso durante la Deshidratación Osmótica

La variación del peso para diferentes tratamientos en miel de abeja como soluto, se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 13

Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 1

Día 1									
TIEMPO hora	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	37.277470	38.235644	41.732307	47.698616	46.877017	51.285646	45.933518	53.625369	52.409131
2	49.444777	46.987706	46.055502	55.578124	55.472311	60.011016	59.203280	58.358891	59.788783
3	55.199704	49.988947	48.603369	57.567164	59.511747	62.464635	62.956956	61.414270	62.779949
4	55.497585	50.295023	51.793505	59.176791	61.575478	63.741519	63.725158	62.884092	64.196704
5	57.677936	53.723070	57.480005	61.388112	63.242112	65.486593	66.541306	65.803484	65.702006
6	60.663799	55.032393	61.079132	62.112444	65.035895	68.057885	67.209696	67.539494	66.850960
7	63.325343	56.754918	62.154629	65.783927	66.190020	69.615182	67.958292	69.362305	67.624128
8	68.412240	59.557211	66.105187	70.057103	69.190744	71.928595	69.774530	72.142816	70.176878
9	68.419290	59.558911	66.111246	70.072433	69.196612	71.931098	69.778095	72.157283	70.189837
10	68.426340	59.560611	66.117305	70.106925	69.202480	71.938609	69.779877	72.165963	70.189837
11	68.431628	59.565713	66.120334	70.118423	69.208349	71.948624	69.783442	72.168856	70.207114
12	68.442204	59.565713	66.126394	70.145250	69.225954	71.971157	69.785224	72.174643	70.215753

Tabla 14

Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 2

Día 2									
TIEMPO hora	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	47.531147	56.069506	50.022676	51.398785	57.127797	61.938385	53.632198	56.364409	61.757418
2	48.037530	56.693751	50.890401	54.824203	58.290825	62.365751	55.121511	60.039092	62.676014
3	51.328059	58.740457	51.966742	54.993576	61.881929	64.658664	56.092476	64.050310	64.501118
4	52.751662	59.612354	55.501134	61.952459	62.623274	68.122190	59.756601	64.456531	66.474285
5	57.333372	60.336888	60.238851	64.405443	65.571652	72.908692	60.466514	65.729583	69.402309
6	63.964687	65.895741	65.611489	67.944749	68.526831	74.532684	63.293017	66.844565	71.451018
7	64.602920	65.975562	69.182162	69.375657	71.342583	75.707013	64.476205	68.557831	72.351484
8	73.763663	71.792300	74.346183	72.923724	74.940488	76.870192	66.472599	70.884677	73.487641
9	73.811435	71.841421	74.452003	73.218666	75.675032	78.308373	66.649138	71.185519	74.188675

10	73.836276	71.857795	74.491308	73.224506	75.688635	78.315805	66.666041	71.192317	74.203783
11	73.842009	71.892589	74.515495	73.256629	75.709039	78.326954	66.681065	71.197417	74.221913
12	74.157303	71.931476	74.288738	73.501927	76.018500	78.475603	66.696090	71.285799	74.339759

Tabla 15

Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3

Día 3									
TIEMPO hora	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	53.389812	44.228334	56.809207	59.335843	54.410131	52.563371	60.291333	59.759113	69.459840
2	54.807547	51.572709	59.060541	63.097337	57.251451	54.399169	63.403739	60.600232	70.121933
3	59.065073	55.293015	60.879573	64.557625	58.196794	55.554979	66.530711	61.500885	72.147158
4	63.214540	60.418883	62.202676	66.446710	60.858216	58.269747	68.060209	62.677841	73.749963
5	66.153746	66.628679	63.690465	69.129068	64.512602	58.994723	69.701384	62.931245	75.403697
6	69.391195	72.613078	67.979789	74.260327	67.877740	63.609309	70.371449	66.304879	76.793793
7	72.455750	79.618092	68.413961	77.850303	69.824865	64.581711	71.058509	67.100202	78.444531
8	73.106265	82.229145	69.787592	79.920435	69.837211	64.708020	72.789512	67.295597	78.591330
9	73.117071	82.239275	69.789464	79.957120	69.842502	64.735704	72.801651	67.306283	78.603313
10	73.132199	82.249405	69.793207	79.970461	69.847793	64.742625	72.818645	67.313916	78.618293
11	73.138683	82.264600	69.795078	79.982372	69.856611	64.751276	72.840495	67.320022	78.636268
12	73.145167	82.424150	69.798821	80.018105	69.865430	64.754737	72.850206	67.342920	78.645256

6.1.2 Pérdida de Agua durante la Deshidratación Osmótica

La pérdida de agua para diferentes tratamientos en miel de abeja como soluto, se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 16

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 1

Día 1									
TIEMPO hora	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
0									
1	37.277470	38.235644	41.732307	47.698616	46.877017	51.285646	45.933518	53.625369	52.409131
2	49.444777	46.987706	46.055502	55.578124	55.472311	60.011016	59.203280	58.358891	59.788783
3	55.199704	49.988947	48.603369	57.567164	59.511747	62.464635	62.956956	61.414270	62.779949
4	55.497585	50.295023	51.793505	59.176791	61.575478	63.741519	63.725158	62.884092	64.196704
5	57.677936	53.723070	57.480005	61.388112	63.242112	65.486593	66.541306	65.803484	65.702006
6	60.663799	55.032393	61.079132	62.112444	65.035895	68.057885	67.209696	67.539494	66.850960
7	63.325343	56.754918	62.154629	65.783927	66.190020	69.615182	67.958292	69.362305	67.624128
8	68.412240	59.557211	66.105187	70.057103	69.190744	71.928595	69.774530	72.142816	70.176878
9	68.419290	59.558911	66.111246	70.072433	69.196612	71.931098	69.778095	72.157283	70.189837
10	68.426340	59.560611	66.117305	70.106925	69.202480	71.938609	69.779877	72.165963	70.189837
11	68.431628	59.565713	66.120334	70.118423	69.208349	71.948624	69.783442	72.168856	70.207114
12	68.442204	59.565713	66.126394	70.145250	69.225954	71.971157	69.785224	72.174643	70.215753

Tabla 17

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 2

Día 2									
TIEMPO hora	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
0									
1	47.531147	56.069506	50.022676	51.398785	57.127797	61.938385	53.632198	56.364409	61.757418
2	48.037530	56.693751	50.890401	54.824203	58.290825	62.365751	55.121511	60.039092	62.676014
3	51.328059	58.740457	51.966742	54.993576	61.881929	64.658664	56.092476	64.050310	64.501118
4	52.751662	59.612354	55.501134	61.952459	62.623274	68.122190	59.756601	64.456531	66.474285
5	57.333372	60.336888	60.238851	64.405443	65.571652	72.908692	60.466514	65.729583	69.402309
6	63.964687	65.895741	65.611489	67.944749	68.526831	74.532684	63.293017	66.844565	71.451018
7	64.602920	65.975562	69.182162	69.375657	71.342583	75.707013	64.476205	68.557831	72.351484
8	73.763663	71.792300	74.346183	72.923724	74.940488	76.870192	66.472599	70.884677	73.487641
9	73.811435	71.841421	74.452003	73.218666	75.675032	78.308373	66.649138	71.185519	74.188675
10	73.836276	71.857795	74.491308	73.224506	75.688635	78.315805	66.666041	71.192317	74.203783
11	73.842009	71.892589	74.515495	73.256629	75.709039	78.326954	66.681065	71.197417	74.221913
12	74.157303	71.931476	74.288738	73.501927	76.018500	78.475603	66.696090	71.285799	74.339759

Tabla 18

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3

Día 3									
TIEMPO hora	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
0									
1	53.389812	44.228334	56.809207	59.335843	54.410131	52.563371	60.291333	59.759113	69.459840
2	54.807547	51.572709	59.060541	63.097337	57.251451	54.399169	63.403739	60.600232	70.121933
3	59.065073	55.293015	60.879573	64.557625	58.196794	55.554979	66.530711	61.500885	72.147158
4	63.214540	60.418883	62.202676	66.446710	60.858216	58.269747	68.060209	62.677841	73.749963
5	66.153746	66.628679	63.690465	69.129068	64.512602	58.994723	69.701384	62.931245	75.403697
6	69.391195	72.613078	67.979789	74.260327	67.877740	63.609309	70.371449	66.304879	76.793793
7	72.455750	79.618092	68.413961	77.850303	69.824865	64.581711	71.058509	67.100202	78.444531
8	73.106265	82.229145	69.787592	79.920435	69.837211	64.708020	72.789512	67.295597	78.591330
9	73.117071	82.239275	69.789464	79.957120	69.842502	64.735704	72.801651	67.306283	78.603313
10	73.132199	82.249405	69.793207	79.970461	69.847793	64.742625	72.818645	67.313916	78.618293
11	73.138683	82.264600	69.795078	79.982372	69.856611	64.751276	72.840495	67.320022	78.636268
12	73.145167	82.424150	69.798821	80.018105	69.865430	64.754737	72.850206	67.342920	78.645256

6.1.3 Ganancia de sólidos durante la Deshidratación Osmótica

La pérdida de agua para diferentes tratamientos en miel de abeja como soluto, se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 19

Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del

día 1

Día 1									
TIEMPO	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
hora									
0									
1	13.813077	14.168126	15.463806	22.093260	21.712708	23.754716	25.530832	29.806128	29.130117
2	18.321644	17.411182	17.065756	25.742926	25.693915	27.796173	32.906450	32.437121	33.231885
3	20.454118	18.523284	18.009862	26.664218	27.564919	28.932651	34.992823	34.135366	34.894439
4	20.564497	18.636700	19.191959	27.409772	28.520807	29.524083	35.419807	34.952324	35.681902
5	21.372421	19.906955	21.299078	28.434022	29.292766	30.332375	36.985082	36.574984	36.518581
6	22.478825	20.392121	22.632726	28.769521	30.123619	31.523358	37.356587	37.539896	37.157194
7	23.465054	21.030399	23.031249	30.470095	30.658191	32.244673	37.772673	38.553054	37.586938
8	25.349991	22.068781	24.495118	32.449364	32.048080	33.316210	38.782177	40.098521	39.005811
9	25.352604	22.069412	24.497363	32.456465	32.050798	33.317370	38.784158	40.106562	39.013013
10	25.355216	22.070042	24.499609	32.472441	32.053516	33.320849	38.785149	40.111386	39.013013
11	25.357176	22.071932	24.500731	32.477766	32.056234	33.325488	38.787130	40.112995	39.022616
12	25.361094	22.071932	24.502976	32.490192	32.064389	33.335925	38.788121	40.116211	39.027418

Tabla 20

Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 2

Día 2									
TIEMPO	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
hora									
0									
1	17.612553	20.776421	18.535782	23.807121	26.460710	28.688900	29.809923	31.328545	34.326095
2	17.800191	21.007734	18.857316	25.393721	26.999407	28.886849	30.637716	33.371012	34.836670
3	19.019489	21.766135	19.256152	25.472172	28.662750	29.948891	31.177399	35.600533	35.851102
4	19.547002	22.089215	20.565812	28.695419	29.006130	31.553142	33.213998	35.826319	36.947830
5	21.244743	22.357689	22.321362	29.831603	30.371773	33.770176	33.608582	36.533909	38.575288
6	23.701961	24.417509	24.312180	31.470955	31.740566	34.522384	35.179613	37.153640	39.714005
7	23.938457	24.447086	25.635284	32.133729	33.044779	35.066315	35.837254	38.105910	40.214503
8	27.332948	26.602465	27.548800	33.777139	34.711273	35.605082	36.946893	39.399221	40.846004
9	27.350650	26.620666	27.588011	33.913751	35.051502	36.271224	37.045017	39.566435	41.235653
10	27.359855	26.626733	27.602575	33.916456	35.057803	36.274667	37.054412	39.570214	41.244051
11	27.361979	26.639626	27.611538	33.931335	35.067253	36.279831	37.062763	39.573048	41.254128
12	27.478811	26.654036	27.527513	34.044953	35.210591	36.348683	37.071114	39.622173	41.319629

Tabla 21

Ganancia de sólidos de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración del día 3

Día 3									
TIEMPO	Muestra 1 (40 °Brix, 30 °C)	Muestra 2 (40 °Brix, 40 °C)	Muestra 3 (40 °Brix, 50 °C)	Muestra 4 (50 °Brix, 30 °C)	Muestra 5 (50 °Brix, 40 °C)	Muestra 6 (50 °Brix, 50 °C)	Muestra 7 (60 °Brix, 30 °C)	Muestra 8 (60 °Brix, 40 °C)	Muestra 9 (60 °Brix, 50 °C)
hora									
0									
1	19.783467	16.388703	21.050515	27.483443	25.201929	24.346538	33.511213	33.215394	38.607266
2	20.308805	19.110144	21.884742	29.225708	26.517985	25.196852	35.241155	33.682906	38.975271
3	21.886421	20.488694	22.558780	29.902091	26.955853	25.732205	36.979193	34.183508	40.100935
4	23.423996	22.388072	23.049052	30.777086	28.188582	26.989643	37.829321	34.837685	40.991807

5	24.513112	24.689097	23.600349	32.019513	29.881237	27.325441	38.741521	34.978533	41.910988
6	25.712741	26.906602	25.189747	34.396232	31.439917	29.462846	39.113958	36.853671	42.683633
7	26.848304	29.502293	25.350629	36.059053	32.341795	29.913248	39.495840	37.295728	43.601149
8	27.089351	30.469812	25.859625	37.017906	32.347513	29.971752	40.457968	37.404333	43.682743
9	27.093355	30.473566	25.860318	37.034899	32.349964	29.984575	40.464716	37.410273	43.689404
10	27.098961	30.477320	25.861705	37.041078	32.352415	29.987780	40.474161	37.414515	43.697730
11	27.101363	30.482950	25.862399	37.046595	32.356500	29.991787	40.486306	37.417909	43.707721
12	27.103766	30.542071	25.863786	37.063146	32.360584	29.993390	40.491704	37.430636	43.712716

6.1.4 Cinética y coeficiente durante la deshidratación osmótica

Tabla 22

Coeficiente de difusividad y cinética de deshidratación de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración de los días 1, 2 y 3.

