

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EFFECTO DE PRE-TRATAMIENTO Y TEMPERATURA
EN LA CINÉTICA DE SECADO Y VARIACIÓN DE
COLOR EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)
DEL ECOTIPO ALARGADO SELECCIÓN CANAÁN

Presentado por:

Br. MARIANELA DÍAZ LLOCCLA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Br. MARIANELA DÍAZ LLOCCLLA

EFFECTO DE PRE-TRATAMIENTO Y TEMPERATURA
EN LA CINÉTICA DE SECADO Y VARIACIÓN DE
COLOR EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)
DEL ECOTIPO ALARGADO SELECCIÓN CANAÁN

Asesor:

Ing. FREDY TAIPE PARDO

Co-Asesor:

Blga. MARÍA DEL CARMEN DELGADO LAIME

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios por su compañía, consuelo y brindarme la fortaleza necesaria para cumplir mis objetivos.

A la memoria de mi padre Filomeno, hermanos Fidel, Elmer y Alex, quienes partieron de este mundo hace muchos años, a pesar de no encontrarse a mi lado siento que siempre están conmigo.

A mi madre Susana, por ser mi amiga y compañera por impartir en mí la valentía y la perseverancia para cumplir mis metas.

A mis hermanos por estar pendientes de mí y apoyarme incondicionalmente.

Marianela D.

EPÍGRAFE

“Sé íntegro porque fuiste creado con los atributos necesarios para ser grande y el éxito te perseguirá donde te encuentres”

Marianela D.

AGRADECIMIENTO

Pregono mis agradecimientos sinceros a todas las personas que fueron parte de la elaboración de la presente investigación.

A mi madre Susana, hermanos: Silvia, Jimmy, Haydeé y Alex. Gracias por compartir sus vidas, por creer en mí y estar pendientes durante toda esta etapa. Los quiero mucho.

A la Universidad Nacional José María Arguedas y la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) por haberme acogido en sus aulas, asimismo por permitirme hacer el uso de los laboratorios para el desarrollo de la presente investigación.

A mi asesor, el Ing. Fredy Taipe Pardo y Co-asesor la Blga. María del Carmen Delgado Laime, por orientarme y brindarme su tiempo.

A los integrantes del jurado evaluador a la MSc. Fidelia Tapia Tadeo, al MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez y al MSc. David Choque Quispe, por sus sugerencias en el desarrollo de la tesis.

A la plana de docentes y personal administrativo, por sus enseñanzas, apoyo y paciencia durante mi formación profesional.

A la Estación Experimental Agraria INIA-Chumbibamba-Talavera, por facilitarme la materia prima para el desarrollo de la investigación.

A todos mis compañeros y compañeras, por pasar conmigo la vida universitaria compartiendo momentos de aprendizaje y brindarme su amistad desinteresada.

A mis amigas(os): Ruthsana, Celita, Vigilia, Rudy y Rossell. Gracias por estar conmigo en los momentos alegres y tristes.

A todas las personas que se han cruzado en mi vida y que me han inspirado, conmovido e iluminado con su presencia.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
DEDICATORIA.....	iii
EPÍGRAFE	iv
AGRADECIMIENTO	v
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
ABREVIATURAS Y UNIDADES	xiii
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	17
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.2. JUSTIFICACIÓN	25
1.3. OBJETIVOS.....	26
1.4. PROBLEMA	27
1.5. HIPÓTESIS.....	27
CAPITULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA.....	28
2.1. Aguaymanto.....	28
2.1.1. Origen	28
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	28
2.1.3. Descripción botánica	29
2.1.4. Ciclo vegetativo	29
2.1.5. Variedades.....	29
2.1.6. Nombres comunes	30
2.1.7. Los nombres comunes por regiones o lugares en el Perú	30
2.1.8. Distribución geográfica y requerimientos climáticos	30

2.1.9.	Siembra y densidad.....	31
2.1.10.	Labores culturales	31
2.1.11.	Cosecha	32
2.1.12.	Composición química del aguaymanto	33
2.1.13.	Normas de calidad del fruto de aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.)....	33
2.1.14.	Producción nacional por regiones	34
2.1.15.	Aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) ecotipo alargado selección Canaán	34
2.2.	Pre-tratamiento	35
2.2.1.	Sulfitos	35
2.2.2.	Sulfitado	36
2.3.	Secado.....	36
2.3.1.	Métodos generales de secado.....	37
2.3.2.	Clasificación de secadores.....	37
2.3.3.	Secadores por convección	38
2.3.4.	Secadores por conducción	38
2.4.	Cinética de secado.....	45
2.5.	Color	46
CAPITULO 3: MATERIALES Y METODOLOGÍA.....		48
3.1.	Lugar de ejecución.....	48
3.2.	Población y muestra.....	48
3.2.1.	Población	48
3.2.2.	Muestra	48
3.2.3.	Unidad de análisis	48
3.3.	Tipo de investigación.....	49
3.3.1.	Investigación aplicada	49
3.3.2.	Según el objeto de estudio	49
3.3.3.	Según el tipo de datos empleados	49

3.3.4.	Según la manipulación de variables	49
3.4.	Operacionalización de variables.....	50
3.5.	Equipos e instrumentos de recolección de datos.....	50
3.6.	Métodos de análisis	52
3.7.	Metodología experimental	53
3.7.1.	Evaluación de la cinética de secado.....	53
3.7.2.	Determinación de la variación de color.....	55
3.8.	Métodos estadísticos.....	55
3.8.1.	Factores de estudio.....	55
3.8.2.	ANOVA para el diseño factorial	56
3.8.3.	Diseño experimental y análisis estadístico	56
3.8.4.	Hipótesis de la investigación	57
CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES		58
4.1.	Resultados de la humedad de los frutos	58
4.2.	Resultados de la cinética de secado	58
4.3.	Curvas de velocidad de secado.	63
4.4.	Determinación de la variación del color	66
CONCLUSIONES.....		74
RECOMENDACIONES.....		75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		76
ANEXOS		81

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1: Distribución de la producción de la aguaymanto en el Perú	34
Figura 2 : Curva típica de secado a condiciones constantes.....	42
Figura 3 : Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre.....	43
Figura 4 : Representación tridimensional del espacio de color CIE L*a*b* (CIELAB).....	47
Figura 5 : Diferencia del color en el espacio L* a* b*	47
Figura 6 : Diagrama de flujo para la evaluación de la cinética de secado y variación de color.....	53
Figura 7 : Metodología para determinar la cinética de secado de los frutos de aguaymanto.....	54
Figura 8 : Diseño experimental	55
Figura 9 : Curvas de secado a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C.	59
Figura 10 : Gráfica de efectos principales de pre-tratamiento y temperatura sobre el tiempo de secado.....	62
Figura 11 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura para el tiempo de secado.....	62
Figura 12 : Curva de velocidad de secado a 50 °C.	63
Figura 13 : Curva de velocidad de secado a 60 °C.	64
Figura 14 : Curva de velocidad de secado a 70 °C.	64
Figura 15 : Imagen del color de fruto fresco y los valores de L*, a* y b* con el software Corel Draw x7.....	66
Figura 16 : Imagen del color de los frutos deshidratados a 50°C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7	67
Figura 17 : Imagen del color de los frutos deshidratados a 60 °C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7	68
Figura 18 : Imagen del color de los frutos deshidratados a 70 °C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7	69
Figura 19 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura sobre la luminosidad (L*).....	70
Figura 20 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura sobre la saturación diferencial entre el verde y el rojo (a*).	71

Figura 21 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura sobre la saturación diferencial entre el azul y el amarillo (b^*).	71
Figura 22 : Grafica de los efectos principales del pre-tratamiento y temperatura sobre la variación total del color.....	72
Figura 23 : Grafica de los efectos principales del pre-tratamiento y temperatura sobre la variación total del color.....	73

LISTA DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1 : Composición química del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) contenido en 100 g de parte comestible.....	33
Tabla 2 : Clasificación de (<i>Physalis peruviana</i> L.) de acuerdo al tamaño de fruto.	33
Tabla 3 : Características físicas del fruto de aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán.....	34
Tabla 4 : Cantidad de bayas por cosecha	35
Tabla 5 : Variables de salida y entrada	50
Tabla 6 : Lista de equipos de investigación	50
Tabla 7 : Lista de materiales de investigación	51
Tabla 8 : Lista de reactivos e insumos	51
Tabla 9 : Material vegetal	51
Tabla 10 : Resultados del porcentaje de humedad de los frutos de aguaymanto	58
Tabla 11 : Humedad inicial, final y tiempo de secado de los frutos de aguaymanto.....	59
Tabla 12 : Coordenadas colorimétricas L* a* b* y ΔE^* del aguaymanto deshidratado	66

LISTA DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO A. Metodología para la determinación de la humedad.....	82
ANEXO B. Cálculos de la solución clorada para el desinfectado de los frutos de aguaymanto.....	83
ANEXO C. Ficha técnica del aguaymanto deshidratado	84
ANEXO D. Humedad final por tratamiento en base seca.....	85
ANEXO E. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 50 ° C y 3 % de Na ₂ S ₂ O ₅	85
ANEXO F. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 50 ° C y 4 de Na ₂ S ₂ O ₅	87
ANEXO G. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 50 °C y 5 % de Na ₂ S ₂ O ₅	89
ANEXO H. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 60 °C y 3 % de Na ₂ S ₂ O ₅	91
ANEXO I. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 60 °C y 4 % de Na ₂ S ₂ O ₅	92
ANEXO J. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 60 °C y 5 % de Na ₂ S ₂ O ₅	93
ANEXO K. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 70 °C y 3 % de Na ₂ S ₂ O ₅	95
ANEXO L. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 70 °C y 4 % de Na ₂ S ₂ O ₅	96
ANEXO M. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 70 °C y 5 % de Na ₂ S ₂ O ₅	97
ANEXO N. Imágenes de desarrollo vegetativo del aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán	98
ANEXO O. Imágenes del desarrollo experimental	99
ANEXO P. Datos para el analisis estadístico en el software Statgraphics.....	104
ANEXO Q. Análisis de varianza ANOVA, gráfico de efectos principales e interacciones para la cinética de secado y variación de color de los frutos de aguaymanto en las coordenadas L* a* b*	105
ANEXO R. Matriz de consistencia	108

ABREVIATURAS Y UNIDADES

hbs	:	Humedad en base seca
m_{ss}	:	Masa del sólido seco
hbh	:	Humedad en base húmeda
X^*	:	Humedad de equilibrio
X	:	Humedad libre
PMn	:	Peso de la muestra en cada punto
Pss	:	Peso de sólido seco
W	:	Velocidad de secado
A	:	Área de materia a secar
Δt	:	Variación de tiempo
X_c	:	Humedad crítica
L^*	:	Luminosidad
a^*	:	Parámetro de color de rojo a verde
b^*	:	Parámetro de color de amarillo a azul
ΔL^*	:	Diferencia de luminosidad
Δb^*	:	Diferencia de amarillos a azul
Δa^*	:	Diferencia de rojos a verdes
ΔE^*	:	Variación total de color.
H_0	:	Hipótesis nula
H_A	:	Hipótesis alterna
CIE	:	Comission Internationale Del Éclairage
A.O.A.C	:	Associattion of Official Analytical Chemistts (Association
N	:	Número de observaciones
$Na_2 S_2 O_5$:	Metabisulfito de sodio
ANOVA	:	Análisis de varianza

ml	:	Mililitro
mm	:	Milímetro
kg	:	Kilógramo
g	:	Gramos
m.s.n.m	:	Metros sobre el nivel del mar
l	:	Litros
m	:	Metros
cm	:	Centímetros
ΔX	:	Variación de la humedad libre.
Cant	:	Cantidad
h	:	Hora
°C	:	Grados Celsius
T ₁ , T ₂ ...T ₉	:	Tratamientos
%	:	Porcentaje
v	:	Volumen
NTP	:	Norma Técnica Peruana
S/M	:	Sin marca
ppm	:	Parte por millón
\bar{X}	:	Media
α :	:	Nivel de significancia
S	:	Desviación estándar

RESUMEN

El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido con la finalidad de alargar la vida útil de un producto. En esta investigación se estableció por objetivo, evaluar el efecto de pre-tratamiento con 3, 4 y 5 % de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperaturas de 50, 60 y 70 °C, sobre la cinética de secado (tiempo) y variación de color en coordenadas (CIELAB). La cinética de secado se evaluó mediante el registro de la pérdida de peso del fruto del aguaymanto en el tiempo y la variación del color inicial y final, se evaluó utilizando un colorímetro (konica minolta) modelo CR-400 en las coordenadas L^* a^* b^* , las cuales representan, L^* = Luminosidad, a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde) b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul). Para el análisis estadístico se empleó un diseño experimental de tipo factorial 3^2 , donde se aplicó el análisis de varianza ANOVA seguido por la gráfica de efectos principales e interacción con un nivel de confianza del 95 % y significancia de 0.05, para ello se utilizó el paquete estadístico de STATGRAPHICS Centurión XVI.I y Excel 2013.

Los resultados muestran un efecto significativo del pre-tratamiento y la temperatura sobre la cinética de secado (tiempo), debido a que el valor-p es menor a la significancia prefijada $\alpha=0,05$; se observó que los tiempos empleados durante el secado son: 21.7, 21.3 y 22.0 horas a 50 °C; 15.0, 14.3 y 14.3 horas a 60 °C; 10.0, 9.3 y 9.0 horas a 70 °C demostrándose que a mayores temperaturas y concentraciones de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ los tiempos de secado son menores. Las curvas de velocidad de secado muestran claramente dos periodos, el periodo de velocidad constante y decreciente. Con respecto al color se observó que L^* disminuye al incrementar la concentración de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ y la temperatura (p -valué < 0.05), Asimismo los cromas de saturación a^* y b^* presentaron variaciones a medida que incrementa la concentración del pre-tratamiento y la temperatura (p valué > 0.05), del mismo modo la variación total de color (ΔE^*), (p -valué < 0,05), los resultados muestran como valor mínimo de 11.69 ± 0.84 con 3 % de metabisulfito de sodio a 50 °C y máximo 33.08 ± 1.18 con 3 % de metabisulfito de sodio a 70 °C de temperatura.

Palabras claves: Pre-tratamiento, Temperatura, Cinética de secado, color y metabisulfito de sodio.

ABSTRACT

The dry is one of the methods that allows to separate a liquid from a solid for the purpose of the useful life of a product. In this research was established by objective, the effect of previous treatment with 3, 4 and 5 % of sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) and temperatures of 50, 60 and 70 ° C, on drying kinetics and time was evaluated. Of color in coordinates (CIELAB). The kinetics of drying is evaluated by recording the weight loss of the water fruit in time and the variation of the initial and final color, is evaluated using a colorimeter (konica minolta) model CR-400 at the coordinates $L^* a^* b^*$, which represent, L^* = Luminosity, a^* = red / green coordinates (+ a indicates red, -a indicates green) b^* = coordinates yellow / blue (+ b indicates yellow, -b indicates blue). For the statistical analysis, an experimental design of factorial type 32 was used, where the analysis of variance ANOVA was applied followed by the graph of main effects and the interaction with a level of confidence of 95 % and significance of 0.05, for which it was used the statistical package of STATGRAPHICS Centurión XVI.I and Excel 2013.

The results show a significant effect of the pretreatment and the temperature on the duration of the technique, which means that it is lower than the prefixed significance $\alpha = 0.05$; The workers lay down during drying: 21.7, 21.3 and 22.0 hours at 50 °C; 15.0, 14.3 and 14.3 hours at 60 °C; 10.0, 9.3 and 9.0 hours at 70 °C, demonstrating that at higher temperatures and concentrations of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, drying times are shorter. The curves of speed of periodic descent, period of constant and decreasing speed. With respect to color it is seen that L^* decreases with increasing concentration of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ and temperature (p-value <0.05), also the saturation aromas a^* and b^* complement each other as the pre-treatment concentration and temperature increase (p value > 0.05), in the same way the total variation of color (ΔE^*), (p-value <0.05), the results show as a minimum value of 11.69 ± 0.84 with 3 % sodium metabisulfite at 50 ° C and maximum 33.08 ± 1.18 with 3 % sodium metabisulfite at 70 ° C temperature.

Keywords: pretreatment, temperature, drying kinetics, color and sodium metabisulfite

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido, por evaporación en una corriente gaseosa (Ocon y Tojo, 1968, p.240). En general el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de un cierto material biológico (en especial los alimentos), se usa como técnica de preservación (Geankoplis, 1978, p.579).

El aguaymanto es una especie vegetal nativa de los Andes, crece entre los 1000 a 3000 m.s.n.m de altitud. Es perenne, herbácea, arbustiva y fuertemente ramificada, no climatérica, que se debe consumir cuando el capuchón se haya secado completamente y el fruto se desprenda de la planta espontáneamente. Es conocida como uchuva, pero a nivel internacional se le conoce como *Physalis*.

Para el desarrollo de productos es importante conocer la composición química, grado de madurez y calidad de la fruta fresca, información que sirve para orientar sobre los diferentes productos procesados (Brito *et al.*, 2012). Se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas. En el mercado internacional su aceptación es muy alta debido a su exquisitez, tiene un alto valor nutricional y se le han atribuido propiedades medicinales (Collazos citado por Fernández, 2013).

Los frutos como el aguaymanto constituyen un grupo de alimentos indispensables para nuestra salud y bienestar, especialmente por su aporte en fibra, vitaminas y minerales. El Perú produce una gran diversidad de frutas, uno de estos frutos es el aguaymanto. Por el alto contenido de agua, este fruto se hace propenso al deterioro por agentes microbianos. Por ende, es necesario evaluar métodos alternativos para su transformación que garanticen su conservación en el tiempo.

Por lo expuesto anteriormente y aprovechando el auge del fruto. En la presente investigación se estudió a los frutos de aguaymanto evaluando el efecto del pre-tratamiento y la temperatura en la cinética de secado y variación de color en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán. De esta investigación se deduce la importancia de evaluar las curvas de cinética de secado que nos dan idea del tiempo necesario de secado, también se evaluó la variación de color de los frutos de aguaymanto comparando la variación de color

del fruto fresco con los deshidratados a 50, 60 y 70 °C. Para ello se utilizó las coordenadas de color propuesta por CIELAB. Actualmente se encuentra poca información respecto a la cinética de secado de los frutos del aguaymanto razón que nos motivó para desarrollar la investigación.

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Internacionales

Salcedo, (2014) en la investigación, cinética de secado de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire, evaluó el efecto de las temperatura (35, 45 y 55 °C) y la velocidad del aire (1,0; 2,0 y 3,0 m/s) sobre el tiempo de secado y la difusividad efectiva. Los resultados que obtuvo indicaron que a una temperatura y flujo de aire de 55 °C y 3,0 m/s respectivamente, el tiempo de secado fue de 4,5 h alcanzándose una humedad de 4,87 %. Concluye que la velocidad de secado aumentó conforme se elevó la velocidad del aire de secado y la temperatura de proceso, alcanzando un valor máximo de 0,741 kgH₂O/hm², trayendo consigo la reducción del tiempo de secado y una menor humedad final en las muestras. También manifiesta que el periodo predominante en el secado de la yuca fue el decreciente, ya que en este transcurre la mayor parte del tiempo de secado.

Hernández *et al.*, (2011) en la investigación, estudio de la cinética de secado del jitomate (*Solanum lycopersicum L.*), evaluó la influencia de la temperatura y la velocidad del medio secante en el proceso. Las pruebas de secado lo realizaron a las temperaturas de 50, 55 y 60 °C, y con velocidades de 1.5 y 2.5 m/s. Estas condiciones eligieron considerando que según diversos investigadores con el uso de temperaturas de secado menores a 65 °C los productos generalmente no experimentan pérdidas en sus propiedades alimenticias y temperaturas menores a 50 °C conducen a tiempos largos de secado. Han comprobado que la temperatura es el factor que afecta más significativamente al secado. Señalando que el secado realizado con el tratamiento de escaldado ha permitido obtener un producto con un buen aspecto final.

Espinoza, (2011) en la investigación, aplicación de un proceso de secado asistido por infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila (*Ugni molinae Turcz.*), estudió el proceso de secado asistido por infrarrojo del fruto de murtila, mediante la determinación de los tiempos de secado, constantes

cinéticas, modelos matemáticos de secado, difusividad efectiva y energía de activación. Trabajó con una velocidad de aire igual a 1 m/s, con tres temperaturas (40, 50 y 60 °C) y tres potencias de infrarrojo (0, 400 y 800 W). Mediante el registro de la pérdida de peso del fruto de murtila en el tiempo construyó las curvas de secado para cada experiencia. Obtuvo resultados: La humedad inicial del fruto de murtila fue de $80, 2 \pm 0,9$ en términos porcentuales. Este valor corresponde a 0,8021 gramos de agua por gramo de sólido húmedo a 4,0531 gramo de agua por gramo de sólido seco. Los tiempos de secado para cada tratamiento de secado fueron: 1410; 480; 210; 720; 270; 120; 510; 195 y 90 minutos para los tratamientos 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 y 9 respectivamente. A partir de estos resultados dedujo que mientras mayores sean las temperaturas y potencias de infrarrojo aplicadas al proceso de secado, menores son los tiempos requeridos para deshidratar el fruto de murtila. Midió el color en las muestras frescas, deshidratadas del fruto y determinó si el tratamiento aplicado en cada caso afectó en forma significativa a éstos parámetros. Manifestando que no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos de secado aplicados para los parámetros de color ΔL y Δb , pero sí para Δa y el cambio total de color (ΔE).

López et al., (2008) en la investigación, secado de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.): modelamiento matemático y relaciones con los parámetros del modelo de capa fina, evaluaron la influencia de la temperatura del aire de secado sobre los parámetros cinéticos. El secado se llevó a cabo a temperaturas de 60, 70, 80 y 90 °C y los datos obtenidos fueron estudiadas y modeladas.

Concluyeron que todas las curvas muestran una clara tendencia exponencial con un MR disminuyendo rápidamente a medida que la temperatura del aire de secado es mayor.

Falconi, (2008) en la investigación, efectos del escaldado y la adición de metabisulfito de sodio en la evaluación física y sensorial de aguacate Hass (*Persea americana*) deshidratado, tuvo como objetivo disponer de un producto derivado del aguacate hass, de menor volumen y peso que el fresco, que no se oscurezca durante el almacenamiento ni por exposición al aire, se ensayó el deshidratado de su pulpa. Los procedimiento que siguió fue: el fruto fue lavado, partido en mitades y despulpado; ya eliminada la semilla, la pulpa fue cortada en cuadritos de 4x4x4 milímetros y sumergida en 4 diferentes soluciones a 70 y 90 °C, con 0, 0,1; 0,2 y 0,3 de metabisulfito de sodio y deshidratadas con una

temperatura de aire de 60 °C y un flujo de 1 kg/h durante 24 horas, reportó los siguientes resultados: el tratamiento de 70 °C a un nivel de 0.3 de metabisulfito de sodio, resultó ser el mas claro con valor L* de 40.35, a este tratamiento le sigue el de 90 °C con el mismo nivel de metabisulfito con 38.75.

El siguiente tratamiento fue el de 90 °C y 0.2 de solución a partir de este valor las medias fueron diferentes conforme bajan la temperatura y el nivel de metabisulfito.

Para el valor de a* los valores obtenidos fueron negativos Para este valor se encontró diferencias estadísticas entre tres tratamientos, el tratamiento de 70 °C sin metabisulfito fue el de valor más alto, siendo este diferente solamente de los tratamientos de 70 °C y nivel de metabisulfito de sodio de 0.3 % y del tratamiento de 90 °C con 0.3 % de metabisulfito de sodio, el resto de tratamientos entre sí fueron estadísticamente iguales.

Para el valor de b* En esta variable el valor más alto es considerado el mejor, ya que el valor b* positivo junto con el valor a* negativo, dio como resultado un color verde, predominando el valor a*. Al ser el valor b* negativo en combinación con el valor a* negativo nos daría como resultado un color celeste predominando el valor b*. El tratamiento de temperatura 70 °C y nivel de metabisulfito de sodio de 0.3 % fue el más alto, sin ser este estadísticamente diferente del tratamiento de temperatura 90 °C y nivel de metabisulfito de sodio de 0.3 %, pero sí del resto de tratamientos analizados. Lo que nos indica que los tratamientos de 0.3 % de metabisulfito de sodio provee una mejor calidad de color al aguacate Hass. Concluye, el aumento de nivel del metabisulfito de sodio en el tratamiento fue positivo en la fijación de color ($P < 0.05$), en el aguacate deshidratado en trozos.

Gómez, (2009) en la investigación, deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias, realizó el deshidratado del tomate saladette en un secador de charolas, las temperaturas empleadas fueron de 45, 50 y 60 °C, con velocidades de aire de 0,6 y 1,2 m/s, con y sin rotación de charolas, las muestras fueron en rebanadas de 6 mm de grosor, pre-tratadas con metabisulfito de sodio al 1%, se pesaron en intervalos de 15 minutos. Reportó un contenido de humedad inicial de 92.6 ± 0.4 %. Las rebanadas deshidratadas a 45 °C requirieron tiempos de secado de 345 a 390 min para llegar a un contenido de humedad final de 10 ± 1 %. A una temperatura de 50 °C, los tiempos de secado fueron de 285 a 315 min y a la temperatura de 60 °C obtuvo tiempo de secado de 210 a 255 min. Con respecto a la evaluación del periodo de velocidad de secado,

a partir del análisis de las curvas de secado se encontró un periodo corto de velocidad constante entre los 15 y 30 min. Los tiempos de secado disminuyeron con el aumento de la velocidad de aire de 0,6 a 1,2 m/s. Respecto al color los valores muestran que no existió un oscurecimiento importante de las rebanadas de tomate.

