

UNIVERSIDAD



TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**“EFECTOS DEL PROCESO DE SECADO E INDICE DE
MADUREZ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y
ORGANOLÉPTICAS DE LÁMINAS DE CARAMBOLA *Averrhoa*
carambola ”**

Tesis previa a la obtención del título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Caicedo Morales Darwin German

DIRECTOR: Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz

IBARRA – ECUADOR

2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“EFECTOS DEL PROCESO DE SECADO E ÍNDICE DE MADUREZ SOBRE
LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE
LÁMINAS DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola*)”**

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Luis Manosalvas MSc.

DIRECTOR DE TESIS



FIRMA

Ing. Nicolás Pinto Mg.I.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Juan de la Vega Mg.I.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Jimmy Cuaran Mg.I.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACION DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD:	100326620-0
APELLIDOS Y NOMBRES:	Caicedo Morales Darwin German
DIRECCIÓN:	Ibarra, Calle Ibarra y Segundo Luis Moreno # 45
EMAIL:	windary90@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 0997503871

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO:	“EFECTOS DEL PROCESO DE SECADO E ÍNDICE DE MADUREZ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LÁMINAS DE CARAMBOLA (<i>Averrhoa carambola</i>)”
----------------	---

AUTOR:	Caicedo Morales Darwin Germán
FECHA:	21 de abril del 2017

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO

PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSTGRADO
------------------	--	------------------------------------

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Darwin German Caicedo Morales, con cédula de identidad número 100326620-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2017

EL AUTOR:



Caicedo Morales Darwin Germán

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Darwin Germán Caicedo Morales, con cédula de identidad Nro. 100326620-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“EFECTOS DEL PROCESO DE SECADO E ÍNDICE DE MADUREZ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LÁMINAS DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola*) ”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2017



Darwin Germán Caicedo Morales

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señor Darwin Germán Caicedo Morales, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Armando Manosalvas', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Luis Armando Manosalvas
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2017



Darwin Caicedo Morales

DEDICATORIA

Una vez alcanzado mi gran objetivo de llegar a convertirme en una excelente profesional y obtener mi título de ingeniera Agroindustrial. Quiero expresar mi más profundo reconocimiento de la más alta consideración y estima a mis Padres, quienes desde mi niñez me supieron enrumbar en el camino de la verdad, el respeto y la responsabilidad como valores ineludibles que marcan mi personalidad y al mismo tiempo dedicar el presente trabajo de investigación por que con su amor abnegado han depositado en mi corazón esa semilla fecunda, que luego de germinar y crecer se apresta a dar el fruto de sencillez, humildad y trabajo. Dedico entonces mi esfuerzo y sacrificio a mis Padres con mucho amor y sacrificio.

Darwin Germán Caicedo Morales

AGRADECIMIENTO

Al culminar con el trabajo de grado mi infinito agradecimiento a esta prestigiosa institución, Universidad Técnica del Norte la cual abrió sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas generadoras de cambios positivos en nuestra sociedad.

A la FICAYA en especial a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial y sus dignos catedráticos, que pusieron todos sus conocimientos, para que, mediante la investigación y el esfuerzo personal, lleguemos a culminar con éxito nuestra carrera, y con sus sabios conocimientos han fraguado nuestro espíritu y han forjado nuestra personalidad.

Nuestro más profundo reconocimiento y gratitud imperecedera al Ing. Luis Armando Manosalvas director de tesis quien con su serena experiencia y vastos conocimientos guio ágil y acertada la ejecución de este trabajo.

A nuestros asesores: Ing. Nicolás Pinto, Ing. Juan de la Vega e Ing. Jimmy Cuaran, quienes agradezco por su entrega y esmero ya que conmigo puso a prueba toda su entrega, y conocimientos y en el desarrollo de esta investigación.

A Nuestro Biometrista el Ing. Jimmy Cuaran quien con su vasto conocimiento de la estadística, supo guiar este tema de investigación.

Darwin Germán Caicedo Morales.

ÍNDICES DE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDO Y ANEXOS	9
ÍNDICES DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABLAS	19
ÍNDICE DE GRÁFICOS	23
RESUMEN	24
SUMMARY	26
CAPITULO I	1
1. Introducción	1
1.1. Problema	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos de la investigación	2
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos Específicos.	3
1.4. Hipótesis de trabajo	3
1.4.1. Hipótesis alternativa	4
1.4.2. Hipótesis nula	4
Capítulo II	5
2. Marco Teórico	5
2.1. Taxonomía	5
2.1.1. Carambola	5
2.2. Características generales	5
2.3. Composición Nutricional	7
2.4. Propiedades y beneficios	7
2.5. Deshidratación	8
2.5.1. Métodos de deshidratación.	9
2.5.1.1. Deshidratación por aire libre y al sol.	10

2.5.1.2.	Deshidratación por sombra y bajo abrigo.....	11
2.5.1.3.	Deshidratación por aire caliente.	12
2.5.2.	Clasificación de Deshidratadores.	12
2.5.2.1.	Deshidratadores directos.....	13
2.5.2.2.	Deshidratadores indirectos.....	13
2.5.2.3.	Deshidratadores continuos.....	13
2.5.2.4.	Deshidratadores Discontinuos	13
2.6.	Naturaleza del agua en un alimento.....	13
2.7.	Movimiento migratorio del agua	14
2.8.	Temperaturas de deshidratación	16
2.9.	Velocidad del aire de secado	18
2.10.	Cambios en los alimentos sólidos durante la deshidratación.....	18
2.11.	Láminas de fruta deshidratada o cuero de fruta.....	21
2.12.	Efectos de la deshidratación sobre los alimentos.	22
2.12.1.	Color	22
2.12.2.	Aroma	23
2.12.3.	Textura.....	23
2.12.4.	Sobre el valor nutritivo.	24
2.12.5.	Sobre los microorganismos.....	24
2.13.	Deshidratación de los alimentos	24
2.13.1.	Conducción.....	25
2.13.2.	Convección.....	25
2.13.3.	Radiación.....	25
2.14.	Secador de bandejas.....	26
2.15.	Proceso básico de secado.....	30
2.16.	Actividad de agua	32
2.17.	Envasado y almacenamiento de las frutas deshidratadas	38
2.18.	Sólidos Solubles	38
2.19.	Humedad.....	39
2.20.	pH	40
2.21.	Calcio.....	41
2.22.	Potasio	42

2.23.	Estudio Psicométrico del secado	43
2.24.	Factores que intervienen en el proceso de secado	45
2.24.1.	Humedad de un producto.....	48
2.24.1.1.	Humedad de equilibrio.	49
2.24.1.2.	Humedad crítica.....	49
2.24.1.3.	Humedad libre.	49
2.24.1.4.	Humedad ligada (X ligada).....	50
2.24.1.5.	Humedad desligada (X desligada).....	50
2.24.1.6.	Humedad Absoluta.	50
2.24.1.7.	Humedad Relativa.	50
2.25.	Teoría de difusión	51
2.26.	Cinética de secado	54
2.27.	Curvas de secado.	55
2.28.	Periodos del secado.....	57
2.29.	Índice de madurez.....	65
2.29.1.	Cosecha.....	68
2.29.2.	Pos cosecha.....	68
CAPITULO III		69
3.	Materiales y Métodos	69
3.1.	MATERIALES	69
3.1.1.	Materiales y equipos de laboratorio.....	70
3.1.2.	Materia prima e insumos.	70
3.2.	Metodología.....	71
3.2.1.	Localización del experimento.....	71
3.2.2.	Caracterización del área de estudio.	71
3.2.3.	Tratamientos.	73
3.2.4.	Diseño experimental.	75
3.2.4.1.	Características del experimento.....	75
3.2.4.2.	Unidad experimental.....	75
3.2.4.3.	Análisis de varianza.....	76
3.2.4.4.	Análisis funcional.	76

3.3.	Métodos de procesamiento.	76
3.3.1.	Recepción.	79
3.3.2.	Pesado 1.	79
3.3.3.	Selección.	80
3.3.4.	Pesado 2.	80
3.3.5.	Desinfección.	80
3.3.6.	Despulpado.	81
3.3.7.	Pesado 3.	81
3.3.8.	Laminado.	82
3.3.9.	Secado.	83
3.3.10.	Pesado 4.	84
3.3.11.	Cortado.	84
3.3.12.	Empaque.	85
3.3.13.	Almacenamiento.	85
3.4.	Métodos de evaluación.	86
3.4.1.	Variables cuantitativas.	86
3.4.2.	Variables cualitativas.	87
3.4.2.1.	Método de evaluación de las variables cualitativas del producto terminado.	88
3.4.2.1.1.	Prueba de comparaciones múltiples.	88
3.4.2.1.1.1.	Color.	88
3.4.2.1.1.2.	Olor.	88
3.4.2.1.1.3.	Sabor.	89
3.4.2.1.1.4.	Textura (dureza).	89
3.4.2.1.1.5.	Aceptabilidad.	90
3.4.3.	Análisis microbiológico en el producto terminado.	91
3.4.4.	Análisis nutricional del producto terminado.	91
CAPÍTULO IV.		92
4.	Resultados y Discusiones.	92
4.1.	Variables cuantitativas.	92
4.1.1.	En materia prima: CARAMBOLA (<i>Averrhoa carambola</i>).	92
4.1.2.	LAMINAS DESHIDRATADAS DE CARAMBOLA.	93

4.1.2.1.	PH	93
4.1.2.2.	Sólidos solubles (°brix)	105
4.1.2.3.	Humedad (%).....	113
4.1.2.4.	Calcio.....	123
4.1.2.5.	Potasio	133
4.1.3.	Método de selección de los mejores tratamientos.	143
4.2.	Variables Cualitativas.....	145
4.2.1.	Análisis sensorial del producto terminado.....	145
4.2.1.1.	Color	146
4.2.1.2.	Olor.....	147
4.2.1.3.	Sabor.....	148
4.2.1.4.	Dureza.....	149
4.2.1.5.	Aceptación.	150
4.2.1.6.	Prueba de Friedman.	151
4.2.2.	Curvas características de deshidratado para láminas de carambola.	153
4.3.	Diagrama de bloques para el mejor tratamiento.	169
4.4.	Rendimiento: Se calculó aplicando la siguiente fórmula:	171
4.5.	Análisis microbiológico de los mejores tratamientos.....	171
4.6.	Análisis nutricional del mejor tratamiento.	172
CAPÍTULO V		173
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	173
5.1.	Conclusiones.....	173
5.2.	Recomendaciones	175
Capítulo VI.....		176
6.	Bibliografía	176
Capítulo VII		181
7.	Anexos	181
Anexo 1. Caracterización de las condiciones ambientales del aire de secado y del secador de bandeja.		181
Anexo 2. Cantidad de calor transferido del aire al producto.....		183

Anexo 3. Evaluación sensorial para láminas deshidratadas de carambola.....	184
Anexo 4. Cálculos referenciales de las láminas de carambola.....	190
Anexo 5. Curvas características de deshidratado para láminas de carambola.	191
Anexo 6. Costos de producción a nivel del laboratorio.	232
Anexo 7. Costo de producción para cada paquete de 20 unidades.....	233
Anexo 8. Norma Técnica Ecuatoriana 2787. Coco rallado desecado.	234
Anexo 9. Comisión del Codex Alimentarius.....	240
Anexo 10. Norma Técnica Ecuatoriana 2337. Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales.	244
Anexo 11. Norma Técnica Ecuatoriana 2996. Productos deshidratados, zanahoria, zapallo, uvilla.	256
Anexo 12. Norma Técnica Ecuatoriana 1529. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y Levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.	263
Anexo 13. Análisis físicos químicos.	270