Día	Concentraciones de soluto	Temperatura	Coeficiente de difusividad	Cinética de deshidratación (PP%)	Cinética de deshidratación (PA%)	Cinética de deshidratación (GS%)
1	40	30	0.001498756	3.6419	3.6419	1.3495
1	40	40	0.002379013	2.5791	2.5791	0.9557
1	40	50	0.001229795	3.5026	3.5026	1.2979
1	50	30	0.000894692	2.6594	2.6594	1.2318
1	50	40	0.001064146	2.7146	2.7146	1.2573
1	50	50	0.001283624	2.5125	2.5125	1.1637
1	60	30	0.003628888	2.6933	2.6933	1.497
1	60	40	0.000945364	2.4516	2.4516	1.3627
1	60	50	0.000482455	2.1103	2.1103	1.173
2	40	30	0.001038703	6.4022	3.6779	1.3628
2	40	40	0.001025402	5.6148	2.1269	0.7881
2	40	50	0.000371094	6.543	3.6595	1.356
2	50	30	0.000981655	6.3546	3.1516	1.4598
2	50	40	0.000785591	6.1095	2.5337	1.1736
2	50	50	0.000274565	2.2917	2.4881	1.1339
2	60	30	0.000264632	5.319	1.8925	1.0519
2	60	40	0.000770939	5.5902	1.832	1.0183
2	60	50	0.000236686	5.8031	1.8365	1.0208
3	40	30	0.000714124	7.4451	7.4451	1.2368
3	40	40	0.000669879	5.5286	5.5286	2.1119
3	40	50	0.000147018	1.9096	6.5472	0.734
3	50	30	0.001363107	2.972	2.972	1.3638
3	50	40	0.001395996	6.9114	6.9114	1.221
3	50	50	6.86592E-05	6.2358	6.2358	0.958
3	60	30	0.000499866	1.6539	1.6539	0.9808
3	60	40	0.000557129	6.0786	6.0786	0.6921
3	60	50	8.40717E-05	7.1813	7.1813	0.8646

Anexo 2. Gráficas de la cinética de deshidratación y coeficiente de difusividad del tomate

Cherry deshidratado osmóticamente.

Variación de la Humedad durante la Deshidratación Osmótica

Figura 11

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 30 °C del día 1.

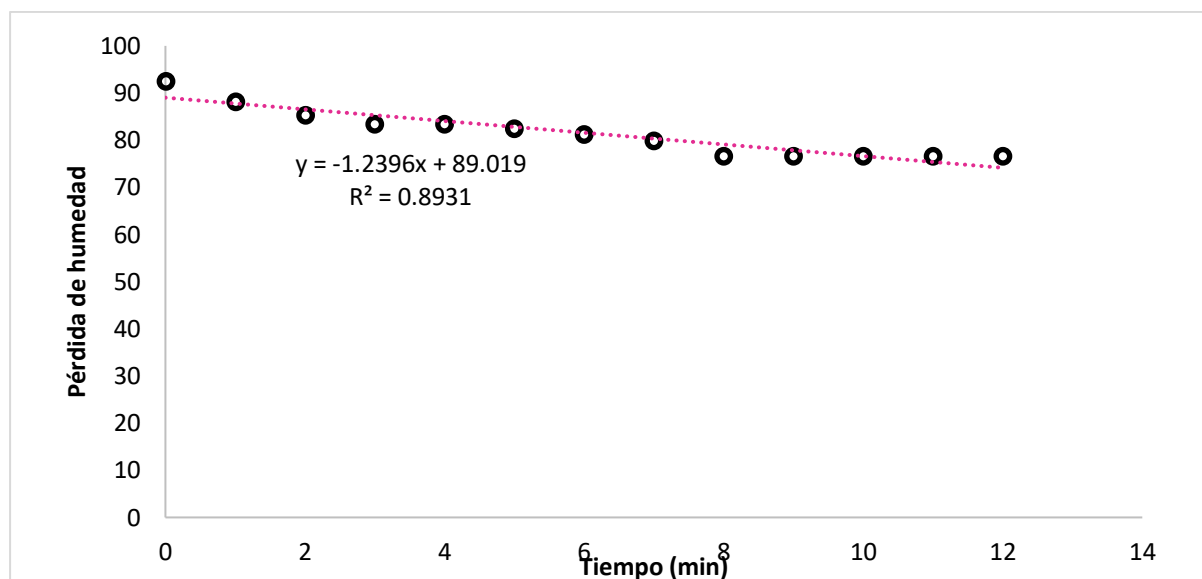


Figura 12

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 30 °C del día 2.

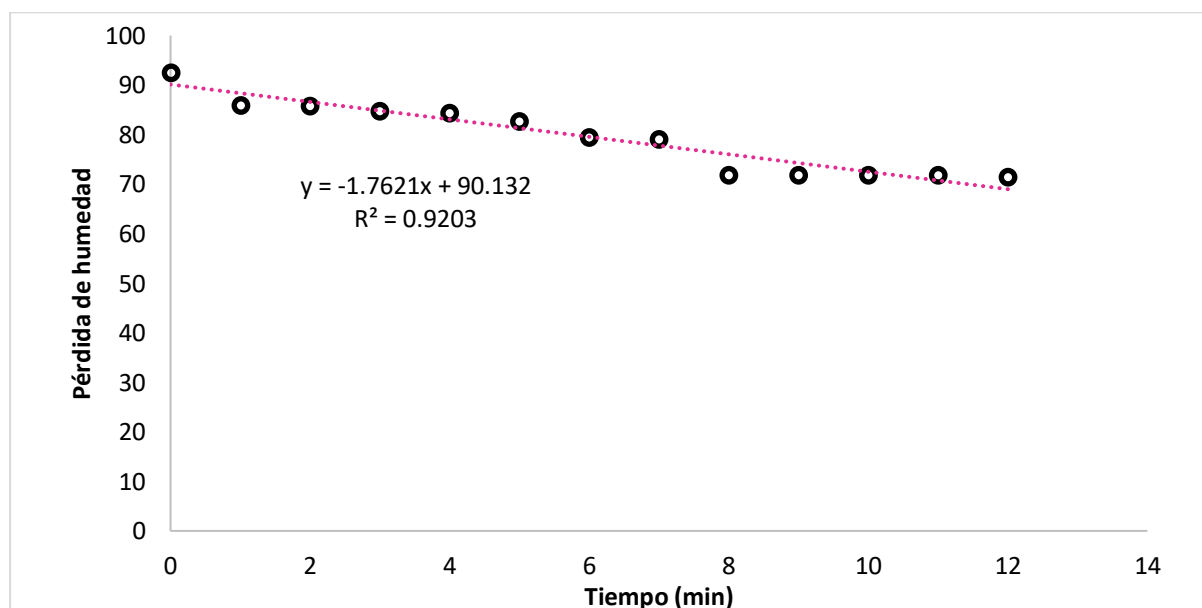
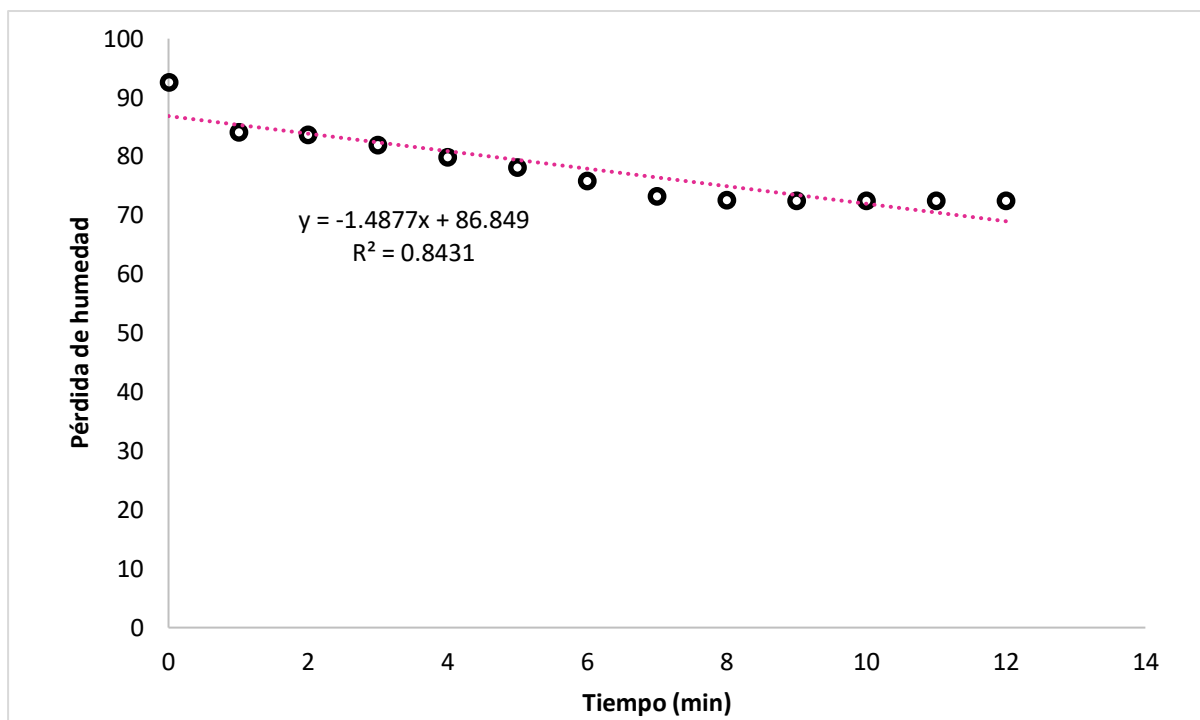


Figura 13

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 30 °C del día 3.

**Figura 14**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.

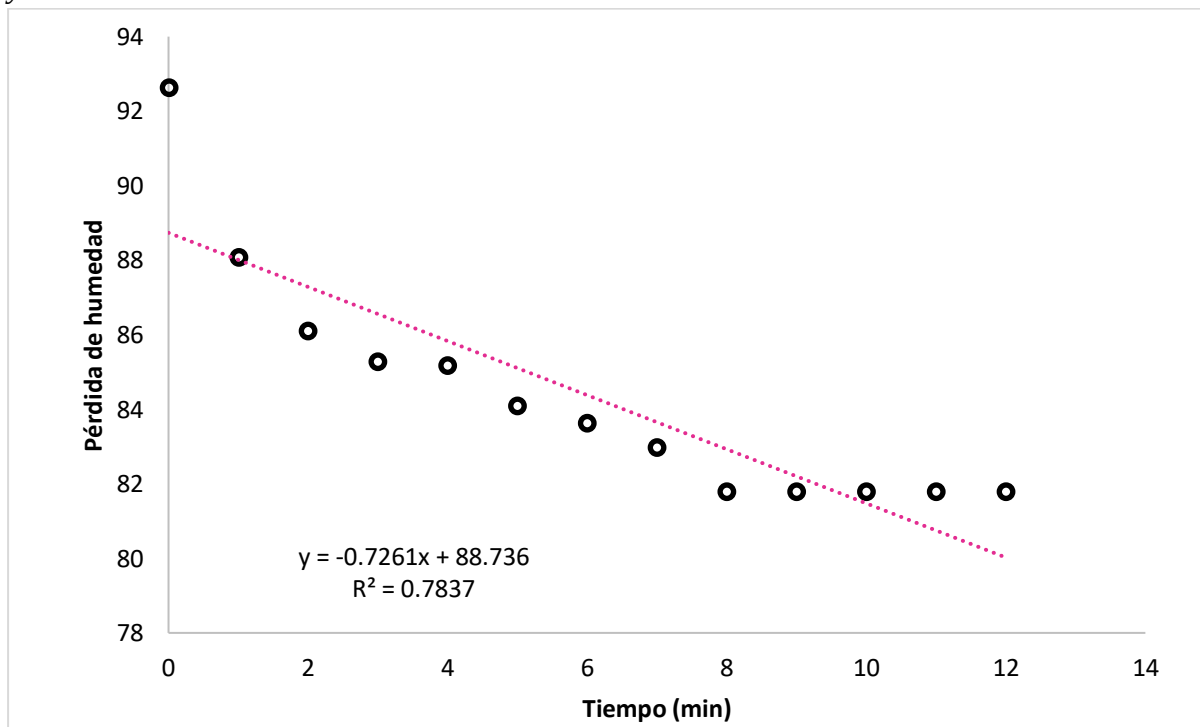
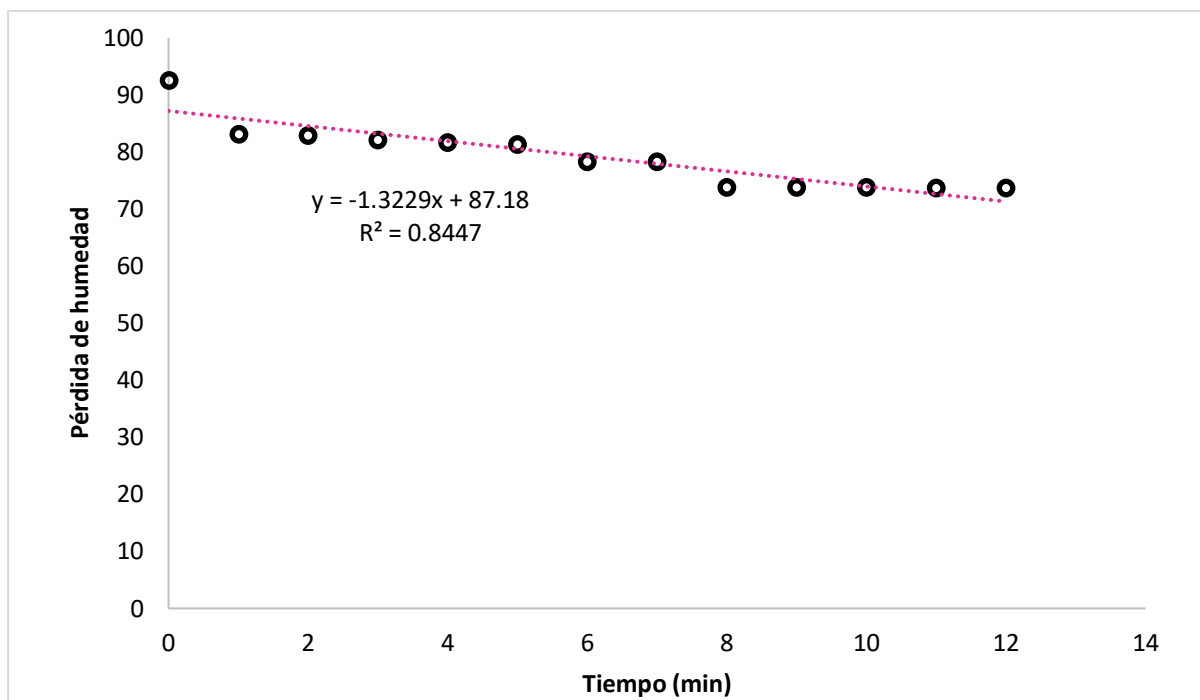


Figura 15

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 40 °C del día 2.