Duque et al., (2011) evaluación de las técnicas de secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y mora (*Rubus glaucus*) con aire caliente y aire caliente-microondas, evaluaron la eficiencia de la reducción del agua de frutas de la uchuva y la mora, por medio de métodos de secado con aire caliente (SAC) a 35 °C y secado combinado de aire caliente y microondas (SAC-MW) con pulsos de 7 segundos, cada 45 segundos a 35 °C. A los productos de la uchuva y la mora entera y en mitades, se les evaluó las variables de tiempo de secado, color (ΔE) y textura. Los resultados obtenidos mostraron que el secado con SAC-MW es más eficiente que el SAC, ya que las frutas requieren de menor tiempo para alcanzar el equilibrio. La fruta de uchuva entera, secada por SAC-MW y por SAC, alcanzó el equilibrio a los 600 min y a los 7280 min, respectivamente. La uchuva en mitades alcanzó el equilibrio por SAC-MW a los 300 min y por SAC a los 2960 min. En el caso de la mora entera, secada por SAC-MW, se alcanzó el equilibrio a los 720 min y por SAC a los 5760 min. Ello demuestra que el efecto de las MW acelera el proceso. El color determinó utilizando el espectrofotómetro Minolta, CR 10, con iluminante D 65 y observador estandar de 10 °; y a partir de los espectros de reflexión de las muestras, según las coordenadas del CIE-L* a* b*. El color no presentó diferencia estadística significativa en los dos tratamientos, SAC y SAC-MW en las uchuvas y las moras enteras; sin embargo, si presentó una variación en las moras en mitades, secadas con SAC-MW, debido posiblemente al área de exposición y a la concentración de sólidos solubles por la eliminación de agua. Los tratamientos no presentan una influencia directa en la modificación del color.

Muñiz et al., (2013) en la investigación, empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.), variedad Maradol roja, tuvo como objetivo evaluar el método de secado convectivo de papaya (*Carica papaya* L.) combinado con la aplicación de pretratamientos de osmosis (DOSC) y el escaldado simple (ESSC) a las temperaturas (40 y 60 °C) y velocidad del flujo de aire (2,5 y 1,5 m/s). Reportó que el aumento de la temperatura a 60 °C y la reducción de la velocidad del flujo de

aire a 1,5 m/s, permiten reducir el tiempo de secado. La aplicación del pretratamiento de escaldado simple (ES) también favoreció esa reducción. La menor variación en el color se obtuvo en la muestra deshidratada a 40 °C-1,5 m/s y 40 °C-2,5 m/s para los procesos de DOSC y ESSC respectivamente, según valores de ΔE y croma obtenidos.

Jimenez, (2015) en su investigación, deshidratado de rebanadas de mango tommy atkins utilizando extractos de sus semillas y metabisulfito de sodio como pretratamientos, evaluó el efecto de tres pretratamientos en el deshidratado de rebanadas de mango en un secador de charolas goratorias. Los tratamientos fueron PT1, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ al 0.5 %; PT2, extracto de semilla de mango al 1.44 % y PT3, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ al 0.5 % + extracto de semilla de mango al 1.44 %. Los pretratamientos de las rebanadas de mango se llevaron a cabo por inmersión en soluciones preparadas durante 3 min. Las condiciones de secado fueron 60 °C con 1.2 m/s de velocidad de aire y rotación de charolas de 20 rpm hasta obtener una humedad final de 15 % aproximadamente. Adicionalmente, se obtuvieron las curvas de secado. El tiempo de secado fue de 105 min, reportó, que el proceso de deshidratado induce la disminución de los valores de color L^* y b^* en las rebanadas de mango que fueron pretratadas con extracto de semilla de mango al 1.44 %. La disminución de L^* y b^* se debe al oscurecimiento de la superficie de las rebanadas deshidratadas. Concluyó que la combinación de sulfitos con extractos de semilla de mango promueve la fortificación de los compuestos fenólicos, con excepción de la mangiferina, en las rebanadas de mango y disminuye el oscurecimiento durante el proceso de secado.

Giraldo, Vargas y Gil (2009) en la investigación mejoramiento del proceso de deshidratación de uchuva, desarrollaron un procedimiento de un sistema de secado de la uchuva en forma semiesférica y en cuatro cascadas en un deshidratador piloto de bandejas. La deshidratación realizaron a las temperaturas de 58 °C, velocidad de entrada 3.55 m/s y 62 °C, velocidad de 5.85 m/s, determinaron el contenido de humedad mediante estufa de circulación de aire caliente a 105 °C hasta peso constante, el cual fue equivalente al 79.1 % en base seca el producto se llevó a un secador piloto de nueve bandejas de 40 cm x 40 cm, de tipo armario por convección forzada cuya fuente de calor proviene de resistencias eléctricas ubicadas en la parte lateral y un ventilador situado en la parte posterior el cual permite una circulación de aire paralelo a las placas. Para

cada ensayo se midieron las velocidades con un anemómetro con el fin de garantizar los valores del modelo planteado. Al cabo de diez minutos, una vez estabilizada las condiciones, se midieron las temperaturas de bulbo seco y la del medio ambiente con termómetro de carátula. Cada diez minutos y por medio de una balanza electrónica de precisión se pesaba la muestra y se repetía el procedimiento hasta alcanzar un tiempo de 300 minutos. Concluyó que las velocidades de 3.55 m/s permitieron mayores tiempos de residencia en las muestras lo que facilita la extracción de agua. La temperatura de 62 °C combinado con las velocidades de 3.55 m/s presentó los mejores resultados en el equipo piloto, lo que indica que en la superficie no se formaron películas secas que impidieran el paso de la humedad hacia el exterior. La compensación entre un gradiente de temperatura alta con una baja velocidad, genera un coeficiente convectivo más bajo debido a la disminución del número de reynolds, lo que influyó en las condiciones de mejora del proceso.

Estadísticamente, las tres variables (temperatura, velocidad y área superficial) son significativas en el proceso de secado, con respecto a la humedad en base seca.

Doymaz, (2014) en la investigación características de la cinética de secado y la rehidratación de las rebanadas setas de botón blanco secas al aire caliente convectivas, evaluó el efecto del pretratamiento (solución de ácido cítrico al 0,5 %) y la temperatura del aire de secado (40, 50, 60 y 70 °C) sobre las características de secado de las rebanadas de champiñones se investigó en un secador de gabinete. Los resultados experimentales muestran que la temperatura de secado y el pre-tratamiento tienen efectos significativos en la eliminación de la humedad de los hongos. Además, la proporción de rehidratación de las muestras pretratadas fue más alta que la de las de control. Se utilizaron cuatro tipos de modelos clásicos para obtener datos de humedad y el modelo logarítmico fue el mejor para la representación del secado de hongos. Se encontró que la energía de activación era 35.04 y 37.21 kJ/mol para muestras de control y pre-tratadas, respectivamente.

Moreira, (1997) en la investigación estudio del proceso de secado de uvas y ajos en planta piloto, ha obtenido las cinéticas de secado de productos agroalimentarios (uvas y ajos) bajo diferentes condiciones de operación con el objetivo de determinar los valores más adecuados para el desarrollo del proceso. Para ello, empleó como equipo experimental un secadero convectivo de circuito

cerrado de aire apoyado de una bomba de calor como dispositivo energético. Las variables estudiadas han sido la temperatura de secado, densidad de carga de la muestra sobre la bandeja, tamaño de la muestra, velocidad de aire y la utilización de tratamientos de las muestras previos a la operación de secado. Los tratamientos han consistido en la inmersión de las muestras en agua, disoluciones acuosas de carbonato potásico, carbonato potasico y aceite de oliva, sosa y metabisulfito sódico (este último solo para el ajo) con diferentes valores de la concentración, tiempo de inmersión y temperatura de las disoluciones. El empleo de los tratamientos acelera la cinética de secado actuando de diferente modo en función de las características del producto. Los resultados muestran que la inmersión de las uvas en la disolución de carbonato potásico con aceite provoca una reducción considerable de los tiempos de secado debido a su actuación sobre la piel de la uva que, debido a sus características estructurales, es donde esta ubicada la etapa limitante del proceso. Las cinéticas de secado del ajo mostraron una reducción menos drástica y los tratamientos mas efectivos consistieron en la inmersión en agua y en metabisulfito sódico. A la vez, los tratamientos empleados generaron productos de excelente calidad.

Juntamay, (2010) en la investigación, evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) deshidratada a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas, el proceso de deshidratación lo realizó en un secador de bandejas , para ello seleccionó las uvillas ecotipo golden keniana, se lavó, secó y cortó en rodajas de aproximadamente 3 mm de espesor, luego colocó uniformemente las rodajas en las bandejas, sometiendolos a tres temperaturas de secado (60 °C, 70 °C y 80 °C), las cuales fueron pesadas en intervalos de 15 minutos, hasta un peso constante. Los resultados fueron: a 60 °C el tiempo de secado fue de 225 minutos es decir 3 horas y 45 minutos, ya que a este tiempo el peso de la uvilla se hizo constante, a 70 °C el tiempo de secado fue de 135 minutos es decir 2 horas y 15 minutos, y a 80 °C el tiempo de secado fue de 120 minutos es decir 2 horas. Concluye que a mayor temperatura menor es el tiempo de secado. Tambien recalcó que a 60 y 70 °C las muestras conservaron sus características sensoriales, mientras que a 80 °C algunas muestras se oscurecieron, probablemente esto se debe a un pardeamiento químico, vía reacción de caramelización.

Nacional

Morante, (2017) en la investigación, evaluación de los parámetros adecuados en el deshidratado de aguaymanto (*Physalis peruviana linnaeus*) para ser recubierto con chocolate, evaluó los parámetros adecuados para el deshidratado de aguaymanto (T1: 55 °C, T2: 65 °C Y T3: 75 °C) a intervalos de tiempo de 30 minutos, a una velocidad constante de 3 m/s hasta conseguir el porcentaje máximo de humedad 18 % , de acuerdo a los resultados del estudio, deshidratando a temperatura de 55 °C , el tiempo requerido fue de 1260 minutos (21 horas), obteniendo una humedad final de 16, 30 % para la temperatura de 65 °C, el tiempo fue de 720 minutos (12 horas), con humedad de 14.78 % y para la temperatura de 75 °C, el tiempo fue de 510 minutos (8 horas y 30 minutos), llegando a tener una humedad final de 11.30. También reportó que la temperatura influye en la velocidad de secado, es decir que mientras mayor sea la temperatura, mayor será la velocidad de secado y viceversa.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido al gran auge que está experimentando el fruto del aguaymanto deshidratado en el mercado nacional e internacional, es muy importante buscar alternativas de procesamiento para la exportación de esta fruta, que permitan incorporar un mayor valor agregado al producto.

El estudio de la cinética del secado es esencial para diseñar un correcto proceso de secado que permita además obtener un producto de calidad. Existe un mercado internacional cada vez creciente para el aguaymanto deshidratado. En la actualidad el país con mejor perfil para la exportación de aguaymanto deshidratado es Holanda. (MEF, 2016).

Lo anterior ha hecho que el aguaymanto deshidratado sea de gran interés en los mercados internacionales por ello resulta importante conocer que factores intervienen en el proceso de secado y la variación de color.

El secado por aire caliente permite obtener alimentos estables, desde el punto de vista microbiológico, presenta ventajas como la reducción de los costos de almacenamiento y transporte. No obstante, la aplicación del secado por aire caliente puede conllevar a pérdidas de calidad del producto, ya que las altas temperaturas hacen que el secado sea rápido y se corre el riesgo de perder

algunos componentes del producto que se está secando y a bajas temperaturas el tiempo de secado es lento, pero en este proceso se pueden cristalizar algunos azúcares formando una capa rígida en la superficie de los frutos impidiendo que el agua salga hacia la superficie para evaporarse. Se conoce la influencia que tiene la temperatura en el secado de frutas y hortalizas como factor acelerador de cocción. Sin embargo no hay estudios que revelen la variación del color durante la deshidratación del aguaymanto.

Las consideraciones mencionadas anteriormente nos motivaron la necesidad de realizar el estudio titulado “Efecto del pre tratamiento y temperatura en la cinética de secado y variación de color, del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) Ecotipo Alargado Selección Canaán”. Con esta investigación se pretende establecer procesos adecuados de secado de los frutos del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C. Para lo cual se evaluaron las curvas de secado, curva de velocidad de secado y variación de color. Los resultados de la investigación constituyen un aporte técnico y científico para las futuras investigaciones en el campo agroindustrial que está alcanzando un notable desarrollo en muchas regiones del país, especialmente en la sierra sur y centro del Perú, donde se ha alcanzado grandes volúmenes de producción del aguaymanto, pero que mayormente está orientado a la exportación en estado fresco y una cierta parte deshidratado.

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Evaluar el efecto de pre-tratamiento y temperatura en la cinética de secado y variación de color en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán.

Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el efecto de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperatura en las curvas de cinética de secado en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán.
- ✓ Evaluar el efecto de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperatura en la variación de color en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) ecotipo alargado selección Canaán.

1.4. PROBLEMA

Problema General

¿Cuál es el efecto de pre-tratamiento y temperatura en la cinética de secado y variación de color, en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán?

Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el efecto de pre-tratamiento y temperatura en la cinética de secado en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán?
- ✓ ¿Cuál es el efecto de pre-tratamiento y temperatura en la variación de color, en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán?

1.5. HIPÓTESIS

Hipótesis General

El pre-tratamiento y la temperatura, tienen efecto significativo, en la cinética de secado y variación de color en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán.

Hipótesis Específicas.

- ✓ El pre-tratamiento y la temperatura, tienen efecto significativo, en la cinética de secado en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán.
- ✓ El pre-tratamiento y la temperatura, tienen efecto significativo, en la variación de color en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán.

CAPITULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aguaymanto

2.1.1. Origen

El cultivo del aguaymanto fue conocido desde la época de los incas, creció en diversas partes de los andes, su origen fue en los andes de Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia, regiones en las cuales su fruto ha sido utilizado como alimento silvestre desde épocas precolombinas sin embargo, según (Legge citado por Isla, 2016), considera que el centro de origen de la especie (*Physalis peruviana* L.) fue los andes peruanos; pero de acuerdo a un estudio realizado por los países pertenecientes al convenio Andrés bello en 1983, se ha identificado todo Sudamérica, incluyendo los andes ecuatorianos, como el origen de la fruta (Brito, 2002).

2.1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de esta planta herbácea según Brito, (2002) es la siguiente:

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
División	: Fanerógama
Clase	: Dicotiledónea
Sub clase	: Gamopétala
Orden	: Tubiflora
Familia	: Solanácea
Género	: <i>Physalis</i>
Especie	: (<i>Physalis peruviana</i> L.)

2.1.3. Descripción botánica

Planta de tipo arbustiva con una raíz fibrosa que se ha encontrado a más de 60 cm de profundidad en el suelo. Posee un tallo algo quebradizo de color verde, con vellosidades de textura muy suave al tacto. Las hojas son enteras, similares a unos corazones pubescentes y de disposición alterna.

Las flores son hermafroditas de cinco sépalos con una corola amarilla y de forma tubular. El fruto es una baya carnosa en forma de globo, con un diámetro que oscila entre 1,25 y 2,5 cm y con un peso entre 4 y 10 g; está cubierto por un cáliz formado por cinco sépalos que le protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas externas. Su pulpa presenta un sabor ácido azucarado (semíácido) y contiene de 100 a 300 semillas pequeñas de forma lenticular (Calvo, 2009, p.2).

2.1.4. Ciclo vegetativo

El tiempo entre la iniciación de germinación y la primera cosecha es de aproximadamente nueve meses y medio. El período útil de producción de la planta es de nueve a once meses desde el momento de la primera cosecha, ya que a partir de entonces disminuye tanto la productividad como la calidad de la fruta (Calvo, 2009, p.2).

2.1.5. Variedades

En la Universidad del Cusco se han logrado dos selecciones y se les ha asignado los nombres de Urubamba y K'ayra. En Cajamarca se ha efectuado una evaluación de 200 ecotipos (Franco citado por Tapia y Fries, 2007) y entre los más relevantes se han seleccionado tres de ellos por su mejor calidad, siendo los ecotipos Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Tapia y Frías, 2007, p.106).

No hay variedades en el Perú ni en Colombia (que es el país que más ha trabajado en los últimos 24 años siendo especialmente desde 1985 cuando este producto comenzó a tener acogida en los mercados internacionales, donde hoy se comercializa fresco y procesado), existen sólo ecotipos que se diferencian por el tamaño, color y sabor del fruto, así como en la forma del cáliz y forma de la planta. Mendo y Martos (2003) mencionado por Araujo (2015) mencionan que en la Estación Experimental Baños del Inca, se han realizado estudios de fenológicos de 27 ecotipos promisorios, experimentos instalados en diferentes zonas agroecológicas del departamento de Cajamarca y Amazonas.

2.1.6. Nombres comunes

(INIAP como se citó en contreras, 2015), manifiesta que, existe diversidad de nombres con los que se le conoce al aguaymanto en diferentes partes del mundo:

- Perú : Aguaymanto, capulí, tomate silvestre o uchula.
- Colombia : Uchuva, uvilla, alquenque, Topotopo.
- Ecuador : Uvilla, uchuva, vejigón o guchavo.
- Venezuela : Capulí, amor en bolsa o bolsa de amor.
- Francia : Coqueret du Pérou, coquerelle, alkékéngé du Pérou.
- Bolivia : Uvilla, Capulí. Chile: Cereza del Perú, capulí.
- México : Cereza del Perú, Cape gooseberry.
- Alemania : Ananaskirsche, essbare.
- Sudáfrica : Alkekengi.
- India : Jamfruit
- Reino U. : Cape gooseberry, goldenberry.
- Portugal : Camapum, batetesta, camapú, groselha do Perú

2.1.7. Los nombres comunes por regiones o lugares en el Perú

Según Tapia y Frías (2007) los nombres con los que se les conoce son: tomatillo, (centro y sur del Perú); capulí (centro del Perú); uvilla (Cajamarca).

2.1.8. Distribución geográfica y requerimientos climáticos

En el Perú se cultiva en la zona agroecológica quechua de clima templado a templado frío, en localidades ubicadas en la sierra de Ancash, Huánuco, Junín, Ayacucho, Arequipa y Cuzco, generalmente en huertos familiares, pero también en los bordes de chacras, de zanjas y caminos o intercalados con otros cultivos. En Cajamarca se le cultiva sobre todo en las provincias de Cajamarca, Chota, Cajabamba y San Marcos. Se ha iniciado su cultivo en forma comercial en pequeñas áreas, existiendo excelentes posibilidades de extender su cultivo (Tapia y Frías, 2007, p.105).

El aguaymanto prospera desde el nivel del mar hasta los 3,300 m.s.n.m. Puede soportar bajas temperaturas, pero sufre daños irreparables por debajo de 0 °C; su crecimiento es afectado si persisten temperaturas menores a 10 °C. La temperatura óptima es de 18 °C; temperaturas muy altas pueden perjudicar la floración y fructificación. Requiere gran luminosidad y debe protegerse del viento excesivo. Debe contar con suficiente agua durante el crecimiento inicial, no así durante la maduración de los frutos. Es una planta con alto potencial, ya que crece

en suelos pobres, pero bien drenados, y tiene bajos requerimientos de fertilización (Tapia y Frías, 2007, p.106).

2.1.9. Siembra y densidad

Propagación y trasplante

La forma más común es por semilla; la germinación de la semilla, que normalmente tiene una viabilidad del 85 % tarda 10 a 15 días; se puede preparar almácigos para el trasplante (similar al tomate o al tomate de árbol), para un mayor rendimiento y crecimiento real. A los dos meses la planta está lista para el trasplante al sitio definitivo, cuando tiene una longitud de 20 a 25 cm. La propagación por estacas es recomendable cuando se desea mantener una producción más rápida o un porte de planta más bajo. También se puede propagar por esquejes.

Preparación del suelo

Veinte días antes del trasplante se prepara el sitio de siembra, se hacen hoyos de 40 x 40 cm. A la tierra de cada hoyo se puede añadir una libra de humus de lombriz compuesto y media pala de compost, asimismo se puede aplicar algún abono líquido fermentado.

Densidad de instalación

Se recomiendan distancias de 40 a 80 cm entre plantas y 50 a 90 cm entre hileras, lo que corresponde a una densidad de 13, 800 a 50, 000 plantas/ha.

Cultivos asociados con el aguaymanto:

- ✓ papa - maíz: repele pulguilla;
 - ✓ arracacha: repele trips
 - ✓ cebolla – zanahoria: repele mosca blanca
 - ✓ caléndula: manejo de trips y enfermedades
 - ✓ maíz - frijol: cultivo de panllevar
 - ✓ arracacha - papa - maíz: cultivo de panllevar
 - ✓ maíz - frijol arbustivo: reduce cortadores del tallo
 - ✓ alfalfa con rayas de tomatillo: mejor uso de los nutrientes del suelo
- (Tapia y Frías, 2007, p.108).

2.1.10. Labores culturales

La poda en el cultivo de la uchuva es una de las prácticas más recomendadas porque tiene efecto sobre el tamaño del fruto, mejora la arquitectura de la planta y ayuda la efectividad del sistema de tutorado. La poda de formación consiste en

eliminar los brotes o chupones que se producen en la base del tallo principal hasta los primeros 40 cm de altura con el fin de disminuir la humedad relativa dentro del cultivo y la presencia de enfermedades. La poda de mantenimiento o sanitaria es la más importante y consiste en remover ramas secas, viejas y enfermas, de la planta con el propósito de disminuir las fuentes de inóculo de las principales enfermedades. Las plantas de la uchuva se deben sostener mediante tutores y amarres debido a que cuando están en producción alcanzan demasiado peso. Ocasionando volcamiento y ruptura de ramas. Es el sistema más utilizado, permite la formación de la planta en V, que facilita la disponibilidad de la luz y favorece la aireación del cultivo (Calvo, 2009, p.3).

2.1.11. Cosecha

El fruto se desarrolla durante unos 60 a 80 días, dependiendo de las condiciones agroecológica del sitio y cuando madura es de color amarillo-naranja. Bajo condiciones favorables de crecimiento, la producción de frutos más grandes ocurre durante la primera cosecha y el mayor número durante el primer año de cultivo. Cuando la planta desarrolla una mayor cosecha, disminuye el crecimiento longitudinal de ramas y la inserción de nuevos frutos, esto posiblemente debido a que los frutos compiten favorablemente por los nutrientes con las partes vegetativas de la planta. Pueden producir por dos o tres años más, pero los frutos disminuyen su tamaño. Los rendimientos son altamente variables, dependiendo de la intensidad del cultivo. Una planta puede producir cerca de 320 frutos, aunque se han podido recolectar hasta 1, 500 frutos por planta. La cosecha puede extenderse de marzo a junio en el hemisferio sur. Esto puede variar según las características climáticas de la zona. A partir del séptimo mes del sembrado en el semillero se inicia la recolección por espacio aproximado de siete a nueve meses y medio (Tapia y Frías, 2007, p.111).

2.1.12. Composición química del aguaymanto

Se han realizado estudios sobre su composición por diferentes autores.

Tabla 1 : Composición química del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) contenido en 100 g de parte comestible

Componente	Juntamay (2010)	Encina y Repo (2008)	Castro et al., (2008)
Humedad (%)	78,90	79,80	87,00
Proteína (g)	0,05	1,90	1,09
Grasa (g)	0,16	0,84	0,51
Carbohidrato (g)	16,00	13,70	10,52
Fibra (g)	4,90	3,20	0,34
Cenizas (g)	1,01	0,65	0,54
Tiamina (mg)	-	-	-
Riboflavina (mg)	0,03	-	-
Vitamina A (U.I)	-	4400	-
Vitamina C (mg)	43,00	43,30	-
Potasio (mg)	-	292.72	-
Calcio (mg)	8,00	10,55	-
Sodio (mg)	-	-	-
Fosforo (mg)	55,30	37,90	-
Hierro (mg)	1,23	1,24	-

Nota. Los valores de los componentes mayoritarios de los frutos de aguaymanto están representados en porcentaje (%), gramos (g) y miligramos (mg) según los autores descritos.

2.1.13. Normas de calidad del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

De acuerdo al tamaño de los frutos y grado de madurez, la norma técnica de frutas andinas, aguaymanto fresco según la norma técnica (NTP 203.121 citado por Morante, 2017), establece la siguiente clasificación según la tabla 2.

Tabla 2 : Clasificación de (*Physalis peruviana* L.) de acuerdo al tamaño de fruto.

Diámetro (mm)	Calibre
≤ 22,0	A
20,1 – 18,0	B
18,1 – 20,0	C
15,1- 18,0	D
≤ 15,1	E

Fuente: NTP 203.121 Morante, (2017)

2.1.14. Producción nacional por regiones

La Región de Cajamarca, se ha consolidado como la primera región productora de aguaymanto del Perú, en la Sierra Norte (Cajamarca y parte de Amazonas); Sierra Central (Ancash, Huánuco y Huancayo) y Sierra Sur (Cuzco). Cajamarca (Celendín), Junín (Huancayo, Valle del Mantaro), Ayacucho, Cuzco y Puno. (Ruíz, 2014).

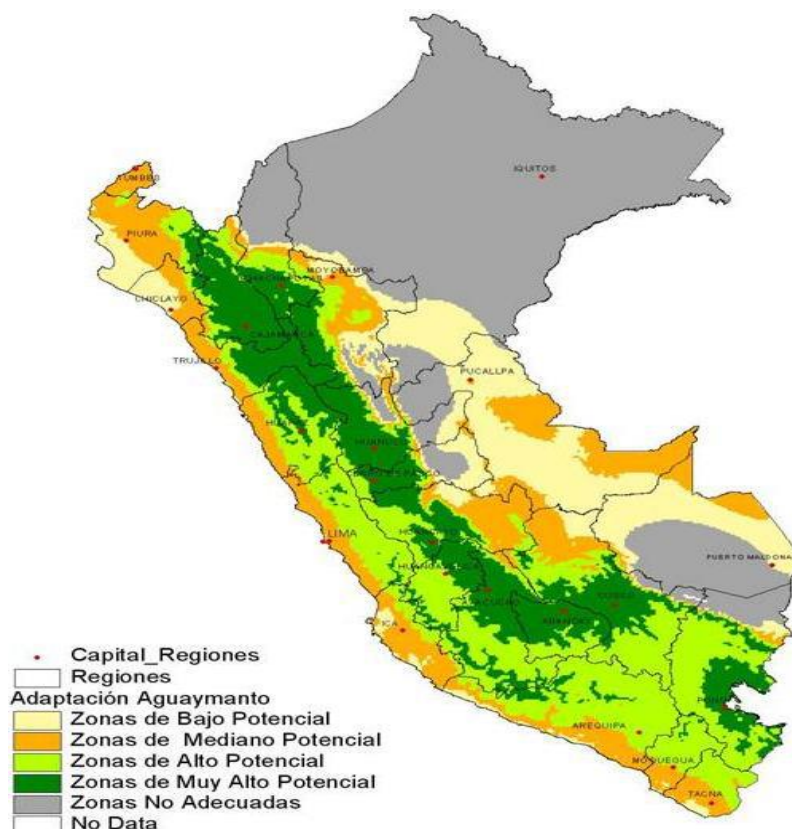


Figura 1: Distribución de la producción de la aguaymanto en el Perú
Fuente: Espinoza (2009) Adaptado por Gamarra (2013)

2.1.15. Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) ecotipo alargado selección

Canaán

Acontinuación se muestra las cualidades físicas del aguaymanto en estudio.

