



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL SOLUTO EN
LA DESHIDRATACION OSMÓTICA DEL
AGUAYMANTO**

***(Physalis peruviana)* – LAMBAYEQUE 2014**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
*INGENIERO INDUSTRIAL***

AUTORES:

Bach. Cerdán Guevara Kelly Marilyn

Bach. López Ninaquispe Clara Marianella

ASESOR:

Mg. Miguel Solano

Pimentel – Perú



Bach. Cerdán Guevara Kelly Marilyn
AUTORA

Bach. López Ninaquispe Clara Marianella
AUTORA

Mg. Miguel Solano
ASESOR DE TESIS

Presentada a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán
para optar el Título Profesional de **Ingeniero Industrial**.

APROBADO POR:

Mg. Joel Vargas Sagastegui
PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. Manuel Arrascue Becerra
SECRETARIO DE JURADO

Mg. Miguel Solano
VOCAL DEL JURADO

PIMENTEL - 2016

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada en primer lugar a Dios, ya que he sentido su bendición a lo largo de este camino, a mis padres Emma Guevara, José Cerdán y hermano Oswer Cerdán, las personas más importantes en mi vida. Sin ellos no habría podido lograr todo lo que hasta ahora he logrado. Su apoyo incondicional y lucha constante hicieron posible el cumplimiento de una de las metas trazadas en mi vida profesional.

También dedico esta tesis a mis abuelitos Teodomira Altamirano y Ernesto Guevara, pilares fundamentales en mi vida, personas que representaron gran esfuerzo y tesón en los momentos de declive y cansancio, su incondicional apoyo a lo largo de toda mi carrera y su ejemplo de vida, sé que aunque uno de ellos ya no esté en la tierra, desde el cielo me alumbrará cada día porque lo llevo en mi corazón. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con todo mi corazón.

Por último a mi compañera de tesis, porque hicimos un dúo armonioso en el que hemos complementado nuestras capacidades y conocimientos en el desarrollo de esta tesis experimental, la cual finaliza logrando todos los objetivos trazados.

Kelly Marilyn Cerdán Guevara

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada en primer lugar a Dios, quien supo guiarme darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mis padres José López Ríos, Magaly Ninaquispe Echevarría y hermana kasandra López Ninaquispe, las personas más importantes en mi vida. Por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Sin ellos no habría podido lograr todo lo que hasta ahora he logrado. Mi pareja, Ricardo Alonso Chilon, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar el grado, son evidencia de su gran amor.

También dedico esta tesis a mis abuelitos Clara Echevarría Inostroza y Segundo Feliciano Ninaquispe Becerra, pilares fundamentales en mi vida personas que representaron gran esfuerzo y tesón en los momentos de declive y cansancio, su incondicional apoyo a lo largo de toda mi carrera.

Por último a mi compañera de tesis, porque hicimos un dúo armonioso en el que hemos complementado nuestras capacidades y conocimientos en el desarrollo de esta tesis experimental, la cual finaliza logrando todos los objetivos trazados.

Clara Marianella López Ninaquispe

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento en primer lugar a la Universidad Señor de Sipán y de manera muy especial a la prestigiosa plana docente con la que cuenta, por sus valioso aportes durante toda nuestra carrera profesional, con los que nos han hecho posible realizar este presente trabajo y agradecer también a todas aquellas personas que colaboraron con nosotros, con grandes y pequeñas ideas que fueron tomadas en cuenta en toda nuestra tesis.

Este agradecimiento va en especial al Mg. Sc. Julio M. Vidaurre Ruiz, asesor de tesis por todo su invaluable apoyo, confianza y paciencia para dirigirnos por un buen camino en este trabajo realizado. Al Ing. Miguel Peralta Suarez, nuestro asesor metodólogo por guiarnos y brindarnos todo su conocimiento en la ejecución de nuestro proyecto de tesis. Al Ing. José A. Echeverría (Industrial), por los consejos, el apoyo y sus correcciones. Al Ing. Danny A. Bustamante Sigüeñas (Químico); por facilitarnos con plena confianza el laboratorio para la realización de nuestra parte experimental en la ejecución de la tesis y por último agradecer de manera especial al Ing. Mario Guzmán (Ing en Industrias Alimentarias) por su apoyo en los aportes finales de nuestra tesis.

¡Muchas gracias a todos ustedes!

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, ponemos a vuestra consideración el presente Proyecto intitulado:

“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL SOLUTO EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL AGUAYMANTO(*Physalis peruvian*)– LAMBAYEQUE 2014”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los meses de Septiembre a Junio del año 2015, y esperamos que el contenido de este estudio sea objeto de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

Bach. Cerdán Guevara Kelly Marilyn

Bach. López Ninaquispe Clara Marianella

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la concentración del soluto en la deshidratación osmótica del Aguaymanto (*Physalis peruvian*), en el departamento de Lambayeque.

En este proyecto se estudió los diferentes tipos de solutos que se utilizó para la osmodeshidratación de frutas, y de esta manera se pudo obtener los solutos específicos para dicha experimentación que fue la sal y el azúcar, y así haber obtenido el soluto apto para la osmodeshidratación del Aguaymanto, que fue la sal.

Las referencias bases obtenidas, nos permitieron conocer parámetros que nos llevaron a obtener resultados esperados en pérdida de humedad donde el porcentaje de humedad máxima perdida llego de 82.20 hasta 57.50% ello fue producido por la solución salina a una concentración al 30% de sal, así como también el porcentaje de ganancia de sólidos obtenidos llego de 17.70 hasta 40.03%; lo cual se refleja en las curvas de difusividad con sus respectivas ecuaciones $D_{(30\%)} = 4 \times 10^{-9} m^2$ para pérdida de humedad así mismo $D_{(30\%)} = 2.5 \times 10^{-9} m^2$ para la ganancia de sólidos con el ajuste del modelo matemático, utilizando la ley de fick.

También se obtuvo que la vida útil aumentó a medida que se perdía la humedad del fruto. Es por ello que los resultados obtenidos con la solución salina fueron favorables para este punto, teniendo en cuenta el método de AOAC 930.15.

ABSTRACT

This work had as general objective to evaluate the effect of the concentration of solute in the osmotic dehydration of Aguaymanto (*Physalis peruviana*), in the department of Lambayeque.

This project studied different types of solutes used for the osmotic dehydration of fruits, and thus could get the specific solutes to such experimentation was the salt and sugar, and so have obtained suitable for the solute osmotic dehydration the Aguaymanto, which was the salt.

The bases obtained references, let us know parameters that led us to obtain expected results in moisture loss where the percentage of maximum moisture loss reached 82.20 to 57.50% it was produced by saline solution at a concentration of 30% of salt, as well as the percentage of obtained solid gain of 17.70 came to 40.03%; This is reflected in the curves with their respective equations diffusivity D (30%) = $4 \times 10^{-9} \text{ m}^2$ for moisture loss likewise D (30%) = $2.5 \times 10^{-9} \text{ m}^2$ for the gain solids with adjustment of the mathematical model, using Fick's law.

It was also obtained that the lifetime increased as moisture fruit is lost. That is why the results obtained with the saline were favorable for this point, taking into account the AOAC method 930.15.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se hace más importante para el consumidor ingerir alimentos que además de los beneficios originales que éste le pueda aportar, le ayude en el mantenimiento de su salud y en la prevención de enfermedades; es así que actualmente un buen porcentaje de la producción mundial de frutas está siendo utilizada en procesos de producción de alimentos funcionales. Los frutos andinos que constituyen la base alimenticia del poblador andino no pueden escapar de esta tendencia y podrían ser revalorizados utilizando una tecnología adecuada para darle un valor agregado. Uno de estos frutos es el aguaymanto, el cual tiene un gran potencial de transformación en productos procesados; sin embargo, no se ha hecho mucho en este sentido. Recién desde el año 1980 ésta fruta empieza a tener un valor económico como cultivo, por sus características de buen aroma, sabor dulce, bondades medicinales y valores nutritivos considerables (81% – 83% de humedad, 11g – 16 g de hidratos de carbono, 43 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de la parte comestible, vitaminas, proteínas, grasas y fibras (Brito, 2002).

Por ello, la deshidratación osmótica (DO) es una técnica que aplicada a productos hortofrutícolas permite reducir su contenido de humedad (hasta un 70% – 80% en base húmeda) e incrementar el contenido de sólidos solubles. Si bien el producto obtenido de la deshidratación osmótica no es estable para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o una congelación, un producto final de buena calidad organoléptica, esta técnica ha cobrado gran interés debido a las bajas temperaturas de operación usadas (20°C – 60 °C), lo cual evita el daño de productos termolábiles.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	ix
1.1.SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2
1.1.1. NIVEL INTERNACIONAL:	5
1.1.2. A NIVEL LOCAL:	5
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.3.OBJETIVOS	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
1.4.1. Técnica.....	7
1.4.2. Económica	7
1.4.3. Social.....	7
1.4.4. Nutricional.....	8
1.4.5. Industrial.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	11
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	13
2.2.ESTUDIO DEL ARTE.....	15
2.2.1. Deshidratación osmótica.....	15
2.2.2. Cálculos cinéticos	16
2.3.BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS.....	18
2.3.1. Deshidratación Osmótica.....	18

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	32
2.4.1. Deshidratación Osmótica.....	32
2.4.2. Ósmosis	32
2.4.3. Selección de soluto.....	33
2.4.4. Efecto de la Deshidratación Osmótica.....	33
2.4.5. Aguaymanto.....	34
2.4.6. Composición química del aguaymanto	35
2.4.7. Propagación del cultivo de aguaymanto	37
2.4.8. Secado	38
2.5 APLICACIÓN A LA INGENIERÍA.....	39
2.5.1. Gestión de Proceso.....	39
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	41
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.4. HIPOTESIS.....	42
3.5. VARIABLES.....	43
3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Deshidratación osmótica.	43
3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE: Concentración del soluto.	50
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	57
3.7. MATERIALES Y MÉTODOS	59
3.7.1. LUGAR DE TRABAJO	59
3.7.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS	59
3.7.3. MATERIALES Y EQUIPOS	61
A. MATERIALES.....	61
B. EQUIPO	62
3.7.4. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	62
3.7.4.1. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA PÉRDIDA DE HUMEDAD.....	64
3.7.4.2. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA GANANCIA DE SÓLIDOS.....	64
3.7.4.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65

3.7.5.	TECNICAS E INSTRUMENTOS E RECOLECCIÓN DE DATOS.....	70
3.7.6.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION.....	72
3.8.	PRODUCCIÓN DE AGUAYMANTO	¡Error! Marcador no definido.
3.8.1.	ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS	¡Error! Marcador no definido.
3.8.2.	CRITERIOS ÉTICOS.....	81
3.8.3.	CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO	81
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		82
4.1.	EXPERIMENTACIÓN DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL AGUAYMANTO EN SOLUCIÓN AZUCARADA.	83
4.2.	EXPERIMENTACIÓN DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL AGUAYMANTO EN SOLUCIÓN SALINA.	87
4.3.	DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD MÁSCICA EN LA OSMODESHIDRATACIÓN EN UNA SOLUCIÓN AZUCARADA.	91
4.4.	DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD MÁSCICA EN LA OSMODESHIDRATACIÓN EN UNA SOLUCIÓN SALINA.	95
4.5.	AJUSTE DEL MODELO MATEMATICO SEGÚN LA LEY DE FICK PARA LA OSMOESHIDRATACION DEL AGUAYMANTO.	99
4.6.	DISCUSIONES DE RESULTADOS	100
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES		104
Bibliografía		106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Exportación del fruto Aguaymanto en el Perú según diferentes presentaciones en kilogramos 2009-2013</i>	3
Tabla 2. Usos y la función de algunos Agentes Osmóticos	25
Tabla 3. Muestra las características de los Solutos Osmóticos comúnmente utilizados en DO.	30
Tabla 4. Composición nutricional del Aguaymanto	36
Tabla 5. Ciclo de desarrollo del Aguaymanto (Aguilar et al., 2006).	38
Tabla 6. Operacionalización de la Variable Dependiente.	57
Tabla 7. Operacionalización de la Variable Independiente.	58
Tabla 8. Contenido nutricional del Aguaymanto (<i>Physalis Peruviana</i>) (por 100 g de parte comestible)	60
Tabla 9. Características del Aguaymanto	61
Tabla 10. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.	71
Tabla 11. Esquema experimental seguido durante la investigación	74
Tabla 12: PRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13. COSTOS Y BENEFICIOS	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14. Pérdida de humedad en solución azucarada 1.	83
Tabla 15. Pérdida de humedades en solución azucaradas 2.	84
Tabla 16. Ganancia de sólidos en solución azucaradas 1.	85
Tabla 17. Ganancia de sólidos en solución azucarada2	86
Tabla 18. Pérdida de humedad en solución salina 1.	87
Tabla 19. Perdida de humedad en solución salina 2.	88
Tabla 20. Ganancia de sólidos en solución salina 1.	89
Tabla 21. Ganancia de sólidos en solución salina 2.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las Exportaciones de Aguaymanto en el Perú según sus principales presentaciones 2009-2013 (Kg.).....	4
Figura 2: Capacidad antioxidante obtenida por DPPH (mg/m L).....	8
Figura 3: Esquema experimental para la deshidratación osmótica del aguaymanto.	16
Figura 4. Aguaymanto (<i>Physalis peruvian</i>).....	35
Figura 5. Isotherma del contenido de humedad en equilibrio para un alimento secado por congelación, mostrando histéresis.....	46
Figura 6. Influencia de la actividad del agua en las velocidades de varias reacciones de deterioro en alimentos.	47
Figura 7. Representación de los periodos de secado a velocidad constante y decreciente.	49
Figura 8. Diagrama de Flujo de los Objetivos del Proyecto.	65
Figura 9. Procedimientos.....	66
Figura 10. Diagrama del diseño experimental para muestra de azúcar.....	72
Figura 11. Diagrama del diseño experimental para muestra de sal.....	73
Figura 12: DOP del proceso.	77
Figura 13: DOP del proceso.	79
Figura 14. Difusividad Másica de la pérdida de humedad en Solución azucarada 1.	91
Figura 15. Difusividad Másica de la pérdida de humedad en Solución azucarada 2.	92
Figura 16. Difusividad Másica de la ganancia de sólidos en solución azucarada 1.....	93
Figura 17. Difusividad Másica de la ganancia de sólidos en solución azucarada 2.....	94
Figura 18. Difusividad Másica de pérdida de humedad en solución salina.....	95
Figura 19. Difusividad Másica de pérdida de humedad en la solución salina 2.....	96
Figura 20. Difusividad Másica de ganancia de sólidos en solución salina 1.....	97
Figura 21. Difusividad Másica de ganancia de sólidos en solución salina 2.....	98
Figura 22: Diagramas de journal de Ingeniería.....	102
Figura 23: Diagramas de resultados de tesis.....	102
Figura 24. Deshidratación osmótica de aguaymantos en solución azucarada.....	109
Figura 25. Agitación magnética de aguaymantos en solución azucarada al 30% de concentración.....	109
Figura 26. Aguaymantos extraídos de las soluciones azucaradas.....	110
Figura 27. Aplicación de azúcar a las soluciones azucaradas.....	110
Figura 28. Deshidratación osmótica de aguaymantos en solución salina.....	111
Figura 29. Agitación magnética de aguaymantos en solución azucarada al 30% de concentración.....	111

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la actualidad, la técnica de deshidratación cumple un papel fundamental en la región andina como una excelente alternativa para los agricultores pobres, ya que el almacenamiento del producto es menos complicado y la cantidad de merma es mucho menor. Hay estudios que comprueban que en las regiones tropicales y subtropicales la cantidad de productos agrícolas dañados desde la cosecha hasta su venta en el mercado, alcanza hasta un 70%, mientras que en la Unión Europea, ejemplo, esta cifra es de solamente 5 % (AgroAndino, 2013).

En los alimentos que pasan por un proceso de secado existe una pérdida de vitaminas. Puede esperarse que las vitaminas solubles en agua sean parcialmente oxidadas. Las vitaminas solubles en agua son disminuidas durante el blanqueado y la inactivación de enzimas. El grado de destrucción en las vitaminas dependerá; del cuidado ejercido durante la preparación del fruto para su deshidratación, del proceso de deshidratación seleccionado, del cuidado en su ejecución y de las condiciones de almacenamiento para los alimentos a ser secados teniendo en cuenta que el ácido ascórbico y el caroteno son dañados por los procesos oxidantes. La vitamina C es la más sensible de las vitaminas, es lábil en presencia de humedad y oxígeno, pH, agentes oxidantes, temperatura y presencia de iones metálicos especialmente cobre hierro.

Podemos también comentar que en la actualidad el país con mejor perfil para la exportación de Aguaymanto deshidratado, es Holanda por la acogida que puede tener el producto, así como los requisitos de exportación, los cuales son básicos; incluyendo el perfil logístico, el cual lo coloca en los primeros lugares en el mundo para hacer negocios. Existe un mercado internacional creciente para el Aguaymanto deshidratado, es éste el que el Perú está desarrollando debido a la poca demanda nacional. Una de las ventajas que posee nuestro país tenemos muchos más ecotipos que cualquier otro país productor, lo que nos distingue completamente de nuestros

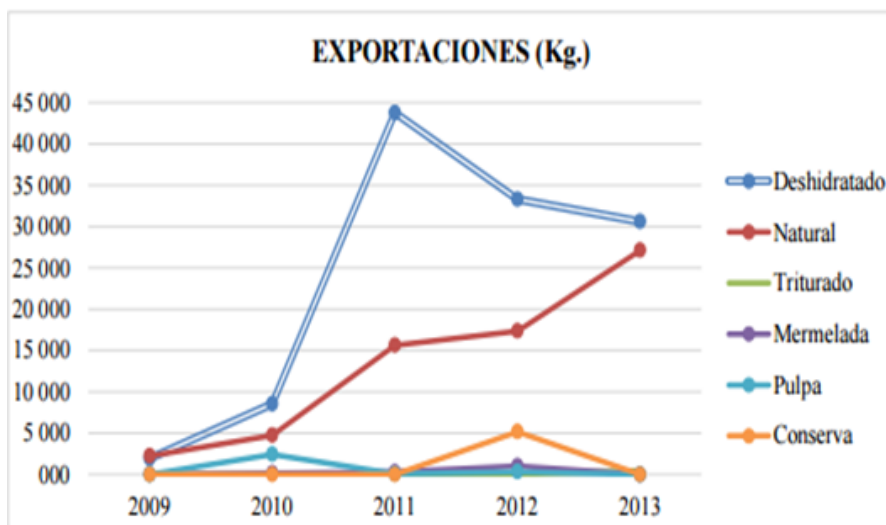
competidores inmediatos de Colombia y Ecuador; si bien los colombianos dominan el mercado en fresco, es en el producto deshidratado que se nota la diferencia. El Aguaymanto colombiano es ácido, y el nuestro es agridulce. Lo que requerimos es exportar la fruta con valor agregado. Exportar la fruta en estado natural sin ninguna transformación no es muy viable por lo que al deshidratarla ya le estamos agregando valor. En la Tabla 3 se presentan las exportaciones de Aguaymanto según presentaciones de venta desde el año 2009 al 2013. Y en el Gráficos 1 la evolución en el mercado de las presentación siendo el de deshidratado el que más ha aumentado y continuando con el proceso común de deshidratación no se cubrirá la demanda ya que los tiempos para dicho proceso con el costo serán elevado

Tabla 1. Exportación del fruto Aguaymanto en el Perú según diferentes presentaciones en kilogramos 2009-2013

	2009	2010	2011	2012	2013
Deshidratado	1 944,04	8 530,29	43 758,26	33 311,54	30 617,94
Natural	2 246,29	4 748,88	15 639,98	17 366,54	27 124,53
Triturado	0,00	0,00	0,00	0,00	495,00
Mermelada	16,30	171,67	309,79	1 036,81	2,90
Pulpa	0,00	2 437,70	79,55	336,29	1,49
Conserva	0,00	0,00	0,00	5 185,75	1,35

FUENTES: Elaboración propia, datos SUNAT

Figura 1. Evolución de las Exportaciones de Aguaymanto en el Perú según sus principales presentaciones 2009-2013 (Kg.)



FUENTES: Elaboración propia, datos SUNAT

La vitamina C es soluble en agua, se pierde fácilmente en procesos húmedos. Sin embargo, en alimentos procesados las pérdidas más significativas son debido a degradación química.

El deshidratado del aguaymanto es un proceso que consiste en eliminar el agua del producto, donde dicho proceso demora entre 5 a 7 horas, por lo tanto una alternativa para la disminución del tiempo del secado sería la osmodeshidratación de dicho fruto (King, año1987).

1.1.1. NIVEL INTERNACIONAL:

A) Ecuador

En la provincia de Imbabura existen pequeños cultivos de esta fruta, que aún no están registrados en el último Censo Agropecuario (2002). Producción que en su mayoría es para el consumo en fresco y un mínimo porcentaje para la industria alimenticia en deshidratado, debido a que los pequeños productores no tienen los conocimientos técnicos adecuados para la cosecha, pos cosecha e industrialización de la fruta como producto deshidratado es por ello que se da mayormente el proceso de secado el cual tarda mucho tiempo para ser completado (Camacho, Año 2000).