**Figura 16**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 40 °C del día 3.

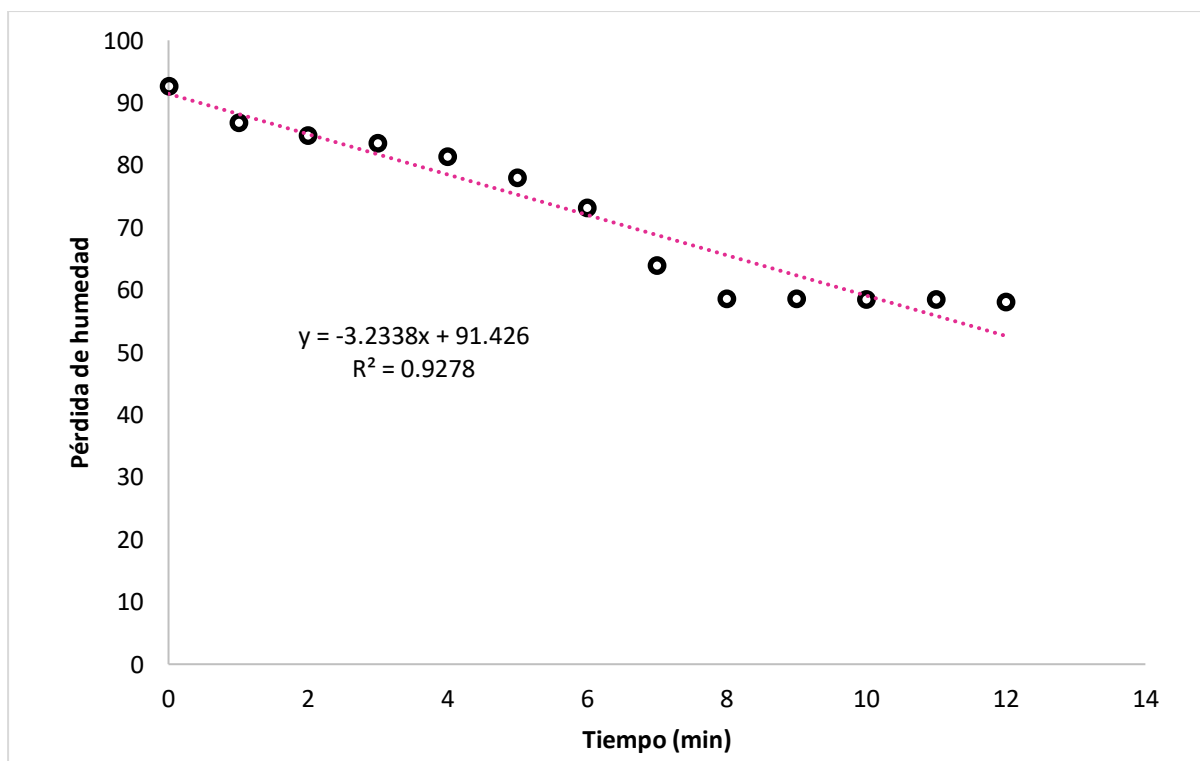
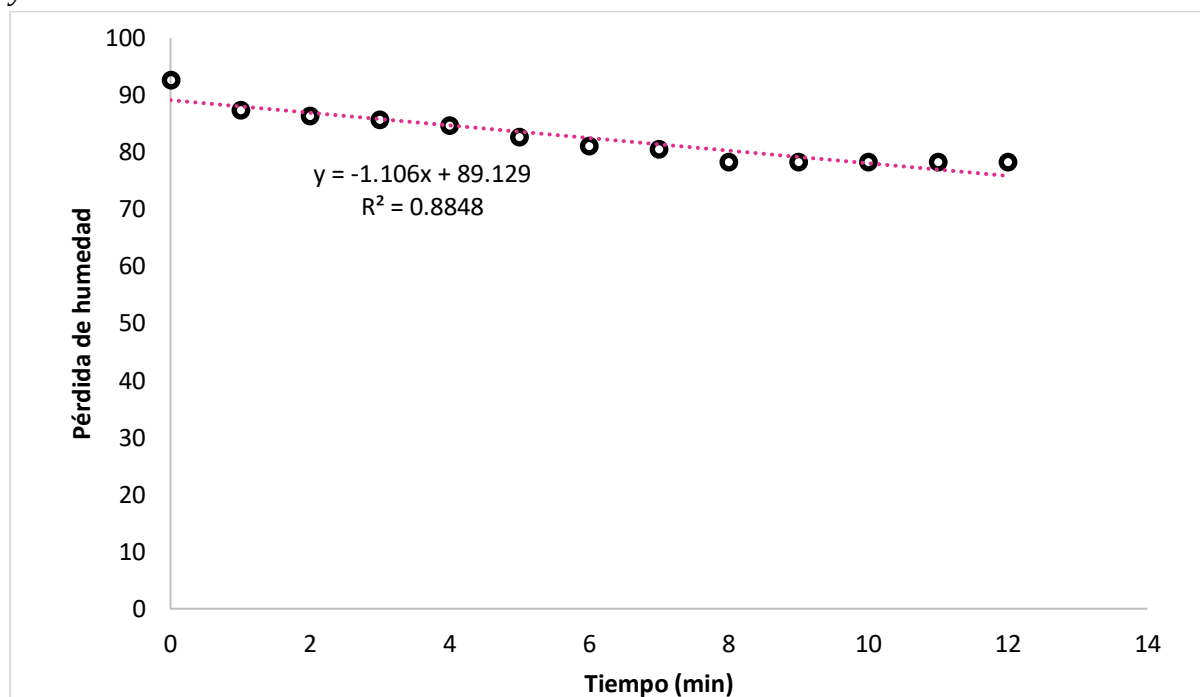


Figura 17

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 1.

**Figura 18**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 2.

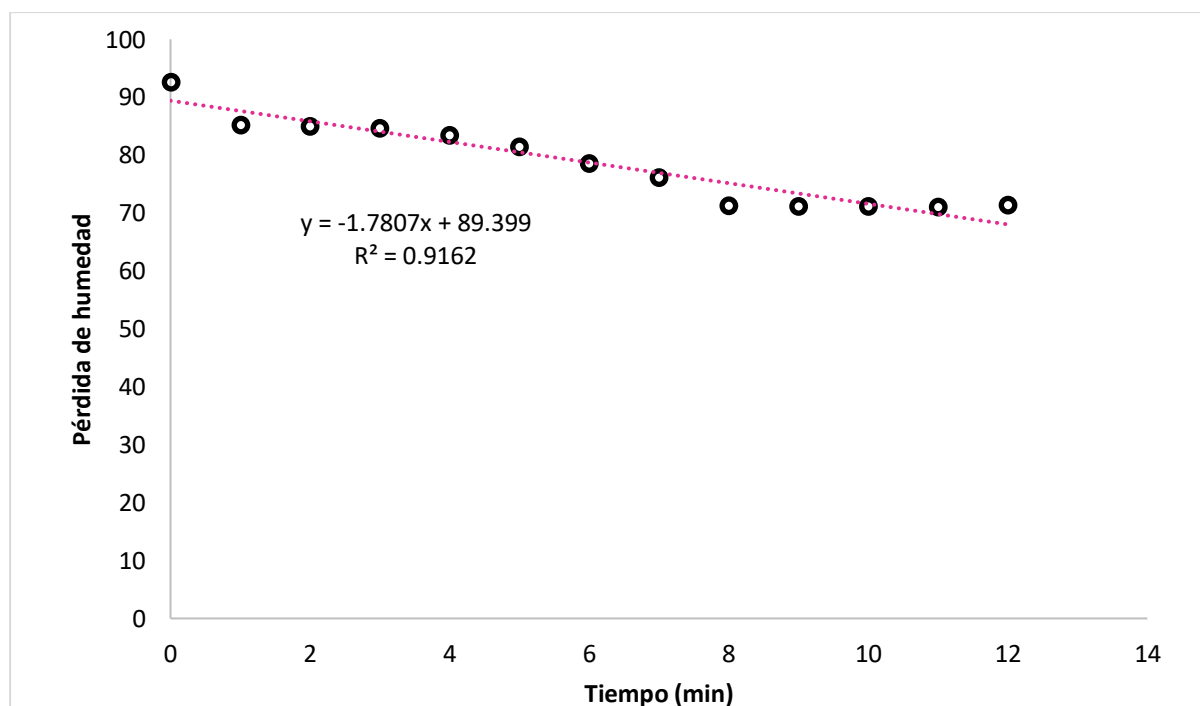
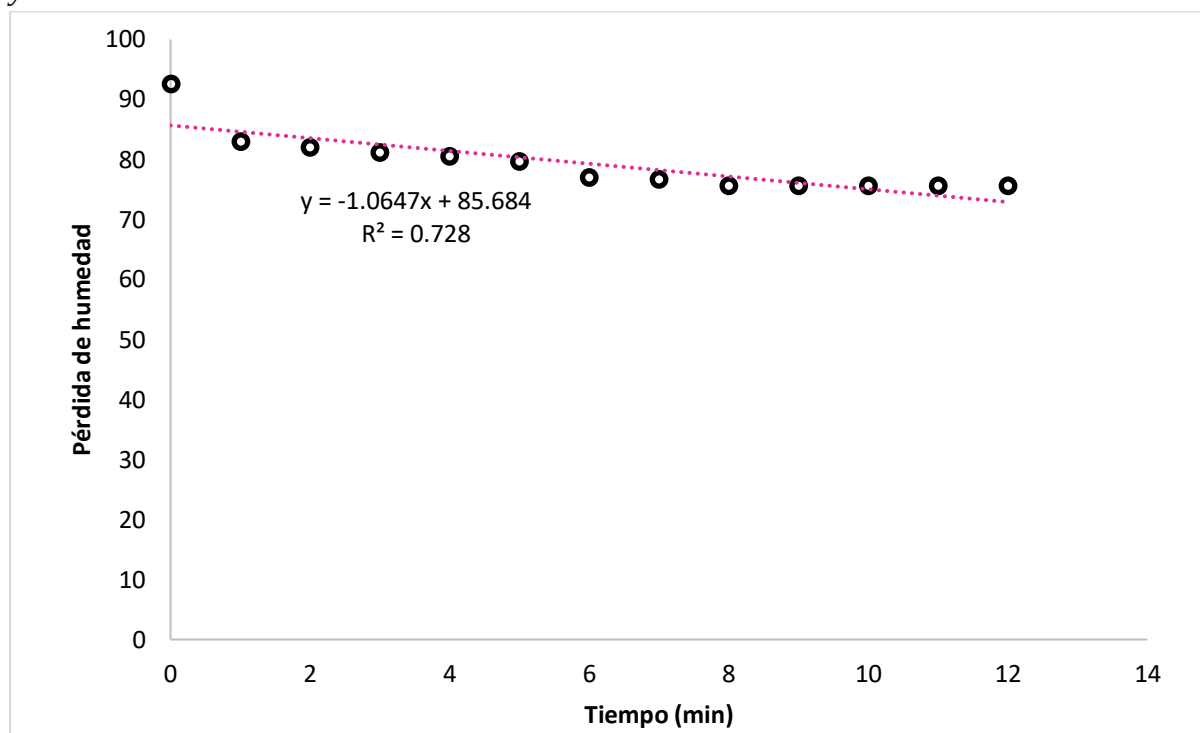


Figura 19

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 40 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.

**Figura 20**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 30 °C del día 1.

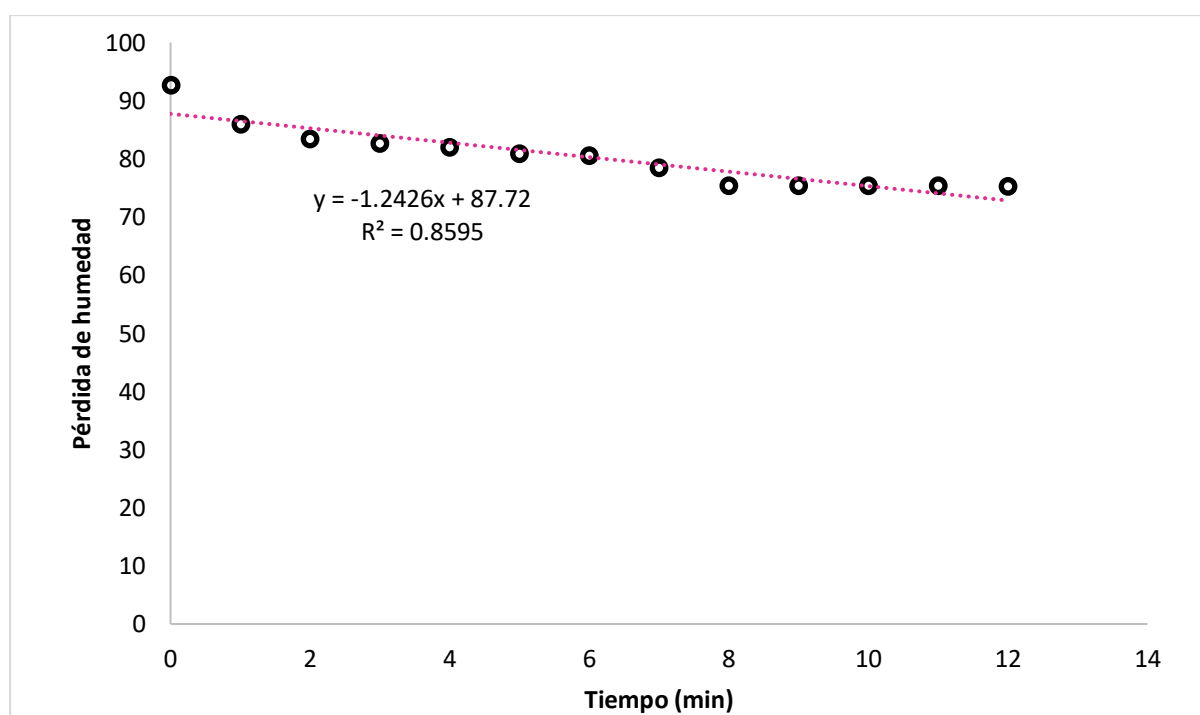
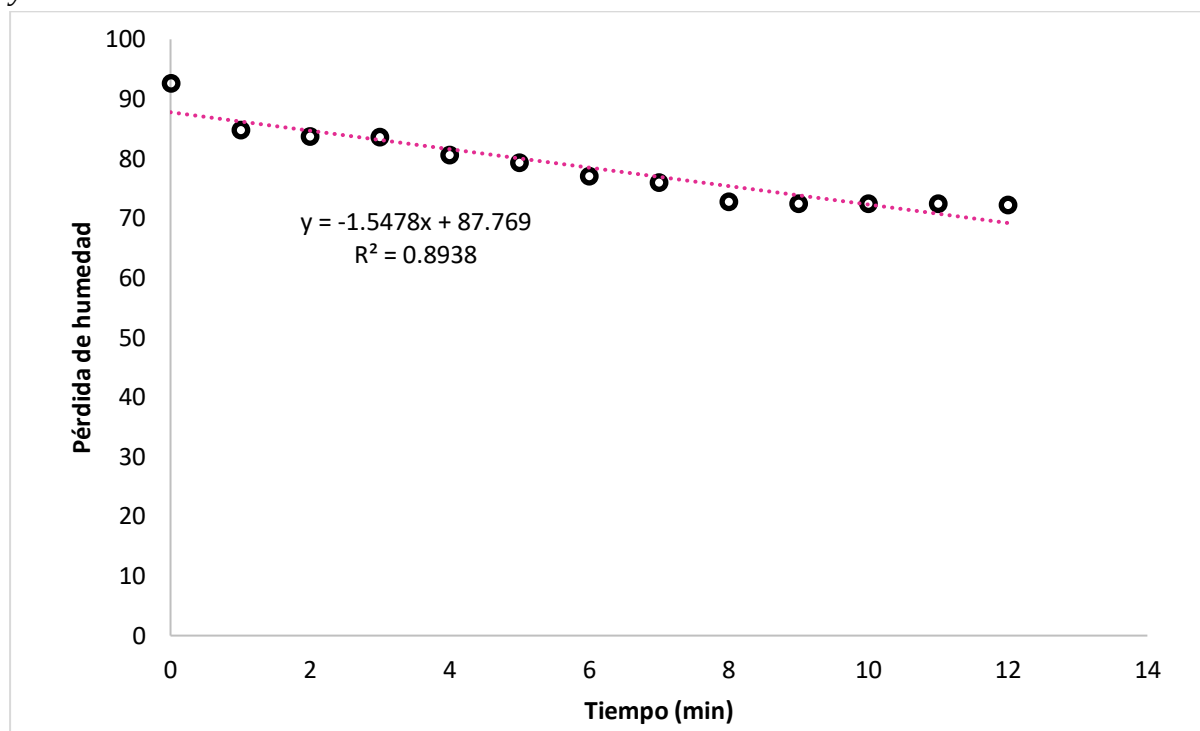


Figura 21

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 30 °C del día 2.

