



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

"OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)"

Tesis previa a la obtención del Título de
Ingeniero Agroindustrial

AUTORES

Castro Tulcanaza Marco Edison
Manosalvas Velasco Yadyra Maribel

DIRECTORA

Dra. Lucía Yépez Vásquez

Ibarra – Ecuador

2011

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**"OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS DE
ARAZÁ (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)"**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Dra. Lucía Yépez.
DIRECTORA

Ing. Marcelo Vacas
ASESOR

Ing. Luis Sandoval.
ASESOR

Ing. Hernán Cadena.
ASESOR

**Ibarra – Ecuador
2011**

CESIÓN DE DERECHOS

Los autores: siempre que se cite la fuente, cede con fines académicos y de investigación los derechos de reproducción y duplicación de la investigación desarrollada en este trabajo a la Universidad ecuatoriana y a la sociedad en general.

Para fines distintos al investigativo y académico (producción de textos con fines comerciales, uso del método para procesamiento industrial, etc.); por favor póngase en contacto con los autores y la Universidad Técnica del Norte; copropietarios- solidarios de los derechos de los autores.

Yadyra Maribel Manosalvas
CC. 100332638-4
yady_19manosalvas@hotmail.com

Marco Edison Castro
CC.171837142-4
marcdisson@yahoo.com

*Las ideas, conceptos, cuadros y figuras
que se presentan en este documento son responsabilidad y
propiedad exclusiva de los autores*

Castro Tulcanaza Marco Edison
Manosalvas Velasco Yadyra Maribel

DEDICATORIA

*A Dios y a mis padres, David Parnemides y Myriam Rosa, quienes estuvieron junto a mí en las buenas y en las malas brindándome su amor, cariño y alegría.
Por ser fuente de amor, comprensión, amigos y guías en mi vida, que con su apoyo incondicional.
Gracias por creer y confiar en mí siempre.....*

A mi hijo, Marcos Mateo, con mucho cariño, quien me motivo y es la fuente de mi inspiración para poder alcanzar mis metas.

A mis hermanos, a mis amigos incondicionales, por estar siempre junto a mí en las buenas y en las malas.

Marco Edison

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres, Segundo Arturo y Blanca Lucía, por ser fuente de amor, comprensión, amigos y guías en mi vida, que con su apoyo incondicional, sin pedir nada a cambio me ayudaron a superar todos los obstáculos de mi vida. Gracias por creer y confiar en mí siempre.....

A mi hija, Poleté Chenoa, quien es la fuente de mi inspiración para poder alcanzar mis metas.

A mis hermanos, Jeffer, Verónica y Jéssica, quienes estuvieron junto a mí en las buenas y en las malas brindándome su amor, cariño y alegría.

A mi sobrino, Denis Alexander, por su amor, sonrisas y cariño desinteresado que son el valor para superar las adversidades.

A Klever, Irma, Jairo, Pablo, mis amigos incondicionales, por estar siempre junto a mí en las buenas y en las malas.

A Patricio, con mucho cariño, quien me motivo y estuvo a mi lado apoyándome en cada momento de mi vida.

Yadyra Maribel

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, a todos los profesores y personal administrativo.

*De manera especial a la **Doctora Lucía Yépez**, Directora de Tesis, por su ayuda invaluable, apoyo incondicional y desinteresado con el que guió la ejecución de la presente investigación.*

*Agradecemos al **Ing. Marcelo Vacas**, **Ing. Luis Sandoval**, **Ing. Hernán Cadena** e **Ing. Marco Cahueñas** quienes dirigieron y asesoraron de manera desinteresada y oportuna.*

A nuestros amigos y compañeros que de manera generosa colaboraron con la presente investigación

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	i
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	iii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	iv
CECION DE DERECHOS	vii
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTO.	xi
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE CUADROS	xx
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xxii

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 HIPÓTESIS.....	4

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 FRUTAS EXÓTICAS.....	5
2.2 ARAZÁ (<i>Eugenia Stipitata Mc Vaugh</i>).....	6
2.2.1 Información botánica.....	6
2.2.2 Origen.....	6
2.2.3 Aprovechamiento.....	7
2.2.4 Valor nutricional.....	8
2.2.5 Características y ambiente.....	9
2.2.6 Producción y productividad.....	9

2.2.7	Métodos de propagación.....	9
2.2.8	Cosecha y poscosecha.....	9
2.2.9	Producción.....	10
2.2.10	Normas utilizadas para el mercado de Arazá.....	10
2.2.10.1	Cambios de textura.....	11
2.2.10.2	Factores de sabor.....	11
2.2.10.3	Aspectos a evaluarse en el Arazá.....	11
2.2.11	Requerimientos Adicionales.....	13
2.2.12	Patrón de colores para el Arazá.....	14
2.3	DESHIDRATACIÓN.....	14
2.3.1	Principales métodos de deshidratado.....	15
2.3.1.1	Deshidratación por aire libre y al sol.....	16
2.3.1.2	Deshidratación por sombra y bajo abrigo.....	16
2.3.1.3	Deshidratación por aire caliente.....	17
2.3.2	Clasificación de deshidratadores.....	17
2.3.2.1	Deshidratadores directos.....	18
2.3.2.2	Deshidratadores indirectos.....	18
2.3.2.3	Deshidratadores continuos.....	18
2.3.2.4	Deshidratadores Discontinuos.....	18
2.3.3	Temperatura de deshidratado.....	18
2.3.4	Influencia del secado en el producto.....	19
2.3.4.1	Sobre el Valor Nutritivo.....	19
2.3.4.2	Sobre los Microorganismos.....	19
2.3.5	Productos deshidratados.....	20
2.3.5.1	Frutas Deshidratadas.....	21
2.3.6	Deshidratación de los alimentos.....	21
2.3.6.1	Conducción.....	21
2.3.6.2	Convección.....	22
2.3.6.2.1	Convección libre.....	22
2.3.6.2.2	Convección forzada.....	22
2.3.6.3	Radiación.....	22
2.3.7	Factores que controlan el deshidratado.....	23

2.3.8	Humedad de un producto.....	23
2.3.8.1	Humedad de equilibrio.....	24
2.3.8.2	Humedad crítica.....	24
2.3.8.3	Humedad libre.....	24
2.3.9	Condiciones del aire para el deshidratado.....	24
2.3.9.1	Caudal Volumétrico.....	24
2.3.9.2	Transductores del caudal.....	25
2.3.9.2.1	Volumétricos.....	25
2.3.9.3	Humedad Absoluta.....	27
2.3.9.4	Humedad Relativa.....	27
2.3.10	Cinética de secado.....	27
2.3.10.1	Períodos de secado.....	28
2.3.10.1.1	Período de velocidad constante de secado.....	29
2.3.10.1.2	Período de velocidad decreciente de secado.....	30
2.3.10.2	Cálculo de tiempo total de secado.....	30
2.3.10.2.1	Período anticrítico.....	31
2.3.10.2.2	Período proscrito.....	31
2.4	SULFITACIÓN.....	32

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	33
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	34
3.2.1	Materia prima.....	34
3.2.2	Equipos.....	34
3.2.3	Instrumentos.....	34
3.2.4	Insumos.....	34
3.3	MÉTODOS.....	35
3.3.1	Factores en estudio.....	35
3.3.2	Tratamientos.....	35
3.3.3	Diseño experimental.....	36
3.3.4	Características del experimento.....	36

3.3.5	Unidad experimental.....	37
3.3.6	Análisis de variancia.....	37
3.3.7	Análisis funcional.....	37
3.3.8	Variables a evaluarse.....	38
3.3.8.1	Variables Cuantitativas.....	38
3.3.8.2	Variables Cualitativas.....	40
3.3	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	41
3.3.1	Diagrama de bloques para la elaboración de láminas deshidratadas de Arazá.....	42
3.3.2	Diagrama de flujo para la elaboración de láminas deshidratadas de Arazá.....	43
3.3.3	Descripción del proceso.....	44

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS EVALUADAS.....	54
4.2	PESO DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO.....	55
4.3	pH DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO.....	59
4.4	HUMEDAD DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO.....	64
4.5	TIEMPO DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO.....	68
4.6	BRIX DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO.....	73
4.7	ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO.....	78
4.7.1	Color.....	78
4.7.2	Olor.....	79
4.7.3	Sabor.....	80

4.7.4	Textura.....	81
4.8	CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DESHIDRATADO	
	PARA EL FRUTO ARAZÁ.....	83
4.8.1	Curva de deshidratado para T1	83
4.8.1.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	84
4.8.1.2	Humedad y velocidad de secado para T1.....	85
4.8.1.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T1.....	85
4.8.2	Curva de deshidratado para T2	86
4.8.2.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	87
4.8.2.2	Humedad y velocidad de secado para T2.....	87
4.8.2.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T2.....	88
4.8.3	Curva de deshidratado para T3	89
4.8.3.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	90
4.8.3.2	Humedad y velocidad de secado para T3.....	90
4.8.3.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T3.....	90
4.8.4	Curva de deshidratado para T4	91
4.8.4.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	93
4.8.4.2	Humedad y velocidad de secado para T4.....	93
4.8.4.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T4.....	93
4.8.5	Curva de deshidratado para T5	94
4.8.5.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	96
4.8.5.2	Humedad y velocidad de secado para T5.....	96
4.8.5.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T5.....	96
4.8.6	Curva de deshidratado para T6	97
4.8.6.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	98
4.8.6.2	Humedad y velocidad de secado para T6.....	98
4.8.6.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T6.....	98
4.8.7	Curva de deshidratado para T7	99
4.8.7.1	Ecuación de la curva de deshidratado.....	100
4.8.7.2	Humedad y velocidad de secado para T7.....	101
4.8.7.3	Determinación de la humedad de equilibrio para T7.....	101
4.8.8	Curva de deshidratado para T8	102

4.8.8.1 Ecuación de la curva de deshidratado.....	103
4.8.8.2 Humedad y velocidad de secado para T8.....	103
4.8.8.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T8.....	103
4.8.9 Curva de deshidratado para T9	104
4.8.9.1 Ecuación de la curva de deshidratado.....	105
4.8.9.2 Humedad y velocidad de secado para T9.....	106
4.8.9.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T9.....	106
4.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO.....	107
4.10 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8.....	108
4.11 BALANCE DE MATERIALES PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8.....	109
4.12 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8.....	110
4.13 COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8.....	110

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES.....	115

CAPÍTULO VI: RESUMEN

RESUMEN.....	117
SUMMARY.....	119

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.....	121
-------------------	-----

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

ANEXO 1: Patrón de colorimetría.....	125
ANEXO 2: Hoja de encuesta para la evaluación sensorial de las láminas deshidratadas de Arazá.....	126
ANEXO 3: Rangos tabulados para la variable color.....	128
ANEXO 4: Rangos tabulados para la variable olor.....	128
ANEXO 5: Rangos tabulados para la variable sabor.....	129
ANEXO 6: Rangos tabulados para la variable textura.....	129
ANEXO 7: Cálculos referenciales de las láminas de Arazá.....	130
ANEXO 8: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 1.....	131
ANEXO 9: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 2.....	133
ANEXO 10: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 3.....	134
ANEXO 11: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 4.....	136
ANEXO 12: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 5.....	137
ANEXO 13: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 6.....	138
ANEXO 14: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 7.....	139
ANEXO 15: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 8.....	140
ANEXO 16: Cuadro de disminución de peso para el tratamiento 9.....	140
ANEXO 17: Cuadro de la humedad de equilibrio para los 9 tratamientos.....	141
ANEXO 18: Cuadro de las humedades relativas durante el proceso de determinación de la humedad equilibrio.....	142
ANEXO 19: Cálculo de la humedad de equilibrio.....	142
ANEXO 20: Cálculos matemáticos para la determinación de la ecuación de la curva de deshidratado de las láminas de arazá.....	143
ANEXO 21: Cuadro de las ecuaciones de las curvas de cada tratamiento.....	144
ANEXO 22: Parámetros microbiológicos en productos deshidratados.....	145
ANEXO 23: Análisis microbiológico para los nueve tratamientos.....	146
ANEXO 24: Análisis físico - químicos para los tres mejores tratamientos.....	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arazá.....	6
----------------------	---

Figura 2: Patrón de colores.....	14
Figura N° 3: Transductor de caudal de turbina.....	26
Figura N° 4: Transductores volumétricos.....	26
Figura N° 5: Contenido de humedad en función del tiempo.....	28
Figura N° 6: Velocidad de secado en función del contenido de humedad.....	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Valor nutricional de 100g de pulpa de Arazá.....	8
Cuadro 2: Lugar de producción del Arazá.....	10
Cuadro 3: Precio del producto de fruta fresca.....	10
Cuadro 4: Apariencia.....	12
Cuadro 5: Textura.....	12
Cuadro 6: Sabor.....	13
Cuadro 7: Tratamientos en estudio.....	36
Cuadro 8: Esquema del ADEVA.....	37
Cuadro 9: Variables Cuantitativas de la Materia Prima.....	54
Cuadro 10: Peso (g) de las láminas al final del proceso.....	55
Cuadro 11: Análisis de varianza.....	55
Cuadro 12: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos.....	56
Cuadro 13: Prueba DMS para el factor A.....	57
Cuadro 14: Prueba DMS para el factor B	57
Cuadro 15: pH de las láminas al final del proceso	59
Cuadro 16: Análisis de varianza.....	59
Cuadro 17: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos.....	60
Cuadro 18: Prueba DMS para el factor A	61
Cuadro 19: Prueba DMS para el factor B	61
Cuadro 20: Humedad (°H) de las láminas al final del proceso.....	64
Cuadro 21: Análisis de varianza.....	64
Cuadro 22: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos.....	65
Cuadro 23: Prueba DMS para el factor A.....	66

Cuadro 46: Análisis Físico - Químico para T4, T7 y T8.....	108
Cuadro 47: Costos de Producción para los tres mejores tratamientos.....	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representación gráfica de la variable peso (g) de las láminas deshidratadas de Arazá al final del proceso.....	58
Gráfico 2: Interacción de los factores A y B en la variable Ph En las láminas deshidratadas de Arazá.....	62
Gráfico 3: Representación gráfica de la variable pH en las láminas deshidratadas de Arazá.....	63
Gráfico 4: Representación gráfica de la variable humedad en el producto terminado.....	67
Gráfico 5: Interacción de los factores A y B en la variable tiempo del producto terminado.....	71
Gráfico 6: Representación gráfica de la variable tiempo (h) en el producto terminado.....	72
Gráfico 7: Interacción de los factores A y B en la variable sólidos solubles del producto terminado.....	76
Gráfico 8: Representación gráfica de la variable sólidos solubles (°B) en el producto terminado.....	77
Gráfico 9: Caracterización del color en el producto terminado.....	78
Gráfico 10: Caracterización del olor en el producto terminado.....	79
Gráfico 11: Caracterización del sabor en el producto terminado.....	80
Gráfico 12: Caracterización de la textura en el producto terminado.....	81
Gráfico 13: Curva de deshidratado T1 (A1B1).....	84
Gráfico 14: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T1.....	85
Gráfico 15: Curva de deshidratado T2 (A1B2).....	87
Gráfico 16: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T2.....	88
Gráfico 17: Curva de deshidratado T3 (A1B3).....	90
Gráfico 18: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T3.....	91
Gráfico 19: Curva de deshidratado T4 (A2B1).....	93

Gráfico 20: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T4.....	94
Gráfico 21: Curva de deshidratado T5 (A2B2)	95
Gráfico 22: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T5.....	96
Gráfico 23: Curva de deshidratado T6 (A2B3)	98
Gráfico 24: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T6.....	99
Gráfico 25: Curva de deshidratado T7 (A3B1)	100
Gráfico 26: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T7.....	101
Gráfico 27: Curva de deshidratado T8 (A3B2)	103
Gráfico 28: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T8.....	104
Gráfico 29: Curva de deshidratado T9 (A3B3)	105
Gráfico 30: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T9.....	106

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Recepción de la fruta.....	44
Fotografía 2: Pesado de la fruta.....	44
Fotografía 3: Clasificado.....	45
Fotografía 4: Seleccionado.....	45
Fotografía 5: Pesado del Arazá.....	46
Fotografía 6: Lavado del Arazá.....	46
Fotografía 7: Despulpado del Arazá.....	47
Fotografía 8: Pesado de la pulpa.....	47
Fotografía 9: Licuado de la pulpa.....	48
Fotografía 10: Sulfitado.....	48
Fotografía 11: Pesado de la pulpa.....	49
Fotografía 12: Pulpa en las bandejas.....	49
Fotografía 13: Pulpa en las bandejas	50
Fotografía 14: Bandejas dentro del armario de deshidratación.....	50
Fotografía 15: Láminas de Arazá.....	51
Fotografía 16: Cortado de las láminas.....	51
Fotografía 17: Empacado de las láminas.....	52
Fotografía 18: Almacenado.....	52

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El Ecuador por naturaleza es un país que posee una amplia pluralidad de especies animales y vegetales en su ambiente, la cual ha sido el sustento en alimentación desde el pasado. El Ecuador goza de una variedad de climas y suelos en todas sus regiones.

En las regiones Amazónica y Litoral existe un importante número de recursos fitogenéticos disponibles, especies con ventajas alimentarias reales desde el punto de vista nutricional, los cuales no son bien aprovechados y explotados en su totalidad. Los pobladores de dichas regiones se han dedicado al cultivo y proceso de especies vegetales que son utilizadas en el consumo diario; pero han dejado al olvido especies vegetales con valores nutritivos muy altos. Debido a la poca información e investigación se genera la falta de conocimiento acerca de la composición química (valor nutritivo), de algunos productos que se dan en estas zonas como son las frutas exóticas entre ellas el Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), perjudicando con esto al desarrollo y mejoramiento productivo de dichas frutas. Los pobladores de las regiones Amazónica y Litoral tienen un poco conocimiento tecnológico sobre el aprovechamiento de las frutas, el manejo adecuado de la planta en el campo y de técnicas de industrialización; disminuyendo el potencial económico de esta fruta exótica y la posibilidad de dar

un valor agregado al producto final, lo que origina un desinterés por esta clase de cultivos.

Los productos deshidratados son una alternativa de procesamiento para frutas tropicales por los bajos costos de operación, almacenamiento posterior al proceso y por su larga vida de anaquel sin comprometer sus cualidades sensoriales.

Mediante la siguiente propuesta se establecerá datos acerca del Arazá que serán necesarios para futuras investigaciones, incentivando el desarrollo del conocimiento sobre esta fruta.

La presente investigación “Obtención de láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)”, busca enfocar la importancia de esta fruta como una alternativa de aprovechamiento, comercialización, conservación e industrialización; ayudando al desarrollo de los sectores productores de Arazá.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Obtener láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la temperatura (35, 45, 55 °C); para la deshidratación del Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), que permita conservar sus propiedades Físico Químicas.
- Determinar el caudal volumétrico de aire (0,0537; 0,0672; 0,0809)m³/s; necesario para el deshidratado del producto laminar.
- Establecer la curva característica de deshidratado para el fruto Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*).
- Evaluar la calidad del producto terminado mediante análisis Físico Químico (°Brix, peso, humedad, tiempo, pH); microbiológico (mohos, levaduras y recuento total de aerobios) y organoléptico (olor, color, sabor, textura).

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis Nula

La temperatura y el caudal volumétrico del aire no influyen en el proceso de deshidratación de Arazá laminado.

1.3.2 Hipótesis Alternativa

La temperatura y el caudal volumétrico del aire influyen en el proceso de deshidratación de Arazá laminado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 FRUTAS EXÓTICAS

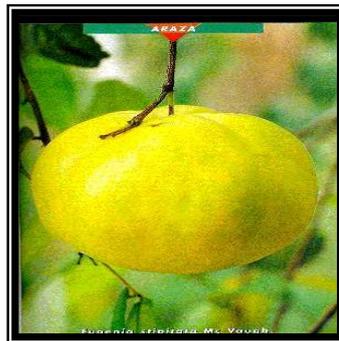
MATEOS (2007) menciona que “las frutas exóticas tienen un valor nutricional alto en vitamina C, fibra, agua y azúcar”. Disponen de un contenido de agua en torno al 80% y el 95%, lo que las hace muy apetecibles en época veraniega. Las vitaminas que contienen las frutas exóticas son una fuente de salud que ayuda a prevenir algunas enfermedades. La vitamina A además de ser antioxidante, proporciona una correcta visión, un buen estado de la piel, el cabello y huesos, así como un funcionamiento adecuado del sistema inmunológico. En el caso de la vitamina C “favorece la absorción de hierro consumido en los alimentos, interviene en la formación de colágeno, de huesos, dientes y glóbulos rojos”. Asimismo añade que su consumo habitual se relaciona con una “mayor resistencia del organismo a las infecciones”.

El consumo de estas frutas supone un aporte importante de fibra soluble e insoluble. La primera está ligada a “la estabilización en los pacientes diabéticos de los niveles de colesterol y azúcar en la sangre, mientras que el consumo de fibra insoluble se relaciona con la prevención del estreñimiento, hemorroides y en último caso de cáncer de colón”. Fuente: (<http://www.fuerteventuradigital.com>).03/08/2008.

2.2 ARAZÁ (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)

TERRANOVA (2001) afirma: El Arazá es un frutal nativo de la Amazonía que presenta gran capacidad de adaptación a condiciones de trópico húmedo. (pp. 282 – 283)

Figura 1: Arazá



Fuente: Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 28 p.

2.2.1 Información botánica

Nombres vulgares: Arazá, membrillo, Guayaba Brasileira

Nombre científico: *Eugenia stipitata Mc Vaugh*

Familia: *Mirtaceae*

Fuente: <http://www.bolsamazonica.com>.(10/08/2008)

2.2.2 Origen

BOLSA AMAZÓNICA (10/08/2008) afirma: Fruta originaria de la Cuenca Amazónica Occidental. Domesticada y consumida inicialmente por los pueblos indígenas. Por sus potencialidades y viabilidad económica, Bolsa Amazonía la considera “fruta estrella” y busca promocionarla a nivel local, nacional e internacional. (<http://www.bolsamazonia.com>).(10/08/2008)

2.2.3 Aprovechamiento

Tradicionalmente el Arazá ha sido utilizado para la elaboración de jugo. Dado su alto porcentaje de pulpa (70 por ciento), se puede utilizar para combinar con otros frutales. Por su sabor y aroma tiene gran aceptación para la industria de jugos, néctares, helados, cócteles y vinos. Tiene buen potencial para la extracción de sus principios aromáticos, por su olor muy agradable y exótico, podría ser utilizado en la industria de perfumes. Su valor nutritivo en el contenido de vitamina C, duplica al de la naranja.

Pequeñas empresas agroindustriales como Gamboina y La Delicia utilizan Arazá para la elaboración de mermeladas y pulpas las mismas que cuentan con Registros Sanitarios.

2.2.4 Valor nutricional

Cuadro N° 1: Valor nutricional de 100g de pulpa de Arazá

Componentes	Unidad	Cantidad
Proteínas	g	8,06 – 10,75
Extracto etéreo	g	2,76 – 3,85
Fibra	g	5,50 – 6,45
Carbohidratos	g	69,08 – 71,63
Nitrógeno	g	1,29 – 1,72
Fósforo	g	0,09
Potasio	g	1,78 – 2,38
Calcio	g	0,16 – 0,21
Magnesio	g	0,08 – 0,13
Ph		2,65
Sólidos Solubles	°B	4,0
Acidez	%	90
	Vitaminas	
Vitamina A	microgramos	7,75
Vitamina B	microgramos	9,84
Vitamina C	miligramos	7,68

Fuente: Cultivos de frutales amazónicos. TCA 1997

2.2.5 Características y ambiente

BOLSA AMAZÓNICA (2008) afirma: Se desarrolla en zonas con temperaturas medias de 18 a 30°C, con precipitaciones que van desde los 1.500 a 4.000 mm. /año y una altitud variable desde el nivel del mar hasta los 650 msnm. Se adapta en suelos con alta saturación de aluminio y bajos niveles de fertilidad, con un pH de 4,5 a 5,5. (<http://www.bolsaamazonia.com>)(10/08/2008)

2.2.6 Producción y productividad

BOLSA AMAZÓNICA (2008) afirma: Existen períodos de mayor cosecha: de octubre a enero y de abril a junio. Los frutos son redondeados, hasta de 10 cm. de diámetro y con un peso de 200-600 g. Puede producir entre 20 y 30 toneladas de frutos por hectárea. Se desarrolla a pleno sol o en semi sombra, en sistemas agroforestales, mezclándola, por ejemplo, con laurel, pejibaye, jengibre u otros cultivos.

2.2.7 Métodos de propagación

La propagación es sexualmente (por semilla) y asexualmente (por estacas o por acodos); lo más recomendable es por semilla. Las semillas tienen mayor poder germinativo cuando son extraídas de los frutos completamente maduros.

2.2.8 Cosecha y poscosecha

La cosecha es manual y se realiza cuando el fruto está “pintón”. Se obtiene cuatro cosechas por año. Una vez realizada la cosecha deben colocarse en cajas y ser transportados con cuidado para evitar su deterioro. Fuente: <http://www.bolsaamazonia.com>.(10/08/2008)

2.2.9 Producción

Cuadro N° 2: Lugar de Producción de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
1 Orellana	Francisco de Orellana	Dayuma Taracoa El Dorado La Belleza Nuevo Paraíso
	Joya de los Sachas	Unión Milagreña

Fuente: BOLSA AMAZÓNICA (2008)

Cuadro N° 3: Precio del producto de fruta fresca

Fruta de Arazá	Precio \$ en	Precio \$ en
	Campo / kilo	Fábrica / kilo
	0,20	0,25

Fuente: BOLSA AMAZÓNICA(2008)

2.2.10 Normas utilizadas para el mercado de Arazá

Normativa para cosecha de fruta del proyecto frutales amaznor

2.2.10.1 Cambios de textura

La textura de los alimentos es un atributo natural, y como los atributos de forma y color, la textura no permanece constante. Los cambios en el contenido de agua desempeñan un papel capital. Los alimentos naturales cambian al envejecer. La textura de las frutas naturales se torna acuosa a medida que las paredes celulares se quebrantan. Asimismo a medida que la fruta pierde agua, se pone seca, dura y chiclosa. El fabricante de alimentos no solo puede combinar los componentes de los alimentos en un sinnúmero de mezclas, sino que puede utilizar un número incontable de ingredientes y productos químicos aprobados, que le ayudarán a modificar su textura.

2.2.10.2 Factores de sabor

El sabor también incluye el olor, que es en parte subjetivo y, por lo tanto, difícil de medir, de manera que frecuentemente conduce a diferencias de opinión entre los jueces de calidad. Esa diferencia de opinión es de esperarse porque no todas las personas tienen la misma capacidad de distinguir entre los diferentes sabores y olores. Aún en los casos en que los distinguen, sus preferencias difieren.