Tabla 3 : Características físicas del fruto de aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán.

Cualidades físicas	
Diámetro Longitudinal	19,58 mm
Diámetro Ecuatorial	20,10 mm
color	Anaranjado intenso
Peso	4,70 g

Procedencia: Unidad vecinal Canaán, Distrito Andrés Avelino Cáceres, Provincia Huamanga, Región Ayacucho

Distribución: En Ancash, Ayacucho, Cajamarca y Cuzco

Disponibilidad: Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, setiembre y octubre.

Cualidades: madurez tardío, presenta una fructificación gradual, presenta un color atractivo, de tamaño de calidad, no presenta tendencias de rajado.

Tabla 4 : Cantidad de bayas por cosecha

Cosecha	Cantidad x 4 plantas
1ra	2 bayas
2da	23 bayas
3ra	170 bayas
4ta	310 bayas
5ta	834 bayas
6ta	1075 bayas

Nota: Cantidades cosechadas durante el primer año de producción.

2.2. Pre-tratamiento

En el secado de las frutas los tiempos prolongados y las temperaturas altas ocasionan cambios adversos en la calidad final del producto, como el oscurecimiento y otros constituyentes. Para reducir estos efectos, se utilizan pre tratamientos que consisten en soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2), cloruro de sodio (NaCl) y metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). En la industria del secado de las frutas, se emplea metabisulfito de sodio como aditivo debido a sus múltiples funciones (Gómez, 2009).

Inhibir el oscurecimiento enzimático y no enzimático

- ✓ Prevenir el deterioro oxidativo
- ✓ Inhibir algunas enzimas como las proteasas, oxidasas y peroxidasas
- ✓ Inhibir el oscurecimiento de bacterias y hongos.

El metabisulfito de sodio tiene propiedades análogas al sulfito de sodio, mientras que el NaCl y el CaCl_2 solo ayudan a disminuir el oscurecimiento de las rebanadas de fruta deshidratado (Gómez, 2009).

2.2.1. Sulfitos

Los sulfitos cumplen muchas funciones: a) inhiben el oscurecimiento no enzimático de Maillard al bloquear y evitar que los carbonilos libres de los azúcares

interaccionen con los aminoácidos; además, ejercen una acción decolorante sobre las melanoidinas, pigmentos oscuros resultado. En las concentraciones empleadas (200 - 300 ppm) no generan olores indeseables ni son tóxicos para la mayoría de los individuos; mediante la enzima sulfito oxidasa se metabolizan y se eliminan en la orina como sulfato sin ningún efecto dañino (Badui, 2006, p.514).

2.2.2. Sulfitado

La adición de sulfitos inhibe las reacciones de oscurecimiento de los productos a deshidratar, actuando sobre los azúcares. La forma más común de realizar el sulfatado es la inmersión del producto en una solución acuosa de metabisulfito de sodio o potasio a razón de 5 g de dicho producto por litro durante 5 a 10 minutos a temperatura ambiente. Para este tratamiento hay que usar recipientes no sensibles a la corrosión, tales como acero inoxidable, vidrio, entre otros. Como el azufre en concentraciones elevadas es tóxico, hay que cuidar bien la dosis. La Organización Mundial para la Salud (OMS) fija la concentración máxima de azufre en un producto deshidratado de 0.05 % (COSUDE, 2005, p.19-20).

Debido a que los sulfitos son utilizados ampliamente a nivel comercial, se han establecido normas para regular las concentraciones en los diversos productos procesados.

2.3. Secado

El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido. Es decir la separación de la humedad de los sólidos(o de los líquidos) por evaporación en una corriente gaseosa, en consecuencia, en cualquier operación de secado se tendrá en cuenta los mecanismos de transmisión de calor y transporte de materia. En la mayor parte de los problemas prácticos de secado la humedad (o líquido a separar) suele ser vapor de agua y el gas empleado para el secado suele usar aire (Ocon y Tojo, 1968, p.240). Al respecto Geankoplis (1998), menciona, que el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de un cierto material biológico (en especial los alimentos), se usa como técnica de preservación (Geankoplis, 1978, p.579).

El secado es habitualmente la etapa de una serie de operaciones y con frecuencia, el producto que se extrae de un secadero pasa a empaquetado. El agua u otros líquidos pueden separarse de sólidos mecánicamente mediante prensas o centrífugas, o bien térmicamente mediante evaporación (Warren et al., 1991, p.821).

Desde el punto de vista comercial una importante ventaja de utilizar esta técnica, es que al convertir un alimento fresco en uno procesado se añade valor agregado a la materia prima utilizada. Además se reducen los costos de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto fresco (Sharma et al., 2003).

2.3.1. Métodos generales de secado

Los métodos y procesos de secado se clasifican de diferentes maneras; se dividen en procesos de lotes, cuando el material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un periodo; o continuos, si el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo. Los procesos de secado se clasifican también de acuerdo con las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer vapor de agua: (1) en la primera categoría, el calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire; (2) en el secado al vacío, la evaporación del agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación (también pueden usarse bajas temperaturas con vacío para ciertos materiales que se decoloran o se descomponen a temperaturas altas); (3) en la liofilización, el agua se sublima directamente del material congelado (Geankoplis, 1978, p.580).

2.3.2. Clasificación de secadores

Debido a que la humedad es uno de los factores que contribuyen seriamente a la descomposición de alimentos, se han diseñado secadores orientados al secado de cierto tipo de alimentos. Por ejemplo: granos, polvos, carne, frutas y vegetales, entre otros. Dichos dispositivos constan con las características necesarias para lograr el secado óptimo (Geankoplis, 1998).

La clasificación para los secadores es muy amplia, sin embargo, la más general está dada por el método con el que se lleva a cabo la transferencia de calor, que puede ser:

- ✓ Convección.
- ✓ Conducción.
- ✓ Radiación

A su vez, se subdividen de acuerdo al tipo de contenedor del secador: charolas, tambor, túnel, aspersión, etc.

2.3.3. Secadores por convección

Los secadores cuya transferencia de calor es por convección son utilizados para secar partículas y alimentos en forma laminar o en pasta. El calor se suministra a través de aire caliente o gas, el cual fluye sobre la superficie del sólido. El aire, los gases inertes, el vapor sobrecalentado o gases de combustión directa pueden ser utilizados en sistemas de secado convectivo (Mujumdar como se citó en Valencia, 2009).

Según Geankoplis (1998), algunos ejemplos de secadores convectivos o directos son:

Secadores en bandejas o charolas: Funciona mediante un ventilador que recircula aire calentado con vapor paralelamente sobre la superficie de las charolas, también puede usar calor eléctrico.

Secadores de túnel: Suelen ser compartimientos de bandejas que operan en serie, en donde las bandejas se desplazan continuamente por un túnel con gases calientes que pasan sobre la superficie de cada bandeja. Un ventilador extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera.

Secadores rotatorios: Consta de un pequeño cilindro que gira sobre su eje con una ligera inclinación. El calentamiento se lleva por contacto directo de gases calientes mediante un flujo a contracorriente, también puede ser a través de la pared calentada del cilindro.

Secadores por aspersión: Un líquido se atomiza o rocía en una corriente de gas caliente para obtener una lluvia de gotas finas. El agua se evapora de dichas gotas con rapidez, y se obtienen partículas secas de sólido que se separan de la corriente de gas. Las partículas obtenidas son porosas y ligeras.

2.3.4. Secadores por conducción

Los secadores por conducción o indirectos son apropiados para productos de poco espesor o para sólidos con alto grado de humedad. El calor para evaporación se suministra a través de superficies calientes (estáticas o en movimiento) (Mujumdar, 2000 citado por Valencia 2009).

Según Geankoplis (1998), algunos ejemplos de secadores indirectos son:

Secadores de tambor: Consta de un tambor de metal calentado que gira, en cuyo interior se evapora una capa delgada de líquido o suspensión hasta secar, después se raspa el sólido seco.

Secadores indirectos al vacío con anaqueles: Es un gabinete cerrado con bandejas o anaqueles que opera al vacío. El calor se conduce a través de las paredes metálicas y por radiación entre los anaqueles. Se usa principalmente para materiales sensibles a la temperatura o que se oxiden fácilmente.

2.3.5. Secadores por radiación

El secado por radiación se lleva a cabo mediante radiación electromagnética cuya longitud de onda se encuentra dentro del rango de espectro solar y microondas.

Secadores solares. Está formado principalmente por un gabinete cubierto cuya tapa consta de un material translúcido que deja pasar los rayos del sol, de ésta manera se utiliza la energía de los rayos en forma de calor para lograr la evaporación de la humedad del sólido. Sin embargo, el funcionamiento de este secador depende de las condiciones climáticas y los tiempos de secado suelen ser largos, además de tener una capacidad de producción pequeña, aun cuando se trabaje en equipo (C.E.R. UNI, 1991 citado por Valencia, 2009).

2.3.6. Parámetro del producto

Contenido de humedad

El contenido de humedad de un sólido puede expresarse sobre base seca o base húmeda. En los cálculos de secado resulta más conveniente referir la humedad a base seca, debido a que esta permanece constante a lo largo del proceso de secado (Ocon y Tojo, 1968, p.241).

Humedad ligada

Ocon y Tojo (1968) afirma. Es el valor de la humedad de equilibrio del sólido en contacto con aire saturado; o bien la humedad mínima del sólido necesaria para que este deje de comportarse como higroscópico.

Humedad desligada

Ocon y Tojo (1968) indica. Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada; o bien a la humedad libre del sólido en contacto con aire saturado. Es evidente que si el sólido tiene humedad desligada se comportará como húmedo.

Humedad de equilibrio (x^*).

Se denomina humedad de equilibrio del sólido a la humedad alcanzada por el sólido en equilibrio con el aire en las condiciones dadas. La humedad de equilibrio X^* es el límite al que puede llevarse el contenido de humedad de una sustancia por contacto con aire de humedad y temperatura determinadas. (Ocón y Tojo 1968, p.241). En efecto el contenido de humedad de equilibrio de un sólido

disminuye al aumentar la temperatura (Geankoplis, 1998). En el secado de materiales sólidos la humedad del sólido que sale del secadero no puede ser inferior al contenido de humedad de equilibrio (Warren et al., 1991).

Humedad libre (x)

Es la humedad del sólido que está en exceso con relación a la humedad de equilibrio. Es ésta la humedad que se puede evaporar y depende de la concentración de vapor en la corriente gaseosa. El agua libre es la diferencia entre el contenido total de agua del sólido y el contenido de agua en el equilibrio (Warren et al., 1991, p.828).

La humedad libre de un sólido, con respecto al aire en condiciones determinadas es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio con el aire en las condiciones dadas. Es decir es la humedad que puede perder el sólido después de un contacto suficientemente prolongado con aire en condiciones dadas y constantes y depende tanto de la humedad del sólido como de la humedad relativa del aire (Perry y Chilton, 1981). Geankoplis (1998), manifiesta. El contenido de humedad libre de una muestra es la humedad por encima del contenido de humedad de equilibrio. Se puede eliminar por secado con las condiciones dadas de porcentajes de humedad relativa.

Humedad crítica.

Es el contenido de humedad que tiene el producto al secarse en el momento en que hay una transición en la velocidad de secado, es decir del momento de secado a velocidad constante pasa a velocidad decreciente. El punto en el cual termina la intensidad constante y empieza a disminuir la intensidad de la desecación se llama contenido crítico de humedad (Perry y Chilton, 1981).

Temperatura Máxima.

Cada producto soporta una temperatura máxima de secado sin cambiar sus propiedades nutricionales. La misma que depende del tipo del producto, la humedad y el grado de madurez también depende del tiempo de secado del producto (Perry y Chilton, 1981).

2.3.7. Curvas de velocidad de secado

Durante el proceso de secado de un sólido, se puede ir obteniendo datos experimentales que relacionan el contenido de humedad con el tiempo y se tendrá una curva similar a la Figura 02. Geankoplis (1998) afirma. La velocidad del proceso de secado depende de sus características higroscópicas, contenido de humedad inicial y el contenido de humedad adecuada para la conservación.

También depende de las condiciones de temperatura y flujo de aire a que es sometido el producto. La variación del contenido de humedad del producto (x), con el tiempo (t) se presenta en “curvas de secado”, estas curvas se obtienen experimentalmente y son un paso fundamental para comparar los sistemas de secado, la curva de secado se obtiene llevando sobre un diagrama en función del tiempo, el contenido en agua del producto o bien la velocidad del secado. También se puede representar la velocidad de secado en función al contenido en agua del producto (Cheftel y Besancon, 1993). Por otro lado La velocidad de secado de un material depende de las propiedades del material como la densidad global de masa del material deshidratado, el contenido inicial de humedad y su relación con el contenido de humedad en equilibrio en condiciones de secado. Podría ser necesario evitar la velocidad máxima de secado si resulta encogimiento, endurecimiento superficial, agrietamiento de la superficie u otros efectos indeseables en el secado de sólidos alimentarios (Sharma et al., 2003). Los datos que se obtienen de un experimento de secado por lotes, generalmente se expresan como peso total W del sólido húmedo a diferentes tiempos de t horas en el periodo de secado (Geankoplis, 1998). Estos valores se pueden convertir a datos de velocidad de secado por los siguientes procedimientos. Primero se re calcula los datos, W es peso del solido húmedo en kilogramos totales de agua más colido seco W_s , es el peso del sólido seco en kg.

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \frac{\text{Kg total de agua}}{\text{Kg sólido seco}} \quad (\text{Ec. 01})$$

Después de haber establecido las condiciones de secado constante, se determina el contenido de humedad de equilibrio X^* , kg de humedad de equilibrio entre kg de sólido seco. Con esto se procede a calcular el valor del contenido de humedad libre (X), en kg de agua libre/kg de sólido seco para cada valor de X_t .

$$x = x_t - x^* \quad (\text{Ec. 02})$$

Usando los datos calculados en la ecuación anterior, se traza una gráfica del contenido de humedad libre X en función del tiempo (horas), como se muestra en la figura la 02. Para obtener una curva de velocidad de secado a partir de esta gráfica, se miden las pendientes de las tangentes a la curva, lo cual proporciona valores de dx/dt para ciertos valores de t . Se calcula entonces la velocidad W para cada punto con la expresión.

$$W = -\frac{L_s}{A} * \frac{dx}{dt} \quad (\text{Ec. 03})$$

Donde:

R: es la velocidad de secado en Kg H₂O/h.m², L_s: es kg de solido seco usado y A: es el área superficial expuesta al secado en m².

Todo proceso de secado involucra el conocimiento y la caracterización de los periodos y fases de secado presentados en la figura 2 y 3.

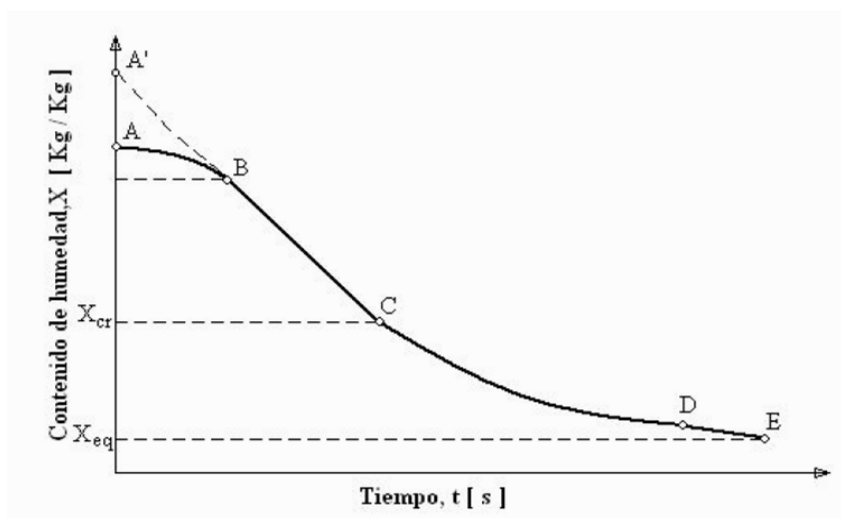


Figura 2 : Curva típica de secado a condiciones constantes. Adaptado de "Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación (Incluye operaciones unitarias)" por Geankoplis (1998), p. 581.

En la Figura (02), esta curva representa el caso general de una muestra sometida a una prueba de secado. La humedad disminuye continuamente desde el valor inicial (A) y finalmente se aproxima como límite a la humedad de equilibrio (X*) con las condiciones existentes del aire. Cuando la pendiente de la curva cambia (C), se denomina punto crítico (X_c, t_c). Esto indica que la velocidad de secado está sujeta a la variación del contenido de humedad en función del tiempo. Esta variación se ilustra claramente en la figura (03), donde se realiza una representación gráfica de la velocidad de secado (W) en función de la humedad (X).

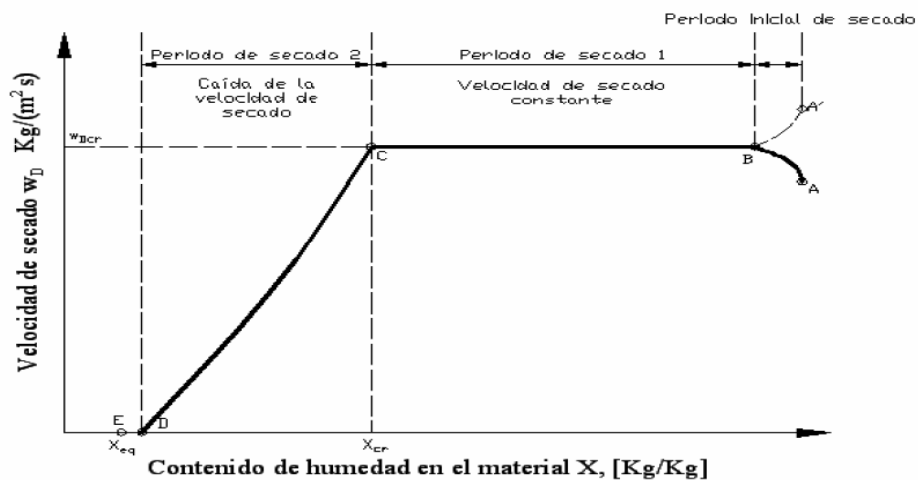


Figura 3 : Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre. a condiciones constantes. Adaptado de "Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación (Incluye operaciones unitarias)" Geankoplis (1998), p. 581.

2.3.8. Periodos de secado

Periodo de estabilidad (A-B)

Es conocida como la fase de estabilización porque las condiciones de la superficie de secado (producto) se ponen en equilibrio con las del aire de secado. Es una fase breve y generalmente de poca importancia, se da una evaporación superficial. El periodo de secado representado por el segmento AB de las curvas de la Figura (3) es el lapso de estado inestable durante el cual la temperatura del sólido alcanza su valor de estado estable. Aunque la forma que se muestra es típica y es posible encontrar casi siempre cualquier forma, y AB pueda presentarse a una velocidad descendente, así como la velocidad ascendente que se muestra (Geankoplis, 1998, p.599).

Periodo de velocidad constante (B-C)

El secado de diversos sólidos bajo diferentes condiciones constantes de secado casi siempre produce curvas de forma variable en el periodo de velocidad decreciente, pero en general siempre están presentes las dos zonas principales de la curva de velocidad de secado: el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente. Durante el primer periodo, la superficie del sólido está muy mojada al principio y sobre ella hay una película de agua continúa. Esta capa de agua es agua no combinada y actúa como si el sólido no estuviera presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y esencialmente igual a la velocidad que tendría una

superficie líquida pura. Sin embargo, las ondulaciones y hendiduras en la superficie del sólido ayudan a obtener una velocidad más alta de la que tendría una superficie completamente plana. Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene de su interior. Este periodo continua mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora (Geankoplis, 1998, p.599). Ocon y Tojo (1968), el periodo de velocidad constante va desde la humedad inicial X_0 hasta la humedad crítica X_c . El periodo donde se elimina la mayor cantidad de agua corresponde a este periodo (Giraldo et al., 2009).

Contenido de humedad crítica (C)

El contenido de humedad existente al final del período de velocidad constante es conocido como contenido crítico de humedad, en este punto, el movimiento de líquido hacia la superficie sólida es insuficiente para reemplazar al líquido que está siendo evaporado. En consecuencia, el contenido crítico de humedad depende de la facilidad, de movimiento de la humedad a través del sólido en relación con la velocidad de secado. En las mediciones experimentales efectuadas bajo condiciones simuladas de producción, a fin de determinar X_f (el contenido de humedad al final del período de velocidad constante) (Foust como se citó en Valencia, 2009). Ocon y Tojo (1968), mencionan que el valor de la humedad crítica depende de las condiciones del aire de secado y del espesor del material a secar.

El periodo de velocidad decreciente (C-D)

El segundo periodo de velocidad decreciente empieza en el punto C, cuando la superficie esta seca en su totalidad. El plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. El calor de evaporación se transfiere a través del sólido hasta la zona de vaporización. El agua evaporada atraviesa el sólido para llegar hasta la corriente de aire. En algunos casos no hay discontinuidad definida en el punto D, y el cambio de condiciones de secado de una superficie con humedad parcial a una superficie completamente seca, es tan gradual que no se detecta un punto de inflexión. Es posible que la cantidad de humedad que se elimina durante el periodo de velocidad decreciente sea bastante pequeña; no obstante, el tiempo requerido puede ser largo. (Geankoplis, 1998, p.599).

2.3.9. Factores que afectan la velocidad de secado

Los factores que afectan a la velocidad de secado son, según Ratti (como se citó en Pakita, 2015)

2.3.10. Superficie del producto

La subdivisión acelera el secado, porque una mayor área proporciona más superficie en contacto con el medio de calentamiento.

Temperatura

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y la muestra, mayor será la velocidad de transferencia de calor.

Velocidad de aire

El aire en movimiento absorbe el vapor de agua de la superficie del alimento, previniendo así la creación de atmósfera saturada. La velocidad de aire actúa aumentando los coeficientes globales de transferencia de materia y de calor, lo que disminuye el tiempo de deshidratado de los alimentos.

Humedad del aire

El aire seco tiene el poder de absorber y retener la humedad, cuanto más seco se encuentre, mayor será la velocidad del proceso de secado. Para muchos productos la velocidad de secado al principio es constante y posteriormente decrece, a veces velocidades distintas. Respecto al agua perdida, el mayor porcentaje se elimina en un tiempo relativamente corto pero cuesta mucho más eliminar la humedad restante. La velocidad de aire afecta poco a la velocidad de deshidratado y la cantidad de agua contenida en el alimento fuertemente.

2.4. Cinética de secado

La cinética de secado es evaluar controlando la pérdida de peso de una muestra en función del tiempo. Se usa frecuentemente para describir los mecanismos microscópicos y macroscópicos de transferencia de calor y masa durante el secado, y es afectada por las condiciones de secado, tipos de secador y características de los materiales a ser secados. (Lopez, 2011).

Se define como la velocidad de secado por la pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad del tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial ($-dX/d\theta$) operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo (Ocon y Tojo, 1968, p.243).

2.5. Color

El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de la luz y que, por lo tanto, puede medirse físicamente en términos de energía radiante o intensidad, y por su longitud de onda. El ojo humano sólo puede percibirlo cuando su energía corresponde a una longitud de onda que oscila entre 380 y 780 nm; de ahí que una definición de color sea “la parte de la energía radiante que el humano percibe mediante las sensaciones visuales que se generan por la estimulación de la retina del ojo” (Badui, 2006, p.398).

El color es una de las principales características de calidad de los alimentos y la principal característica perceptible por el consumidor. Varios pigmentos presentes en los alimentos se correlacionan con el contenido en compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, carotenoides, betalainas y vitaminas. Han revelado en varios estudios que su consumo diario promueve la salud de los seres humanos mediante la reducción de los niveles de colesterol, esclerosis coronaria, factores de riesgo cardiovascular, entre otros efectos benéficos. (Santana, 2013).

El color se describe en términos de valor, que es de claridad u oscuridad de un color, o la cantidad relativa de blanco o negro de un tono. Si el blanco es agregado como incremento a cualquiera de los colores, obtendremos valores más claros del tono, llamados tintes. El incremento de gris en un tono da por resultado valores más oscuros de tono, conocidos como matices (Blume, 1994).

El espacio de color $L^* a^* b^*$ (también referido como CIELAB) es uno de los espacios de color más usados para medir la composición cromática de un objeto y es ampliamente utilizado en todos los campos. Es un espacio de color definido por la CIE en 1976 con el fin de reducir uno de los principales problemas del espacio original en color Yxy . En este espacio de color, L^* indica la luminosidad, a^* y b^* las coordenadas de color; la figura (4) muestra el color en $a^* b^*$ desde el plano horizontal un valor de L^* constante en la misma figura se indica las direcciones de color: $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección verde, $+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección de azul.

La localización de cualquier color en el espacio CIELAB se determina mediante sus coordenadas de color: L^* , a^* y b^* . L^* representa la diferencia entre la luz ($L^*=100$) y la oscuridad ($L^*=0$). La componente a^* es la saturación representa la diferencia entre el verde ($-a^*$) y el rojo ($+a^*$) y la componente b^* es el ángulo de tono representa la diferencia entre el azul ($-b^*$) y el amarillo ($+b^*$). Si se conocen

la coordenadas L^* , a^* y b^* , entonces no solamente el color está descrito, sino que también está localizado en el espacio, (Westland, 2001).