1.1.2. A NIVEL LOCAL:

A) Cajamarca

EL AUTOR OSCAR ALVARADO (2012), en:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA PLANTA DE MERMELADA DE AGUAYMANTO EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA”; indican que en el distrito de Cajamarca la Asociación Regional de Productores Ecológicos producen aguaymanto de manera artesanal la producción lo distribuyen para su autoconsumo y para el mercado local, obteniendo ganancias insignificantes y en algunos casos no logran recuperar la inversión. Esta situación se debe a insuficiente conocimiento sobre tecnologías de transformación agroindustrial. Las familias producen de manera artesanal y sin el manejo adecuado de tecnologías para la producción y transformación del aguaymanto, por lo que su producción y productividad es baja y presenta un débil acceso a los espacios y mecanismos de información sobre producción y transformación del aguaymanto. La Asociación Regional de

Productores Ecológicos no accede a los espacios de capacitación ni a los mecanismos de información sobre la producción y transformación de aguaymanto, por lo que se limitan a producir y venderlo en el mercado local a precios bajos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto tiene la concentración del soluto en el proceso de osmodeshidratación, en *Physalis peruvian* “Aguaymanto” y cómo se contribuirá en el sector industrial con el tema económico?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la concentración del soluto en la deshidratación osmótica del Aguaymanto (*Physalis peruvian*)- Lambayeque 2014.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la solución osmótica que permitirá lograr la mayor pérdida de humedad adecuada para la osmodeshidratación del aguaymanto mediante la medición periódica del contenido de la humedad del aguaymanto utilizando el método de AOAC 930.15.
- b) Determinar el porcentaje de humedad máximo al que se llegará con el efecto producido por la solución osmótica determinada.
- c) Aumentar la vida útil del aguaymanto por medio de la eliminación de agua.
- d) Modelar matemáticamente la transferencia de masa utilizando la ecuación de fick.
- e) Reducir el tiempo en la obtención del producto final.

- f) Reducir el costo del proceso de deshidratación del Aguaymanto.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. Técnica

En este trabajo nos referiremos a la técnica de la deshidratación como método de conservación, que quizás sea el sistema más efectivo para preservar la fruta, el cual consiste en extraer la humedad del Aguaymanto, a través de la presión osmótica. Ésta tecnología ha permitido que se obtengan resultados muy interesantes en la calidad del producto final y es el motivo por el cual se estudiará.

1.4.2. Económica

Actualmente las empresas peruanas que exportan aguaymanto deshidratado usan el proceso de deshidratación lo cual se da entre 5 a 6 horas aproximadamente y es por ello que se ha tenido en cuenta esta alternativa como una etapa previa al secado para así de esta manera disminuir este tiempo en dicho proceso e incrementar la productividad en las empresas y cumplir con los requerimientos de los clientes exportadores.

1.4.3. Social

En el aspecto social el desarrollo de esta investigación creará una mejor conciencia de consumo basada en la adquisición de productos con alto valor nutricional y de gran beneficio para la salud, debido a que el aguaymanto es una de las frutas con mayor contenido vitamínico destacando su alto porcentaje de ácido ascórbico; a su vez contiene minerales como el calcio, fósforo y hierro y sustancias antioxidantes tres veces mayor a la de otros frutos.

1.4.4. Nutricional

Sabiendo que en el proceso de secado puede esperarse que las vitaminas del fruto que son solubles en agua sean parcialmente oxidadas debido al largo tiempo que toma dicho proceso y conociendo la capacidad de antioxidante que posee el aguaymanto así como también las vitaminas presentes, es que se debe tomar en cuenta a la osmodeshidratación como alternativa previa al secado ya que al disminuir el tiempo las vitaminas serán menos dañadas y se logrará rescatar el valor nutricional del fruto.

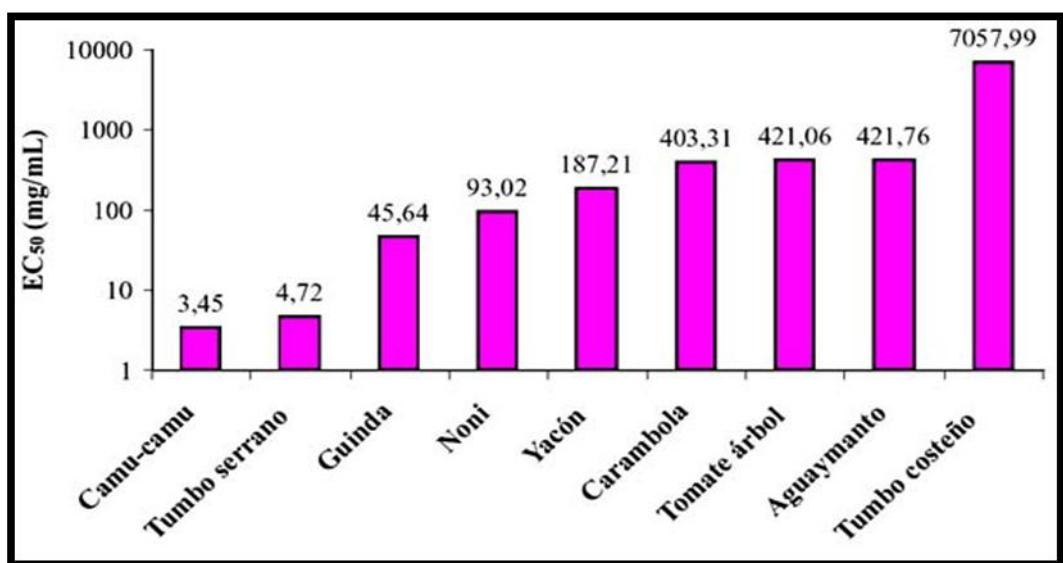


Figura 2: Capacidad antioxidante obtenida por DPPH (mg/m L)

Fuente: Muñoz et al. (2007)

1.4.5. Industrial

Como sabemos en los últimos años se ha notado un gran incremento en el consumo de productos con altos niveles nutritivos como el aguaymanto que está siendo comercializado de manera deshidratada en forma de pasa lo cual para la obtención de este producto se requiere pasar por un proceso de deshidratación para optimizar el proceso de secado y así de esta manera las empresas cumplan con los requerimientos.

Además de reducir los costos de energía para el proceso, costos de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto en fresco (Masseo et al., 2006).

En este trabajo se aplicó la deshidratación osmótica en aguaymanto, utilizando como solución osmótica una mezcla constituida por azúcar y sal buscando evaluar si estos compuestos tienen efectos sinérgicos positivos en la salida de agua, ganancia de sólidos y en la apariencia para así determinar la combinación correcta de estos compuestos para optimizar el proceso de secado aplicando la osmodeshidratación como proceso previo; todo esto con la finalidad de revalorar una materia prima autóctona de nuestro país, como es el aguaymanto, y a partir de ella obtener una mayor aceptabilidad en los consumidores, gracias a la ganancia de azúcares en el producto terminado, mejorando así sus características sensoriales y por ende tener un alto potencial comercial.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

A) COLOMBIA

ZAPATA MONTOYA, JOSÉ & CASTRO QUINTERO, GILBERTO (1999), en:

“DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTAS Y VEGETALES”; señalan que: La Deshidratación Osmótica (DO) consiste en sumergir un producto alimenticio en una solución con una alta presión osmótica, lo cual crea un gradiente de potencial químico entre el agua contenida en el alimento y el agua en la solución, originando el flujo de agua desde el interior del producto, para igualar los potenciales químicos del agua en ambos lados de las membranas de las células del vegetal.

Estas son semipermeables y permiten el paso del agua y muy poco el de soluto, produciéndose como efecto neto, la pérdida de agua por parte del producto (Lenart y Flink, 1984; Molano, Serna y Castaño, 1996). Este método permite obtener productos de humedad intermedia, los cuales pueden ser tratados posteriormente por otros métodos. Esta combinación permite, aumentar la vida útil y mejorar las características sensoriales de los productos tratados (Levi et al., 1983; Molano et al., 1996). Requiere equipos de bajo costo y las sustancias utilizadas como solutos, son de origen natural y de fácil adquisición en el mercado (sacarosa, glucosa, fructosa, entre otras) permitiendo que pequeños procesadores puedan acceder a ella por los bajos costos de inversión. En algunos casos es posible el consumo inmediato del producto, según el tipo de soluto utilizado como agente osmodeshidratante (Yang, Wills y Yang, 1987; Maestrelli, 1997).

B) BRASIL

LOS AUTORES MOREIRA AZOUBEL, PATRICIA XIDIEH & MURR, ELIZABETH (2004), en:

“MASS TRANSFER KINETICS OF OSMOTIC DEHYDRATION OF CHERRY TOMATO”; indican que: Muestras de tomate de cereza fueron osmóticamente deshidratadas en diferentes soluciones hipertónicas de NaCl(con o sin sacarosa) a las dos diferentes concentraciones. La cinética de transferencia de masa se modeló de acuerdo a las ecuaciones PelegFick y Page. La ecuación de Peleg presentó el mejor ajuste para la pérdida de agua y el modelo Page mostro la mejor capacidad de predicción para los datos de ganancia de sal. La difusividad efectiva determinada utilizando la segunda ley de fick aplicada a una geometría esférica se encontró que era en el intervalo de 0.43×10^{-9} , $1.77 \times 10^{-9} m^2/s$ para la pérdida de agua y 0.04×10^{-9} , $0.54 \times 10^{-9} m^2/s$ para el aumento de sal.

El incremento de la concentración de la solución dio como resultado una mayor pérdida de agua y ganancia de sal. Una adición de sacarosa para soluciones osmóticas disminuyó la fuerza motriz del proceso.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

A) TRUJILLO

ROSSI et al. (2012), en:

“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y SINERGISMO DE SACAROSA, SACARINA Y SUGAR LIGHT EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA)”, indica que:

Se investigó el efecto sinérgico de tres solutos (sacarosa, sacarina y sugar light) en distintas combinaciones de soluciones a una concentración de 30 °Brix, sobre la humedad, ganancia de sólidos solubles y aceptabilidad general en términos de sabor y apariencia, utilizando un diseño de mezclas Simplex con Centroide Ampliado. Se utilizaron aguaymantos de 1.5 cm de diámetro. Se evaluó la cinética de humedad y ganancia de sólidos en función de las temperaturas de proceso durante 3 horas. Se determinó la difusividad efectiva promedio del agua y sólidos solubles. Se encontró que las muestras pertenecientes al tratamiento 6 (0.5% sacarina y 0.5% sugar light) hay mayor ganancia de sólidos solubles y la mejor temperatura a la que se dio fue a 53 °C. En lo que se refiere a las características organolépticas como el sabor, se encontró que fue mayor en las soluciones con mayor proporción de sacarosa, y menor en la sacarina.

También se percibió que en cuanto a apariencia, esta se dio de manera más considerable en los tratamientos que contienen un mayor contenido de sacarosa, así mismo en la interacción de sacarina con sugar light. Para la humedad, se aprecia en las temperaturas de 35°C y 53°C no tienen efecto estadístico significativo ($p > 0.05$) en los modelos lineal y cuadrático con valores de R^2 ajustados muy bajos que inviabilizan un análisis de superficie de respuesta en esos casos.

B) AREQUIPA

APAZA CONDORI MARLENE & MANTILLA VILLEGAS PATRICIA

MALU et al. (2012), en:

“CINETICA DE OSMODESHIDRATACION Y SECADO POR AIRE CALIENTE DEL AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA), PARA LA OBTENCION DE UN PRODUCTO DESHIDRATADO TIPO PASA”, indica que: El producto a elaborarse pretende ofrecer una forma de conservación y utilización de la materia prima (Aguaymanto), dando un nuevo producto al mercado regional y nacional.

Además una nueva opción al consumidor, dando una alternativa más de consumo.

Técnicamente la obtención de parámetros y formulaciones óptimas con la debida realización de experiencia y la utilización de equipo y maquinaria adecuada, hacen posible la elaboración de un producto competitivo y con expectativas en el mercado actual y futuro.

Materia prima principal: Aguaymanto (*Physalis peruviana*) Deberá seleccionarse aquella que no presente daños físicos, sea de tamaño promedio y madurez adecuada. Evaluando además sus características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas.

Selección y clasificación La selección se realizará mediante una inspección o control visual, eliminando el guaymanto que presenten magulladuras o algún tipo de anomalías agronómicas; también se realizará una clasificación (de tamaño), esto con la finalidad de tener un producto final uniforme.

2.2. ESTUDIO DEL ARTE

2.2.1. Deshidratación osmótica

Se utilizó aguay manto (*Physalis peruviana* L.) variedad amarilla por su mayor concentración de sustancias vitamínicas y además un aroma agradable, la cual pasó por una selección y clasificación, separando aquellas que presentaron signos de mal estado y considerando como criterio de calidad, el color (amarillos intenso) y geometría (esferas de 1cm – 1.5 cm); el aguay manto seleccionado y clasificado, pasó por un lavado y agujerado para la eliminación de agua.

Los aguaymantos seleccionados se sometieron a deshidratación osmótica a soluciones de 10%,20%,30% respectivamente, las soluciones preparadas para cada tratamiento consistente en diferentes combinaciones de soluciones tanto de azúcar y sal. Se cuantificó para cada tratamiento la humedad, ganancia de sólidos solubles, difusividad efectiva de agua tras 1 horas de operación.

2.2.2. Cálculos cinéticos

A. Humedad: La humedad se determinó usando la estufa, método AOAC 930.15, aplicándose la siguiente ecuación

$$\Delta \%H = \frac{W_2 * \%H}{W_1}$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad; W1=Peso de muestra (g) y W2=Peso de muestra seca (g).

B. Ganancia de sólidos solubles: Los sólidos solubles se determinaron midiendo el índice de refracción de las frutas en un Brixómetro a 20°C.

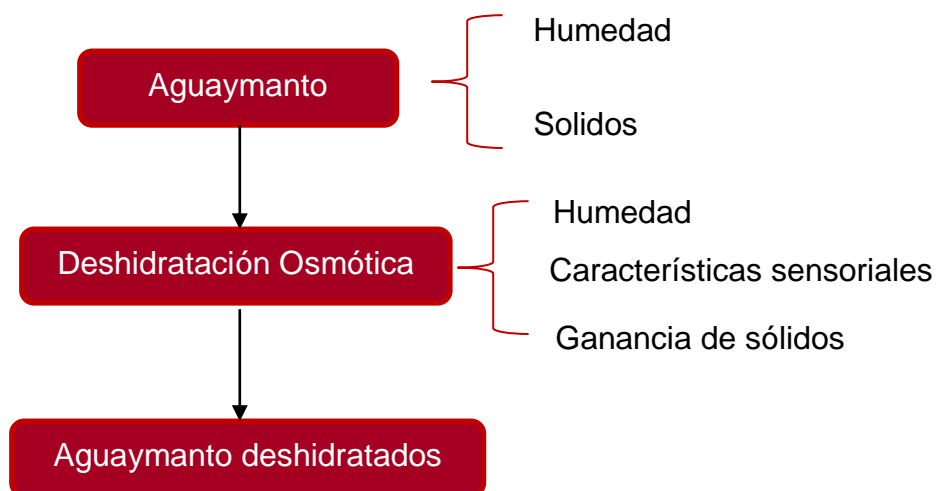


Figura 3: Esquema experimental para la deshidratación osmótica del aguaymanto.

Fuente: Elaboración propia

C. Difusividad efectiva: Se usó el método propuesto en la solución de la ley de Fick para una esfera para realizar el ajuste de dicho modelo matemático.

$$\frac{M_C - M_{C_{eq}}}{M_{C_0} - M_{C_{eq}}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\alpha} \frac{1}{i^2} \exp \left[-i^2 \cdot \pi^2 \cdot \text{Def.} \cdot \frac{t}{r^2} \right]$$

Donde:

M_C = (T), tiempo

Def = Difusividad Másica Efectiva

$M_{C(t)}$ = Humedad a cualquier tiempo

$M_{C_{eq}}$ = Humedad de equilibrio

M_{C_0} = Humedad Inicial

2.3. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

2.3.1. Deshidratación Osmótica

A) Proceso de Osmosis

Vega (2000), menciona que la deshidratación osmótica de alimentos ofrece algunas ventajas potenciales para la industria de procesamiento de alimentos. El contenido en humedad que se consigue con este sistema de deshidratación no es tan bajo como para que el producto acabado pueda ser considerado comercialmente estable

Por tanto, un producto deshidratado osmóticamente, normalmente, debe ser sometido a algún otro proceso adicional (generalmente métodos de secado por aire, congelación al vacío), para que pueda ser considerado estable desde el punto de vista comercial, a no ser que el tratamiento osmótico se haya realizado como un pretratamiento previo al enlatado, congelado, u otro tratamiento de mínimo procesado.

B) Mecanismo de la Deshidratación Osmótica

Colina (2010), menciona que cuando un alimento sólido se sumerge en una solución de solutos de concentración elevada, se establece un gradiente de presión osmótica entre el alimento y la solución (que se llama solución osmótica). Las células del alimento actúan como membrana semipermeable que permitan tanto la entrada de soluto como la salida de agua de las mismas. La transferencia de masa durante la deshidratación osmótica se efectúa por difusión, debido al gradiente de concentración de un componente determinado entre el alimento y la solución osmótica, de acuerdo con la ley de Fick:

$$J_z = - D_m \frac{dc}{dz}$$

Dónde:

J_z = Flujo de masa del componente en la dirección de flujo z .

D_m = Difusividad másica $\left(\frac{m^2}{s} \right)$

dc/dz = Gradiente de concentración en la dirección de flujo z .

La difusividad másica D_m se determina de manera experimental o se calcula mediante correlación empírica. El valor de D_m es específico para cada soluto y varía con el contenido de humedad del sólido, el cambio en el volumen del mismo (debido al encogimiento) y la temperatura.

C) Efecto de la deshidratación en los alimentos

SIERRA GARCÍA, RUBÉN ADOLFO. (2010), en: “ESTUDIO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA ARVEJA CHINA (*Pisum sativum L.*) MEDIANTE DOS METODOLOGÍAS, DIRECTA E INDIRECTA, COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA AL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA DEL PAÍS.”, afirma que:

1. Textura

La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pre tratamiento que se le da al alimento (por ejemplo: adición de cloruro cálcico al agua de escaldado), el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido de agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme característica de la materia prima original. La variación en la textura depende también de las condiciones del desecador, por ejemplo, si se usan velocidades de deshidratación rápidas y temperaturas elevadas los cambios serán más pronunciados que con flujos y temperaturas más bajas. A medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento. Si las temperaturas son elevadas la evaporación del agua hace que la concentración de solutos en la superficie aumente lo que conduce a la formación de una capa superficial dura e impenetrable.

Este fenómeno se llama acortezamiento y reduce la velocidad de deshidratación dando lugar a un alimento seco en su superficie pero húmedo en su interior.

2. Aromas

El calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. Por ello, alimentos especiales por sus características aromáticas (hierbas y especias) se deshidratan a temperaturas bajas. La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos.

3. Color

La deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, β alaminas, etc.

Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando la fruta con ácido ascórbico u otros compuestos.

4. Valor nutritivo

Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras, que son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas (por ejemplo: la riboflavina) alcanzan su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por tanto, son pequeñas. Otras, (por ejemplo: el ácido ascórbico) se mantienen disueltas hasta que el contenido en agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa. La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos. Otras vitaminas liposolubles son más estables (a la oxidación y al calor) por lo que sus pérdidas rara vez son superiores al 5 – 10%. Los nutrientes liposolubles se encuentran, en su mayor parte, en la materia seca del alimento, por lo que durante la deshidratación no experimentan concentración alguna.

Los metales pesados, sin embargo, actúan como catalizadores de reacciones de oxidación de nutrientes insaturados, están disueltos en la fase acuosa del alimento. A medida que el agua se elimina, su reactividad aumenta y las reacciones de oxidación (de lípidos esenciales también) se aceleran. La deshidratación no cambia sustancialmente el valor biológico y la digestibilidad de las proteínas de la mayor parte de los alimentos.

D) Factores que influyen en la velocidad de transferencia de masa

Colina (2010), Menciona que la velocidad con la que se efectúan la transferencia de masa (entrada de soluto y salida de agua) de un producto depende de diversos factores como:

1. Característica del Producto: Entre las características del producto que más influencia ejercen sobre la velocidad de transferencia de soluto y agua están su forma y tamaño, que determinan el área superficial para la transferencia de masa.
2. Trozos de producto de pequeño espesor y forma homogénea incrementan el área superficial del mismo. Así mismo, son importantes la composición química, textura y porosidad del producto que determinan, tanto el tipo y concentración de soluto que puede ser transportados al interior del tejido, como la velocidad con la que ocurre el transporte de masa.
3. Naturaleza de solutos en la solución: Los sólidos utilizados para la deshidratación osmótica poseen diferencias en su estructura química, peso molecular, polaridad y permeabilidad, por lo que presentan diferentes interrelaciones con la membranas o componentes del alimento, que se reflejan en la velocidad de transferencia de masa y por tanto, en la capacidad de cada soluto para provocar pérdida de agua y ganancia de soluto por parte del alimento. Así por ejemplo, cuando se utilizan soluciones de la misma concentración de sacarosa, sorbitol y jarabe de maíz para la deshidratación osmótica de frutas, la ganancia de sólidos es casi el doble en las frutas sumergidas en sorbitol que en las de sacarosa.