2.2.10.3 Aspectos a evaluarse en el Arazá

El Arazá para ser procesada en la planta, debe presentar características de carácter paramétricas (medibles) y no paramétricas (no medibles, subjetivas u organolépticas), todas ellas asociadas con los factores de: apariencia, textura y sabor. Esto se presenta en cuadro de resumen para cada fruta, así para el arazá las condiciones son:

Cuadro N° 4: Apariencia

APARIENCIA			
Evaluación de: tamaño, forma, integridad, brillo, transparencia, matiz.			
Rechazo en caso de: defectos, material extraño, manchas, materia extraña, sedimentos.			
Parámetro	Mínimo	Máximo	Observaciones
Diámetro (cm)	5	15	Pequeñas serán descartadas
Forma	Redonda	Oblonga	Preferencia redondas
Integridad (% daño)	0	3	Incluso daño por golpe
Aspecto	Aterciopelada	Amarillo	No demasiado maduras
Consistencia	Dura al tacto	Jugosa	Debe soportar presión moderada

Fuente: EMPRESA LA GAMBOINA (2008)

Cuadro N° 5: Textura

TEXTURA			
Evaluación de: firmeza, blandura, jugosidad, chiclosidad, fibrosidad, textura.			
Rechazo en caso de: textura arenosa, harinosa, excesiva jugosidad, muy blanda.			
Parámetro	Mínimo	Máximo	Observaciones
Firmeza	Presión 2 kg	Presión 5 kg	Firme al tacto
Blandura	No deforma	Deforma 3 mm	Soporta presión sin deformar
Jugosidad	70% humedad	85% humedad	No jugo suelto, tejido intacto
Sólidos	5 °Brix	No definido	Mientras más dulce mejor
Acidez	pH 2	pH 4	Acidez de fruta bien marcada

Fuente: Empresa La Gamboina (2008)

Cuadro N° 6: Sabor

SABOR Evaluación de: olor, sabor, aroma. Rechazo en caso de: sabor a quemado, cabruno, picante, amargo, sabores extraños (enzimático, químico, contaminado, madera)			
Parámetro	Mínimo	Máximo	Observaciones
Olor	Aroma característico		Sin olores extraños
Sabor	Ácido	Astringente	Ácido al paladar
Color (ruleta)	Patrón	Patrón	Referirse al patrón de colores
Consistencia	No fibrosa	No gelatinosa	Sin fibras ni jugos sueltos

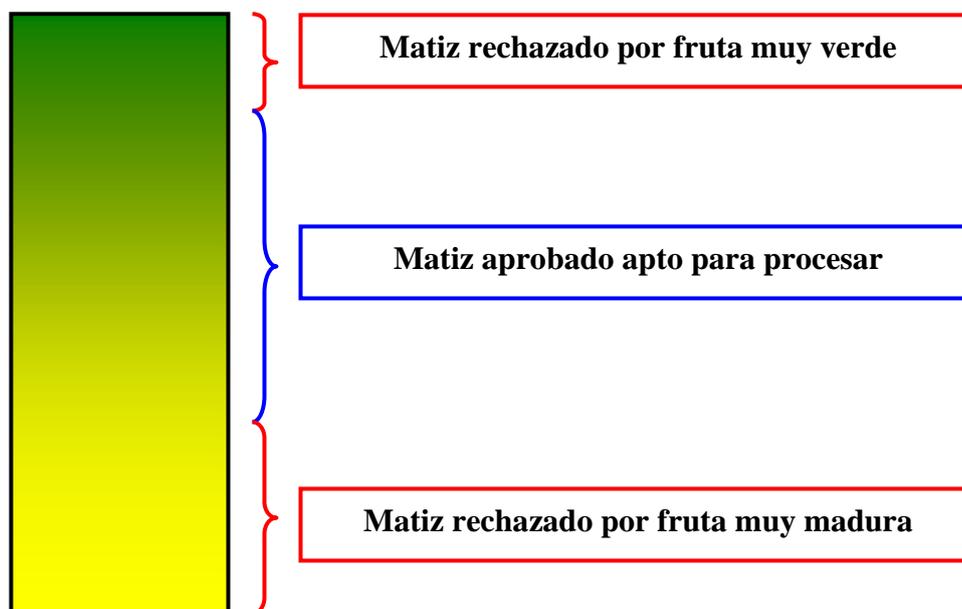
Fuente: Empresa La Gamboina (2008)

2.2.11 Requerimientos Adicionales

Sin hoyos ni gusanos en su superficie. No debe tener: cortaduras, cicatrices, golpes, magulladuras, grietas, partes duras (tumores) ni señales de plagas o enfermedades. No presentar señales de jugo suelto y tejido traslúcido o transparente. No debe tener menos de 5 centímetros de diámetro, las frutas demasiado pequeñas no tienen pulpa, solamente son semilla. Cualquier variación en el contraste de color dominante se considerará como defecto. El color se evaluará utilizando una gama de colores para cada fruta, la misma que consta en cada sección. Debe transportarse y almacenarse en gavetas de máximo 60 cm de altura o en baldes de máximo 30 kg de capacidad. No se recibe la fruta maltratada en sacos y aplastada. Sin olores extraños (procedentes de otras materias no alimenticias transportadas conjuntamente con la fruta)

2.2.12 Patrón de colores para el Arazá

Figura 2: Patrón de colores



Fuente: Empresa La Gamboina (2008)

2.3 DESHIDRATACIÓN

DESROSIER (1982): El deshidratado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para conservación de alimentos. Todos los granos y los cereales son conservados por secado. Algunas frutas y hortalizas también son conservadas por este método el cual difícilmente requiere de esfuerzo humano si se realiza naturalmente. (p. 157).

El uso de calor para secar alimentos fue puesto en marcha por muchos hombres del nuevo y viejo mundo. Pero no fue sino hasta 1795 que se inventó el cuarto de deshidratación de agua caliente (105 °F) sobre tajadas delgadas de hortalizas. La deshidratación implica el control sobre las condiciones climatológicas dentro de la cámara o el control de un micromedio circulante. Esta técnica genera una gran

ventaja en los cuales los alimentos secos y deshidratados son más concentrados que cualquier otra forma de productos alimenticios preservados, ellos son menos costosos de producir; el trabajo requerido es mínimo, el equipo de proceso es limitado.

BARRIONUEVO (1991) enuncia a la deshidratación como un proceso, cuyo fundamento es la disminución relativa de la humedad de un sólido, mediante la eliminación parcial del agua del producto, logrando de esta manera que la actividad del agua disminuya hasta alcanzar niveles tales que la acción de los microorganismos y enzimas pueda ser inhibida. (p. 7)

La humedad residual promedio, que asegura una buena conservación es de 16% para la mayoría de las frutas en azúcar.

Durante el secado ocurren pérdidas en vitaminas. El grado de destrucción de las vitaminas depende del proceso de deshidratación y del procesamiento anterior. Para evaluar el progreso del secado se utiliza el índice de reducción. Este es el factor entre el cual se divide el peso inicial de la materia prima para obtener el peso del producto deshidratado.

FRAZIER (1981) manifiesta a la deshidratación como al paso del aire caliente con una humedad relativa controlada sobre el alimento a desecar, ahorrando peso, la cantidad a transportar por unidad de potencia alimenticia, como también aumentar el tiempo de conservación con relación a los productos frescos. (127)

2.3.1 Principales métodos de deshidratado

Existen diferentes métodos de secado y un mayor número de modificaciones de los mismos. El método escogido depende del tipo de alimento que se va a deshidratar, el nivel de calidad que se puede alcanzar y el costo que se puede justificar. Existen entre los métodos de secado por convección del aire, secadores

de tambor o rodillo y secadores al vacío. Algunos de estos sirven para alimentos líquidos y otros para sólidos. Cada uno de estos métodos tiene un número mayor de variantes que se ajustan a las necesidades de volúmenes y características de productos finales. Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co>(2008)

MUÑOZ (1987) afirma que “el secado es un procedimiento muy antiguo y empleado hasta nuestros días, para la conservación de los alimentos” (p. 312). Algunos métodos son utilizados en la actualidad en la industrialización de alimentos. Los más utilizados son los siguientes:

- Deshidratado al aire libre y al sol.
- Deshidratado a la sombra y bajo abrigo.
- Deshidratado al aire caliente.

2.3.1.1 Deshidratación por aire libre y al sol

Este método es muy económico en climas cálidos y secos, los productos se extienden sobre lienzos o bandejas. Las cortezas y raíces soportan los rayos solares de buena manera, mientras que las flores y hojas sufren una decoloración.

2.3.1.2 Deshidratación por sombra y bajo abrigo

Es un procedimiento simple y empleado a escala artesanal, se utiliza temperatura ambiente. Se extiende las especies sobre papeles, bandejas o telas metálicas, las cuales permiten que exista una mejor aireación. Se debe evitar la acción directa del sol y proteger los productos en los días de lluvia o de niebla.

2.3.1.3 Deshidratación por aire caliente

Este procedimiento es el más utilizado en climas templado-húmedos y en explotaciones industriales importantes, ya que permite tratar con rapidez grandes cantidades de productos húmedos. La duración de la deshidratación de 10 a 20 días a temperatura ambiente se reduce considerablemente a algunas horas de secado. Para lo cual se emplean diversos tipos de deshidratadores, los mismos que producen aire caliente y seco, el mismo que toma contacto con el material húmedo, cargándose de humedad y se renueva por ventilación forzada.

PASTOR (1985) afirma que “La deshidratación se realiza aplicando aire caliente al producto, el agua en los tejidos vegetales se evapora. El vapor es absorbido por el aire y alejado del producto. La deshidratación por aire forzado se efectúa en instalaciones de construcción similar a las de congelación por aire, es necesario eliminar una parte del aire saturado. La humedad relativa del aire debe ser mantenida alrededor del 60%. (p.)

La temperatura máxima que se puede utilizar es 70 °C, iniciando el secado con una temperatura elevada, el agua de los tejidos superficiales se evapora demasiado rápido. Esto dificulta la salida del agua de los tejidos internos dando como resultado productos de baja calidad. Temperaturas elevadas y una humedad baja, causan la caramelización de los azúcares presentes en las frutas.

2.3.2 Clasificación de deshidratadores

Existen muchas clases de secadores. Según DESROSIER (1982) menciona que “a los equipos de secado se los ha clasificado, según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos (p. 163).

2.3.2.1 Deshidratadores directos

La transferencia de calor se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y el aire caliente. El líquido evaporado es llevado por el aire caliente, también se los llama secadores por convección.

2.3.2.2 Deshidratadores indirectos

El calor de secado difiere al sólido húmedo a través de una pared metálica. La velocidad de secado depende del contacto que se establezca entre el material húmedo y la superficie caliente, a este tipo de secadores se los denomina también por conducción o de contacto.

2.3.2.3 Deshidratadores continuos

En este tipo de secador las operaciones pasan continuamente a través del equipo tanto la materia prima a secar, así como el aire caliente.

2.3.2.4 Deshidratadores Discontinuos

En la práctica se refiere a un sistema semicontinuo, estos operan en forma intermitente, el material permanece en el equipo hasta que éste se seque.

2.3.3 Temperatura de deshidratado

Se ha discutido cual debe ser la temperatura del aire de deshidratado. Durante mucho tiempo se ha preconizado una temperatura media de 50 – 80 °C para el caso de productos vegetales, según MUÑOZ. (1987, p. 314).

En la práctica se utilizan temperaturas menores, tratando de no afectar los diversos nutrientes de cada especie. Las temperaturas para productos vegetales varían entre 40-60 °C.

2.3.4 Influencia del secado en el producto

2.3.4.1 Sobre el Valor Nutritivo

Según DESROSIER (1982) “en el secado un alimento pierde su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de nutrientes en la masa restante”. (p. 177).

Los alimentos secados producen partículas reconstituidas o rehidratadas comparables con los alimentos frescos. Sin embargo, al secar o utilizar cualquier método de conservación, el alimento conservado no puede ser de alta calidad del producto alimenticio original. Muchos componentes nutritivos de algunos productos, son dañados por el método de secado, y por el uso de temperaturas elevadas a los que son sometidos. Algunos componentes principales como el ácido ascórbico y caroteno son dañados.

2.3.4.2 Sobre los Microorganismos

El método de control más usado es la restricción de la humedad del producto para evitar su crecimiento microbiano, los tejidos vivos requieren humedad para desarrollarse. DESROSIER. (1982) considera que “la cantidad de humedad en el alimento establece cuales microorganismos tendrán oportunidad de crecer”. (p. 182). Están establecidos ciertos rangos de crecimiento microbiano. Los mohos pueden crecer en los substratos alimenticios con una humedad baja como el 12% y se conocen algunos que crecen en alimentos con menos de 5% de

humedad, mientras que las bacterias y levaduras requieren niveles de humedad más altos generalmente sobre 30%.

2.3.5 Productos Deshidratados

PASTOR (1985) dice: Las frutas deshidratadas se comercializan para consumo directo. (p. 79).

A nivel semiindustrial, la deshidratación se efectúa en un armario de deshidratación. Antes de iniciar la deshidratación, el producto se somete al azufrado para reducir la decoloración, el oscurecimiento y las pérdidas de vitamina C.

La deshidratación no reduce los nutrientes de los alimentos, teniendo así idénticos valores nutricionales que los de la misma especie que no lo son. Estos productos deshidratados tienen un bajo nivel de "actividad acuosa". Por esta razón son mucho más estables que los frescos y no tienen conservantes y estabilizantes, lo que los hace más beneficiosos para el organismo.

Existe una sola variedad de microorganismos tóxicos para el hombre que pueden desarrollarse en los productos deshidratados, que son las micotoxinas. Estos grupos microbianos son hongos que pueden entrar a la preparación si los envases no son aislantes.

En cuanto a las calorías, tanto los productos dulces como los salados no pierden sus calores al ser sometidos a los procesos de deshidratación, por lo que no son dietéticos a menos que se indique lo contrario en los envases. (www.diariodecuyo.com.ar, 2009)

2.3.5.1 Frutas Deshidratadas

Las frutas deshidratadas presentan características propias que concentran todos los nutrientes sin alterar la composición química, estas frutas poseen una humedad entre 15 y 25 %. Las frutas deshidratadas son de menor calidad que la fruta fresca pero tiene mayor tiempo de vida útil.

PASTOR (1985) dice: Las variedades deben estar libres de semillas y tener un tamaño mediano para reducir el tiempo de secado. (p. 79)

2.3.6 Deshidratación de los alimentos

Los sinónimos de disecación, secado o desecado en un sólido se refiere generalmente a la separación parcial o total del líquido que le acompaña por medios térmicos. La deshidratación se refiere a la misma acción, es así que FRAZIER (1981) la define como "un secado artificial por medio de calor producido bajo las condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire". (p. 128)

La energía necesaria para evaporar el agua del producto es suministrada en forma de calor, la transferencia de calor se produce por convección o conducción. Aunque es cierto en todos los secadores transfiere calor por radiación, es raro que sea éste el mecanismo que predomine.

2.3.6.1 Conducción: es el proceso mediante el cual fluye calor desde la temperatura alta de un material sólido (bandejas) a la materia prima, en esta forma de transmisión de calor la energía se transmite por comunicación molecular directa sin desplazamiento apreciable de éstas.

2.3.6.2 Convección: es un proceso de transporte de energía que tiene una gran importancia como mecanismo de transferencia directa de energía entre el aire caliente y la materia prima. La convección puede ser libre o forzada.

2.3.6.2.1 Convección libre: cuando el movimiento de mezclado tiene lugar exclusivamente como resultado de la diferencia de densidades causado por las gradientes de temperatura.

2.3.6.2.2 Convección forzada: cuando el movimiento de mezclado es inducido por algún agente externo como ventilador, venteroles, bombas, agitadores, etc.

2.3.6.3 Radiación: es un proceso por el cual fluye calor desde un cuerpo con alta temperatura a una con baja temperatura, cuando éstas están separadas por un espacio que incluso puede ser el vacío. El término radiación se aplica generalmente a toda clase de fenómenos de ondas electromagnéticas. La energía transmitida en esta forma recibe el nombre de Calor Radiante.

El secado se efectúa con la ayuda del calor, por tanto hay que tener presente al mecanismo de transporte de energía y el de masa ya que se tendrá diferencia de temperatura y de concentración, las variables que rigen la intensidad de cada uno de éstos procesos son los que determinan la rapidez del proceso de secado.

Los principales objetivos que persigue el secado en cualquier producto alimenticio, son los siguientes:

- Permitir el empleo satisfactorio de los mismos.
- Preservar los productos durante el almacenamiento.
- Facilitar el manejo del producto.
- Reducir costos de transporte.
- Facilitar la comercialización.

2.3.7 Factores que controlan el deshidratado

Los factores que se deben tomar en cuenta, para un control adecuado de secado son:

- Temperatura del proceso.
- Humedad relativa.
- Velocidad del aire.
- Tratamientos previos al secado

Un control inadecuado a estos factores determina una aparición de endurecimiento externo debido a que existe mayor evaporación de la humedad de la superficie que la que se difunde del interior.

En el secado el calor necesario para evaporación del líquido se transmite por un gas o vapor. El medio secador utilizado es generalmente aire, debido a su abundancia, su conveniencia, ya que lo podemos controlar. (NORMAN W. DESROSIER. 1982, p 161), determina que el aire tiene dos funciones en el secado las cuales son:

- El aire es usado para conducir el calor al alimento, causando que el agua vaporice.
- Es el vehículo para transportar el calor liberado del alimento que se esté deshidratando

2.3.8 Humedad de un Producto

Es la cantidad de agua que acompaña a la humedad del peso del sólido seco (EARLE R. 1979, p. 139).

2.3.8.1 Humedad de equilibrio

Es la relación de la humedad de la pulpa de Arazá y la humedad del ambiente que los rodea. (GREIFFENSTEIN, A. 1990, p. 13).

Fórmula:

Humedad de Equilibrio: $\frac{H_s}{H_a}$

Hs: Humedad del sólido

Ha: Humedad del ambiente

2.3.8.2 Humedad crítica

BRENNAN (1980), manifiesta a la humedad crítica de un producto, cuando disminuye el movimiento de humedad, de adentro hacia afuera de la superficie del producto hasta el punto de que en la superficie empieza a secarse. (p. 318).

2.3.8.3 Humedad libre

Según BRENNAN (1980) y WARREN, afirman que la humedad libre de una sustancia, es el exceso de humedad sobre el contenido de humedad de equilibrio a cualquier temperatura y humedad dadas. (p. 318) (p. 533).

2.3.9 Condiciones del aire para el deshidratado

2.3.9.1 Caudal Volumétrico

Un concepto importante cuando se analiza dinámica de fluidos es el flujo o secuencia o flujo de velocidad, que es el volumen de líquido a través de una zona

determinada por unidad de tiempo. El flujo definido de esta manera se llama caudal volumétrico (pero sólo puede analizar la cantidad de líquido en unidades de volumen). También es usado el concepto de tasa de flujo masivo, que es similar pero mide la masa volumétrica que cruza una zona por unidad de tiempo. Matemáticamente el flujo masivo es el producto del caudal volumétrico por masa densidad (o volumar o usuario) de masa líquida.

Dado un área y un fluido que fluye a través de velocidad uniforme \mathbf{v} y un ángulo θ (inter-animal perpendiculares a), entonces el caudal es:

$$\phi = A \cdot v \cdot \cos \theta.$$

Para un caso particular en que un fluido va **perpendicularmente** hacia un área A, o sea, cuando $\theta = 0$ es por tanto $\cos \theta = 1$, entonces el caudal es simplemente:

$$\phi = A \cdot v.$$

2.3.9.2 Transductores del caudal

Los transductores de caudal se basan en distintos principios según se trate de fluidos compresibles o no. La mayor parte de los sensores miden caudal volumétrico. En el caso de fluidos incompresibles la forma habitual de medición es hallar la velocidad de paso por una sección conocida. Para los compresibles, los métodos más adecuados se basan en el empleo de turbinas.

2.3.9.2.1 Volumétricos

Para medir caudal de gases suelen emplearse métodos de medición volumétricos intentando mantener presión y temperatura constantes. Los ejemplos más típicos son los de turbina disco oscilante y lóbulos.

Figura N° 3: Transductor de caudal de turbina

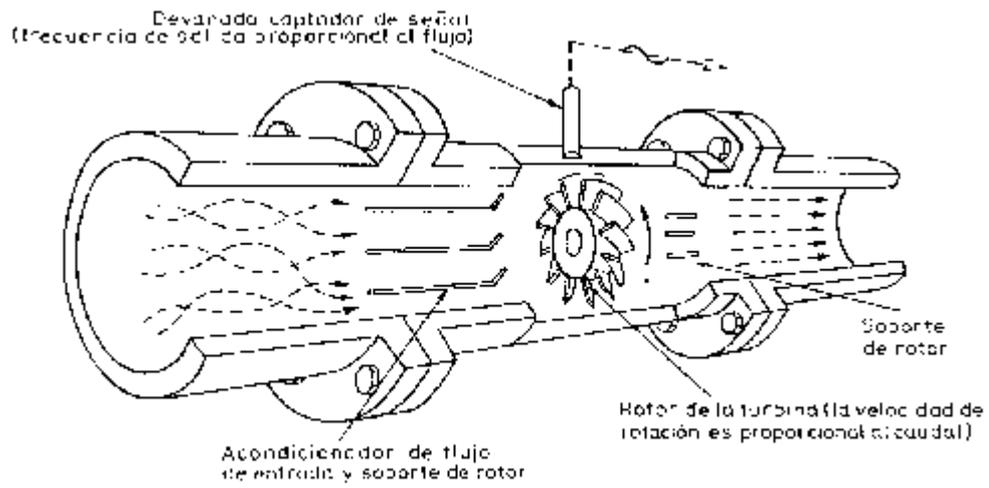
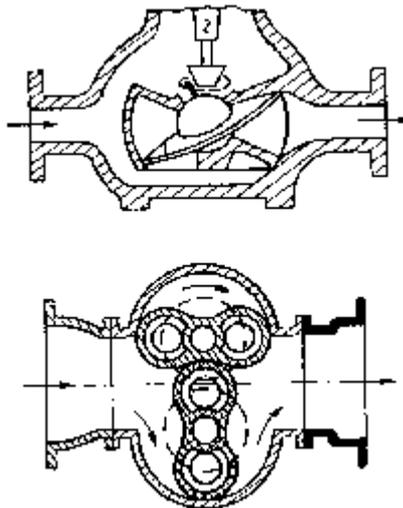


Figura N° 4: Transductores volumétricos



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Caudal>

Categoría: Grandezas físicas

06/03/2010

2.3.9.3 Humedad Absoluta

Es el peso del vapor de agua contenido en un peso determinado de aire seco. (GREIFFENSTEIN, A. 1990, p. 6).

2.3.9.4 Humedad Relativa

Es la relación que existe entre la cantidad vapor de agua contenida en un volumen de aire, y la cantidad máxima que éste aire podría contener, al punto de estar saturado. (GREIFFENSTEIN, A. 1990, p. 6).

2.3.10 Cinética de secado

CONTRERAS (2011) La cinética de secado de un material es la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo.

La intensidad de evaporación se determina a través de la velocidad de secado, que es el cambio de humedad (base seca) en el tiempo.

Analíticamente la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W = \frac{\text{kg.s.s}}{A_s} \frac{dx}{d\theta}$$

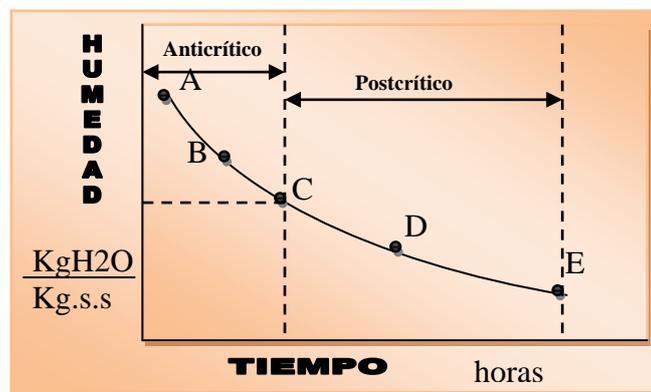
Kg.s.s: peso del sólido seco
As: área de secado

El peso del sólido seco y el área de secado expuesta permanecen constantes durante el secado.

2.3.10.1 Períodos de secado

Durante el proceso de secado de un sólido se puede ir obteniendo datos experimentales que relacionan el contenido de humedad en base seca (X_s) con el tiempo (θ).

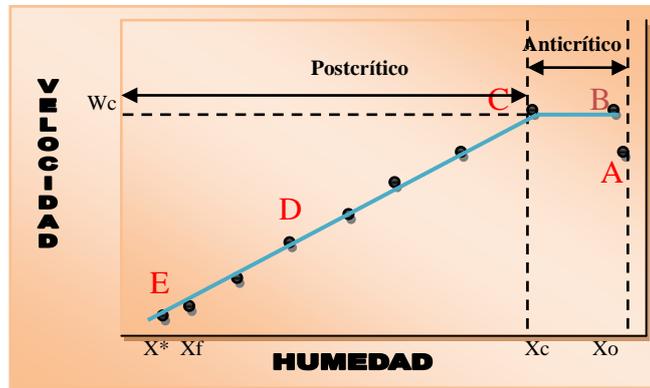
Figura N° 5: Contenido de humedad en función del tiempo



En la figura (N° 5), se representa la curva de humedad - tiempo de una muestra sometida a una prueba de deshidratado. 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 (punto C), se denomina punto crítico (X_c, θ_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 con mayor claridad en la figura (N° 6), donde se realiza una representación gráfica de la velocidad de deshidratado ($dx/d\theta$) en función de la humedad (X_s).

Figura N° 6: Velocidad de secado en función del contenido de humedad



GEANKOPLIS (1986), dice que el "secado de diversos sólidos bajo diferentes condiciones constantes de deshidratado casi siempre produce curvas de formas variables en el período de velocidad decreciente, pero en general siempre están presentes las dos zonas principales de la curva de velocidad de secado, el período de velocidad constante y el período de velocidad decreciente". (p. 454).

En un proceso de deshidratado indicado en las figuras anteriores se indican dos períodos importantes a tomar en cuenta, los cuales son:

2.3.10.1.1 Período de velocidad constante de secado (W)

La sección B-C de las curvas representa el período de velocidad constante. Cuando la humedad del producto es alta, el sólido húmedo se encuentra sumergido de una película de agua, correspondiente a la humedad no ligada. Además en este período comprende desde la humedad inicial hasta la humedad crítica. El valor de la humedad crítica (X_c), depende de las condiciones del aire secado y el espesor del material a secarse.

2.3.10.1.2 Período de velocidad decreciente de secado (W)

Cuando el contenido medio de humedad del sólido ha alcanzado un valor X_c (contenido crítico de humedad-punto C de las figuras anteriores), la película superficial de humedad se ha reducido tanto por la evaporación que en un secado posterior ocasiona la aparición de manchas sobre la superficie, las que ocuparán progresivamente mayores proporciones a medida que continúe el secado. Esto da lugar a la primera parte del período de caída de velocidad, el período de secado con superficie no saturada sección C-A.

Finalmente la superficie inicial del líquido se habrá evaporado totalmente a un contenido medio de humedad para el sólido correspondiente al punto E. En un posterior secado el paso controlante es el régimen al que puede moverse la humedad a través del sólido, a consecuencia de los gradientes de concentración que existen entre las partes más profundas y la superficie. En el punto E, el contenido de humedad del sólido ha caído al valor de equilibrio (X^*) para la humedad existente del aire, y el secado termina.

Este período está comprendido a partir de la humedad crítica hasta la humedad final (X_f), cuyo valor límite será la humedad de equilibrio.

2.3.10.2 Cálculo de tiempo total de secado

La duración de secado de un cuerpo húmedo en "condiciones constantes, puede calcularse por integración entre las humedades inicial y final".

$$\theta = \frac{\text{Kg.s.s}}{\text{As}} \frac{dx}{W}$$

El tiempo de secado se calcula en dos tiempos:

- Período anticrítico.
- Período proscrito.

El cálculo del tiempo total, será la suma de los tiempos de cada uno de los períodos:

$$\theta_t = \theta_a + \theta_p$$

2.3.10.2.1 Período anticrítico

El período anticrítico (θ_c), corresponde desde la humedad inicial hasta la humedad crítica.

$$\theta_a = \frac{K_{g.s.s}}{A_s W_c} (X_o - X_c)$$

W_c : velocidad crítica

X_o : humedad inicial

X_c : humedad crítica

2.3.10.2.2 Período proscrito

La velocidad de secado puede determinarse en cualquier momento de este período en función de las velocidades, humedades crítica y final. A este período se lo define de la siguiente manera:

$$\theta_p = \frac{K_{g.s.s}}{A_s} \frac{(X_c - X_f)}{(W_c - W_f)} \ln \frac{W_c}{W_f}$$

W_c : velocidad crítica

W_f : velocidad final

La cantidad de agua eliminada en el período de velocidad decreciente puede ser mínima; pero, el tiempo necesario para este período es con frecuencia muy

grande, como consecuencia de ello, el período de velocidad decreciente tiene una gran consideración sobre el tiempo total de secado.

2.4 SULFITACIÓN

El secado o desecación, es uno de los procesos más antiguos de preservación de alimentos. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima cantidad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración.

Los métodos modernos de deshidratación, buscan otros fines que la simple preservación: en alimentos, la reducción de peso y algunas veces de volumen, la comodidad del empleo también es una característica muy buscada (café o leche solubles por ejemplo). Durante la deshidratación las pérdidas de vitamina C varían entre el 10% y 50%; y las de vitamina A entre el 10% y 20%. La adición de **SO₂**, durante la desecación de las frutas, mejora la retención de ácido ascórbico y de caroteno, inhibe la oxidación e impide el pardeamiento enzimático. La concentración de sólidos solubles, aumenta al punto que la fruta resiste el deterioro microbiano. Los productos deshidratados requieren más sulfito durante la preparación y almacenamiento que los productos congelados.