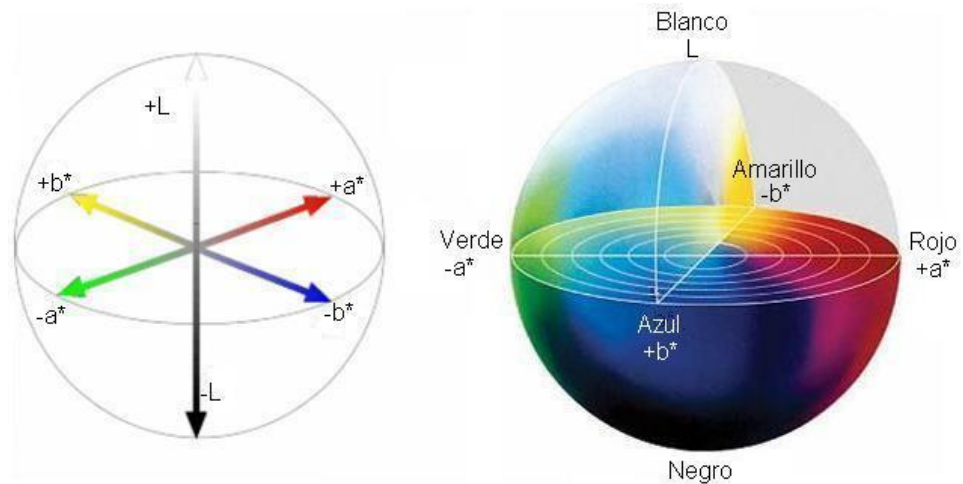


Figura 4 : Representación tridimensional del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB). Detalla la distribución de color de acuerdo a las coordenadas L^* a^* b^* , las cuales son coordenadas de color donde: “ L^* ”: diferencial de luminosidad, “ a^* ”: Componente de saturación diferencial entre el verde ($-a^*$) y el rojo ($+a^*$), y b^* : Componente de saturación diferencial entre el azul ($-b^*$) y el amarillo ($+b^*$). Adaptado de Konika Minolta Sensing (2007).

En el espacio $L^* a^* b^*$, la diferencia del color puede ser expresada en un valor numérico ΔE^*_{ab} , el cual indica la magnitud de diferencia entre dos colores, pero no indica la saturación, el tono y la luminosidad; el ΔE^*_{ab} está definido por la ecuación (04), en la figura (5) se explica mejor este concepto; para analizar la diferencia total.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ec. 04})$$

Donde ΔL^* , Δa^* , Δb^* : es la diferencia entre $L^* a^* b^*$ de la referencia y $L^* a^* b^*$ de comparación.

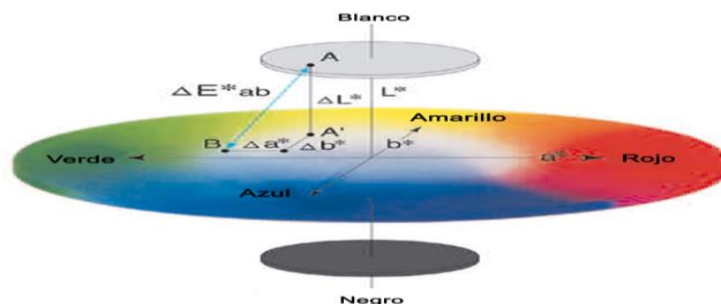


Figura 5 : Diferencia del color en el espacio $L^* a^* b^*$ adaptado de Konika Minolta Sensing, (2007)

CAPITULO 3: MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios de Química y Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicado en el barrio Santa Rosa, Av. 28 de Julio N° 1103, Distrito de Talavera – Provincia de Andahuaylas – Región Apurímac.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se consideró como población a los frutos del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) ecotipo alargado selección Canaán cultivados en la Estación Experimental Agraria INIA, ubicado en el centro poblado de Chumbibamba Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac. La estación experimental Agraria INIA Chumbibamba se encuentra al oeste de Andahuaylas limitado entre los puntos cartográficos latitud 66°65'19.23''E, longitud 84°91'097.14''S, a 2860 m.s.n.m de altura y temperatura de 18 a 22 °C. Los frutos de aguaymanto fueron cosechados en el mes de diciembre en su estado de madurez comercial.

3.2.2. Muestra

Para obtener la muestra se realizó un muestreo intensional, que consistió en recolectar 3 kg de los fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), las cuales fueron recolectadas teniendo en cuentas las siguientes características: Frutos frescos, maduros, sanos, con una máxima coloración amarillo naranja.

Los frutos recolectados fueron transportados en un cooler para evitar la acción directa de la luz, luego se transportó al laboratorio de la Universidad Nacional José María Arguedas.

3.2.3. Unidad de análisis

Para la unidad de análisis se optaron por los frutos que cumplen las siguientes características de acuerdo al NTP 203.121: estado de madurez completo, coloración amarillo naranja, sin daños físicos ni biológicos y de buen tamaño, de esto se obtuvieron 40 g de fruto para su análisis experimental.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación aplicada

Debido a que se evaluó las curvas de secado, la velocidad de secado y la variación del color de los frutos del aguaymanto, aplicando conceptos teóricos y científicos referidos al tema y a la ingeniería agroindustrial.

3.3.2. Según el objeto de estudio

Explicativa

Debido a que se explica los resultados encontrados de las curvas de secado, las curvas de velocidad de secado y la variación del color de los frutos del aguaymanto deshidratado, comparando con los antecedentes, conceptos tecnológicos y científicos ya existentes.

3.3.3. Según el tipo de datos empleados

Cuantitativa

Debido a que se midió y se determinó datos numéricos de las curvas de secado, curvas de velocidad de secado y variación de color del aguaymanto deshidratado, a través de cálculos matemáticos y equipos, para contrastar la hipótesis a través de pruebas estadísticas.

3.3.4. Según la manipulación de variables

Experimental

Debido a que se manipularon las variables de estudio: pre-tratamiento y la temperatura. Asimismo, se considera experimental debido a que se aleatorizó los resultados al ingresar al software STATGRAPHICS Centurion XVII.I, los experimentos o tratamientos a fin de obtener muestras representativas, esto se representó a través de una matriz de diseño experimental.

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 5 : Variables de salida y entrada

N° de Tratamientos	Pre-tratamiento (%)	Temperatura (°C)	Cinética de secado (h)	Variación de color (L*a*b*)
1	3	50	C1	L*, a*, b* ΔE*
2	4	50	C2	L*, a*, b* ΔE*
3	5	50	C3	L*, a*, b* ΔE*
4	3	60	C4	L*, a*, b* ΔE*
5	4	60	C5	L*, a*, b* ΔE*
6	5	60	C6	L*, a*, b* ΔE*
7	3	70	C7	L*, a*, b* ΔE*
8	4	70	C8	L*, a*, b* ΔE*
9	5	70	C9	L*, a*, b* ΔE*

Nota. La variable de entrada correspondiente a pre-tratamiento con "Metabisulfito" ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), expresada en porcentajes (%); y "Temperatura", en grados Celsius (°C). Las variables de salida "Cinética de cesado", representada en horas (h), el color en coordenadas de L* (luminosidad), a* (saturación de verde-rojo), y b* (saturación de azul-amarillo) y ΔE^* Variación total de color.

3.5. Equipos e instrumentos de recolección de datos

a) Equipos

Tabla 6 : Lista de equipos de investigación

Cantidad	Nombre	Descripción	Marca
01	Estufa con temporizador	De color plateado, material de acero inoxidable y con accesorios de plástico.	Menmert
01	Balanza analítica	Equipo electrónico con capacidad de 100 g y sensibilidad 0.0001 g.	OHAUS Aventurer
01	Secador convectivo	Con Bandejas y rango de temperatura de 40 a 100 °C con velocidad de aire 1 m/s	BINDER
01	Anemómetro	Instrumento que mide velocidad de aire, humedad relativa y temperatura.	Benetech
01	Cronometro	Instrumento digital	Casio
01	Colorímetro	Mide la variación de color basándose en el espacio L*,a* y b*	Konica Minolta

Nota. La cantidad de los equipos están determinados de acuerdo a lo requerido en la investigación.

b) Materiales

Tabla 7 : Lista de materiales de investigación

Cantidad	Nombre	Descripción	Marca
06	vaso precipitado	Material de vidrio pírex transparente con capacidad de 500 ml	Pyrex
01	Probeta	Material de vidrio transparente con capacidad de 100 ml	Kyntel
06	papel toalla	Material de papel	Elite
27	Frascos	Material de polietileno de alta densidad hermético	BASA
09	Placas Petri	Material de vidrio pírex transparente de	Mariefeld
02	Tinas	Material de plástico	Rey
01	Colador	Material de plástico	Rey
02	Pinzas	Material de acero inoxidable	S/M
01	Espátula	Material de acero inoxidable	S/M

Nota. La cantidad de materiales están determinados de acuerdo a lo requerido en la investigación.

c) Reactivos e insumos

Tabla 8 : Lista de reactivos e insumos

Cantidad	Nombre	Descripción
6 litros	Agua destilada	Agua destilada
45 ml	Hipoclorito de sodio con una concentración de 5 %	Solución
100 g	Metabisulfito de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	Pureza de 99 % IDSA

Nota. La cantidad de insumos y reactivos se determinó de acuerdo a lo establecido en la investigación.

d) Material vegetal

Tabla 9 : Material vegetal

Muestra	Procedencia	Cantidad
Aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) ecotipo alargado selección Canaán.	INIA-Chumbibamba-Talavera – Andahuaylas	3 kg

Nota. La cantidad de materia prima utilizada se determinó de acuerdo a los requerimientos necesarios de la investigación.

3.6. Métodos de análisis

Adecuación a los frutos en estudio

Frutos con las siguientes características: frutos maduros con una coloración anaranjado intenso, sin daños físicos ni biológicos, madurez completa y de buen tamaño, luego se desinfectaron con hipoclorito de sodio a la solución de 25 ppm en un litro de agua destilada (Anexo B)

Pre-tratamiento con metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Para realizar el pre-tratamiento se ha ceñido a la metodología propuesta por (Gómez, 2009), que consistió en sumergir los frutos durante 1 min a las concentraciones de 3, 4 y 5 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ a temperatura ambiente y posteriormente la solución se drenó por 2 min en los 9 diferentes tratamientos. Después de eliminar la solución de pre-tratamiento, se secaron los frutos utilizando paños absorbentes y se registraron el peso total de la materia prima, utilizando la balanza, además se determinó el peso promedio del fruto.

Determinación de la humedad

El contenido de la humedad inicial de los frutos del aguaymanto se determinó por triplicado, según el método N° 930 de la A.O.A.C (1990). Se registró el peso inicial de los frutos del aguaymanto por medio de una balanza analítica, luego fueron llevadas a la estufa a 105 °C y al cabo de 05 horas se retiraron de la estufa, finalmente se llevaron a un desecador por 30 a 45 min, tras su enfriamiento se registró el peso final de los frutos secos mediante una balanza analítica (Anexo A).

A continuación de muestra el diagrama de flujo del método de análisis

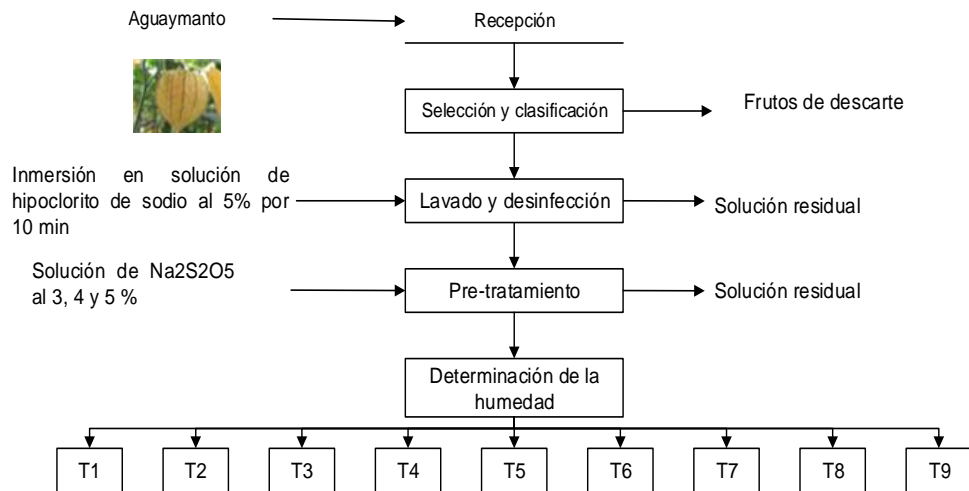


Figura 6 : Diagrama de flujo para la evaluación de la cinética de secado y variación de color.

3.7. Metodología experimental

3.7.1. Evaluación de la cinética de secado

Se utilizó el método descrito por Morante (2017), que consistió en 40 g de aguaymanto previamente pre-tratadas y acondicionadas, fueron colocadas en una bandeja de acero inoxidable de 12 x 10 cm, llenado por completo la base del recipiente, de tal manera que sólo quede expuesta a la corriente de aire de secado la superficie superior de la materia prima. La pérdida de peso durante el secado se determinó retirando y pesando la muestra en una balanza analítica, tal como se muestra en la Figura 7. El pesado de cada muestra se realizó cada 20 minutos hasta que el peso de las muestras no varié (peso constante). El secado fue a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C y a las velocidades de 2.0 m/s para los 9 tratamientos respectivamente con tres replicas para cada caso.

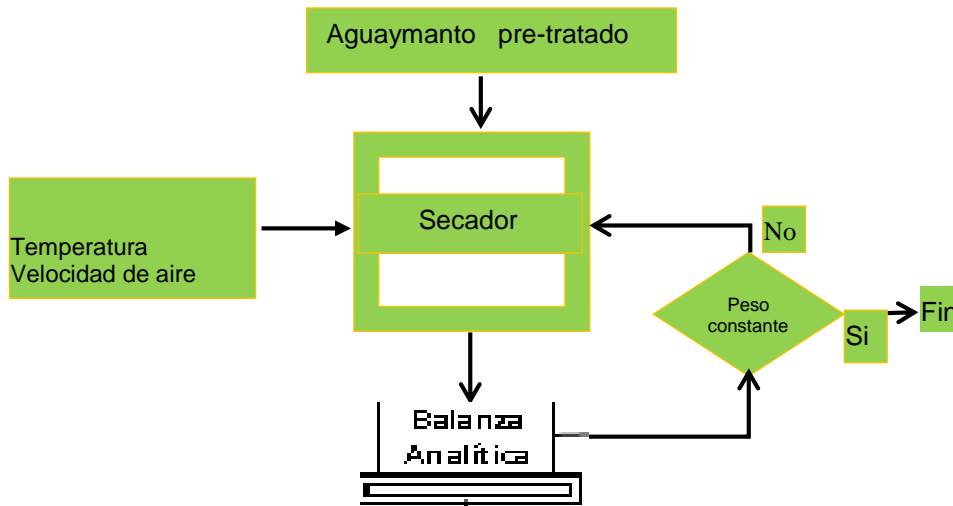


Figura 7: Metodología para determinar la cinética de secado de los frutos de aguaymanto. Adaptado de "Evaluación de parámetros adecuados en la deshidratación del aguaymanto" Tesis de pregrado Universidad Nacional de Piura-Perú.

Construcción de la curva de secado y velocidad de secado

Para realizar los cálculos y gráficos de las curvas de secado y velocidad de secado del fruto mencionado, se utilizó la metodología propuesta por Ocon y Tojo (1968).

La curva de secado se construyó de acuerdo a la Ecuación. 05 y 06

$$X_t = PM_n - P_{SS} \text{ (kg H}_2\text{O)} \quad (\text{Ec. 05})$$

Dónde:

X_t = Humedad total, PM_n = Peso de la muestra en cada punto, P_{SS} = Peso de sólido de la muestra.

$$X = \frac{X_t}{P_{SS}} \left(\frac{\text{kg de H}_2\text{O}}{\text{kg de solido seco}} \right) \quad (\text{Ec. 06})$$

Dónde:

X = Humedad libre en solido seco, X_t = Contenido de humedad total P_{SS} = Peso de solido seco de la muestra.

La curva de velocidad de secado se construyó de acuerdo a la Ecuación. 07

$$W = \frac{m_s \Delta X}{A \Delta t} \quad (\text{Ec. 07})$$

Dónde: A = área del materia a secar, ΔX = variación de humedad libre, m_{SS} = masa de solido seco y Δt = variación de tiempo.

3.7.2. Determinación de la variación de color

Para determinar el color se tomaron 03 muestras aleatorias del fruto fresco así como del producto deshidratado sometido a diferentes temperaturas; luego se estimó el valor promedio por cada tratamiento. El equipo de medición utilizado fue el colorímetro Konica Minolta CR400, el cual fue calibrado antes de hacer las mediciones usando una placa de cerámica blanca como referencia. Las mediciones se realizaron utilizando la escala de color recomendada para usos industriales. CIELAB de coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* a partir de la cual se calculó la variación total de color (ΔE^*) con la siguiente ecuación:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ec. 08})$$

3.8. Métodos estadísticos

a. Diseño factorial 3x3: 3^2

Se utilizó un diseño experimental del tipo factorial 3^2 con 3 repeticiones por tratamiento.

Diseño experimental de variables de entrada y salida

Variables de entrada y salida, se describe en la figura 8

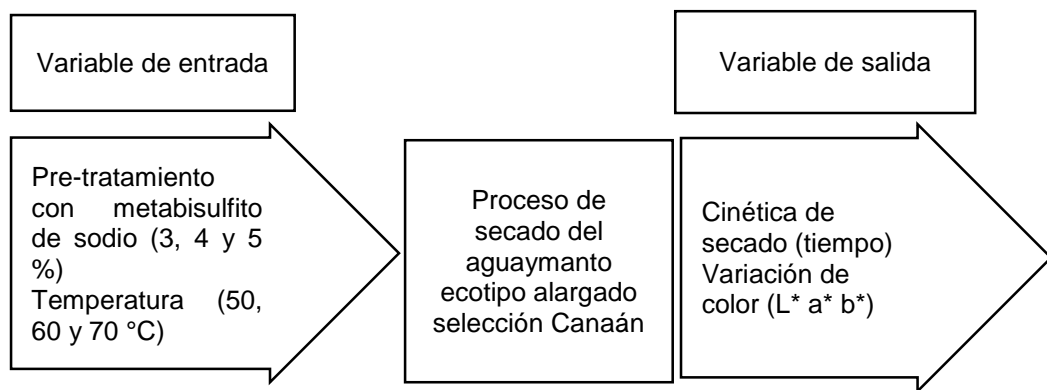


Figura 8 : Diseño experimental

3.8.1. Factores de estudio

Factor A: Pre-tratamiento con porcentaje de metabisulfito de sodio (A)

- ✓ Metabisulfito de sodio (A1)
- ✓ Metabisulfito de sodio (A2)
- ✓ Metabisulfito de sodio (A3)

Factor B: Temperaturas de tratamiento (B)

- ✓ 50 °C (B1)
- ✓ 60 °C (B2)
- ✓ 70 °C (B3)

3.8.2. ANOVA para el diseño factorial

Se aplicó ANOVA de dos factores pre-tratamiento con de metabisulfito de sodio y la temperatura. Para determinar el efecto en la cinética de secado y variación de color del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

El objetivo de Análisis factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todo los factores de estudio (Gutiérrez., 2012).

3.8.3. Diseño experimental y análisis estadístico

Se desarrolló una investigación usando un diseño factorial 3^2 con dos variables de estudio y tres niveles generándose 09 tratamientos con 03 repeticiones. (27 tratamientos experimentales), según al diseño experimental Figura 8.

El modelo es 3^2 .

$$Y_{ij} = \mu + \gamma_i + \delta_j + (\gamma\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{Ec. (09)}$$

Donde:

μ : Media general.

γ_i : Efecto del factor A con su nivel i.

δ_j : Efecto del factor B con su nivel j.

$(\gamma\delta)_{ij}$: Efecto de la interacción de ambos tratamientos en los niveles

ε_{ijk} : Error aleatorio, que se supone que sigue una distribución normal con media cero varianza constante $\sigma^2(N(0, \sigma^2))$ y son independientes entre sí.

n : Número de repeticiones en cada tratamiento.

Es decir, los efectos de los modelos son desviaciones relacionadas con la media global.

Por lo cual se estima las hipótesis para los tres efectos en el secado del aguaymanto: Metabisulfito de sodio (%), temperatura de tratamiento (T) y la interacción (% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) – (T).

3.8.4. Hipótesis de la investigación

Para la cinética de secado

$H_0: \gamma_i = P - \text{valor, del pre-tratamiento} > 0,05$. El pre-tratamiento no influye significativamente en la cinética de secado del aguaymanto.

$H_A: \gamma_i = P - \text{valor, del pre-tratamiento} < 0,05$. El pre-tratamiento influye significativamente en la cinética de secado del aguaymanto.

Para la variación de color

$H_0: \delta_j = P - \text{valor, de la temperatura} > 0,05$. La temperatura no influye significativamente en la variación de color del aguaymanto.

$H_A: \delta_j = P - \text{valor, de la temperatura} < 0,05$. La temperatura influye significativamente en la cinética de secado del aguaymanto.

Interacción de pre-tratamiento y temperatura

$H_0: (\gamma\delta)_{ij} = P - \text{valor} > 0,05$. No hay efecto significativo de la interacción del pre-tratamiento y la temperatura en la cinética de secado y variación de color del aguaymanto.

$H_A: (\gamma\delta)_{ij} = P - \text{valor} < 0,05$. Hay efecto significativo de la interacción del pre-tratamiento y la temperatura en la cinética de secado y variación de color del aguaymanto. Las hipótesis fueron probadas con ANOVA bi-factorial a un nivel de significancia del 5 %.

CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados de la humedad de los frutos

Tabla 10: Resultados del porcentaje de humedad de los frutos de aguaymanto

Frutos	% humedad ($\bar{X} \pm S$)
Aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán (<i>Physalis</i> <i>peruviana</i> L.)	79,97 \pm 0,02

\bar{X} : promedio de 3 repeticiones S: desviación estándar

La humedad inicial de los frutos de aguaymanto utilizadas en el presente trabajo de investigación según la Tabla 10 fue de 79,97 \pm 0,02 expresado en términos porcentuales este valor corresponde a 0,7997 kilogramos de agua por kilogramo de sólido seco. Éstos resultados son similares a los valores reportados por Juntamay (2010), Encina y Repo (2008) y Giraldo et al., (2009) con 78,9 %, 79,8 % y 79,1 % en base seca respectivamente y superiores a los valores reportados por (Morante, 2017) 78,54 \pm 0,45. Guevara y Málaga (2013), manifiestan que estas diferencias en composición se deben a diferentes factores como el ecotipo, el estado de madurez, el clima, la geografía del lugar de producción y las prácticas agrícolas.

4.2. Resultados de la cinética de secado

En la Figura 9, se representan las curvas del contenido de humedad en base seca (X) en función al tiempo (t) de secado para todos los tratamientos deshidratadas a temperaturas de 50, 60 y 70 °C, el proceso de secado se trabajó con una velocidad constante de 2 m/s las gráficas están representadas según los datos obtenidos al realizar los cálculos, los cuales se presentan en los Anexos (E, F, G, H, I, J, K, L y M) los resultados se obtienen a intervalos de 20 minutos para tener mejor contraste. En general nos muestra que el contenido inicial de agua o humedad libre varió de 0.8560 hasta 1,4556 kg de agua/kg de sólido seco en las muestras secas y la humedad libre al final de proceso varió entre 0,0011 a 0,0027 kg de agua/kg de sólido seco en las muestras secas. Así mismo se observa que el contenido de agua disminuyó con más facilidad con el incremento de la

temperatura. A demás se aprecia que la remoción de la humedad libre fue más rápida durante los primeros 460 min a 50 °C, 420 min a 60 °C y 320 min a 70 °C.

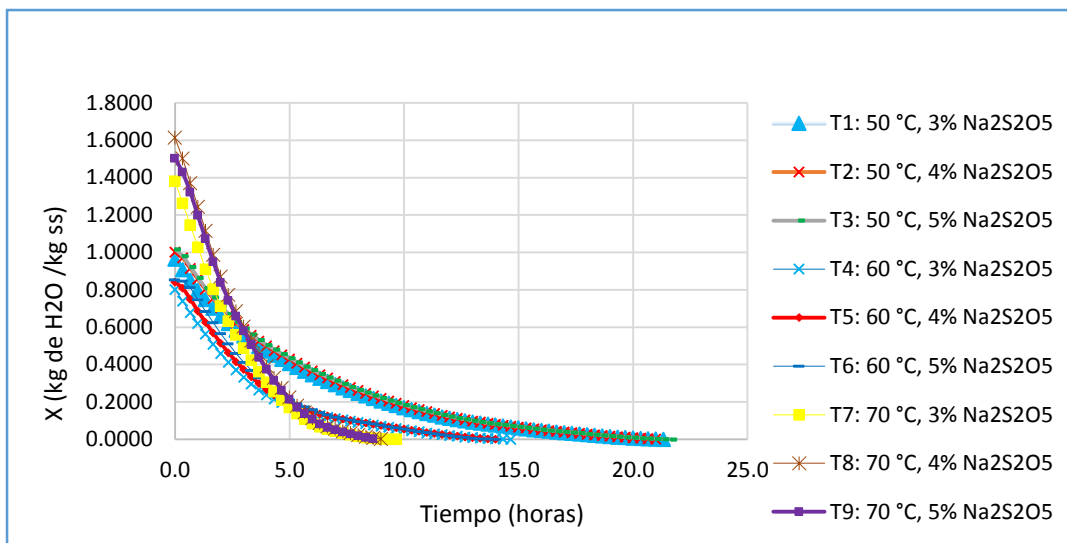


Figura 9 : Curvas de secado a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C. Las curvas describen un típico comportamiento de decrecimiento exponencial. Gráfico obtenido en el software EXCEL de Microsoft Office (2016).

Tabla 11: Humedad inicial, final y tiempo de secado de los frutos de aguaymanto.