**Figura 22**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 30 °C del día 3.

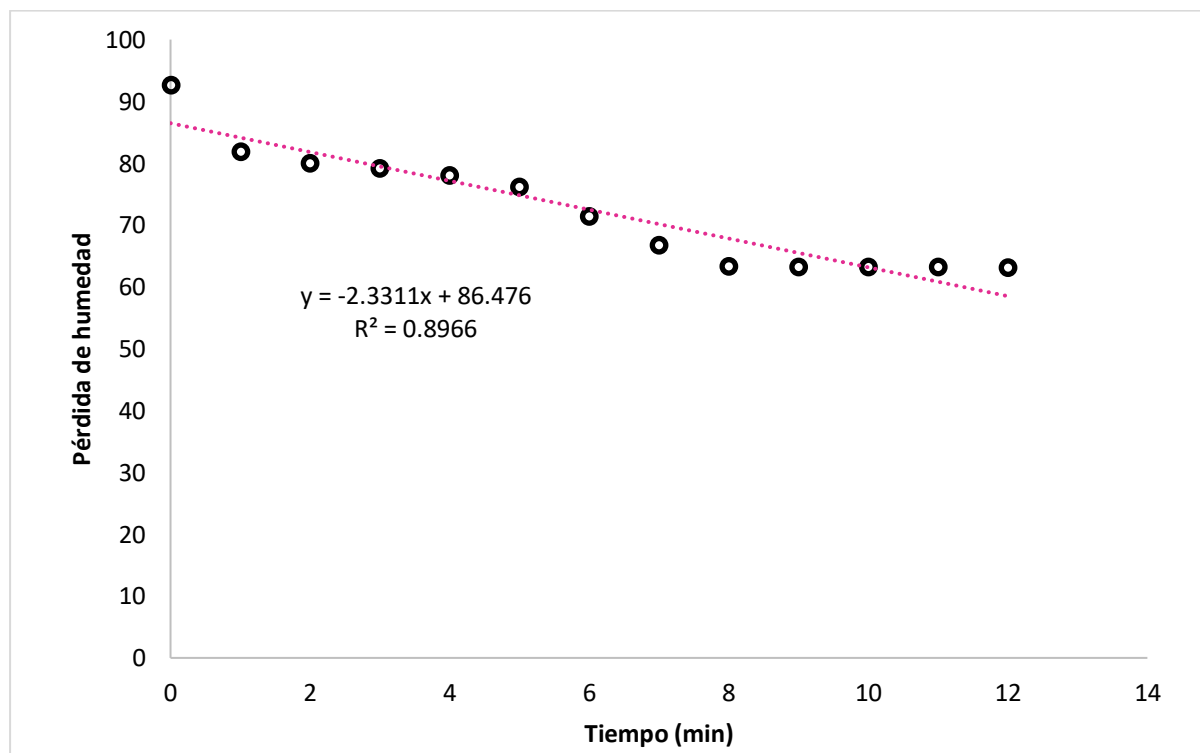
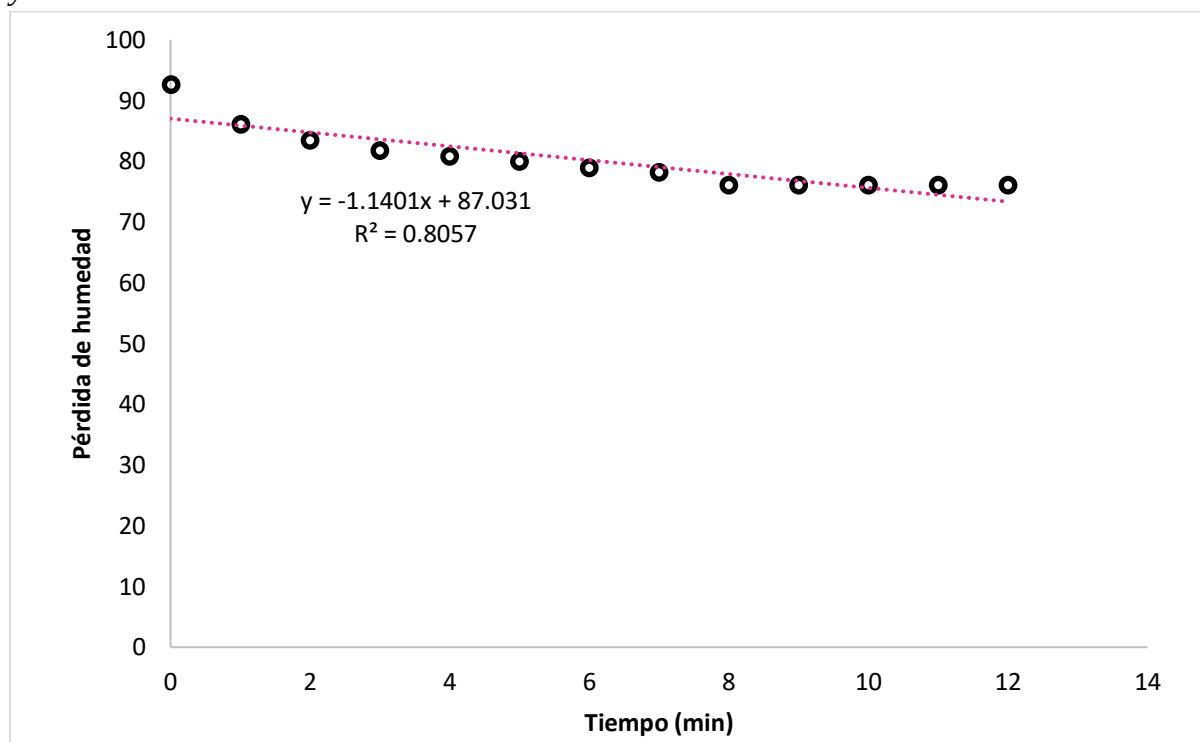


Figura 23

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.

**Figura 24**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 40 °C del día 2.

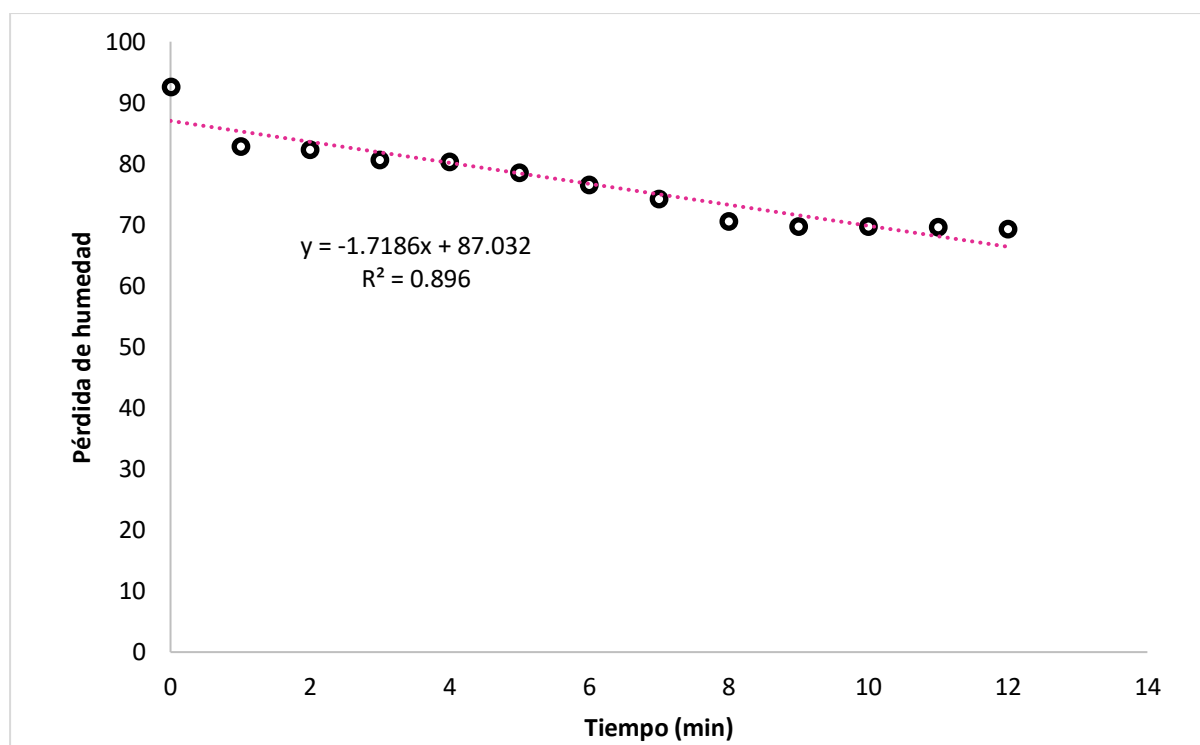
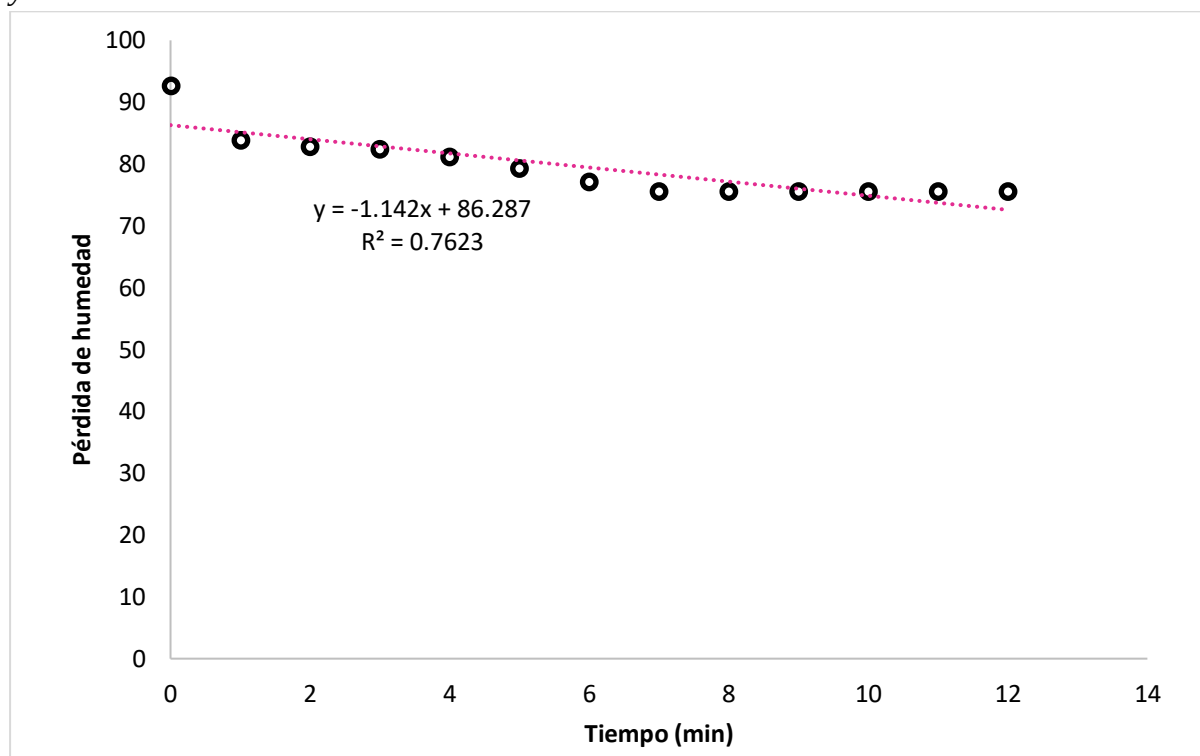


Figura 25

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 40 °C del día 3.