Cada una de las variedades más indicadas de cada tipo de fruta, tras una cuidadosa selección y lavado, se trata de diferente forma.

Como conservador se usa un sulfito (metabisulfito de sodio NaHSO₃), cuya acción es anti-microbiana, además es un polvo con una alta solubilidad en agua, por lo que se aplican en un gran número de alimentos sin ningún problema. La cantidad aceptada por el sector salud para el uso de este conservador es no más de 100 mg/kg.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte (Unidades Eduproductivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial).

Ubicación

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Lugar:	Unidades Productivas de Agroindustrias – FICAYA - UTN
Temperatura:	Promedio 18 °C
Altitud:	2250 m.s.n.m.
HR. Promedio:	73%

Fuente: “Departamento de Meteorología de la Dirección General de la Aviación Civil DAC (2010)”

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materia prima

- Arazá (*Eugenia stipitata Mc Vaugh*)

3.2.2 Equipos:

- Armario de secado

3.2.3 Instrumentos:

- Gavetas de plástico de capacidad de 10 lt.
- Mesa de clasificación
- Balanza (analítica)
- Balanza romana
- Licuadora
- Brixómetro manual (0 – 30 °B)
- Termómetro
- pH metro
- Estufa
- Probeta
- Pipeta
- Estilete
- Cronómetro

3.2.4 Insumos:

- Hipoclorito de sodio 0,1 %
- Metabisulfito de Sodio
- Etiquetas
- Agua
- Papel encerado
- Cajas de cartón, etc.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Factores en estudio

FACTOR A: Temperatura en el interior del secador ($^{\circ}$ C)

A1: 35 $^{\circ}$ C

A2: 45 $^{\circ}$ C

A3: 55 $^{\circ}$ C

FACTOR B: Caudal volumétrico de aire en el secador, expresado en la abertura del venterol.

	Q (m³/s)
B1: Abertura del venterol 40 % →	0,0537
B2: Abertura del venterol 70 % →	0,0672
B3: Abertura del venterol 100 % →	0,0809

3.3.2 Tratamientos

De la combinación de los Factores A y B (Temperatura en el interior del secador, Caudal volumétrico de aire en el secador), se estructuraron 9 tratamientos los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7: Tratamientos en estudio

TRAT.	TEMP.	CAUDAL DEL AIRE	COMBINACIONES	DESCRIPCIÓN
1	A1	B1	A1B1	Temp. 35 °C, Abertura del venterol 40 %
2	A1	B2	A1B2	Temp. 35 °C, Abertura del venterol 70 %
3	A1	B3	A1B3	Temp. 35 °C, Abertura del venterol 100 %
4	A2	B1	A2B1	Temp. 45 °C, Abertura del venterol 40 %
5	A2	B2	A2B2	Temp. 45 °C, Abertura del venterol 70 %
6	A2	B3	A2B3	Temp. 45 °C, Abertura del venterol 100 %
7	A3	B1	A3B1	Temp. 55 °C, Abertura del venterol 40 %
8	A3	B2	A3B2	Temp. 55 °C, Abertura del venterol 70 %
9	A3	B3	A3B3	Temp. 55 °C, Abertura del venterol 100 %

Fuente: Autores

3.3.3 Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial:

A x B.

3.3.4 Características del experimento

Número de repeticiones: Tres (3)

Número de tratamientos: Nueve (9)

Número de unidades experimentales: Veintisiete (27)

3.3.5 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo compuesta por 3000 g de pulpa de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), con espesor de 5 mm. y con 87 % de humedad inicial.

3.3.6 Análisis de varianza

Cuadro 8: Esquema del ADEVA

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
TOTAL	26
Tratamientos	8
(F A) Temperatura	2
(F B) Caudal volumétrico	2
A x B	4
Error experimental	18

Fuente: Autores

3.3.7 Análisis funcional

- **Tratamientos:** Tukey al 5 %
- **Factores:** DMS (Diferencia mínima significativa)
- **Variables no paramétricas:** Friedman al 5 %

3.3.8 Variables evaluadas

3.3.8.1 Variables Cuantitativas

Fueron determinadas en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

1. En materia prima: ARAZÁ

- **Sólidos solubles (°Brix):** La determinación de los grados brix se realizó para conocer los sólidos solubles de la solución, se determinó al inicio del proceso de deshidratado; para esto se utilizó un Brixómetro manual para la medición.
- **Peso:** se realizó para determinar la cantidad exacta de pulpa a la entrada del deshidratador. Se utilizó una balanza analítica.
- **pH:** indica la concentración de iones hidrógeno de una solución. Se determinó el pH de la pulpa con la ayuda de un pH metro.
- **Humedad:** es la cantidad de agua presente en un cuerpo. La determinación de la humedad se realizó con el fin de conocer que cantidad de agua que esta presente en la pulpa y se realizó por el método de la estufa.
- **Tiempo:** Se tomo la medida del tiempo inicial utilizando un cronómetro.

2. En producto final: LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ

- **Rendimiento:** Se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

- **pH:** Se determinó el pH final de las láminas deshidratadas con la ayuda de un pH metro.
- **Sólidos solubles (°Brix):** La determinación de los grados brix se realizó para conocer los sólidos solubles finales de las láminas deshidratadas, se utilizó un Brixómetro manual.
- **Humedad:** La determinación de la humedad se realizó con el fin de conocer qué cantidad de agua está presente en las láminas deshidratadas al final del proceso de deshidratación. La determinación de humedad se realizó pesando las láminas cada dos horas durante las 10 primeras horas y luego cada media hora hasta llegar a un peso constante de las láminas. Luego se determinó la humedad de equilibrio dejando las láminas de arazá al ambiente y pesando cada hora hasta llegar a mantener un equilibrio con el ambiente.
- **Peso:** se determinó el peso de las láminas deshidratadas después del proceso de deshidratación, de esta manera se establece el rendimiento en peso. Para esto se utilizó una balanza analítica.
- **Tiempo:** Se tomó la medida del tiempo final donde terminó el proceso de deshidratación de las láminas utilizando un cronómetro.

3.2.9.2 Variables Cualitativas

Las variables cualitativas analizadas fueron el color, olor, sabor y textura, éstas son características que permiten analizar y conocer el grado de aceptabilidad que tiene un producto.

El análisis sensorial se realizó con un panel de 10 degustadores, conformado por estudiantes de la escuela de Ingeniería Agroindustrial; utilizando hojas de encuesta que se detallan en el Anexo 2.

Para la evaluación de los datos registrados, se aplicó la prueba no paramétrica de FRIEDMAN:

$$X^2 = \frac{12}{r \times t (t + 1)} \sum R^2 - 3r (t + 1)$$

Donde:

r = Número de degustadores

t = Tratamientos

$\sum R^2$ = Sumatoria de los rangos al cuadrado

Luego de realizar el análisis sensorial se efectuó la tabulación de los datos, mediante los cuales se determinó los tres mejores tratamientos; a los cuales se realizó los siguientes análisis físico-químicos y microbiológicos

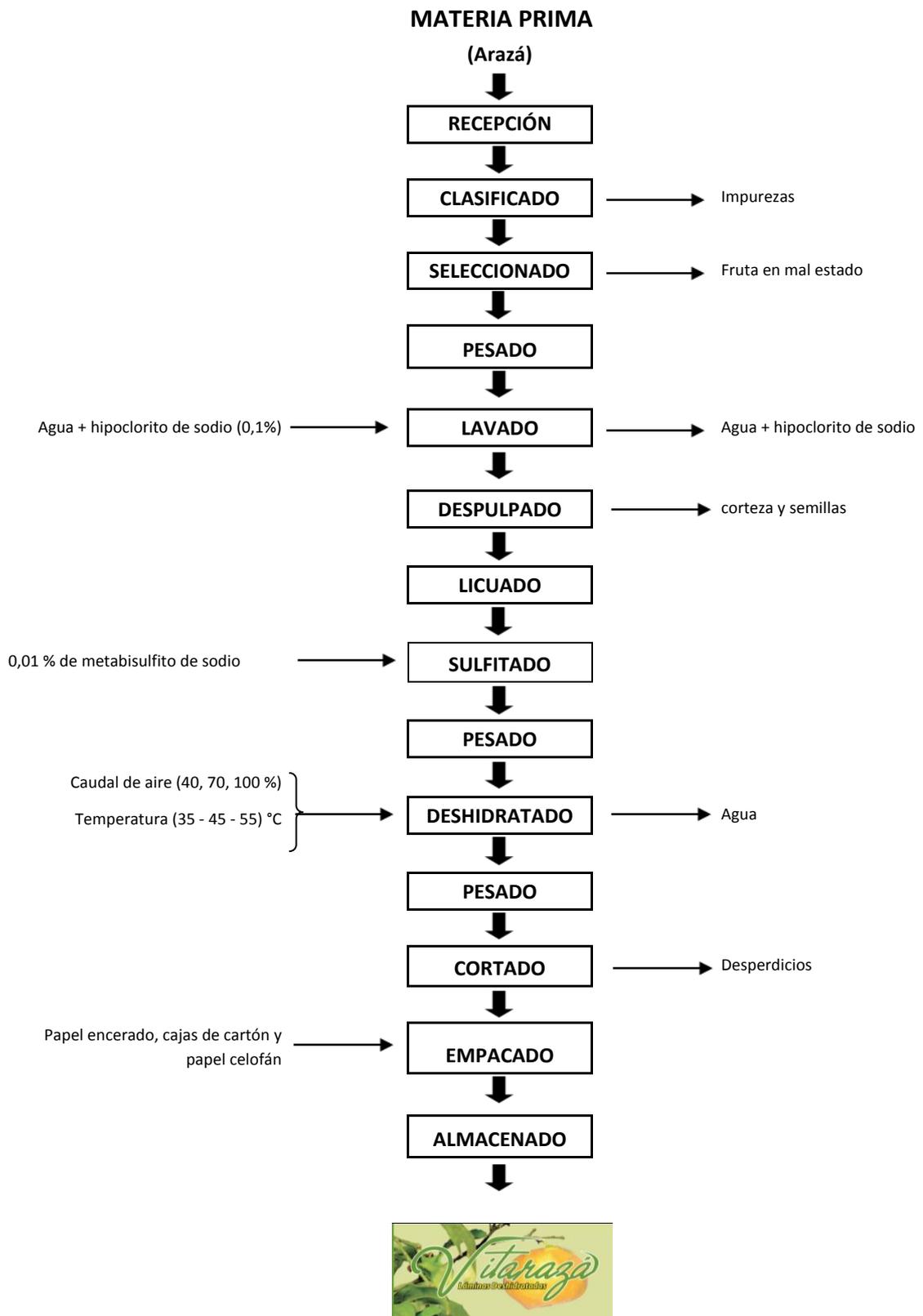
- Vitamina C
- Vitamina A
- Carotenos
- Proteína

- Carbohidratos (azúcar totales)
- Fibra
- Cenizas (Potasio y Hierro)
- Análisis Microbiológico (mohos, levaduras, recuento total de aerobios)

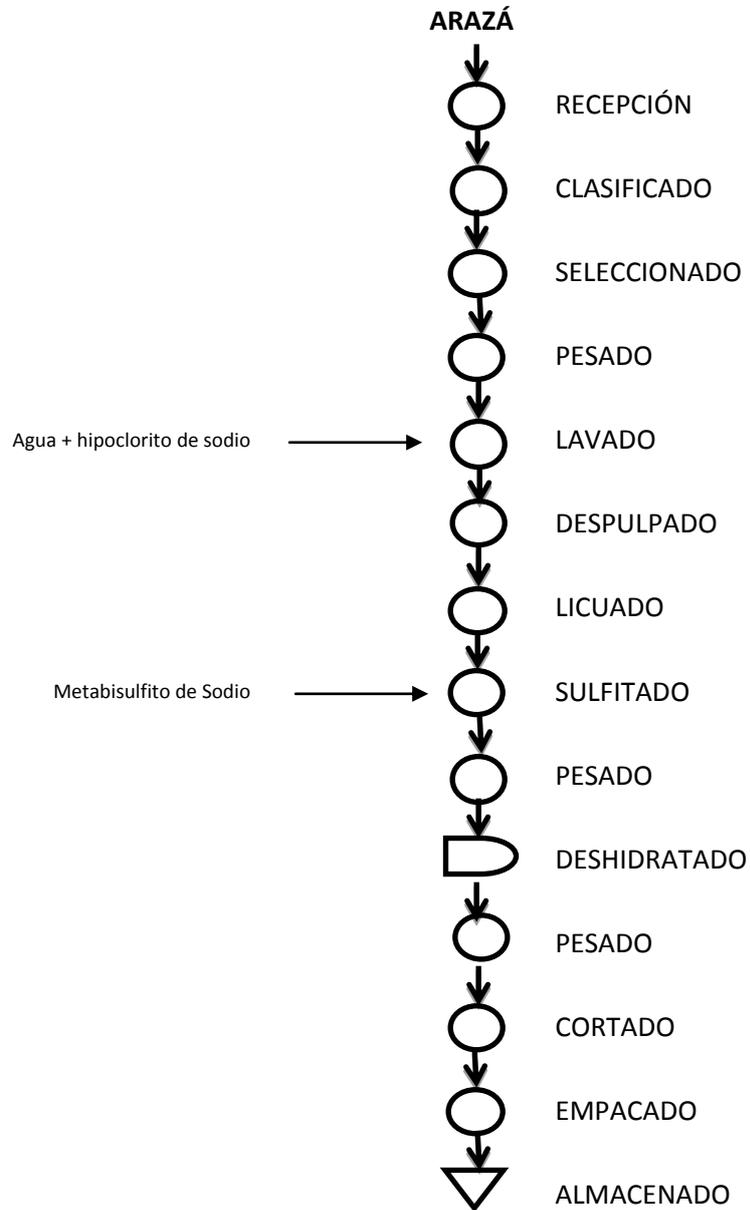
3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Para la obtención de las láminas deshidratadas de Arazá, se aplicó los siguientes diagramas de proceso.

3.3.1 Diagrama de bloques para la elaboración de láminas deshidratadas de Arazá



3.3.2 Diagrama de flujo para la elaboración de láminas deshidratadas de Arazá



3.3.3 Descripción del proceso

Recepción.- la materia prima se recibió en los laboratorios de las unidades productivas, proveniente de Lita en gavetas de plástico que no sobrepasen los 10 Kg. de peso bruto para evitar el maltrato de la fruta.



Fotografía 1: Recepción de la fruta

Se realizó el pesado de la fruta en una balanza, para conocer su peso inicial, con la finalidad de establecer el rendimiento para el producto final.



Fotografía 2: Pesado de la fruta

Clasificado.- se realizó de manera manual, depositando la materia prima en una mesa de clasificación para eliminar las impurezas presentes.



Fotografía 3: Clasificado

Seleccionado.- se tomó en cuenta el color, apariencia y textura, de acuerdo a los parámetros que se indican en Aspectos a evaluarse en el Arazá (marco teórico, numeral 2.1.10.3; pág. 13; Fuente: Empresa la Gamboina), y se eliminó las frutas que no cumplían ciertos parámetros.



Fotografía 4: Seleccionado

Pesado.- Se realizó en una balanza, determinando la cantidad de fruta que ingresa al proceso y la fruta en mal estado e impurezas desechadas.



Fotografía 5: Pesado del arazá

Lavado.- se introdujo la fruta en una tina plástica con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% para eliminar las impurezas presentes en la superficie del producto, y así evitar todo tipo de contaminación.



Fotografía 6: Lavado del arazá

Despulpado.- se procedió a despulpar la fruta de forma manual, ésto consiste en separar la cáscara y las pepas de la fruta.



Fotografía 7: Despulpado del arazá

Pesado.- para obtener rendimientos se realizó el respectivo pesado de la pulpa; cáscara y pepas las cuales fueron desechadas.



Fotografía 8: Pesado de la pulpa

Licuada.- para poder romper la fibra y obtener una pasta más uniforme se procedió a licuar, lo cual permitió su fácil manejo en las bandejas.



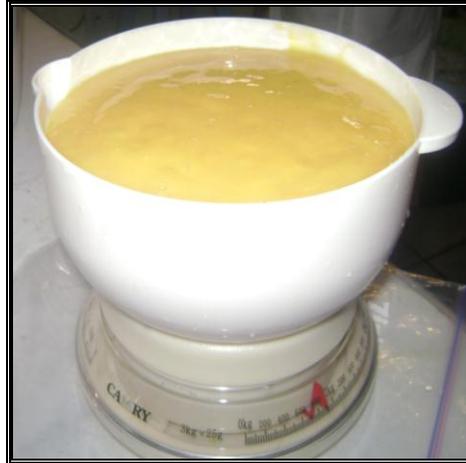
Fotografía 9: Licuado de la pulpa

Sulfitado.- Este proceso se realizó adicionando una solución de metabisulfito de sodio al 0,01%, a temperatura ambiente con el objeto de mejorar la retención de vitamina C y de caroteno, ya que inhibe la oxidación e impide el pardeamiento enzimático, además actúa como antimicrobiano.



Fotografía 10: Sulfitado

Pesado.- Se pesó la cantidad de 3000g de pulpa para cada unidad experimental.



Fotografía 11: Pesado de la pulpa

Deshidratado.- La pulpa fue colocada en bandejas de plástico y se introdujo en el armario de deshidratación, con las siguientes condiciones: temperatura de secado (35, 45, 55,)°C y caudal volumétrico de aire en el secador (0,0537; 0,0672; 0,809)m³/s.



Fotografía 12: Pulpa en las bandejas



Fotografía 13: Pulpa en las bandejas



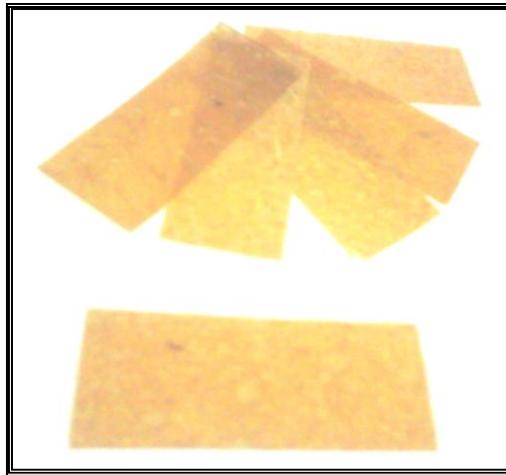
Fotografía 14: Bandejas dentro del Armario de Deshidratación

Pesado.- Se pesó las bandejas en una balanza gramera, para establecer la cantidad de agua eliminada, se realizó el pesado en intervalos de tiempo de 2 horas durante las 10 primeras horas y luego en intervalos de 30 minutos hasta obtener el producto final con un peso constante.



Fotografía 15: láminas de Arazá

Cortado.- se procedió a realizar el corte de las láminas con la ayuda de un estilete, las dimensiones del corte son de 5 cm de largo por 2 cm de ancho y 0,4 mm de espesor.



Fotografía 16: Cortado de las láminas

Empacado.- Se realizó de forma manual, envolviendo las láminas con papel encerado y formando grupos de 20 láminas, para luego ser empacadas en cajas de cartón y selladas con papel celofán.



Fotografía 17: Empacado de las láminas

Almacenado.- El producto terminado se guardó en un lugar oscuro y seco, para evitar su deterioro, se procedió a realizar los análisis físico – químicos y microbiológicos a los 3 mejores tratamientos.



Fotografía 18: Almacenado

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo de investigación “Obtención de láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)”, se dan a conocer los resultados obtenidos.

VARIABLES EVALUADAS

4.1 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS EVALUADAS

La determinación de las variables cuantitativas se realizó en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Las variables fueron evaluadas en la materia prima y en el producto final (láminas deshidratadas de Arazá).

Cuadro 9: Variables Cuantitativas de la Materia Prima

VARIABLES	CANTIDAD
Humedad	87 %
pH	2,75
° Brix	2,5 ° Brix
Peso	3000g

Fuente: Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (2010)

Para la desarrollo de la fase experimental se utilizó el armario de secado.

4.2 PESO DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO

Para la determinación del peso en función del tiempo, se pesan y se distribuyen 3000g de pulpa en bandejas de plástico y se colocaron dentro del armario de secado, tomando datos de peso cada 2 horas durante las 10 primeras horas del deshidratado y posteriormente cada 30 minutos, hasta obtener peso constante.

A continuación se detallan los valores medidos al final del proceso de deshidratación:

Cuadro 10: Peso (g) de las láminas al final proceso

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1 A1B1	396,00	395,00	396,00	1187,000	396,00
T2 A1B2	397,00	395,00	397,00	1189,000	396,333
T3 A1B3	392,00	394,00	393,00	1179,000	393,00
T4 A2B1	404,00	403,00	405,00	1212,000	404,00
T5 A2B2	402,00	401,00	403,00	1206,000	402,000
T6 A2B3	403,00	402,00	404,00	1209,000	403,00
T7 A3B1	405,00	404,00	403,00	1212,000	404,00
T8 A3B2	405,00	403,00	404,00	1212,000	404,000
T9 A3B3	403,00	404,00	402,00	1209,000	403,00
SUMA REP.	3607,00	3601,00	3607,00	10815,000	400,592

Cuadro 11: Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F.T 1%
TOTAL	26	347,407					
Tratam.	8	333,407	41,676	53,583	**	2,51	3,71
FA(Temperatura de secado)	2	324,519	162,259	208,619	**	3,55	6,01
FB(Caudal del aire)	2	7,185	3,593	4,619	*	3,55	6,01
I (AxB)	4	1,704	0,426	0,548	NS	2,93	4,58
ERROR EXP.	18	14,000	0,778				

CV: 0,220 %

** : Alta significancia

* : Significancia

NS: no significancia

Al realizar el ADEVA se aprecia alta significación estadística para tratamientos, para el factor **A** (Temperatura de secado) y para el factor **B** (Caudal volumétrico del aire en el secador) significación estadística al 5%; es decir, que el peso del producto terminado depende de la temperatura de secado y del caudal volumétrico del aire en el secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y DMS para los factores **A** (Temperatura de secado) y **B** (Caudal volumétrico del aire en el secador).

Cuadro 12: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS (g)	RANGOS
T7	404,000	a
T8	404,000	a
T4	404,000	a
T9	403,000	a
T6	403,000	a
T5	402,000	a
T1	396,000	b
T2	396,333	b
T3	393,000	b

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se observa que **T7** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T4** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T9** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del

aire en el secador $0,0809\text{m}^3/\text{s}$), **T6** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador $0,0809\text{m}^3/\text{s}$), **T5** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador $0,0672\text{m}^3/\text{s}$), poseen rango **a**. Es decir que entre los tratamientos de este rango únicamente existe diferencia matemática en las medias calculadas.

Cuadro 13: Prueba DMS para el factor A (Temperatura de secado)

FACTOR A	MEDIAS (g)	RANGOS
A3	403,666	a
A2	403,000	a
A1	395,111	b

Al realizar DMS para el factor **A**, se concluye que **A3** (temperatura de secado 55°C) y **A2** (temperatura de secado 45°C) son los mejores niveles, ya que presentan mayor rendimiento en peso con relación al nivel **A1**. Es decir, que el peso del producto terminado depende de la temperatura del secador.

Cuadro 14: Prueba DMS para el factor B (Caudal volumétrico del aire en el secador)

FACTOR B	MEDIAS (g)	RANGOS
B1	401,333	a
B2	400,777	a
B3	399,666	b

Al realizar DMS para el factor **B**, se observa que **B1** (caudal volumétrico del aire en el secador $0,0537\text{m}^3/\text{s}$), y **B2** (caudal volumétrico del aire en el secador $0,0672\text{m}^3/\text{s}$) son los mejores niveles, ya que presentan mayor rendimiento en peso con relación al nivel **B3**. Es decir, que el peso del producto terminado depende del caudal volumétrico del aire en el secador.

Gráfico 1: Representación gráfica de la variable peso (g) de las láminas deshidratadas de Arazá al final del proceso



En el gráfico anterior, se aprecia que **T7** (temperatura de secado 55 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T4** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T9** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T6** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T5** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), son los tratamientos que mayor rendimiento en peso presentan en el producto terminado.

4.3 pH DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO

La determinación de los valores de pH de las láminas deshidratadas para cada tratamiento se realizó en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

En el siguiente cuadro se detallan los valores medidos en la variable pH en el producto terminado.

Cuadro 15: Potencial Hidrogeno (pH) de las láminas al final del proceso

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1 A1B1	3,78	4,22	4,12	12,120	4,040
T2 A1B2	3,51	3,83	3,11	10,450	3,483
T3 A1B3	4,32	4,26	4,16	12,740	4,247
T4 A2B1	3,47	3,75	3,56	10,780	3,593
T5 A2B2	3,48	3,55	3,54	10,570	3,523
T6 A2B3	3,40	3,47	3,31	10,180	3,393
T7 A3B1	3,48	3,51	3,65	10,640	3,547
T8 A3B2	3,43	3,36	3,44	10,230	3,410
T9 A3B3	3,54	3,61	3,52	10,670	3,557
SUMA REP.	32,41	33,56	32,41	98,380	3,644

Cuadro 16: Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F.T 1%
TOTAL	26	2,554					
Tratam.	8	2,093	0,262	10,214	**	2,51	3,71
FA(Temperatura de secado)	2	1,056	0,528	20,605	**	3,55	6,01
FB(Caudal del aire)	2	0,397	0,199	7,752	**	3,55	6,01
I (AxB)	4	0,640	0,160	6,249	**	2,93	4,58
ERROR EXP.	18	0,461	0,026				

CV: 4,392 %

** : Alta significancia

Al realizar el ADEVA se aprecia alta significación estadística para tratamientos, para el factor **A** (temperatura de secado), y para el factor **B** (caudal volumétrico del aire en el secador) e interacción. Es decir, que el pH del producto terminado depende de la temperatura de secado y del caudal volumétrico del aire en el secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y DMS para los factores **A** y **B**.

Cuadro 17: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS (pH)	RANGOS
T3 A1B3	4,247	a
T1 A1B1	4,040	a
T4 A2B1	3,593	b
T9 A3B3	3,557	b
T7 A3B1	3,547	b
T5 A2B2	3,523	b
T2 A1B2	3,483	b
T8 A3B2	3,410	b
T6 A2B3	3,393	b

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se observa que **T4** (temperatura de secado 45 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T9** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T7** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T5** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T2** (temperatura de secado 35°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y

caudal volumétrico del aire en el secador $0,0672\text{m}^3/\text{s}$), **T6** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador $0,0809\text{m}^3/\text{s}$), poseen rango **b**. Es decir que entre los tratamientos de este rango únicamente existe diferencia matemática en las medias calculadas.

Cuadro 18: Prueba DMS para el factor A (Temperatura de secado)

FACTOR A	MEDIAS (pH)	RANGOS
A1	3,920	a
A2	3,500	b
A3	3,500	b

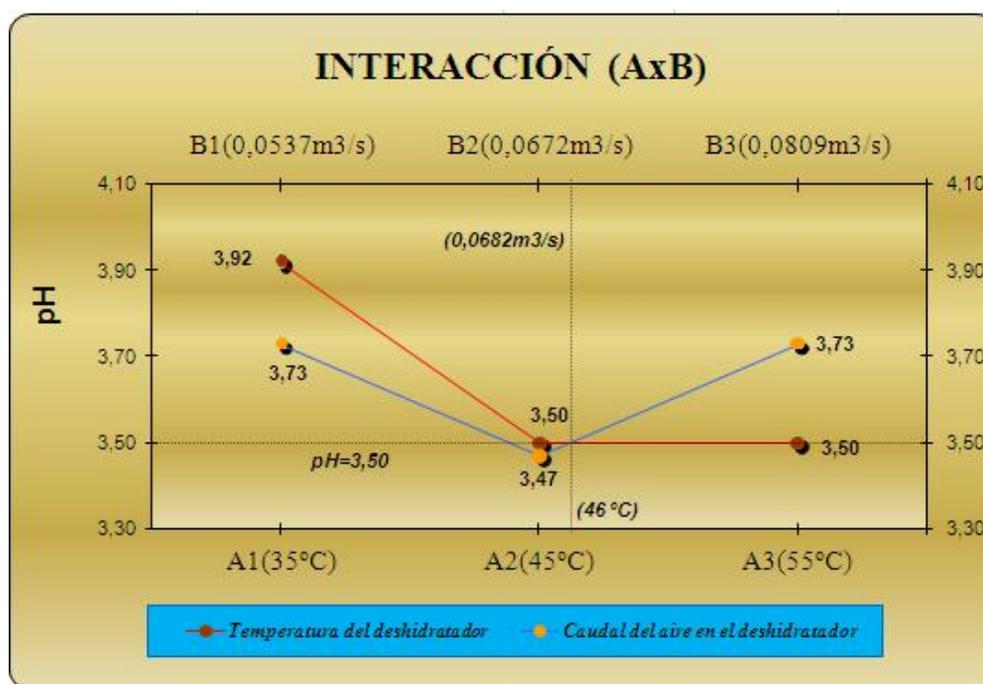
Al realizar DMS para el factor **A**, se concluye que **A3** (temperatura de secado 55°C) y **A2** (temperatura de secado 45°C), son los mejores niveles, ya que presentan menor pH con relación al nivel **A1**. Es decir, que a estas temperaturas (45°C y 55°C) el pH del producto terminado es más ácido.