Esto puede atribuirse, por una parte, a los diferentes pesos moleculares de los solutos, siendo de 182 para el sorbitol, 342 para la sacarosa.

De igual manera, en soluciones a 60% de sólidos, aquellas con mezclas de sacarosa/ sal (50/10 o 45/15) son mejores agentes osmóticos, comparadas con las que solo utilizan sacarosa. Una solución a 10% de sal tiene casi la misma concentración molar que una solución a 50% de sacarosa, debido a la diferencia en el peso molecular de los dos solutos, pero la solución de sal produce una reducción considerablemente mayor en la α_w del tejido, comparada con la solución sacarosa. Los solutos utilizados más a menudo para la deshidratación osmótica son cloruro de sodio, sacarosa, lactosa, jarabe con alta concentración de fructosa, sorbitol y glicerol.

En el cuadro se muestran los usos y la función de algunos solutos utilizados como agentes osmóticos.

Tabla 2. Usos y la función de algunos Agentes Osmóticos

Agentes Osmóticos	Usos	Funciones
Sacarosa	Principales en frutas	Alta capacidad de remoción de agua. Reduce el oscurecimiento e incrementa la retención de volátiles
Lactosa	Principales en frutas	Sustitución parcial de la sacarosa, para incrementar dulzor
Maltodextrinas	Frutas y hortalizas	Sustitución parcial de la sacarosa, para incrementar dulzor
Fructosa	Principales en frutas	Sustitución parcial de la sacarosa, para incrementar dulzor
glicerol	Frutas ,hortalizas y pescado	Mejor textura
Sorbitol	Frutas ,hortalizas y pescado	Mejor textura
Citrato de sodio	Hortalizas	Alta capacidad para reducir aw
Cloruro de sodio	Principales en carne pescado y hortalizas	Alta capacidad para reducir aw
Combinación de sacarosa y cloruro de sodio	Frutas, hortalizas y carne	Combina los efectos de reducción de la aw de la sal con la remoción de agua del azúcar
Carbohidratos de alto peso molecular (almidón)	Pescado, carne, frutas	Capacidad de remoción de agua con muy baja penetración de soluto al producto

Fuente: Colina (2010)

4. Concentración de los solutos en las soluciones osmóticas: tanto la transferencia de masa por difusión como los gradientes de presión osmótica, están relacionados directamente con la concentración de solutos en la solución osmótica. Además, esta concentración tiene una influencia considerable en la viscosidad de la solución y, por ende, en el movimiento que puede tener las moléculas durante el proceso.
5. Relación masa de solución osmótica/ masa de producto: A medida que transcurre la deshidratación osmótica y los solutos van penetrando al alimento, la solución va disminuyendo su concentración de solutos, lo cual reduce de modo gradual el gradiente osmótico y, así, la velocidad de transferencia de masa. Cuando se utilizan grandes volúmenes de solución en relación con la masa de producto, el gradiente de concentración no disminuye notablemente, por lo que la velocidad de transferencia del soluto no se ve afectada, sin embargo esto puede incrementar los costos de proceso.
6. Temperatura de la solución osmótica: La dependencia de la difusividad másica D_m de la temperatura puede observarse en la ecuación:

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

Dónde:

D_{ef} = Difusividad másica efectiva $\left(\frac{m^2}{s} \right)$

D_m = Difusividad másica de referencia $\left(\frac{m^2}{s} \right)$

E_α = Energía de activación (J/mol)

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

T = temperatura absoluta (K)

La temperatura de proceso afecta de manera notable la velocidad de la osmosis. Un aumento en la temperatura acelera la remoción de agua y la penetración de la sustancia osmótica al interior del tejido, aunque la cinética está influida por el tipo de sustancia utilizada.

7. Presión del Sistema: Por lo general, los procesos de deshidratación osmótica se realizan a presión atmosférica. La velocidad de transferencia de masa y acelerar el proceso, recientemente se están empleando sistemas que consisten en aplicar por breve tiempo (5-15min) en la etapa inicial del proceso ya sea alta presión (100-700 MPA) o vacío (50-180 mbar) y posteriormente restablecer la presión atmosférica. Cuando se aplica vacío, el proceso se denomina deshidratación osmótica con pulso de vacío y tiene un marcado efecto en la transferencia de masa. Los mecanismos involucrados en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de tejido celular dependen del nivel estructural del tejido.

Las células externas rotas pueden impregnarse fácilmente con la solución externa, y en los espacios intercelulares capilar en procesos llevados a cabo a presión atmosférica promueve flujo. Sin embargo, cuando se aplica vacío al sistema, el aire interno de los poros se extraen, se producen una deformación en el volumen del producto y se promueve una impregnación capilar. Los fenómenos de impregnación y deformación, ocurridos durante el pulso de vacío incrementan los valores del coeficiente de difusión. La impregnación también depende del tipo de soluto y su concentración en la solución osmótica, lo que a su vez determina la viscosidad de la solución.

8. Tiempo de inmersión del producto en la solución: El proceso de difusión es una proceso en estado no estacionario, por lo que el tiempo de inmersión (hasta antes de alcanzar el equilibrio) es una variable importante para definir la cantidad de agua removida y / o la cantidad de sólidos ganados.

Se ha observado que la velocidad de remoción de agua es mayor que la de penetración del soluto, lo cual puede aprovecharse cuando se desea remover agua sin adicionar grandes cantidades de soluto al producto, Colina (2010).

El tiempo requerido para obtener un nivel de concentración de sólidos específicos en el alimento durante la deshidratación osmótica varía mucho, depende de los factores antes mencionados y puede ir a 1 a 18 horas.

En el cuadro se muestran algunas condiciones comúnmente utilizadas para la deshidratación osmótica de alimentos.

E) Tipo de solución osmótica

El efecto específico de la solución osmótica es de gran importancia para preparar la solución. El costo del soluto, compatibilidad organoléptica con el producto final y la acción adicional de preservación por el soluto son factores que se deben considerar en la selección de los agentes osmóticos (Torreggiani, 1995). Varios solutos, solos o combinados han sido usados en soluciones hipertónicas para la deshidratación osmótica.

Sin embargo, soluciones de azúcar y sal han demostrado ser las mejores opciones, basados en su efectividad, comodidad y sabor (Suca, 2008). No obstante, se pueden usar solutos que sean miscibles en agua, tales como la dextrosa, jarabes de almidón, etanol y polioles. El tipo de agente osmótico afecta los parámetros de pérdida de agua y ganancia de sólidos. La selección de soluto o solutos para la solución osmótica está basada en 3 factores importantes (Beristáin et al., 1990):

- Características sensoriales del producto.
- El costo de los solutos.
- El peso molecular de los solutos.

Tabla 3. Muestra las características de los Solutos Osmóticos comúnmente utilizados en DO.

Nombre	Usos	Ventajas
Cloruro de sodio	Carne y verduras	Alta capacidad de presión de la actividad de agua
Sacarosa	Frutas principales	Reduce pardeamiento y aumenta la retención de volátiles
Lactosa	Frutas principales	Sustitución parcial de sacarosa
Glicerol	Frutas y verduras	Mejora la textura
Combinación	Frutas, verduras y carne	Características sensoriales combina la alta capacidad de depresión de la actividad de agua de las sales con alta capacidad de eliminación de agua de azúcar

Fuente:(Barbosa-Canovas y Vega-Merado, 2000)

F) Ventajas de la Deshidratación Osmótica para la industria

Según Rahman (2003) el uso de la deshidratación osmótica en la industria alimentaria presenta varias ventajas:

1. Mejora de la calidad, en términos de color sabor, aroma y textura.
2. Eficiencia energética
3. Reducción de los costes de envasado y distribución.

4. No se requiere tratamiento químico.
5. Estabilidad del producto y retención de nutrientes durante el almacenamiento.

1. Mejora de la calidad

Está bien comprobado que la deshidratación osmótica mejora la calidad del producto en lo referente al color, sabor, aroma y textura. Rahman realizó una revisión bibliográfica de las ventajas de la deshidratación osmótica, en cuanto a mejora de la calidad del producto y a la eficiencia del proceso.

2. Eficiencia energética

La deshidratación osmótica es un proceso con unos requerimientos energéticos menores que el secado por aire o por vacío, ya que se puede realizar a bajas temperaturas. Lenart y Lewicki hallaron que el consumo de energía durante la deshidratación osmótica a 40 grados centígrados, con reconcentración posterior del jarabe por evaporación, era al menos dos veces más bajo que en el secado por convección de aire a 70 grados centígrados.

3. Costes de envasado y distribución

Una concentración de frutas y hortalizas, antes de su congelación, ahorra costes de envasado y distribución. La calidad del producto final es comparable a la de los procesados convencionalmente. Este proceso se denomina "Deshidrocongelación".

4. Tratamiento químico

Los tratamientos químicos para reducir el pardeamiento enzimático pueden evitarse usando un agente osmótico. El azúcar tiene dos efectos: (a) La inhibición efectiva de la polifenoloxidasa, enzima que cataliza el pardeamiento oxidativo de la mayoría de frutas cuando se cortan y ve la prevención de la pérdida de sabores y aromas volátiles durante el posterior tratamiento del secado por aire o al vacío.

5. Estabilidad del producto durante el almacenamiento

Los productos obtenidos por deshidratación osmótica son más estables durante el almacenamiento que los alimentos no tratados por este método. Esto se debe a que presentan a una menor actividad de agua, provocada por la ganancia del soluto y la pérdida del agua.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.4.1. Deshidratación Osmótica

Colina (2010) menciona que: “La deshidratación osmótica, también llamada osmodeshidratación, consiste en la remoción de una parte del agua contenida en los alimentos sólidos mediante su inmersión en soluciones concentradas de sólidos solubles, que poseen mayor presión osmótica y menor actividad de agua que el alimento en cuestión. Es decir, mediante su inmersión en soluciones hipertónicas tales como (azúcar, sal sorbitol y glicerol entre otros)” (p.183).

2.4.2. Ósmosis

La osmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos compuestos en una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución con menor concentración de

ciertos tipos de moléculas (Raolult- wack et al., 1989; Rodríguez-arce y Vega Mercado, 1991; Cheryan, 1992; Jayaraman Y Díaz Gupta, 1992).

2.4.3. Selección de soluto

Según SHRI K. SHARMA, et al (2009), dicen que: La selección del soluto y la concentración de la solución osmótica dependen de varios factores, como su efecto en la calidad organoléptica, sabor del producto final, su capacidad para disminuir la actividad de agua, la solubilidad del soluto, la permeabilidad a la membrana celular, efecto conservador y el costo. Por su eficacia, conveniencia y sabor agradable se ha encontrado que la sacarosa es uno de los mejores agentes osmóticos.

Es un inhibidor eficaz de la polifenoloxidasas, evita la pérdida de sabores volátiles y la mayoría de las membranas celulares son impermeables a ella. Su difusividad es mucho más baja que la del agua. El cloruro de sodio es un excelente agente osmótico a causa de su alta capacidad de reducir la actividad de agua, lo que resulta en una fuerza impulsadora más allá durante el proceso de eliminación de agua. La fuerza impulsadora de la sal es mucho más alta que la de sacarosa a la misma concentración.

2.4.4. Efecto de la Deshidratación Osmótica

Según Colina (2010): Durante la deshidratación osmótica de un alimento, el soluto de la solución hipertónica pasa a través de la membrana celular hacia el interior de las células, cuya concentración del soluto es inferior a la de la solución, con la consecuente salida de agua y sustancias de bajo peso molecular hacia la solución. Además a la salida de agua y entrada de soluto, el tejido del alimento sufre una

deformación celular y otras alteraciones debido a reacciones químicas y bioquímicas vinculadas con la deshidratación.

2.4.5. Aguaymanto

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L), pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis*, cuenta con más de ochenta variedades y se caracteriza porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz o capucho (Flórez et al., 2000); se conoce con los nombres de: uvilla, copa capolí, agua y mate, amor de bolsa, cereza del Perú, uchuva, miltomate, motobobo, embolsado, sacabuche, cereza de judas, yuyo de hojas, cereza de invierno, cereza de la tierra, tomate de cáscara y en inglés: *Capeggoseberry* (grosella del Cabo), *Peruviangrandcherry* (cereza del Perú). Es originaria de los Andes del Norte de Sudamérica y hoy en día es cultivada en todos los Andes sudamericanos (Popova et al., 2010). El cultivo en Europa comenzó en el siglo XVIII en Inglaterra (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

La ocurrencia de ejemplares asilvestrados de *P. peruviana* está hoy documentada en varios países, como por ejemplo, Ecuador, Chile, Venezuela, Hungría, India, Australia, China, Macronesia y Sudáfrica (Hokche, 2008).

Aguaymanto (*Physalis peruviana* L): Es una fruta redonda, amarilla, dulce y pequeña (entre 1,25 y 2 cm de diámetro), originaria de América, donde se conocen más de 50 especies en estado silvestre. Aunque se conoce desde épocas precolombinas y es un alimento silvestre tradicional en zonas andinas, que alcanza hasta dos metros de altura, puede llegar a generar 30 tallos huecos, sus hojas son acorazonadas y con vellosidades; tiene una raíz principal, de la que salen raíces laterales, las flores tienen cinco pétalos de color amarillo, el fruto es una baya globosa y jugosa, con una pulpa agridulce dentro

de la cual se encuentran gran número de semillas; el fruto puede pesar de 4 a 10 gramos y permanece cubierto por el cáliz o capacho, o durante todo su desarrollo. Sierra Exportadora. (2014): Aguaymanto. Perú:Recuperadode:<http://www.sierraexportadora.gob.pe/productos/catalogo-de-productos/aguaymanto>



Figura 4. Aguaymanto (*Physalis peruvian*)

Fuente: Elaboración propia

2.4.6. Composición química del aguaymanto

Según el Nacional Research Council (Fischer y Almanza, 1993), el jugo de aguaymanto maduro tiene altos contenidos de pectinasa, lo que disminuye los costos en la elaboración de mermeladas y otros preparativos similares. Sus beneficios se derivan de la composición nutricional del fruto que se describe en la tabla 3 (Velezmoro, 2004).

El aguaymanto es rico en vitaminas, lo mismo que en hierro, fósforo, fibra y carbohidratos. Debido a la gran presencia de nutrientes y vitaminas, este alimento es beneficioso para preservar la salud de los tejidos especializados como la retina.

Su composición química le confiere baja acidez y una importante fuente de vitaminas A y C con azúcares que se encuentran entre 11 a 15 °Brix, acorde con el estado de madurez (Carrasco y Zelada), 2008.

El porcentaje de acidez expresado como % de ácido cítrico oscila entre 2 y 2,4. En los frutos maduros el pH y los °Brix decrecen lo que lleva a un aumento de la acidez de un 2,0 a 2,1% (Puente et al., 2011).

Tabla 4. Composición nutricional del Aguaymanto

Factor Nutricional	Contenido (por 100g de pulpa)
Calorías	54
Agua	79.6
Proteínas	1.1
Grasa	0.4
Carbohidratos	13.1
Fibra	4.8
Ceniza	1.0
Calcio	7.0
Fósforo	38
Hierro	1.2
Vitamina A	648
Tiamina	0.18
Rivoflamina	0.03
Niacina	1.3
Ácido ascórbico	26

Fuente: Camacho (2000)

El aguaymanto es ampliamente usado en medicina tradicional para el tratamiento de malaria, asma, hepatitis, dermatitis y reumatismo (Franco et al., 2007), otro uso medicinal radica en que es diurético y reduce el colesterol y niveles de glucosa (Rufatoet al., 2008).

Dentro de la diversidad del genero pysicalis, puedes ser encontrados varios componentes químicos, como flavonoides o glucósidos

(kaempferol, qercitina), ácidos grasos de cadena lineal (C6 a C4), ácido ascórbico, carotenoides, alcaloides y terpenos (Angelo y Jorge, 2007; Huber et al., 2007).

2.4.7. Propagación del cultivo de aguaymanto

El Aguaymanto tiene un crecimiento arbustivo, desarrolla una raíz fibrosa que en ocasiones puede encontrarse a más de 80 centímetros de profundidad en el suelo. El tallo es de color verde y algo quebradizo y tienen vellosidades de textura muy suave al tacto. Las hojas son enteras, similares a su corazón, pubescentes y con disposición alterna. Las flores son 18 hermafroditas, de cinco sépalos y cinco pétalos, tienen una corola amarilla y de forma tubular.

El Aguaymanto se propaga sexualmente por medio de semillas procedentes de frutos de buen tamaño y completamente maduros, cosechados de plantas sanas, vigorosas y en plena producción. Las semillas se extraen y se colocan en un recipiente plástico, en el cual se someten a un proceso de fermentación por espacio de 24 a 72 horas, para lograr una germinación eficiente. La tabla 4 muestra el ciclo del cultivo de aguaymanto.

Tabla 5. Ciclo de desarrollo del Aguaymanto (Aguilar et al., 2006).

Etapa	Duración	Características
Siembra	10-25 días	Elaboración de semillero, hasta la germinación
Germinación	20-30 días	Las plántulas pasan al vivero y son coladas en bolsa
Trasplante a bolsa	Hasta 60 días	Permanecen este tiempo en el vivero mientras tiene el vigor necesario para ser trasplantadas
Trasplante definitivo	2 mese	Se fertilizan empleando el 60 % de la recomendación ante del trasplante
Floración	1 mes	Aparición de flores
Fructificación	1 ½ mes	Fecundación de las flores alcanzan un peso aprox. 4.25gr
Maduración	2 ½ mes	Hasta cuando los frutos alcanzan un fruto de 4.25 gr
Cosecha	2 años	Tiene lugar 9.5 a partir de la siembra
Poda secretaria		Se efectúa finalizada cada cosecha
Poda de formación	100-150 días	Después de la primera cosecha
Poda de renovación		Después de cada pico de producción

Fuente: Ministerio de agricultura de Colombia

Elaboración: AMPEX

2.4.8. Secado

Según Rahman (2003), El secado es uno de los métodos de eliminación de agua para obtener productos finales solidos; por el contrario la concentración consiste en la eliminación de agua, pero manteniendo el estado líquido del producto. Una de las principales razones por las que se utiliza la fermentación en el procesado de alimentos es para desarrollar aromas o sabores deseados; sin embargo, uno de los mayores problemas que se presentan en el secado, en lo que a la calidad del producto se refiere, es precisamente la pérdida de sabor y aroma.

2.5 APLICACIÓN A LA INGENIERÍA

2.5.1. Gestión de Proceso



CICLO DEMING – P.H.V.A

IMPLANTAR – ACTUAR

- Desarrollar el deshidratado osmótico en una solución salina con pre-tratamiento al proceso de secado e Aguaymanto.

PLANIFICACIÓN

- Deshidratar osmóticamente.
- Experimentar con sal y azúcar para selección.
- Analizar tiempos en pérdida de humedad y ganancia de sólidos.
- Obtener un costo beneficio mayor a 1.

VERIFICAR

Análisis de tiempos de deshidratación con sal y azúcar, pesos post proceso y costos.

HACER

- Experimentación para selección de soluto.
- Proceso de deshidratación.
- Estudio de Tiempos del proceso.
- Análisis de costo/beneficio.

PROCESOS DE DIRECCIÓN

- ✓ Se planifica hacer las pruebas con soluciones salinas y azucaradas.
- ✓ Se revisará los 3 resultados obtenidos.
- ✓ Asignaremos cantidades de Aguaymanto, azúcar y sal para las pruebas correspondientes.
- ✓ Analizar tiempos y pesos obtenidos en las pruebas.

PROCESOS DE REALIZACIÓN

- ✓ Deshidratado osmótico con selecciones salinas y azucaradas.
- ✓ Selección del soluto adecuado.

PROCESOS DE SOPORTE

- ✓ Gestión humana
- ✓ Gestión de procesos
- ✓ Control del proceso
- ✓ Compras y suministros

N
E
C
E
S
I
D
A
D

D
E
L

C
L
I
E
N
T
E
S

S
A
T
I
S
F
A
C
I
O
N

A
L

C
L
I
E
N
T
E

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

a) Por el enfoque: Cuantitativa.

Porque busca la comprensión o solución de un problema a través del planteamiento de objetivos e hipótesis estructuradas.

b) Por el propósito: Aplicada.

Porque aplica teorías especializadas con el tema de investigación.

c) Por el nivel de alcance: Explicativa.

Porque busca explicar la forma en que la variable independiente influye en la dependiente.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Experimental – Propositiva

a) Experimental: Porque demostrará la hipótesis a través de un proceso físico.

b) Propositiva: Porque plantea una propuesta de solución al problema identificado.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

a) Población: conjunto de *Physalis peruvian* “Aguaymanto” en la ciudad de Cajamarca.

b) Muestra: 15 kg de *Physalis peruvian* “Aguaymanto”

3.4. HIPOTESIS

En la investigación se conocerá el efecto de la concentración del soluto mediante la deshidratación osmótica en “Aguaymanto” (*Physalis peruvian*) – Lambayeque 2014.