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación botánica de la Carambola.....	5
Figura 2. Carambola	6
Figura 3. Composición nutricional en 100g de parte comestible.	7
Figura 4. Medidas del deshidratador.	29
Figura 5. Circulación del aire en el interior del deshidratador.	29
Figura 6. Deshidratador.	30
Figura 7. Relación entre el contenido de humedad y difusividad.	32
Figura 8. Isoterma de equilibrio	35
Figura 9. Influencia de la temperatura en las isotermas de equilibrio.....	36
Figura 10. Degradación en función del a actividad de agua.....	37
Figura 11. Mecanismo de difusión superficial y transporte de vapor de agua.....	52
Figura 12. Relación entre el contenido de humedad y difusividad.	53
Figura 13. Mecanismos de difusión del transporte del líquido del vapor de agua.	54
Figura 14. Velocidad de secado vs humedad del producto.	56
Figura 15. Humedad del producto en función del tiempo.	56
Figura 16. Variación del peso del producto en un proceso de secado.....	57
Figura 17. Contenido de humedad en función del tiempo de secado.....	58
Figura 18. Curva de velocidad de secado	59
Figura 19. Determinación de la velocidad de secado	60
Figura 20. Transmisión de calor y materia en el secado.	62
Figura 21. Movimiento del agua por los poros del material durante el secado.....	64
Figura 22. Estado de madurez	65
Figura 23. Cambios de color en el fruto de carambola.....	67
Figura 24. Daños mecánicos en Carambola (Averrhoa Carambola L.)	68
Figura 25. Escala para la evaluación de la calidad general de frutos de Carambola (Averrhoa Carambola L.)	69
Figura 26. Diagrama de proceso de láminas deshidratadas de carambola	77
Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de láminas deshidratadas de carambola.....	78

Figura 28. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.	100
Figura 29. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.	101
Figura 30. Interacción de los factores B (Velocidad del aire de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.	102
Figura 31. Interacción de los factores A (Temperatura de secado), B (Velocidad del aire de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.	103
Figura 32. Representación gráfica del variable pH (%) en las láminas deshidratadas de carambola.....	104
Figura 33. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable solidos solubles de las láminas deshidratadas de carambola. ...	111
Figura 34. Representación gráfica de la variable sólidos solubles (°brix) en las láminas deshidratadas de carambola.	112
Figura 35. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable humedad de las láminas deshidratadas de carambola.	120
Figura 36. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable humedad de las láminas deshidratadas de carambola.	121
Figura 37. Representación gráfica de la variable humedad en las láminas deshidratadas de carambola.....	122
Figura 38. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable calcio de las láminas deshidratadas de carambola.	130
Figura 39. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable calcio de las láminas deshidratadas de carambola.....	131
Figura 40. Representación gráfica de la variable calcio en las láminas deshidratadas de carambola.....	133
Figura 41. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable potasio de las láminas deshidratadas de carambola.	140
Figura 42. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable potasio de las láminas deshidratadas de carambola.....	141

Figura 43. Representación gráfica de la variable potasio en las láminas deshidratadas de carambola.....	142
Figura 44. Color.	146
Figura 45. Olor.	147
Figura 46. Sabor.	148
Figura 47. Dureza.	149
Figura 48. Aceptación.	150
Figura 49 Curva de secado T17.....	155
Figura 50 Velocidad de secado vs humedad	157
Figura 51 Curva de secado T18.....	160
Figura 52 Velocidad de secado vs humedad.	162
Figura 53 Curva de secado T27.....	165
Figura 54 Velocidad de secado vs humedad.	167
Figura 55. Balance de materiales del proceso de elaboración de láminas deshidratadas de carambola.....	170
Figura 56 Curva de secado T1.....	192
Figura 57 Velocidad de secado vs humedad T1.....	192
Figura 58 Curva de secado T2.....	193
Figura 59 Velocidad de secado vs humedad T2.....	194
Figura 60 Curva de secado T3.....	195
Figura 61 Velocidad de secado vs humedad T3	195
Figura 62 Curva de secado T4.....	196
Figura 63 Velocidad de secado vs humedad T4	197
Figura 64 Curva de secado T5.....	198
Figura 65 Velocidad de secado vs humedad T5	198
Figura 66 Curva de secado T6.....	199
Figura 67 Velocidad de secado vs humedad T6.....	200
Figura 68 Curva de secado T7.....	201
Figura 69 Velocidad de secado vs humedad T7.....	201
Figura 70 Curva de secado T8.....	202
Figura 71 Velocidad de secado vs humedad T8.....	203
Figura 72 Curva de secado T9.....	204

Figura 73 Velocidad de secado vs humedad T9.....	204
Figura 74 Curva de secado T10.....	205
Figura 75 Velocidad de secado vs humedad T10.....	206
Figura 76 Curva de secado T11.....	207
Figura 77 Velocidad de secado vs humedad T11.....	207
Figura 78 Curva de secado T12.....	208
Figura 79 Velocidad de secado vs humedad T12.....	209
Figura 80 Curva de secado T13.....	210
Figura 81 Velocidad de secado vs humedad T13.....	210
Figura 82 Curva de secado T14.....	211
Figura 83 Velocidad de secado vs humedad T14.....	212
Figura 84 Curva de secado T15.....	213
Figura 85 Velocidad de secado vs humedad T15.....	213
Figura 86 Curva de secado T16.....	214
Figura 87 Velocidad de secado vs humedad T16.....	215
Figura 88 Curva de secado T17.....	216
Figura 89 Velocidad de secado vs humedad T17.....	216
Figura 90 Curva de secado T18.....	217
Figura 91 Velocidad de secado vs humedad T18.....	218
Figura 92 Curva de secado T19.....	219
Figura 93 Velocidad de secado vs humedad T19.....	219
Figura 94 Curva de secado T20.....	220
Figura 95 Velocidad de secado vs humedad T20.....	221
Figura 96 Curva de secado T21.....	222
Figura 97 Velocidad de secado vs humedad T21.....	222
Figura 98 Curva de secado T22.....	223
Figura 99 Velocidad de secado vs humedad T22.....	224
Figura 100 Curva de secado T23.....	225
Figura 101 Velocidad de secado vs humedad T23.....	225
Figura 102 Curva de secado T24.....	226
Figura 103 Velocidad de secado vs humedad T24.....	227
Figura 104 Curva de secado T25.....	228

Figura 105 Velocidad de secado vs humedad T25	228
Figura 106 Curva de secado T26.....	229
Figura 107 Velocidad de secado vs humedad T26.....	230
Figura 108 Curva de secado T27.....	231
Figura 109 Velocidad de secado vs humedad T27	231

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones Ambientales De La Ciudad de Ibarra	71
Tabla 2. Tratamientos en estudio.....	73
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (ADEVA).....	76
Tabla 4. Evaluación sensorial del color. (Anexo 3).....	88
Tabla 5. Evaluación sensorial del olor. (Anexo 3)	89
Tabla 6. Evaluación sensorial del sabor. (Anexo 3)	89
Tabla 7. Evaluación sensorial de textura (dureza). (Anexo 3)	90
Tabla 8. Escala de aceptabilidad para los consumidores. (Anexo 3).....	90
Tabla 9. Análisis microbiológico.....	91
Tabla 10. Análisis físico químico.	91
Tabla 11. Características fisico- químicas de la materia prima.	93
Tabla 12. Evaluación de pH.....	94
Tabla 13. Análisis de varianza.....	95
Tabla 14. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para pH de tratamientos.....	96
Tabla 15. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.	97
Tabla 16. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.	98
Tabla 17. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor C.	99
Tabla 18. Evaluación de sólidos solubles (°brix)	106
Tabla 19. Análisis de varianza.....	107
Tabla 20. Prueba de Tukey al ($p < 0.05$) para los sólidos solubles de los tratamientos. ..	109

Tabla 21. Prueba de Diferencia media significativa DMS al ($\alpha < 0.05$) para el Factor B.	110
Tabla 22. Evaluación del contenido de humedad (%)	114
Tabla 23. Análisis de varianza.....	115
Tabla 24. Prueba de Tukey al ($p < 0.05$) para la humedad de los tratamientos.....	117
Tabla 25. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.	118
Tabla 26. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.	119
Tabla 27. Evaluación de Calcio (mg/100g).	123
Tabla 28. Análisis de varianza.....	124
Tabla 29. Prueba de Tukey al ($p < 0.05$) para tratamientos.....	127
Tabla 30. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.	128
Tabla 31. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.	129
Tabla 32. Evaluación de Potasio (g/100g).	134
Tabla 33. Análisis de varianza.....	135
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% Para Tratamientos.....	137
Tabla 35. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.	138
Tabla 36. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.	139
Tabla 37. Método de selección de los mejores tratamientos.	143
Tabla 38. Análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial.	151
Tabla 39. Curva de deshidratado para T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).....	154
Tabla 40. Curva de deshidratado para T18 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).....	159
Tabla 41. Curva de deshidratado para T27 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).....	164
Tabla 42. Análisis microbiológico.....	172

Tabla 43. Análisis nutricional del T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).....	172
Tabla 44. Condiciones del aire de secado.....	181
Tabla 45. Propiedades psicométricas del aire.....	183
Tabla 46. Curva de deshidratado para T1 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 7°brix).....	191
Tabla 47. Curva de deshidratado para T2 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 8°brix).....	193
Tabla 48. Curva de deshidratado para T3 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 9°brix).....	194
Tabla 49. Curva de deshidratado para T4 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 7°brix).....	196
Tabla 50. Curva de deshidratado para T5 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 8°brix).....	197
Tabla 51. Curva de deshidratado para T6 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 9°brix).....	199
Tabla 52. Curva de deshidratado para T7 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 7°brix).....	200
Tabla 53. Curva de deshidratado para T8 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 8°brix).....	202
Tabla 54. Curva de deshidratado para T9 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 9°brix).....	203
Tabla 55. Curva de deshidratado para T10 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 7°brix).....	204
Tabla 56. Curva de deshidratado para T11 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).....	206
Tabla 57. Curva de deshidratado para T12 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).....	207
Tabla 58. Curva de deshidratado para T13 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 7°brix).....	209
Tabla 59. Curva de deshidratado para T14 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).....	210

Tabla 60. Curva de deshidratado para T15 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).....	212
Tabla 61. Curva de deshidratado para T16 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 7°brix).....	213
Tabla 62. Curva de deshidratado para T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).....	215
Tabla 63. Curva de deshidratado para T18 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).....	216
Tabla 64. Curva de deshidratado para T19 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 7°brix).....	218
Tabla 65. Curva de deshidratado para T20 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 8°brix).....	220
Tabla 66. Curva de deshidratado para T21 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).....	221
Tabla 67. Curva de deshidratado para T22 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 7°brix).....	223
Tabla 68. Curva de deshidratado para T23 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 8°brix).....	224
Tabla 69. Curva de deshidratado para T24 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).....	226
Tabla 70. Curva de deshidratado para T25 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 7°brix).....	227
Tabla 71. Curva de deshidratado para T26 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 8°brix).....	229
Tabla 72. Curva de deshidratado para T27 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).....	230

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Recepción	79
Gráfico 2 Pesado 1	79
Gráfico 3 Selección.....	80
Gráfico 4 Pesado 2.....	80
Gráfico 5 Desinfección.....	81
Gráfico 6 Despulpado	81
Gráfico 7 Pesado 3.....	82
Gráfico 8 Laminado.....	82
Gráfico 9 Secado.....	83
Gráfico 10 Pesado 4.....	84
Gráfico 11 Cortado.....	84
Gráfico 12 Empaque.....	85
Gráfico 13 Almacenamiento.....	85
Gráfico 14 Carta psicométrica de la ciudad de Ibarra.....	182
Gráfico 15 Propiedades del aire de secado a 24°C.....	182

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar láminas deshidratadas a partir de pulpa de Carambola "*Averrhoa Carambola*", utilizando parámetros de grado de madurez de la fruta, temperatura de secado y velocidad de aire en el secador.