Cuadro 19: Prueba DMS para el factor B (Caudal volumétrico del aire en el secador)

FACTOR B	MEDIAS (pH)	RANGOS
B3	3,732	a
B1	3,727	a
B2	3,470	a

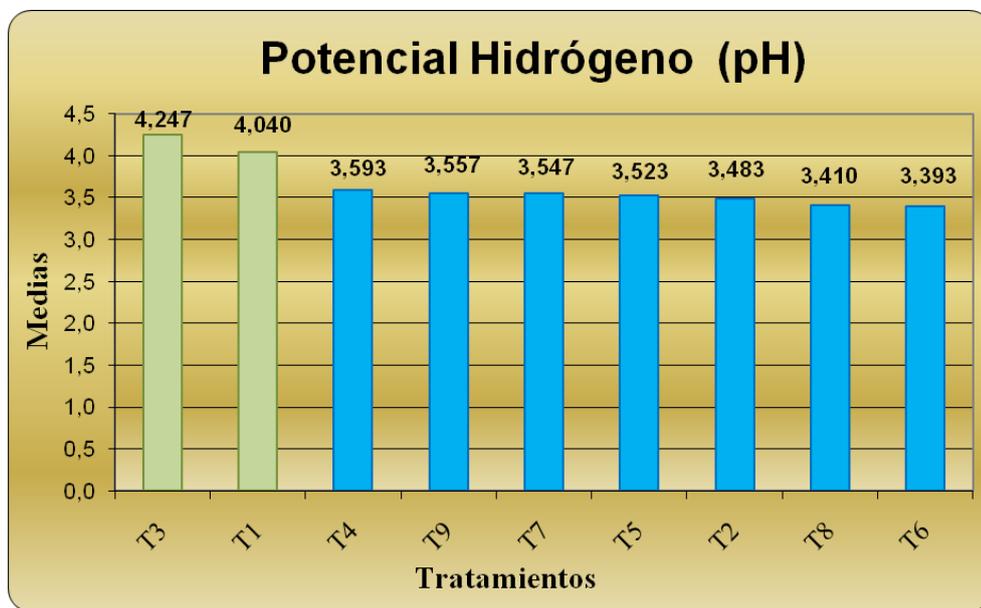
Al realizar DMS para el factor **B**, se observa que **B2** (caudal volumétrico del aire en el secador $0,0672\text{m}^3/\text{s}$), **B1** (caudal volumétrico del aire en el secador $0,0537\text{m}^3/\text{s}$) y **B3** (caudal volumétrico del aire en el secador $0,0809\text{m}^3/\text{s}$) son los mejores niveles con relación al rango, matemáticamente el mejor nivel es **B2** (caudal volumétrico del aire en el secador $0,0672\text{m}^3/\text{s}$); ya que en este nivel presenta un pH mas bajo. Es decir, que el pH del producto terminado no depende del caudal volumétrico del aire en el secador.

Gráfico 2: Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Caudal volumétrico del aire en el secador) en la variable pH de las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **B** (Caudal volumétrico del aire en el secador) en la variable pH del producto terminado es 3,5. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 46 °C y el caudal volumétrico del aire en el secador de 0,0682m³/s, lo cual significa que a estas condiciones de secado mantenemos un pH óptimo para el Arazá deshidratado.

Gráfico 3: Representación gráfica de la variable pH en las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se aprecia que **T4** (temperatura de secado 45 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T9** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T7** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T5** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T2** (temperatura de secado 35°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T6** (temperatura de secado 45 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s) son los tratamientos que menor pH presentan en el producto terminado.

4.4 HUMEDAD EN LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO

En el siguiente cuadro se detallan los valores medidos en la variable Humedad en el producto terminado.

Cuadro 20: Humedad (°H) de las láminas al final del proceso

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1 A1B1	11,8660	11,9200	11,9032	35,6892	11,8964
T2 A1B2	11,9060	11,8570	11,8740	35,6370	11,8790
T3 A1B3	11,8010	11,8940	11,9000	35,5950	11,8650
T4 A2B1	12,1250	12,0890	12,1540	36,3680	12,1227
T5 A2B2	12,0650	12,0567	12,0623	36,1840	12,0613
T6 A2B3	12,0790	12,0680	12,0710	36,2180	12,0727
T7 A3B1	12,1368	12,1290	12,1290	36,3948	12,1316
T8 A3B2	12,1220	12,1340	12,1160	36,3720	12,1240
T9 A3B3	12,0980	12,1050	12,1030	36,3060	12,1020
SUMA REP.	108,1988	108,2527	108,3125	324,7640	12,0283

Cuadro 21: Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F.T 1%
TOTAL	26	0,322					
Tratam.	8	0,311	0,039	61,422	**	2,51	3,71
FA(Temperatura de secado)	2	0,301	0,151	238,340	**	3,55	6,01
FB(Caudal del aire)	2	0,007	0,003	5,372	*	3,55	6,01
I (AxB)	4	0,002	0,001	0,988	NS	2,93	4,58
ERROR EXP.	18	0,011	0,001				

CV: 0,209 %

** : Alta significancia

* : Significancia

NS : no significancia

Al realizar el ADEVA se aprecia alta significación estadística para tratamientos, factor **A** (temperatura de secado) y para el factor **B** (caudal volumétrico del aire en el secador) significación estadística al 5%. Es decir, que la humedad del producto terminado depende de la temperatura de secado y del caudal volumétrico del aire en el secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y DMS para el factor **A** y **B**.

Cuadro 22: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS (%)	RANGOS
T7 A3B1	12,132	a
T8 A3B2	12,124	a
T4 A2B1	12,123	a
T9 A3B3	12,102	a
T6 A2B3	12,073	a
T5 A2B2	12,061	a
T1 A1B1	11,896	b
T2 A1B2	11,879	b
T3 A1B3	11,865	b

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se observa que **T7** (temperatura de secado 55 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T4** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T9** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T6** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T5** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), poseen rango **a**. Es decir que entre los tratamientos de este rango únicamente existe diferencia matemática en las medias calculadas y los valores de humedad están dentro de las normas para frutas deshidratadas.

Cuadro 23: Prueba DMS para el factor A (Temperatura de secado)

FACTOR A	MEDIAS (%)	RANGOS
A3	12,119	a
A2	12,086	a
A1	11,880	b

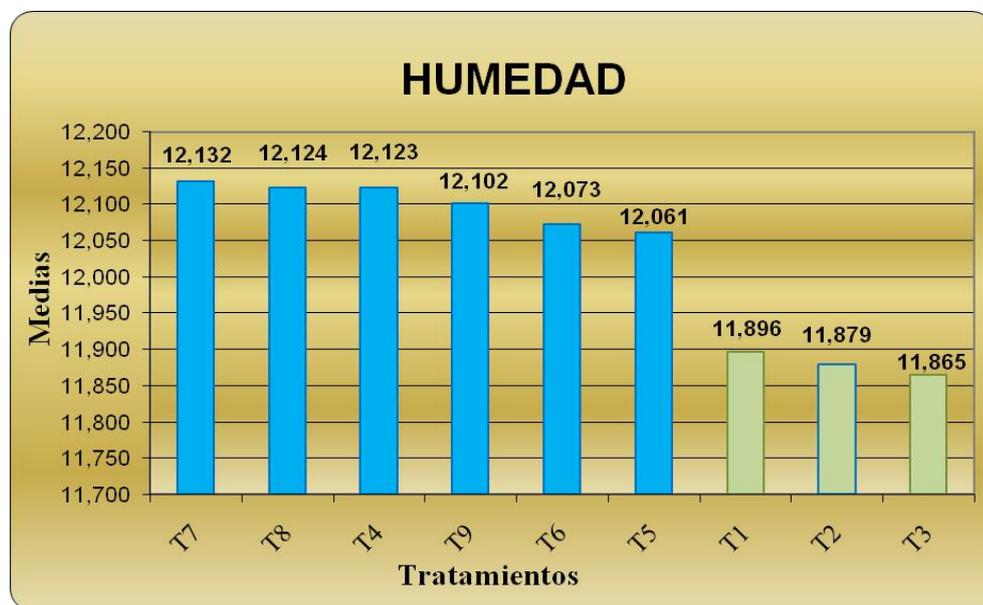
Al realizar DMS para el factor **A**, se concluye que **A3** (temperatura de secado 55°C) y **A2** (temperatura de secado 45°C) son los mejores niveles. Es decir, que la humedad del producto terminado depende de la temperatura del secador.

Cuadro 24: Prueba DMS para el factor B (Caudal volumétrico del aire en el secador)

FACTOR B	MEDIAS (%)	RANGOS
B1	12,050	a
B2	12,021	a
B3	12,013	a

Al realizar DMS para el factor **B**, se observa que **B1** (caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **B2** (caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s) y **B3** (caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), presentan el mismo rango, existiendo una mínima diferencia matemática.

Gráfico 4: Representación gráfica de la variable humedad en las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se aprecia que **T7** (temperatura de secado 55 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T4** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T9** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T6** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), **T5** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), son los tratamientos que mejor porcentaje de humedad presentan en el producto terminado.

4.5 TIEMPO EN LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO

En el siguiente cuadro se detallan los valores medidos en la variable tiempo en el producto terminado.

Cuadro 25: Tiempo (h) de las láminas al final del proceso

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1 A1B1	29,00	28,50	28,00	85,500	28,500
T2 A1B2	22,50	23,00	23,00	68,500	22,833
T3 A1B3	22,00	22,00	22,00	66,000	22,000
T4 A2B1	18,50	18,50	19,00	56,000	18,667
T5 A2B2	16,50	16,50	16,00	49,000	16,333
T6 A2B3	15,50	15,00	15,50	46,000	15,333
T7 A3B1	13,50	13,50	13,50	40,500	13,500
T8 A3B2	11,00	11,00	11,50	33,500	11,167
T9 A3B3	10,50	10,50	10,00	31,000	10,333
SUMA REP.	159,00	158,50	158,50	476,000	17,630

Cuadro 26: Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F.T 1%
TOTAL	26	854,796					
Tratam.	8	853,296	106,662	1279,944	**	2,51	3,71
FA(Temperatura de secado)	2	744,519	372,259	4467,111	**	3,55	6,01
FB(Caudal del aire)	2	94,296	47,148	565,778	**	3,55	6,01
I (AxB)	4	14,481	3,620	43,444	**	2,93	4,58
ERROR EXP.	18	1,500	0,083				

CV: 1,637 %

** : Alta significancia

Al realizar el ADEVA se aprecia alta significación estadística para tratamientos, factor **A** (temperatura de secado), factor **B** (caudal volumétrico del aire en el secador) e interacciones. Es decir, que el tiempo del producto terminado depende de la temperatura de secado y del caudal volumétrico del aire en el secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y DMS para los factores **A** y **B**.

Cuadro 27: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS (h)	RANGOS
T1 A1B1	28,500	a
T2 A1B2	22,833	b
T3 A1B3	22,000	c
T4 A2B1	18,667	d
T5 A2B2	16,333	e
T6 A2B3	15,333	f
T7 A3B1	13,500	g
T8 A3B2	11,167	h
T9 A3B3	10,333	i

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se observa que todos los tratamientos poseen rangos diferentes. Es decir que entre los tratamientos existe diferencia estadística y matemática en las medias calculadas.

Cuadro 28: Prueba DMS para el factor A (Temperatura de secado)

FACTOR A	MEDIAS (h)	RANGOS
A1	24,440	a
A2	16,780	b
A3	11,670	c

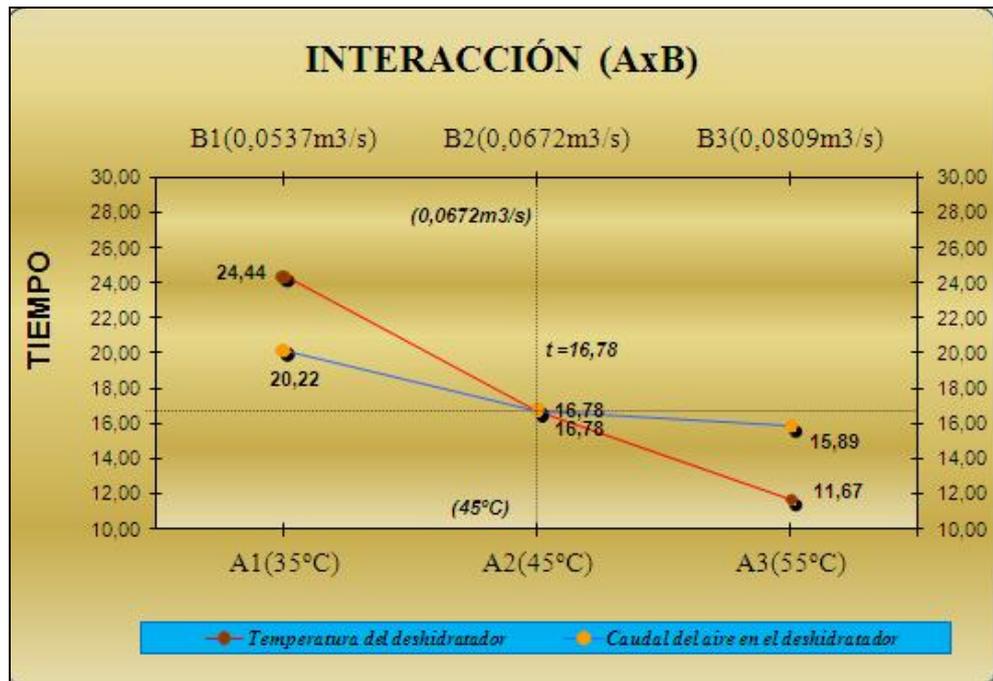
Al realizar DMS para el factor **A**, se concluye que **A3** (temperatura de secado 55°C) es el mejor nivel. Es decir, que el tiempo es directamente proporcional a la temperatura del secador.

Cuadro 29: Prueba DMS para el factor B (Caudal volumétrico del aire en el secador)

FACTOR B	MEDIAS (h)	RANGOS
B1	20,220	a
B2	16,780	b
B3	15,890	c

Al realizar DMS para el factor **B**, se observa que **B3** (caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s) es el mejor nivel. Es decir, que el tiempo del producto terminado depende del caudal volumétrico del aire en el secador.

Gráfico 5: Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Caudal volumétrico del aire en el secador) en la variable tiempo en las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **B** (Caudal volumétrico del aire en el secador) en la variable tiempo del producto terminado es 16,7 horas. Es decir, que éste valor interactúa directamente entre la temperatura del secado de 45 °C y el caudal volumétrico del aire en el secador de 0,0672m³/s.

Gráfico 6: Representación gráfica de la variable tiempo (h) en las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se observa que la temperatura de secado y el caudal volumétrico del aire en el secador influyen netamente en la variable tiempo, por lo que se aprecia que **T9** (temperatura de secado 55 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809m³/s), es el tratamiento que presenta menor tiempo de deshidratación.

4.6 SÓLIDOS SOLUBLES EN LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ AL FINAL DEL PROCESO

En el siguiente cuadro se detallan los valores medidos en la variable Sólidos Solubles en el producto terminado.

Cuadro 30: Sólidos solubles (°B) en las láminas al final del proceso

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1 A1B1	35,50	34,00	34,00	103,500	34,500
T2 A1B2	35,50	36,00	33,00	104,500	34,833
T3 A1B3	36,50	34,00	31,50	102,000	34,000
T4 A2B1	47,50	49,50	49,00	146,000	48,667
T5 A2B2	42,50	40,00	37,50	120,000	40,000
T6 A2B3	45,00	46,00	47,50	138,500	46,167
T7 A3B1	55,00	55,00	54,00	164,000	54,667
T8 A3B2	54,00	55,00	52,50	161,500	53,833
T9 A3B3	47,00	46,50	46,50	140,000	46,667
SUMA REP.	398,50	396,00	385,50	1180,000	43,704

Cuadro 31: Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F.T 1%
TOTAL	26	1641,630					
Tratam.	8	1600,630	200,079	87,839	**	2,51	3,71
FA(Temperatura de secado)	2	1364,130	682,065	299,443	**	3,55	6,01
FB(Caudal del aire)	2	69,463	34,731	15,248	*	3,55	6,01
I (AxB)	4	167,037	41,759	18,333	**	2,93	4,58
ERROR EXP.	18	41,000	2,278				

CV: 3,453 %

** : Alta significancia

* : Significancia

Al realizar el ADEVA se aprecia alta significación estadística para tratamientos, factor **A** (temperatura de secado), interacciones y para el factor **B** (caudal volumétrico del aire en el secador) significación estadística al 5%. Es decir, que los sólidos solubles del producto terminado dependen de la temperatura de secado y del caudal volumétrico del aire en el secador.

Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y DMS para los factores **A** y **B**.

Cuadro 32: Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS (°B)	RANGOS
T7 A3B1	54,667	a
T8 A3B2	53,833	a
T4 A2B1	48,667	b
T9 A3B3	46,667	b
T6 A2B3	46,167	b
T5 A2B2	40,000	c
T2 A1B2	34,833	d
T1 A1B1	34,500	d
T3 A1B3	34,000	d

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se observa que **T7** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), poseen rango **a**. Es decir que entre los tratamientos de este rango únicamente existe diferencia matemática en las medias calculadas.

Cuadro 33: Prueba DMS para el factor A (Temperatura de secado)

FACTOR A	MEDIAS (°B)	RANGOS
A3	51,720	a
A2	44,940	b
A1	34,440	c

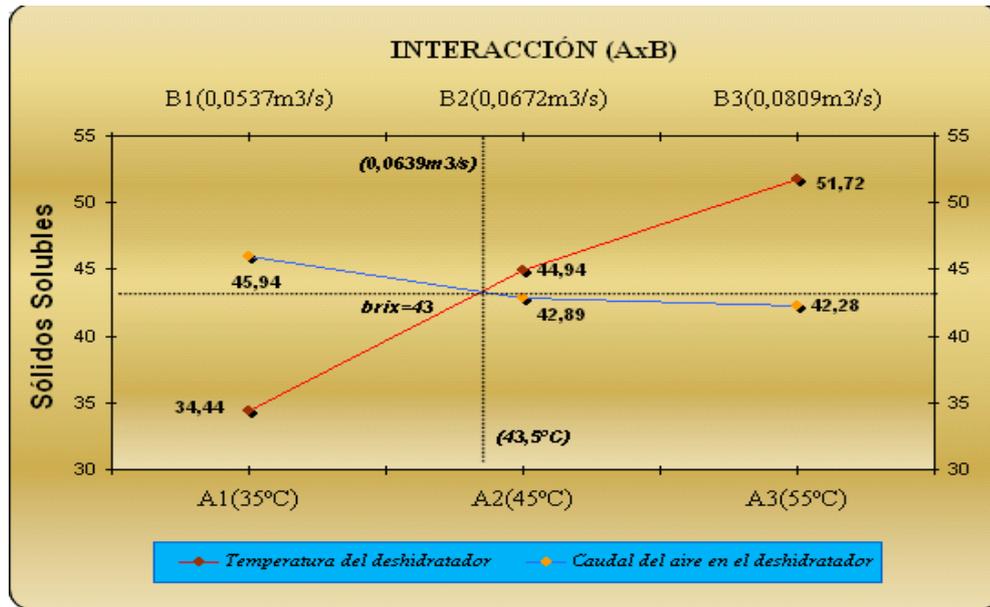
Al realizar DMS para el factor **A**, se concluye que **A3** (temperatura de secado 55°C) es el mejor nivel. Es decir, que los sólidos solubles del producto terminado dependen de la temperatura de secado, ya que a mayor temperatura de secado mayor es la concentración de sólidos solubles.

Cuadro 34: Prueba DMS para el factor B (Caudal volumétrico del aire en el secador)

FACTOR B	MEDIAS (°B)	RANGOS
B1	45,940	a
B2	42,890	b
B3	42,280	b

Al realizar DMS para el factor **B**, se observa que **B1** (caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s) es el mejor nivel. Es decir, que a menor caudal volumétrico del aire mayor es la concentración de sólidos solubles.

Gráfico 7: Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Caudal volumétrico del aire en el secador) en la variable sólidos solubles en las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura del secador) y **B** (Caudal volumétrico del aire en el secador) en la variable sólidos solubles del producto terminado es 43 °B. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 42,5 °C y el caudal volumétrico del aire en el secador de 0,0639m³/s, lo cual es recomendable para aprovechar recursos como tiempo y dinero para el proceso de secado de Arazá.

Gráfico 8: Representación gráfica de la variable sólidos solubles (°B) en las láminas deshidratadas de Arazá



En el gráfico anterior, se aprecia que **T7** (temperatura de secado 55 °C y Caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672m³/s), **T4** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537m³/s); son los tratamientos que mayor sólidos solubles presentan en el producto terminado.

4.7 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

El análisis sensorial del producto terminado, se realizó con la finalidad de evaluar las características organolépticas como: color, olor, sabor y textura, y así determinar los tres mejores tratamientos según la aceptabilidad del panel degustador; el mismo que estuvo conformado por diez personas.

Las hojas de encuesta para la evaluación sensorial de las láminas de Arazá deshidratadas se detallan en el Anexo 2.

4.7.1 Color

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial del producto terminado, se detallan en el Anexo 3.

Gráfico 9: Caracterización del color en el producto terminado

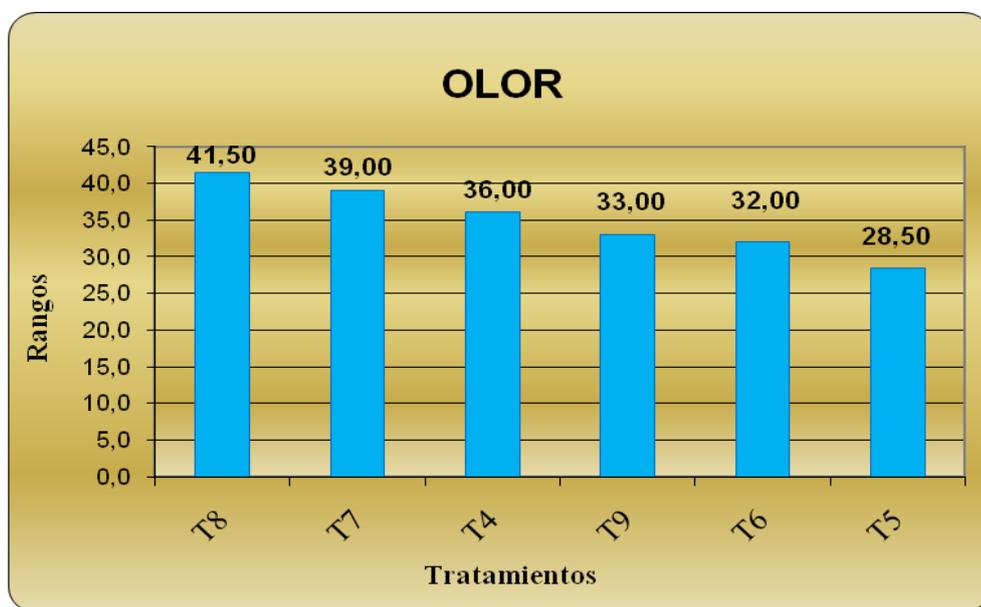


Al observar el gráfico anterior, se aprecia que **T7** (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), es el tratamiento que más aceptabilidad en color tuvo por parte del panel degustador; seguido de **T8** (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0672 m³/s) y **T4** (temperatura de secado 45 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.7.2 Olor

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial del producto terminado, se detallan en el Anexo 4.

Gráfico 10: Caracterización del olor en el producto terminado



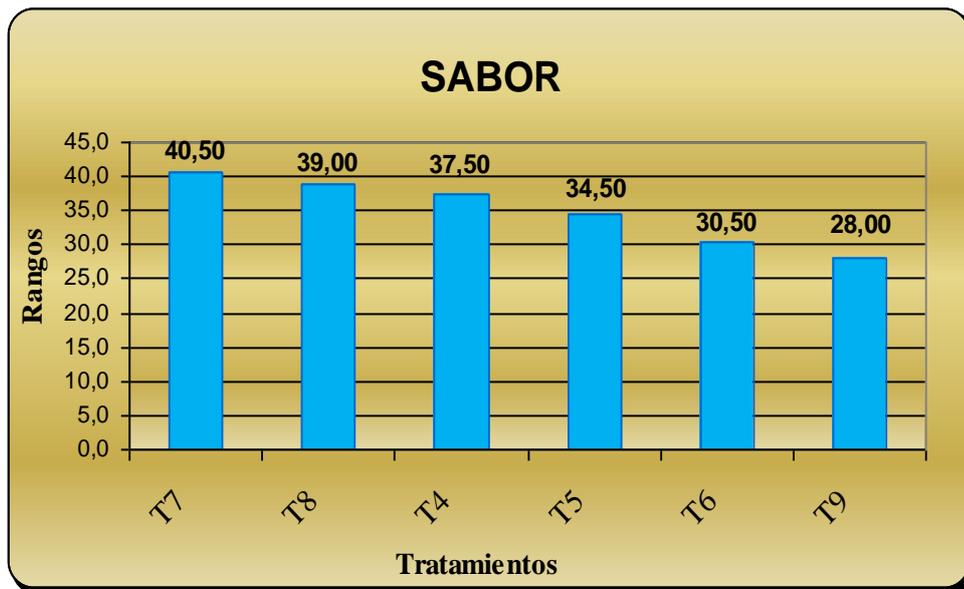
En el gráfico anterior, se observa que **T8** (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0672 m³/s), es el tratamiento que más aceptabilidad en olor tuvo por parte del panel degustador; seguido de **T7** (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537

m³/s) y **T4** (temperatura de secado 45 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.7.3 Sabor

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial del producto terminado, se detallan en el Anexo 5.

Gráfico 11: Caracterización del sabor en el producto terminado

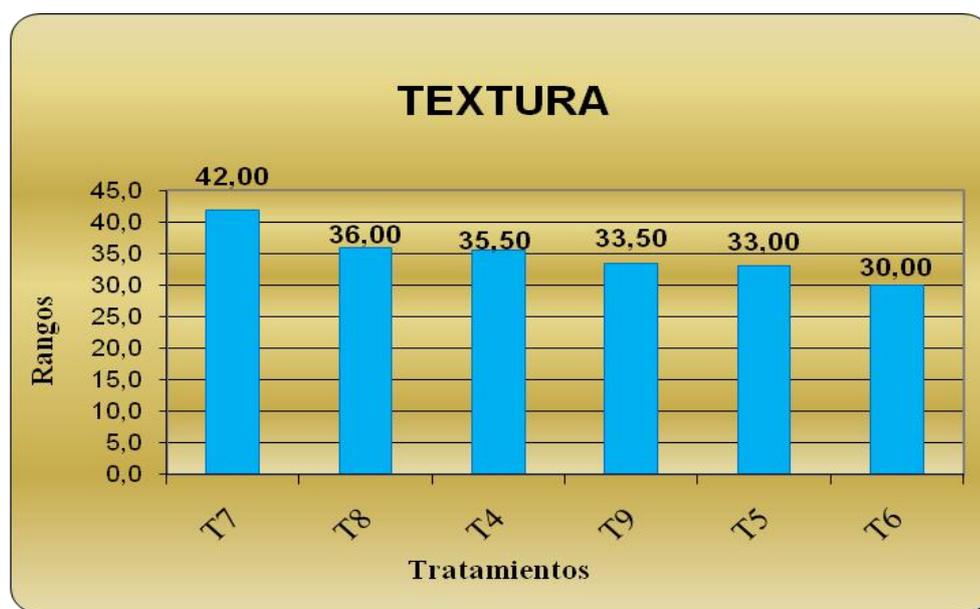


Al observar el gráfico anterior, se aprecia que **T7** (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), es el tratamiento que más aceptabilidad en sabor tuvo por parte del panel degustador; seguido de **T8** (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0672 m³/s) y **T4** (temperatura de secado 45 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.7.4 Textura

Los rangos tabulados luego de la evaluación sensorial del producto terminado, se detallan en el Anexo 6.