Tratamientos	T °C	% Na ₂ S ₂ O ₅	Humedad inicial (g de agua/g fruto fresco)			Humedad final (g de agua/g fruto seco)			Tiempo de secado (horas)		
			\bar{X}	$\bar{\sigma}$	S	\bar{X}	$\bar{\sigma}$	S	\bar{X}	$\bar{\sigma}$	S
T1	50	3	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1741	$\bar{\sigma}$	0.5629	21.7	$\bar{\sigma}$	1.2
T2	50	4	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1802	$\bar{\sigma}$	0.6917	21.3	$\bar{\sigma}$	0.56
T3	50	5	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1832	$\bar{\sigma}$	0.3659	22.0	$\bar{\sigma}$	0.34
T4	60	3	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1776	$\bar{\sigma}$	0.2352	15.0	$\bar{\sigma}$	1.32
T5	60	4	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1676	$\bar{\sigma}$	0.4409	14.3	$\bar{\sigma}$	0.67
T6	60	5	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1716	$\bar{\sigma}$	0.7808	14.3	$\bar{\sigma}$	0.57
T7	70	3	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1576	$\bar{\sigma}$	0.5499	10.0	$\bar{\sigma}$	1.0
T8	70	4	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1656	$\bar{\sigma}$	0.7692	9.0	$\bar{\sigma}$	0.75
T9	70	5	0.7997	$\bar{\sigma}$	0.02	0.1675	$\bar{\sigma}$	0.5426	9.3	$\bar{\sigma}$	0.45

En la tabla 11 se observa los resultados de la cinética de secado en diferentes niveles de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio y temperatura en ello se aprecia la media y la desviación estándar de los resultados, se reporta que a 5 %

de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ y temperatura de 50 °C el tiempo de secado alcanza un valor máximo de 22 ± 0.34 horas, mientras a 4 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ y 70 °C el tiempo empleado fue de 9.0 ± 0.45 .

Se observa que las curvas de secado a 50 °C y diferentes concentraciones de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, necesitaron tiempos más largos a comparación de las otras dos curvas. Se aprecia que decrece hasta las 10 horas y luego las pérdidas son mínimas cada 20 minutos haciendo que la curva se vuelva casi constante. Para la temperatura de 60 °C y diferentes concentraciones de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, los tiempos de exposición fueron de (15, y 14.3 horas) se observa que las curvas van desde el inicio en forma decreciente hasta las 6.7 horas, pasado este tiempo la pérdida de humedad es mínima con poca variación conforme pasa el tiempo, haciéndose una curva casi constante. Para la temperatura de 70 °C y diferentes concentraciones de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, el tiempo de exposición fue menor, utilizando (10, 9.0 y 9.3 horas), se observa que hasta las 5 horas las curvas se muestran en periodo decreciente y luego de este tiempo la pérdida de humedad es menor haciéndose que sea un poco más constante. Al respecto Geankopolis (1998) menciona que la migración por difusión de la humedad contenido en un alimento es el mecanismo predominante en el secado de la mayoría de los alimentos, tal es el caso de los vegetales. Patrones similares fueron reportados por Morante (2017), en el deshidratado del aguaymanto a 55, 65 y 75 °C, manifiesta que el mayor tiempo empleado fue a la temperatura de 55 °C (21 horas) y el tiempo menor a 75°C, utilizando 8 horas y 30 minutos, Por otra parte Espinoza , (2011), en el secado de los frutos de murtilla a 40 °C, 50 °C Y 60 °C reporta que los empleados fueron: 1410; 480; 210; 720; 270; 120; 510; 195 y 90 minutos para los tratamientos 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 y 9 respectivamente. Concluye que mientras mayores sean las temperaturas aplicadas al proceso de secado, menores son los tiempos requeridos para deshidratar el fruto de la murtilla. Además, (López *et al.*, 2008), en el secado de la uchuva, reporta que las curvas durante el secado muestran una clara tendencia exponencial con un X (humedad) disminuyendo rápidamente a medida que la temperatura del aire de secado es mayor. Observaron que el tiempo de secado para alcanzar el contenido de humedad de equilibrio disminuyó a medida que la temperatura aumenta, el tiempo necesario para alcanzar un contenido de humedad inferior a 0.330 g agua a 60 ° C fue 760 minutos, casi el doble del tiempo necesario para alcanzar el mismo contenido de humedad a una temperatura de 80 °C (420 minutos), y tres veces el tiempo necesario a una temperatura de 90 °C

(240 minutos). Por otro lado, (Juntamay, 2010), reporta los siguientes resultados en la deshidratación de aguaymanto del ecotipo Golden keniana a 60 °C el tiempo de secado fue de 225 minutos es decir 3 horas con 45 minutos, ya que a este tiempo el peso del aguaymanto se hizo constante, a 70 °C el tiempo de secado fue de 135 minutos que equivale a 2 horas y 15 minutos, y a 80 °C fue de 120 minutos (2 horas). Adicionalmente (Duque *et al.*, 2011) al evaluar la eficiencia de la reducción del agua de frutos de la uchuva por medio de métodos de secado con aire caliente y secado combinado con aire caliente y microondas a 35 °C en ambos casos, manifiesta que la uchuva entera, secada por SAC-MW y por SAC, alcanzó el equilibrio a las 10h y a los 121h, respectivamente. No obstante (Hernández *et al.*, 2011), en la deshidratación de jitomate en rodajas a 50 °C reporta que el tiempo empleado fue de 5 h, Las diferencias de tiempo se explican con lo dicho por Saavedra y Zurita (2013), indican que los tiempos de secado depende de la temperatura y de la humedad relativa del aire. Cuanto mayor es la temperatura y mayor flujo de aire, más rápido es el secado.

Al efectuar el análisis de varianza ANOVA del tiempo de secado la misma que se muestra en el Anexo (Q) indica que existe un efecto estadístico altamente significativo ($P < 0.05$) de la temperatura y el pre-tratamiento con un nivel de confianza del 95 % mas no la interacción de estas variables ($P > 0.05$). Las temperaturas altas contribuyen a que la humedad se libere rápidamente del alimento en forma de vapor, mientras que a bajas temperaturas el vapor no se elimina y crea una atmósfera saturada en la superficie del alimento que reduce la velocidad de eliminación de agua y por consiguiente mayores tiempos de secado (Potter y hotchkiss, 1999). Los resultados estadísticos con respecto al efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado, concuerdan con lo reportado por (Hernández *et al.*, 2011), en la cinética de secado del jitomate a las temperaturas de 50, 55 y 60 °C, (Espinoza, 2011) para los frutos de murtila a las temperaturas de 40, 50 y 60 °C, (López *et al.*, 2008) para el aguaymanto a temperaturas de 60, 70, 80 y 90 °C, (Morante, 2017) a 55, 65 y 75 °C, (Juntamay, 2010) a 60, 70 y 80 °C, (Giraldo, 2009), a 62 °C y (Duque *et al.*, 2011) a 35 °C por el método de secado combinado aire caliente y microondas.

Los resultados en mención indican claramente que los pre-tratamientos y el aumento de la temperatura contribuye al incremento de la permeabilidad de las membranas celulares de los frutos de aguaymanto en cierta medida, conllevando

al incremento de la difusividad del agua lo que reduce significativamente el tiempo de secado como se vio en la sección anterior. Patrones similares fueron reportados en investigaciones previas en secado de: rebanadas de champiñones, (Doymaz, 2014) al evaluar el efecto del pre-tratamiento (solución de ácido cítrico al 0,5 %) y la temperatura del aire de secado (40, 50, 60 y 70 °C), muestra que la temperatura de secado y el pre-tratamiento tienen efectos significativos en la eliminación de la humedad. Asimismo Moreira, (1997), en el secado de uvas y ajos menciona que el empleo de los pre-tratamientos aceleraron la cinética de secado actuando de diferente modo en función a las características del producto.

En la Figura 10, se observa que en los efectos predominan sus componentes lineales. Se aprecia que a mayores porcentajes de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperatura elevada más efectivo es el proceso de secado.

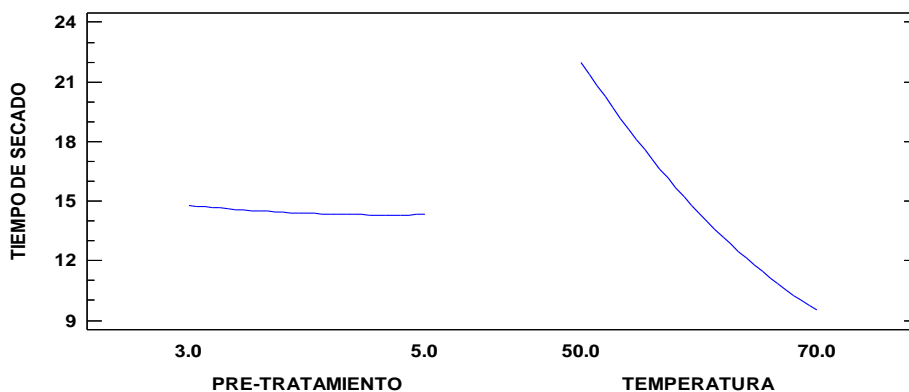


Figura 10 : Gráfica de efectos principales de pre-tratamiento y temperatura sobre el tiempo de secado

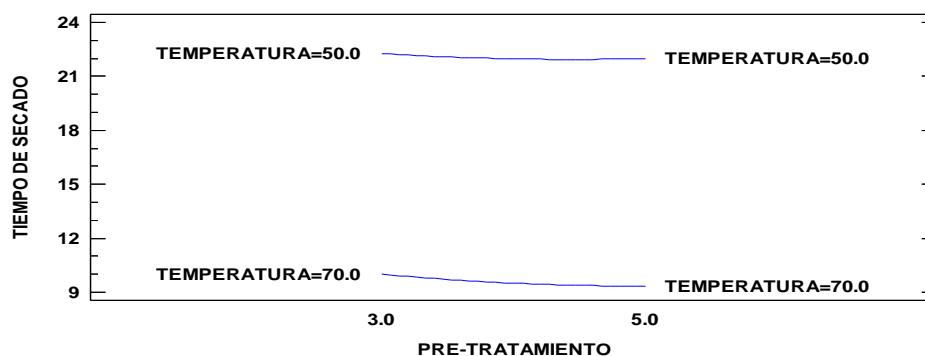


Figura 11 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura para el tiempo de secado. Gráfico obtenido mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVI.I

La Figura 11 muestra la interacción de las variables frente al tiempo de secado, se observa que a diferentes concentraciones de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ y menor temperatura los tiempos de secado son mayores.

A partir de estos resultados se manifiesta que cuando se aplica pre-tratamiento y mientras mayores sean las temperaturas del proceso de secado, las velocidades de evaporación del agua se incrementan para deshidratar los frutos de aguaymanto.

El análisis de los tiempos de secado permite comprender mejor el comportamiento de la deshidratación de los frutos del aguaymanto.

4.3. Curvas de velocidad de secado.

Las Figuras 12, 13 y 14 presentan los cambios en la velocidad de secado (W) como una función del contenido de humedad (X) para todos los tratamientos, basados en los valores obtenidos de los Anexos (E, F, G, H, I, J, K, L y M). Las muestras secadas a $70\text{ }^\circ\text{C}$ presentaron las mayores velocidades de secado seguido de los secados a $60\text{ }^\circ\text{C}$ y finalmente con lenta velocidad de secado fueron las muestras secadas a $50\text{ }^\circ\text{C}$.

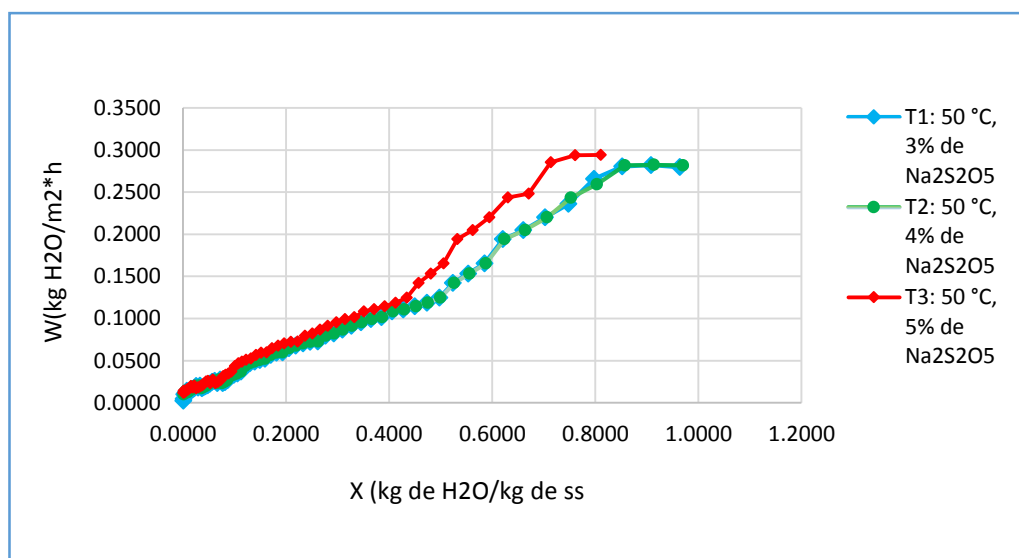


Figura 12 : Curva de velocidad de secado a $50\text{ }^\circ\text{C}$. Las curvas describen 2 fases la constante y la decreciente. Gráfico obtenido en el software EXCEL de Microsoft Office (2016)

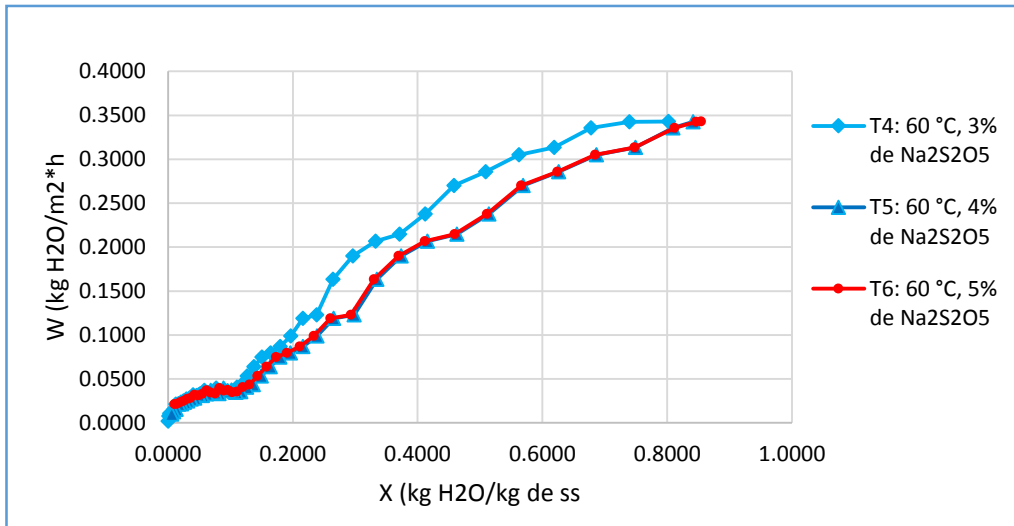


Figura 13 : Curva de velocidad de secado a 60 °C. Las curvas describen 2 fases la constante y la decreciente. Gráfico obtenido en el software EXCEL de Microsoft Office (2016)

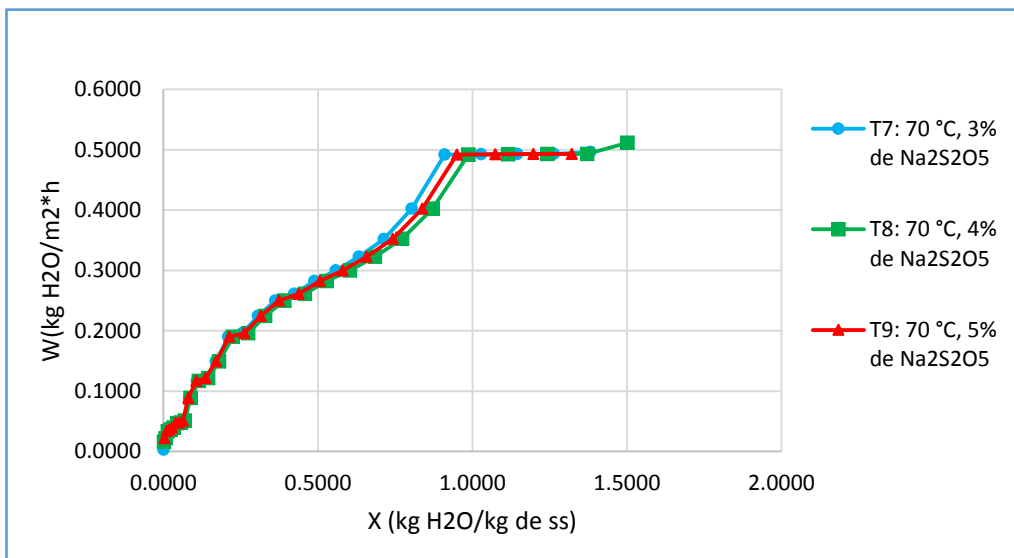


Figura 14 : Curva de velocidad de secado a 70 °C. Las curvas describen 2 fases la constante y la decreciente. Gráfico obtenido en el software EXCEL de Microsoft Office (2016)

Se evidencia que a medida el contenido de humedad libre en la matriz del producto va reduciéndose la velocidad de secado decae, pero con bastante fluctuación. Estos resultados concuerdan con estudios previos en el secado de frutas y vegetales como el aguaymanto (Morante, 2017), y tomate (Gómez, 2009). Como se puede apreciar en las figuras la velocidad de periodo decreciente fue mayoritariamente la que predominó en todas las muestras durante el secado a diferentes temperaturas y pre-tratamientos. Esto significa que el mecanismo físico

que genera el movimiento de la humedad en las muestras es gobernado predominantemente por difusión de vapor de agua o agua ligada a través del tejido seco hacia el aire seco en velocidades cada vez más lentas que la velocidad de evaporación desde la superficie (Doymaz, 2014).

Asimismo se aprecian que todos los tratamientos presentan dos periodos de secado: periodo constante y decreciente; el periodo de secado constante ocurrió para los tratamientos T7, T8 en mayor proporción seguida de los tratamientos T4, T9, T1, T2 y T3; pero los tratamientos T5 y T6 presentaron básicamente el periodo de velocidad decreciente. Se aprecia que cuando termina el periodo de velocidad constante las velocidades de evaporación del agua decrecen con mayor pendiente y el proceso de secado termina en menor tiempo, por otro lado en los tratamientos donde el secado es a velocidad decreciente en mayor proporción los tiempos de secado son más prolongados y la velocidad de secado va decreciendo paulatinamente, este último comportamiento es evidente en los tratamientos T1, T2 y T3 a 50 °C con las diferentes concentraciones de metabisulfito de sodio. Las velocidades de secado se estabilizan en el punto B con valores de 0.2796, 0.2817 y 0.2940 kg H₂O/m²*h para 50 °C con 3, 4 y 5 % de Na₂S₂O₅; 0.3431, 0.3426 y 0.3431 kg H₂O/m²*h para 60 °C; 0.4960, 0.5113 y 0.4931 kg H₂O/m²*h para 70 °C respectivamente. La humedad crítica indicado como el punto C incrementa conforme se aumenta la temperatura de secado 0.2939, 0.3426 y 0.4921 kg H₂O/m²*h para 50 °C, 60 °C y 70 °C. Las velocidades de secado se mantuvieron mayores en los tramos B-C, C-D y D-E para las temperaturas de 70 °C seguida de 60 °C y 50 °C presentaron valores más bajos. Según (Geankoplis 1998), los materiales coloidales y fibrosos como vegetales y otros productos alimenticios, se contraen al eliminarse la humedad, lo que tiene como efecto el desarrollo de una capa superficial dura e impermeable al flujo de líquido o de vapor, lo que disminuyó la velocidad de secado. (Giraldo et al., 2009) manifiesta que el periodo donde se elimina la mayor cantidad de agua, corresponde al periodo de velocidad constante, en la presente investigación se liberó la mayor cantidad de agua en el periodo mencionado a las temperaturas de 70 °C seguido por 60 °C y paulatinamente a 50 °C. Las curvas representadas son similares a los obtenidos por (Morante, 2017) aguaymanto, (Gómez, 2009), rodajas de tomate, (Muñiz et al., 2013), trozos de papaya.

4.4. Determinación de la variación del color

En la tabla 12 se observan los valores de los parámetros del color en coordenadas colorimétricas de los frutos de aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán deshidratado.

Tabla 12: Coordenadas colorimétricas L* a* b* y ΔE* del aguaymanto deshidratado

Muestra	L*	a*	b*	ΔE*
Aguaymanto fresco	60.11± 0.71	40.77 ± 0.6	59.73 ± 0.63	
T1	46.44 ± 0.10	44.65 ± 0.2	50.46 ± 0.17	16.98 ± 0.60
T2	47.73 ± 0.51	42.40 ± 0.2	52.10 ± 0.68	14.67 ± 0.62
T3	50.07 ± 0.40	40.53 ± 0.23	53.78 ± 0.58	11.69 ± 0.84
T4	45.12 ± 0.40	47.38 ± 0.13	48.04 ± 0.71	20.15 ± 1.18
T5	46.05 ± 0.55	46.47 ± 0.21	49.45 ± 0.48	18.36 ± 1.11
T6	47.46 ± 0.18	44.67 ± 0.16	49.92 ± 0.66	16.51 ± 1.04
T7	37.47 ± 1.05	44.31 ± 1.02	35.94 ± 1.77	33.08 ± 1.78
T8	38.33 ± 1.12	43.23 ± 1.05	37.66 ± 1.00	31.00 ± 1.18
T9	38.56 ± 1.05	41.16 ± 1.0	40.53 ± 0.73	28.00 ± 1.09

Nota. De acuerdo al número de tratamientos para el diseño experimental, se determinaron las coordenadas L* a* b*, mediante el colorímetro KONICA MINOLTA modelo CR-400 del Laboratorio de Control de Calidad de la UNAJMA (2018) y la ΔE se determinó al realizar los cálculos.

A continuación se muestran las coordenadas L* a* b* en el software Corel Draw para frutos frescos y deshidratados.

a) Fruto fresco

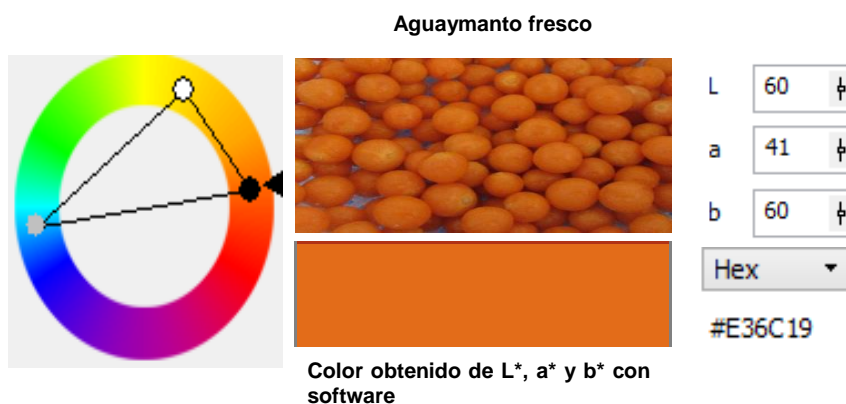


Figura 15 : Imagen del color de fruto fresco y los valores de L*, a* y b* con el software Corel Draw x7

En la figura 15 se observa el color del fruto fresco, un color anaranjado intenso, en las coordenadas L*, a* y b* introducidos al software, presenta el código #3E6C19.