El desarrollo experimental se realizó en las unidades edu-productivas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, ubicadas en el Colegio Universitario de la ciudad de Ibarra. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de análisis físico-químicos y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Las láminas deshidratadas de carambola se obtienen a partir de la pulpa, previamente pesada, seleccionada, desinfectada y extraída, disponiéndola en bandejas lisas que contienen láminas de papel de arroz y secándola a las temperaturas de secado, velocidades del aire de secado e índices de madurez establecidos en esta investigación.

El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B x C con veintisiete tratamientos y tres repeticiones, dando un total de ochenta y un unidades experimentales, con pesos de 500g de pulpa de carambola, donde los factores estudiados fueron: la temperatura de secado en grados centígrados ($^{\circ}$ C), la velocidad del aire de secado en metros por segundo (m/s), el índice de madurez de la Carambola, en grados brix. Las variables cuantitativas evaluadas fueron: pH, humedad, sólidos solubles, calcio y potasio. Mientras, las variables cualitativas evaluadas fueron: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

Los factores temperatura de secado, velocidad del aire de secado e índice de madurez tuvieron un efecto significativo sobre la disminución del contenido de pH y humedad, así mismo, en el aumento de la cantidad de sólidos solubles, calcio y potasio, ya que a temperaturas altas de secado se elimina mayor cantidad de humedad en forma de vapor de agua, así mismo, los sólidos presentes en el producto se transforman en ácidos por efecto de la fermentación, por otro lado, al aumentar la velocidad del aire de secado aumentamos la capacidad de arrastre de los solutos presentes en el interior del producto hacia la superficie

de este donde se concentraran. Se obtuvo un producto deshidratado de calidad, con características físico- químicas adecuadas para el consumo humano y excelentes características organolépticas. El tratamiento T17 (temperatura de secado 75°C, velocidad del aire de secado 3,5 m/s e índice de madurez 8°brix), es el mejor, ya que presento mejores características físico-químicas y organolépticas.

PALABRAS CLAVE: Carambola, Temperatura, Madurez, Velocidad, Deshidratado.

ABSTRACT

The present research aimed to develop sheets dried Dragon fruit pulp from "*Hylocereus buccinum*" using optimum parameters of maturity of fruit, drying temperature and velocity of air in the dryer.

The experimental development was done in edu-productive units of the Faculty of engineering in agricultural sciences and environmental of the University technique of the North, located at the College of the city of Ibarra. Laboratory analyses were carried out in the laboratory of physical-chemical and microbiological analyzes of the Faculty of engineering in agricultural and environmental sciences.

The dried carambola sheets are obtained from the pulp, previously weighed, selected, disinfected and liquefying it, arranging it in smooth trays containing sheets of rice paper, and drying it at drying temperatures, drying and maturity index established in this research.

The statistical model used in the research was the completely randomized design with factorial arrangement A x B x C with twenty-seven treatments and three replicates, giving a total of eighty-one experimental units with weights of 500g of carambola pulp, where the factors studied were: the temperature of dryer in degrees centigrade (°C), the drying air velocity in meters per second (m/s), the carambola maturity index , in degrees brix. The quantitative variables evaluated were: pH, moisture, soluble solids, calcium and potassium. Meanwhile, the qualitative variables evaluated were: color, smell, taste, texture and acceptability.

The drying temperature, drying rate and ripeness index had a significant effect on the decrease in pH and moisture content, as well as on the increase in the amount of soluble solids, calcium and potassium, since at high drying temperatures more moisture is eliminated in the form of water vapor, likewise, the solids present in the product are transformed into acids by the effect of fermentation, on the other hand, by increasing the air velocity of drying we increase the drag capacity of the solutes present inside the product towards the surface of this where they concentrate

it was obtained a dehydrated product of quality, with physical-chemical characteristics suitable for human consumption and excellent organoleptic characteristics. The T17 treatment (drying temperature 75 °C, drying rate 3.5 m/s and maturity index 8 °brix) is the best, since it has better physico-chemical and organoleptic characteristics.

KEYWORDS: Carambola, Temperature, Degree, Speed, Dehydrated.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

La poca difusión a nivel de mercadeo y el bajo consumo de la carambola (*Averrhoa carambola*) como producto fresco ha generado la pérdida y desinterés por producir esta fruta como un cultivo regular y un escaso interés por comercializarla en la perspectiva de un aprovechamiento masivo a nivel popular. En el Ecuador no se dispone de suficiente información sobre las cualidades nutricionales de la carambola a nivel industrial, lo que ha provocado que no se aproveche el potencial de esta fruta para su transformación fabril en diversos productos con valor agregado, por lo que actualmente su forma de consumo es directa como producto fresco y no como producto de I gama.

El desconocimiento de parámetros de procesamiento industrial de la carambola ha provocado que este cultivo sea de poco interés y se siembre en pequeña escala en zonas subtropicales del país de manera prácticamente silvestre, además que no tiene una gran difusión en el mercado interno. La situación actual de la fruta no es buena, la poca producción existente en el país está descuidada; se pierden grandes cantidades, ya que el agricultor prefiere no sacar esta fruta al mercado dado su bajo costo y poca demanda. Esta desvalorización es provocada principalmente por el desconocimiento de las propiedades nutricionales de la carambola lo que genera el desaprovechamiento de sus beneficios sobre la salud humana.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Por medio de esta investigación se dará a conocer el potencial agroindustrial de la carambola (*Averrhoa carambola*), elaborando un producto deshidratado de esta fruta en forma de lámina, aprovechando las propiedades nutritivas de la misma y de esta manera poder ofrecer una innovadora alternativa de consumo, además agrega valor a su cadena común de negocio.

Con los conocimientos adecuados sobre el manejo del método de conservación como el secado se conseguirá alargar la vida útil de la carambola al tiempo que se ofrece un producto alternativo, de calidad, beneficioso para la salud del consumidor. A través de este método se elimina el agua contenida en la fruta mediante la evaporación producida por el calor generado en el equipo de secado, esto impide el crecimiento de las bacterias, mohos y otro tipo de microorganismos patógenos. Al elaborar productos innovadores como la lámina deshidratada de carambola, este producto se podrá introducir y difundir fácilmente en el mercado interno de nuestro país, como una alternativa diferente al de la fruta fresca, además de satisfacer las demandas que están requiriendo los mercados internacionales, ya que los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original y reúnen características organolépticas propias de la fruta, si el proceso de secado se realiza bajo las condiciones técnicas adecuadas.

Con esta investigación se busca innovar la producción agroindustrial de frutas exóticas, como la carambola, promover futuras investigaciones acerca de esta materia prima, incentivando el desarrollo del conocimiento acerca de este producto y promover un mayor desarrollo en los sectores productores de esta fruta.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar los efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola (*Averrhoa carambola*).

1.3.2. Objetivos Específicos.

- ❖ Establecer la madurez comercial de la carambola (*Averrhoa carambola*) para el procesamiento de láminas deshidratadas.
- ❖ Determinar los efectos de la temperatura, velocidad del aire de secado y el índice de madurez en grados brix, sobre la calidad del producto deshidratado.
- ❖ Evaluar la calidad del producto terminado mediante análisis Físico Químico (°Brix, humedad final, pH, calcio y potasio); microbiológico (mohos, levaduras y recuento total de aerobios) y organoléptico (olor, color, sabor, textura).

1.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO

1.4.1. Hipótesis alternativa

La temperatura, velocidad del aire de secado, y el índice de madurez influyen en el proceso de deshidratación de la carambola laminada.

1.4.2. Hipótesis nula


La temperatura, velocidad del aire de secado, y el índice de madurez no influyen en el proceso de deshidratación de carambola laminada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. TAXONOMÍA

2.1.1. Carambola.



Clasificación b6tánica de la carambola	
Nombre com6n	Carambola
Nombre cient6fico	Averrhoa Carambola
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidaceae
Subfamilia	Apiodae
G6nero	Averrhoa
Especia	Averrhoa Carambola L.

Figura 1. Clasificaci6n bot6nica de la Carambola.

Fuente : Villalobos Sanjin6s, G., Direcci6n Nacional de Agroindustrias (2011).

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES



Figura 2. Carambola

Fuente : Morton, Julia F (2012)


Según Morton, Julia F (2012), la carambola es un arbusto perennifolio, perteneciente a la familia de las oxalidaceaceas, de una altura mediana entre 5m y 9 m, con ramas colgantes, hojas grandes, alternas, compuestas, con 5-11 folíolos ovado-elípticos de 10 x 4 cm, glaucos por el envés. Sus flores son pequeñas de unos 4 mm de diámetro, moradas o rojas, dispuestas en racimos auxiliares o terminales. El cultivo se reproduce por semilla, acodo o injerto. Su densidad de siembra varía mucho, pero generalmente está en un rango de 286 a 356 árboles por hectárea. Entra en producción a los tres años de edad, se considera un cultivo tropical y subtropical, que crece de 0 a 1200 msnm y preferiblemente con lluvias durante todo el año (1800 mm o un poco más). Se adapta bien a temperaturas entre 18 y 28°C, encontrándose la temperatura óptima entre 26 y 28°C. Es susceptible a las heladas. Los suelos deben tener buena permeabilidad. Los frutos se dividen en variedades de frutos dulces y variedades de frutos agrios. (p.76).

Su fruto es una baya de 8 a 15 cm de longitud, de color amarillo, que presenta entre 3 y 5 costillas bien marcadas, con forma ovoide o elipsoidal y de sección transversal estrellada. La cáscara es lisa y cerácea. Su pulpa es jugosa, crocante, de color amarillo claro, y de sabor

ácido, posee pocas semillas. Su peso oscila entre 100 y 200 g cuando esta apta para la comercialización. (p.76).

Es originaria de Indonesia, se ha introducido en regiones tropicales con buenos resultados. Se cultiva en Malasia, Israel, China, Tailandia, India, Filipinas, Australia y no tan difundida en las islas del Pacífico Sur (Tahiti, Nueva Guinea y Hawai, entre otras). Algunas especies son cultivadas en las islas del Caribe, Centroamérica, la parte tropical de Sudamérica, en el este tropical de África y en el estado de la Florida (Estados Unidos)”. (p.76).

2.3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL



Composicion nutricional de la carambola	
Calorías	35.7
Agua	89 – 91 g
Carbohidratos	9.38 g
Grasas	0.08 g
Proteínas	0.38 g
Fibra	0.8 – 0.9 g
Cenizas	0.26 – 0.4 g
Calcio	4.4 – 6.0 mg
Potasio	163- 170 mg
Fósforo	15.5 – 21.0 mg
Hierro	0.32 – 1.65 mg
Tiamina	0.03 – 0.038 mg
Riboflavina	0.019 – 0.03 mg
Niacina	0.294 – 0.38 mg
Ácido ascórbico	26.0 – 53.1 mg

Figura 3. Composición nutricional en 100g de parte comestible.