3.5. VARIABLES

a)Independiente:

Deshidratación osmótica.

b)Dependiente:

Concentración del soluto.

3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Deshidratación osmótica.

3.5.1.1. CONCEPTOS

a)Deshidratación Osmótica

Colina (2010), menciona que: “La deshidratación osmótica, también llamada osmodeshidratación, consiste en la remoción de una parte del agua contenida en los alimentos sólidos mediante su inmersión en soluciones concentradas de sólidos solubles, que poseen mayor presión osmótica y menor actividad de agua que el alimento en cuestión. Es decir, mediante su inmersión en soluciones hipertónicas tales como (azúcar, sal sorbitol y glicerol entre otros)” (p.183).

b) Agente osmótico

Es la sustancia utilizada para promover la fuerza impulsora osmótica; debe ser no tóxica y poseer sabor agradable. Para seleccionarla se debe considerar tres factores y las características sensoriales del producto a deshidratar como:

- a. El costo del agente.
- b. El peso molecular del agente.

Agentes osmóticos más utilizados para deshidrataciones:

- a. Cloruro de sodio.
- b. Sacarosa.
- c. Jarabe de maíz con alta concentración de fructosa.
- d. Glicerol.

Otros agentes que no son tan utilizados debido que son más costosos, son menos accesibles y algunos pueden causar un sabor desagradable al alimento:

- a. Etanol.
- b. Lactato de sodio.
- c. Alanina.
- d. Polietilenglicol.
- e. L-lisina.
- f. Caseína.
- g. Glutamato monosódico.
- h. Proteína de soya.

3.5.1.2. OBJETIVOS

Estudiar el efecto de la concentración del agente osmótico (glucosa y sal) sobre la deshidratación osmótica de frutos.

- a. Determinar las Concentraciones de las Soluciones
- b. Determinar la velocidad de eliminación de agua y la ganancia de sólidos.
- c. Conocer los aspectos básicos de la deshidratación osmótica.
- d. Conocer los mecanismos que gobiernan la osmodeshidratación.
- e. Saber qué criterios se usarán para seleccionar los solutos que participan en el proceso.

3.5.1.3. MODELOS

a) Actividad del agua

Uno de los parámetros más importantes en la deshidratación de alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso.

Aunque este valor es parte importante del gradiente que provoca el movimiento del agua, la actividad de esta se ha convertido en un factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos secos.

Por definición, la actividad del agua es la humedad relativa de equilibrio dividida por 100.

En la figura 05 se muestra la relación existente entre la humedad y la actividad del agua para la mayoría de los alimentos. La forma sigmoidea de la isoterma es típica de los alimentos secos, aunque sea diferentes las isotermas de adsorción y desorción de un mismo producto.

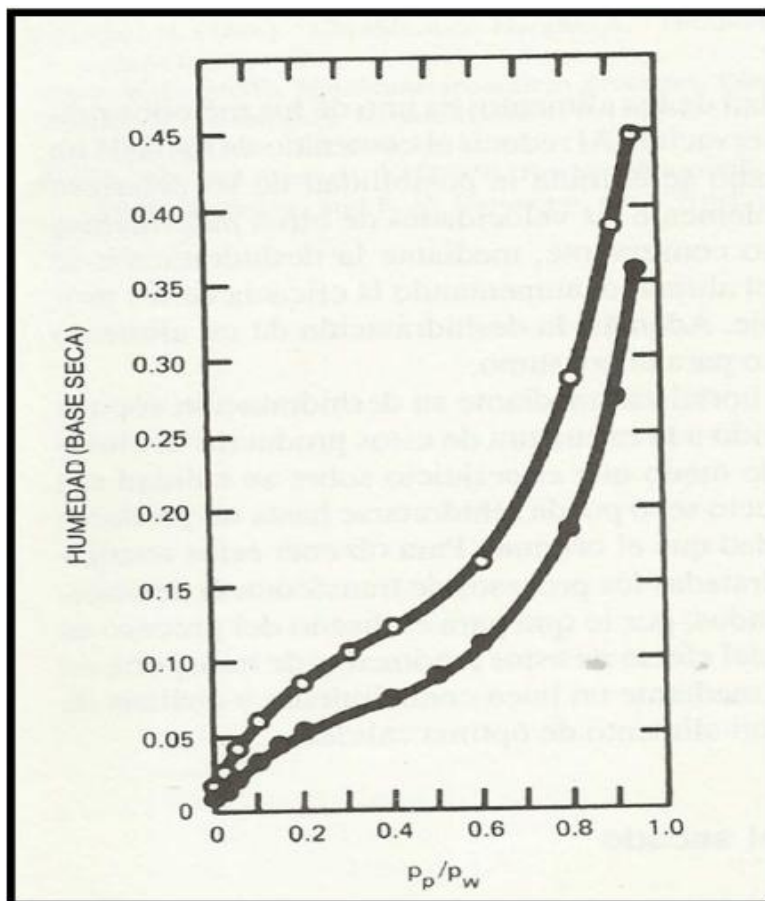


Figura 5. Isoterma del contenido de humedad en equilibrio para un alimento secado por congelación, mostrando histéresis.

Fuente: (Sing, 1981)

La humedad de equilibrio es el límite inferior del gradiente para la eliminación de agua del producto, que junto con la actividad del agua figura 06 determina la estabilidad del producto almacenado.

Como era de prever, mayores temperaturas implican menores humedades de equilibrio y mayores gradientes de humedad para el flujo de agua.

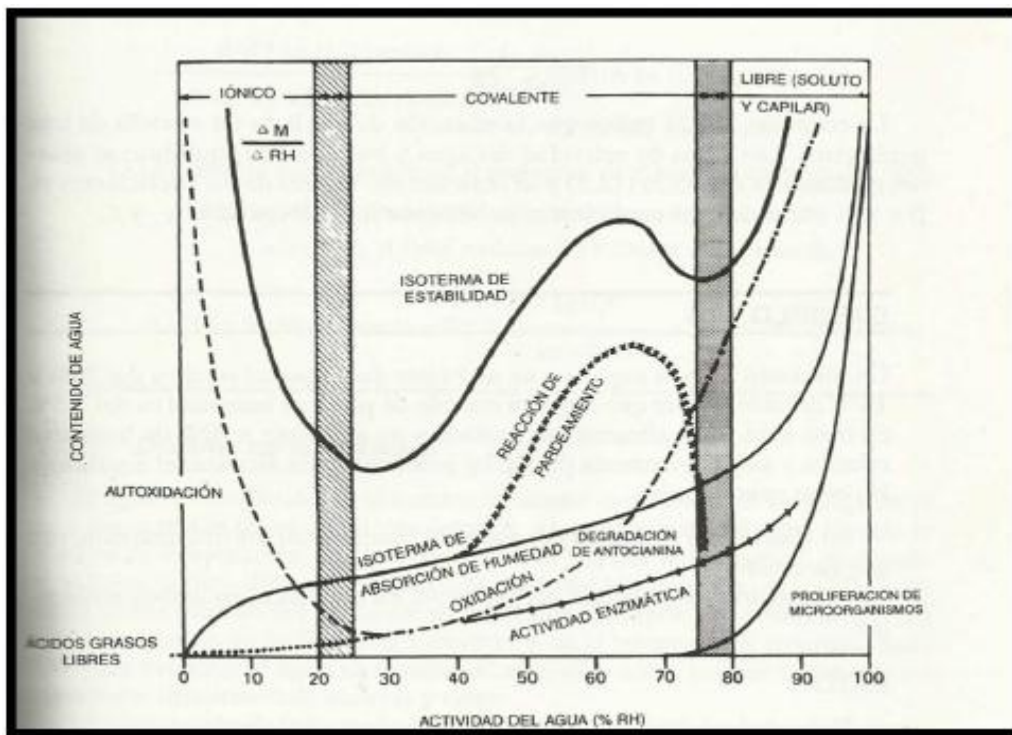


Figura 6. Influencia de la actividad del agua en las velocidades de varias reacciones de deterioro en alimentos.

Fuente: Rockland y Nishi 1980

b) Difusión de la humedad

El agua se elimina de los alimentos mediante su difusión, en fase líquida y / o vapor, a través de subestructura interior. Al movimiento del agua líquida seguirá su evaporación en algún punto en el interior del alimento, pudiendo estudiarse el flujodifusional como si fuera difusión molecular.

Así, el flujo de agua es una función del gradiente de la presión de vapor, de la difusividad del vapor en el aire, de la distancia a recorrer y de la temperatura. Además, dado que para evaporar el agua es necesario calor, el proceso supone realmente un transporte simultáneo de materia y calor. La eliminación de la humedad del producto dependerá, en parte,

de la transferencia de materia por convección hacia la superficie del producto.

Aunque este proceso puede no ser el limitante de la velocidad, no se debe olvidar la importancia de mantener las condiciones límite óptimas para el transporte de la humedad.

c) Curva de velocidad de secado

La eliminación de agua de un alimento se realizará normalmente en una serie de etapas diferenciales entre sí por la velocidad de secado, como demuestra en la figura 07, la etapa inicial (AB) ocurre conforme el producto y el agua en él contenida se calientan ligeramente. Posteriormente se produce una reducción importante del contenido en agua a velocidad de secado constante (BC); esta etapa tiene lugar a temperaturas constantes, siendo esta de bulbo húmedo del aire. En la mayoría de los casos esta etapa de velocidad de secado constante finaliza al alcanzarse la humedad crítica; posteriormente existirán uno o varios periodos de velocidad de secado decreciente (CD).

La humedad crítica suele estar claramente identificada debido al cambio brusco de la pendiente en la curva de velocidad de secado.

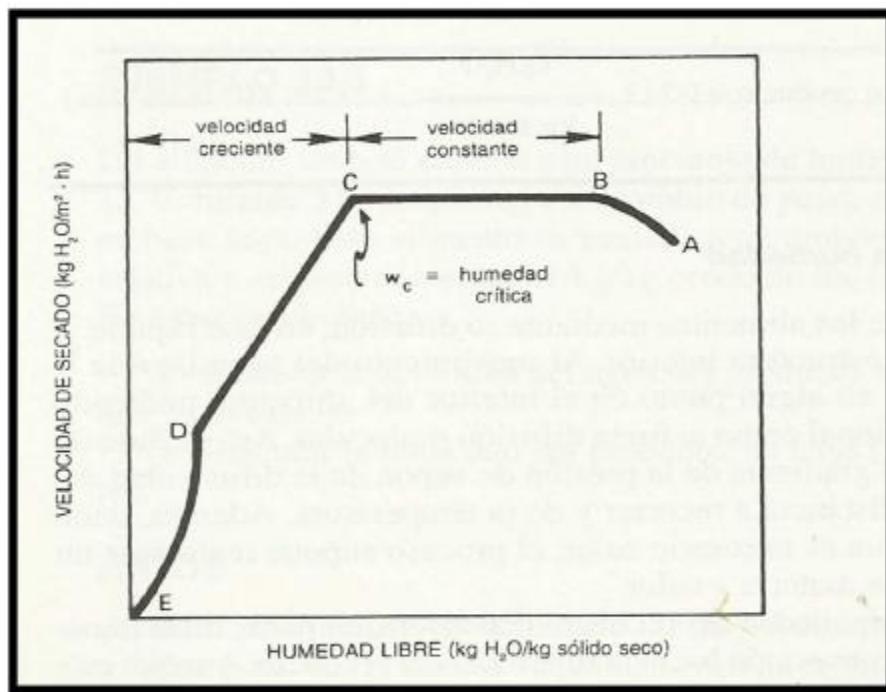


Figura 7. Representación de los periodos de secado a velocidad constante y decreciente.

Fuente: Introducción a la ingeniería de los alimentos. (1993)

d) Transferencia de materia y calor

Como ya se ha indicado previamente, la eliminación de agua de un alimento supone el transporte simultáneo de materia y calor. La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor generado se transporta desde la superficie de la capa húmeda en el interior del producto hacia la superficie de este.

El gradiente de presión de vapor existente entra la superficie del agua en el interior y en el aire exterior al alimento es el que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie de este. Estos flujos de materia y calor en el interior del alimento tiene lugar a nivel molecular: el calor transmitido depende de la conductividad térmica del alimento mientras que el flujo de agua será proporcional a la difusión molecular del vapor de agua en el aire.

En la superficie el producto tiene simultáneamente los transportes de materia y calor, controlados por mecanismos conectivos. El transporte e vapor desde la superficie el alimento al aire exterior es función de la presión de vapor mientras que la transmisión de calor desde el aire hacia el alimento depende del gradiente de temperatura.

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE: Concentración del soluto.

3.5.2.1. CONCEPTOS

a)Concentración del soluto

Cornejo, 2010, Existen diferentes agentes osmóticos los más comúnmente usados son la sacarosa para frutas y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes; si bien también mezclas de solutos han sido probadas. También se pueden utilizar: glucosa, fructosa, dextrosa, malto dextrina, jarabes de almidón de maíz y sus combinaciones.

El aumento de la concentración de la solución incrementa la pérdida de agua del producto y la velocidad de secado ya que la actividad de agua de la solución decrece con un aumento en la concentración de solutos este no implica un aumento en la impregnación de sólidos a la fruta.

La fuerza impulsora para la DO es la diferencia de presiones osmóticas entre el producto y la solución concentrada en la cual está inmerso.

b) Concentración de la solución osmótica

La pérdida de agua y la velocidad de secado aumentan con el incremento de la concentración de la solución osmótica, ya que la actividad de agua de la solución decrece con un aumento en la concentración de solutos (Fakar y Lazar, 1969; Magee y col., 1983; Lenart y Flink, 1984; Lerici y col., 1985; Biswal y Le Maguer, 1989; Marcotte y Le Maguer, 1991; Rahman y Lamb, 1990).

Con el incremento en la concentración de la solución se forma una capa de soluto sobre la superficie del producto que actúa como barrera reduciendo la pérdida de nutrientes y, a muy altas concentraciones, pueden dificultar también la pérdida de agua (Saurel y col., 1994 a y 1994b).

Cuando se utilizan mezclas de sacarosa y sal la fuerza impulsora para la transferencia de masa aumenta al bajar la actividad de agua de la solución. Además, como se mencionó anteriormente, se forma una capa de sacarosa sobre la superficie del producto que impide la penetración de sal en el producto y permite mejorar la pérdida de agua sin afectar tanto el sabor (Baroni y Hubinger, 2000).

Guzmán y Segura (1991), han estudiado la potenciación de medios de deshidratación con el agregado de sal a concentraciones inferiores al 10 % m/m para evitar sabores dulces indeseables en el alimento.

c)Concentración

La concentración de la solución señala la relación entre la cantidad de solvente y la cantidad de soluto. Las propiedades químicas del solvente y del soluto no se alteran en la solución.

d) Solución

Las soluciones en Química, son mezclas homogéneas de sustancias en iguales o distintos estados de agregación. La concentración de una solución constituye una de sus principales características. Algunos ejemplos de soluciones son: agua salada, oxígeno y nitrógeno del aire, el gas carbónico en los refrescos.

e)Solute

Componente de una solución que se encuentra en menor proporción y esta sustancia es disuelta por el solvente. El solvente universal es el agua donde la **concentración** es la magnitud química que expresa la cantidad de un soluto que hay en una cantidad de disolvente o disolución.

3.5.2.2. OBJETIVOS

- a) Recordar las diferentes formas de expresar las concentraciones de una solución.
- b) Familiarizarse con la preparación de soluciones de concentración deseada.
- c) Reconocer las diferencias en la preparación de soluciones dependiendo de las características específicas de las diferentes sustancias.

3.5.2.3. MODELOS

a) Selección de solutos

La elección del soluto y la concentración de la solución osmótica depende de varios factores, como su efecto en la calidad organoléptica, sabor del producto final, su capacidad para disminuir la actividad de agua, la solubilidad a la membrana celular, efecto conservador y el costo. Por su eficacia, conveniencia y sabor agradable se ha encontrado que la sacarosa es uno de los mejores agentes osmóticos.

Es un inhibidor eficaz de la polifenoloxidasas, evita la pérdida de sabores volátiles y la mayoría de las membranas celulares son impermeables a ella.

Su difusividad es mucho más baja que la del agua, lo que resulta en una baja captación de sólidos en el tejido. Sin embargo su dulzura limita la utilización a las verduras (LIMUSA, 2009).

b) Elección de soluto

La elección del soluto depende del tipo de producto a tratar, del costo del soluto y la calidad final deseada.

Como ya se mencionó el soluto más difundido para la deshidratación osmótica de frutas es la sacarosa, aunque en muchos casos se utiliza mezclas de sacarosa con mínimas proporciones de cloruro de sodio (sal).

La aplicación de esta mezcla presenta ventajas respecto a la utilización de cada uno por separado, ya que la deshidratación es mayor y la penetración disolutos es menor.

Esto se debe a que la sacarosa forma una barrera sobre la superficie de la fruta que evita la penetración de la sal, pero a su vez la presencia de sal en la solución mantiene una baja actividad de agua lo cual produce una continua pérdida de agua y una baja ganancia de solutos.

Según Barbosa (1996) los usos de algunos solutos osmóticos pueden ser:

1. Cloruro sódico: Carnes y verduras. Soluciones superior 10% por su Alta capacidad de depresión de aw.
2. Sacarosa: Frutas ya que reduce pardeamiento y aumenta retención de volátiles.

c) Porcentaje en masa

Es la masa del soluto por cada cien partes de solución.

El porcentaje en masa se define como los gramos de soluto (sustancia que se disuelve) por cada 100 gramos de disolución:

$$\% \text{ MASA} = \frac{m \text{ de soluto}}{m \text{ de solución}} * 100$$

Ejemplo: Si se disuelven 20 gramos de azúcar en 60 gramos de agua, el porcentaje en masa será:

$$\% \text{ en masa} = 100 \cdot 20 / (20 + 60) = 25\%$$

d) Porcentaje en volumen

Expresa el volumen de soluto por cada cien unidades de volumen. Se suele usar para mezclas gaseosas en las que el volumen es un parámetro importante a tener en cuenta. Es decir, el porcentaje que representa el soluto en el volumen total de la disolución. El porcentaje en volumen se calcula de forma similar al porcentaje en masa, pero empleando volúmenes en lugar de masas, evidentemente se suele utilizar para líquidos o gases:

$$\% \text{ volumen} = \frac{v \text{ de soluto}}{v \text{ de solución}} * 100$$

Ejemplo: si se tiene una disolución del 20% en volumen (habitualmente 20%v) de alcohol en agua quiere decir que se tienen 20ml de alcohol por cada 100ml de disolución.

e) Concentración en masa

Se pueden usar también las mismas unidades que para medir la densidad aunque no conviene confundir ambos conceptos.

La densidad de la mezcla es la masa de la solución entre el volumen de esta mientras que la concentración en dichas unidades es la masa de soluto entre el volumen de la disolución.

Se suelen usar los gramos por litro (g/l).

$$cm = \frac{\text{gramos de soluto}}{\text{volumen de solución}}$$

3.5.2.4. CARACTERÍSTICAS

Uno de ellos podría ser el aumento en el contenido desal o el mayor dulzor y/o la disminución de la acidez del producto. Para evitar este problema se puede recubrir el producto con una membrana semipermeable comestible que reduce la transferencia de solutos pero incrementa la pérdida de agua (Camirand et al, 1968).

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6. Operacionalización de la Variable Dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Dependiente: Concentración del soluto	La concentración de la solución señala la relación entre la cantidad de solvente y la cantidad de soluto. Las propiedades químicas del solvente y del soluto no se alteran en la solución	SELECCIÓN DEL SOLUTO	Propiedades del soluto
		ELECCIÓN DEL SOLUTO	Azúcar
			Sal
		PORCENTAJE DE MASA	$\% \text{ MASA} = \frac{m_{\text{desoluto}}}{m_{\text{desolución}}} * 100$
		PORCENTAJE EN VOLUMEN	$\% \text{ volumen} = \frac{v_{\text{desoluto}}}{v_{\text{desolución}}} * 100$
CONCENTRACIÓN EN MASA	$cm = \frac{\text{gramodesoluto}}{\text{volumendesolución}}$		

Fuente: Elaboración de autores

Tabla 7. Operacionalización de la Variable Independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Independiente: Deshidratación osmótica	Es la remoción de una parte del agua contenida en los alimentos sólidos mediante su inmersión en soluciones concentradas de sólidos solubles, que poseen mayor presión osmótica y menor actividad de agua que el alimento en cuestión.	Actividad del agua	Humedad
		Difusión de la humedad	Difusividad
		Curva del secado	Humedad crítica
		Transferencia de masa	Temperatura

Fuente: Elaboración de autor

3.7. MATERIALES Y MÉTODOS

3.7.1. LUGAR DE TRABAJO

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán:

- ✓ Laboratorio de Química

3.7.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

En esta investigación se utilizó el aguaymanto

En la tabla 08. se presenta estos en comparación con otros frutos, observándose que es una fuente de mayor cantidad de nutrientes, como proteína, sales minerales (fósforo y potasio), que son altos para una fruta, así como pro-vitamina A, vitamina C y vitaminas del complejo B (Bernal, 1986).