Los resultados obtenidos respecto a las coordenadas L*:60.11 ± 0.71; a*: 40.77 ± 0.6; b*: 59.73 ± 0.63 en los frutos frescos, son mucho mayores que los reportados por (Velásquez, 2017), L*: 50,20 ± 2,78; a*: 20,70 ± 1,06; b*: 56,43 ± 0,86 para el ecotipo cajamarquino y L*: 56,70 ± 4,72; a*: 24,37 ± 1,26; b*: 58,06 ± 2,40 para el ecotipo Acomayo. Esto quiere decir que el aguaymanto estudiado es más anaranjado intenso, que los estudiados por este autor, esto también se debe a la variedad y los factores eco fisiológicos.

b) Fruto deshidratado a 50 °C

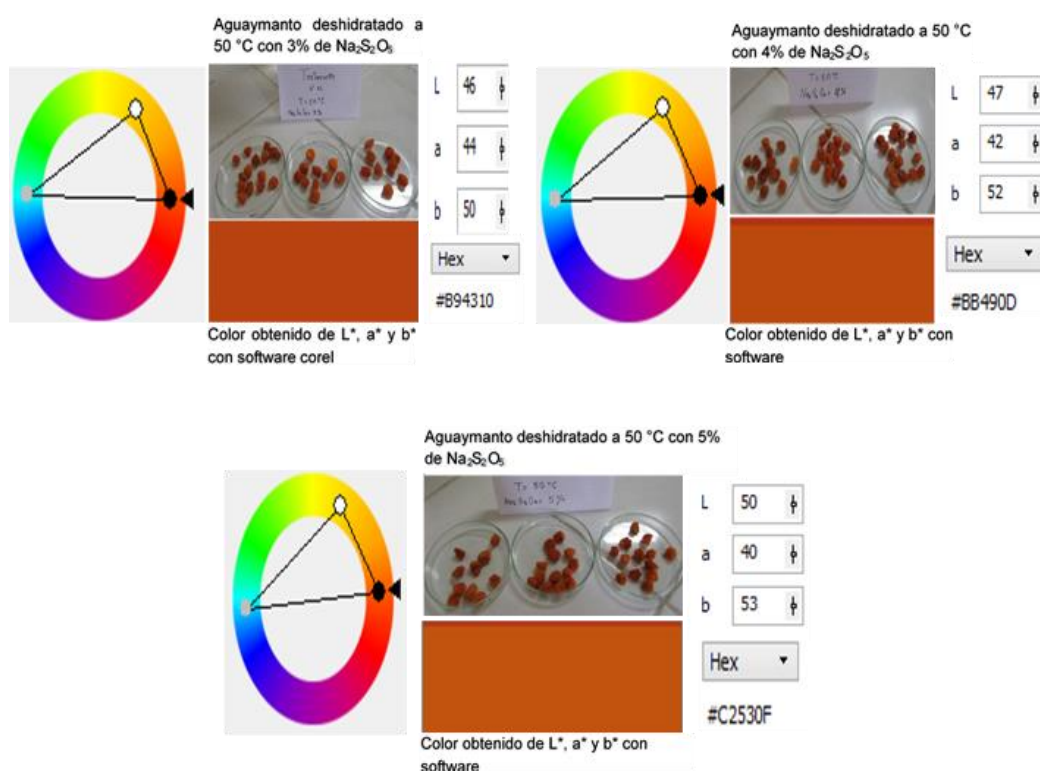


Figura 16 : Imagen del color de los frutos deshidratados a 50°C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7

En la Figura 16 se observa el color del fruto deshidratado a 50 °C, la menor variación en las coordenadas L* a* b*, fue en los frutos pre-tratados con 4 % y 5 % de metabisulfito de sodio. Donde los valores de L* y b* aumentan mientras a* disminuye.

c) Fruto deshidratado a 60 °C

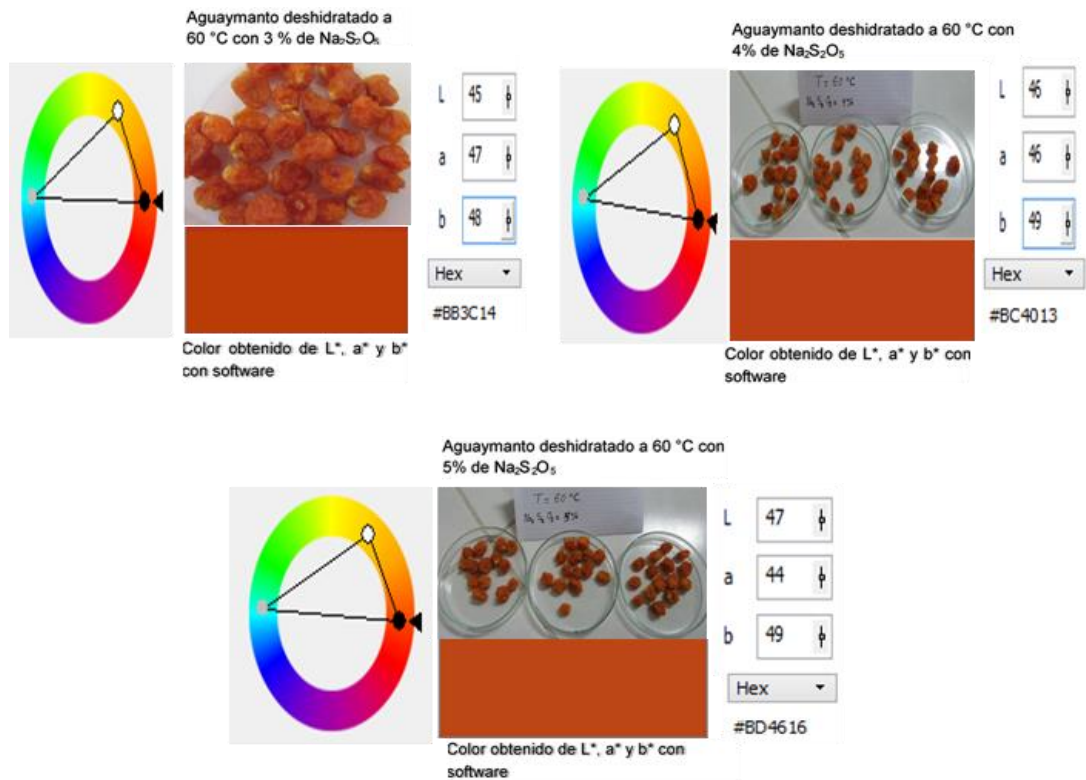


Figura 17: Imagen del color de los frutos deshidratados a 60 °C en el espacio L^* , a^* y b^* con el software Corel Draw x7

En la Figura 17 se observa el color de los frutos deshidratados a 60 °C, la menor variación en las coordenadas L^* , a^* y b^* , fue en los frutos pre-tratados con 4 % y 5 % de metabisulfito de sodio, donde la luminosidad L^* , el croma b^* aumentan mientras el croma a^* disminuye.

d) Fruto deshidratado a 70 °C

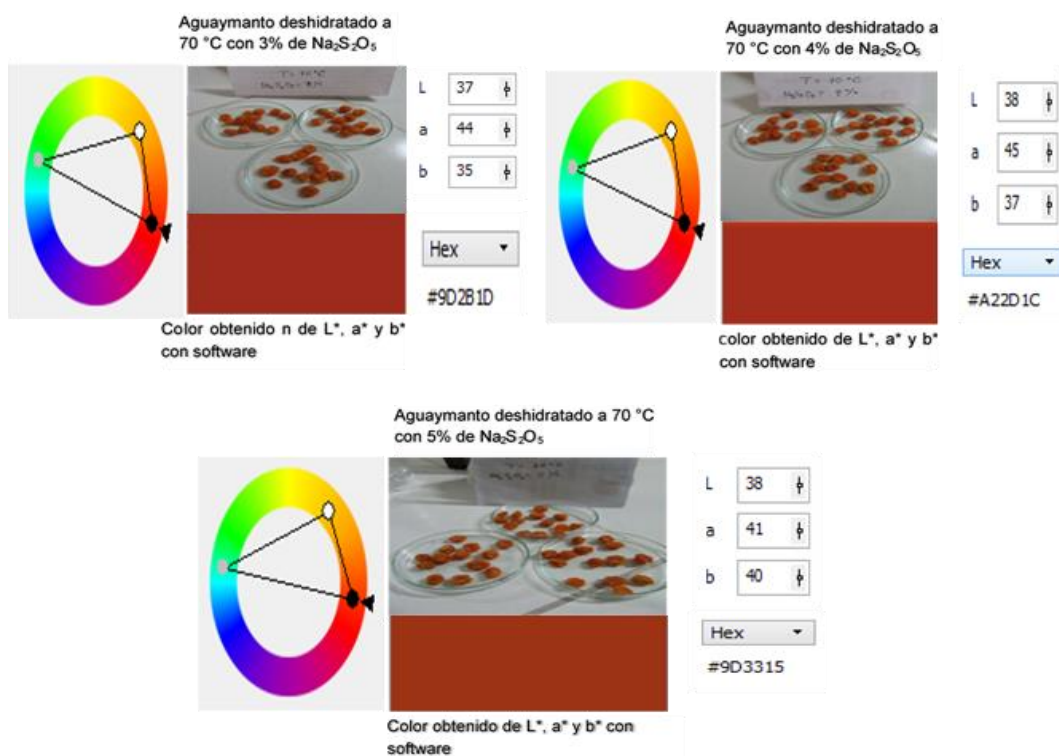


Figura 18 : Imagen del color de los frutos deshidratados a 70 °C en el espacio L^* , a^* y b^* con el software Corel Draw x7

En la Figura 18 se observa el color de los frutos deshidratados a 70 °C, la menor variación en las coordenadas L^* a^* b^* , fue en los frutos pre-tratados con 5 % de metabisulfito de sodio.

Valor L^*

Según la literatura, la variable L^* representa la luminosidad, cuando el valor es cercano a 0 el color es totalmente oscuro o negro, y cercano a 100 es un color blanco; por tanto conviene que resulte valores altos y positivos. El valor sobresaliente es con la combinación a un nivel de 5 % de metabisulfito de sodio y 50 °C de temperatura, seguido de 5 % de metabisulfito de sodio a 60 °C de temperatura. Los otros tratamientos tienden valores inferiores a 46.05 (Tabla 12).

Al aplicar el ANOVA para L^* (Anexo Q) se aprecia que el pre-tratamiento y la temperatura presentan un efecto significativo sobre la luminosidad ($P < 0.05$) y la interacción de estas variables. En la figura (Figura 19) se observa que a mayor concentración de metabisulfito y menor temperatura el fruto es más luminoso.

Gráfica de Interacción para L*

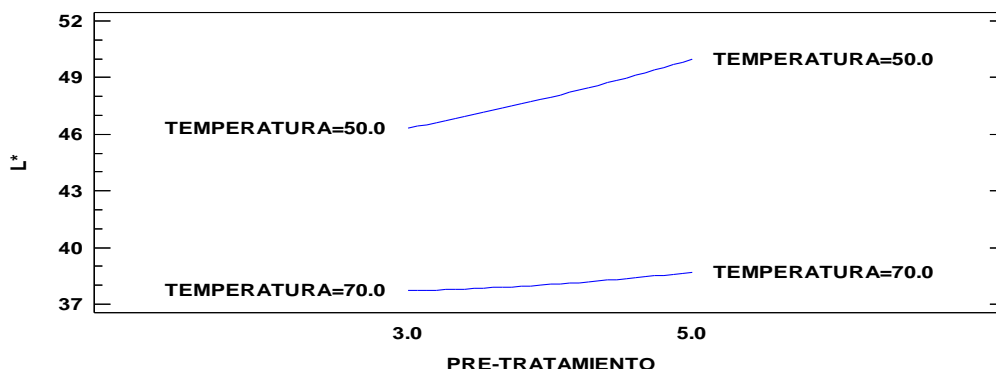


Figura 19 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura sobre la luminosidad (L*). Se observa que la temperatura es la variable que tiene un comportamiento más determinado. Gráfico obtenido mediante el software STATGRAPHICS Centurión XVI.I

Cualquier variación de la temperatura y la concentración del metabisulfito de sodio generan cambios significativos en la luminosidad. Similares resultados obtuvieron (Espinoza, 2011) para el secado de los frutos de murtila asistido por infrarrojo, (Falconi, 2008) secado de trozos de la palta, (Gómez, 2009) en el secado de tomate.

Valor a*

La literatura indica si el valor de a* es negativo equivale a un color verde, si es positivo a rojo, por lo tanto los valores positivos serán los convenientes, donde el tratamiento 3 es diferente a los demás con un nivel de 5 % de metabisulfito de sodio y a una temperatura de 50 °C (Tabla 12). Los valores de a* aumentan para todas las temperaturas en comparación con los frutos frescos. Es decir, tienden paulatinamente a rojo. Al aplicar el ANOVA para a* se aprecia que el pre-tratamiento influye significativamente ($P < 0.05$). En la figura (Figura 20) se aprecia que a menor concentración de metabisulfito de sodio y temperatura aumenta el valor de a*.

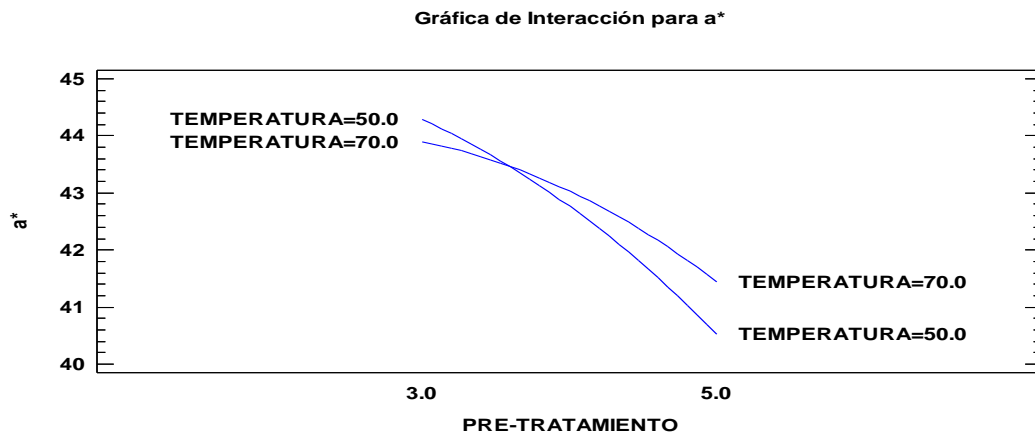


Figura 20 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura sobre la saturación diferencial entre el verde y el rojo (a^*). Gráfico obtenido mediante el software STATGRAPHICS Centurión XVI.I

Valor b^*

Asimismo, los colores b^* , que es el indicador de la variación de un color azul a amarillo, disminuyen considerablemente en comparación al fruto fresco, a medida que aumenta la temperatura y disminuye la concentración de metabisulfito. Al aplicar el ANOVA (Anexo Q) se aprecia que el pre-tratamiento y la temperatura influye significativamente sobre el valor de b^* . En la figura (Figura 21) se observa que a mayor concentración de metabisulfito y menor temperatura el fruto tiende más al color amarillo.

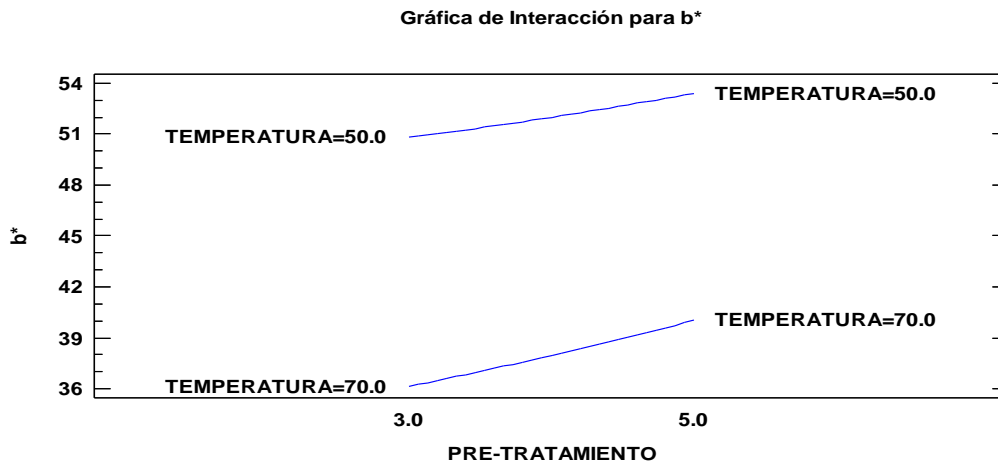


Figura 21 : Interacción de los factores pre-tratamiento y temperatura sobre la saturación diferencial entre el azul y el amarillo (b^*). Se observa que el pre-tratamiento y la temperatura tienen un comportamiento evidente. Gráfico obtenido mediante el software STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Giménez, (2015) reportó $L^* 71.38 \pm 3.39$, $a^* 10.88 \pm 1.88$ y $b^* 69.35 \pm 2.37$, en los trozos de mango deshidratado a $60\text{ }^\circ\text{C}$ pre-tratadas con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ al 0.5 %, manifestando que el proceso de deshidratado induce disminución de los valores L^* , a^* y b^* , por el oscurecimiento de la superficie de las rebanadas siendo estas mayores a temperaturas elevadas por otro lado, (Chen *et al.*,2007) obtuvo ($L^*=66.79$, $a^*=18.71$ y $b^*=64.08$) para rebanadas de mango de 3 x 9 cm, pre-tratadas con bisulfito sódico (NaHSO_3) al 1 % y deshidratadas a 60°C . Al comparar los valores de color obtenidos en la presente investigación, se determinó que las variaciones en las coordenadas L^* , a^* y b^* , dependen en mayor proporción de la temperatura y en cierta medida de la concentración de metabisulfito de sodio.

Valor de ΔE^*_{ab}

La diferencia total del color ΔE^*_{ab} entre los frutos secos a las diferentes temperaturas y pre-tratamientos muestran que a medida incrementa la concentración de pre-tratamiento (solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ al 3, 4 y 5 %) y la temperatura existe menor variación del color, es decir existe diferencia significativa, ($P < 0.05$) (anexo Q) este mismo evento se observa en la Figuras 22 donde el efecto de la temperatura es mayor a diferencia del pre-tratamiento.

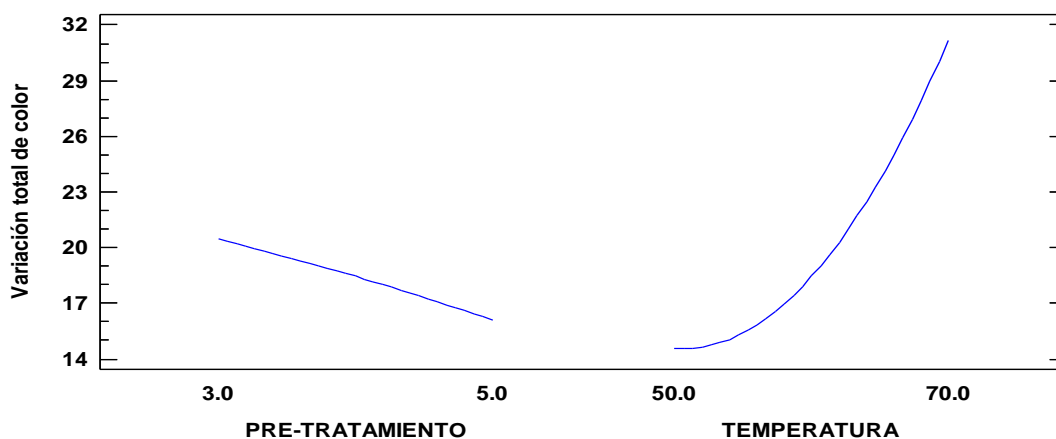


Figura 22 : Grafica de los efectos principales del pre-tratamiento y temperatura sobre la variación total del color.

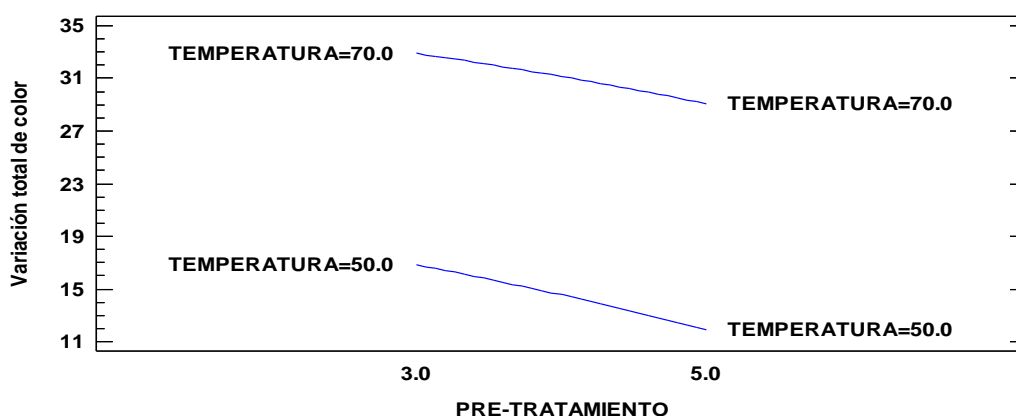


Figura 23 : Grafica de los efectos principales del pre-tratamiento y temperatura sobre la variación total del color.

En esta figura se aprecia que la variación de color es menor cuando la concentración de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio es mayor ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperatura menor.

De los resultados obtenidos de la experiencia con respecto a la variación total de color, la menor variación corresponde al tratamiento 3 (50 ° C, 5 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) donde el valor de la variación total de color (ΔE) fue 11.69 ± 0.84 , y el tratamiento 7 (70 ° C, 3 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) presentó la mayor variación de color (ΔE) ya que se obtuvo un valor igual a 33.08 ± 1.78 . Autores como (Duque et al., 2011) al evaluar la variación de color (ΔE) en uchuva y la mora entera y en mitades por medio de métodos de secado con aire caliente (SAC) a 35 °C y secado combinado de aire caliente y microondas (SAC- MW) a 35 °C. Concluye que la temperatura no presentan una influencia directa en la modificación del color a estas temperaturas. Este resultado muestra claramente que a menores temperaturas las variaciones en color son menores en el secado de los frutos como aguaymanto. Por otro lado, (Muñiz et al., 2013) en la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.) a 40 y 60 °C, menciona que la menor variación en el color se obtuvo en la fruta deshidratada a 40 °C-1,5 m/s y 40 °C-2,5 m/s, según valores de ΔE y croma obtenidos.

CONCLUSIONES

- ✓ Existió un doble efecto significativo ($p < 0,05$) entre el pre-tratamiento y la temperatura, la variable más influyente fue la temperatura seguido por el pre-tratamiento sobre el tiempo de secado, el aumento de cualquiera de estas variables implicó una disminución del tiempo.

Las curvas de velocidad de secado a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C, muestran dos periodos: el periodo de velocidad constante en donde se retiraron mayor cantidad de agua y el periodo de velocidad decreciente.

- ✓ Con respecto al color, los valores de la coordenada a^* mostraron una tendencia a aumentar (significativamente). La coordenada b^* a disminuir al comparar las muestras deshidratadas con respecto a las muestras frescas y la coordenada L^* tiende a disminuir, a medida que la temperatura y la concentración de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ incrementa.

En cuanto a la variación total del color (ΔE) la temperatura de secado y el pre-tratamiento presentaron un efecto estadísticamente significativo. Presentando una variación mayor a temperaturas altas y concentraciones de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) menores.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un análisis proximal y bromatológico del producto seco, con la finalidad de conocer sus propiedades físico-químicas y por lo tanto, determinar la calidad final del producto.
- ✓ Estudiar el efecto de la velocidad del aire, la temperatura y el pre-tratamiento sobre la cinética de secado, los mecanismos de difusividad y la variación del color durante el secado por aire caliente de los frutos de aguaymanto en mitades.
- ✓ Realizar pruebas experimentales con aguaymanto de un ecotipo distinto a la del presente estudio a fin de comparar y analizar la influencia de los factores evaluados luego compararlos con este estudio.
- ✓ Desarrollar pruebas de aceptabilidad y análisis organolépticos de los frutos deshidratados a 50, 60 y 70 °C.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C. (1990). *Official method of analysis. Association of official analytical chemists*. Gaithersburg.
- Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación. (2005). *Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales*.
- Araujo, Z. (2015). *Manejo Tecnológico del Aguaymanto Celendino Manual Parte 2 Perú*. Recuperado en: <http://aguaymanto.blog.galeon.com/2>.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los Alimentos. México: 4ta Edición, PEARSON*.
- Blume T. (1994). *La Armonía de los Colores*. Barcelona: Sutton
- Brito Grandes, B., Espín, S., Villacrés, E., Vaillant, F., Medina, G., y Arias, J. (2008). *Uvilla (Physalis peruviana L.). Características físicas y nutricionales de las frutas importantes en la investigación y desarrollo de productos deshidratados, cristalizados y chips*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y calidad. Recuperado: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2624>
- Brito, D. (2002). *Agro exportación de productos no tradicionales, productores de uvilla para exportación*. Boletín Quito, Ecuador. Disponible en: www.repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/950/1/95220.pdf
- Calvo, I. (2009). *El cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.) Área: Manejo integrado de cultivos /frutales de altura. Boletín técnico N° 10. Proyecto Microcuenca Plantón-Pacayas. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria España*.
- Castañeda, E. y Paredes, R. (2003). *Estudio del proceso respiratorio, principales ácidos orgánicos, azúcares y algunos cambios fisicoquímicos en el desarrollo del fruto de uchuva (Physalis peruviana L.) (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.
- Castro, A., Rodríguez, L., Vargas, E. (2008). *Secado de uchuva (Physalis peruviana L) por aire caliente con pre tratamiento de osmodeshidratación*. Revista: Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Chen J. P., Tai C. Y., Chen B. H. (2007). *Effects of different treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (Mangifera indica L.)*. Food Chemistry. 100, 1005-1010.

- Contreras, X. (2015). *Influencia de la temperatura de secado en la degradación térmica del ácido ascórbico en el aguaymanto (Physalis peruviana L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro, Huancayo, Perú.
- Doymaz, I. (2014). *Drying Kinetics and Rehydration Characteristics of Convective Hot-Air Dried White Button Mushroom Slices*. *Journal of Chemistry*, 2014, 8p. [doi: http://dx.doi.org/10.1155/2014/453175](http://dx.doi.org/10.1155/2014/453175)
- Encina, C. y Repo, R. (2008). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas*. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. *Rev. Soc. Quím. Perú*. Disponible en: www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200004.
- Espinoza, J. (2011). *Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila (Ugni molinae Turcz)* (Tesis de pregrado) Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Falconi, M (2008). *Efectos del escaldado y de la adición de metabisulfito de sodio en la evaluación física y sensorial de aguacate Hass (Persea americana) deshidratado* (tesis de pregrado), Zamorano, Honduras.
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de transporte y principios de procesos de Separación* (4ta ed.): Editorial Patria.
- Giménez, A. (2015). *Deshidratado de rebanadas de mango tommy atkins utilizando extractos de sus semillas y metabisulfito de sodio como pre-tratamientos* (tesis de grado). Universidad Tecnológica de la mixteca, Oaxaca, Mexico.
- Giraldo, A., Arévalo, A., Ferreira, A., Ferreira, P., Valdez, J., y Menezes, M. (2010). *Datos experimentales de la cinética del secado y del modelado matemático de la pulpa de cupuacu (Theobroma grandiflorum) en rodajas*. *Ciencia Tecnología de Alimentos* 30(1), 179-182.
- Giraldo, R., Vargas, T., y Gil, H., Torres, M. (2009). *Mejoramiento del proceso de deshidratación de la uchuva*. *Revista Publicaciones e Investigación* • ISSN: 1900-6608 • Vol. 3 No. 1 •
- Gómez, M. (2009). *Deshidratación de tomate saladette en un secador de charolas giratorias* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Mixteca, Oaxaca, México.