Fuente : Morton, Julia F (2012)

2.4. PROPIEDADES Y BENEFICIOS

Facciola (2012), expresa que la carambola tiene el nombre científico de Averrhoa carambola y pertenece a la familia de las Oxalidáceas. Es una fruta que contiene altos niveles de ácido oxálico. Por este motivo, no es aconsejable el consumo de esta fruta a aquellas personas que tengan tendencia a tener cálculos renales. (p.42).

La carambola es una fruta con forma ovoide-estrella, su tamaño está relacionado con su sabor, las carambolas grandes tienen un sabor ligeramente dulce y las pequeñas un sabor agridulce, su pulpa es aromática y fibrosa. Esta fruta se utiliza principalmente para hacer ensaladas y macedonias de fruta, zumos refrescantes, en algunos países asiáticos se fríen en combinación con algunas verduras, esta fruta resulta muy decorativa visualmente ya que cuando se la corta de forma transversal tiene forma de estrella de cinco puntas. Tanto la fruta, como las hojas y las raíces del árbol, se utilizan de forma medicinal en algunos países asiáticos.

2.5. DESHIDRATACIÓN

La deshidratación o secado para Casp Vanaclocha (2008) , es un procedimiento que al eliminar la totalidad del agua libre de un alimento, impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Existe diferentes denominaciones de este sistema de conservación: desecación, secado y deshidratación, que pueden considerarse sinónimos aunque algunos autores establecen diferencias, únicamente cuantitativas, entre ellos. (p. 332)

El agua se elimina de los alimentos por medio de su difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto del alimento, para lo cual es necesario calor, por lo tanto el proceso supone realmente un transporte simultaneo de materia y calor.

Vanegas y Parra E (2012), expresan que: “La deshidratación es un método de eliminación de agua de un producto alimenticio mediante aire caliente, entre 40 a 100 °C de temperatura”. Además menciona que las ventajas más importantes de la deshidratación son:

- Se prolonga considerablemente la duración de las sustancias biológicas, por cuanto la actividad de agua se reduce a un nivel inferior al que los microorganismos están activos. Asimismo, la humedad residual queda firmemente retenida y no puede actuar como portador móvil de los reaccionantes, limitando así los procesos químicos de degradación. (p. 75).
- Tanto el peso como el volumen se reducen en forma notable, con la consiguiente ventaja desde el punto de vista del empaquetamiento y transporte. Este aspecto es de importancia primordial en circunstancias bélicas y en la expedición de alimentos. (p. 75).

En la mayoría de los métodos que han de considerarse, el calor sensible de la corriente de aire es el que suministra el calor latente para la evaporación del agua. Por tanto, durante el proceso de deshidratación el aire se vuelve más fresco y más húmedo y el producto más caliente.

El tratamiento utilizado para la elaboración de cuero de fruta se refiere especialmente a deshidratación en bandejas o sobre cintas, donde se hace pasar una corriente de aire a través de una capa relativamente delgada del producto húmedo.

2.5.1. Métodos de deshidratación.

Los métodos de secado según Casp Vanaclocha (2008), se han desarrollado alrededor de los requerimientos específicos de cada producto. Por esta razón el proceso tiene lugar de muchas formas y se utilizan diferentes clases de equipos. En general, la deshidratación se conduce según dos métodos básicos: proceso adiabático y no adiabático. En el proceso adiabático el

calor de vaporización es suministrado por el calor sensible del aire en contacto con el producto a secar.

En el proceso no adiabático, el calor de evaporación es aportado por el calor transferido a través de las paredes en contacto con el material a secar. Basándonos en la influencia de la transferencia de materia y de la transmisión de calor, se deduce que el sistema de deshidratación más eficaz será aquel que mantenga los máximos valores posibles de los gradientes de presión de vapor y de temperatura entre el aire y el interior del producto a deshidratar. La selección de un tipo particular de secadero y, por tanto, de método de secado, depende de una serie de factores entre los cuales se incluye la forma de las materias primas y sus propiedades, la forma física deseada y las características del producto. (p.348)

Vanegas y Parra E (2012) , manifiestan que existen diferentes métodos de secado. 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. (p.77).

El secado es un procedimiento muy antiguo y empleado hasta nuestros días, para la conservación de los alimentos. Los métodos más utilizados en la industria de alimentos, son los siguientes:

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

2.5.1.1. *Deshidratación por aire libre y al sol.*

Cobo y Demetrio A. (2013), afirman que “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”. (p. 314).

Según Casp Vanaclocha (2008), la utilización del calor radiante del sol para evaporar la humedad de los alimentos es el método más antiguo y extendido por todo el mundo. Sin embargo, el secado al aire presenta muchas limitaciones para producciones a gran escala, entre estas se pueden citar los elevados costes de mano de obra, la necesidad de grandes superficies, no existe control del proceso de secado, infestación por insectos, posible degradación de los alimentos por las reacciones bioquímicas y desarrollo de los microorganismos. La ventaja más importante en la utilización de la energía solar es que se trata de una energía libre, no contaminante, renovable y abundante.

Este método tradicional consiste en distribuir el producto en una capa fina sobre una superficie uniforme. El producto se remueve y voltea periódicamente durante el secado. La temperatura del producto durante el secado al sol oscila entre 5 y 15 °C por encima de la temperatura ambiente y el tiempo de secado puede alcanzar de 3-4 semanas. Este método de secado es utilizado para el secado de granos, frutas y algunas hortalizas. Las características organolépticas del producto, las condiciones de humedad iniciales y finales deseadas influyen sobre la temperatura del producto y el tiempo de secado. (p.349).

2.5.1.2. Deshidratación por sombra y bajo abrigo.

Cobo y Demetrio A.(2013), afirman en su investigación que la deshidratación por sombra y bajo abrigo es un procedimiento simple y empleado a escala artesanal, donde 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. El tiempo de secado del producto

puede alcanzar entre 5-6 semanas. Este método, aunque más lento, era apreciado por su capacidad de preservar el aspecto original del alimento secado. Durante el siglo pasado se desarrollaron técnicas industriales de alta eficiencia (bajo tiempo y buen aspecto), pero que suelen perjudicar la calidad nutricional, dada las temperaturas utilizadas. Este método requiere grandes espacios y largos tiempo de secado. (p.314)

2.5.1.3. *Deshidratación por aire caliente.*

Cobo y Demetrio A.(2013), afirman que 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 es 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 entre en contacto con el material húmedo, cargándose de humedad y se renueva por ventilación forzada. (p.314)

Por otro lado, Villalobos Sanjinés, G., Dirección Nacional de Agroindustrias (2011), afirman 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. 45).

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.

2.5.2. Clasificación de Deshidratadores.

Existen muchas clases de secadores. Los equipos de secado se clasifican, según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos.

2.5.2.1. *Deshidratadores directos.*

Según Cobo y Demetrio A. (2013) “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”. (p.315).

2.5.2.2. *Deshidratadores indirectos.*

En la misma investigación realizada por Cobo y Demetrio A. (2013) expresa que 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. (p.316).

2.5.2.3. *Deshidratadores continuos.*

Cobo y Demetrio A. (2013) además afirma que “En este tipo de secador las operaciones pasan continuamente a través del equipo tanto la materia prima a secar, así como el aire caliente”. (p.316).

2.5.2.4. *Deshidratadores Discontinuos*

Cobo y Demetrio A. (2013) expresa que los deshidratadores discontinuos son “Un sistema semi continuo, los cuales operan en forma intermitente, el material permanece en el equipo hasta que éste se seque”. (p.317).

2.6. NATURALEZA DEL AGUA EN UN ALIMENTO

Según Colina, M. (2010), “El agua contenida en un alimento interacciona con los diferentes constituyentes del mismo, de una manera compleja y heterogénea. Se considera que el agua contenida en los alimentos se encuentra absorbida en capas y pueden clasificarse en dos tipos de capas que son agua ligada y agua libre”. (p. 15)

- Agua ligada.- Las moléculas de agua según Colina, M. (2010), están unidas a grupos iónicos, tales como grupos carboxílicos y grupos amino (proteínas, pectinas y sales minerales). Este tipo de agua posee menor presión de vapor, movilidad y punto de congelación en relación con el agua pura. Puede considerarse como la adsorción de una molécula de agua sobre los solutos. Este tipo de agua no puede ser utilizada por microorganismos. (p.15)
- Agua libre.- Las moléculas de agua según Según Colina, M. (2010), se mantienen en el alimento por los constituyentes solubles y componentes estructurales. Es agua retenida físicamente por las membranas celulares, quiere decir que está contenida dentro de las células y entre los tejidos, además de que se comporta como agua pura. (p.15).

2.7. MOVIMIENTO MIGRATORIO DEL AGUA

En forma simple, Casp Vanaclocha (2008) explica que la deshidratación es el resultado del movimiento de la humedad, desde el interior hasta la superficie húmeda del producto, donde se evapora y escapa hacia el medio circundante. El agua contenida en un alimento puede encontrarse bajo tres formas diferentes: (p.45.)

1. Agua libre o absorbida
2. Agua de adsorción
3. Agua de constitución

1. Agua libre o absorbida: Es el agua que se encuentra depositada en las capas superficiales del alimento. No tiene ninguna vinculación con las moléculas de la sustancia absorbente, salvo que las utiliza como estructura de apoyo. El *agua libre* representa la mayor parte del agua de los alimentos frescos.
2. Agua de adsorción: Se encuentra unida más firmemente a la materia seca. Cuando el contenido de humedad es menor, más fuerte es la unión entre la sustancia y el agua, y menor la influencia que ésta ejercerá sobre la atmósfera circundante.
3. Agua de constitución: Es el agua que forma parte de la materia celular del producto, y no es posible removerla sin desnaturalizar el alimento. Durante la deshidratación, el movimiento del agua dentro de un alimento es impulsado por varias fuerzas que pueden actuar simultáneamente. Estas fuerzas son las siguientes:
 - Fuerzas capilares: Son aquellas que ocasionan el movimiento del *agua libre* de una célula a otra.

Durante el secado, las diferencias entre las presiones parciales de vapor de la atmósfera y del agua contenida en un alimento dan lugar, en primera instancia, a la evaporación del agua presente en las capas superficiales (agua libre), mientras que las capas internas permanecen aún húmedas. La evaporación del agua de las capas superficiales origina una *fuerza de atracción o arrastre* sobre el agua libre de las células adyacentes. El flujo capilar originado por esta fuerza de arrastre hace que el agua libre del interior se mueva de una célula a otra buscando la superficie del alimento.

A medida que avanza el secado y el agua libre de las cavidades celulares se elimina, la humedad que permanece en el producto se encuentra en forma de vapor en las cavidades celulares o en forma de *agua de adsorción* en los espacios intercelulares de las paredes celulares.

- Fuerzas debidas a diferencias en la presión del vapor: Cuando cesa la atracción capilar, la casi totalidad de las cavidades celulares sólo contienen aire y vapor de agua, generándose una presión de vapor que será tanto mayor cuanto más grande sea el contenido de vapor en dichas cavidades, alcanzando su máximo valor hacia el centro del producto y decreciendo hacia la superficie.

Esta diferencia de presión de vapor entre la parte central y la superficie del producto se denomina *gradiente de presión del vapor*, y ocasiona que la humedad del producto, en estado de vapor, migre de las zonas interiores hacia las exteriores que tienen una presión de vapor menor.

- Fuerzas debidas a diferencias en el contenido de humedad: La diferencia que se genera entre el contenido de humedad en el centro y la superficie del producto se denomina *gradiente de humedad*, y da origen al movimiento interno del agua, haciendo que la humedad se desplace desde las zonas interiores más húmedas hacia la superficie que se encuentran más seca.