**Figura 26**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 1.

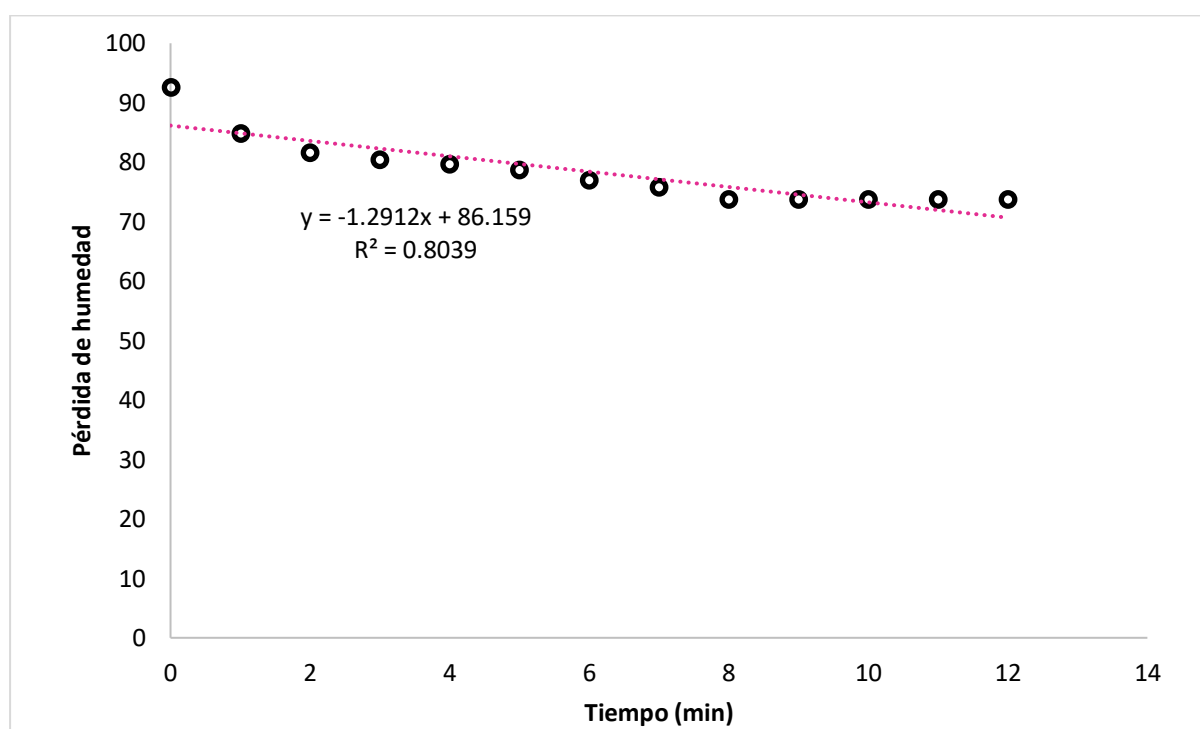
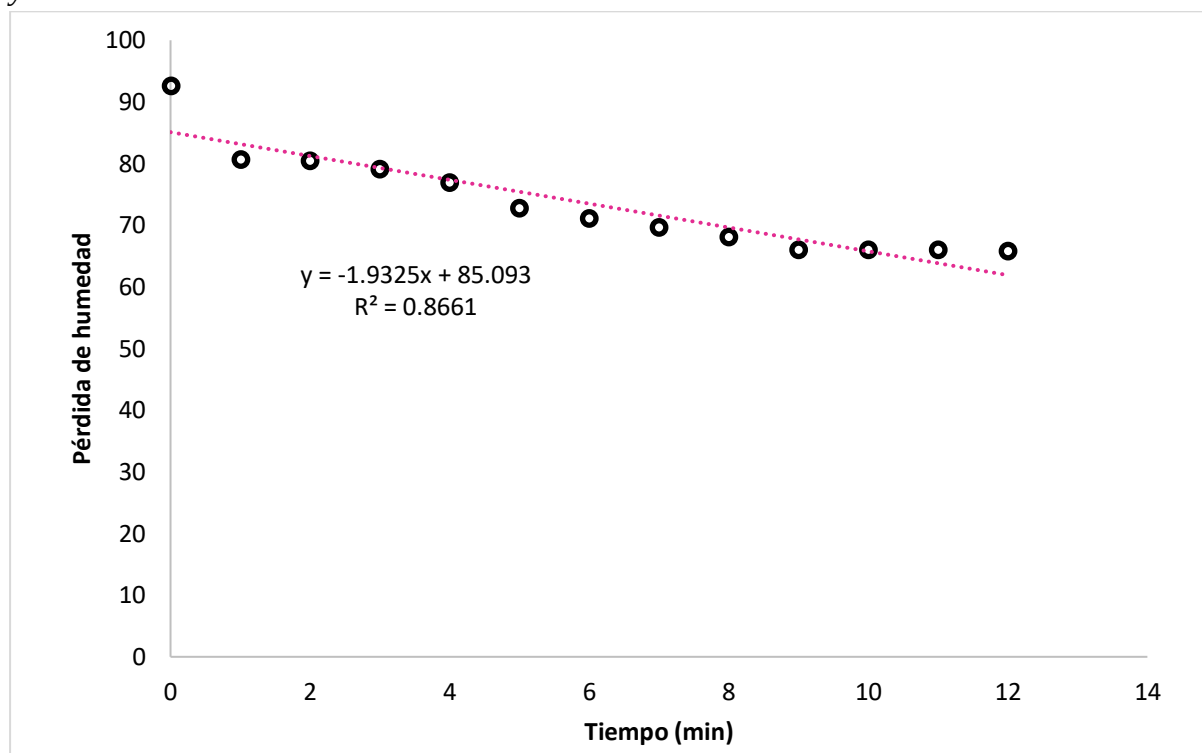


Figura 27

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 2.

**Figura 28**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 50 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.

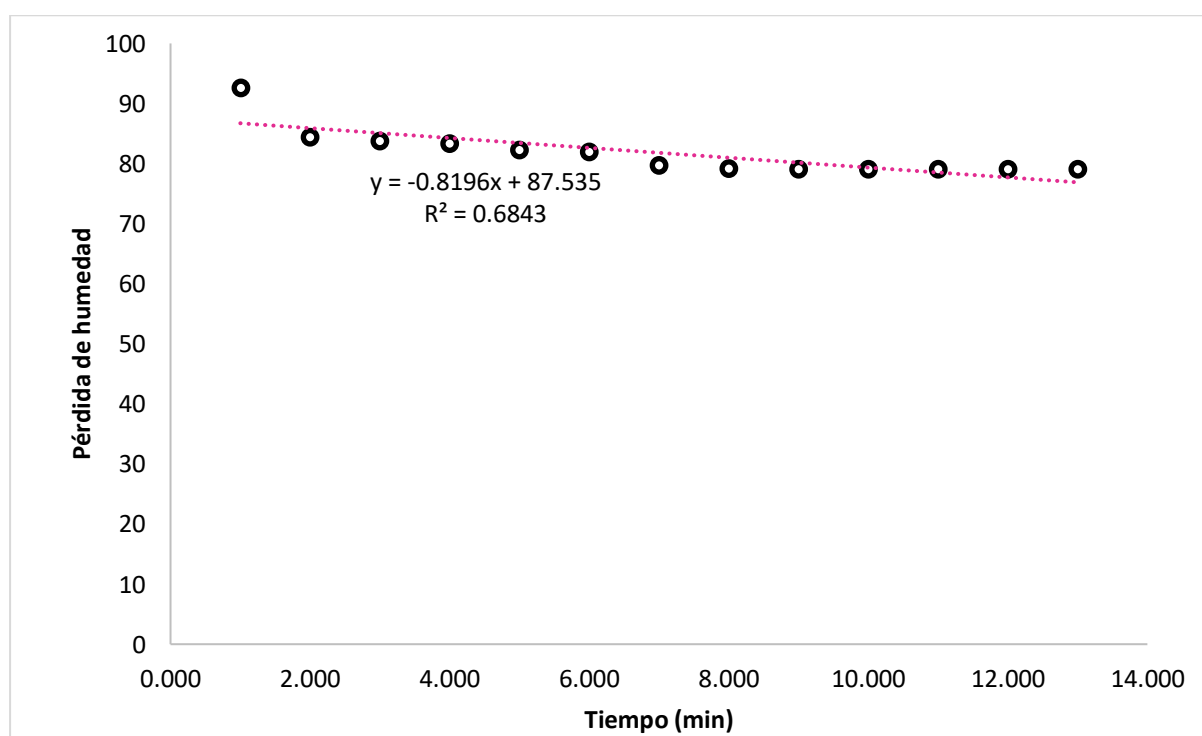
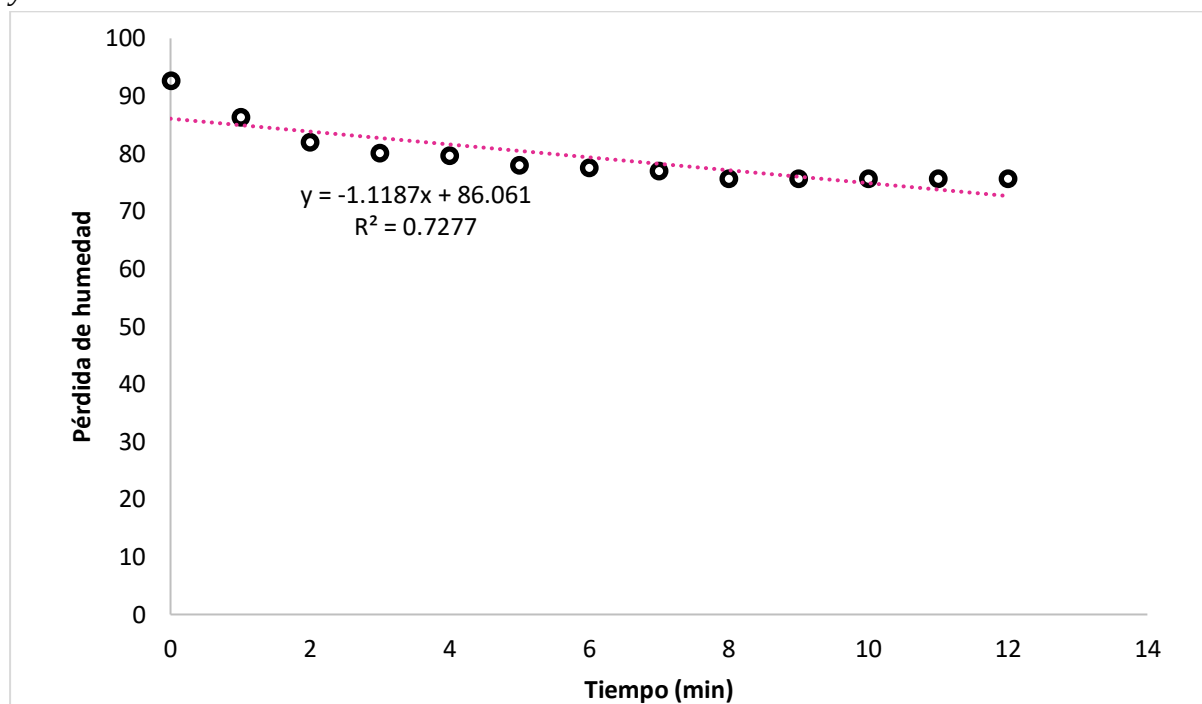


Figura 29

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 30 °C del día 1.

**Figura 30**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 30 °C del día 2.

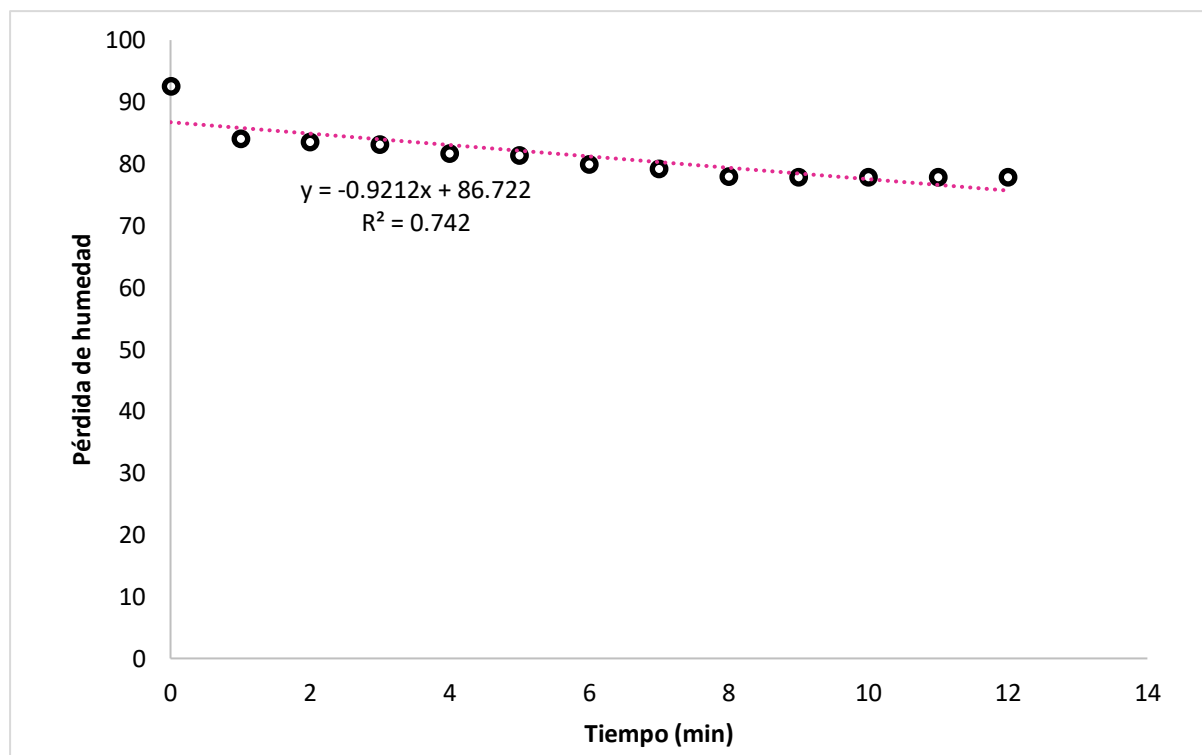
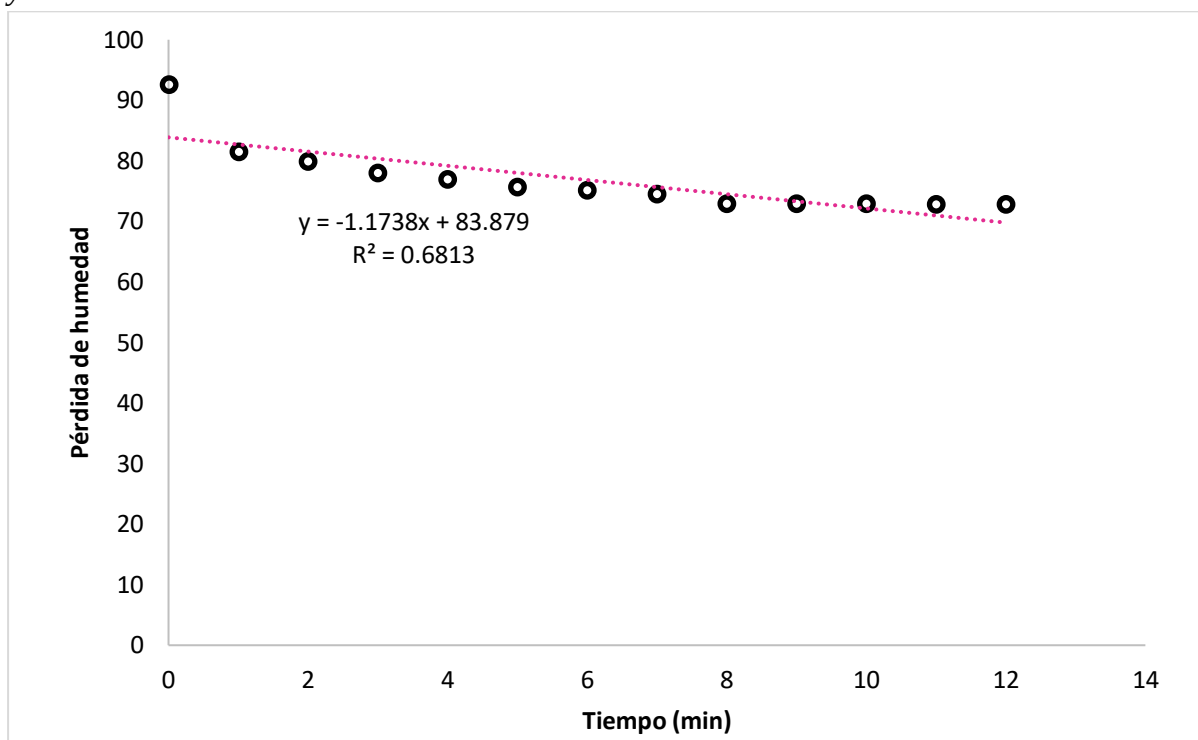


Figura 31

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 30 °C del día 3.