- Guevara Pérez, A., & Málaga Barreda, R. (2013). *Determinación de los parámetros de proceso y caracterización del puré de aguaymanto*. *Ingeniería Industrial*, (31), 167-195.
- Gutiérrez, H. y vara, R. (2008). *Análisis y diseño de Experimentos* (2da ed.). México: Editorial McGraw Hill.
- Hernández-Rodríguez, J., & Fernández-Castillo, A., & Quinto-Diez, P., & Flores-Murrieta, F., & Acosta-Olea, R. (2011). *Estudio de la cinética de secado de jitomate (Solanum lycopersicum L.)*. *Científica*, 15 (3), 125-130.
- Isla, F. (2016). *Control biológico del Meloidogyne incognita en aguaymanto (Physalis peruviana L.) por bacterias promotoras de crecimiento y hongos endomicorrízicos* (Tesis de pregrado). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Konica Minolta Sensing (2007), Inc.: *Color control from perception to instrumentation*.
- López, (2011). *Traditional post-harve processing to make quinoa grains (Chenopodium quinoa var. quinoa) apt for consumption in Northern Lipez. (Potosí, Bolivia)*. Madrid España].
- Lopez, J., Vega, A., Miranda, M., Torres, M., y Puente, L. (2008). *Secado de uchuva (Physalis peruviana L.): Modelamiento matemático y relaciones con los parámetros del modelo de capa fina*. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2016). *Pauta metodológica para la elaboración de planes de negocio de aguaymanto en el marco de la ley procompite*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/procompite/2016/plan_negocio/Pauta_planes_de_negocios_aguaymanto.pdf.
- Morante, A. (2017). *Evaluación de los parámetros adecuados en el deshidratado de aguaymanto (Physalys peruviana Linnaeus) para ser recubierto con chocolate* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura. Perú.
- Moreira, R. (1997). *Estudio del proceso de secado de uvas y ajos en planta piloto* (Tesis doctoral). Universidad Santiago de Compostela, España. Recuperado: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=68269>.
- Muñiz, S., Hernández, A., García, A., y Méndez, L. (2013). *Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (Carica papaya L.), variedad Maradol roja*. *Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22, 31-37.

- Ocon, J. y Tojo, G. (1968). *Problemas de Ingeniería Química. Tomo II. Ediciones Aguilar.*
- Pakita, R. (2015). *Efecto del escaldado y temperatura en la cinética de secado de las hojas de quinua (Chenopodium quinua Wild), Variedad Salcedo INIA (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.*
- Perry, R. H y Chilton, C.H. 1981. *Manual de Ingeniero Químico, McGraw Hill.*
- Potter, N y J, Hotchkiss. 1999. *Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.*
- Puente, L., Pinto, C., Castro, E., y Cortes M. (2011). *Physalis peruviana Linnaeus, las múltiples propiedades de una fruta altamente nutricional. Investigación Alimentaria Internacional.*
- Ruíz, A. (2014). *Oportunidades de negocio en el mercado de Canadá para incrementar las exportaciones peruanas de aguaymanto deshidratado de la región de Cajamarca en el periodo 2014-2018 (tesis de grado), Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.*
- Salcedo Mendoza, J., & Mercado B, J., & Vanegas B, M., & Fernández Q, A., & Vertel M, M. (2014). *Cinética de secado de la yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire. Revista ION, 27 (2), 29-42.*
- Santana, V., Gurak, P., marczak, L y Tessaro, L. (2013). *Tracking bioactive compounds with colour changes in foods A review. Dyes and Pigments.*
- Sharma, S., Mulvaney, S. y Rizvi, S. (2003). *Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas en laboratorio. México: Editorial LIMUSA WILEY.*
- Tapia, ME. y Fries, AM. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE). Lima*
- Torregroza, A. (2013). *Determinación de la influencia de la temperatura y velocidad del aire sobre las cinéticas de secado de tres variedades de yuca procesadas en la planta instalada en la vereda los algarrobos (tesis de grado). Universidad de Córdoba, Berastegui, Córdoba.*
- Valencia, L. (2009). *Implementación de control adaptativo y evaluación del secador de lecho fijo con recirculación de aire (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.*

- Velázquez, C. (2017). *Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (Physalis peruviana L.) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro, Huancayo, Perú.*
- Warren, L. Smith, J. y Harriott. P. (1991). *Operaciones unitarias en ingeniería química. Madrid, España: McGraw-Will.*
- Westland, S. *Colourwere color fórum. Frequently asked questions about Colour Phisics, versión 2.0.a Konica Minolta. Gran Bretaña, 2001.*

ANEXOS

ANEXO A. Metodología para la determinación de la humedad

Se determinó usando la estufa previamente se sometieron a un proceso térmico las capsulas con el fin de obtener un peso específico. Una vez efectuado éste paso se llevó la operación de la muestra la cual consistió en cortar transversalmente el fruto para conseguir mayor superficie de contacto y luego se realizó el pesado de la muestra y se llevó a una temperatura de 105 ± 3 °C hasta un peso constante el secado tuvo una duración de 5 horas.

Calculo para la determinación de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Donde:

m_1 : masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

m_2 : masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

m_3 : masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

Los valores obtenidos se promediaron y se expresaron el resultado con dos decimales.

ANEXO B. Cálculos de la solución clorada para el desinfectado de los frutos de aguaymanto.

Fórmulas:

$$\text{ppm} = \% \times 1000$$

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Conversión de a ppm:

$$5.25 \% = 52,500 \text{ ppm}$$

$$8 \% = 80,000 \text{ ppm}$$

$$13 \% = 130,000 \text{ ppm}$$

Teniendo en cuenta las recomendaciones señaladas por el Ministerios de salud para el desinfectado de frutas se preparó una solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 25 ppm en un recipiente que contiene 1 litro de agua destilada.

$$V \times C = V_1 \times C_1$$

Donde:

V = Volumen de la concentración de lejía que deseo determinar

C = Concentración inicial (52,500 ppm)

V1 = Volumen de agua (1 lt)

C1 = Concentración deseada es este caso 25 ppm

Reemplazando tenemos:

$$V \times 52,500 \text{ ppm} = 1,000 \text{ ml} \times 25 \text{ ppm}$$

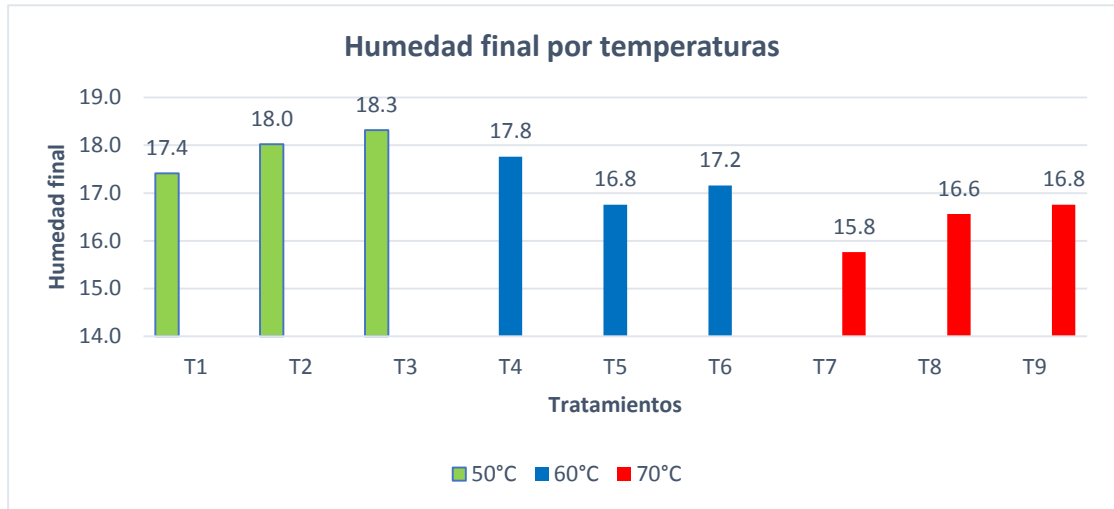
$$V = 1 \text{ ml}$$

ANEXO C. Ficha técnica del aguaymanto deshidratado

**FICHA TECNICA: AGUAYMANTO DESHIDRATADO / PASAS
(Physalis peruviana.)**

I IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y ESPECIE			
ANÁLISIS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	CATALOGACIÓN
Nombre Botánico Origen Parte de la planta utilizada Producto Estado Lote Fecha de fabricación Fecha de caducidad Cantidad producida Cantidad vendida Capacidad de producción T/mes		<i>Physalis peruviana</i> Perú Fruto Aguaymanto deshidratado Fruto deshidratado PA – NN XX mm /aa mm /aa XX Kg. XX Kg. 3	
II CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS			
Color Olor Sabor Materia Extraña Aspecto		Amarillo Oscuro Dorado Característico Característico Ausencia Líquido Denso	
III CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS			
Proteína Humedad Grasa Fibra Cenizas Energía Carbohidratos	g/100gr g/100gr g/100gr g/100gr g/100g Kcal/100g g/100gr	> 5.0 < 20.0 < 1.0 < 18.0 < 6.5 > 300 65 – 80	
IV CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS			
Aerobios Mesófilos Hongos y Levaduras E. coli Salmonella	Límite 1 < 3×10^3 < 500 Ausencia, <3, <10 Ausencia, <3, <10	Límite 2 < 5×10^3 < 500 Ausencia, <3, <10 Ausencia, <3, <10	
V ADITIVOS			
Ninguno	Ninguno		
VI EMPAQUE			
Industria alimenticia		<ul style="list-style-type: none"> Balde de primer uso grado alimentario x 25 kilogramos 	
VII USOS			
Industria alimenticia		<ul style="list-style-type: none"> Como suplemento al invertido Snack natural Repostería , heladería 	
VIII CARACTERÍSTICA DEL PRODUCTO			
Lo natural de este producto la hace ideal para ser consumido por personas de todas las edades, por su excelente sabor y agradable aroma.			

ANEXO D. Humedad final por tratamiento en base seca



ANEXO E. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 50 °C y 3 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA		50 °C			
METABISULFITO		3 %			
ÁREA		0.012 m ²			
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0401	0.9913		
20.0	0.3	0.0389	0.9358	0.9636	0.2796
40.0	0.7	0.0378	0.8796	0.9077	0.2822
60.0	1.0	0.0367	0.8239	0.8518	0.2803
80.0	1.3	0.0356	0.7711	0.7975	0.2657
100.0	1.7	0.0347	0.7241	0.7476	0.2359
120.0	2.0	0.0338	0.6804	0.7023	0.2199
140.0	2.3	0.0330	0.6397	0.6600	0.2049
160.0	2.7	0.0322	0.6011	0.6204	0.1942
180.0	3.0	0.0315	0.5682	0.5846	0.1653
200.0	3.3	0.0309	0.5377	0.5530	0.1532
220.0	3.7	0.0304	0.5095	0.5236	0.1421
240.0	4.0	0.0299	0.4847	0.4971	0.1246
260.0	4.3	0.0294	0.4611	0.4729	0.1186
280.0	4.7	0.0289	0.4383	0.4497	0.1145
300.0	5.0	0.0285	0.4163	0.4273	0.1108
320.0	5.3	0.0281	0.3947	0.4055	0.1084
340.0	5.7	0.0277	0.3746	0.3846	0.1015

360.0	6.0	0.0273	0.3548	0.3647	0.0993
380.0	6.3	0.0269	0.3358	0.3453	0.0954
400.0	6.7	0.0265	0.3177	0.3268	0.0912
420.0	7.0	0.0262	0.3005	0.3091	0.0865
440.0	7.3	0.0258	0.2842	0.2923	0.0822
460.0	7.7	0.0255	0.2683	0.2762	0.0795
480.0	8.0	0.0252	0.2539	0.2611	0.0728
500.0	8.3	0.0249	0.2395	0.2467	0.0723
520.0	8.7	0.0247	0.2255	0.2325	0.0704
540.0	9.0	0.0244	0.2120	0.2188	0.0677
560.0	9.3	0.0241	0.1991	0.2056	0.0648
580.0	9.7	0.0239	0.1873	0.1932	0.0596
600.0	10.0	0.0236	0.1755	0.1814	0.0592
620.0	10.3	0.0234	0.1643	0.1699	0.0566
640.0	10.7	0.0232	0.1539	0.1591	0.0523
660.0	11.0	0.0230	0.1438	0.1488	0.0508
680.0	11.3	0.0228	0.1341	0.1389	0.0486
700.0	11.7	0.0226	0.1248	0.1295	0.0467
720.0	12.0	0.0225	0.1162	0.1205	0.0435
740.0	12.3	0.0223	0.1088	0.1125	0.0368
760.0	12.7	0.0222	0.1020	0.1054	0.0347
780.0	13.0	0.0220	0.0954	0.0987	0.0331
800.0	13.3	0.0219	0.0891	0.0922	0.0315
820.0	13.7	0.0218	0.0838	0.0864	0.0266
840.0	14.0	0.0217	0.0789	0.0814	0.0246
860.0	14.3	0.0216	0.0743	0.0766	0.0232
880.0	14.7	0.0215	0.0688	0.0716	0.0275
900.0	15.0	0.0214	0.0642	0.0665	0.0233
920.0	15.3	0.0213	0.0591	0.0616	0.0259
940.0	15.7	0.0212	0.0541	0.0566	0.0249
960.0	16.0	0.0211	0.0496	0.0519	0.0224
980.0	16.3	0.0210	0.0456	0.0476	0.0205
1000.0	16.7	0.0210	0.0417	0.0436	0.0196
1020.0	17.0	0.0209	0.0380	0.0398	0.0183
1040.0	17.3	0.0208	0.0346	0.0363	0.0170
1060.0	17.7	0.0207	0.0306	0.0326	0.0201
1080.0	18.0	0.0207	0.0271	0.0289	0.0178
1100.0	18.3	0.0206	0.0232	0.0251	0.0198
1120.0	18.7	0.0205	0.0198	0.0215	0.0170
1140.0	19.0	0.0205	0.0167	0.0182	0.0157
1160.0	19.3	0.0204	0.0136	0.0151	0.0155
1180.0	19.7	0.0203	0.0109	0.0122	0.0135
1200.0	20.0	0.0203	0.0085	0.0097	0.0121

1220.0	20.3	0.0202	0.0057	0.0071	0.0142
1240.0	20.7	0.0202	0.0034	0.0045	0.0117
1260.0	21.0	0.0201	0.0014	0.0024	0.0099
1280.0	21.3	0.0201	0.0004	0.0009	0.0048
1300.0	21.7	0.0201	0.0000	0.0002	0.0022

ANEXO F. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 50 °C y 4 de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	50 °C				
METABISULFITO	4 %				
ÁREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0401	1.0060		
20.0	0.3	0.0399	0.9983	1.0022	0.0382
40.0	0.7	0.0388	0.9419	0.9701	0.2817
60.0	1.0	0.0376	0.8854	0.9136	0.2822
80.0	1.3	0.0365	0.8289	0.8572	0.2817
100.0	1.7	0.0355	0.7770	0.8030	0.2594
120.0	2.0	0.0345	0.7282	0.7526	0.2434
140.0	2.3	0.0336	0.6841	0.7062	0.2199
160.0	2.7	0.0328	0.6431	0.6636	0.2049
180.0	3.0	0.0320	0.6042	0.6236	0.1942
200.0	3.3	0.0314	0.5711	0.5876	0.1653
220.0	3.7	0.0308	0.5404	0.5557	0.1532
240.0	4.0	0.0302	0.5119	0.5261	0.1421
260.0	4.3	0.0297	0.4869	0.4994	0.1246
280.0	4.7	0.0292	0.4632	0.4751	0.1187
300.0	5.0	0.0288	0.4402	0.4517	0.1145
320.0	5.3	0.0283	0.4180	0.4291	0.1108
340.0	5.7	0.0279	0.3963	0.4072	0.1084
360.0	6.0	0.0275	0.3760	0.3862	0.1015
380.0	6.3	0.0271	0.3561	0.3660	0.0994
400.0	6.7	0.0267	0.3370	0.3465	0.0954
420.0	7.0	0.0263	0.3187	0.3278	0.0912
440.0	7.3	0.0260	0.3014	0.3100	0.0865
460.0	7.7	0.0257	0.2849	0.2931	0.0822
480.0	8.0	0.0253	0.2690	0.2769	0.0795
500.0	8.3	0.0250	0.2544	0.2617	0.0728
520.0	8.7	0.0248	0.2399	0.2472	0.0724
540.0	9.0	0.0245	0.2258	0.2328	0.0704
560.0	9.3	0.0242	0.2122	0.2190	0.0677

580.0	9.7	0.0239	0.1993	0.2057	0.0648
600.0	10.0	0.0237	0.1873	0.1933	0.0596
620.0	10.3	0.0235	0.1755	0.1814	0.0592
640.0	10.7	0.0232	0.1641	0.1698	0.0566
660.0	11.0	0.0230	0.1536	0.1589	0.0523
680.0	11.3	0.0228	0.1435	0.1486	0.0508
700.0	11.7	0.0226	0.1337	0.1386	0.0486
720.0	12.0	0.0224	0.1244	0.1290	0.0467
740.0	12.3	0.0223	0.1157	0.1200	0.0435
760.0	12.7	0.0221	0.1083	0.1120	0.0368
780.0	13.0	0.0220	0.1013	0.1048	0.0347
800.0	13.3	0.0219	0.0947	0.0980	0.0331
820.0	13.7	0.0217	0.0884	0.0915	0.0315
840.0	14.0	0.0216	0.0830	0.0857	0.0266
860.0	14.3	0.0215	0.0781	0.0806	0.0246
880.0	14.7	0.0214	0.0735	0.0758	0.0232
900.0	15.0	0.0213	0.0680	0.0707	0.0275
920.0	15.3	0.0212	0.0633	0.0656	0.0233
940.0	15.7	0.0211	0.0581	0.0607	0.0259
960.0	16.0	0.0210	0.0531	0.0556	0.0249
980.0	16.3	0.0209	0.0486	0.0509	0.0224
1000.0	16.7	0.0209	0.0445	0.0466	0.0205
1020.0	17.0	0.0208	0.0406	0.0425	0.0196
1040.0	17.3	0.0207	0.0369	0.0388	0.0183
1060.0	17.7	0.0206	0.0335	0.0352	0.0170
1080.0	18.0	0.0206	0.0295	0.0315	0.0201
1100.0	18.3	0.0205	0.0259	0.0277	0.0178
1120.0	18.7	0.0204	0.0219	0.0239	0.0198
1140.0	19.0	0.0203	0.0185	0.0202	0.0170
1160.0	19.3	0.0203	0.0154	0.0170	0.0157
1180.0	19.7	0.0202	0.0123	0.0139	0.0155
1200.0	20.0	0.0202	0.0096	0.0110	0.0135
1220.0	20.3	0.0201	0.0072	0.0084	0.0121
1240.0	20.7	0.0201	0.0043	0.0058	0.0142
1260.0	21.0	0.0200	0.0020	0.0032	0.0117
1280.0	21.3	0.0200	0.0000	0.0010	0.0099

ANEXO G. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 50 °C y 5 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	50 °C				
METABISULFITO	5 %				
ÁREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0401	1.0234		
20.0	0.3	0.0398	1.0117	1.0175	
40.0	0.7	0.0386	0.9523	0.9820	0.2940
60.0	1.0	0.0375	0.8929	0.9226	0.2939
80.0	1.3	0.0363	0.8353	0.8641	0.2855
100.0	1.7	0.0353	0.7851	0.8102	0.2483
120.0	2.0	0.0344	0.7359	0.7605	0.2435
140.0	2.3	0.0335	0.6915	0.7137	0.2200
160.0	2.7	0.0327	0.6501	0.6708	0.2050
180.0	3.0	0.0319	0.6108	0.6305	0.1943
200.0	3.3	0.0312	0.5774	0.5941	0.1654
220.0	3.7	0.0306	0.5465	0.5620	0.1533
240.0	4.0	0.0300	0.5177	0.5321	0.1422
260.0	4.3	0.0295	0.4926	0.5052	0.1247
280.0	4.7	0.0291	0.4686	0.4806	0.1187
300.0	5.0	0.0286	0.4455	0.4570	0.1145
320.0	5.3	0.0282	0.4231	0.4343	0.1108
340.0	5.7	0.0277	0.4012	0.4121	0.1085
360.0	6.0	0.0273	0.3807	0.3909	0.1015
380.0	6.3	0.0269	0.3606	0.3706	0.0994
400.0	6.7	0.0266	0.3413	0.3509	0.0954
420.0	7.0	0.0262	0.3229	0.3321	0.0912
440.0	7.3	0.0258	0.3054	0.3141	0.0866
460.0	7.7	0.0255	0.2888	0.2971	0.0823
480.0	8.0	0.0252	0.2727	0.2807	0.0795
500.0	8.3	0.0249	0.2580	0.2654	0.0728
520.0	8.7	0.0246	0.2434	0.2507	0.0724
540.0	9.0	0.0243	0.2292	0.2363	0.0705
560.0	9.3	0.0241	0.2155	0.2223	0.0677
580.0	9.7	0.0238	0.2024	0.2089	0.0648
600.0	10.0	0.0236	0.1903	0.1964	0.0596
620.0	10.3	0.0233	0.1784	0.1844	0.0592
640.0	10.7	0.0231	0.1669	0.1727	0.0566
660.0	11.0	0.0229	0.1564	0.1617	0.0523

680.0	11.3	0.0227	0.1461	0.1512	0.0508
700.0	11.7	0.0225	0.1363	0.1412	0.0487
720.0	12.0	0.0223	0.1268	0.1316	0.0467
740.0	12.3	0.0221	0.1181	0.1225	0.0435
760.0	12.7	0.0220	0.1106	0.1143	0.0369
780.0	13.0	0.0218	0.1036	0.1071	0.0347
800.0	13.3	0.0217	0.0969	0.1003	0.0332
820.0	13.7	0.0216	0.0905	0.0937	0.0316
840.0	14.0	0.0215	0.0852	0.0878	0.0266
860.0	14.3	0.0214	0.0802	0.0827	0.0246
880.0	14.7	0.0213	0.0755	0.0779	0.0232
900.0	15.0	0.0212	0.0700	0.0727	0.0275
920.0	15.3	0.0211	0.0652	0.0676	0.0233
940.0	15.7	0.0210	0.0600	0.0626	0.0259
960.0	16.0	0.0209	0.0550	0.0575	0.0250
980.0	16.3	0.0208	0.0504	0.0527	0.0224
1000.0	16.7	0.0207	0.0463	0.0484	0.0205
1020.0	17.0	0.0206	0.0423	0.0443	0.0196
1040.0	17.3	0.0206	0.0386	0.0405	0.0183
1060.0	17.7	0.0205	0.0352	0.0369	0.0171
1080.0	18.0	0.0204	0.0311	0.0332	0.0201
1100.0	18.3	0.0203	0.0276	0.0293	0.0178
1120.0	18.7	0.0203	0.0235	0.0255	0.0199
1140.0	19.0	0.0202	0.0201	0.0218	0.0170
1160.0	19.3	0.0201	0.0169	0.0185	0.0157
1180.0	19.7	0.0201	0.0138	0.0154	0.0155
1200.0	20.0	0.0200	0.0111	0.0124	0.0135
1220.0	20.3	0.0200	0.0086	0.0099	0.0121
1240.0	20.7	0.0199	0.0058	0.0072	0.0142
1260.0	21.0	0.0199	0.0034	0.0046	0.0117
1280.0	21.3	0.0198	0.0014	0.0024	0.0099
1300.0	21.7	0.0198	0.0004	0.0009	0.0048
1320.0	22.0	0.0198	0.0000	0.0002	0.0022

ANEXO H. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 60 °C y 3 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	60 °C				
METABISULFITO	3 %				
ÁREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0403	0.8334		
20.0	0.3	0.0389	0.7710	0.8022	0.34311
40.0	0.7	0.0375	0.7086	0.7398	0.34264
60.0	1.0	0.0362	0.6475	0.6780	0.33574
80.0	1.3	0.0349	0.5905	0.6190	0.31331
100.0	1.7	0.0337	0.5349	0.5627	0.30520
120.0	2.0	0.0326	0.4829	0.5089	0.28573
140.0	2.3	0.0315	0.4337	0.4583	0.27003
160.0	2.7	0.0306	0.3905	0.4121	0.23773
180.0	3.0	0.0297	0.3513	0.3709	0.21483
200.0	3.3	0.0289	0.3137	0.3325	0.20680
220.0	3.7	0.0281	0.2791	0.2964	0.18986
240.0	4.0	0.0275	0.2494	0.2643	0.16344
260.0	4.3	0.0270	0.2270	0.2382	0.12274
280.0	4.7	0.0265	0.2054	0.2162	0.11890
300.0	5.0	0.0261	0.1874	0.1964	0.09875
320.0	5.3	0.0257	0.1716	0.1795	0.08675
340.0	5.7	0.0254	0.1571	0.1644	0.07959
360.0	6.0	0.0251	0.1435	0.1503	0.07473
380.0	6.3	0.0249	0.1320	0.1377	0.06366
400.0	6.7	0.0247	0.1222	0.1271	0.05339
420.0	7.0	0.0245	0.1143	0.1183	0.04347
440.0	7.3	0.0243	0.1070	0.1106	0.04037
460.0	7.7	0.0242	0.1005	0.1038	0.03536
480.0	8.0	0.0240	0.0942	0.0974	0.03478
500.0	8.3	0.0239	0.0875	0.0908	0.03708
520.0	8.7	0.0237	0.0808	0.0841	0.03650
540.0	9.0	0.0236	0.0736	0.0772	0.03954
560.0	9.3	0.0235	0.0676	0.0706	0.03319
580.0	9.7	0.0233	0.0613	0.0644	0.03445
600.0	10.0	0.0232	0.0546	0.0580	0.03677
620.0	10.3	0.0230	0.0486	0.0516	0.03281
640.0	10.7	0.0229	0.0430	0.0458	0.03117
660.0	11.0	0.0228	0.0372	0.0401	0.03167
680.0	11.3	0.0227	0.0320	0.0346	0.0283

700.0	11.7	0.0226	0.0271	0.0296	0.0269
720.0	12.0	0.0225	0.0226	0.0249	0.0247
740.0	12.3	0.0224	0.0184	0.0205	0.0234
760.0	12.7	0.0223	0.0144	0.0164	0.0217
780.0	13.0	0.0222	0.0106	0.0125	0.0210
800.0	13.2	0.0221	0.0078	0.0092	0.0154
820.0	13.7	0.0221	0.0055	0.0067	0.0126
840.0	14.0	0.0221	0.0037	0.0046	0.0100
860.0	14.3	0.0220	0.0018	0.0027	0.0105
880.0	14.7	0.0220	0.0004	0.0011	0.0078
900.0	15.0	0.0220	0.0000	0.0002	0.0020