Mientras más grande sea el gradiente de humedad, es decir, mientras más grande sea la diferencia entre el contenido de humedad en el centro y la superficie, más rápido secará el producto y viceversa.

2.8. TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN

Se ha discutido cual debe ser la temperatura del aire de deshidratado. Según Cobo y Demetrio A. (2013) durante mucho tiempo se ha manejado una temperatura media de 50 – 80 °C para el caso de productos vegetales. 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. (p.317).

Si la temperatura es muy baja al comienzo, según Casp Vanaclocha (2008), pueden desarrollarse microorganismos antes que el producto sea adecuadamente deshidratado. Si la temperatura es muy elevada y la humedad muy baja, la superficie del producto puede endurecerse manteniendo la humedad interna. La temperatura para deshidratar alimentos es de 50° a 60°C. Por otro lado, las temperaturas empleadas para deshidratar pulpa de frutas son de 55°C al comienzo, con una máxima de 70°C, hasta obtener una pulpa con una humedad relativa del 15 al 20%. (p.344)

Mientras mayor sea el diferencial de temperatura entre el medio calórico y el producto, mayor será la intensidad de transferencia del calor al producto, permitiendo una mayor energía para extraer la humedad. Cuando el medio calórico es el aire, la temperatura juega un rol secundario importante. Mientras el agua se extrae del producto como vapor, éste debe ser transportado afuera. De lo contrario, la masa de aire se saturará de humedad, retardando la extracción de mayor caudal de agua. Mientras más caliente sea el aire, mayor será la humedad que podrá portar antes de saturarse. De ahí que una mayor temperatura del aire alrededor del producto pueda extraer más humedad que un aire más frío. El factor de arrastre es la capacidad del aire para retirar humedad y fluctúa entre un 30% y 50% de la cantidad teórica. También un mayor volumen de aire será capaz de extraer mayor vapor que uno menor.

Temperaturas bajas de deshidratado y tiempos de deshidratado menores son especialmente importantes en el caso de alimentos sensibles al calor. Temperaturas elevadas producen encostramiento en productos ricos en almidones. Este fenómeno se produce cuando el agua que hay dentro del alimento no puede salir debido a la velocidad con que se ha secado la superficie. Así, el proceso puede verse interrumpido si la superficie del alimento se seca por completo, creando una costra que evita que la humedad que estaba emergiendo continúe su curso. En otros casos, aumentar la temperatura para intensificar el proceso de deshidratado destruye las vitaminas, lo que origina la pérdida de color y sabor. La decoloración suele ocurrir tanto durante las fases preliminares como en las del deshidratado propiamente dicho. Así, se produce el pardeamiento causado por reacciones químicas y bioquímicas o por

sobrecalentamiento. Por otra parte, temperaturas un poco mayores que las del ambiente, junto a un alto grado de humedad dentro del túnel de secado, favorecen el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias.

2.9. VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO

Casp Vanaclocha (2008) define a la velocidad del aire de secado como otro de los factores que controlan la *velocidad de evaporación* de un alimento. La velocidad del aire desempeña un papel importante durante las primeras etapas del secado, sobre todo en aquellos productos que tienen un alto contenido de humedad. A mayor velocidad del aire, mayor velocidad de evaporación y menor tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye, la velocidad de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta. (p.252.)

No se utilizan altas velocidades de aire durante el secado, por cuanto se generan fuerzas de arrastre significativas sobre el producto y porque se compromete su calidad final al aumentar considerablemente la velocidad de evaporación. Durante las etapas iniciales de secado es factible emplear velocidades de aire más elevadas para mejorar la transmisión de calor; sin embargo, una vez que ha concluido la desecación de la superficie, se puede reducir la velocidad del aire con el objeto de bajar los costos de secado.

2.10. CAMBIOS EN LOS ALIMENTOS SÓLIDOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN

Durante la deshidratación Desrosier. N. (2010) expresa que, los alimentos sólidos sufren cambios en sus características físicas, químicas y estructurales, los cuales tienen una

marcada influencia en la calidad del producto deshidratado. Entre los cambios físicos pueden mencionarse los siguientes. (p.56).

- Encogimiento del producto: Los tejidos animales y vegetales vivos según Desrosier. N. (2010), poseen una turgencia, que significa que cada célula se encuentra distendida por sus contenidos líquidos. Durante la deshidratación la pérdida de agua intracelular origina cierto grado de deformación y reducción en el tamaño de las células, que depende del tipo de producto, condiciones de deshidratación del alimento en cuestión. (p.56).
- Endurecimiento de la superficie del producto: Cuando se utiliza aire con temperatura muy alta y/o humedad relativa muy baja para aumentar la velocidad de deshidratación, según Desrosier. N. (2010), existe el riesgo de que la humedad de la superficie del alimento sea eliminada con mayor rapidez de lo que el agua puede difundirse del interior húmedo del alimento hacia la superficie, por lo que en lugar de una capa superficial benéfica, se formará una costra o endurecimiento, que dificultará la subsiguiente remoción del agua del interior del producto, especialmente en las últimas etapas de la deshidratación. Dentro de los cambios químicos que sufren los productos durante la deshidratación pueden mencionarse. (p.67)
- Reacciones enzimáticas: Desrosier. N. (2010) menciona según su investigación que cuando la actividad de agua (a_w) de un alimento es menor de 0.75 se inhibe la actividad enzimática, por lo que dichas reacciones no constituyen un problema en los alimentos deshidratados. Sin embargo, durante las etapas iniciales de la deshidratación, cuando el alimento aún no posee un nivel de actividad de agua suficientemente bajo, deben evitarse algunas reacciones enzimáticas indeseables (como el oscurecimiento). (p.67)

En aquellos alimentos que soportan un ligero tratamiento con calor, suele recurrirse al escaldado del producto antes de la deshidratación para inhibir las reacciones enzimáticas. Sin embargo, en algunas frutas, el escaldado deteriora la textura del

producto a deshidratar, por lo que se emplean otras sustancias químicas para inactivar las enzimas, como son el SO₂.

- **Oscurecimiento no enzimático o daño por calor:** El oscurecimiento es uno de los cambios más notorios e indeseables en los alimentos deshidratados. Desrosier. N. (2010) expresa que, es un cambio irreversible vinculado por lo general con un excesivo calentamiento y que, además del color, puede afectar también el sabor, la capacidad de rehidratación e incluso el contenido de nutrientes del alimento tales como carbohidratos, proteínas y algunas vitaminas, especialmente el ácido ascórbico. (p.67)
- **Destrucción de nutrientes:** La degradación de nutrientes en los alimentos generalmente sigue una reacción de primer orden. Desrosier. N. (2010) indica que la temperatura es uno de los factores que influyen de manera directa en la velocidad de reacción, así como ocasionar pérdidas de algunas vitaminas como tiamina, ácido fólico y vitamina C. En los alimentos deshidratados hay pérdida de vitaminas, su grado de destrucción dependerá del cuidado con que se haya llevado la preparación del producto para su deshidratación, del proceso de secado seleccionado, del cuidado en su ejecución y de las condiciones de almacenamiento del producto desecado. (p.68).

Las pérdidas de vitaminas son mayores cuando el secado se hace sin inactivación de enzimas. La vitamina C desaparece en su mayor parte, ya que el ácido ascórbico es sensible a las temperaturas altas en condiciones de humedad alta. La velocidad máxima de degradación del ácido ascórbico se encuentra cerca de la humedad crítica.

Para optimizar la retención de ácido ascórbico se recomienda secar el producto a temperatura inicial baja, cuando el ácido ascórbico es más sensible a la temperatura, después la temperatura puede elevarse, cuando ha progresado el secado y el ácido ascórbico es más estable porque se ha reducido la humedad.

El proceso de deshidratación puede afectar también a las proteínas, al producirse una desnaturalización de las mismas, especialmente en las membranas, lo cual reduce su rehidratabilidad, además su valor biológico puede reducirse según sea el método de secado elegido.

La exposición prolongada a altas temperaturas puede hacer las proteínas menos útiles en la dieta. El color de los alimentos varía también con el secado. El color depende de las circunstancias bajo las cuales es visto el alimento y de la capacidad de su superficie para reflejar, dispersar, absorber o transmitir la luz visible.

- Pérdida de aroma y sabor: Los compuestos químicos (ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas) responsables del aroma y sabor de los alimentos son muy volátiles, por lo que durante el calentamiento y eliminación de agua que ocurre en la deshidratación, estos compuestos pueden perderse. Es importante encontrar las condiciones de deshidratación para cada producto que permitan conservar al máximo sus características de sabor y aromas originales.
- Estabilidad microbiológica: La capacidad de los microorganismos para vivir y producir toxinas está determinada por la actividad de agua. La baja a_w de los productos deshidratados inhibe el desarrollo de cualquier tipo de microorganismo, sin embargo, en frutas deshidratadas envasadas incorrectamente o expuestas a un ambiente húmedo, puede haber adsorción de agua en la superficie del alimento y permitir el desarrollo de algunos hongos.

2.11. LÁMINAS DE FRUTA DESHIDRATADA O CUERO DE FRUTA

Según Villalobos Sanjinés G., y la Dirección Nacional de Agroindustrias (2011), afirman que “Las láminas de fruta deshidratada son geles de pectina, elaboradas principalmente con

finas capas de pulpa de fruta y procesado en un horno o deshidratador de aire caliente a 60-80 °C y 2-4 m/s". (p.37).

Ademas Villalobos Sanjinés G., y la Dirección Nacional de Agroindustrias (2011) proponen en sus investigaciones que la formulación consiste usualmente en puré de frutas con jarabe de sacarosa o glucosa para aumentar el dulzor, contenido de sólidos y para reforzar la gelificación de la pectina de azúcar-ácido-alto metoxilo. Además, el ácido cítrico puede añadirse para disminuir el pH por debajo de 3.5. A pH bajo, los grupos carboxilo de pectinas no se disocian y participan en los enlaces de hidrógeno que soportan la estructura del gel. Produciendo láminas flexibles reestructuradas, que conservan forma propia y se comen como aperitivo o postre. (p.37).

Para su preparación se pueden utilizar la mayoría de frutas o combinaciones de frutas como: albaricoques, manzanas, uvas, bayas, plátanos, piñas, naranjas, peras, duraznos, ciruelas, melones y frutas tropicales más pueden mezcladas y secadas para hacer cueros de fruta. Pomelos y limones no se recomiendan porque resultan amargas cuando seca. A veces llamado rollo de fruta; es un delicioso, saludable y nutritivo bocadillo masticable con alto contenido de energía (carbohidratos) y fibra para mochileros, campistas y niños activos. Naturalmente bajo en grasa. Cuando el agua se retira de la fruta durante el proceso de secado, los azúcares, ácidos, vitaminas y minerales se concentran en la parte sólida.

El proceso de gelificación péctico conduce a un cuero de fruta tiene los siguientes requisitos: un contenido sólidos soluble mayor que 55% w/w, compuesto de pulpa de fruta y, opcionalmente, por sacáridos agregadas. Además, el pH de la formulación debe ser de 3.5 o más abajo. Pectinas con alto grado de esterificación son necesarias también.

Este proceso puede variar según la fruta empleada, la naturaleza de los aditivos que pueden emplearse y la tecnología de secado.

2.12. EFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LOS ALIMENTOS.

2.12.1. Color

La deshidratación afecta también al color según Rodríguez (2011) por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas etc. Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando la fruta con ácido ascórbico u otros compuestos. (p.132).