Tabla 8. Contenido nutricional del Aguaymanto (*Physalis Peruviana*) (por 100 g de parte comestible)

Contenido	(1)	(2)	(3)
Agua (%)	78,9	79,6	85,9
Proteína (g)	0,3	1,1	1,5
Grasa (g)	0,5	0,4	0,5
Carbohidratos (g)	19,3	13,1	11,0
Fibra (g)	4,9	4,8	0,4
Ceniza (g)	1,0	1,0	0,7
Calcio (mg)	8,0	7,0	9,0
Fósforo (mg)	55	33	21
Hierro (mg)	1,2	1,2	1,7
Vitamina A	243*	648 U.I.	1730 U.I.
Tiamina (mg)	0,1	0,18	0,1
Riboflavina (mg)	0,03	0,03	0,17
Niacina (mg)	1,7	1,3	0,8
Ác. ascórbico (mg)	43	26	20

Fuente:(1) Tapia, 2000; (2) Comunidad Andina, 2004; (3) Bernal, 1986

Según el CENAN se obtuvieron las característica fisicoquímicas de aguaymanto para realizar los cálculos correspondientes.

Tabla 9. Características del Aguaymanto

CARACTERÍSTICA DEL AGUAYMANTO		
CARACTERISTICAS	VALOR	UNIDADES
HUMEDAD	82.3	%
DIÁMETRO	0.0125	m

Fuente: CENAN

Para esta experimentación se utilizaron insumos como azúcar y sal para de esta manera analizar y seleccionar el soluto adecuado para la osmodeshidratación,

Se utilizó agua de mesa para obtener las soluciones y realizar la osmodeshidratación de los aguaymantos.

3.7.3. MATERIALES Y EQUIPOS

A. MATERIALES

- ✓ Agitador de vidrio
- ✓ Alfileres
- ✓ Beakers
- ✓ Bagueta
- ✓ Embudo
- ✓ Matraces 1L c/u
- ✓ Probeta 1L c/u
- ✓ Papel toalla

B. EQUIPO

- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Agitador magnético

3.7.4. METODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se procederá a emplear los siguientes métodos:

a) Método Inductivo:

Permitirá que se lleve a cabo la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

b) Método Analítico:

Permitirá descomponer un tema o un todo en partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, y para ello existen dos tipos principales de métodos de análisis que incluyen procedimientos cualitativos y cuantitativos.

Los métodos cuantitativos incluyen técnicas estadísticas para analizar los datos y los métodos cualitativos analizan la información, como notas de las entrevistas observaciones, que no puede resumirse en términos numéricos.

c) Método Experimental:

Se realizará método de investigación en el que el investigador controla deliberadamente las variables para delimitar relaciones entre ellas, está basado en la metodología científica. En este método se recopilan datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo control, con las mediciones de un grupo experimental. Las variables que se utilizan pueden ser variables dependientes (las que queremos medir o el objeto de estudio del investigador) y las variables independientes (las que el investigador manipula para ver la relación con la dependiente). Además debemos controlar todas las demás variables que puedan influir en el estudio (variables extrañas).

Se práctica la mayor parte de las veces dentro del marco ideal del laboratorio.

d) Estudios Preliminares:

Se realizará una recopilación de datos y estudios sobre la concentración de soluto en la deshidratación osmótica del aguaymanto realizados por el Ministerio de Industria de Estados Unidos, Cámara de Comercio y Producción, Promoción del Perú (PROMPERÚ), Ministerio de Agricultura, Sierra Exportadora Sede Lambayeque.

3.7.4.1. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA PÉRDIDA DE HUMEDAD.

La pérdida de humedad durante este proceso se determinó aplicando el método de AOAC 930.15.

$$\Delta\%H = \frac{W_2 * \%H}{W_1}$$

Dónde:

%H = Porcentaje de humedad

W1=Peso de muestra (g)

W2=Peso de muestra seca (g)

3.7.4.2. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA GANANCIA DE SÓLIDOS.

La ganancia de los sólidos se obtuvo aplicando la siguiente fórmula de ganancia de sólidos.

$$SG = \frac{Ceg\ Peg\ (t)}{M} \times 100$$

Donde:

(SG)= Ganancia De Solute

M = Peso inicial de la muestra

Ceg/Peg= Contenido de la muestra en el momento

T = Tiempo

3.7.4.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la ejecución de los procedimientos de recolección de datos se tendrá en cuenta los objetivos específicos presentes en el proyecto de investigación.

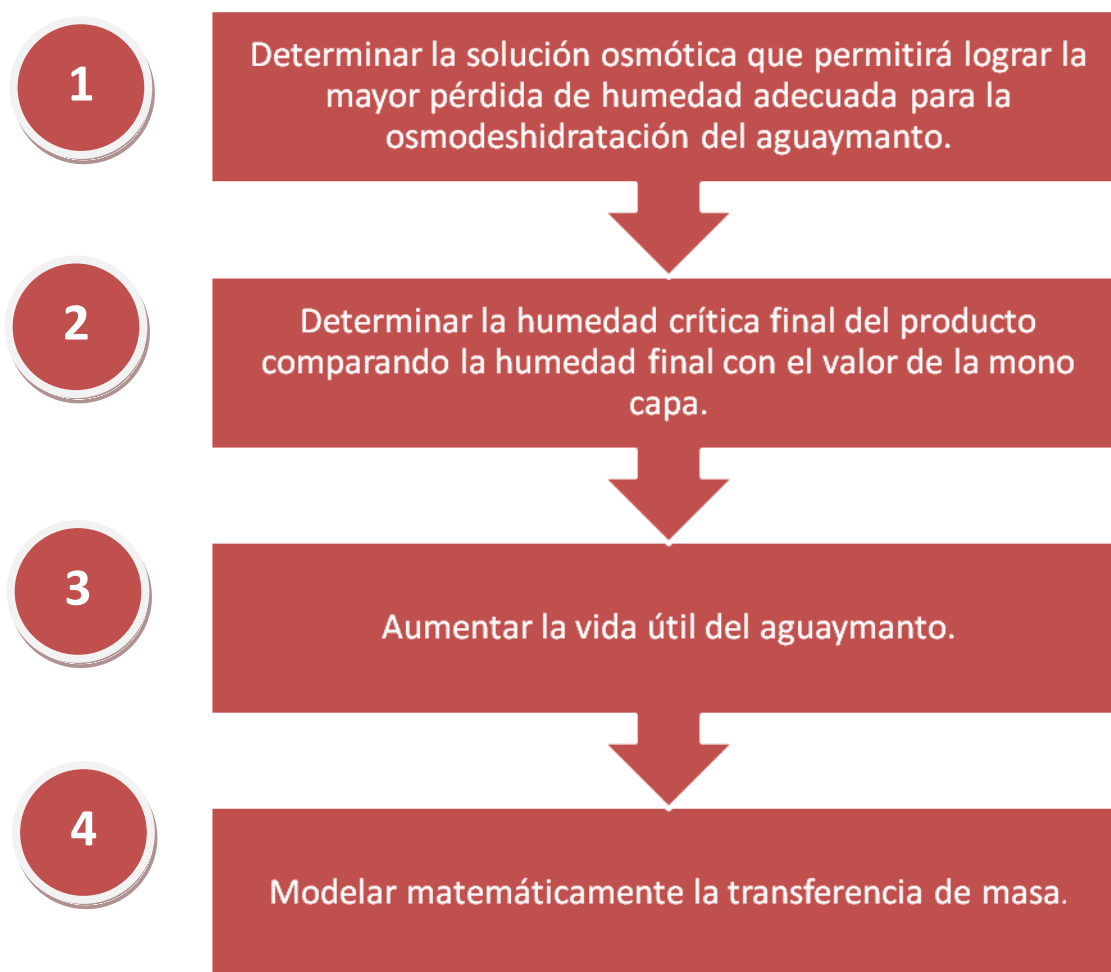


Figura 8. Diagrama de Flujo de los Objetivos del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia

- A. Determinar la solución que permitirá lograr la mayor pérdida de humedad adecuada para osmodeshidratación del aguaymanto mediante la medición periódica del contenido de la humedad del aguaymanto utilizando el método AOAC 950.46.

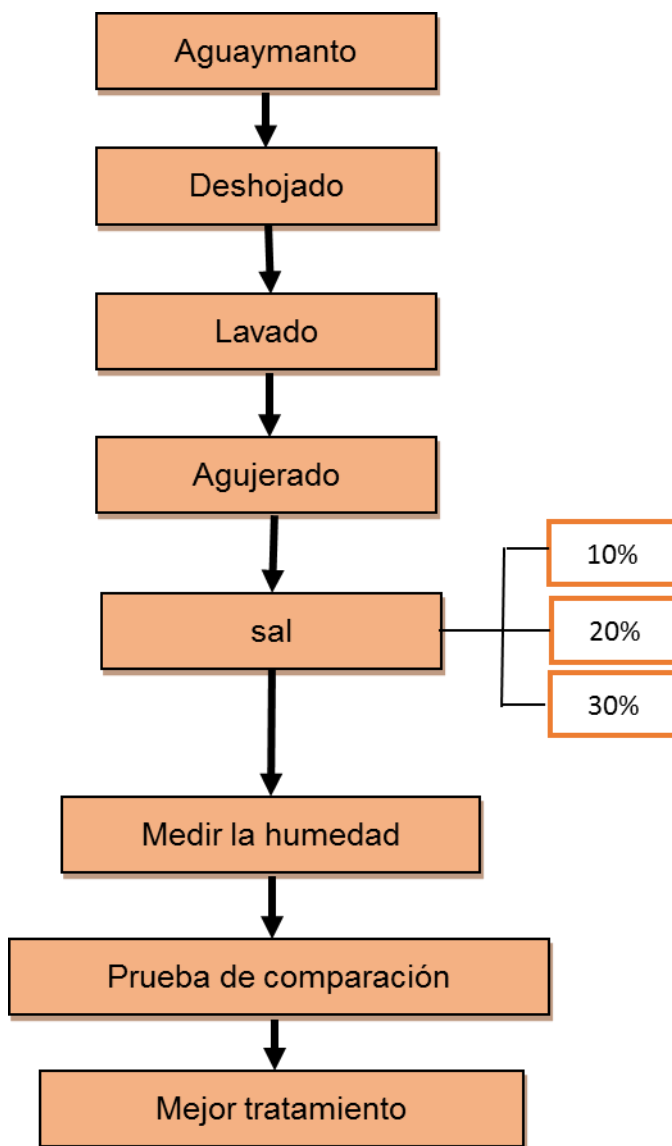


Figura 9. Procedimientos

Fuente: Elaboración propia

Preparación de la fruta: La fruta se lava, y puede trabajarse entera o en trozos. Si la piel de la fruta entera es muy gruesa y poco permeable, no permite una deshidratación rápida, en este caso se puede pelar o permeabilizar, disolviendo la cera natural con una sustancia apropiada o por escaldado. El escaldado disminuye la selectividad de las paredes de las células, acelerando la deshidratación (Camacho, 1994).

Pesada de las muestras de AGUAYMANTO y de los solutos para preparar las soluciones.

Los agentes deshidratantes utilizados para elaborar las diferentes soluciones acuosas empleadas en las distintas experiencias fueron:

Sacarosa: Se utilizó sacarosa comercial

Sal (cloruro de sodio): Se empleó sal fina comercial

Se utilizó una balanza con precisión de 10 mg y máxima pesada, para pesar los aguaymantos y los solutos para preparar las distintas soluciones acuosas.

Se prepararon soluciones con mezclas de sacarosa y sal como solutos y agua como solvente. Se trabajó variando la concentración de sacarosa en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% m/m y la concentración de sal en 5%, 10% y 20% m/m. Se analizó cómo influía en la deshidratación osmótica la modificación de la temperatura (30 y 40 ± 0.5 °C) y el tamaño de los cubos (0,6; 1 y 1,2 cm de lado).

Se realizó la búsqueda de los valores de estas variables, condiciones de operación, para un mismo nivel de agitación 120-130 rpm, que permiten alcanzar una adecuada pérdida de agua analizando y comparando las curvas de deshidratación. Asimismo, se estudiaron las variables que afectaban más la pérdida de peso: como el tiempo, la concentración de

sacarosa y la concentración de sal a través de la optimización con superficies de respuesta.

El proceso de osmodeshidratación se puede aplicar hasta niveles donde la fruta pierde cerca del 70 al 80% de su humedad, si se deja el tiempo suficiente de tratamiento.

Los trozos, según el grado de deshidratación alcanzado, se pueden someter a procesos complementarios que le darán mayor estabilidad hasta el punto de poderse someter a condiciones ambientales con un empaque adecuado (Camacho, 1994).

Algunos de los procesos complementarios son la refrigeración, congelación, pasteurización, liofilización, secado con aire caliente, o a temperatura ambiente, adición de conservantes o empaçado en vacío. La alternativa seleccionada depende de las posibilidades del procesador y de las necesidades de estabilidad en el producto final.

Se ha encontrado que la deshidratación osmótica combinada con el secado en lecho fluidizado a alta temperatura genera productos de mejor calidad que los que se obtienen en el secador de lecho fluidizado solamente (Kim y Toledo, 1987).

Comparamos cuales de las dos concentraciones de soluto genera mayor pérdida de agua, entonces será la adecuada para la deshidratación del producto.

- B.** Determinar el porcentaje de humedad máximo de extracción producido por la solución osmótica.

PROCEDIMIENTO:

Patricia Della Rocca, Rodolfo Mascheron en “DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PAPAS” explican que: Luego de pruebas sensoriales del producto que había sido sumergido en distintas soluciones de la misma concentración en sacarosa (10%, 20%, 30%, 40% y 50%) y de distintas concentraciones de sal (5%, 10% y 20 %) se podrá apreciar cuál de las dos concentraciones es la más favorable.

A medida que transcurre el tiempo la pérdida de agua disminuye y por consiguiente la concentración de sólidos solubles en la solución alcanza el equilibrio.

- C.** Aumentar la vida útil del aguaymanto por medio de la eliminación de agua.

PROCEDIMIENTO:

ZAPATA MONTOYA, JOSÉ & CASTRO QUINTERO, GILBERTO (1999), en: “DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTAS Y VEGETALES”; señalan que: La Deshidratación Osmótica (DO) consiste en sumergir un producto alimenticio en una solución con una alta presión osmótica, lo cual crea un gradiente de potencial químico entre el agua contenida en el alimento y el agua en la solución. Estas son semipermeables y permiten el paso del agua y muy poco el de soluto, produciéndose como efecto neto, la pérdida de agua por parte del producto (Lenart y Flink, 1984; Molano, Serna y Castaño, 1996).

Este método permite obtener productos de humedad intermedia, los cuales pueden ser tratados posteriormente por otros métodos. Esta combinación permite, aumentar la vida útil y mejorar las características sensoriales de los productos tratados (Levi et al., 1983; Molano et al., 1996).

- D.** Modelar matemáticamente la transferencia de masa utilizando la ecuación de fick.

PROCEDIMIENTO:

La cinética de transferencia de masa se modelará de acuerdo a las ecuaciones Peleg y Fick. La ecuación de Peleg presenta el mejor ajuste para la pérdida de agua. La difusividad efectiva se determinará utilizando la segunda ley de Fick aplicada a una geometría esférica ya que se encontrará con ello el intervalo para la pérdida de agua.

El incremento de la concentración de la solución dará como resultado una mayor pérdida de agua.

3.7.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS E RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación está basada en diversos instrumentos que permiten la recopilación de información con sus respectivos instrumentos en diferentes áreas involucradas como lo muestra a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTO
Caracterización de la materia prima	Aguaymanto: la fruta es redonda – ovoide, del tamaño de una uva grande, con piel lisa, cerácea, brillante y de color amarillo – dorado – naranja; o verde según la variedad. Su carne es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la fruta está madura, Es dulce con un ligero sabor agrio (Palacios, 1993)	Tabla de cotejo de contenido nutricional
Procedimiento para obtener la pérdida de humedad.	La pérdida de humedad durante este proceso se determinó aplicando el método de AOAC 930.15.	Ecuación de pérdida de humedad
Procedimiento para obtener la ganancia de sólidos.	La ganancia de sólidos se obtuvo aplicando la fórmula de soluto ganado.	Ecuación de ganancia de sólidos
Observación	Se observaron las características del fruto.	Guía de observación

Fuente: Elaboración de autores.

3.7.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION

El diseño experimental que se empleó fue un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 2x3 tal como se muestra en el diagrama experimental para las muestras con azúcar:

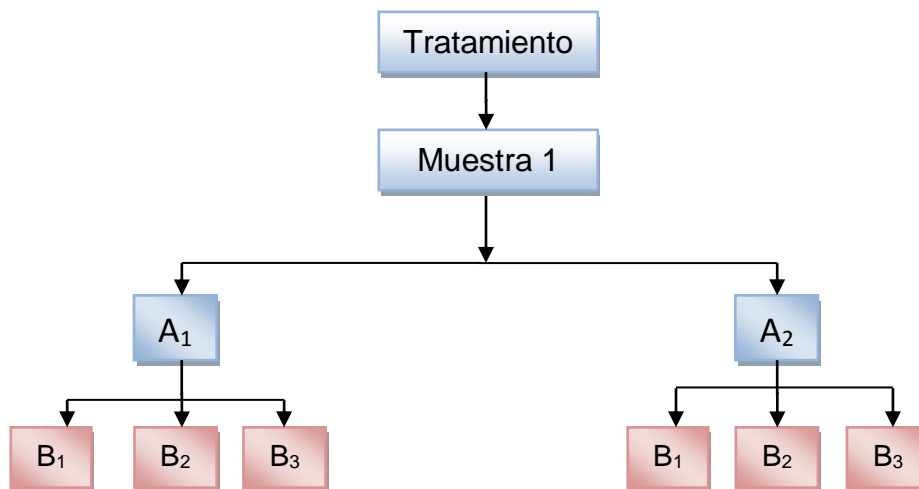


Figura 10. Diagrama del diseño experimental para muestra de azúcar

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

A1 = Ganancia de sólidos

A2 = Pérdida de humedad

B1 = Concentración de azúcar al 10%

B2 = Concentración de azúcar al 20%

B3 = Concentración de azúcar al 30%

El diseño experimental que se empleó fue un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 2x3 tal como se muestra en el diagrama experimental para las muestras con sal:

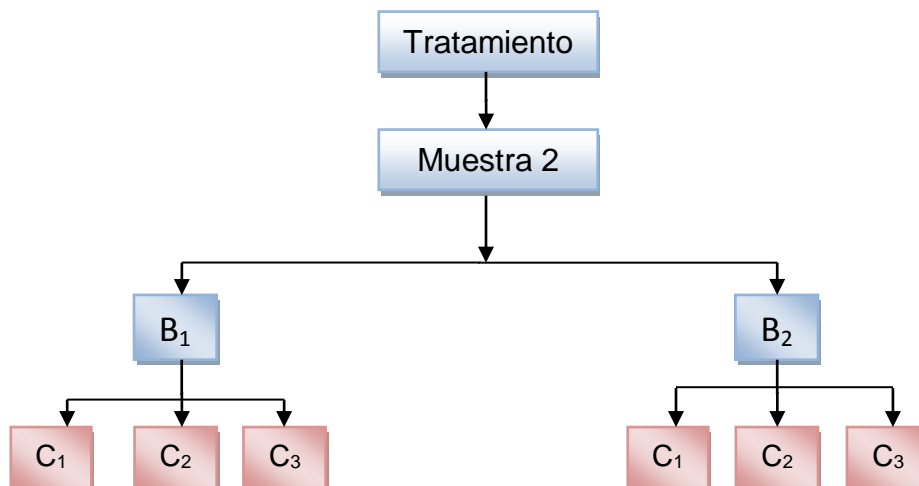


Figura 11. Diagrama del diseño experimental para muestra de sal

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

B1 = Ganancia de sólidos

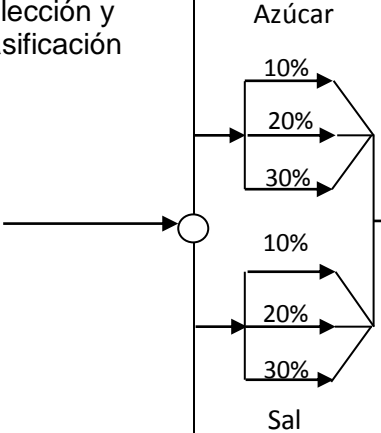
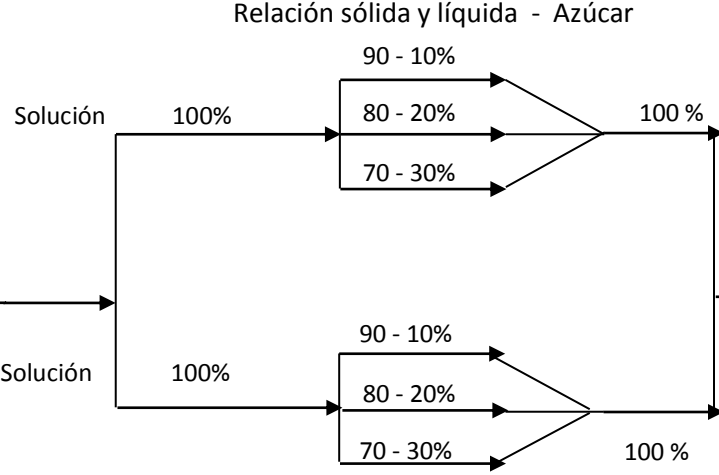
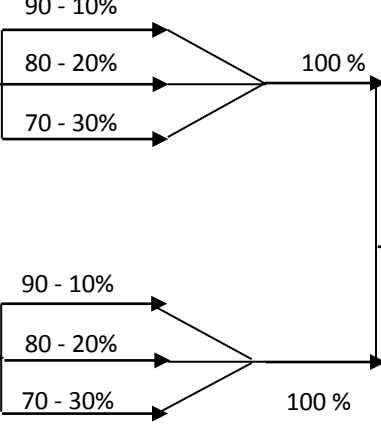
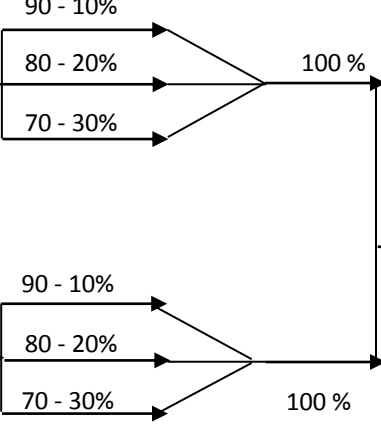
B2 = Pérdida de humedad

C1 = Concentración de sal al 10%

C2 = Concentración de sal al 20%

C3 = Concentración de sal al 30%

Tabla 11. Esquema experimental seguido durante la investigación

OPERACIONES	- Selección y clasificación	- Deshojado	- Lavado	- Agujereado	- Osmodeshidratado - Escurredo
<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima e insumos - Selección y clasificación 					
CONTROLES	<ul style="list-style-type: none"> - Peso del fruto - Peso de insumos 		<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo del tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Ganancia de sólidos - Pérdida de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de difusividad

Fuente: Elaboración propia

3.7.6.1. Caracterización e la materia prima

Esta primera etapa de la investigación consistió determinar la los óptimos resultados del tratamiento en la materias primas que se utilizó, como también el estado con el que la materia prima ingresa al proceso de osmodeshidratación.