ANEXO I. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 60 °C y 4 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	60 °C				
METABISULFITO	4 %				
ÁREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0398	0.84581		
20.0	0.3	0.0397	0.83716	0.8415	
40.0	0.7	0.0384	0.78106	0.8091	0.3027
60.0	1.0	0.0371	0.71757	0.7493	0.3426
80.0	1.3	0.0357	0.65536	0.6865	0.3357
100.0	1.7	0.0345	0.59730	0.6263	0.3133
120.0	2.0	0.0333	0.54074	0.5690	0.3052
140.0	2.3	0.0321	0.48780	0.5143	0.2857
160.0	2.7	0.0310	0.43776	0.4628	0.2700
180.0	3.0	0.0301	0.39370	0.4157	0.2377
200.0	3.3	0.0292	0.35389	0.3738	0.2148
220.0	3.7	0.0284	0.31557	0.3347	0.2068
240.0	4.0	0.0276	0.28039	0.2980	0.1899
260.0	4.3	0.0270	0.25011	0.2652	0.1634
280.0	4.7	0.0265	0.22736	0.2387	0.1227
300.0	5.0	0.0260	0.20533	0.2163	0.1189
320.0	5.3	0.0256	0.18703	0.1962	0.0987
340.0	5.7	0.0253	0.17095	0.1790	0.0867
360.0	6.0	0.0250	0.15621	0.1636	0.0796
380.0	6.3	0.0247	0.14236	0.1493	0.0747
400.0	6.7	0.0244	0.13056	0.1365	0.0637
420.0	7.0	0.0242	0.12067	0.1256	0.0534

440.0	7.3	0.0240	0.11261	0.1166	0.0435
460.0	7.7	0.0239	0.10513	0.1089	0.0404
480.0	8.0	0.0237	0.09858	0.1019	0.0354
500.0	8.3	0.0236	0.09214	0.0954	0.0348
520.0	8.7	0.0234	0.08526	0.0887	0.0371
540.0	9.0	0.0233	0.07850	0.0819	0.0365
560.0	9.3	0.0231	0.07117	0.0748	0.0395
580.0	9.7	0.0230	0.06502	0.0681	0.0332
600.0	10.0	0.0229	0.05864	0.0618	0.0344
620.0	10.3	0.0227	0.05183	0.0552	0.0368
640.0	10.7	0.0226	0.04575	0.0488	0.0328
660.0	11.0	0.0224	0.03997	0.0429	0.0312
680.0	11.3	0.0223	0.03410	0.0370	0.0317
700.0	11.7	0.0222	0.0289	0.0315	0.0283
720.0	12.0	0.0221	0.0239	0.0264	0.0269
740.0	12.3	0.0220	0.0193	0.0216	0.0247
760.0	12.7	0.0219	0.0150	0.0171	0.0234
780.0	13.0	0.0218	0.0109	0.0129	0.0217
800.0	13.3	0.0217	0.0070	0.0090	0.0210
820.0	13.7	0.0217	0.0042	0.0056	0.0154
840.0	14.0	0.0216	0.0019	0.0030	0.0126
860.0	14.3	0.0216	0.0000	0.0009	0.0100

ANEXO J. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 60 °C y 5 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	60 °C
METABISULFITO	5 %
ÁREA	0.012 m ²

Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0399	0.8605		
20.0	0.3	0.0396	0.8481	0.8543	
40.0	0.7	0.0395	0.8439	0.8460	
60.0	1.0	0.0381	0.7798	0.8119	0.3431
80.0	1.3	0.0368	0.7159	0.7478	0.3426
100.0	1.7	0.0354	0.6532	0.6845	0.3357
120.0	2.0	0.0342	0.5947	0.6239	0.3133
140.0	2.3	0.0329	0.5377	0.5662	0.3052
160.0	2.7	0.0318	0.4843	0.5110	0.2857
180.0	3.0	0.0307	0.4339	0.4591	0.2700

200.0	3.3	0.0298	0.3895	0.4117	0.2377
220.0	3.7	0.0289	0.3494	0.3695	0.2148
240.0	4.0	0.0281	0.3108	0.3301	0.2068
260.0	4.3	0.0273	0.2754	0.2931	0.1899
280.0	4.7	0.0267	0.2448	0.2601	0.1634
300.0	5.0	0.0262	0.2219	0.2334	0.1227
320.0	5.3	0.0257	0.1997	0.2108	0.1189
340.0	5.7	0.0253	0.1813	0.1905	0.0987
360.0	6.0	0.0250	0.1651	0.1732	0.0867
380.0	6.3	0.0246	0.1502	0.1577	0.0796
400.0	6.7	0.0243	0.1363	0.1433	0.0747
420.0	7.0	0.0241	0.1244	0.1303	0.0637
440.0	7.3	0.0239	0.1144	0.1194	0.0534
460.0	7.7	0.0237	0.1063	0.1104	0.0435
480.0	8.0	0.0235	0.0988	0.1025	0.0404
500.0	8.3	0.0234	0.0922	0.0955	0.0354
520.0	8.7	0.0233	0.0857	0.0889	0.0348
540.0	9.0	0.0231	0.0788	0.0822	0.0371
560.0	9.3	0.0230	0.0719	0.0753	0.0365
580.0	9.7	0.0228	0.0646	0.0682	0.0395
600.0	10.0	0.0227	0.0584	0.0615	0.0332
620.0	10.3	0.0225	0.0519	0.0551	0.0344
640.0	10.7	0.0224	0.0451	0.0485	0.0368
660.0	11.0	0.0223	0.0389	0.0420	0.0328
680.0	11.3	0.0221	0.0331	0.0360	0.0312
700.0	11.7	0.0220	0.0272	0.0302	0.0317
720.0	12.0	0.0219	0.0219	0.0246	0.0283
740.0	12.3	0.0218	0.0169	0.0194	0.0269
760.0	12.7	0.0217	0.0123	0.0146	0.0247
780.0	13.0	0.0216	0.0079	0.0101	0.0234
800.0	13.3	0.0215	0.0039	0.0059	0.0217
820.0	13.7	0.0215	0.0023	0.0031	0.0082
840.0	14.0	0.0214	0.0009	0.0016	0.0075
860.0	14.3	0.0214	0.0000	0.0005	0.0001

ANEXO K. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 70 °C y 3 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	70 °C				
METABISULFITO	3 %				
ÁREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W (kg H ₂ O/m ² *h)
0.0	0.0	0.0409	1.4411		
20.0	0.3	0.0389	1.3226	1.3819	0.4960
40.0	0.7	0.0369	1.2047	1.2637	0.4930
60.0	1.0	0.0349	1.0869	1.1458	0.4930
80.0	1.3	0.0330	0.9692	1.0281	0.4925
100.0	1.7	0.0310	0.8516	0.9104	0.4920
120.0	2.0	0.0294	0.7555	0.8036	0.4020
140.0	2.3	0.0280	0.6714	0.7134	0.3520
160.0	2.7	0.0267	0.5943	0.6328	0.3225
180.0	3.0	0.0255	0.5226	0.5584	0.3000
200.0	3.3	0.0244	0.4551	0.4888	0.2825
220.0	3.7	0.0233	0.3927	0.4239	0.2611
240.0	4.0	0.0223	0.3330	0.3628	0.2497
260.0	4.3	0.0214	0.2793	0.3062	0.2244
280.0	4.7	0.0206	0.2326	0.2560	0.1957
300.0	5.0	0.0199	0.1871	0.2099	0.1901
320.0	5.3	0.0193	0.1515	0.1693	0.1490
340.0	5.7	0.0188	0.1225	0.1370	0.1216
360.0	6.0	0.0183	0.0946	0.1085	0.1166
380.0	6.3	0.0180	0.0734	0.0840	0.0886
400.0	6.7	0.0178	0.0612	0.0673	0.0511
420.0	7.0	0.0176	0.0498	0.0555	0.0478
440.0	7.3	0.0174	0.0386	0.0442	0.0468
460.0	7.7	0.0172	0.0291	0.0339	0.0395
480.0	8.0	0.0171	0.0205	0.0248	0.0360
500.0	8.3	0.0169	0.0126	0.0165	0.0334
520.0	8.7	0.0169	0.0073	0.0099	0.0218
540.0	9.0	0.0168	0.0035	0.0054	0.0160
560.0	9.3	0.0168	0.0016	0.0025	0.0082
580.0	9.7	0.0167	0.0007	0.0011	0.0062
600.0	10.0	0.0167	0.0000	0.0003	0.0028

ANEXO L. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 70 °C y 4 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	70 °C				
METABISULFITO	4 %				
AREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	V. medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)
0.0	0.0	0.0409	1.6591		
20.0	0.3	0.0395	1.5687	1.6139	
40.0	0.7	0.0375	1.4357	1.5022	0.5113
60.0	1.0	0.0355	1.3075	1.3716	0.4931
80.0	1.3	0.0335	1.1792	1.2433	0.4930
100.0	1.7	0.0315	1.0511	1.1151	0.4925
120.0	2.0	0.0296	0.9231	0.9871	0.4921
140.0	2.3	0.0280	0.8185	0.8708	0.4021
160.0	2.7	0.0266	0.7269	0.7727	0.3521
180.0	3.0	0.0253	0.6430	0.6850	0.3226
200.0	3.3	0.0241	0.5650	0.6040	0.3000
220.0	3.7	0.0229	0.4915	0.5282	0.2825
240.0	4.0	0.0219	0.4236	0.4575	0.2611
260.0	4.3	0.0209	0.3586	0.3911	0.2497
280.0	4.7	0.0200	0.3002	0.3294	0.2244
300.0	5.0	0.0192	0.2493	0.2748	0.1957
320.0	5.3	0.0185	0.1999	0.2246	0.1902
340.0	5.7	0.0179	0.1611	0.1805	0.1490
360.0	6.0	0.0174	0.1295	0.1453	0.1216
380.0	6.3	0.0169	0.0991	0.1143	0.1166
400.0	6.7	0.0165	0.0761	0.0876	0.0886
420.0	7.0	0.0163	0.0628	0.0694	0.0511
440.0	7.3	0.0162	0.0504	0.0566	0.0478
460.0	7.7	0.0160	0.0382	0.0443	0.0468
480.0	8.0	0.0158	0.0279	0.0330	0.0395
500.0	8.3	0.0157	0.0185	0.0232	0.0360
520.0	8.7	0.0155	0.0098	0.0142	0.0334
540.0	9.0	0.0154	0.0042	0.0070	0.0218
560.0	9.3	0.0154	0.0000	0.0021	0.0160

ANEXO M. Datos obtenidos para las curvas de secado y velocidad de secado a 70 °C y 5 % de Na₂S₂O₅

TEMPERATURA	70 °C				
METABISULFITO	5 %				
ÁREA	0.012 m ²				
Tiempo (min)	Tiempo (hora)	Peso (Kg)	X (kg H ₂ O/Kg ss)	Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)	W Valor medio (kg H ₂ O/Kg ss)
0.0	0.0	0.0403	1.5321		
20.0	0.3	0.0394	1.4737	1.5029	
40.0	0.7	0.0379	1.3833	1.4285	
60.0	1.0	0.0360	1.2594	1.3213	0.4931
80.0	1.3	0.0340	1.1354	1.1974	0.4930
100.0	1.7	0.0320	1.0116	1.0735	0.4925
120.0	2.0	0.0300	0.8880	0.9498	0.4921
140.0	2.3	0.0284	0.7869	0.8374	0.4021
160.0	2.7	0.0270	0.6984	0.7427	0.3521
180.0	3.0	0.0257	0.6173	0.6579	0.3226
200.0	3.3	0.0245	0.5419	0.5796	0.3000
220.0	3.7	0.0234	0.4709	0.5064	0.2825
240.0	4.0	0.0224	0.4053	0.4381	0.2611
260.0	4.3	0.0214	0.3425	0.3739	0.2497
280.0	4.7	0.0205	0.2861	0.3143	0.2244
300.0	5.0	0.0197	0.2369	0.2615	0.1957
320.0	5.3	0.0189	0.1891	0.2130	0.1902
340.0	5.7	0.0183	0.1516	0.1704	0.1490
360.0	6.0	0.0178	0.1211	0.1364	0.1216
380.0	6.3	0.0174	0.0918	0.1064	0.1166
400.0	6.7	0.0170	0.0695	0.0806	0.0886
420.0	7.0	0.0168	0.0567	0.0631	0.0511
440.0	7.3	0.0166	0.0446	0.0507	0.0478
460.0	7.7	0.0164	0.0329	0.0388	0.0468
480.0	8.0	0.0163	0.0229	0.0279	0.0395
500.0	8.3	0.0161	0.0139	0.0184	0.0360
520.0	8.7	0.0160	0.0055	0.0097	0.0334
540.0	9.0	0.0159	0.0000	0.0027	0.0219

ANEXO N. Imágenes de desarrollo vegetativo del aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán



IMAGEN 1. Aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán en pleno desarrollo vegetativo.



IMAGEN 2. Fruto del aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán



IMAGEN 3. Lugar del desarrollo de los frutos de aguaymanto.



IMAGEN 4. Recolección de los frutos

ANEXO O. Imágenes del desarrollo experimental



IMAGEN 5. Acondicionamiento de los frutos



IMAGEN 6. Lavado y desinfectado de los frutos



IMAGEN 7. Pesado del metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

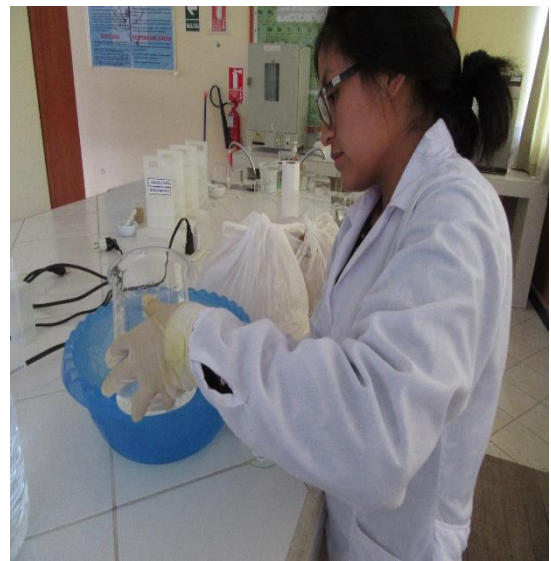


IMAGEN 8. Preparación de la solución al 3, 4 y 5 % de ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)



IMAGEN 9. Pre-tratamiento de los frutos por un 1min en la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$



IMAGEN 10. Secado de las bandejas antes de colocar los frutos.



IMAGEN 11. Secado de los frutos.



IMAGEN 12. Frutos deshidratados a $50\text{ }^\circ\text{C}$ y 3 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (T1)



IMAGEN 13. Frutos deshidratado 50 °C y 4 % de Na₂S₂O₅ (T2)



IMAGEN 14. Frutos deshidratado 50 °C y 5 % de Na₂S₂O₅ (T3)



IMAGEN 15. Frutos deshidratado 60 °C y 3 % de Na₂S₂O₅ (T4)



IMAGEN 16. Frutos deshidratado 60 °C y 4 % de Na₂S₂O₅ (T5)



IMAGEN 17. Frutos deshidratado 60 °C y 5 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (T6)



IMAGEN 18. Frutos deshidratado 70 °C y 3 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (T7)



IMAGEN 19. Frutos deshidratado 70 °C y 4 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (T8)



IMAGEN 20. Frutos deshidratado 70 °C y 5 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (T9)



IMAGEN 22. Determinación de las coordenadas colorimétricas L^* a^* b^* de los frutos frescos.



IMAGEN 23. Determinación de las coordenadas colorimétricas L^* a^* b^* de los frutos secos.

ANEXO P. Datos para el análisis estadístico en el software Statgraphics Centurión

N°	BLOQUE	PRE-TRATAMIENTO	TEMPERATURA	TIEMPO DE SECADO	L*	a*	b*	ΔE
1	1	3	60	15	45.21	47.51	48.64	19.12
2	1	3	70	10	37.66	44.25	37.76	31.04
3	1	4	50	22	47.34	42.35	52.28	14.09
4	1	5	70	9	39.57	41.23	39.92	27.81
5	1	5	60	14.3	47.35	44.55	50.36	15.58
6	1	4	60	14.3	46.32	46.66	49.54	17.48
7	1	5	50	21.7	50.23	40.53	53.56	10.85
8	1	3	50	21.3	46.33	44.42	50.42	16.31
9	1	4	70	9.3	38.32	42.23	36.52	31.17
10	2	3	50	22.3	46.51	44.73	50.32	17.14
11	2	3	60	15.2	45.48	47.38	48.23	19.9
12	2	5	50	21.7	50.36	40.31	53.34	11.69
13	2	5	60	14	47.67	44.85	50.23	16.3
14	2	4	60	14	46.41	46.52	49.57	18
15	2	4	50	22.7	47.56	42.22	52.28	14.59
16	2	5	70	9.3	38.63	40.14	40.34	28.88
17	2	4	70	9.7	39.46	43.14	38.12	29.93
18	2	3	70	10.3	36.66	44.46	35.83	33.86
19	3	5	70	10	37.48	42.12	41.34	29.98
20	3	3	60	14.7	44.69	46.25	47.25	21.43
21	3	3	70	9.7	38.45	43.23	34.23	34.34
22	3	4	60	14.3	45.42	46.23	48.93	19.61
23	3	3	50	22.7	46.48	44.8	50.65	17.48
24	3	5	60	14.7	47.38	44.62	49.16	17.64
25	3	5	50	22.3	49.62	40.76	54.43	12.54
26	3	4	70	9.3	37.21	44.32	38.34	32.29
27	3	4	50	22	48.31	42.62	51.34	15.32

XVI.I.

ANEXO Q. Análisis de varianza ANOVA, gráfico de efectos principales e interacciones para la cinética de secado y variación de color de los frutos de aguaymanto en las coordenadas L* a* b*

Análisis de varianza (ANOVA) para la cinética de secado

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:PRE-TRATAMIENTO	0.98	1	0.98	6.36	0.0208
B:TEMPERATURA	698.134	1	698.134	4530.15	0.0000
AA	0.166667	1	0.166667	1.08	0.3114
AB	0.100833	1	0.100833	0.65	0.4286
BB	10.935	1	10.935	70.96	0.0000
Bloques	0.495556	2	0.247778	1.61	0.2264
Error total	2.92806	19	0.154108		
Total (corr.)	713.74	26			

*Evaluados a $\alpha = 0.05$

Análisis de varianza (ANOVA) para la variación del color.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:PRE-TRATAMIENTO	86.0235	1	86.0235	251.74	0.0000
B:TEMPERATURA	1238.19	1	1238.19	3623.53	0.0000
AA	0.174535	1	0.174535	0.51	0.4835
AB	0.896533	1	0.896533	2.62	0.1218
BB	116.131	1	116.131	339.85	0.0000
Bloques	16.6242	2	8.3121	24.33	0.0000
Error total	6.49247	19	0.341709		
Total (corr.)	1464.54	26			

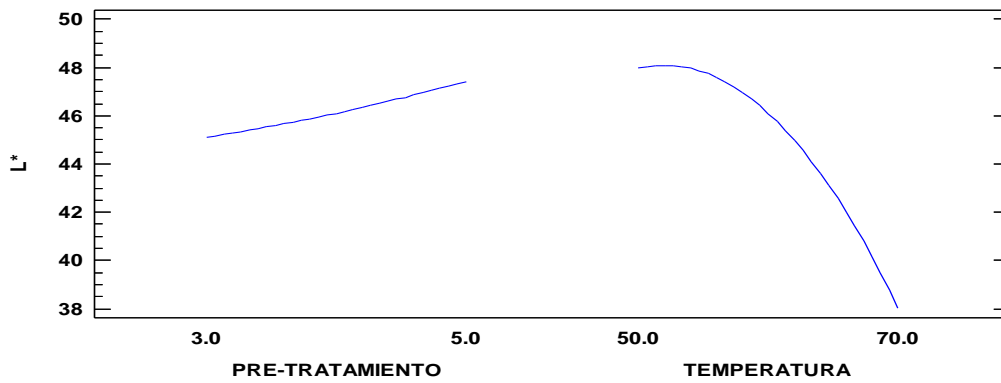
*Evaluados a $\alpha = 0.05$

Análisis de varianza para L*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:PRE-TRATAMIENTO	24.0818	1	24.0818	58.16	0.0000
B:TEMPERATURA	443.027	1	443.027	1069.88	0.0000
AA	0.1734	1	0.1734	0.42	0.5253
AB	5.3067	1	5.3067	12.82	0.0020
BB	57.4123	1	57.4123	138.65	0.0000
Bloques	0.914156	2	0.457078	1.10	0.3520
Error total	7.86772	19	0.414091		
Total (corr.)	538.783	26			

*Evaluados a $\alpha = 0.05$

Gráfica de Efectos Principales para L*

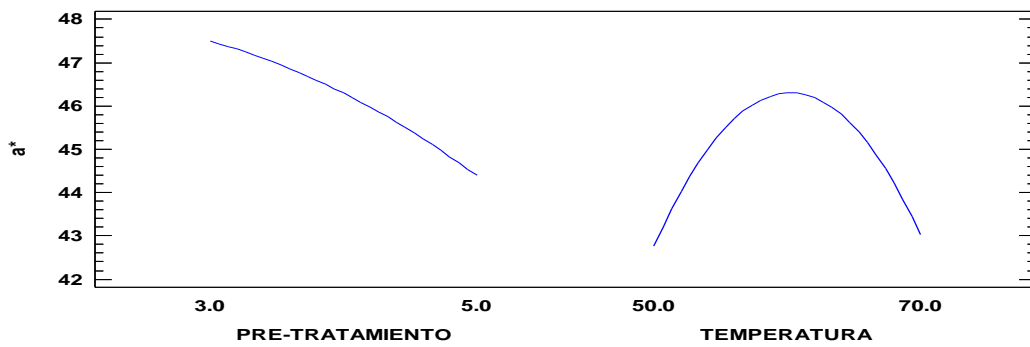


Análisis de Varianza para a*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:PRE-TRATAMIENTO	43.307	1	43.307	97.87	0.0000
B:TEMPERATURA	0.314689	1	0.314689	0.71	0.4095
AA	0.76803	1	0.76803	1.74	0.2033
AB	1.2675	1	1.2675	2.86	0.1069
BB	69.5415	1	69.5415	157.16	0.0000
Bloques	0.108474	2	0.054237	0.12	0.8853
Error total	8.40706	19	0.442477		
Total (corr.)	123.714	26			

*Evaluados a $\alpha = 0.05$

Gráfica de Efectos Principales para a*

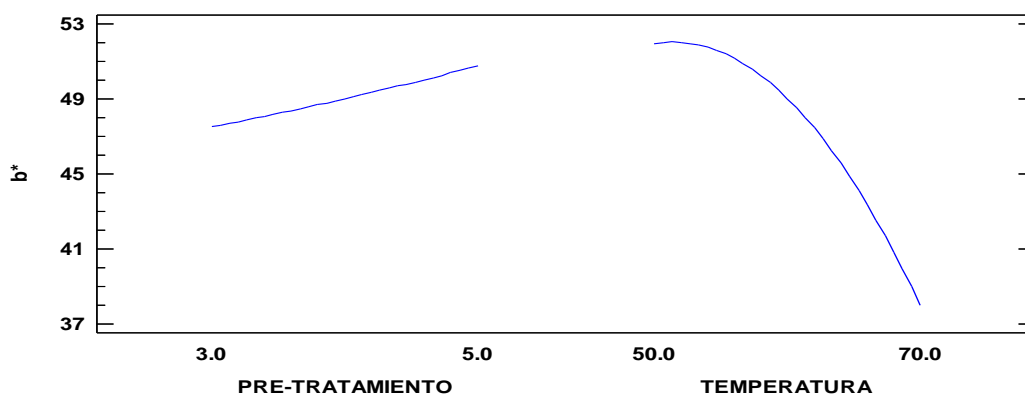


Análisis de Varianza para b*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:PRE-TRATAMIENTO	47.8568	1	47.8568	52.64	0.0000
B:TEMPERATURA	885.083	1	885.083	973.46	0.0000
AA	0.0872019	1	0.0872019	0.10	0.7602
AB	1.2288	1	1.2288	1.35	0.2594
BB	98.1452	1	98.1452	107.95	0.0000
Bloques	0.67943	2	0.339715	0.37	0.6932
Error total	17.275	19	0.909209		
Total (corr.)	1050.36	26			

*Evaluados a $\alpha = 0.05$

Gráfica de Efectos Principales para b*



ANEXO R. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN DE OPERACIONES						RECOLECCIÓN DE DATOS	
			VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALORES ESC.	DISEÑO O MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
¿Cuál es el efecto del pre tratamiento y temperatura en la cinética de secado, variación de color, del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L) ecotipo alargado selección Canaán?	Objetivo general Evaluar el efecto de pre-tratamiento y temperatura en la cinética de secado y variación de color en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) del ecotipo alargado selección Canaán.	El pre-tratamiento y la temperatura, tienen efecto significativo, en la cinética de secado, y la variación de color en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L) del ecotipo alargado selección Canaán	VARIABLES Independientes Pre-tratamiento Temperatura	Se refiere al efecto del pre-tratamiento y Temperatura en el secado de los frutos del aguaymanto.	Lectura.	Concentración Temperatura	% °C	Experimental	Lectura	Registro de datos.
	Objetivos específicos Evaluar el efecto de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperatura en las curvas de cinética de secado en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) del ecotipo alargado selección Canaán.		VARIABLES dependientes Cinética de secado Variación de color	Se refiere a las propiedades que debe tener la evaluación del proceso de secado de los frutos del aguaymanto	Cálculos	Curva de secado	Kg de agua/kg sólido seco vs tiempo (horas)	Calculo con datos experimentales y ecuaciones	Determinación directa.	Registro de datos
	Evaluar el efecto de pre-tratamiento con metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y temperatura en la variación de color de los frutos del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) ecotipo alargado selección Canaán.			Curva de velocidad de secado		Kg de agua/ m^2h vs Kg de agua/kg sólido seco	Cálculo con datos experimentales y ecuaciones	Determinación directa	Registro de datos	
				Variación de color		Coordenadas de color $L^*a^*b^*$	Metodología CIELAB	Lectura	colorímetro	