2.12.2. Aroma

El calor no solo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Rodríguez (2011) explica que su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. También menciona que la desecación produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones suceden por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos. (p. 132)

2.12.3. Textura

La temperatura y la velocidad de secado ejercen un efecto determinante sobre la textura de los alimentos. Por lo general, las velocidades de secado rápidas y las temperaturas más elevadas provocan mayores cambios, que velocidades de secado más lentas y temperaturas más bajas. Rodríguez (2011) explica en su investigación que a medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento la evaporación del agua hace que la concentración de los solutos aumente. Las temperaturas altas provocan cambios físicos y químicos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa dura e impermeable denominada “acortezamiento” reduce la velocidad de secado y da lugar a un alimento seco en su superficie y húmedo en su interior. (p. 132)

2.12.4. Sobre el valor nutritivo.

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.

Cobo y Demetrio A. (2013) logro determinar en su investigación que 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. (p.177).

2.12.5. 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. La cantidad de humedad en el alimento establece cuales microorganismos tendrán oportunidad de crecer". Están establecidos ciertos rangos de crecimiento microbiano. De acuerdo a la investigación de Cobo y Demetrio A. (2013), considera que 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%. (p.178).

2.13. DESHIDRATACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Al secado Rodríguez (2013) lo define como la separación parcial o total del líquido que le acompaña por medios térmicos. La deshidratación se refiere a la misma acción, 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.

2.13.1. Conducción.

Christian Torres (2013), expresa que la 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. (p. 129).

2.13.2. Convección.

Christian Torres (2013), define a la convección como “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”. (p. 129).

- **Convección libre.**

El movimiento de mezclado tiene lugar exclusivamente como resultado de la diferencia de densidades causado por los gradientes de temperatura

- **Convección forzada.**

El movimiento de mezclado es inducido por algún agente externo como ventilador, venteroles, bombas, agitadores, etc

2.13.3. Radiación.

Rodríguez (2013), define a la radiación como 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. (p. 130).

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 estos 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.

2.14. SECADOR DE BANDEJAS

Es una cámara en la que se introduce el alimento, equipada con un ventilador y conductos que permiten la circulación de aire caliente a través y alrededor del alimento. El agua se elimina de la superficie del alimento y se conduce fuera del secadero junto con la corriente de aire que lo abandona en una operación simple. El secador directo expone al alimento a la corriente directa del aire caliente. En el caso de materiales granulares, el material puede colocarse sobre bandejas cuyo fondo es un tamiz. Entonces, con este secador de circulación atravesadora, el aire pasa por un lecho permeable, obteniéndose tiempos de secado más cortos debido a la mayor área superficial expuesta al aire.

La velocidad de aire entre las bandejas según Casp Vanaclocha (2008) varía con el tipo de producto, oscilando de 1-10m/seg. Se consiguen velocidades de evaporación de 0,1 a 1kg de agua/hm². Cuando las características del material y su manejo lo permiten, se utilizan bandejas perforadas, en las que el aire circula a través de la capa de los sólidos, con lo que se consigue aumentar la superficie de producto expuesta a la acción del aire, disminuyéndose el tiempo de secado. De esta forma la velocidad de paso del aire a través del sólido se reduce de 0,6 a 1 m/seg, la eficiencia del secado aumenta, y se consigue la evaporación de 1 a 10 kg de agua/hm². (p.357)

Los rendimientos térmicos de estos equipos de secado suelen ser del 20 y del 60%, pudiendo ser más bajos. Para mejorar este rendimiento Casp Vanaclocha (2008) propone que se debe recircular la mayor parte del aire, introduciendo aire fresco hasta un 15% del total de aire recirculado. Los secadores de bandejas son útiles para secar pequeñas cargas de productos. La carga del producto a secar no debe excederse de 25 a 50 kg/h. Estos equipos tienen la desventaja de no secar el producto de forma uniforme, dependiendo de su posición en el secador, por ello, puede ser necesario girar las bandejas durante el proceso para conseguir un secado uniforme. En este tipo de secadores se puede tratar cualquier producto de diferente tamaño y forma, pero a costa de la mano de obra requerida para la carga y descarga, su operación resulta costosa para su baja capacidad de producción. Sin embargo, su polivalencia y la buena calidad de los productos obtenidos, los hacen utilizables para deshidratar: frutas, carnes, vegetales y hortalizas. (p.357)

Abad Paredes (2015), menciona que los secadores de bandejas cuentan por lo común con dos hileras de bandejas, cada una de las cuales tiene de 18 a 48 bandejas, según sean las dimensiones de éstas. Las bandejas pueden ser cuadradas o rectangulares con una superficie de 0,5 a 1 m²/bandeja. Cuando las bandejas se colocan en hileras, debe dejarse un espacio libre no menos de 4 cm entre el material que contienen y la base de la que está inmediatamente encima. (p.65).

Con este método, el aire caliente se pone en contacto con el material húmedo a secar para facilitar la transferencia de calor y masa, siendo la convección el mecanismo principalmente implicado. Se les llama también, por lo tanto, secaderos directos o por convección. El aire caliente arrastra fuera del secadero el aire húmedo producido.

Según Maupoey P (2001) “La evaporación superficial se produce cuando un producto se somete a la acción de una corriente de aire caliente, el líquido que contiene se evapora aumentando su contenido en el aire. Se produce así una desecación. Este es el método más utilizado, también llamado deshidratación por aire caliente.” (p.67).

Los factores que determinan el tiempo de secado son:

- Propiedades físicas del producto: especialmente el tamaño de partícula, la humedad, la forma y la estructura.
- Propiedades físicas del aire: temperatura, humedad, velocidad y características del flujo (dirección) y las características de diseño del secadero (de tambor o giratorio, en bandejas u hornos, túneles, de cinta o banda, etc.). La elección de un método de secado para un producto viene determinada por los atributos de calidad deseados, materia prima y por razones económicas. En general son aparatos sencillos y de fácil manejo, son los más utilizados en las industrias agroalimentarias.
- En esencia constan de las siguientes partes:
 - Espacio: área donde se realiza el secado.
 - Sistema de calefacción.
 - Sistema de impulsión de aire.
- Características generales del equipo deshidratador.

Tiene una altura de 210 cm, ancho de 118 cm y fondo de 71 cm; fabricado en acero inoxidable con aislante térmico de poliuretano de 2 cm de grosor, su capacidad es de 30 bandejas de 56 cm de ancho, 76 cm de largo y 2 cm de fondo de acero inoxidable perforadas, con una temperatura máxima de 85°C.

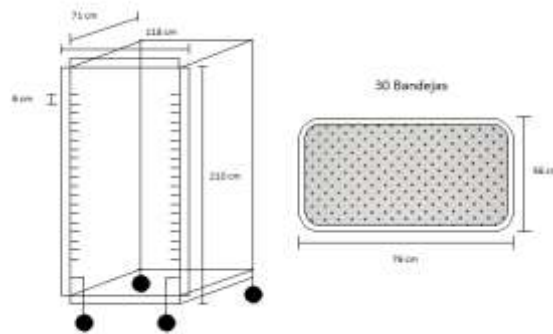


Figura 4. Medidas del deshidratador.

Fuente: Caicedo, M. D. G. (2015), " Efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola *Averrhoa carambola*", Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

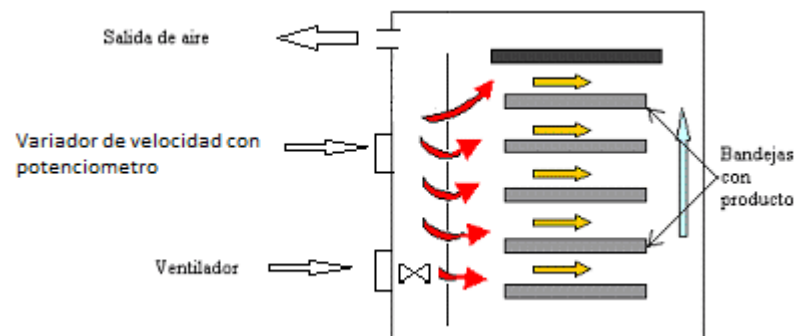


Figura 5. Circulación del aire en el interior del deshidratador.

Fuente: Caicedo, M. D. G. (2015), " Efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola *Averrhoa carambola*", Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.



Figura 6. Deshidratador.

Fuente: Caicedo, M. D. G. (2015), " **Elaboración de láminas deshidratadas de carambola (*Averrhoa carambola*) como alternativa a la forma tradicional de consumo.**", tesis de pregrado no publicada, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

2.15. PROCESO BÁSICO DE SECADO

El secado es un procedimiento de conservación que al eliminar la totalidad del agua libre de un alimento, impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Existen diferentes denominaciones de este sistema de conservación: desecación, secado y deshidratación, que pueden considerarse sinónimos aunque algunos autores establecen diferencias, únicamente cuantitativas, entre ellos:

- Desecación: Ibarz Albert y Barbosa Gustavo(2008), define a la desecación como la eliminación de agua hasta una humedad final que este en equilibrio con la del aire de secado. Esta humedad final oscila entre 0,12 y 0,14 Kg de agua por Kg de producto

húmedo, el vapor de a_w alcanzado debe ser suficientemente bajo para inhibir el crecimiento microbiano así como para limitar las reacciones enzimáticas. (p.335).

- Deshidratación: por otro lado Casp Vanaclocha (2008) define a la deshidratación como la eliminación del agua de un producto hasta un nivel próximo al 0% de humedad. El agua se elimina de los alimentos por medio de su difusión, en fase líquida o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento de agua líquida le seguiría su evaporación en algún punto del alimento, para lo cual es necesario calor, por lo tanto el proceso supone realmente un transporte simultáneo de materia y calor. La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor reducido se transporta desde la superficie de la capa húmeda en el interior del producto hacia la superficie de este. (p135).

El gradiente de presión existente entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior del alimento, es el que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie de este. Por lo tanto durante el secado se producen cuatro procesos de transporte:

Transmisión de calor desde el gas hasta la superficie del producto. Puede realizarse por conducción, convección o radiación.

Transmisión de calor desde la interface sólido-gas hasta el interior del sólido. Solo puede tener lugar por conducción, en régimen no estacionario.

Transmisión de materia a través del sólido. Casp Vanaclocha (2008), indica que se puede producir por difusión o por capilaridad. Difusión debida a las diferencias de concentración y capilaridad, aprovechando los capilares existentes, la difusión tiene lugar en el secado de productos con humedad del orden de 25% (base húmeda) o inferiores, mientras que la capilaridad se presenta para niveles altos de humedad (65% o más), siempre y cuando en la estructura interna del producto existan capilares. (p.136)

Transferencia de vapor desde la interface solido-gas hacia el seno del gas. Los equipos de deshidratación para la transferencia de energía utilizaran procesos basados en la convección, conducción o radiación desde la fuente de calor hasta el alimento.

Los sistemas más usuales emplean la convección como mecanismo de transferencia de calor y aire como vehículo de esta energía, por lo tanto la transferencia de calor dependerá, en este caso de la temperatura del aire, de su humedad, de su caudal, de la superficie expuesta del alimento y de la presión. Es necesario tener en cuenta los cuatro procesos de transporte citados puesto que la velocidad de secado será proporcional al más lento de ellos. En la mayoría de los casos los procesos limitantes serán los de transporte de materia y calor en el interior del alimento.