Gráfico 12: Caracterización de la textura en el producto terminado



En el gráfico anterior, se aprecia que **T7** (temperatura en el secador 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), es el tratamiento que más aceptabilidad en textura tuvo por parte del panel degustador; seguido de **T8** (temperatura en el secador 55 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0672 m³/s) y **T4** (temperatura en el secador 45 °C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s); tuvieron mayor aceptabilidad, definiéndose así los tres mejores tratamientos en esta variable evaluada.

Para determinar si existe o no significación estadística en las variables de la evaluación sensorial anteriormente descritas, se realizó el análisis de Friedman al 5 %. Los valores obtenidos se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 35: Análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial

VARIABLE	VALOR CALCULADO X²	VALOR TABULAR X² (5%)	SIGN.
COLOR	2,043	16,9	NS
OLOR	3,27	16,9	NS
SABOR	3,49	16,9	NS
TEXTURA	2,33	16,9	NS

Como se puede apreciar en el análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial; el color, sabor, olor y textura no tuvieron significación estadística; es decir que todos los tratamientos de estas variables son estadísticamente iguales.

4.8 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DESHIDRATADO PARA LÁMINAS DE ARAZÁ (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)

4.8.1 Curva de deshidratado para T1 (temperatura de secado 35 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537 m³/s)

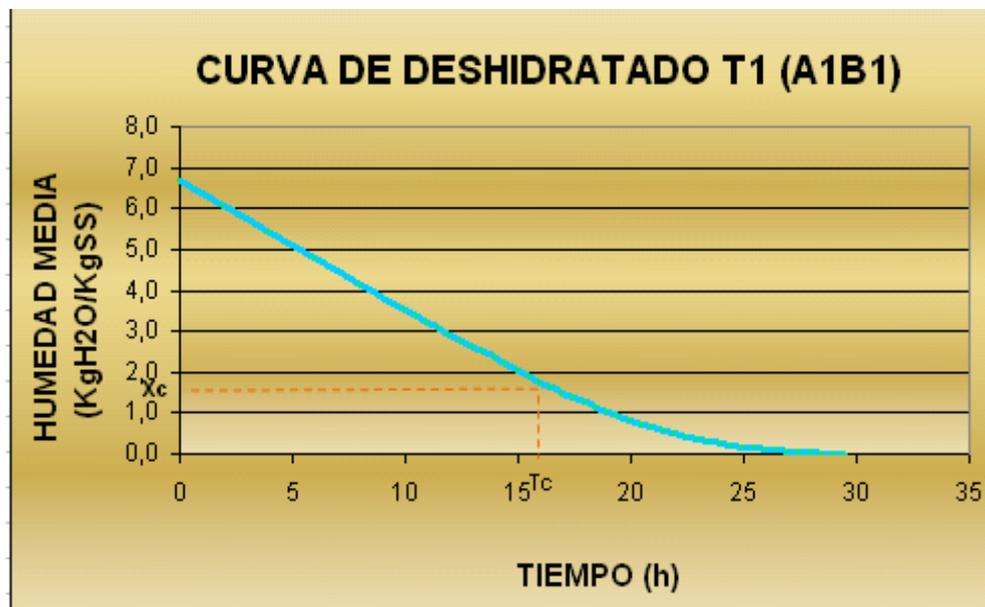
Para el tratamiento uno el tiempo de deshidratado para obtener peso constante fue de 29,5 horas.

Cuadro 36: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T1 (A1B1)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm
0	3000	6,6923		
2	2748	6,0462	6,3692	0,2586
4	2498	5,4051	5,7256	0,2566
6	2251	4,7718	5,0885	0,2535
8	2006	4,1436	4,4577	0,2514
10	1765	3,5256	3,8346	0,2473
10,5	1705	3,3718	3,4487	0,2463
11	1646	3,2205	3,2962	0,2422
11,5	1587	3,0692	3,1449	0,2422
12	1529	2,9205	2,9949	0,2381
12,5	1471	2,7718	2,8462	0,2381
13	1413	2,6231	2,6974	0,2381
13,5	1356	2,4769	2,5500	0,2340
14	1299	2,3308	2,4038	0,2340
14,5	1242	2,1846	2,2577	0,2340
15	1186	2,0410	2,1128	0,2299
15,5	1130	1,8974	1,9692	0,2299
16	1075	1,7564	1,8269	0,2258
16,5	1023	1,6231	1,6897	0,2135
17	973	1,4949	1,5590	0,2053
17,5	925	1,3718	1,4333	0,1970
18	878	1,2513	1,3115	0,1929
18,5	833	1,1359	1,1936	0,1847
19	791	1,0282	1,0821	0,1724
19,5	751	0,9256	0,9769	0,1642
20	713	0,8282	0,8769	0,1560
20,5	677	0,7359	0,7821	0,1478

21	643	0,6487	0,6923	0,1396
21,5	612	0,5692	0,6090	0,1273
22	582	0,4923	0,5308	0,1232
22,5	555	0,4231	0,4577	0,1108
23	530	0,3590	0,3910	0,1026
23,5	508	0,3026	0,3308	0,0903
24	488	0,2513	0,2769	0,0821
24,5	471	0,2077	0,2295	0,0698
25	456	0,1692	0,1885	0,0616
25,5	443	0,1359	0,1526	0,0534
26	431	0,1051	0,1205	0,0493
26,5	422	0,0821	0,0936	0,0369
27	414	0,0615	0,0718	0,0328
27,5	408	0,0462	0,0538	0,0246
28	403	0,0333	0,0397	0,0205
28,5	399	0,0231	0,0282	0,0164
29	396	0,0154	0,0192	0,0123
29,5	396	0,0154	0,0154	0,0000

Gráfico 13: Curva de deshidratado T1 (A1B1)



4.8.1.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0066x^2 - 0,4404x + 7,2234$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos ver anexo 20 y 21.

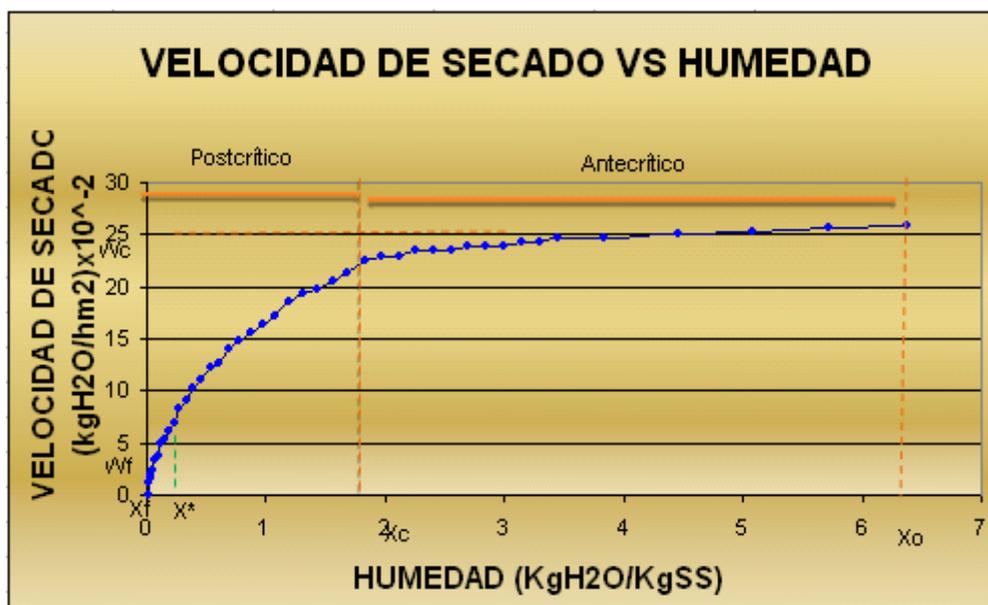
4.8.1.2 Humedad y velocidad de secado para T1

Para obtener la Humedad en ($\text{KgH}_2\text{O/Kg.s.s}$) y la velocidad de secado en ($\text{KgH}_2\text{O/hm}^2$), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 7 y 8.

4.8.1.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T1

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 14: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T1



En el gráfico se puede observar un tiempo antecrítico de 16,6 horas, el cual empieza en la humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y concluye en la humedad crítica ($X_c = 1,6897$), con una velocidad de secado ($W_c = 0,2412$). El tiempo poscrítico con una duración de 17,38 horas, empieza a partir de la humedad crítica

($X_c = 1,6897$) y termina en la humedad final ($X_f = 0,0192$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,0123$) y una humedad de equilibrio ($X^* = 0,19$), la cual es más alta que la humedad final debido a que el Arazá es un producto higroscópico.

4.8.2 Curva de deshidratado para T2 (temperatura de secado 35 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672 m³/s)

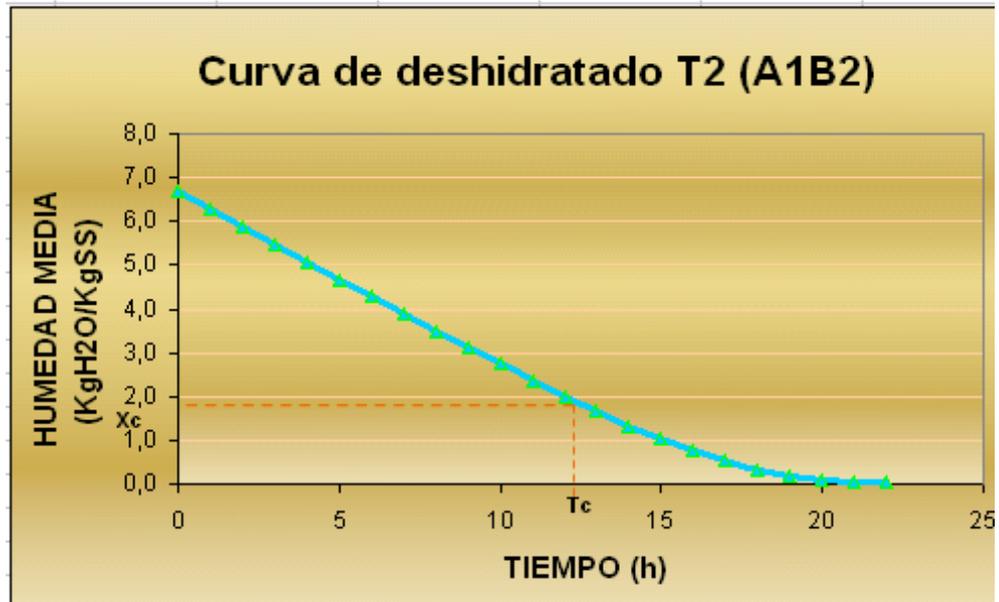
Para el tratamiento dos el tiempo de deshidratado fue de 22,5 horas.

Cuadro 37: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T2 (A1B2)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm
0	3000	6,6923		
2	2681	5,8744	6,2833	0,3274
4	2368	5,0718	5,4731	0,3212
6	2058	4,2769	4,6744	0,3181
8	1755	3,5000	3,8885	0,3110
10	1459	2,7410	3,1205	0,3038
10,5	1385	2,5513	2,6462	0,3038
11	1312	2,3641	2,4577	0,2997
11,5	1239	2,1769	2,2705	0,2997
12	1166,5	1,9910	2,0840	0,2976
12,5	1094	1,8051	1,8981	0,2976
13	1027	1,6333	1,7192	0,2750
13,5	962	1,4667	1,5500	0,2668
14	902	1,3128	1,3897	0,2463
14,5	845	1,1667	1,2397	0,2340
15	791	1,0282	1,0974	0,2217
15,5	739	0,8949	0,9615	0,2135
16	692	0,7744	0,8346	0,1929
16,5	647	0,6590	0,7167	0,1847
17	607	0,5564	0,6077	0,1642
17,5	568	0,4564	0,5064	0,1601
18	534	0,3692	0,4128	0,1396
18,5	502	0,2872	0,3282	0,1314
19	476	0,2205	0,2538	0,1067
19,5	452	0,1590	0,1897	0,0985
20	433	0,1103	0,1346	0,0780
20,5	419	0,0744	0,0923	0,0575
21	408	0,0462	0,0603	0,0452

21,5	401	0,0282	0,0372	0,0287
22	397	0,0179	0,0231	0,0164
22,5	397	0,0179	0,0179	0,0000

Gráfico 15: Curva de deshidratado T2 (A1B2)



4.8.2.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0104x^2 - 0,5601x + 7,3619$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

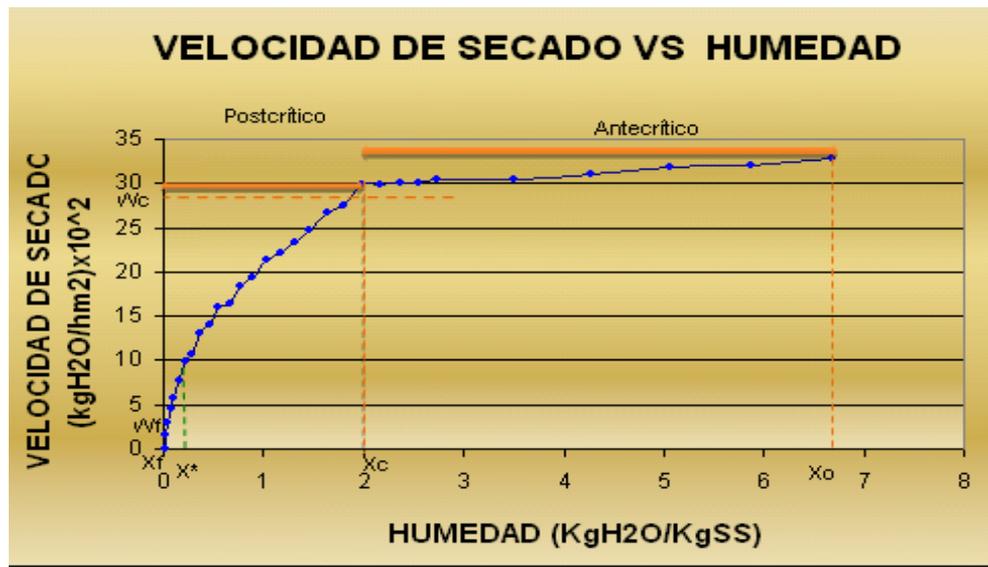
4.8.2.2 Humedad y velocidad de secado para T2

Para obtener la Humedad en (KgH₂O/Kg.s.s) y la velocidad de secado en (KgH₂O/hm²), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 9).

4.8.2.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T2

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17,18 y 19.

Gráfico 16: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T2



En el gráfico se observa un tiempo anticrítico ($T_a = 12,93$ h) que empieza con una humedad inicial ($X_0 = 6,6923$) y termina en la humedad crítica ($X_c = 1,7192$), con una velocidad de secado ($W_c = 0,3079$). Con una duración de 13,65 horas el tiempo poscrítico se da origen en la humedad crítica ($X_c = 1,7192$) y culmina en la humedad final ($X_f = 0,0231$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,0164$) y la humedad de equilibrio ($X^* = 0,19$).

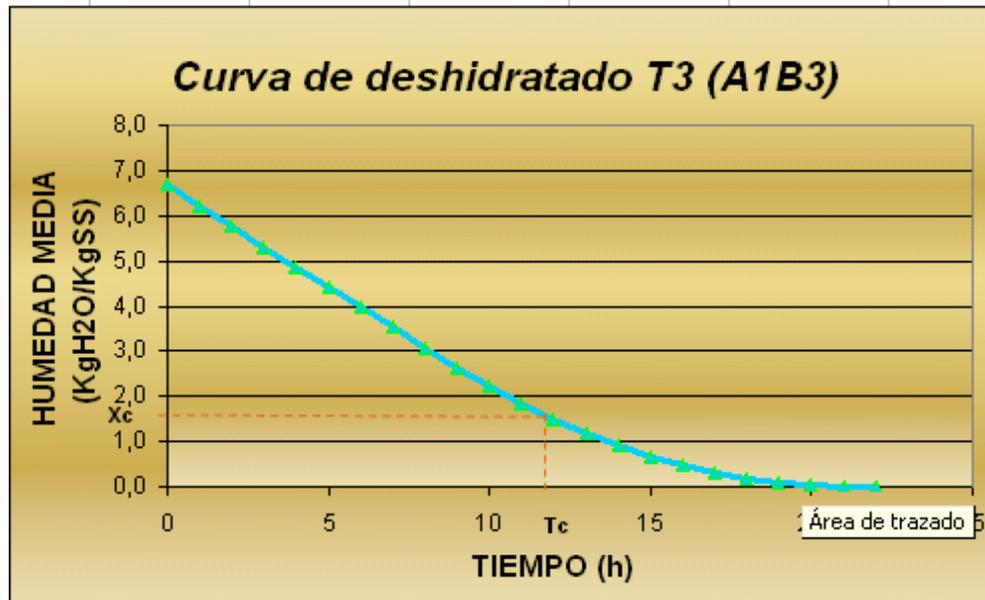
4.8.3 Curva de deshidratado para T3 (temperatura de secado 35 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809 m³/s)

En el tratamiento tres el tiempo de deshidratado fue de 22,5 horas.

Cuadro 38: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T3 (A1B3)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm
0	3000	6,6923		
2	2639	5,7667	6,2295	0,3705
4	2285	4,8590	5,3128	0,3633
6	1936	3,9641	4,4115	0,3582
8	1591	3,0795	3,5218	0,3541
10	1259	2,2282	2,6538	0,3407
10,5	1183	2,0333	2,1308	0,3120
11	1110	1,8462	1,9397	0,2997
11,5	1042	1,6718	1,7590	0,2791
12	977	1,5051	1,5885	0,2668
12,5	914	1,3436	1,4244	0,2586
13	853	1,1872	1,2654	0,2504
13,5	796	1,0410	1,1141	0,2340
14	742	0,9026	0,9718	0,2217
14,5	692	0,7744	0,8385	0,2053
15	645	0,6538	0,7141	0,1929
15,5	601	0,5410	0,5974	0,1806
16	563	0,4436	0,4923	0,1560
16,5	529	0,3564	0,4000	0,1396
17	500	0,2821	0,3192	0,1190
17,5	476	0,2205	0,2513	0,0985
18	458	0,1744	0,1974	0,0739
18,5	443	0,1359	0,1551	0,0616
19	430	0,1026	0,1192	0,0534
19,5	419	0,0744	0,0885	0,0452
20	410	0,0513	0,0628	0,0369
20,5	403	0,0333	0,0423	0,0287
21	398	0,0205	0,0269	0,0205
21,5	395	0,0128	0,0167	0,0123
22	393	0,0077	0,0103	0,0082
22,5	393	0,0077	0,0077	0,0000

Gráfico 17: Curva de deshidratado T3 (A1B3)



4.8.3.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0151x^2 - 0,6724x + 7,5140$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

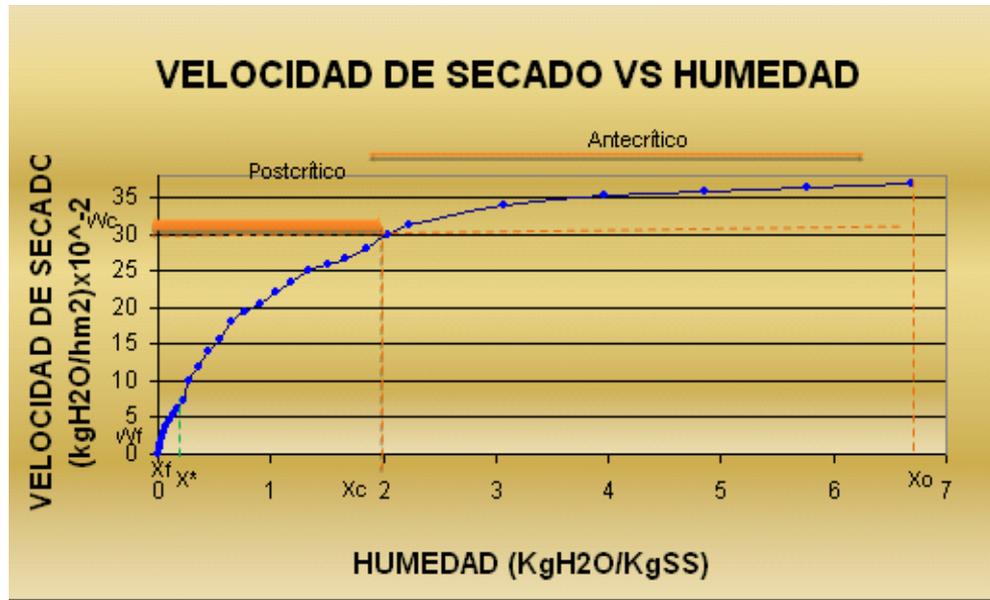
4.8.3.2 Humedad y velocidad de secado para T3

Para obtener la Humedad en (KgH₂O/Kg.s.s) y la velocidad de secado en (KgH₂O/hm²), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 10).

4.8.3.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T3

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 18: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T3



En el gráfico el tiempo anticrítico ($T_a = 10,87$ h), da primicia con una humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y acaba en la humedad crítica ($X_c = 1,9397$), teniendo aquí una velocidad de secado ($W_c = 0,3498$). El tiempo poscrítico ($T_p = 16,97$ h), empieza a partir de la humedad crítica ($1,9397$) y termina en la humedad final ($X_f = 0,0103$) con una velocidad de secado ($W_f = 0,0082$) y la humedad de equilibrio ($X^* = 0,2$).

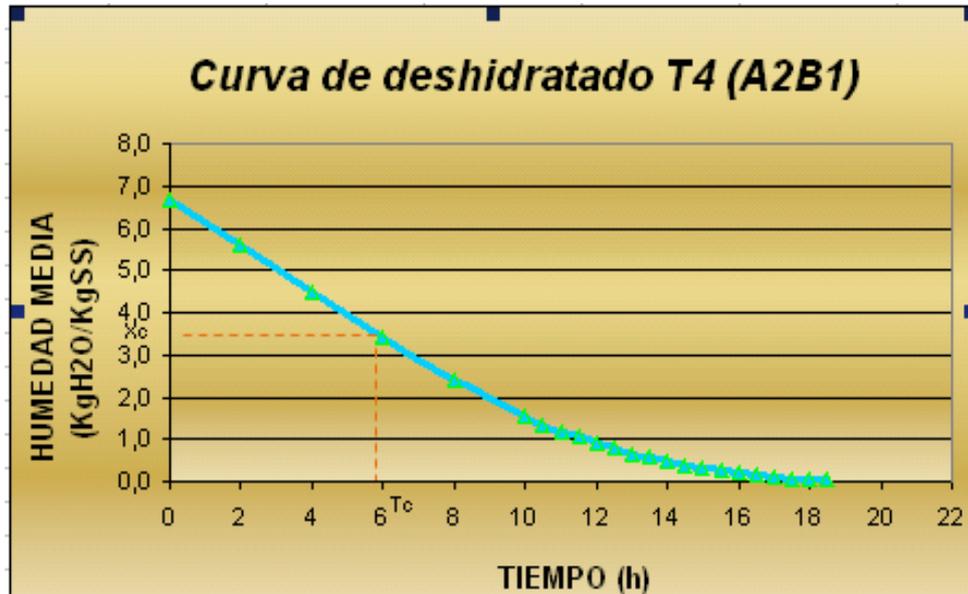
4.8.4 Curva de deshidratado para T4 (temperatura de secado 45 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537 m³/s)

Para el tratamiento cuatro el tiempo de deshidratado se redujo a 18,5 horas.

Cuadro 39: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T4 (A2B1)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm
0	3000	6,6923		
2	2570	5,5897	6,1410	0,4413
4	2142	4,4923	5,0410	0,4392
6	1718	3,4051	3,9487	0,4351
8	1320	2,3846	2,8949	0,4085
10	986	1,5282	1,9564	0,3428
10,5	918	1,3538	1,4410	0,2791
11	854	1,1897	1,2718	0,2627
11,5	796	1,0410	1,1154	0,2381
12	742	0,9026	0,9718	0,2217
12,5	694	0,7795	0,8410	0,1970
13	649	0,6641	0,7218	0,1847
13,5	609	0,5615	0,6128	0,1642
14	572	0,4667	0,5141	0,1519
14,5	540	0,3846	0,4256	0,1314
15	512	0,3128	0,3487	0,1149
15,5	487	0,2487	0,2808	0,1026
16	465	0,1923	0,2205	0,0903
16,5	446	0,1436	0,1679	0,0780
17	430	0,1026	0,1231	0,0657
17,5	416	0,0667	0,0846	0,0575
18	404	0,0359	0,0513	0,0493
18,5	404	0,0359	0,0359	0,0000

Gráfico 19: Curva de deshidratado T4 (A2B1)



4.8.4.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0180x^2 - 0,7392x + 7,5473$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

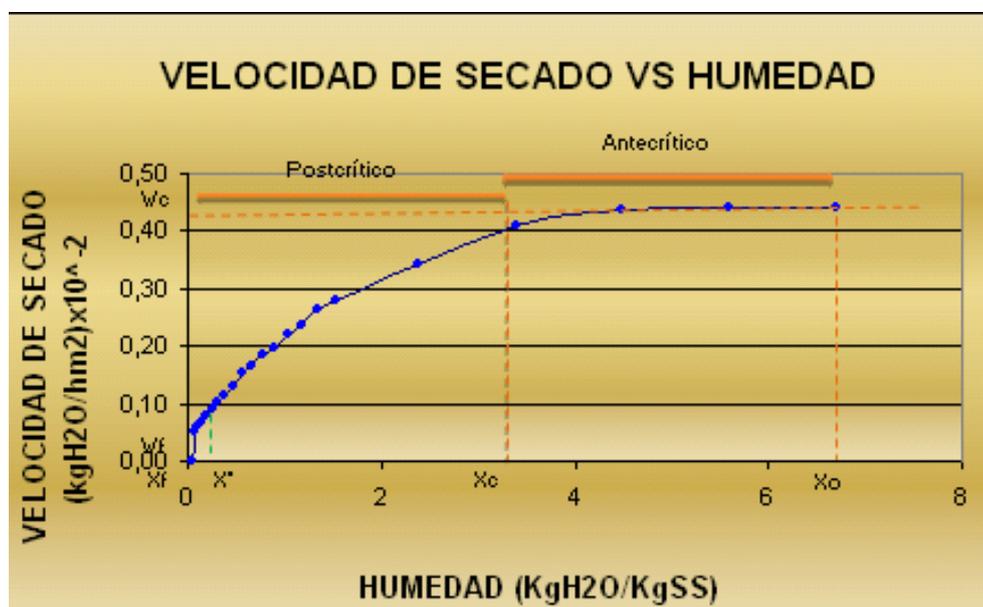
4.8.4.2 Humedad y velocidad de secado para T4

Para obtener la Humedad en (KgH₂O/Kg.s.s) y la velocidad de secado en (KgH₂O/hm²), se realizan los cálculos y sus resultados ver anexo 7 y 11.