3.7.6.2. Formulación del Tratamiento

Esta segunda etapa de la investigación consistió en la Formulación de las muestras tanto de azúcar como de sal para dicho tratamiento.

I. Descripción de cada etapa del proceso de osmodeshidratación.

a) Recepción de la Materia Prima

La recepción es la entrada del aguaymanto al laboratorio, donde se realiza el control de peso de la fruta, es muy importante verificar que el aguaymanto sea de primera calidad, debiendo reunir las siguientes características: ser fresca, sana y madura.

b) Selección y clasificación

La selección se realizará mediante una inspección o control visual, eliminando aquellos aguaymantos que presenten magulladuras o algún tipo de anomalías agronómicas; también se realizará una clasificación (de tamaño), esto con la finalidad de tener un producto final uniforme.

c) Deshojado

En esta etapa del proceso se procede a retirar la capa externa que envuelve el fruto para continuar con dicho proceso.

d) Lavado

Se realizará un lavado con agua fría por inmersión para eliminar las impurezas que podrían tener, es decir la suciedad y los microorganismos adheridos a la superficie.

d) Pesado de la Materia Prima

Se procede en esta etapa al pesado de los grupos de aguaymantos que serán agujereados para luego ingresar a las soluciones.

e)Aguajeado

En esta etapa se realizan 62 agujeros por cada fruto usando alfileres con el fin de acelerar la deshidratación osmótica.

f) Pesado de Insumos

Se procede con el pesado de los insumos que serán luego ingresados a las soluciones.

g) Deshidratación Osmótica

En la etapa siguiente ingresan los insumos y la materia prima que es el aguaymanto dentro de las soluciones a diferentes concentraciones, manteniéndolas durante tiempos determinados hasta obtener los datos requeridos.

h) Ecurrido

Después de la osmodeshidratación del aguaymanto, se procederá al escurrido del producto por un tiempo aproximado de 5 minutos, con la finalidad de eliminar el jarabe que se encuentra rodeando al fruto.

II. DOP del proceso de Osmodeshidratación

Diagrama de Operaciones del Solute: SAL

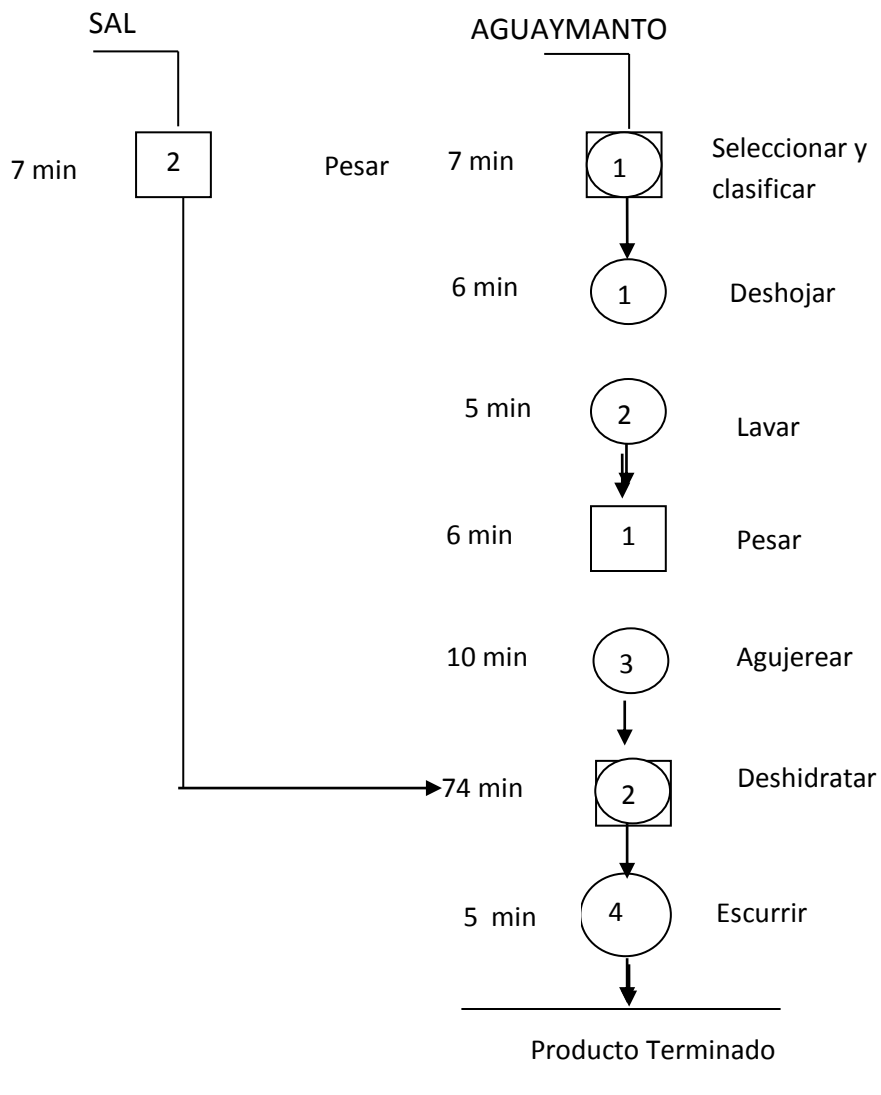


Figura 12: DOP del proceso.

Fuente: Elaboración propia




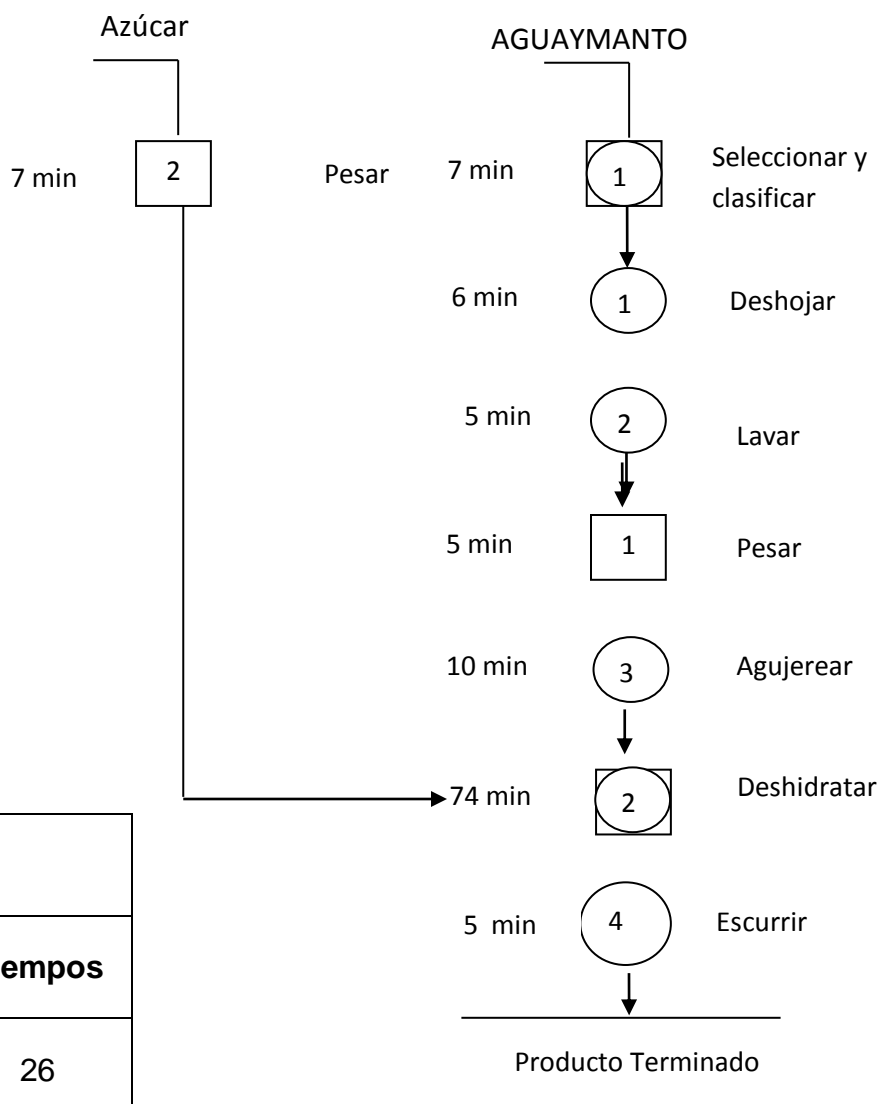
Resumen		
Actividades	Cantidad	Tiempos
	4	26
	2	13
	2	81
TOTAL	9	120

Diagrama de Operaciones del Solute: Azúcar



Resumen		
Actividades	Cantidad	Tiempos
○	4	26
□	2	13
○ □	2	81
TOTAL	9	120

Figura 133: DOP del proceso.

Fuente: Elaboración propia

3.8. Análisis de Costos

RESUMEN DE COSTOS DE AGUAYMANTO

COSTOS	Anual
Mano de Obra producción	33600
Sueldos Administración	28800
Materia Prima	4097
Insumos	5617
Suministros	7200
Empaque	1027

TOTAL 80341

COSTO PARA SECADO

HORNO 2500

BANDEJAS 1000

COSTO PARA SECADO 3500

COSTO GENERAL 83841

En el proceso de secado al 100% tiene un costo de: 106730.00.

Con nuestra propuesta el costo de deshidratado tiene un costo de: 83841.00

Como se observa la propuesta tiene una diferencia de costo de: 22889.00

3.8.1. CRITERIOS ÉTICOS

- a) **Consentimiento informado:** Los entrevistados deberán estar de acuerdo con ser informantes y conocer sus derechos y responsabilidades.
- b) **Confidencialidad:** Se garantizará que la información personal e institucional esté protegida para que no sea divulgada sin consentimiento.
- c) **Objetividad:** Durante el desarrollo de la investigación se mantendrá una actitud crítica imparcial que se apoye en datos y situaciones reales, despojada de prejuicios y apartada de intereses, para concluir sobre hechos o conductas.
- d) **Originalidad:** Se citarán las fuentes bibliográficas de la información mostrada, a fin de demostrar la inexistencia de plagio intelectual.
- e) **Veracidad:** La información mostrada será verdadera, cuidando la confidencialidad de ésta.

3.8.2. CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO

Se validarán los instrumentos de recolección de datos y la propuesta de solución a través de Juicio de Expertos.

- a) **Transferencia (validez externa):** Actuar por parecidos contextuales y descripción densa.
- b) **Confidencialidad:** Triangulación de investigadores, de métodos y de resultados. Establecer pistas de revisión a través de los diarios de experiencias, informes de investigación, análisis de documentos etc.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. EXPERIMENTACIÓN DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL AGUAYMANTO EN SOLUCIÓN AZUCARADA.

En la tabla 14 podemos observar las humedades obtenidas durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de azúcar y como fue disminuyendo la humedad ya que de esta manera podemos apreciar que las pérdidas de humedades finales fueron: 72.32% para la solución al 10% de concentración, 69.80% para la solución al 20% de concentración y 61.86% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 30% de concentración fue la que sufrió mayor pérdida de humedad en este primer experimento con solución azucarada.

Tabla 12. Pérdida de humedad en solución azucarada 1.

Pérdida de humedad - Experimento 1			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	82,30%	82,30%	82,30%
30	75,95%	74,66%	72,33%
60	74,92%	72,03%	66,79%
90	73,77%	70,25%	64,51%
120	72,32%	69,80%	61,86%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 podemos observar las humedades obtenidas durante el segundo experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de azúcar y como fue disminuyendo la humedad ya que de esta manera podemos apreciar que las pérdidas de humedades finales fueron: 77.92% para la solución al 10% de concentración, 63.35% para la solución al 20% de concentración y 60.35% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que al igual que en el primer experimento la solución al 30% de concentración fue la que sufrió mayor pérdida de humedad en este segundo experimento con solución azucarada.

Tabla 13 .Pérdida de humedades en solución azucaradas 2.

Pérdida de humedad - Experimento 2			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	82.30%	82.30%	82.30%
30	82.67%	73.00%	70.00%
60	82.13%	70.72%	65.00%
90	80.70%	66.51%	63.00%
120	77.92%	63.35%	60.35%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 podemos observar los sólidos obtenidos durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de azúcar y como fue aumentando los sólidos ya que de esta manera podemos apreciar que las ganancias de sólidos finales fueron: 27.68% para la solución al 10% de concentración, 30.20% para la solución al 20% de concentración y 38.14% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 10% de concentración fue la que obtuvo mayor ganancia de sólidos en este primer experimento con solución azucarada.

Tabla 14. Ganancia de sólidos en solución azucaradas 1.

Ganancia de sólidos – Experimento 1			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	17,70%	17,70%	17,70%
30	24,05%	25,34%	27,67%
60	25,08%	27,97%	33,21%
90	26,23%	29,75%	35,49%
120	27,68%	30,20%	38,14%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 podemos observar los sólidos obtenidos durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de azúcar y como fue aumentando los sólidos ya que de esta manera podemos apreciar que las ganancias de sólidos finales fueron: 22.28% para la solución al 10% de concentración, 36.65% para la solución al 20% de concentración y 39.65% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 10% de concentración fue la que obtuvo mayor ganancia de sólidos en este primer experimento con solución azucarada.

Tabla 15. Ganancia de sólidos en solución azucarada2

Ganancia de sólidos – Experimento 2			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	17.70%	17.70%	17.70%
30	17.33%	27.00%	30.00%
60	17.87%	29.28%	35.00%
90	19.30%	33.49%	37.00%
120	22.08%	36.65%	39.65%

Fuente: Elaboración propia

4.2. EXPERIMENTACIÓN DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL AGUAYMANTO EN SOLUCIÓN SALINA.

En la tabla 18 podemos observar los sólidos obtenidos durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de sal y como fue aumentando los sólidos ya que de esta manera podemos apreciar que las ganancias de sólidos finales fueron: 60.20% para la solución al 10% de concentración, 60.39% para la solución al 20% de concentración y 59.97% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 30% de concentración fue la que obtuvo mayor ganancia de sólidos en este primer experimento con solución azucarada.

Tabla 16. Pérdida de humedad en solución salina 1.

Pérdida de humedad – Experimento 1			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	82.30%	82.30%	82.30%
30	69.94%	65.64%	62.48%
60	64.14%	61.74%	60.11%
90	61.57%	60.72%	59.74%
120	60.20%	60.39%	59.97%

Fuente: Elaboración propio

En la tabla 19 podemos observar los sólidos obtenidos durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de sal y como fue aumentando los sólidos ya que de esta manera podemos apreciar que las ganancias de sólidos finales fueron: 64.79% para la solución al 10% de concentración, 60.79% para la solución al 20% de concentración y 57.50% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 30% de concentración fue la que obtuvo mayor ganancia de sólidos en este primer experimento con solución azucarada.

Tabla 17. Pérdida de humedad en solución salina 2.

Pérdida de humedad – Experimento 2			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	82.30%	82.30%	82.30%
30	74.06%	70.00%	61.00%
60	69.27%	66.00%	59.00%
90	66.46%	61.75%	58.00%
120	64.79%	60.79%	57.50%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 podemos observar los sólidos obtenidos durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de sal y como fue aumentando los sólidos ya que de esta manera podemos apreciar que las ganancias de sólidos finales fueron: 37.50% para la solución al 10% de concentración, 38.60% para la solución al 20% de concentración y 40.03% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 30% de concentración fue la que obtuvo mayor ganancia de sólidos en este primer experimento con solución salina.

Tabla 18. Ganancia de sólidos en solución salina 1.

Ganancia de sólidos – Experimento 1			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	17.70%	17.70%	17.70%
30	30.06%	34.36%	37.52%
60	35.86%	38.26%	39.89%
90	38.43%	39.28%	40.26%
120	37.50%	38.60%	40.03%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 podemos observar los sólidos obtenidos durante el experimento de deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de sal y como fue aumentando los sólidos ya que de esta manera podemos apreciar que las ganancias de sólidos finales fueron: 35.21% para la solución al 10% de concentración, 39.21% para la solución al 20% de concentración y 42.50% para la solución al 30% de concentración donde podemos notar que la solución al 30% de concentración fue la que obtuvo mayor ganancia de sólidos en este primer experimento con solución salina

Tabla 19. Ganancia de sólidos en solución salina 2.

Ganancia de sólidos – Experimento 2			
Tiempo (min)	Sol 10%	Sol 20%	Sol 30%
0	17.70%	17.70%	17.70%
30	25.94%	30.00%	39.00%
60	30.73%	34.00%	41.00%
90	33.54%	38.25%	42.00%
120	35.21%	39.21%	42.50%

Fuente: Elaboración propia

4.3. DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD MÁSCICA EN LA OSMODESHIDRATACIÓN EN UNA SOLUCIÓN AZUCARADA.

En la Figura 14 se observa las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados.