**Figura 32**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 40 °C del día 1.

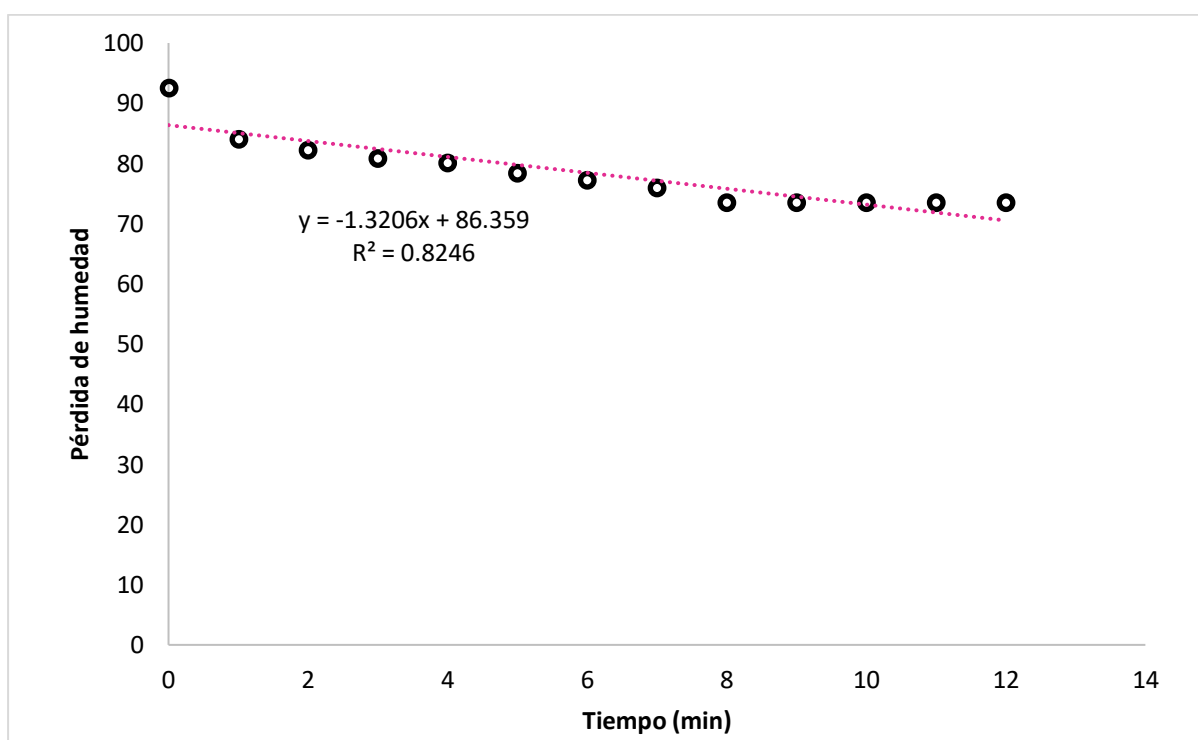
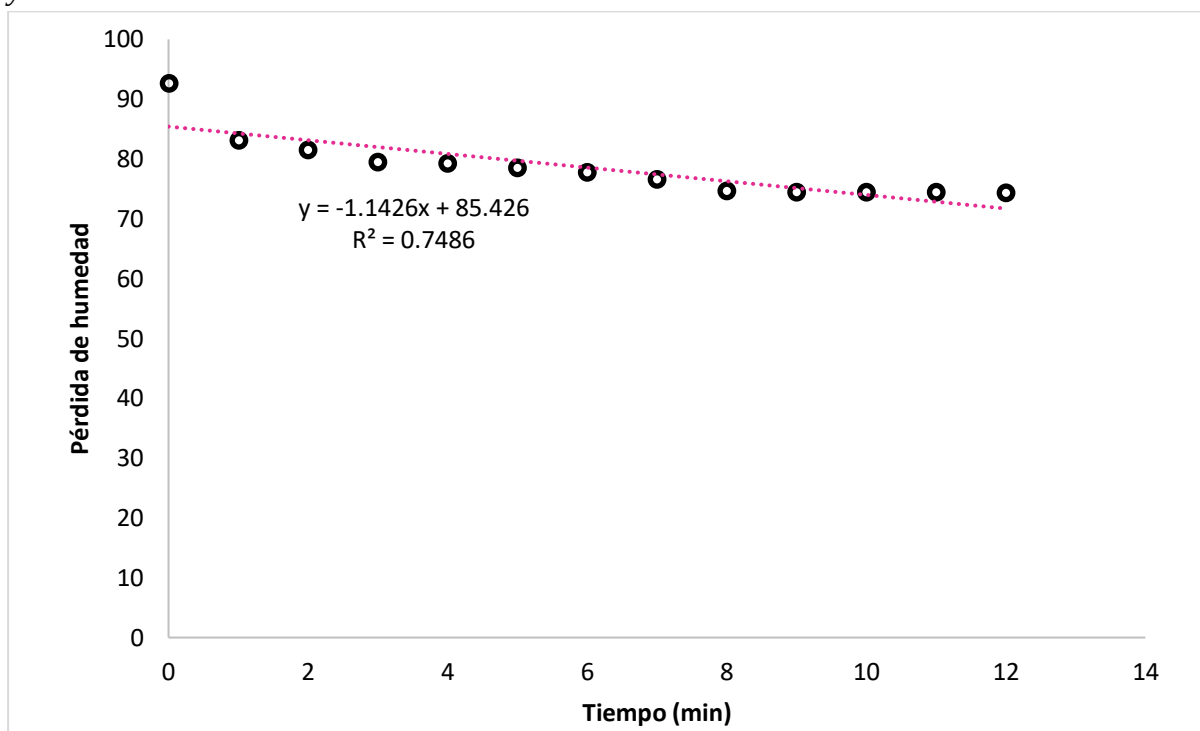


Figura 33

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 40 °C del día 2.

**Figura 34**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 40 °C del día 3.

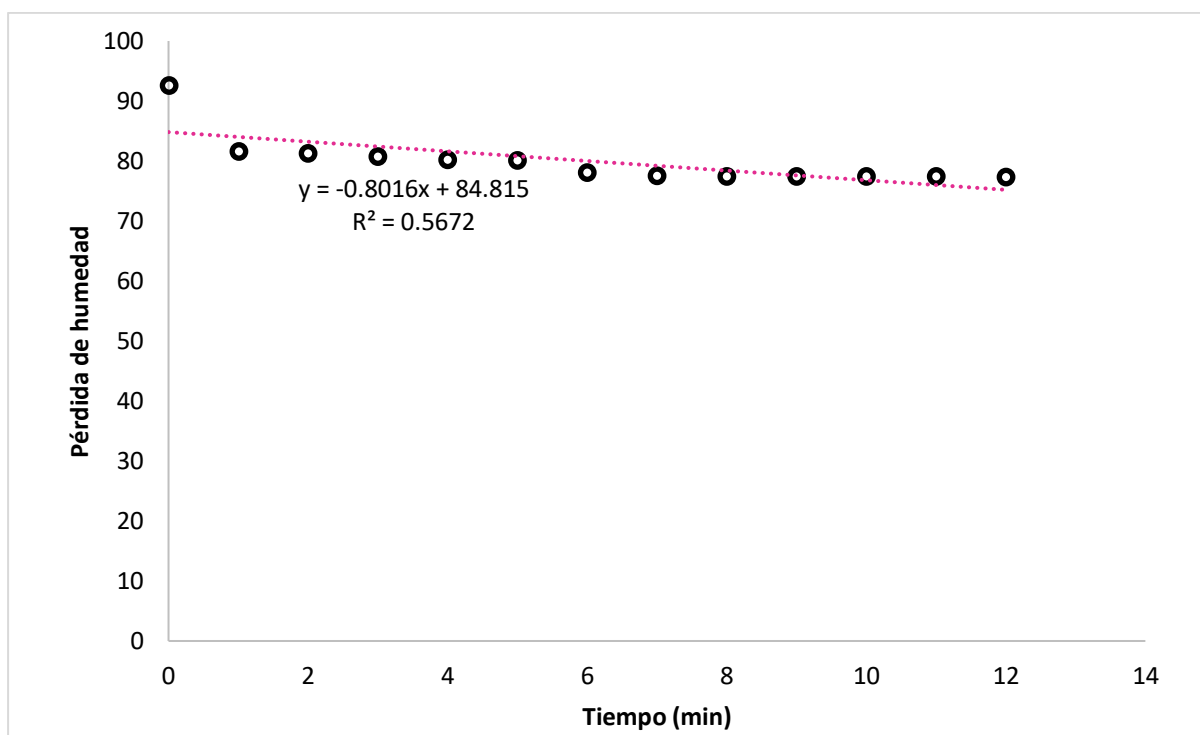
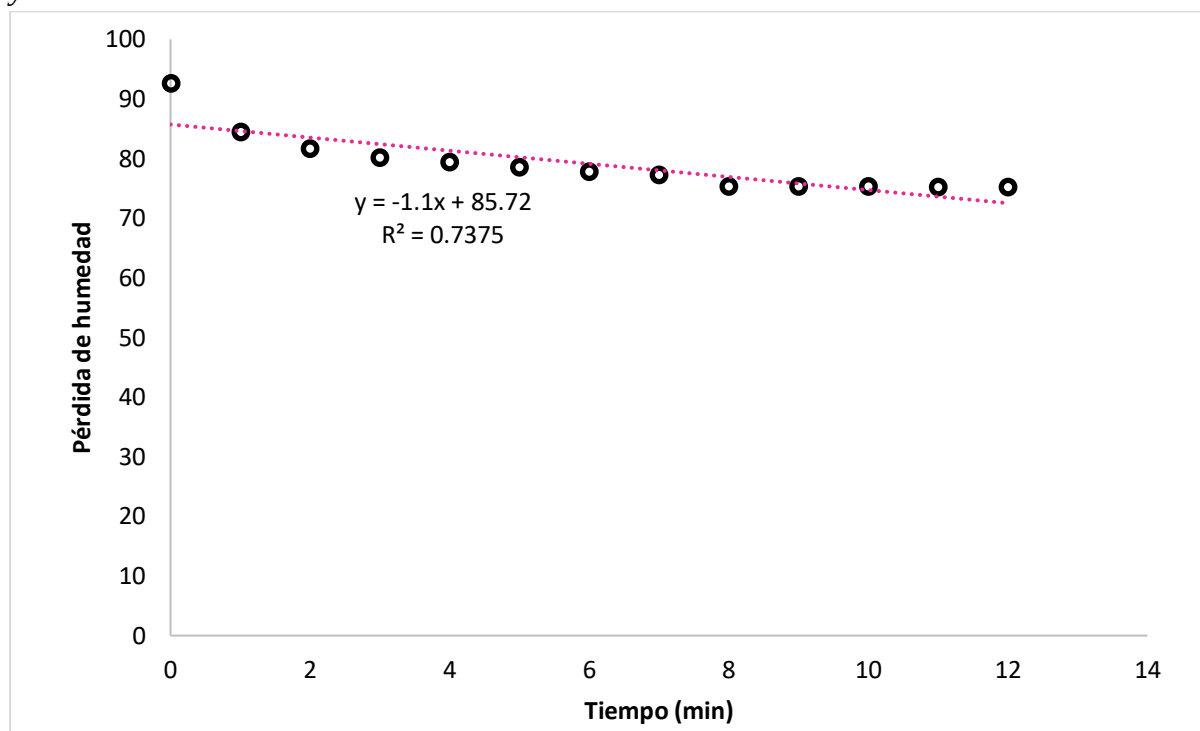


Figura 35

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 50 °C del día 1.

**Figura 36**

Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 50 °C del día 2

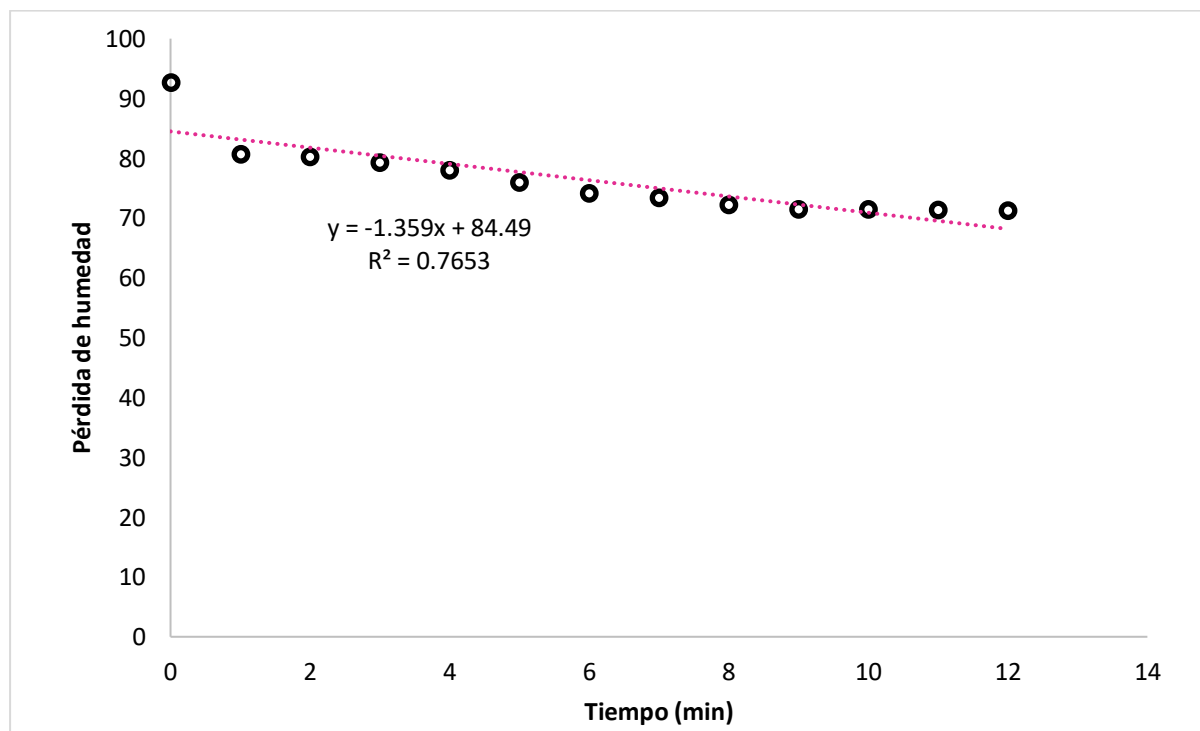
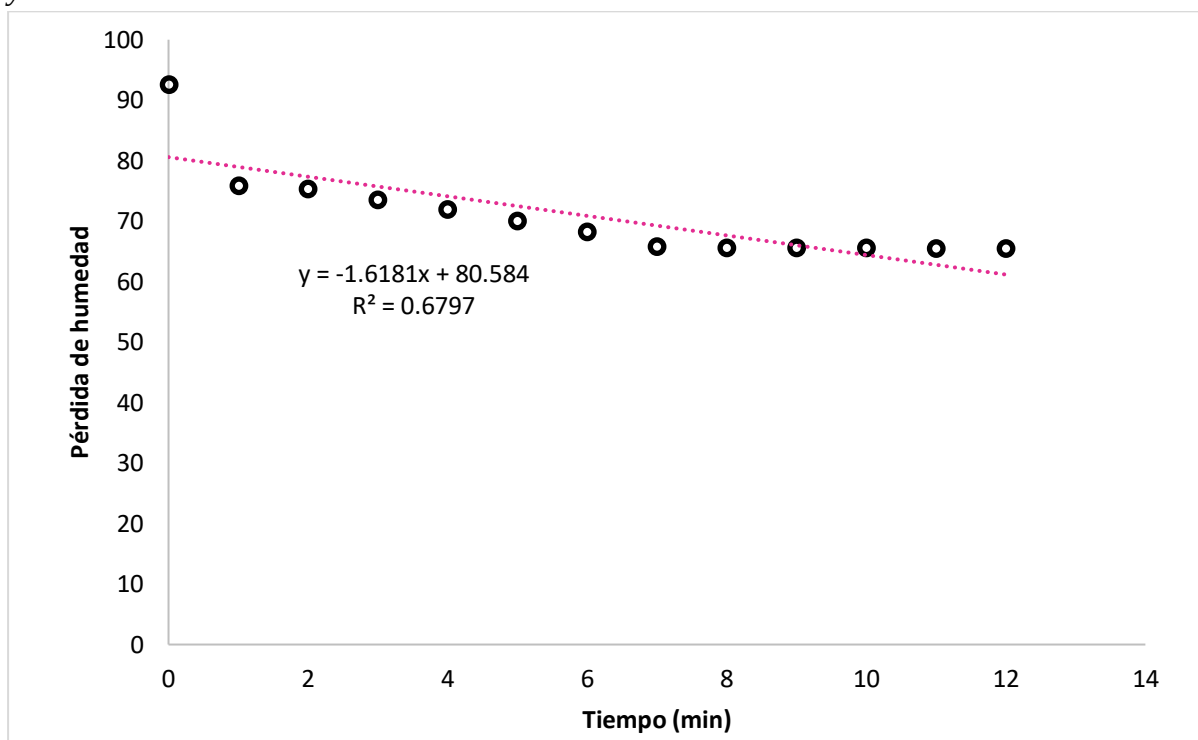