4.8.4.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T4

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 20: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T4



En el gráfico el tiempo anticrítico ($T_a = 6,93$ h), empieza con una humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y termina en la humedad crítica ($X_c = 2,8949$), dando una velocidad de secado ($W_c = 0,4385$). El tiempo poscrítico ($T_p = 12,78$ h), se da a partir de la humedad crítica ($X_c = 2,8949$) y finaliza en la humedad final ($X_f = 0,0513$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,0493$) y la humedad de equilibrio ($X^* = 0,19$)

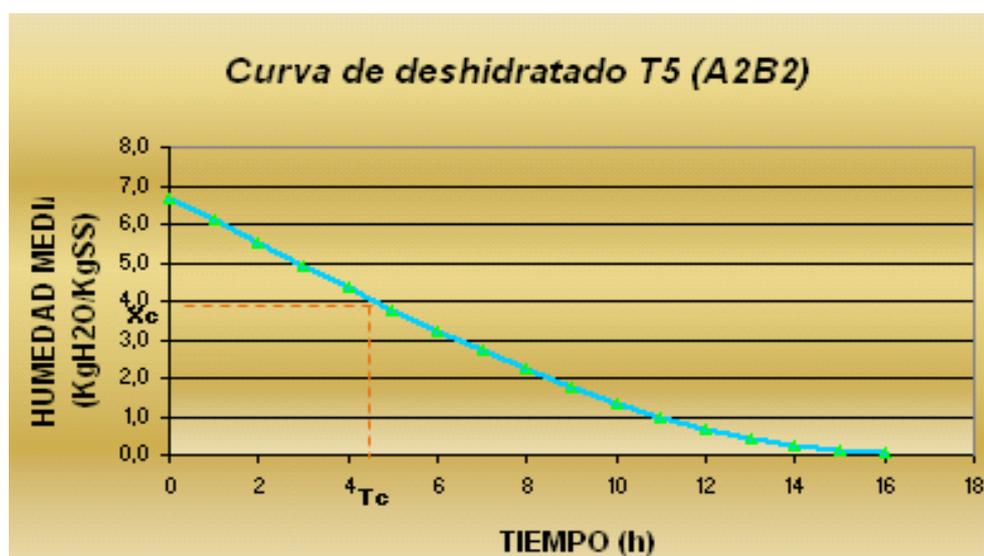
4.8.5 Curva de deshidratado para T5 (temperatura de secado 45 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672 m³/s)

En el tratamiento T5 el tiempo de deshidratado fue de 16,5 horas

Cuadro 40: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T5 (A2B2)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm
0	3000	6,6923		
2	2541	5,5154	6,1038	0,4711
4	2089	4,3564	4,9359	0,4639
6	1651	3,2333	3,7949	0,4495
8	1256	2,2205	2,7269	0,4054
10	919	1,3564	1,7885	0,3459
10,5	844	1,1641	1,2603	0,3079
11	773	0,9821	1,0731	0,2915
11,5	708	0,8154	0,8987	0,2668
12	647	0,6590	0,7372	0,2504
12,5	591	0,5154	0,5872	0,2299
13	543	0,3923	0,4538	0,1970
13,5	501	0,2846	0,3385	0,1724
14	464	0,1897	0,2372	0,1519
14,5	433	0,1103	0,1500	0,1273
15	415	0,0641	0,0872	0,0739
15,5	407	0,0436	0,0538	0,0328
16	402	0,0308	0,0372	0,0205
16,5	402	0,0308	0,0308	0,0000

Gráfico 21: Curva de deshidratado T5 (A2B2)



4.8.5.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0169x^2 - 0,7322x + 7,5005$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

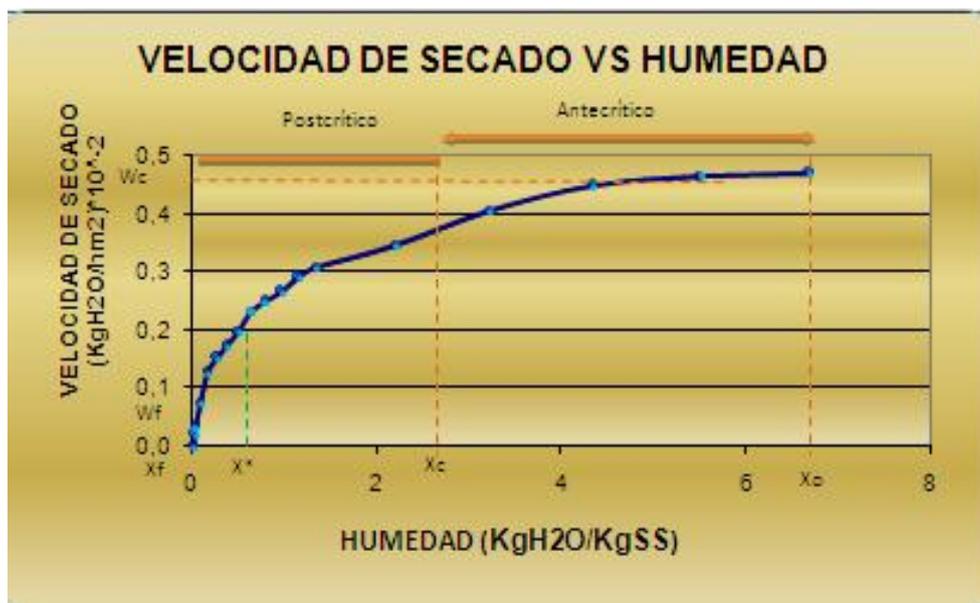
4.8.5.2 Humedad y velocidad de secado para T5

Para obtener la Humedad en ($\text{KgH}_2\text{O}/\text{Kg.s.s}$) y la velocidad de secado en ($\text{KgH}_2\text{O}/\text{hm}^2$), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 12).

4.8.5.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T5

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 22: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T5



En el gráfico se puede observar el tiempo anticrítico ($T_a = 6,88$ h), el cual empieza con una humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y acaba en la humedad crítica ($X_c = 2,7261$), teniendo una velocidad de secado ($W_c = 0,4615$). El tiempo poscrítico ($T_p = 15,19$ h), parte de la humedad crítica ($X_c = 2,7261$) y termina en la humedad final ($X_f = 0,0372$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,0205$), y una humedad de equilibrio ($X^* = 0,21$).

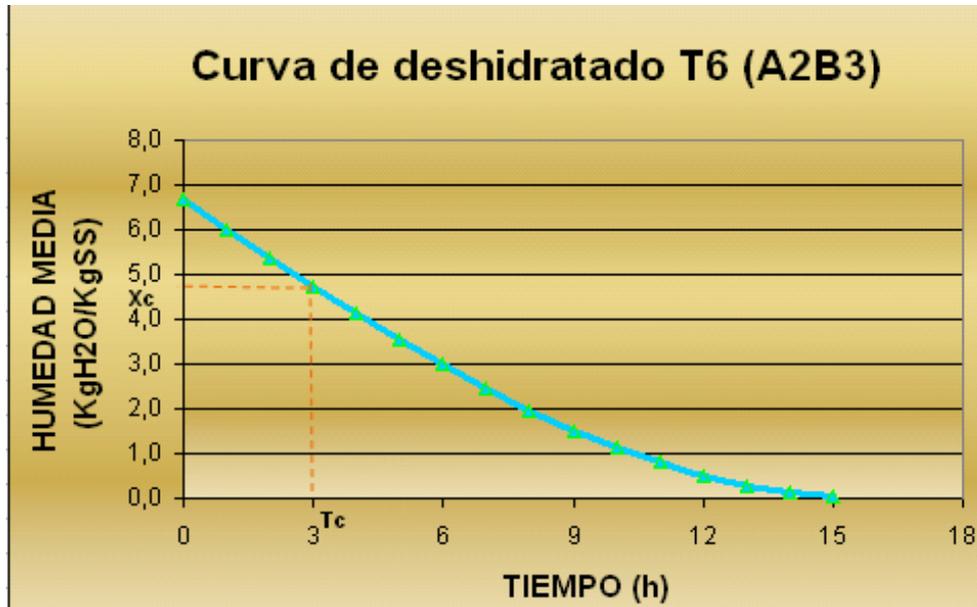
4.8.6 Curva de deshidratado para T6 (temperatura de secado 45 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0809 m³/s)

El tiempo de deshidratado para el tratamiento seis fue de 15,5 horas.

Cuadro 41: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T6 (A2B3)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm
0	3000	6,6923		
2	2235	4,7308	5,7115	0,7851
4	1769	3,5359	4,1333	0,4782
6	1347	2,4538	2,9949	0,4331
8	983	1,5205	1,9872	0,3736
10	701	0,7974	1,1590	0,2894
10,5	637	0,6333	0,7154	0,2627
11	580	0,4872	0,5603	0,2340
11,5	529	0,3564	0,4218	0,2094
12	488	0,2513	0,3038	0,1683
12,5	452	0,1590	0,2051	0,1478
13	428	0,0974	0,1282	0,0985
13,5	415	0,0641	0,0808	0,0534
14	409	0,0487	0,0564	0,0246
14,5	406	0,0410	0,0449	0,0123
15	403	0,0333	0,0372	0,0123
15,5	403	0,0333	0,0333	0,0000

Gráfico 23: Curva de deshidratado T6 (A2B3)



4.8.6.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0267x^2 - 0,8875x + 7,3798$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

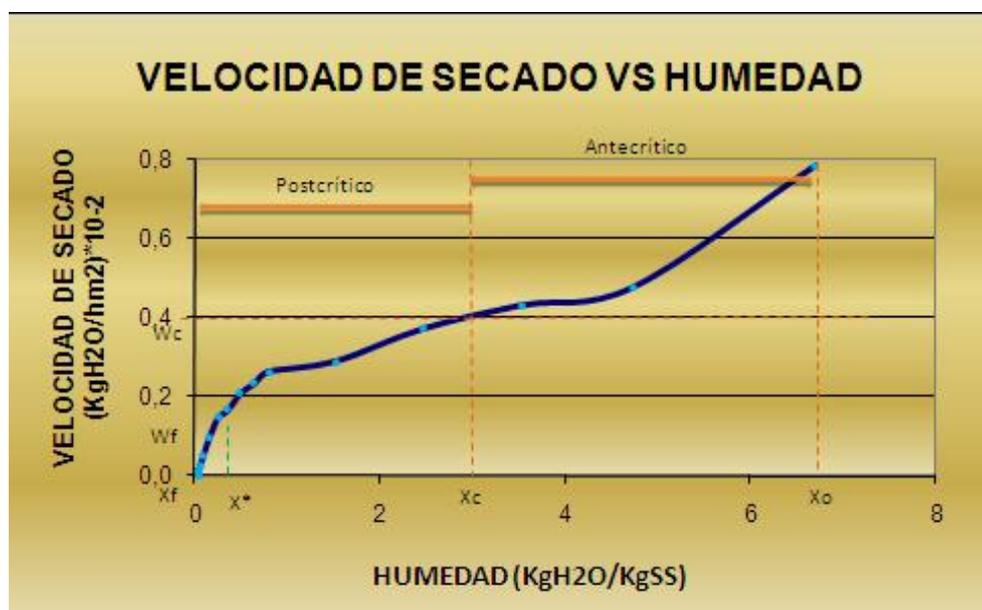
4.8.6.2 Humedad y velocidad de secado para T6

Para obtener la Humedad en (KgH₂O/Kg.s.s) y la velocidad de secado en (KgH₂O/hm²), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 13).

4.8.6.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T6

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 24: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T6



En el gráfico el tiempo anticrítico ($T_a = 4,68$ h), empieza con una humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y termina en la humedad crítica ($X_c = 2,9949$), dando una velocidad de secado ($W_c = 0,6316$). El tiempo poscrítico ($T_p = 15,05$ h), se da a partir de la humedad crítica ($X_c = 2,9949$) y termina en la humedad final ($X_f = 0,0372$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,0123$), y una humedad de equilibrio ($X^* = 0,16$).

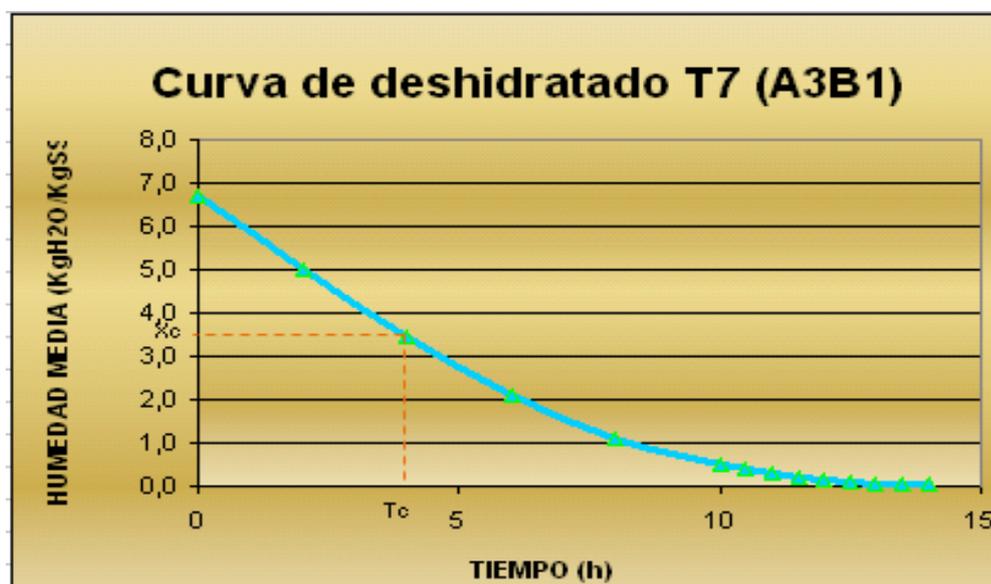
4.8.7 Curva de deshidratado para T7 (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0537 m³/s)

El tiempo de deshidratado en el tratamiento siete se redujo a 14 horas.

Cuadro 42: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T7 (A3B1)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm
0	3000	6,6923		
2	2348	5,0205	5,8564	0,6691
4	1726	3,4256	4,2231	0,6383
6	1205	2,0897	2,7577	0,5347
8	816	1,0923	1,5910	0,3992
10	583	0,4949	0,7936	0,2391
10,5	542	0,3897	0,4423	0,1683
11	506	0,2974	0,3436	0,1478
11,5	475	0,2179	0,2577	0,1273
12	449	0,1513	0,1846	0,1067
12,5	428	0,0974	0,1244	0,0862
13	413	0,0590	0,0782	0,0616
13,5	404	0,0359	0,0474	0,0369
14	404	0,0359	0,0359	0,0000

Gráfico 25: Curva de deshidratado T7 (A3B1)



4.8.7.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0376x^2 - 1,0873x + 7,8805$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

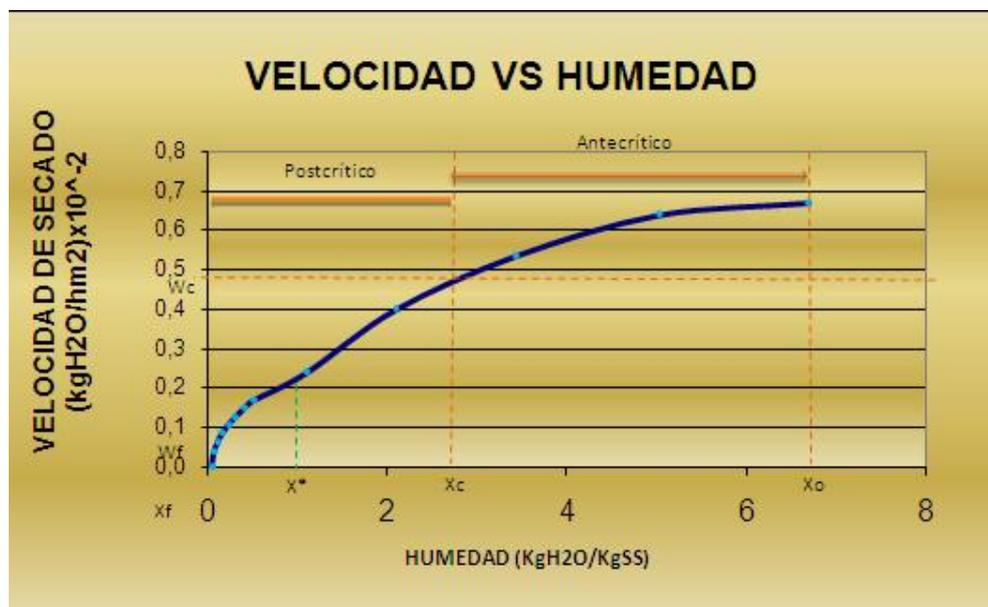
4.8.7.2 Humedad y velocidad de secado para T7

Para obtener la Humedad en ($\text{KgH}_2\text{O/Kg.s.s}$) y la velocidad de secado en ($\text{KgH}_2\text{O/hm}^2$), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 14).

4.8.7.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T7

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 26: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T7



En el gráfico el tiempo anticrítico ($T_a = 4,81 \text{ h}$), comienza con la humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y finaliza en la humedad crítica ($X_c = 2,7577$), con una velocidad de secado ($W_c = 0,6537$). El tiempo poscrítico ($T_p = 10,11 \text{ h}$), empieza con la humedad crítica ($X_c = 2,7577$) y termina en la humedad final ($X_f = 0,0474$), con

una velocidad de secado ($W_f = 0,0369$), y una humedad de equilibrio ($X^* = 0,22$).

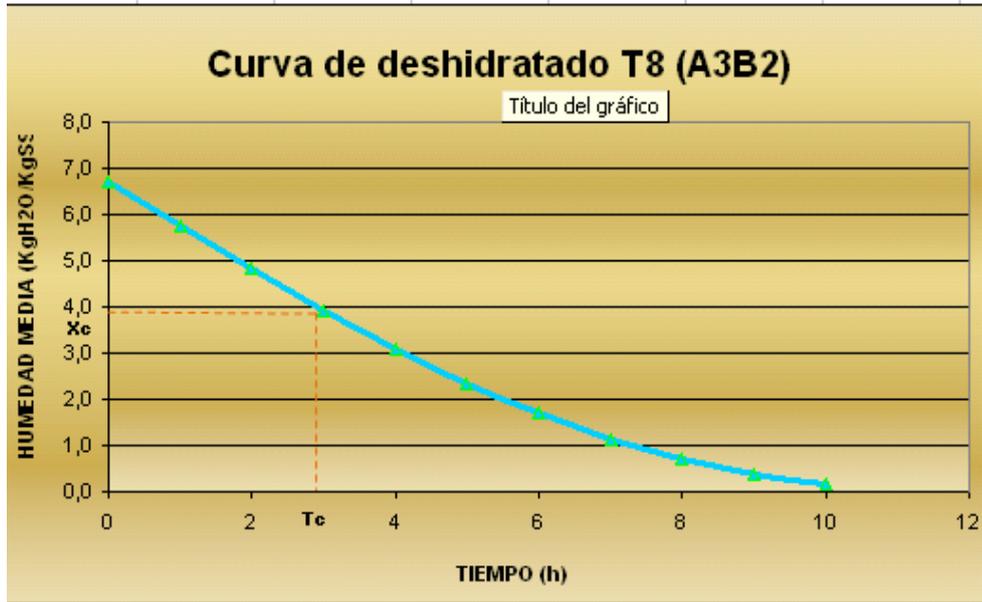
4.8.8 Curva de deshidratado para T8 (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico del aire en el secador 0,0672 m³/s)

El tiempo de deshidratado en el tratamiento ocho fue de 11,5 horas

Cuadro 43: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T8 (A3B2)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm
0	3000	6,6923		
2	2278	4,8410	5,7667	0,7410
4	1588	3,0718	3,9564	0,7081
6	1051	1,6949	2,3833	0,5511
8	666	0,7077	1,2013	0,3951
10	459	0,1769	0,4423	0,2124
10,5	418	0,0718	0,1244	0,1683
11	404	0,0359	0,0538	0,0575
11,5	404	0,0359	0,0359	0,0000

Gráfico 27: Curva de deshidratado T8 (A3B2)



4.8.8.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0441x^2 - 1,1987x + 7,9877$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

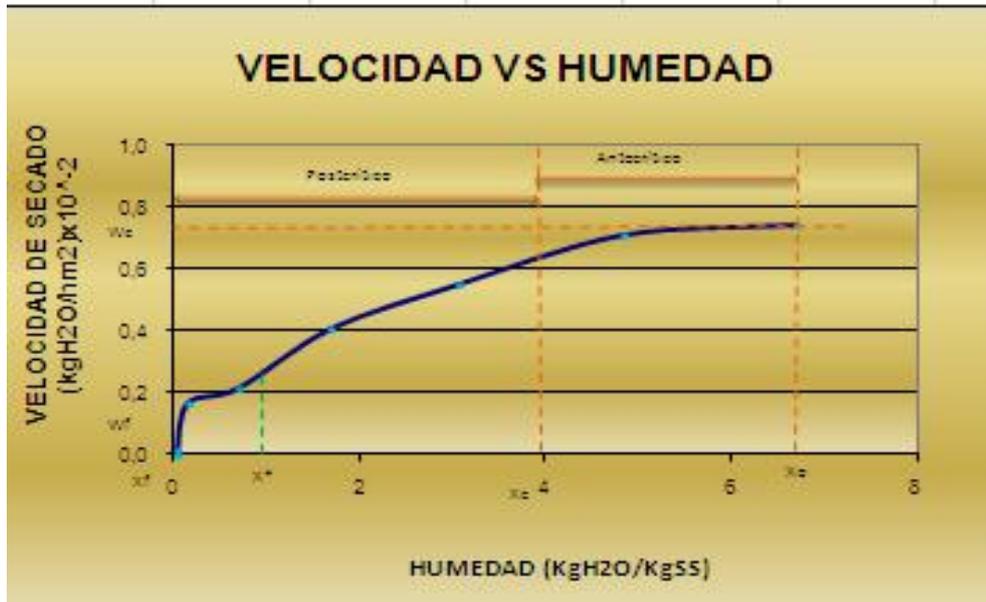
4.8.8.2 Humedad y velocidad de secado para T8

Para obtener la Humedad en (KgH₂O/Kg.s.s) y la velocidad de secado en (KgH₂O/hm²), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 15).

4.8.8.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T8

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 28: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T8



En el gráfico el tiempo anticrítico ($T_a = 2,95$ h), se da inicio en la humedad inicial ($X_0 = 6,6923$) y finaliza en la humedad crítica ($X_c = 3,9564$), con una velocidad de secado ($W_c = 0,7410$). El tiempo poscrítico ($T_p = 13,3$ h), empieza en la velocidad crítica ($X_c = 3,9564$) y concluye en la humedad final ($X_f = 0,0538$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,0575$), y una humedad de equilibrio ($X^* = 0,23$).

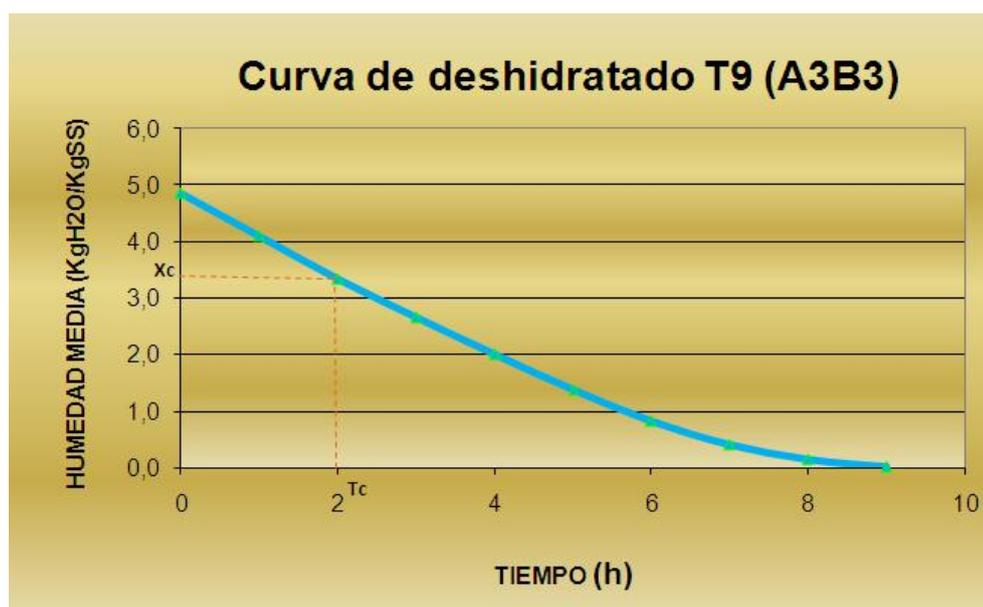
4.8.9 Curva de deshidratado para T9 (temperatura de secado 55 °C y caudal volumétrico del aire en el secador $0,0809$ m^3/s)

El tiempo de deshidratado en el tratamiento nueve se redujo a 10,5horas.

Cuadro 44: Valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T9 (A3B3)

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm
0	3000	6,6923		
2	2229	4,7154	5,7038	0,7913
4	1536	2,9385	3,8269	0,7112
6	936	1,4000	2,1692	0,6158
8	566	0,4513	0,9256	0,3797
10	403	0,0333	0,2423	0,1673
10,5	403	0,0333	0,0333	0,0000

Gráfico 29: Curva de deshidratado T9 (A3B3)



4.8.9.1 Ecuación de la curva de deshidratado

$$y = 0,0481x^2 - 1,2686x + 8,0485$$

Para la determinación de la ecuación de la curva se realizan los respectivos cálculos matemáticos (ver anexo 20 y 21)

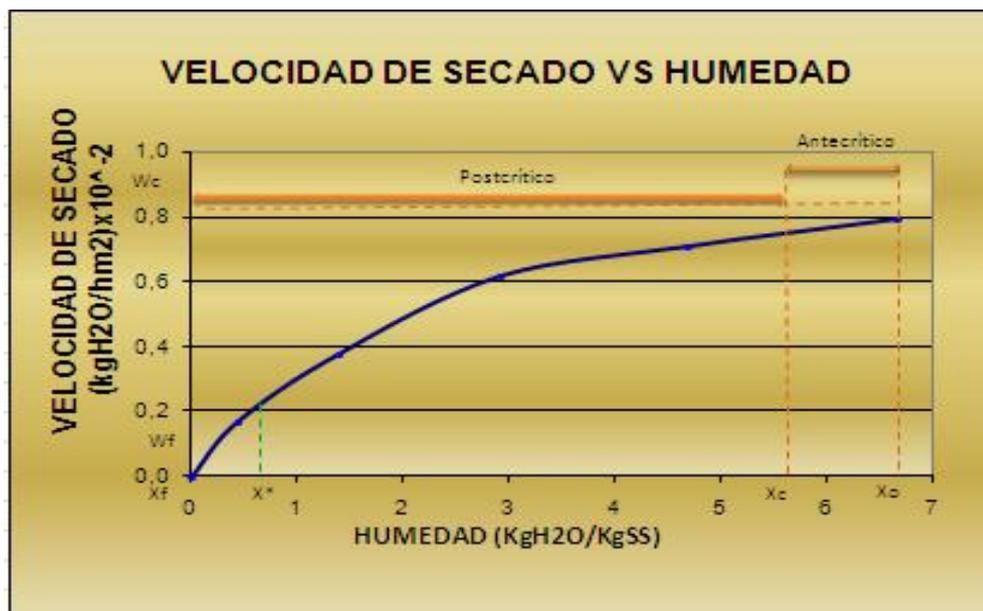
4.8.9.2 Humedad y velocidad de secado para T9

Para obtener la Humedad en (KgH₂O/Kg.s.s) y la velocidad de secado en (KgH₂O/hm²), se realizan los cálculos y sus resultados (ver anexo 7 y 16).

4.8.9.3 Determinación de la humedad de equilibrio para T9

Los cálculos para determinación de la humedad de equilibrio se detallan en el anexo 17, 18 y 19.

Gráfico 30: Velocidad de secado Vs Humedad del sólido para T9



En el gráfico el tiempo anticrítico ($T_a = 0,99$ h), empieza en la humedad inicial ($X_o = 6,6923$) y termina en la humedad crítica ($X_c = 5,7038$), con una velocidad de secado ($W_c = 0,7913$). El tiempo poscrítico ($T_p = 10,88$ h), da inicio en la humedad crítica ($X_c = 5,7038$) y termina en la humedad final ($X_f = 0,2423$), con una velocidad de secado ($W_f = 0,1673$), y una humedad de equilibrio ($X^* = 0,2$).

4.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el análisis microbiológico que se realizó en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma NTE INEN 1529 que permite la aceptabilidad de productos deshidratados. (Ver anexo 22 y 23).