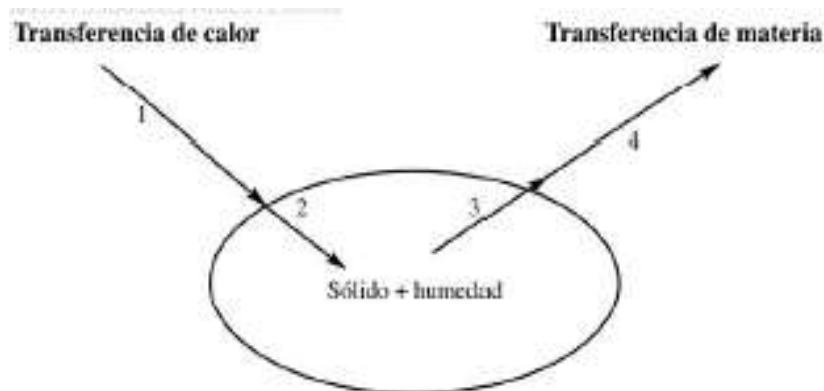


Figura 7. Relación entre el contenido de humedad y difusividad.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

2.16. ACTIVIDAD DE AGUA

La actividad de agua según Casp Vanaclocha (2008), se define con relación a un estado de referencia que es el del agua pura, para el cual dicha actividad es igual a 1. Si el agua se

encuentra en estado libre $p=p_0$. Si por el contrario, el agua está ligada al sustrato seco por fuerzas de unión físico químicas, se tendrá que $p < p_0$. Su valor está comprometido entre 0 y 1 ($0 \leq a_w \leq 1$), y es tanto más bajo cuando mayores son las fuerzas de unión y, por el contrario, tiende a 1 cuando el agua se aproxima al estado libre y se evapora como el agua pura al aire libre. Por analogía se dice que este producto contiene agua libre. (p.329)

La actividad de agua de un producto es siempre inferior a 1, esto significa que los constituyentes del producto fijan parcialmente el agua disminuyendo así su capacidad de vaporizarse. Se habla entonces de agua ligada, más o menos fijada al producto por adsorción. Un producto alimentario contiene en general simultáneamente varias formas de agua: agua libre, agua débilmente

Ligada y agua fuertemente ligada, estas últimas están retenidas en las moléculas de la materia seca. La proporción de agua más o menos adsorbida depende de cada producto. En productos como las frutas y hortalizas, una parte del agua en forma de agua libre y de agua débilmente adsorbida, retenida por capilaridad en los tejidos del producto. Durante un proceso de deshidratación, Casp Vanaclocha (2008) explica que, se eliminan primero las moléculas de agua menos ligadas, la fracción que se extrae en último lugar corresponde a las moléculas de agua de estructura, fuertemente ligadas por uniones electrostáticas a macromoléculas orgánicas del extracto seco.

El agua libre se comporta como el agua pura, requiere por lo tanto para evaporarse poca energía, por el contrario la evaporación del agua ligada es más difícil y requiere más energía. Por lo tanto, la cantidad de energía necesaria para evaporar la misma cantidad de agua aumenta durante el secado, el último gramo de agua evaporada necesita más energía que el primero. (p.330)

A temperatura constante y bajo condiciones de equilibrio, existe una única relación entre el contenido de humedad y la actividad de agua (o la humedad relativa de equilibrio) de un alimento, dependiendo de que el equilibrio se alcance por adsorción o por desorción. Según Casp Vanaclocha (2008), esta relación se conoce como isoterma de equilibrio. La actividad de agua, disminuye al mismo tiempo que lo hace el contenido de agua (X), la curva $X=f(a_w)$ es generalmente sigmoideal, como resultado de varios mecanismos básicos de interacción del agua ligada. Para comprender los diferentes tipos de interacciones entre las moléculas

individuales de agua o entre toda el agua en un alimento real, es usual primero analizar los mecanismos teóricos que deprimen la presión de vapor del agua. La curva que relaciona la humedad del producto con su actividad de agua, a temperatura constante, se divide en tres partes, dependiendo de que el efecto que prevalezca en la a_w se deba a la sorción pura, condensación capilar o efecto de soluto. (p.331).

- Intervalo: $0 < a_w < 0,2$

En esta primera parte de la curva, el producto contiene muy poca agua, Casp Vanaclocha (2008) indica que, actúan fuerzas de Van der Waals muy intensas y las moléculas de agua presentes están muy ligadas a los puntos activos, como los grupos polares de las moléculas o como los puentes de hidrogeno. El contenido en humedad representa teóricamente la adsorción de la primera capa de moléculas de agua (punto A de la isoterma) se llama valor mono capa y esta generalmente alrededor de una a_w de 0,2-0,4 y por debajo de un contenido de humedad de 0,1 g de agua/g de sólido. Las moléculas orgánicas, particularmente las macromoléculas polares como las proteínas, están más o menos saturadas por una capa mono molecular de agua estrechamente ligada, por lo tanto las moléculas están orientadas. El agua se encuentra en estado rígido. (p.332)

- Intervalo $0,2 < a_w < 0,6$.

Parte central de la curva, Casp Vanaclocha (2008) explica que, el agua se encuentra bajo forma de capas poli moleculares que reducen parcialmente la superficie del sustrato seco, las moléculas de agua están ligadas más débilmente que las de la capa anterior. La entalpia de vaporización es ligeramente superior a la del agua pura. Esta agua está disponible como disolvente para solutos de bajo peso molecular y para algunas reacciones bioquímicas. Este tipo de agua se encuentra en un estado de transición entre el agua ligada y el agua libre. (p.332)

- Intervalo $a_w > 0,6$.

A esta tercera parte de la curva, corresponde la fracción de agua libre que se encuentra en estado líquido y que es retenida en la superficie del sustrato seco solo por fuerzas de capilaridad. Casp Vanaclocha (2008) indica que, esta es la única

fracción de agua verdaderamente disponible para las reacciones químicas, enzimáticas, etc. En estas condiciones el crecimiento microbiano es la causa más importante de deterioro en los alimentos, por esta razón a veces se la llama agua biológica. La mayor parte de los componentes solubles del sistema están en solución. (p.332)

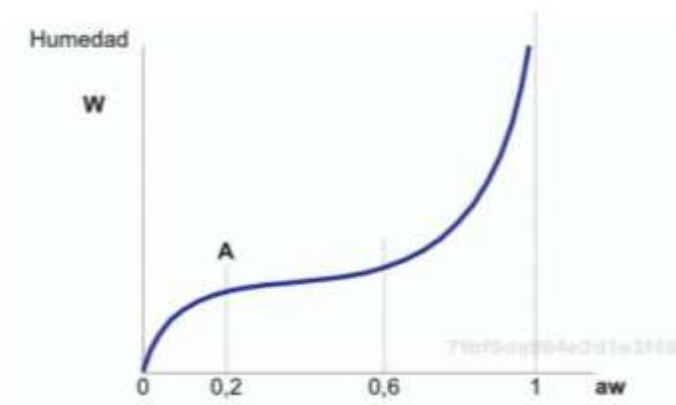


Figura 8. Isoterma de equilibrio

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

La influencia de la temperatura sobre las isotermas de equilibrio. Normalmente, para un determinado valor de la humedad, una variación de temperatura provoca un cambio proporcional en la a_w . Para un mismo sólido higroscópico, y a humedad constante, la actividad de agua varía con la temperatura, disminuyendo cuando esta disminuye y aumentando con el incremento de la temperatura. Las variaciones de la a_w con la temperatura son más importantes para los valores intermedios de la a_w .

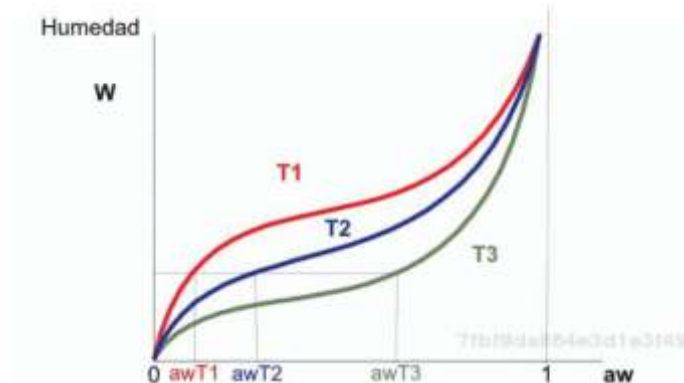


Figura 9. Influencia de la temperatura en las isoterma de equilibrio.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

La actividad de agua (aw), es un mejor indicador de la alterabilidad de los alimentos que el contenido de agua, no es perfecto, puesto que otros factores como concentración de oxígeno, pH, movilidad del agua y el tipo de soluto presente, puede, en algunos casos, ejercer fuertes influencias sobre la velocidad de degradación.

La actividad de agua está relacionada con la humedad relativa, y se expresa de la siguiente forma:

$$aw = \frac{P}{P_0} = \% \frac{HRE}{100}$$

Dónde:

p = Presión parcial de vapor del agua en un alimento a una temperatura T .

p_0 = Presión de vapor de saturación del agua pura a la misma temperatura T .

HRE = Humedad relativa en el equilibrio a la misma temperatura T .

Casp Vanaclocha (2008), en su investigación indica que su valor oscila entre 0 y 1, señala que las frutas desecadas que contienen un 5 – 10% de humedad, tienen un rango de a_w de 0,60 – 0,65, en el cual habría crecimiento de mohos y levaduras y con un a_w de 0,5 no habría proliferación microbiana. Pero a valores de a_w menores de 0,65 se inhibe completamente el desarrollo de mohos. En los alimentos con una a_w inferior a 0,7 se considera el límite inferior que presenta todas las garantías de estabilidad. (p.328).

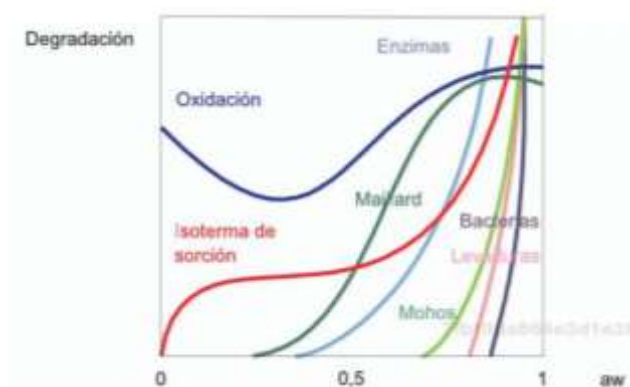


Figura 10. Degradación en función de la actividad de agua.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

El control de la actividad de agua (a_w) en alimentos adquiere cada día mayor importancia, por la enorme influencia que esta propiedad tiene en la predicción de la estabilidad de un producto frente a alteraciones causadas por agentes químicos, enzimáticos o microbiológicos, señalan que las interrelaciones entre a_w y pH muestran que mientras la a_w en los alimentos baja y el pH también disminuye, se limita el crecimiento de microorganismos.

2.17. ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE LAS FRUTAS

DESHIDRATADAS

Una vez deshidratada la fruta, su buena conservación pasa por un almacenamiento al abrigo de la humedad, del oxígeno del aire y de la luz, que afecta a los pigmentos y cataliza las oxidaciones. Por lo tanto el material de envasado deberá elegirse teniendo en cuenta estos dos aspectos.

Una vez que se envasa la fruta deshidratada Casp Vanaclocha (2008), indica que se debe sacar todo el aire de su interior para posteriormente sellar esta práctica hará que la fruta deshidratada se mantenga por más tiempo en buenas condiciones organolépticas. (p.338).

La elección del material utilizado para el envasado en la práctica depende de:

- La naturaleza del alimento.
- Las condiciones de envasado y almacenamiento (temperatura, humedad).
- Propiedades protectoras del material.
- Su facilidad de empleo.
- Su disponibilidad en el mercado y de su costo.