Siguiendo el diseño experimental se puede observar una gran similitud en las tendencias de las curvas al 10% y 20% de concentración a diferencia de la curva al 30 % tuvo una caída de su difusividad mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor pérdida de humedad se obtuvo en la solución con concentración al 30%.

$$D_{\text{Sólidos 10\%}} = 7.5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 20\%}} = 8.5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 30\%}} = 8.9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

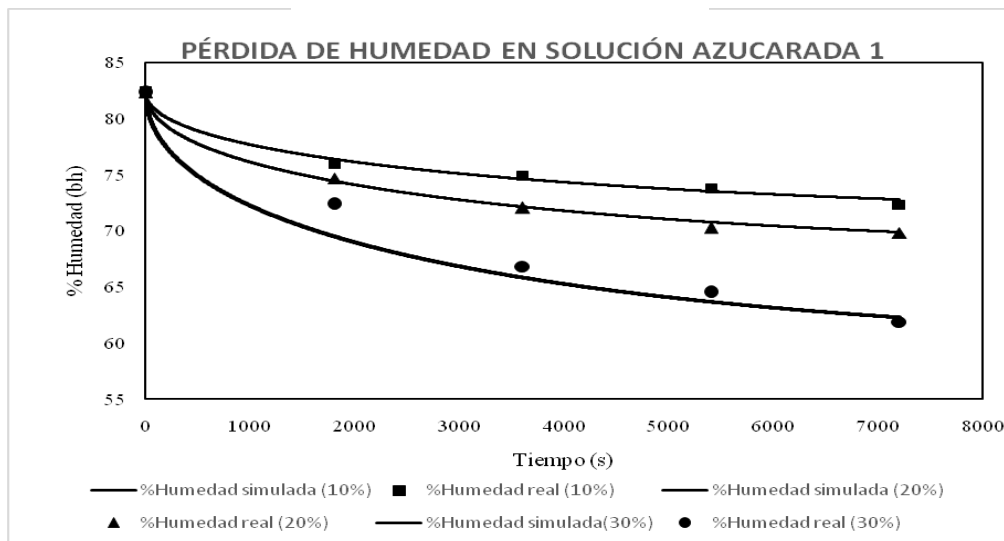


Figura 14. Difusividad Másica de la pérdida de humedad en Solución azucarada 1.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15 se observa también las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados. Continuando con el segundo experimento se puede observar que la curva al 10 % se mantuvo de manera casi lineal lo cual quiere decir que no tuvo gran caída de difusividad y por lo tanto se obtuvo gran pérdida de humedad pero existe una pequeña similitud en las tendencias de las curvas al 20% y 30% de concentración donde la diferencia la marcó la curva al 30 % la cual tuvo una caída de difusividad mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor pérdida de humedad en este segundo experimento en solución azucarada se obtuvo en la solución al 30% de concentración.

$$D_{\text{Sólidos 10\%}} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 20\%}} = 6.5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 30\%}} = 1.9 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

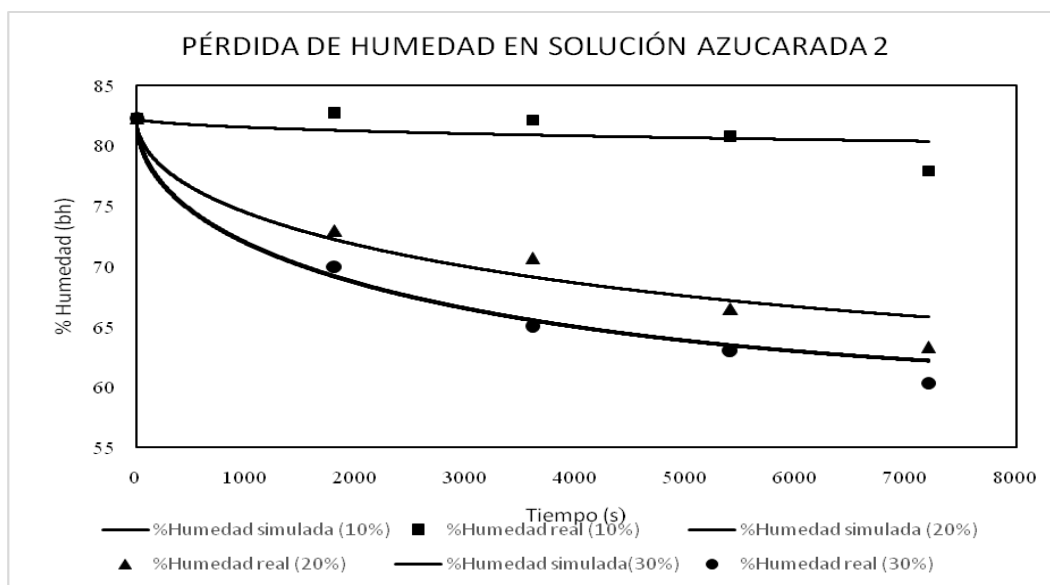


Figura 15. Difusividad Másica de la pérdida de humedad en Solución azucarada 2.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16 se observa las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados.

Siguiendo el diseño experimental se puede observar una gran similitud en las tendencias de las curvas al 10% y 20% de concentración a diferencia de la curva al 30 % tuvo una mayor elevación de su difusividad mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor ganancia de sólidos se obtuvo en la solución con concentración al 30%

$$D_{\text{Sólidos 10\%}} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 20\%}} = 9.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 30\%}} = 1.0 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

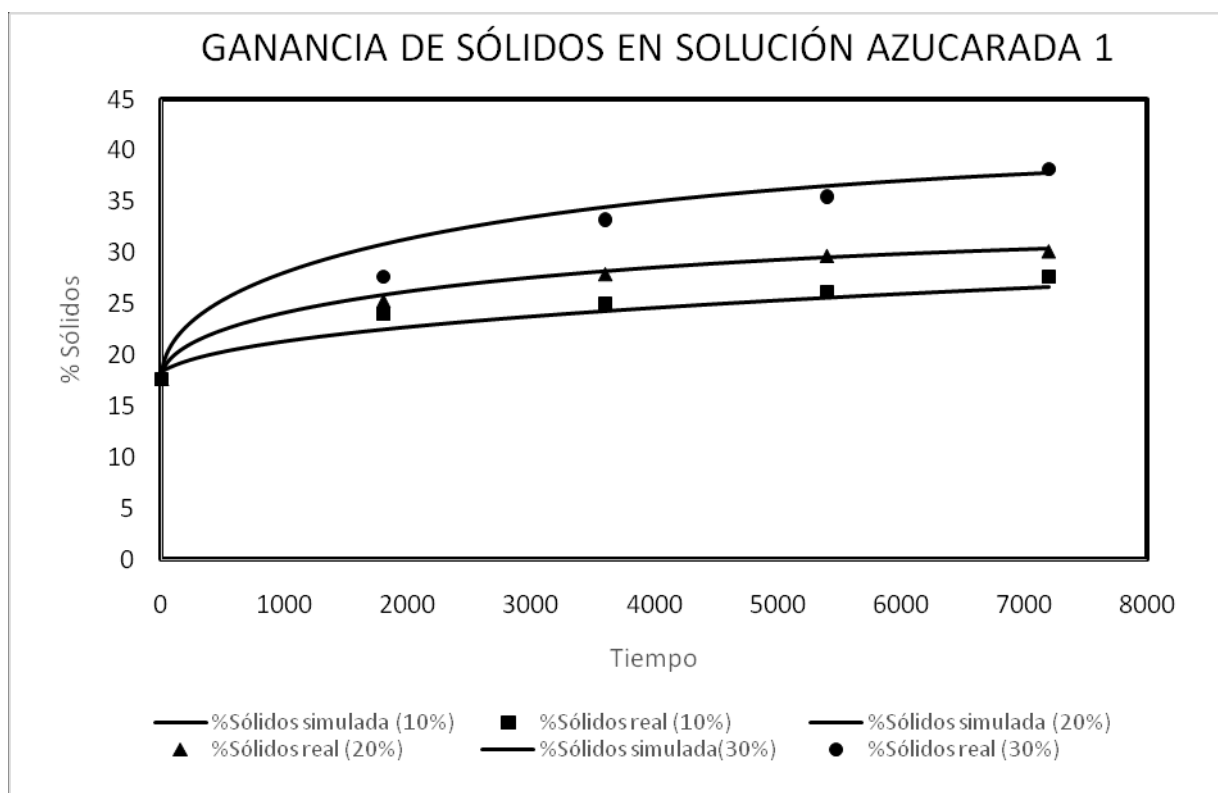


Figura 16. Difusividad Másica de la ganancia de sólidos en solución azucarada 1.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17 se observa también las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados. Continuando con el segundo experimento se puede observar que la curva al 10 % se mantuvo de manera casi lineal lo cual quiere decir que no tuvo gran elevación de difusividad y por lo tanto no se obtuvo gran ganancia de sólidos pero existe una pequeña similitud en las tendencias de las curvas al 20% y 30% de concentración donde la diferencia la marcó también la curva al 30 % la cual tuvo una elevación de su difusividad mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor ganancia de sólidos en este segundo experimento en solución azucarada se obtuvo en la solución al 30% de concentración.

$$D_{\text{Sólidos } 10\%} = 9,9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos } 20\%} = 5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos } 30\%} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

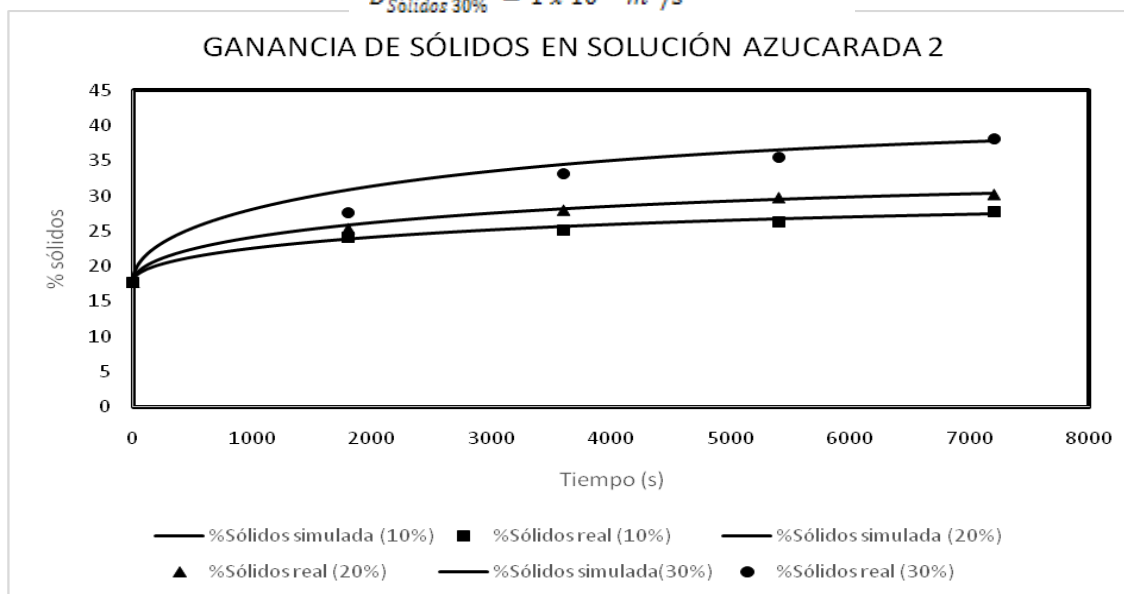


Figura 17. Difusividad Másica de la ganancia de sólidos en solución azucarada 2.

Fuente: Elaboración propia

4.4. DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD MÁSCICA EN LA OSMODESHIDRATACIÓN EN UNA SOLUCIÓN SALINA.

En la Figura 18 se observa las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados.

Siguiendo el diseño experimental se puede observar una gran similitud en las tendencias de las curvas al 10%, 20% y 30% de concentración siendo la curva al 30 % la que tuvo una caída de su difusividad poco más notoria mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor pérdida de humedad se obtuvo en la solución con concentración al 30%.

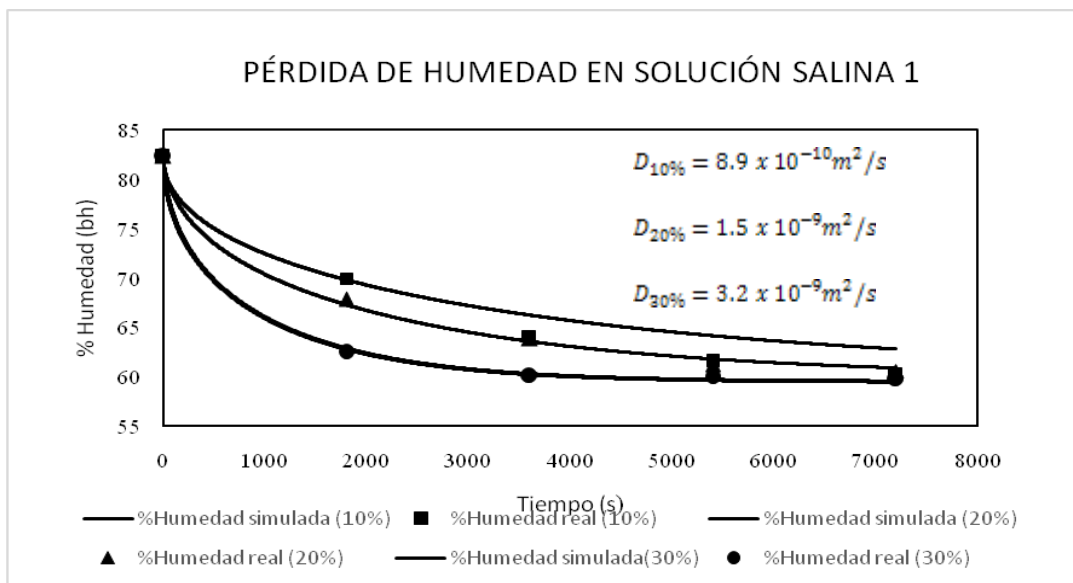


Figura 18. Difusividad Másica de pérdida de humedad en solución salina

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se observa las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados.

En este segundo experimento con solución salina se puede observar una gran similitud en las tendencias de las curvas al 10% y 20% de concentración siendo la curva al 30 % la que tuvo una caída de su difusividad mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor pérdida de humedad se obtuvo también en la solución con concentración al 30%.

$$D_{10\%} = 9.9 \times 10^{-10} m^2/s$$

$$D_{20\%} = 1 \times 10^{-10} m^2/s$$

$$D_{30\%} = 4 \times 10^{-9} m^2/s$$

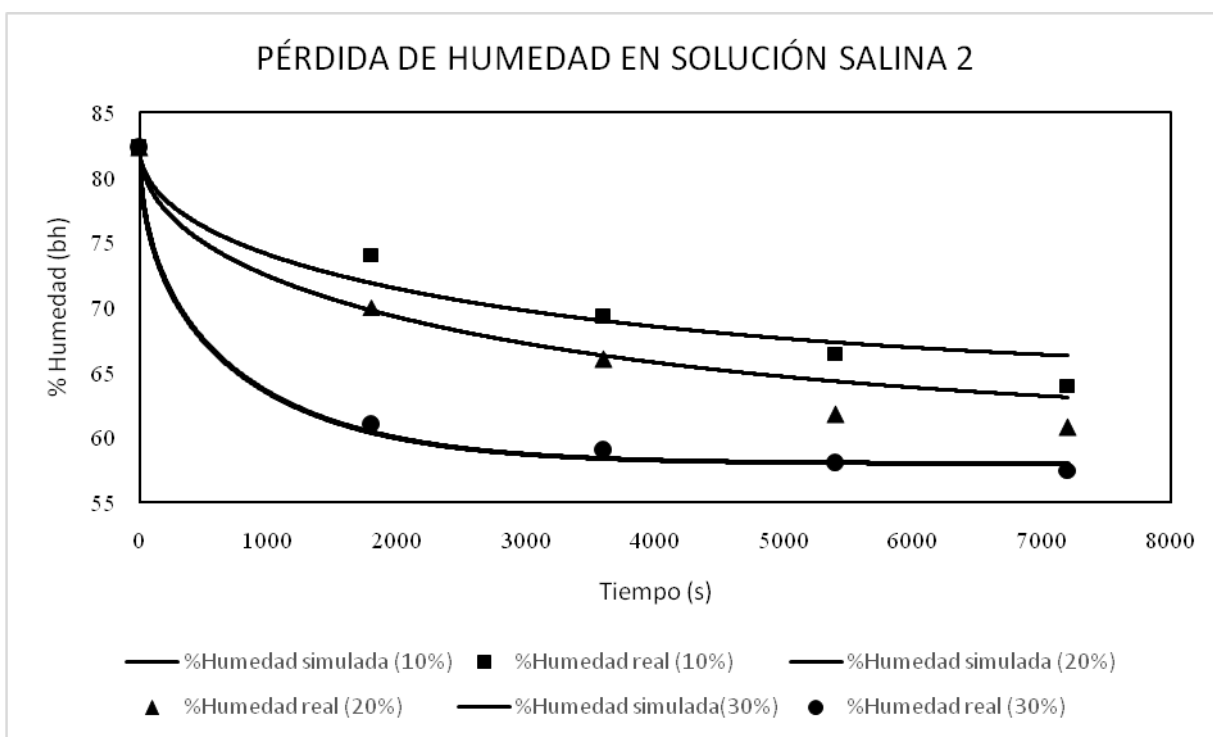


Figura 19. Difusividad Másica de pérdida de humedad en la solución salina 2.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20 se observa las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados.

Siguiendo el diseño experimental se puede observar una gran similitud en las tendencias de las curvas al 10%, 20% y 30% de concentración lo cual notamos al observar la gráfica que en este experimento se obtuvieron elevaciones en la curva de difusividad de manera muy similar lo cual quiere decir que los sólidos también se irán ganando de manera muy similar para las 3 concentraciones llegando al mismo punto de equilibrio en dicha ganancia mientras el tiempo aumenta.

$$D_{\text{Sólidos 10\%}} = 2.3 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 20\%}} = 2.6 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos 30\%}} = 3.5 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

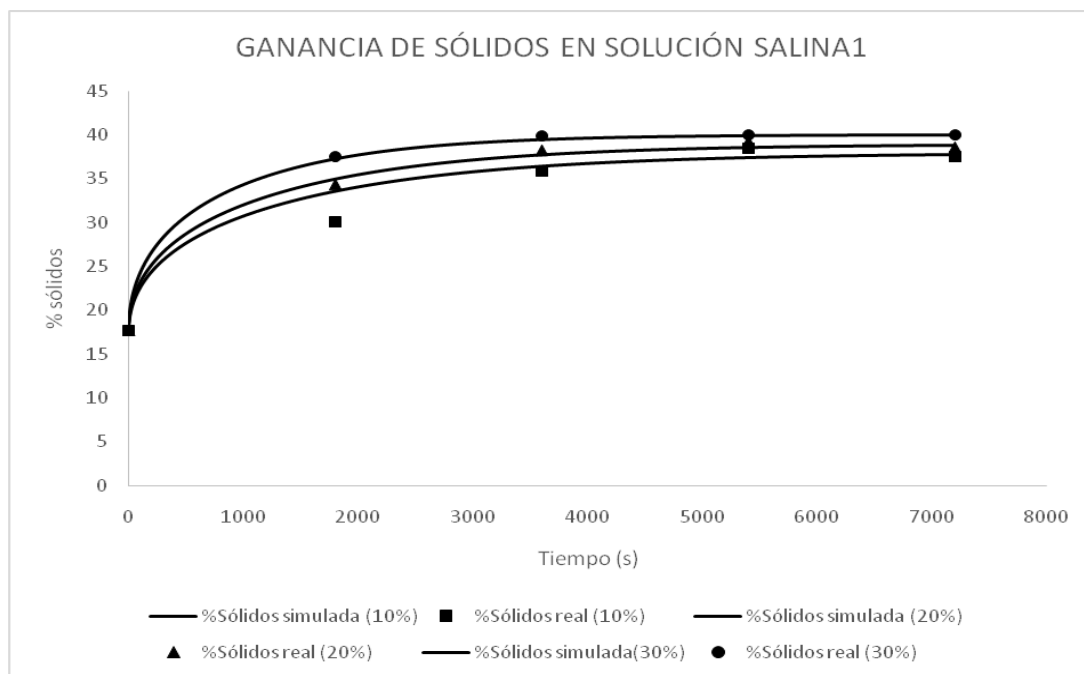


Figura 20. Difusividad Másica de ganancia de sólidos en solución salina 1.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21 se observa las diferencias que existen al deshidratar osmóticamente aguaymanto con las tres soluciones a diferentes concentraciones usadas independientemente en los diferentes tiempos analizados.