Figura 37

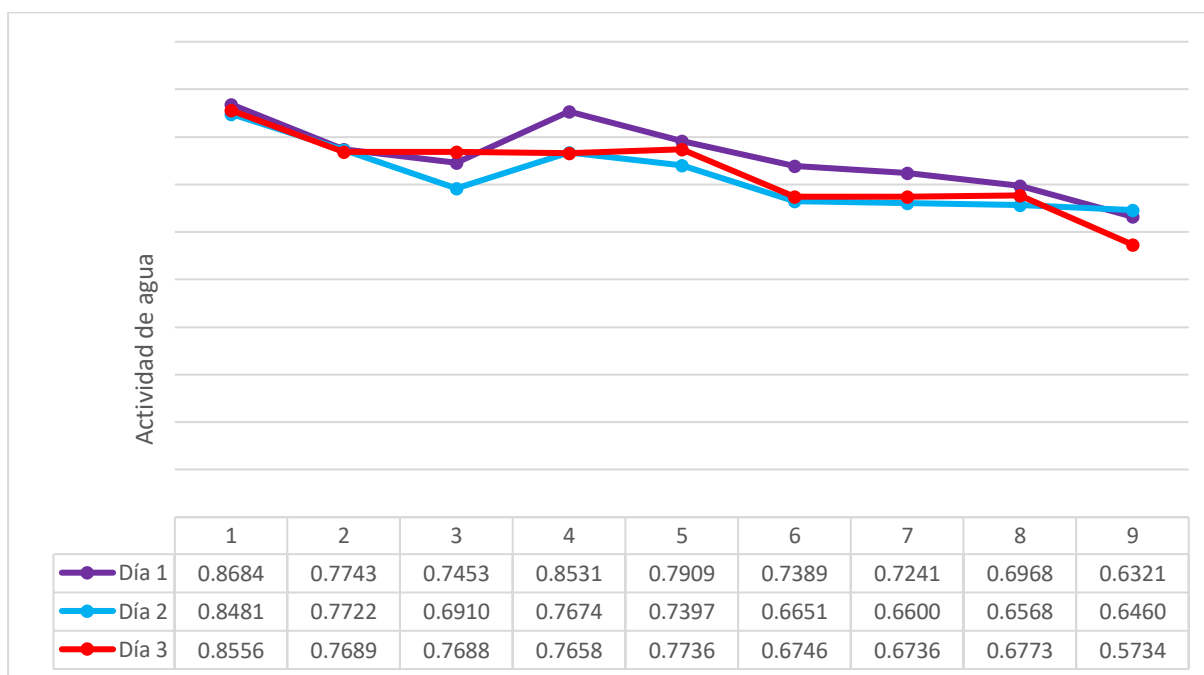
Pérdida de humedad por cada 1 hora de deshidratación osmótica a 60 °Brix de concentración y 50 °C del día 3.



Variación de la Actividad de Agua durante la Deshidratación Osmótica

Figura 38

Actividad de agua en el tomate Cherry durante los 3 días



Variación de Peso durante la Deshidratación Osmótica

Figura 39

Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 1.

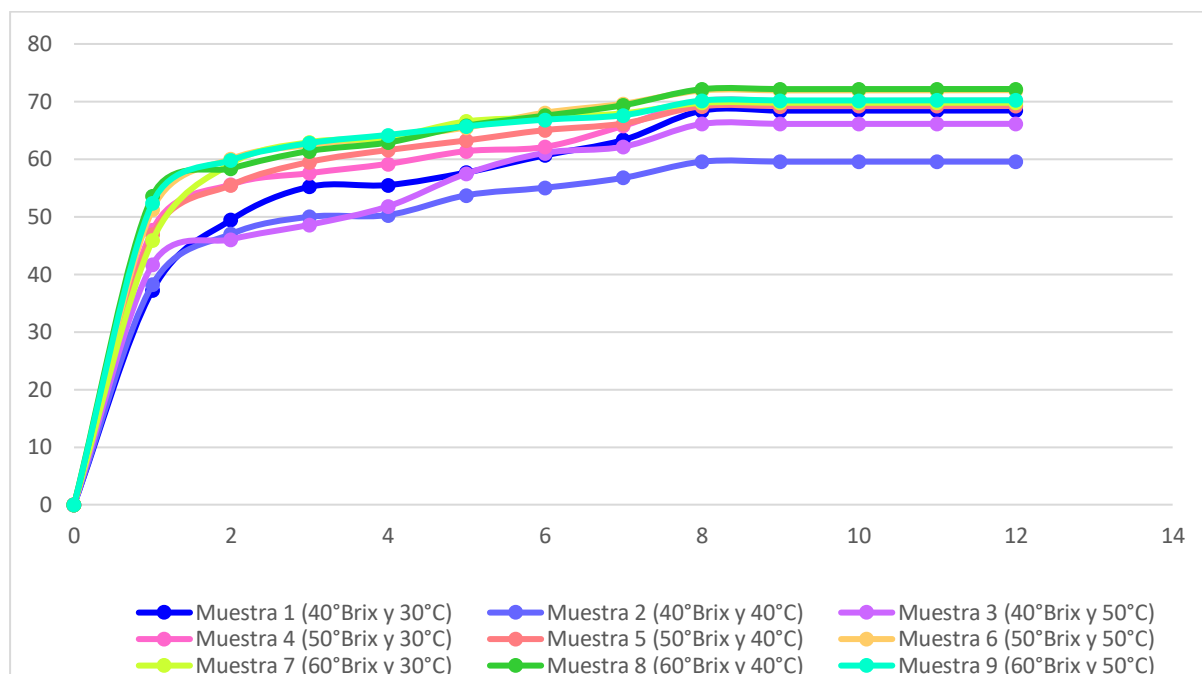


Figura 40

Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 2.

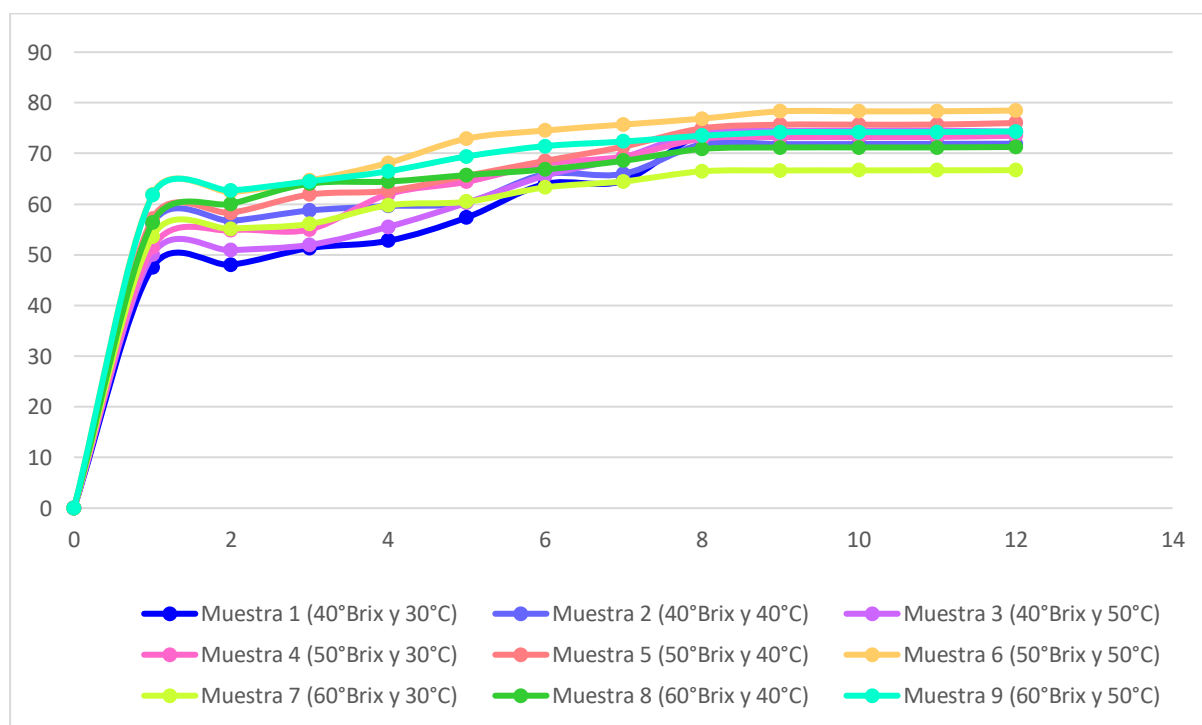
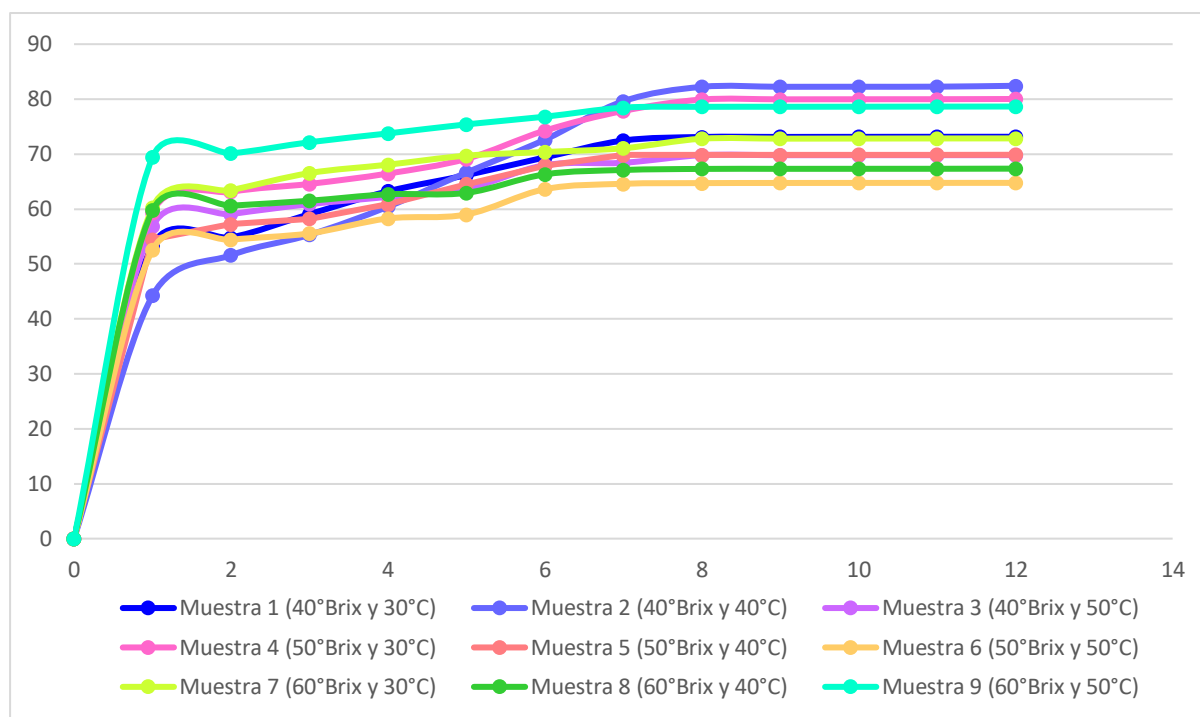


Figura 41

Variación de peso de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 3.



Pérdida de Agua durante la Deshidratación Osmótica

Figura 42

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 1.