Cuadro 45: Análisis microbiológico para los nueve tratamientos

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Recuento estándar en placa	UFC/g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuento de Mohos	UPM/g	433	4347	6293	0	0	0	0	0	0
Recuento de Levaduras	UPL/g	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores

4.10 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS

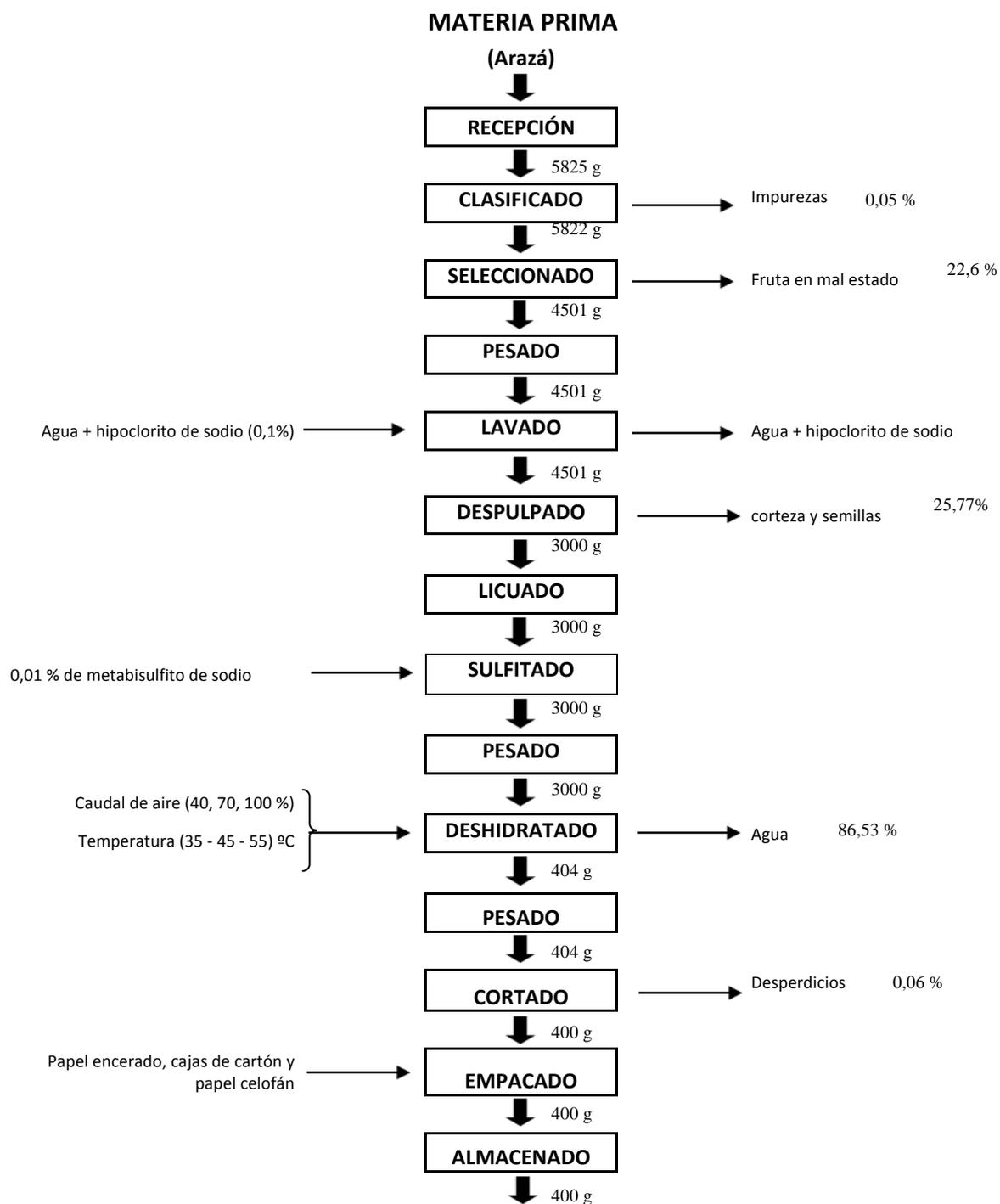
A continuación se presenta la composición Físico – Química para los tres mejores tratamientos. (Ver anexo 24).

Cuadro 46: Análisis Físico - Químico para T4, T7 y T8

Parámetros Analizados	Método	Unidad	Resultados		
			T4	T7	T8
Cenizas	AOAC 923,03	%	1,031	0,983	0,9025
Proteína	AOAC 920,87	%	0,585	0,546	0,591
Potasio	AOAC 956,01	ppm	42,99	63,49	64,25
Hierro	AOAC 985,29	ppm	43,02	39,1	40,32
Carbohidratos	Cálculo	%	69,49	64,8	70,21
Vitamina C	AOAC 967,21	mg/100 g	38,37	32,201	37,76
Vitamina A	HPLC	UI/100 g	102,93	100,05	20,32
Fibra	AOAC 985,29	%	11,2	7,25	9,01

Fuente: Autores

4.11 BALANCE DE MATERIALES PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8



LÁMINAS DE ARAZÁ



4.12 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8

Fórmula:

$$R = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$R = \frac{400,00 \text{ g}}{5825,00 \text{ g}} \times 100$$

R= 6,87%

Luego de haber realizado el respectivo balance de materiales se deduce que, por cada 5825 g de fruta de Arazá se obtiene alrededor de 400g de láminas de deshidratadas de Arazá empacadas, equivalente a un porcentaje del **6,87 %** de rendimiento.

4.13 COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS T4, T7 Y T8

Para determinar los costos de producción se procedió a calcular el total del costo experimental para los tratamientos **T4** (Temperatura del secador 45 °C y caudal volumétrico del aire en el secado 0,0537 m³/s), **T7** (Temperatura del secador 55 °C y caudal volumétrico del aire en el secado 0,0537 m³/s) y **T8** (Temperatura del secador 55 °C y caudal volumétrico del aire en el secado 0,0672 m³/s). En el siguiente cuadro se detallan los costos de las materias primas e insumos utilizados en el proceso.

Cuadro 47: Costos de Producción para los tres mejores tratamientos T4, T7 y T8

MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	COSTOS EXPERIMENTALES					
	T4		T7		T8	
Arazá	5825 g	2,33	5825 g	2,33	5825 g	2,33
Hipoclorito de Sodio	1 ml	0,01	1 ml	0,01	1 ml	0,01
Metabisulfito de Sodio	0,3 g	0,01	0,3 g	0,01	0,3 g	0,01
Empaques	53 cajas	12,5	53 cajas	12,5	53 cajas	12,5
COSTOS DIRECTOS	.....	14,85	.....	14,85	.....	14,85
COSTOS INDIRECTOS	.....	0,3	.....	0,2	.....	0,2
SUBTOTAL	.....	15,15	.....	15,05	.....	15,05
UTILIDAD	30%	4,55	30%	4,52	30%	4,52
TOTAL	.....	19,7	.....	19,57	.....	19,57
COSTO DE PRODUCCIÓN	1 caja	0,28	1 caja	0,28	1 caja	0,28
PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO	1 caja	0,37	1 caja	0,37	1 caja	0,37

Fuente: Autores

Costos de producción de una caja de láminas deshidratadas de Arazá.

Cada caja tiene una dimensión de (5,5 x 2,5 x 1,5) cm. La cual contiene 20 unidades de láminas deshidratadas de Arazá.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Para obtener las láminas deshidratadas de Arazá, la mejor temperatura de secado es de 55 ° C; obteniéndose el producto en un tiempo promedio de 11,167 h; es decir que a mayor temperatura menor tiempo de secado.
- Se estableció que el mejor caudal volumétrico de aire para el deshidratado de láminas de Arazá fue 0,0809 m³/s (100% de abertura del venterol); ya que a este caudal el producto estuvo expuesto por un menor tiempo de secado.
- La humedad de equilibrio para las láminas deshidratadas de Arazá expuestas al ambiente es mayor que la humedad final, por lo que se concluye que las láminas de arazá por su alta concentración de fibra, sólidos solubles, carotenos y carbohidratos son productos higroscópicos.
- Luego de realizar la degustación y el análisis de resultados mediante Friedman, se estableció que mayor aceptabilidad tuvieron los tratamientos **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0672 m³/s), **T7** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), **T4** (temperatura de secado 55°C y caudal

volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), debido a que presentaron mejores características organolépticas.

- De los análisis Físico-Químicos realizados se concluye que los tratamientos **T7** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), **T8** (temperatura de secado 55°C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0672 m³/s) y **T4** (temperatura de secado 45°C y caudal volumétrico de aire en el secador 0,0537 m³/s), presentan alta concentración en cuanto a Vitamina A y C, Proteína, Carbohidratos totales, Fibra, Cenizas (K, Fe), con relación a la composición físico – química de la materia prima; de igual manera dentro del análisis microbiológico no presentaron contaminación en cuanto a mohos, levaduras y aerobios totales.
- La temperatura y el caudal volumétrico de aire, influyen en el proceso de deshidratado de las láminas de Arazá, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar con 55°C de temperatura, y un caudal volumétrico del aire de 0,0672 m³/s; para la deshidratación de láminas de Arazá.
- Los equipos de deshidratado para frutas y hortalizas en su mayoría son diferentes en lo que respecta a sus características tanto de deshidratado como de fabricación, por lo que se recomienda a posteriores investigaciones relacionadas con el tema tomar en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Se recomienda secar láminas de Arazá hasta los valores de humedad de equilibrio expuestos en los cuadros de las curvas de secado para dicha fruta deshidratada, de esta manera se aprovecha los recursos como tiempo y dinero.
- Probar los resultados obtenidos en esta investigación con la deshidratación de láminas de otras frutas exóticas.
- ◆ Se recomienda realizar investigaciones sobre la incorporación de edulcorantes en las láminas de Arazá, controlando su acidez.
- Se recomienda utilizar los resultados obtenidos en laboratorio del proceso de deshidratación de láminas de Arazá, para producir a escala industrial.

CAPÍTULO VI

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), utilizando parámetros óptimos de temperatura y caudal volumétrico del aire en el secador.

La Obtención de láminas deshidratadas de Arazá se llevó a cabo en los laboratorios de las Unidades Eduproductivas y los respectivos análisis de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio de Uso Múltiple, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

Las láminas de Arazá se obtienen a partir de la pulpa de la fruta, previamente clasificada, seleccionada, lavada y desinfectada; para evitar posibles contaminaciones.

En la fase experimental se empleó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial Ax_B, donde el factor A corresponde a los niveles de temperatura en el secador, y el factor B corresponde a los niveles de caudal volumétrico del aire dentro del armario de secado.

Las variables evaluadas fueron: análisis organoléptico, humedad, pH, brix, peso, tiempo, rendimiento, cenizas, fibra, proteína, carbohidratos, vitamina A, vitamina

C, carotenos, a los tres mejores tratamientos, los cuales se determinaron a partir de la pruebas de degustación.

De la presente investigación se pudo concluir que:

Para obtener láminas deshidratadas de Arazá, la mejor temperatura es de 55°C; obteniéndose el producto en un tiempo promedio de 11.67 horas; es decir que a mayor temperatura menor tiempo de secado.

Se estableció que el mejor caudal volumétrico para el deshidratado de láminas de arazá fue 100% (0.0809 m³/s) de abertura del venterol; ya que a este caudal el producto estuvo expuesto por un menor tiempo de secado.

La humedad de equilibrio para láminas de arazá expuestas al ambiente es mayor que la humedad final, por lo que se concluye que las láminas de Arazá por su composición química son productos higroscópicos

La temperatura y el caudal volumétrico del aire, influyen en el proceso de láminas deshidratadas de arazá, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa.

SUMMARY

The present investigation had as objective to elaborate dehydrated sheets of arazá (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh), using good parameters of temperature and volumetric flow of the air in the dryer.

The elaboration of dehydrated sheets of arazá, was carried out in the laboratories of the units eduproductivas of the Technical University of the North located in the city of Ibarra, County Imbabura and the respective laboratory analyses were made in the Laboratory of Multiple Use of the Ability of Engineering in Agricultural and Environmental Sciences; in the Technical University of the North.

The arazá sheets are obtained starting from the pulp of the fruit, previously classified, selected, washed and disinfected; to avoid possible contaminations.

In the experimental phase the design of blocks was used totally at random with factorial arrangement AxB, where the factor TO it corresponds at the levels of temperature in the dryer, and the factor B that corresponds at the levels of volumetric flow of the air inside the drying closet.

The valued variables were: organoleptic analysis, humidity, pH, brix, weight, time, yield, ash, fiber, protein, carbohydrates, vitamin A, vitamin C, carotenes, to the three better treatments, which were determined starting from the tasting tests.

Of the present investigation you could conclude that:

You concludes that to obtain sheets you dehydrate of arazá, the best temperature is of 55°C; being obtained the product at one time average of 11.67 hours; that is to say that to more temperature smaller time of drying.

He/she settled down that the best volumetric flow for the dehydrated of arazá sheets was 100% (0.0809 m³/s) of opening of the ventrol; since to this flow the product was exposed by a smaller time of drying.

The balancing humidity for sheets of exposed arazá to the atmosphere is bigger than the final humidity, for what you concludes that the arazá sheets for its chemical composition are products higroscópicos

The temperature and the volumetric flow of the air, they influence in the process of dehydrated sheets of arazá, reason why the alternative hypothesis is accepted

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA, H. (2001) Enciclopedia agropecuaria; producción agrícola 1; Terranova ediciones; pp 282, 283, Cultivos de frutales amazónicos. Bogotá – Colombia.
- BARRIONUEVO, L. (1991) Deshidratación de chirimoya. Tesis de Ing. Químico. Universidad Central del Ecuador. Quito – Ecuador. pp. 7 – 23
- BRENNAN, J. (1980) Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Edición. Editorial – Acribia, Zaragoza – España. pp. 318 – 328
- DAC. Departamento de meteorología de la Dirección General de Aviación Civil. (10/08/2008)
- DESROSIER, N. (1982) Conservación de los Alimentos. 6ta reimpresión Editorial Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima - Perú. 28 p.
- DESROSIER, N. (1982) Conservación de los Alimentos. 7ma. Impresión. Compañía Editorial Continental S.A, México - México. pp. 150 – 186
- EARLE, R. (1979) Las Operaciones Básicas Aplicadas a la Tecnología de los Alimentos. Editorial – Acribia, Zaragoza – España. pp. 139 - 149

- FRAZIER, W. (1982) Microbiología de los Alimentos. Traducido por los Doctores: Bernabé Saz Pérez y Justino Burgos Gonzales. Editorial – Acribia, Zaragoza – España. pp. 127 - 133
- GAMBOINA. (2008) Empresa la Gamboina, Orellana - Ecuador.
- GREINFFENSTEIN, A. (1983) Secado y Manejo de Cereales y Granos. Manual de Capacitación en Manejo y Control de Granos Almacenados. Quito – Ecuador. 13 p.
- GREINFFENSTEIN, A. (1990) "Secado de Granos y Cereales". Manual de Capacitación en Manejo y Control de Calidad de Granos Almacenados. Documento 1. Quito – Ecuador. 6 p.
- MADUEÑO, J. (1986) Producción Agrícola. 3ra edición. Editorial Acriba, Zaragoza - España, pp 553.
- MATEOS, M. (2007) Poder nutricional de las frutas exóticas. Dpto. de Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad CEU Cardenal Herrera. España.
- MUÑOZ, F. (1987) Plantas Medicinales y Aromáticas. primera edición. Editorial Mundi-Prensa, España. pp. 39.
- PASTOR, C. (1985) Elaboración de frutas y hortalizas; Industrias rurales; Editorial Trillas. España. pp: 13, 22, 44, 79, 111
- PEARSON, R. (1981) Composición y Análisis de Alimentos, 4ta edición. Editorial Continental, México D.F – México. pp 533.
- TERRANOVA. (1995) Producción Agrícola tomo II. Editorial Terranova, Bogotá - Colombia. pp 278.

- WARREN, L. y SMITH, J. (1980) Operaciones Básicas de Ingeniería Química. España. Vol. 1. pp. 533 - 536

FUENTES VIRTUALES

- BOLSA AMAZONICA. Exportadora de Arazá. Ecuador
<http://www.bolsamazonia.com>, 10/08/2008
- CONTRERAS, L. (2011) Operaciones de secado. Centro Universitario "José Martí" Ave. de los Mártires N° 360. Sancti Spíritus – Cuba.
<http://www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml#MECANISM>
- FRUTAS TROPICALES. Prevención de enfermedades.
<http://www.fueteventuradigital.com> 03/08/2008
- GRANDEZAS FÍSICAS. Caudal Vg. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Caudal>"
06/03/2010
- METODOS DE DESHIDRATACION. <http://www.virtual.unal.edu.co>.
03/08/2008

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ANEXO 1: PATRÓN DE COLORIMETRÍA



ANEXO 2: HOJA DE ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FICAYA

ING AGROINDUSTRIAL

Hoja de encuesta para la evaluación sensorial de láminas de Arazá deshidratado.

INTRODUCCIÓN

El presente instructivo esta orientado a evaluar las características organolépticas del producto terminado.

INSTRUCCIONES PARA EL CATADOR

Señor degustador: para la catación del producto, tómese el tiempo necesario y analice detenidamente cada una de las características que se detallan a continuación. Marque con una X los caracteres que usted crea correctos.

CARACTERÍSTICAS A EVALUARSE

Color.- Las láminas deshidratadas deben tener un color tomate con tendencia a café claro.

Olor.- Las láminas deshidratadas deben tener un olor característico a la fruta.

Sabor.- Las láminas deshidratadas deben tener un sabor acido similar a la fruta debido su concentración.

Textura.- las láminas deshidratadas deben tener una textura normal de dura masticabilidad debido al contenido de fibra y su bajo porcentaje de humedad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FICAYA

ING AGROINDUSTRIAL

Hoja de encuesta para la evaluación sensorial de láminas de Arazá deshidratado.

Fecha:

Nº de catador :.....

CARACTERISTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS					
		T4	T5	T6	T7	T8	T9
COLOR	Muy Bueno						
	Bueno						
	Regular						
	Malo						
OLOR	Muy Agradable						
	Agradable						
	Poco Agradable						
	Desagradable						
SABOR	Muy Agradable						
	Agradable						
	Poco Agradable						
	Desagradable						
TEXTURA	Muy Duro						
	Duro						
	Normal						
	Suave						

OBSERVACIONES

.....

.....

.....

.....

ANEXO 3: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE COLOR

PANELISTAS	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA
P1	4,00	2,00	4,00	1,00	6,00	4,00	21,00
P2	5,00	5,00	2,50	1,00	5,00	2,50	21,00
P3	4,00	4,00	1,50	1,50	4,00	6,00	21,00
P4	5,50	3,00	3,00	5,50	1,00	3,00	21,00
P5	3,00	1,50	5,00	1,50	5,00	5,00	21,00
P6	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	2,00	21,00
P7	2,50	5,50	2,50	5,50	2,50	2,50	21,00
P8	3,00	1,00	5,50	5,50	3,00	3,00	21,00
P9	3,00	3,00	3,00	6,00	3,00	3,00	21,00
P10	3,00	1,00	5,50	5,50	3,00	3,00	21,00
ΣX	37,50	28,00	35,00	38,00	37,50	34,00	210,00
ΣX^2	1406,25	784,00	1225,00	1444,00	1406,25	1156,00	6015,25

ANEXO 4: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE OLOR

PANELISTAS	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA
P1	3,00	3,00	3,00	3,00	6,00	3,00	21,00
P2	5,00	3,00	5,00	5,00	1,50	1,50	21,00
P3	4,50	1,50	1,50	4,50	4,50	4,50	21,00
P4	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	6,00	21,00
P5	5,00	2,50	1,00	5,00	5,00	2,50	21,00
P6	4,50	1,50	4,50	4,50	4,50	1,50	21,00
P7	3,00	3,00	3,00	3,00	6,00	3,00	21,00
P8	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	21,00
P9	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	21,00
P10	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	21,00
ΣX	36,00	28,50	32,00	39,00	41,50	33,00	210,00
ΣX^2	1296,00	812,25	1024,00	1521,00	1722,25	1089,00	7464,50

ANEXO 5: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE SABOR

PANELISTAS	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA
P1	5,50	3,00	1,00	5,50	3,00	3,00	21,00
P2	5,00	2,50	1,00	5,00	5,00	2,50	21,00
P3	1,50	4,50	1,50	4,50	4,50	4,50	21,00
P4	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	2,00	21,00
P5	5,00	2,50	5,00	1,00	5,00	2,50	21,00
P6	6,00	1,50	1,50	4,00	4,00	4,00	21,00
P7	2,00	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00	21,00
P8	4,50	4,50	1,50	4,50	4,50	1,50	21,00
P9	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	21,00
P10	2,50	5,50	5,50	2,50	2,50	2,50	21,00
ΣX	37,50	34,50	30,50	40,50	39,00	28,00	210,00
ΣX²	1406,25	1190,25	930,25	1640,25	1521,00	784,00	7472,00

ANEXO 6: RANGOS TABULADOS PARA LA VARIABLE TEXTURA

PANELISTAS	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA
P1	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	21,00
P2	5,00	2,00	2,00	5,00	5,00	2,00	21,00
P3	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00	2,00	21,00
P4	4,00	1,50	4,00	6,00	4,00	1,50	21,00
P5	1,00	2,50	2,50	6,00	4,50	4,50	21,00
P6	4,50	2,00	1,00	4,50	4,50	4,50	21,00
P7	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	21,00
P8	5,00	5,00	2,00	2,00	2,00	5,00	21,00
P9	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	21,00
P10	2,00	6,00	4,50	4,50	2,00	2,00	21,00
ΣX	35,50	33,00	30,00	42,00	36,00	33,50	210,00
ΣX²	1260,25	1089,00	900,00	1764,00	1296,00	1122,25	7431,50

ANEXO 7: CÁLCULOS REFERENCIALES DE LAS LÁMINAS DE ARAZÁ

1.1 Cálculo de humedad en base seca para el arazá

Se toma una muestra de 3 kg de pulpa fresca con una humedad de 87%

$$G_{H_2O} = G_i * (\%X)$$

$$G_{H_2O} = 3 \text{ kg} * 0,87$$

$$G_{H_2O} = 2,61 \text{ kg}_{H_2O}$$

$$S = G_i - G_{H_2O}$$

$$S = 3 \text{ kg} - 2,61 \text{ kg}_{H_2O}$$

$$S = 0,39 \text{ kg}_{ss}$$

$$X_{BS} = (G_i - S) / S$$

$$X_{BS} = (3 \text{ kg} - 0,39 \text{ kg}_{ss}) / 0,39 \text{ kg}_{ss}$$

$$X_{BS} = 6,6923 \text{ kg}_{H_2O}/\text{kg}_{ss}$$

G_{H_2O} = Peso del agua

G_i = Peso de la Pulpa inicial

$\%X$ = Porcentaje de humedad

S = Peso del sólido seco

X_{BS} = Humedad en base seca

1.2 Cálculo del área del sólido

Para el cálculo del área del sólido se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Espesor del sólido 5 mm.
- Se considera secado por una sola cara
- La densidad aparente del sólido se determinó analíticamente

$$A_s = G_i / (D_a * e_s)$$

$$A_s = 3 \text{ kg} / (1231,53 \text{ kg}/\text{m}^3 * 0,005 \text{ m})$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

A_s = Área del sólido

G_i = Peso del sólido húmedo

D_a = Densidad aparente

e_s = Espesor del sólido

1.3 Cálculo de la velocidad de secado

Para los cálculos de la velocidad se toma un intervalo de tiempo de una hora para todos los tratamientos.

W = Velocidad

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

X_1 = Humedad 1

X_2 = Humedad 2

$$W = S/As * (X_1 - X_2)$$

$$W = (0,39 \text{ kgss}/0,4872\text{m}^2 * 2\text{h}) * (6,6923 - 6,0462)\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kgss}$$

$$W = 0,2586 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

ANEXO 8: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 1

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2751	2742	2751	2748
4	2508	2491	2495	2498
6	2249	2250	2254	2251
8	2005	2005	2008	2006
10	1771	1763	1761	1765
10,5	1704	1704	1707	1705
11	1643	1648	1647	1646
11,5	1586	1585	1590	1587
12	1530	1525	1532	1529
12,5	1474	1469	1470	1471
13	1408	1415	1416	1413
13,5	1360	1351	1357	1356
14	1296	1298	1303	1299
14,5	1244	1240	1242	1242
15	1187	1184	1187	1186
15,5	1129	1128	1133	1130
16	1075	1073	1077	1075
16,5	1023	1022	1024	1023
17	972	972	975	973
17,5	925	924	926	925
18	877	877	880	878
18,5	832	832	835	833
19	792	789	792	791
19,5	750	750	753	751
20	712	711	716	713
20,5	677	675	679	677
21	640	644	645	643
21,5	609	612	615	612
22	579	583	584	582
22,5	555	554	556	555
23	531	528	531	530
23,5	507	507	510	508
24	487	487	490	488
24,5	470	470	473	471

25	457	454	457	456
25,5	442	442	445	443
26	433	428	432	431
26,5	421	421	424	422
27	416	411	415	414
27,5	407	407	410	408
28	404	401	404	403
28,5	401	397	399	399
29	396	395	397	396
29,5	396	395	396	396

Datos obtenidos del cuadro 36

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 1,6897 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0192 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,2412 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0123 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

1.- Cálculo del tiempo anticrítico

T_a = Tiempo anticrítico

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

W_c = Velocidad crítica

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

$$T_a = (S / A_s * W_c)(X_o - X_c)$$

$$T_a = (0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}} / 0,4872 \text{ m}^2 * 0,2412 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2) * (6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}} - 1,6897 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}})$$

$$T_a = 16,6 \text{ horas}$$

2.- Cálculo del tiempo poscrítico

T_p = Tiempo poscrítica

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

$$T_p = (S/A_s) * ((X_c - X_f) / (W_c - W_f)) * \ln(W_c / W_f)$$

$$T_p = (0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}} / 0,4872 \text{ m}^2) * ((1,6897 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{Kg}_{\text{SS}} - 0,0192 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{Kg}_{\text{SS}}) / (0,2412 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{hm}^2 - 0,0123 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{hm}^2)) * \ln(0,2412 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{hm}^2 / 0,0123 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{hm}^2)$$

$$T_p = 17,38 \text{ horas}$$

3.- Cálculo tiempo total

$$T_t = T_a + T_p$$

$$T_t = 16,60 + 17,38$$

$$T_t = 33,98 \text{ horas}$$

Tt = Tiempo total

Ta = Tiempo anticrítico

Tp = Tiempo poscrítico

ANEXO 9: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 2

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2680	2680	2683	2681
4	2369	2365	2370	2368
6	2058	2057	2059	2058
8	1755	1753	1757	1755
10	1460	1457	1460	1459
10,5	1386	1383	1386	1385
11	1310	1311	1315	1312
11,5	1239	1237	1241	1239
12	1168,5	1163	1168	1166,5
12,5	1094	1092	1096	1094
13	1027	1025	1029	1027
13,5	961	960	965	962
14	899	903	904	902
14,5	843	845	847	845
15	790	790	793	791
15,5	740	737	740	739
16	691	691	694	692
16,5	648	645	648	647
17	608	605	608	607
17,5	569	565	570	568

18	535	532	535	534
18,5	502	501	503	502
19	478	473	477	476
19,5	449	451	456	452
20	432	432	435	433
20,5	419	417	421	419
21	410	404	410	408
21,5	401	399	403	401
22	399	395	397	397
22,5	397	395	397	397

Datos obtenidos del cuadro 37

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{ss}}$$

$$X_c = 1,7192 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{ss}}$$

$$X_f = 0,0231 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{ss}}$$

$$W_c = 0,3079 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0164 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{ss}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

$$T_a = 12,93 \text{ horas}$$

$$T_p = 13,65 \text{ horas}$$

$$T_t = 26,58 \text{ horas}$$

T_a = Tiempo anticrítico

T_p = Tiempo poscrítica

T_t = Tiempo total

ANEXO 10: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 3

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2639	2637	2641	2639
4	2285	2283	2287	2285
6	1935	1935	1938	1936
8	1591	1590	1592	1591
10	1259	1257	1261	1259
10,5	1183	1181	1185	1183
11	1109	1108	1113	1110
11,5	1042	1040	1044	1042
12	977	975	979	977

12,5	913	912	917	914
13	854	851	854	853
13,5	796	795	797	796
14	742	741	743	742
14,5	691	691	694	692
15	648	642	645	645
15,5	601	599	603	601
16	563	561	565	563
16,5	530	527	530	529
17	500	498	502	500
17,5	472	477	479	476
18	459	456	459	458
18,5	443	441	445	443
19	430	428	432	430
19,5	418	418	421	419
20	411	407	412	410
20,5	403	401	405	403
21	397	398	399	398
21,5	394	396	395	395
22	392	394	393	393
22,5	392	394	393	393