Continuando con el diseño experimental se puede observar una gran similitud en las tendencias de las curvas al 10% y 20% de concentración siendo la curva al 30% la que tuvo una mayor elevación de su difusividad mientras iba aumentando el tiempo eso quiere decir que la mayor ganancia de sólidos se obtuvo en la solución con concentración al 30%.

$$D_{\text{Sólidos } 10\%} = 9.9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos } 20\%} = 1.1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Sólidos } 30\%} = 2.5 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

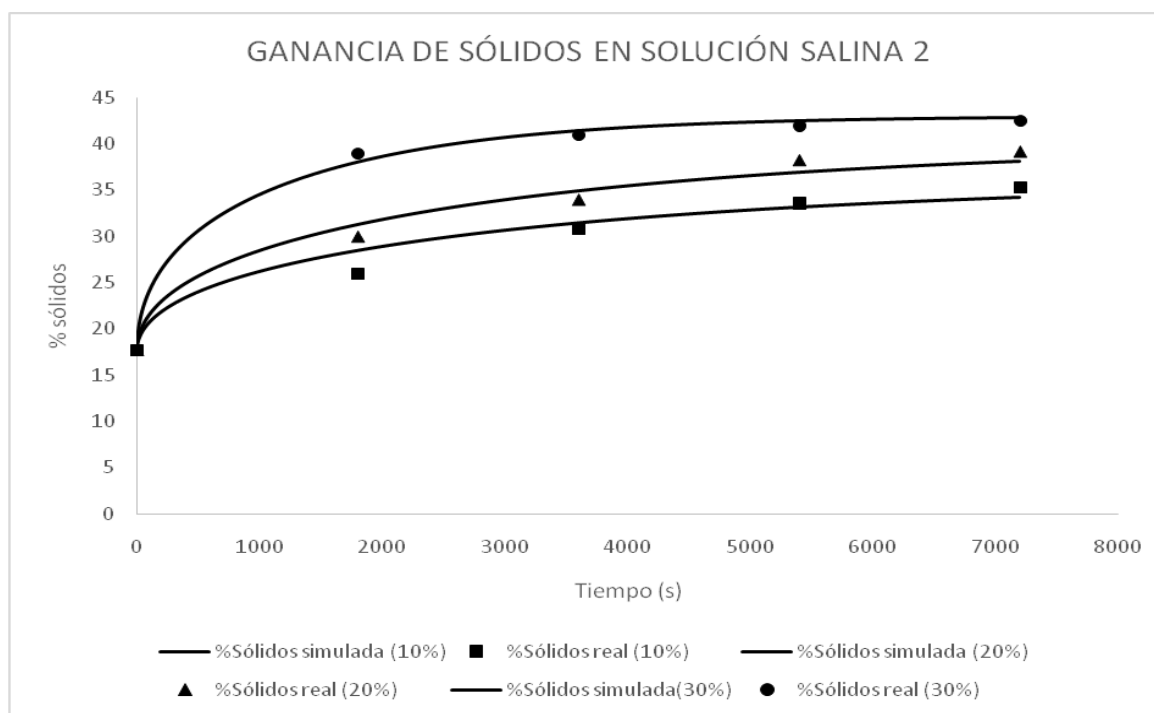


Figura 21. Difusividad Másica de ganancia de sólidos en solución salina 2

Fuente: Elaboración propia

4.5. AJUSTE DEL MODELO MATEMATICO SEGÚN LA LEY DE FICK PARA LA OSMOESHIDRATACION DEL AGUAYMANTO.

$$\frac{M_C - M_{C_{eq}}}{M_{C_0} - M_{C_{eq}}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\alpha} \frac{1}{i^2} \exp \left[-i^2 \cdot \pi^2 Def \cdot \frac{t}{r^2} \right]$$

$$M_{C(t)} \rightarrow M_{C_{eq}} = A \cdot (M_{C_0} - M_{C_{eq}})$$

$$M_{C(t)} = M_{C_{eq}} + (M_{C_0} - M_{C_{eq}}) \cdot A$$

M_{C_0} ; Humedad inicial

$M_{C_{eq}}$; Humedad de equilibrio

$M_{C(t)}$; Humedad a cualquier tiempo

R: Radio (m)

T: Tiempo (s)

Def: Difusividad efectiva (m^2/s)

4.6. DISCUSIONES DE RESULTADOS

- ✓ Durante la experimentación se observó el comportamiento de los sólidos solubles del Aguaymanto durante las pruebas en el proceso de deshidratación osmótica con solutos de sal y azúcar, en función del tiempo; donde se puede distinguir las diversas concentraciones (10%, 20% y 30%) por tiempos de 30, 60, 90 y 120 minutos, lo cual indicó que a mayores concentraciones de solución existe una mayor ganancia de sólidos y esto es debido al proceso de ósmosis que se verifica entre dos medios de distintas concentraciones ya que existe mayor difusividad a mayor concentración de sólidos solubles del medio osmótico, que sirve de fuerza impulsora para la migración de agua desde la fruta a la solución y de soluto desde la solución a la fruta. Donde se tuvo en cuenta agujerear los aguaymantos para lograr la penetración del soluto en el fruto y así de esa manera lograr la mayor ganancia de sólidos en el tratamiento. Así como nos indica Patricia Moreira Azoubel y Fernanda Elizabeth Xidieh Murr en su jurnal de ingeniería “Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato” en el cual indican que realizaron pruebas también a diversas concentraciones tanto de sal como azúcar al 10% y 20% por tiempos de 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos, donde también realizaron la etapa de agujereado en el proceso, realizaron 16 agujeros/ cm.
- ✓ En las figuras presentadas anteriormente observamos las pérdidas de humedad y ganancia de sólidos para los diferentes experimentos hechos en el laboratorio lo cual obtuvimos resultados similares a los ya hechos obtenidos en experimentos con el tomate cherry realizados por Patricia Moreira Azoubel y Fernanda Elizabeth Xdieh Murr visualizados en su Jurnal de ingeniería. “Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato” donde también obtiene que a mayor concentración en la solución se

da una mayor pérdida de humedad y una mayor ganancia de sólidos a medida que el tiempo aumente.

- ✓ Por otro lado, en la ganancia de sólidos solubles se observa que en los tratamientos, tanto de azúcar como la sal que participan independientemente en la concentración incorporan menos sólidos en la muestra. Hecho que no pasa en los demás tratamientos, mostrando nuevamente el efecto sinérgico que tienen los componentes así como Casp y Abril (1999) manifiestan que la adición de sustancias de bajo peso molecular, en comparación con la sacarosa tales como, en esta investigación se han utilizado Azúcar y sal mejoran el proceso de deshidratación osmótica. Sin embargo Raoult-Wack (1994) precisan que un soluto de mayor peso molecular (caso azúcar) favorece la pérdida de agua en desmedro de la ganancia de sólidos, mientras que un soluto de bajo peso molecular (como el azúcar y sal), favorece la ganancia de sólidos con una consecuente menor pérdida de agua.

- ✓ El sinergismo de los solutos en los procesos a temperatura ambiente hace que pierdan mayor cantidad de humedad, sin embargo en los diferentes solutos la pérdida de agua es casi constante en cada uno de los tratamientos así como también hace que ganen sólidos ya que es parte del tratamiento de deshidratación osmótica, al igual que F. Chenlo, R. Moreira, C. Fernández, G. Vázquez afirman lo mismo en su jurnal de ingeniería “Mass transfer during osmotic dehydration of chestnut” a continuación podremos apreciar 3 de sus diagramas de ganancia de sólidos para corroborar lo mencionado.

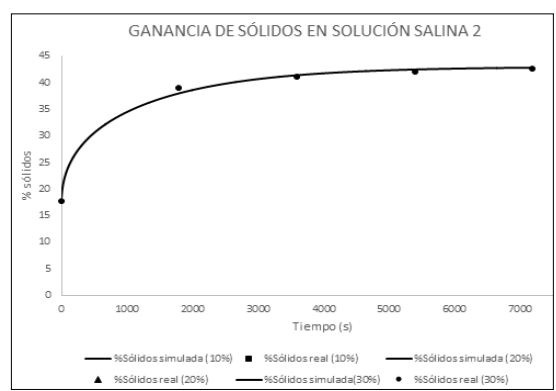
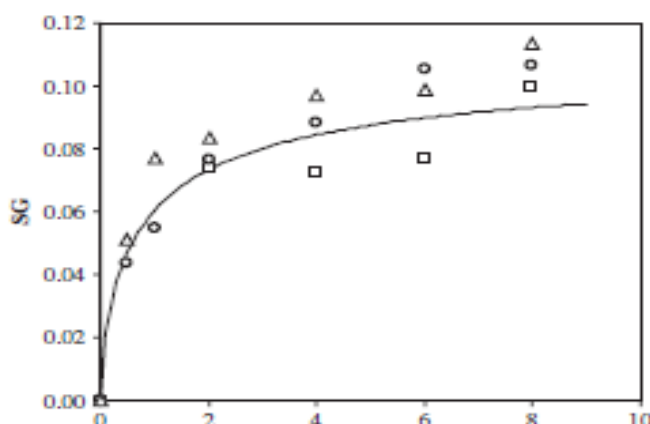
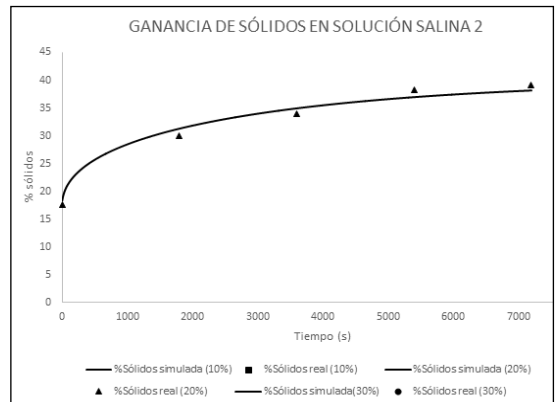
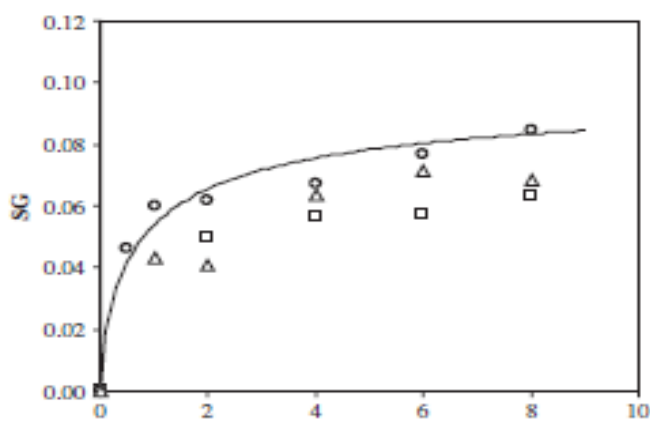
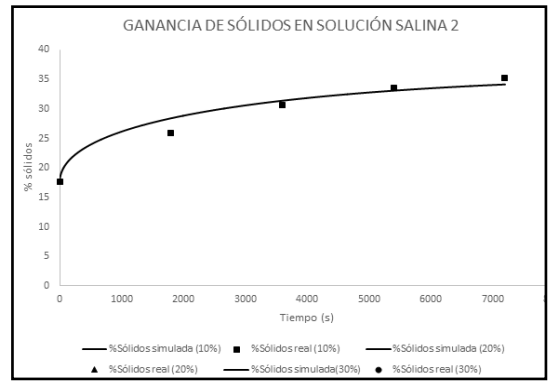
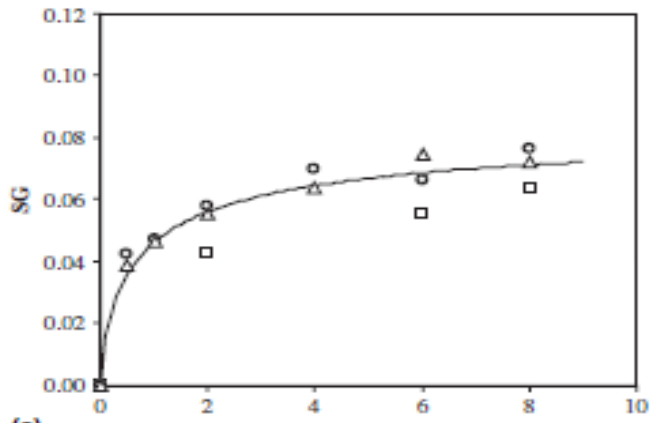


Figura 22: Diagramas de journal de Ingeniería

Fuente: F. Chelo, R. Moreira, C. Fernández y G. Vásquez.

Cerdán y López

Figura 23: Diagramas de resultados de tesis.

Fuente: Elaboración propia

- ✓ La pérdida de humedad observada en el aguaymanto a diferentes concentraciones de sal y azúcar, se debe a que la cantidad de agua transferida desde el fruto al medio osmótico es mayor a la cantidad de sólidos solubles que migran desde el medio hipertónico. La variación en el peso del aguaymanto decreció gradualmente en el tiempo porque junto con el soluto se llegará a un equilibrio a medida que transcurre la deshidratación osmótica como también lo indican A. Derossi, T. De Pilli, C. Severini y M.J. McCarthy en su *Jurnal de ingeniería “Mass transfer during osmotic dehydration of apples”* donde afirman lo que en nuestra investigación hemos visualizado sobre la pérdida de humedad y ganancia de sólidos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- ✓ En virtud se concluye que la composición nutricional y la denominación de un fruto autóctono promisorio, es indispensable explorar alternativas para diversificar la oferta de productos en el mercado nacional e internacional que generen un mayor valor agregado, que cumpla con los requerimientos técnicos y legales para llegar a nuevos consumidores por ello el tiempo de vida útil es importante en proceso el cual se determinó que aumentó a medida que fue eliminándose la cantidad de agua.
- ✓ Durante la deshidratación osmótica se llegó a determinar que la solución osmótica que permitió lograr la mayor pérdida de humedad y mayor ganancia de sólidos fue la solución salina como se muestran los resultados en las tablas de solución salina.
- ✓ El porcentaje de humedad máximo perdido llegó hasta 57.50% con la solución al 30% de concentración de sal.
- ✓ Se modeló matemáticamente la transferencia de masa utilizando la ecuación de Fick con lo que logró un mejor ajuste a las curvas de difusividad másica en la Osmodeshidratación del aguaymanto.
- ✓ Según la producción obtenida en nuestro proyecto es mucho más rentable que la tesis en comparación, ya que se genera mayor producción sin deshidratar completamente, con grado de eficiencia de 100% en producción.
- ✓ Se concluye que según el análisis de costos realizado pudimos obtener el resultado de la viabilidad de nuestro proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Asociación Macroregional de Productores para la Exportación. (s.f.). *Perfil de Aguaymanto*. Obtenido de www.ampex.com.pe
- Química y Algo más*. (11 de Mayo de 2011). Recuperado el octubre de 2014, de Fuente: <http://www.quimicayalgomas.com/quimica-general/soluciones-soluto-y-solvente/>
- AgroAndino. (2013). *agroandino*. Recuperado el martes de septiembre de 2014, de <http://www.agroandino-peru.com/productos/index.html>
- Alvarado, O. (2012). *Estudio de factibilidad de una planta de mermelada de aguaymanto en la provincia de cajamarca*.
- Baroni A. & Hubinger M. (2000). *Osmotic dehydration of tomatoes in binary and ternary Solutions, Dehydration Processes*.
- Biswal R., Le Maguer M. (1989). Mass transfer in plant materials in contact with aqueous solution of ethanol and sodium chloride: equilibrium data. *Food process Engineering*, 159-176.
- camacho. (2000).
- CAMACHO, Guillermo. (1997). *Evaluación de calidad a productos deshidratados por osmosis directa. En: CURSO TALLER "DESHIDRATACION OSMOTICA DIRECTA DE VEGETALES*. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Santafé de Bogotá.
- Camirand. (1968). *Características Sensoriales del Producto*.
- Cánovas, Humberto Vega Mercado & Gustavo V. Barbosa -. (2000). *DESHIDRATACION DE ALIMENTOS*. ZARAGOZA (ESPAÑA): ACRIBA, S.A.
- Colina, M. L. (2010). *Deshidratación de Alimentos*. Colombia: trillas.
- Cornejo M. V. (2010). *Deshidratación de rebanadas de aguacate variedad Hass por el método OSMO-VAC (osmótico-vació) y evaluación de calidad*. Tesis , Politécnico Nacional, Mexico .

- Daniel. (23 de Octubre de 2010). *Concentracion de una Solucion* . Obtenido de <http://es.slideshare.net/danielmrc/concentracin-de-una-solucin#>
- (Sing, 1981) *Introduccion a la Ingenieria de Alimentos*. (1993), *Isoterma del contenido de humedad en equilibrio para un alimento secado por congelación, mostrando histéresis*.
- Farkas D., Lazar M. (1969). *Osmotic dehydration of apple pieces: Effect of temperature and syrup concentration on rates*.
- FLÓREZ, V.; FISHER, G. y SORA, A. (2000). *Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Colombia .
- Griman, V. (s.f.). *Seleccion de Soluta*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos71/concertacion-soluciones-quimica/concertacion-soluciones-quimica.shtml>
- Guzman, r. R., Segura, V.E.,. (1991). *Introducción a la tecnología de alimentos*. Bogotá: Unisur .
- JØRGENSEN, P. y LEÓN-YÁNEZ, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Monografía , Bot. Missouri Botanic Garden.
- Judith King, Saturnino de Pablo. (1987). *PÉRDIDAS DE VITAMINAS DURANTE EL PROCESAMIENTO DE LOS ALIMENTOS*.
- KIM, M. and TOLEDO, R. (1987). *Efect of Osmotic Dehydration and High Temperature Fluidized Bed Drying on Properties of Dehydrated Rabbiteye Blueberries*. *Food Science.*, 52, 980-989.
- Lenart A. y Flink J.,. (1984). *Osmotic concentration of potato. I. Criteria for the end-point of the osmosis process.*, *Food Technology*, 19(45-63).
- Marcotte, M.; Toupin, C. and Le Maguer. (1991). *Mass transfer in cellular tissues. Part I: the mathematical model*. *Food Engineering*, 199-220.
- MOREIRA AZOUBEL, P. X. (2004). *“MASS TRANSFER KINETICS OF OSMOTIC DEHYDRATION OF CHERRY TOMATO*.
- Parzanese, M. (s.f.). *Tecnologías para la Industria Alimentaria* . Obtenido de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/ficha_06_osmotica.pdf

- PATRICIA, APAZA CONDORI MARLENE & MANTILLA VILLEGAS. (2012). *CINETICA DE OSMODESHIDRATACION Y SECADO POR AIRE CALIENTE DEL AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA), PARA LA OBTENCION DE UN PRODUCTO DESHIDRATADO TIPO PASA.*
- POPOVA, A.; PANAYOTOV, N.; KOUZMOVA, K. (2010). *Evaluation of the Developement of Cape Gooseberry (Physalis Peruviana L.) Plants under the Environmental Conditions of South Bulgaria.* Obtenido de http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1336.pdf
- Rahman, M. S. (2003). *Manual de Conservacion de los Alimentos.* Zaragoza (España: ACRIBIA, S.A.
- Rockland y Nishi 1980, Influencia de la actividad del agua en las velocidades de varias reacciones de deterioro en alimentos
- RAOULT-WACK, A. (1994). *A. Recent advances in the osmotic dehydration of foods.*Trends Food Sci.
- Rossi. (2012). *Efecto de la temperatura y sinergismo de sacarosa, sacarina y sugar light en la deshidratacion osmotica de aguymanto (physalis peruviana).*
- Saurel R., Raoult- Wacck A., Ríos G., Guilbert S. (1994). Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple.II.frozen plant tissue. *Food Science and Technology*, 543-550.
- SHRI K. SHARMA, STEVEN J. MULVANEY Y SYED S.H. RIZVI. (2009). *Selección de soluto.*
- Sierra Exportadora. (2014). *Aguymanto.* Obtenido de <http://www.sierraexportadora.gob.pe/productos/catalogo-de->
- SIERRA GARCÍA, R. A. (2010). *“ESTUDIO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA ARVEJA CHINA (Pisum sativum L.) MEDIANTE DOS METODOLOGÍAS, DIRECTA E INDIRECTA, COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA AL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA DEL PAÍS.”.*
- Vega-Mercado & H. Barbosa - Cánovas . (1996). *Ventajas de algunos Agentes Osmóticos .*
- ZAPATA MONTOYA, JOSÉ & CASTRO QUINTERO, GILBERTO. ((1999)). *“DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTAS Y VEGETALES”.*

ANEXOS



Figura 24. Deshidratación osmótica de aguaymantos en solución azucarada

Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Agitación magnética de aguaymantos en solución azucarada al 30% de concentración.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Aguaymantos extraídos de las soluciones azucaradas.

Fuente: Elaboración propia

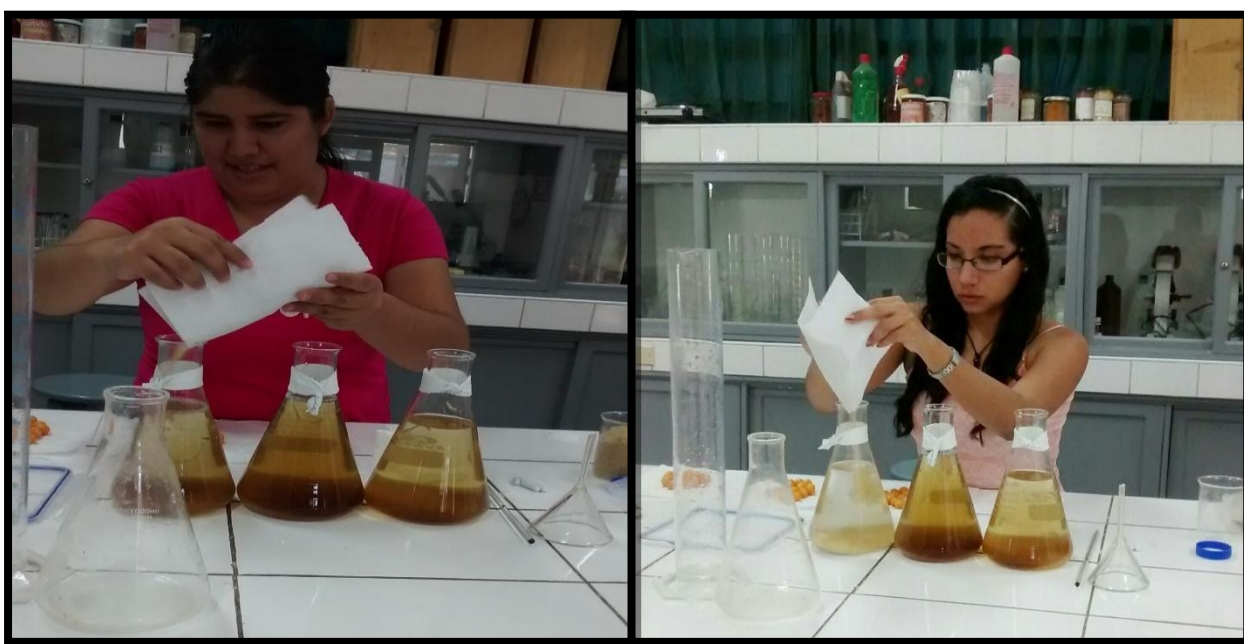


Figura 27. Aplicación de azúcar a las soluciones azucaradas

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Deshidratación osmótica de aguaymantos en solución salina.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Agitación magnética de aguaymantos en solución azucarada al 30% de concentración.

Fuente: Elaboración propia.