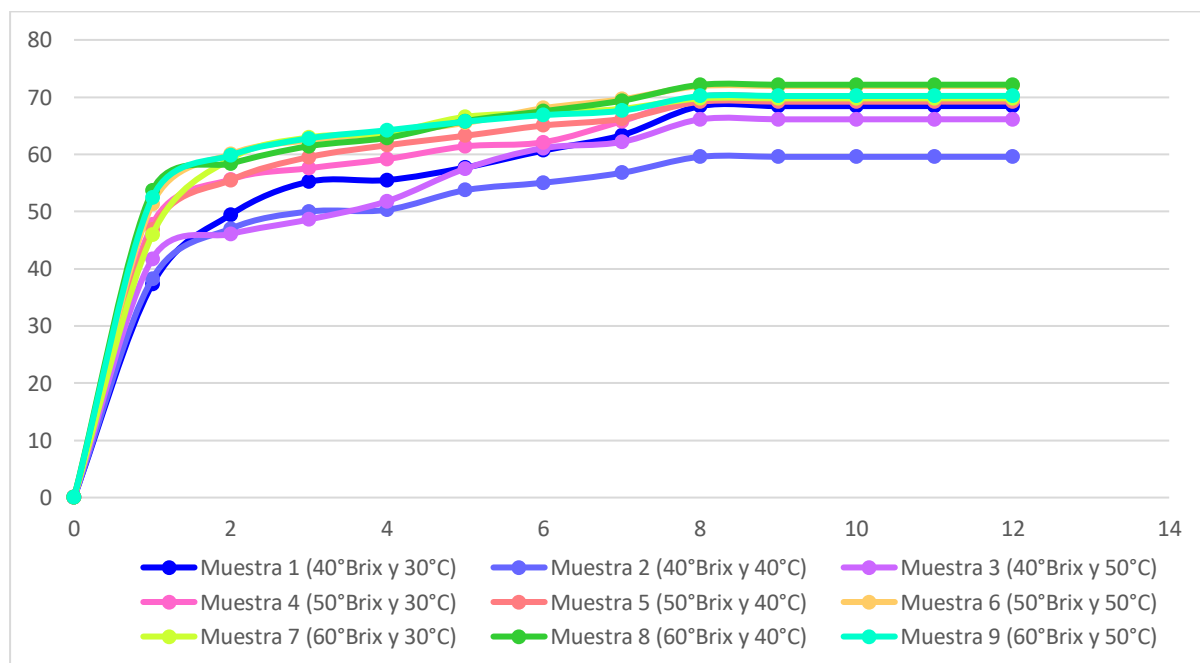
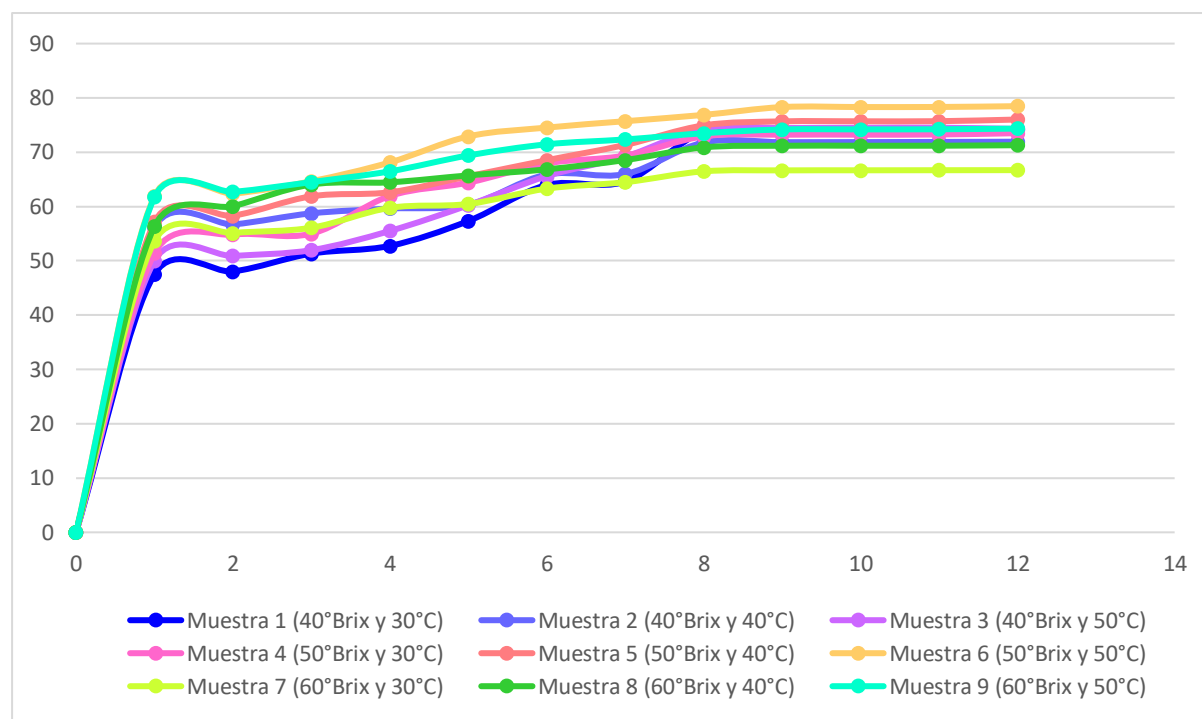
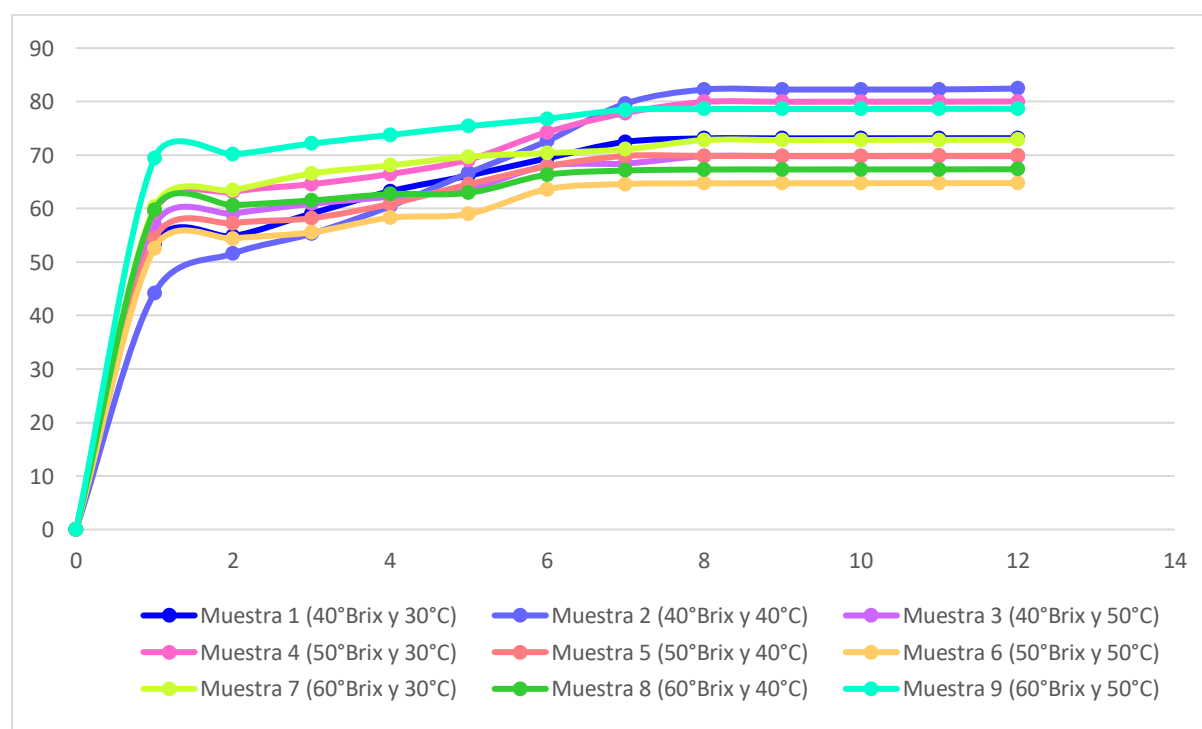


Figura 43

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 2.

**Figura 44**

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 3.



Ganancia de sólidos durante la Deshidratación Osmótica

Figura 45

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 1.

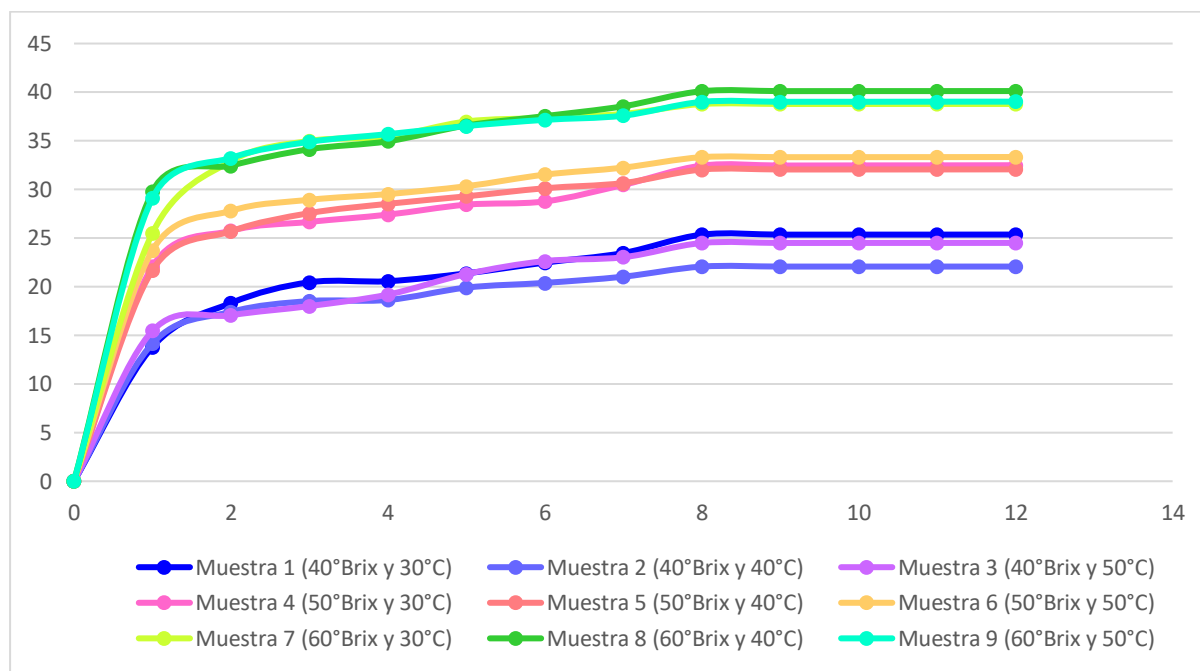


Figura 46

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 2.

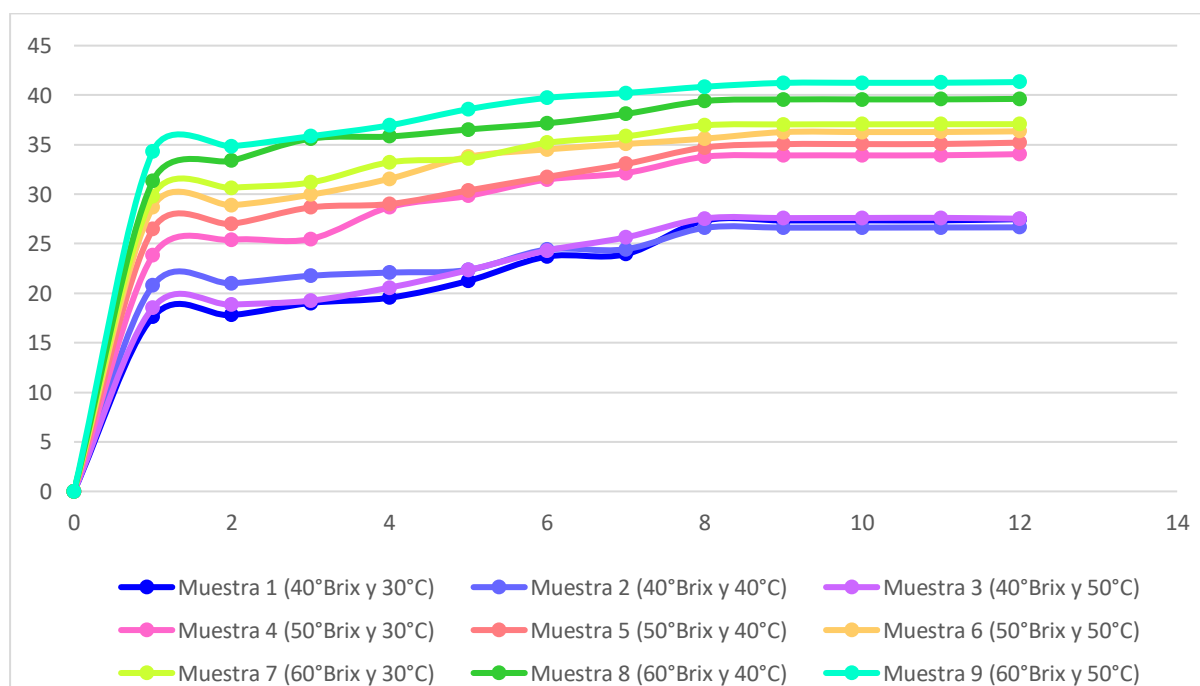
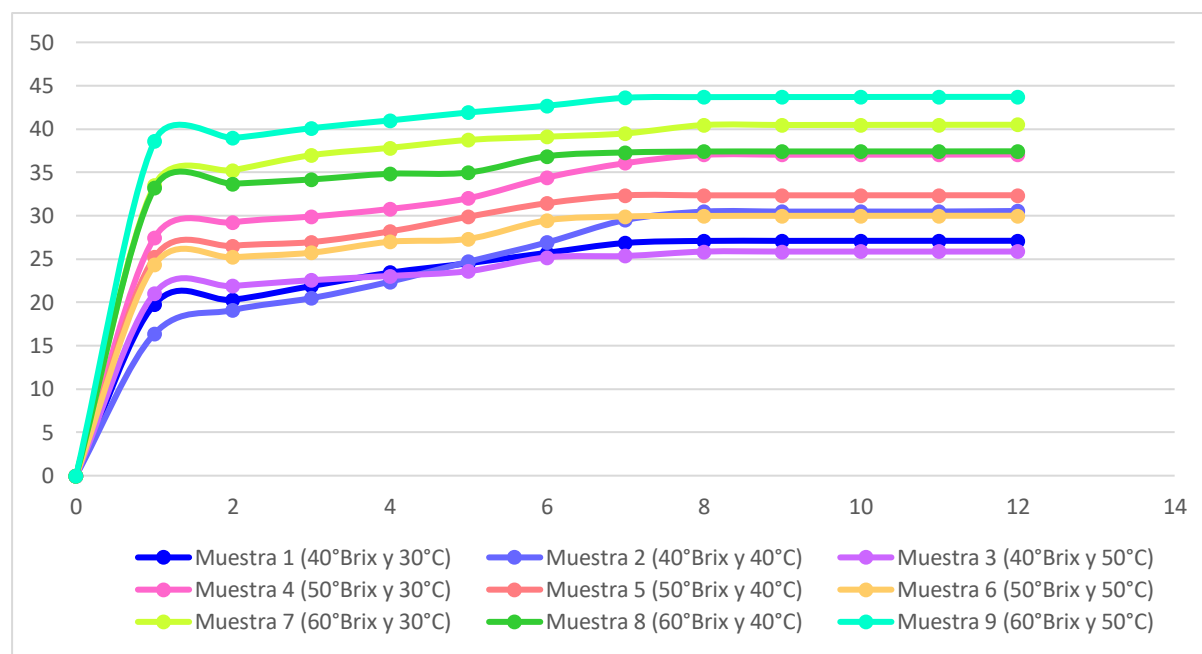


Figura 47

Pérdida de agua de tomate Cherry a diferentes temperaturas y °Brix de concentración en el día 3.



Anexo 2. Registro Fotográfico**Foto 1:** Recolección de tomate Cherry en el caserío de Hornuyoc**Foto 2:** Recepción de tomate Cherry**Foto 3:** Lavado de tomate Cherry**Foto 4:** Medición de temperatura para el escaldado de tomates Cherry**Foto 5:** Introducción de tomates Cherry al escaldado**Foto 6:** Tomates Cherry siendo escaldados

Foto 7: Colado de Tomates Cherry**Foto 8:** Desprendimiento de piel de Tomates Cherry**Foto 9:** Desprendimiento de piel de Tomates Cherry**Foto 10:** Medición de diámetro de Tomate Cherry**Foto 11:** Medición de espesor de Tomate Cherry**Foto 12:** Pesado de Tomate Cherry

Foto 12: Muestras patron de Tomate Cherry**Foto 13:** Inmersión de Tomate Cherry en soluciones de miel de abeja**Foto 14:** Pesado de Tomate Cherry luego del deshidratado**Foto 15:** Tomate Cherry luego del deshidratado