Datos obtenidos del cuadro 38

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 1,9397 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0103 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,3498 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0082 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

$$T_a = 10,87 \text{ horas}$$

$$T_p = 16,97 \text{ horas}$$

$$T_t = 27,84 \text{ horas}$$

T_a = Tiempo anticrítico

T_p = Tiempo poscrítica

T_t = Tiempo total

ANEXO 11: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 4

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2570	2568	2572	2570
4	2143	2140	2143	2142
6	1720	1715	1719	1718
8	1321	1317	1322	1320
10	984	985	989	986
10,5	918	916	920	918
11	853	853	856	854
11,5	796	795	797	796
12	741	741	744	742
12,5	695	692	695	694
13	648	648	651	649
13,5	610	607	610	609
14	572	570	574	572
14,5	541	538	541	540
15	514	509	513	512
15,5	488	485	488	487
16	466	463	466	465
16,5	448	443	447	446
17	429	429	432	430
17,5	416	415	417	416
18	404	403	405	404
18,5	404	403	405	404

Datos obtenidos del cuadro 39

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 2,8949 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0410 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,4385 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0164 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

$$T_a = 6,93 \text{ horas}$$

$$T_p = 17,68 \text{ horas}$$

$$T_t = 24,61 \text{ horas}$$

T_a = Tiempo anticrítico

T_p = Tiempo poscrítica

T_t = Tiempo total

ANEXO 12: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 5

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2542	2538	2543	2541
4	2090	2087	2090	2089
6	1650	1650	1653	1651
8	1257	1254	1257	1256
10	920	917	920	919
10,5	845	842	845	844
11	772	772	775	773
11,5	706	707	711	708
12	646	646	649	647
12,5	590	590	593	591
13	542	542	545	543
13,5	501	499	503	501
14	462	463	467	464
14,5	433	431	435	433
15	414	414	417	415
15,5	408	405	408	407
16	402	401	403	402
16,5	402	401	403	402

Datos obtenidos del cuadro 40

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 2,7261 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0372 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,4615 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0205 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

$$T_a = 6,88 \text{ horas}$$

$$T_p = 15,19 \text{ horas}$$

$$T_t = 22,08 \text{ horas}$$

T_a = Tiempo anticrítico

T_p = Tiempo poscrítica

T_t = Tiempo total

ANEXO 13: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 6

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2235	2233	2237	2235
4	1769	1767	1771	1769
6	1346	1346	1349	1347
8	982	982	985	983
10	700	700	703	701
10,5	638	635	638	637
11	579	579	582	580
11,5	529	527	531	529
12	487	487	490	488
12,5	453	450	453	452
13	428	427	429	428
13,5	418	411	416	415
14	410	407	410	409
14,5	406	405	407	406
15	403	402	404	403
15,5	403	402	404	403

Datos obtenidos del cuadro 41

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 2,9949 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0372 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,6316 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0123 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

$$T_a = 4,68 \text{ horas}$$

$$T_p = 15,05 \text{ horas}$$

$$T_t = 19,73 \text{ horas}$$

T_a = Tiempo anticrítico

T_p = Tiempo poscrítica

T_t = Tiempo total

ANEXO 14: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 7

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2348	2347	2349	2348
4	1725	1725	1728	1726
6	1205	1203	1207	1205
8	816	814	818	816
10	582	582	585	583
10,5	543	540	543	542
11	506	505	507	506
11,5	474	474	477	475
12	449	447	451	449
12,5	428	426	430	428
13	414	411	414	413
13,5	404	403	405	404
14	404	403	405	404

Datos obtenidos del cuadro 42

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 2,7577 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0474 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,6537 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0369 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

X_o = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

X_f = Humedad final

W_c = Velocidad crítica

W_f = Velocidad final

S = Peso del sólido seco

A_s = Área del sólido

$$T_a = 4,81 \text{ horas}$$

$$T_p = 10,11 \text{ horas}$$

$$T_t = 14,92 \text{ horas}$$

T_a = Tiempo anticrítico

T_p = Tiempo poscrítica

T_t = Tiempo total

ANEXO 15: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 8

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2277	2277	2280	2278
4	1589	1586	1589	1588
6	1051	1049	1053	1051
8	635	665	668	656
10	426	457	461	448
10,5	387	415	419	407
11	405	403	404	404
11,5	405	403	404	404

Datos obtenidos del cuadro 43

$$X_o = 6,6923 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 3,9564 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0538 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,7410 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,0575 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,390 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

$X_o =$ Humedad inicial

$X_c =$ Humedad crítica

$X_f =$ Humedad final

$W_c =$ Velocidad crítica

$W_f =$ Velocidad final

$S =$ Peso del sólido seco

$A_s =$ Área del sólido

$$T_a = 2,95 \text{ horas}$$

$$T_p = 13,3 \text{ horas}$$

$$T_t = 16,25 \text{ horas}$$

$T_a =$ Tiempo anticrítico

$T_p =$ Tiempo poscrítica

$T_t =$ Tiempo total

ANEXO 16: CUADRO DE DISMINUCIÓN DE PESO PARA EL TRATAMIENTO 9

TIEMPO	REPETICIONES			PESO MEDIO
	I	II	III	
horas	g	g	g	g
0	3000	3000	3000	3000
2	2229	2227	2231	2229
4	1537	1533	1538	1536
6	936	934	938	936
8	564	565	569	566
10	402	403	404	403
10,5	402	403	404	403

Datos obtenidos del cuadro 44

$$X_o = 4,8582 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_c = 2,3285 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$X_f = 0,0867 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{Kg}_{\text{SS}}$$

$$W_c = 0,7710 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$W_f = 0,1252 \text{ Kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$$

$$S = 0,5121 \text{ Kg}_{\text{SS}}$$

$$A_s = 0,4872 \text{ m}^2$$

$X_o =$ Humedad inicial

$X_c =$ Humedad crítica

$X_f =$ Humedad final

$W_c =$ Velocidad crítica

$W_f =$ Velocidad final

$S =$ Peso del sólido seco

$A_s =$ Área del sólido

$$T_a = 3,45 \text{ horas}$$

$$T_p = 6,63 \text{ horas}$$

$$T_t = 10,08 \text{ horas}$$

$T_a =$ Tiempo anticrítico

$T_p =$ Tiempo poscrítica

$T_t =$ Tiempo total

ANEXO 17: CUADRO DE LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO PARA LOS 9 TRATAMIENTOS

TRAT.	P. CRISOL (g)	P. MUESTRA (g)	P. SECO (g)	1 h amb. (g)	2 h amb. (g)	3 h amb. (g)	4 h amb. (g)	5 h amb. (g)	HUM. EQUIL X*
T1	27,7769	5,0303	32,2833	32,3113	32,3213	32,3333	32,3413	32,3413	0,20
T2	27,1485	5,0455	31,6290	31,6470	31,6570	31,6590	31,6670	31,6670	0,20
T3	32,2513	5,0005	36,6563	36,6793	36,6843	36,6913	36,6997	36,6997	0,22
T4	32,8797	5,0193	37,3530	37,3710	37,3730	37,3830	37,3909	37,3909	0,20
T5	27,6179	5,0779	32,0929	32,1178	32,1197	32,1299	32,1368	32,1368	0,22
T6	31,5057	5,0254	36,0855	36,1075	36,1153	36,1255	36,1339	36,1339	0,17
T7	33,7389	5,0164	38,1064	38,1234	38,1304	38,1354	38,1421	38,1421	0,23
T8	34,6288	5,0390	39,0057	39,0237	39,0307	39,0347	39,0424	39,0424	0,23
T9	27,4814	5,0237	31,8293	31,8508	31,8693	31,8703	31,8708	31,8708	0,24

ANEXO 18: CUADRO DE LAS HUMEDADES RELATIVAS DURANTE EL PROCESO DE DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD EQUILIBRIO

TRAT/%HR	% HR 1h	% HR 2h	% HR 3h	% HR 4h	% HR 5h
T1	52	56	60	60	60
T2	52	56	60	60	60
T3	52	56	60	60	60
T4	52	56	60	60	60
T5	52	56	60	60	60
T6	52	56	60	60	60
T7	52	56	60	60	60
T8	52	56	60	60	60
T9	52	56	60	60	60

ANEXO 19: CÁLCULO DE LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO

Peso crisol + peso muestra – peso seco = peso de agua eliminada

$$27,7769\text{g} + 5,0303\text{g} - 32,2833\text{g} = 0,5239\text{g}$$

$$\begin{array}{l} 5,0303\text{g} \text{ ----- } 100\% \\ 0,5239\text{g} \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 10,41\%$$

Peso constante al ambiente – peso seco = peso adsorbido por la lámina

$$32,3413\text{g} - 32,2833\text{g} = 0,058\text{g}$$

$$\begin{array}{l} 5,0303\text{g} \text{ ----- } 100\% \\ 0,058\text{g} \text{ ----- } 1,15\% \end{array}$$

$$\%H \text{ T1} + \%H \text{ adsorbida} = \%H \text{ total}$$

$$10,41\% + 1,15\% = 11,56\%$$

$$\%H \text{ total} / \text{HR promedio} = X^*$$

$$11,56\% / 57,6\% = 0,2 = X^*$$

ANEXO 20: CÁLCULOS MATEMÁTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LA CURVA DE DESHIDRATADO DE LAS LÁMINAS DE ARAZÁ

La ecuación general de una curva es:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Para determinar la ecuación de la curva se toman 3 puntos de la curva característica del Arazá (inicio, intermedio y final). Tiempo vs Humedad media.

Cálculo de la ecuación de la curva de deshidratado T1

	Tiempo	Humedad Media
Puntos iniciales	(2 ;	6,3692)

Puntos medios (15 ; 2,1128)
Puntos finales (29,5 ; 0,0154)

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$4a + 2b + c = 6,3692 \quad (1)$$

$$225a + 15b + c = 2,1128 \quad (2)$$

$$870,3a + 29b + c = 0,0154 \quad (3)$$

$$c = 6,3692 - 4a - 2b \quad (1) \quad \text{despejando } c$$

$$225a + 15b + c = 6,3692 \quad (2) \quad \text{reemplazando } c$$

$$225a + 15b + (6,3692 - 4a - 2b) = 2,1128$$

$$225a + 15b + 6,3692 - 4a - 2b = 2,1128$$

$$221a + 13b = - 4,2564$$

$$b = (- 4,2564 - 221a) / 13 \quad \text{despejando } b$$

$$870,3a + 29,5b + c = 0,0154 \quad (3) \quad \text{reemplazando } c$$

$$870,3a + 29,5b + (6,3692 - 4a - 2b) = 0,0154$$

$$866,3a + 27,5b = - 6,3538$$

$$866,3a + 27,5((- 4,2564 - 221a) / 13) = - 6,3538 \quad \text{reemplazando } b$$

$$866,3a - 9,0039 - 467,5a = - 6,3538$$

$$398,8a = 2,6501$$

$$\mathbf{a = 0,0066}$$

$$b = (- 4,2564 - 221a) / 13 \quad \text{reemplazo}$$

$$b = (- 4,2564 - 221(- 0,0066)) / 13$$

$$b = (- 4,2564 - 1,4688) / 13$$

$$\mathbf{b = - 0,4404}$$

$$c = 6,3692 - 4a - 2b \quad \text{reemplazo}$$

$$c = 6,3692 - 4(0,0066) - 2(- 0,4404)$$

$$c = 6,3692 - 0,0266 + 0,8808$$

$$\mathbf{c = 7,2234}$$

$$\text{ECUACIÓN DE LA CURVA: } \mathbf{y = 0,0066x^2 - 0,4404x + 7,2234}$$

ANEXO 21: CUADRO DE LAS ECUACIONES DE LAS CURVAS DE CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTOS	ECUACIÓN
T1	$y = 0,0066x^2 - 0,4404x + 7,2234$
T2	$y = 0,0104x^2 - 0,5601x + 7,3619$
T3	$y = 0,0151x^2 - 0,6724x + 7,5140$
T4	$y = 0,0180x^2 - 0,7392x + 7,5473$
T5	$y = 0,0169x^2 - 0,7322x + 7,5005$
T6	$y = 0,0267x^2 - 0,8875x + 7,3798$
T7	$y = 0,0376x^2 - 1,0873x + 7,8805$
T8	$y = 0,0441x^2 - 1,1987x + 7,9877$
T9	$y = 0,0481x^2 - 1,2686x + 8,0485$

ANEXO 22: PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN PRODUCTOS DESHIDRATADOS

PARÁMETROS	Limite por gramo	
	m	M
Mohos	10^2	10^3
Levaduras	10^2	10^3
Rcto. Aerobios totales	10^4	10^5

m = valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

M = valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

Fuente: www.tecnoalimentos.cl/html2/Tit05.html91 (20/12/2010)

ANEXO 23: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA LOS NUEVE TRATAMIENTOS.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

FICAYA

Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 47 - 2010

Ibarra, 19 de diciembre de 2009

Análisis solicitado por: Sra. Yadira Manosalvas y Sr. Marco Castro

Número de muestras: Nueve, láminas de arazá deshidratadas

Fecha de recepción de las muestras: 12 de diciembre de 2010

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rec. Estandar en placa	UFC/g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuento de Mohos	UPM/g	430	4340	6290	0	0	0	0	0	0
Recuento de Levaduras	UPL/g	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para la muestra analizada.

Atentamente:

Bióq. José Luis Moreno
ANALISTA



ANEXO 24: ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

LABORATORIO DE USO MULTIPLE

INFORME: 04 - 2010

Fecha: 12 de enero de 2010

Análisis Solicitado por: YADYRA MANOSALVAS Y MARCO CASTRO

Fecha de muestreo: No se comunica

Número de Muestras, Denominación y Características Físicas
 T4
 T7
 T8
 T9

Fecha Recepción Laboratorio: 21 de diciembre del 2009

Persona Quien Muestra: No se comunica

Parámetros Analizados	Método	Unidad	RESULTADOS			
			T6R2	T7R1	T8R3	T9R3
Cenizas	AOAC 923.03	%	1,031	0,983	0,9025	0,893
Nitrogeno Total	AOAC 920.87	%	0,585	0,546	0,591	0,616
Potasio	AOAC 956.01	ppm	42,99	63,49	64,25	60,87
Hierro	AOAC 9585.29	ppm	43,02	39,1	40,32	41,25
Carbohidratos Totales	Cálculo	%	69,49	64,80	70,21	73,19
Vitamina C	AOAC 967.21	mg/100 g	38,37	12,201	27,76	42,21
Fibra	AOAC 978.10	%	11,2	7,25	9,01	10,04

Nota: Los Resultados de los Análisis Realizados, Corresponden Solo para las Muestras Entregadas a este Laboratorio

Atentamente

 Bíoq. José Luis Moreno
 DOCENTE - ANALISTA





OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS "OSP"
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE ALIMENTOS
INFORME DE RESULTADOS



INF-LAB-AL-15314
ORDEN DE TRABAJO No 26197

SOLICITADO POR:	Marco Castro
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Tumbaco
MUESTRA DE:	Alimento
DESCRIPCIÓN:	Fruta Deshidratada T4R1
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/02/2010
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	01/02/2010
HORA DE RECEPCIÓN:	10:21
FECHA DE ANÁLISIS:	01 al 04/02/2010
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	05/02/2010
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	Solido
Contenido encontrado: 200 g	Contenido declarado: 200 g
OBSERVACIONES:	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
*Vitamina A	UI/100g	102.93	HPLC



*Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"
No OAE LE 1C 04-002



Sandra Morales
Dra. Sandra Morales
JEFE ÁREA DE ALIMENTOS

IMPORTANTE PARA EL USUARIO: Exija el original. La Facultad no se responsabiliza por documentos fotocopiados
Dirección: Francisco Viteri s/n y Gato Sobral Telefax directo: 3216-740 Troncal: 502-262 502-456 Ext. 18



OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS "OSP"
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE ALIMENTOS
INFORME DE RESULTADOS



INF-LAB-AL-15315
ORDEN DE TRABAJO No 26197

SOLICITADO POR:	Marco Castro
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Tumbaco
MUESTRA DE:	Alimento
DESCRIPCIÓN:	Fruta Deshidratada T7R3
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/02/2010
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	01/02/2010
HORA DE RECEPCIÓN:	10:21
FECHA DE ANÁLISIS:	01 al 04/02/2010
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	05/02/2010
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	Solido
Contenido encontrado: 200 g	Contenido declarado: 200 g
OBSERVACIONES:	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente

INFORME

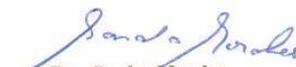
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
*Vitamina A	UI/100g	100.05	HPLC



"Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

No OAE LE 1C 04-002




Dra. Sandra Morales
JEFE ÁREA DE ALIMENTOS

IMPORTANTE PARA EL USUARIO: Exija el original. La Facultad no se responsabiliza por documentos fotocopiados
Dirección: Francisco Viteri s/n y Gato Sobral Telefax directo: 3216-740 Troncal: 502-262 502-456 Ext. 18



OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS "OSP"
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE ALIMENTOS
INFORME DE RESULTADOS



INF-LAB-AL-15316
 ORDEN DE TRABAJO No 26197

SOLICITADO POR:	Marco Castro
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Tumbaco
MUESTRA DE:	Alimento
DESCRIPCIÓN:	Fruta Deshidratada t8r1
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/02/2010
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	01/02/2010
HORA DE RECEPCIÓN:	10:21
FECHA DE ANÁLISIS:	01 al 04/02/2010
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	05/02/2010
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	Solido
Contenido encontrado: 200 g	Contenido declarado: 200 g
OBSERVACIONES:	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
*Vitamina A	UI/100g	20.32	HPLC



"Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"
 No OAE LE 1C 04-002



Sandra Morales
Dra. Sandra Morales
JEFE ÁREA DE ALIMENTOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

“OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)”

Autores: Yadyra Maribel Manosalvas Velasco
Marco Edison Castro Tulcanaza

Directora: Dra. Lucía Yépez

Asesores: Ing. Marcelo Vacas
Ing. Luis Sandoval
Ing. Hernán Cadena

Lugar de Investigación: Laboratorio “Universidad Técnica del Norte”

Beneficiarios: Universidad Técnica del Norte, Empresas de deshidratados.

Ibarra-Ecuador
2011

DATOS INFORMATIVOS



Apellidos: Castro Tulcanaza

Nombres: Marco Edison

C. Ciudadanía: 171837142-8

Teléfono convencional: 022-379-963

Teléfono celular: 089-259-392 095-705-819

Correo electrónico: marcdisson@yahoo.es

Dirección: Pichincha – Tumbaco – Av. Interoceánica Km. 17

Año: 7 de junio del 2011

DATOS INFORMATIVOS



Apellidos: Manosalvas Velasco

Nombres: Yadyra Maribel

C. Ciudadanía: 100332638-4

Teléfono convencional: 062-650-566

Teléfono celular: 069-653-080

Correo electrónico: yady_19manosalvas@hotmail.com

Dirección: Imbabura – Ibarra – Caranqui - Hernán Gonzales de
Saa Nro. 24-134

Año: 7 de junio del 2011

ARTICULO CIENTÍFICO

“OBTENCIÓN DE LÁMINAS DESHIDRATADAS DE ARAZÁ (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)”

Autores:

Yadyra Maribel Manosalvas

yady_19manosalvas@hotmail.com

Marco Edison Castro

marcdisson@yahoo.com

Coautora:

Dra. Lucía Yépez

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), utilizando parámetros óptimos de temperatura y caudal volumétrico del aire en el secador. La Obtención de láminas deshidratadas de Arazá se llevó a cabo en los laboratorios de las Unidades Eduproductivas y los respectivos análisis de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio de Uso Múltiple, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

Las láminas de Arazá se obtienen a partir de la pulpa de la fruta, previamente clasificada, seleccionada, lavada y desinfectada; para evitar posibles contaminaciones. En la fase experimental se empleó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AxB, donde el factor A corresponde a los niveles de temperatura en el secador, y el factor B corresponde a los niveles de caudal volumétrico del aire dentro del armario de secado. Las variables evaluadas fueron: análisis organoléptico, humedad, pH, brix, peso, tiempo, rendimiento, cenizas, fibra, proteína, carbohidratos, vitamina A, vitamina C, carotenos, a los tres mejores tratamientos, los cuales se determinaron a partir de la pruebas de degustación.

De la presente investigación se pudo concluir que:

- Para obtener láminas deshidratadas de Arazá, la mejor temperatura es de 55°C; obteniéndose el producto en un tiempo promedio de 11.67 horas; es decir que a mayor temperatura menor tiempo de secado.
- Se estableció que el mejor caudal volumétrico para el deshidratado de láminas de arazá fue 100% (0.0809 m³/s) de abertura del venterol; ya que a este caudal el producto estuvo expuesto por un menor tiempo de secado.

PALABRAS CLAVE

Deshidratado, Arazá, temperatura, caudal volumétrico, tiempo.

ABSTRACT

The present investigation had as objective to elaborate dehydrated sheets of Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), using good parameters of temperature and volumetric flow of the air in the dryer. The elaboration of dehydrated sheets of Arazá, was carried out in the laboratories of the units eduproductivas of the Technical University of the North located in the city of Ibarra, County Imbabura and the respective laboratory analyses were made in the Laboratory of Multiple Use of the Ability of

Engineering in Agricultural and Environmental Sciences; in the Technical University of the North.

The arazá sheets are obtained starting from the pulp of the fruit, previously classified, selected, washed and disinfected; to avoid possible contaminations. In the experimental phase the design of blocks was used totally at random with factorial arrangement AxB, where the factor TO it corresponds at the levels of temperature in the dryer, and the factor B that corresponds at the levels of volumetric flow of the air inside the drying closet. The valued variables were: organoleptic analysis, humidity, pH, brix, weight, time, yield, ash, fiber, protein, carbohydrates, vitamin A, vitamin C, carotenes, to the three better treatments, which were determined starting from the tasting tests.

Of the present investigation you could conclude that:

- You concludes that to obtain sheets you dehydrate of Arazá, the best temperature is of 55°C; being obtained the product at one time average of 11.67 hours; that is to say that to more temperature smaller time of drying.
- He/she settled down that the best volumetric flow for the dehydrated of Arazá sheets was 100% (0.0809 m³/s) of opening of the venterol; since to this flow the product was exposed by a smaller time of drying.

KEY WORDS

Dehydrated, Arazá, temperature, volumetric flow, time

INTRODUCCIÓN

En las regiones Amazónica y Litoral, se halla una amplia variedad de especies vegetales que no son bien aprovechadas y explotados en su totalidad, dando origen a un bajo conocimiento tecnológico sobre el aprovechamiento de las frutas exóticas entre ellas el Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*), el manejo adecuado de la planta en el campo y de técnicas de industrialización; disminuyendo el potencial económico de esta fruta exótica y la posibilidad de dar un valor agregado al producto final, lo que origina un desinterés por esta clase de cultivos.

La presente investigación “Obtención de láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*)”, busca enfocar la importancia de esta fruta como una alternativa de procesamiento por los bajos costos de operación, almacenamiento posterior al proceso y por su larga vida de anaquel sin comprometer sus cualidades sensoriales, ayudando al desarrollo de los sectores productores de Arazá.

Tuvo como objetivo general obtener láminas deshidratadas de Arazá (*Eugenia Stipitata Mc Vaugh*); y como objetivos específicos: Determinar la temperatura (35, 45, 55 °C); para la deshidratación del Arazá, que permita conservar sus propiedades Físico Químicas. Determinar el caudal volumétrico de aire (0,0537; 0,0672; 0,0809) m³/s; necesario para el deshidratado del producto laminar. Establecer la curva característica de deshidratado para el fruto Arazá. Evaluar la calidad del producto terminado mediante análisis Físico Químico (°Brix, peso, humedad, tiempo, pH); microbiológico (mohos, levaduras y recuento total de aerobios) y organoléptico (olor, color, sabor, textura).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación inició el 14 de septiembre del 2009 y finalizó el 15 de enero del 2010, se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. Se utilizó como materia prima el Arazá (*Eugenia stipitata Mc Vaugh*), como equipos el Armario de secado, Gavetas de plástico, Balanza (analítica), Licuadora, Termómetro, Estilete, Cronómetro, y como reactivos el Hipoclorito de sodio 0,1 %, Metabisulfito de Sodio, Papel encerado, Cajas de cartón.

Los factores en estudio fueron el FACTOR A (Temperatura en el interior del secador ($^{\circ}$ C)), con tres niveles A1: 35 $^{\circ}$ C, A2: 45 $^{\circ}$ C y A3: 55 $^{\circ}$ C y el FACTOR B (Caudal volumétrico de aire en el secador, expresado en la abertura del venterol), con tres niveles B1: Abertura del venterol 40 % (0,0537 m³/s), B2: Abertura del venterol 70 % (0,0672 m³/s) y B3: Abertura del venterol 100 % (0,0809 m³/s).

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial: A x B. La unidad experimental estuvo compuesta por 3000 g de pulpa de Arazá con espesor de 5 mm. y con 87 % de humedad inicial. Se realizó 3 repeticiones y 27 unidades experimentales. Se realizó la prueba de TUKEY al 5% para tratamientos, DMS (Diferencia Mínima Significativa) para el factor A y el factor B y FRIEDMAN para pruebas no paramétricas (análisis organoléptico). Las variables cuantitativas estudiadas fueron Sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), Peso, pH, Humedad, Tiempo, Rendimiento, Análisis físico – químico; y las cualitativas color, olor, sabor y textura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados estadísticos se determinó que en la variable peso existió significación estadística siendo el mejor tratamiento T7 (temperatura de secado 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico de aire en el secador 0.0537 m³/s). En cuanto al pH se observó que el mejor tratamiento es T6 (temperatura de secado 45 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico de aire en el secador 0.0809 m³/s). Para la variable humedad se estableció que el tratamiento T7 (temperatura de secado 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico de aire en el secador 0.0537 m³/s) es el mejor. Se obtuvo el mejor tiempo con el tratamiento T9 (temperatura de secado 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico de aire en el secador 0.0809 m³/s). y se determinó para la variable sólidos solubles el mejor tratamiento T7 (temperatura de secado 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico de aire en el secador 0.0537 m³/s),

CONCLUSIONES

- Para obtener las láminas deshidratadas de Arazá, la mejor temperatura es de 55 $^{\circ}$ C; obteniéndose el producto en un tiempo promedio de 11,67 h; es decir que a mayor temperatura menor tiempo de secado.
- Se estableció que el mejor caudal volumétrico para el deshidratado de láminas de arazá fue 100% (0,0809m³/s) de abertura del venterol; ya que a este caudal el producto estuvo expuesto por un menor tiempo de secado.
- Luego de realizar la degustación y el análisis de resultados mediante Friedman, se estableció que mayor aceptabilidad tuvieron los tratamientos **T8** (temperatura 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico 0,0672 m³/s), **T7** (temperatura 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico 0,0537 m³/s), **T4** (temperatura 55 $^{\circ}$ C y caudal volumétrico

0,0537 m³/s), debido a que presentaron mejores características organolépticas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar con 55°C de temperatura, y un caudal volumétrico del aire de 0,0672 m³/s; para la deshidratación de láminas de arazá.
- Probar los resultados obtenidos en esta investigación con la deshidratación de láminas de otras frutas exóticas.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre la incorporación de edulcorantes en las láminas de arazá, controlando su acidez.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA, H. (2001) Enciclopedia agropecuaria; producción agrícola 1; Terranova ediciones; pp 282, 283, Cultivos de frutales amazónicos. Bogotá – Colombia.
- BRENNAN, J. (1980) Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Edición. Editorial – Acribia, Zaragoza – España. pp. 318 – 328
- DESROSIER, N. (1982) Conservación de los Alimentos. 6ta reimpresión Editorial Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima - Perú. 28 p.
- GAMBOINA. (2008) Empresa la Gamboina, Orellana - Ecuador.
- TERRANOVA. (1995) Producción Agrícola tomo II. Editorial Terranova, Bogotá - Colombia. pp 278.

FUENTES VIRTUALES

- BOLSA AMAZONICA. Exportadora de Arazá. Ecuador
<http://www.bolsaamazonia.com>, 10/08/2008

Dra. Lucía Yépez
DIRECTORA