2.18. SÓLIDOS SOLUBLES

La medición de los sólidos solubles representa uno de los principales análisis a realizar durante el proceso de elaboración de productos como las láminas deshidratadas, jugos y mermeladas, entre otros. El contenido de sólidos solubles es un buen estimador del contenido de azúcar, ya que representa la materia soluble en la mayoría de las frutas. Lo anterior, además de ser empleado en la determinación del estado óptimo de madurez de un fruto.

El porcentaje de azúcares según Vique Damian, (2011) es mayor en el deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los azúcares son solubles en agua y mientras se realiza el

secado estos son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran por acción de la velocidad del aire de secado y terminan por cristalizar, al trabajar con una mayor velocidad de secado arrastramos hacia el exterior más rápidamente mayor concentración de sólidos.

Según Paulette Gómez, (2011), “El rango de 40,6 - 77,1 °Brix es el indicado para barras deshidratadas de frutas”.

2.19. HUMEDAD

En los alimentos deshidratados, es necesario considerar la influencia de la humedad para obtener un producto con buena aceptación, debido a que el agua es un factor determinante en la inhibición o propagación de las diferentes reacciones químicas y microbiológicas que pueden alterar la calidad nutritiva y sensorial de los alimentos. El principio básico en el cual se fundamenta la deshidratación es que a niveles bajos de humedad, la actividad de agua disminuye a niveles a los cuales no pueden desarrollarse los microorganismos ni las reacciones químicas deteriorantes.

En general, Dienes (2013) menciona que las hortalizas con menos de 8% de humedad y frutas con menos de 5% de humedad residual no son sustratos favorables para el desarrollo de hongos, bacterias ni reacciones químicas o bioquímicas de importancia.

La pérdida de humedad según Vique Damian, (2011) se debió a que en el proceso de deshidratación el agua contenida en el alimento fue eliminada en forma de vapor mientras se aplica calor, por lo que mientras más alta es la temperatura de secado mayor es la cantidad de agua eliminada en forma de vapor, de esta forma al haber menor cantidad de agua se garantizara una conservación adecuada.

El principio básico en el cual se fundamenta la deshidratación es que a niveles bajos de humedad, la actividad de agua disminuye a niveles a los cuales no pueden desarrollarse los microorganismos ni las reacciones químicas deteriorantes. Mayra Veloso (2014) indica que

las frutas con menos de 5% de humedad residual no son sustratos favorables para el desarrollo de hongos, bacterias ni reacciones químicas o bioquímicas de importancia.

En los casos en los que la disminución de la velocidad de secado es lineal, Cuevas Julieta (2012) supone que la evaporación del agua continúa produciéndose en la misma forma que en el periodo de velocidad constante, con la salvedad de que no ocurre en toda la superficie, ya que comienzan a aparecer zonas secas, de manera que la velocidad de secado disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; hasta que toda la superficie del material queda seca. Entre menos humedad tenga el producto, la velocidad de secado requerida para removerla será menor.

2.20. pH

El pH es un buen indicador del estado general de un producto, ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos. Lo importante Según Dienes (2013) es controlar el pH hasta un nivel de alrededor de 3.5- 4 de manera de tener un nivel de acidez adecuado para obtener un producto de agradable sabor. (p.119).

El pH en la fruta fresca es un poco menor al del producto deshidratado. La diferencia es concordante ya que el uno está en su estado natural y el otro fue sometido a la deshidratación, en donde disminuye la acidez por la presencia de ciertos ácidos como el ácido málico presente en la mayoría de las frutas que se convierte en azúcar.

Vique Damian, (2011) afirma que “A temperaturas altas las reacciones de degradación de los azúcares en ácidos por efecto de la fermentación se aceleran, dando como resultado una mayor concentración de iones de hidrógeno, obteniendo un pH más ácido en el producto final”.

Al tener pocos sólidos solubles (°brix) en un alimento y al ser sometido a un proceso de deshidratación estos rápidamente se convertirán en ácidos por acción de la fermentación, obteniendo un pH más ácido en el producto final

La velocidad de secado según Vique Damian, (2011) disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; hasta que toda la superficie del material queda seca. A medida que la velocidad de secado disminuye se genera un estado estacionario, el cual se mantiene por un tiempo prolongado, en la que los azúcares presentes en el producto de a poco se van degradando en ácidos.

El néctar de fruta debe tener un pH menor a 4,5 determinado por (NTE INEN 337 de jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales).

2.21. CALCIO

Según Health (2013) menciona que el calcio, con número atómico 20, es un elemento que pertenece al grupo de los alcalino-térreos y que en disoluciones acuosas se encuentra normalmente en forma de catión divalente (Ca^{2+}). En células vegetales el Ca^{2+} se encuentra principalmente asociado a estructuras en la pared celular o bien almacenado en el sistema de endomembranas. En cambio, los niveles de Ca^{2+} libre en el citoplasma son muy bajos, manteniéndose entre $0.2\mu\text{M}$ y $0.3\mu\text{M}$ gracias a la baja permeabilidad que presentan las membranas al Ca^{2+} , así como la presencia de transportadores específicos que lo almacenan en el retículo endoplásmico, cloroplastos y vacuola. (p.89).

El calcio está considerado como el principal responsable de la formación de la lámina media, estructura y permeabilidad de la pared celular, así como también de la elongación y división celular. Además, es el elemento mineral que más influencia tiene sobre el retraso de la senescencia, control de desórdenes fisiológicos y efecto sobre diferentes tipos de patógenos, en frutas y vegetales.

El calcio puede actuar como agente protector contra los iones hidrógeno, concentraciones salinas elevadas o bien contra otros iones presentes en el medio potencialmente tóxicos. Como cofactor enzimático son conocidos los efectos termo estabilizadores del calcio en las α -amilasas. La dosis diaria recomendada para consumo humano es de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio por día provenientes de fuentes y suplementos dietarios para niños y

adolescentes. De 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día para adultos. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

El porcentaje de minerales Según Cobo, M., Demetrio, A. (2013) es mayor en el deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los minerales son solubles en agua y mientras progresa la desecación estos son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran por acción de la velocidad del aire de secado y temperatura de secado, al trabajar con una mayor temperatura de secado los minerales arrastrados hacia el exterior se deterioran con facilidad. Mientras que con una mayor velocidad de secado se obtiene una mayor concentración de minerales.

Se encuentra principalmente en los productos lácteos, frutos secos, sardinas y anchoas, en menor proporción en legumbres y vegetales verdes oscuros.

2.22. POTASIO

Según Health (2013) menciona que es el mineral que aparece en mayor cantidad en el organismo después del calcio, y del fósforo y que siempre aparece asociado con el sodio.

Este macro mineral mantiene la presión normal en el interior y el exterior de las células, regula el balance de agua en el organismo, disminuye los efectos negativos del exceso de sodio y participa en el mecanismo de contracción y relajación de los músculos (sobre todo en los pacientes cardíacos).

El 97% del potasio se encuentra intracelularmente y el 3% restante en forma extracelular.

El potasio se encuentra presente en: granos, carnes, vegetales, frutas y legumbres.

Aproximadamente el 90% del potasio ingerido es absorbido en el intestino delgado y es eliminado a través de la orina. El consumo excesivo de café, té, alcohol y/o azúcar aumenta la pérdida de éste a través de la orina. (p.89).

Como consecuencia de dietas estrictas en calorías, vómitos, diarreas, transpiración aumentada, pérdidas excesivas por uso de diuréticos y quemaduras, se origina la deficiencia

del mineral en el organismo. Los síntomas que indican su ausencia son inmediatos, y se muestran como: debilidad muscular, náuseas, vómitos, irritabilidad y hasta irregularidad cardíaca.

La dosis diaria recomendada para consumo humano es de 3,0 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5,10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

El porcentaje de minerales Según Cobo y Demetrio A. (2013) es mayor en el deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los minerales son solubles en agua y mientras progresa la desecación estos son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran por acción de la velocidad del aire de secado y temperatura de secado, al trabajar con una mayor temperatura de secado los minerales arrastrados hacia el exterior se deterioran con facilidad. Mientras que con una mayor velocidad de secado se obtiene una mayor concentración de minerales.

2.23. ESTUDIO PSICOMÉTRICO DEL SECADO

El estudio de las relaciones termodinámicas entre el vapor de agua y el aire se conocen como psicometría. Estas relaciones son básicas e importantes en la deshidratación de alimentos debido al papel que desempeñan las fuerzas involucradas en la remoción de humedad del producto.

La presión parcial (P) de un componente Según Ceruquera Peña, N. E., Camacho Tamayo, J. H. (2013) puede ser definida como la presión que el componente ejercería si estuviera completamente aislado. Ambos, aire de secado y vapor de agua ejercerán una presión parcial en la mezcla de aire- vapor. (p.162).

La humedad relativa (H_R) es definida por los mismo investigadores como la proporción de la cantidad de vapor en mezclas gaseosas del máximo de vapor que puede estar contenido en la mezcla. En suma, la humedad relativa es la relación de la presión parcial de vapor (p_v) a la presión de saturación de vapor (p_s) para una mezcla de agua- vapor. (p.162).

La humedad absoluta (H_A) es la proporción de masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco. (p.162).

Las definiciones anteriores son necesarias para realizar cálculos mediante el uso de la carta psicométrica. La carta psicométrica es una gráfica de humedad absoluta a lo largo del eje vertical versus la temperatura del bulbo seco en el eje horizontal. La curva en el eje superior representa el punto de saturación y conociendo las temperaturas de bulbo húmedo se puede calcular la humedad relativa.

Otro factor de considerable importancia que podemos obtener es el contenido calorífico o entalpía en la saturación.

Algunos procesos pueden ser descritos mediante la observación en la carta psicométrica. Estos incluyen el calentamiento o enfriamiento sensible. La evaporación por enfriamiento o el proceso de deshidratación Según Ceruqera Peña, N. E., Camacho Tamayo, J. H. (2013) ocurren a temperatura de bulbo húmedo constante. Las mezclas de aire con diferentes condiciones de humedad también pueden evaluarse utilizando la carta. Probablemente el proceso de mayor importancia que ocurre en la mayoría de las operaciones de secado es el enfriamiento por evaporación que ocurre durante el periodo de velocidad constante. Este proceso se reconoce por la adición de humedad hacia el aire de secado a la temperatura de bulbo húmedo constante.

Existen tres factores que controlan la capacidad del aire para eliminar agua de un alimento:

- La cantidad de vapor de agua en el aire.
- La temperatura del aire.
- La cantidad de aire que pasa sobre el alimento.

La cantidad de vapor de agua en el aire se expresa mediante el término humedad absoluta.

Durante un proceso de deshidratación, el producto a secar cede al aire circundante el agua que se desea eliminar en forma de vapor. La capacidad de absorción de humedad por parte del aire depende fundamentalmente de su contenido de vapor de agua antes de iniciarse el proceso de secado y del máximo valor que éste puede admitir. Para la comprensión de la transferencia de masa entre el producto y el aire que es utilizado como medio desecante, se vuelve necesario el estudio de las propiedades del sistema aire-agua y de los fenómenos termodinámicos que afectan el proceso de secado. La *psicrometría* estudia las propiedades de las mezclas de aire y vapor de agua, y la relación que existe entre las mismas. El estudio psicrométrico del aire permite determinar la manera en que varían las condiciones del aire (humedad, temperatura, presión, volumen específico, entalpía) al someterlo a diferentes procesos tales como: calentamiento, enfriamiento, humidificación, secado.

2.24. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO

La velocidad de secado depende de los siguientes factores:

- *Área del producto:*

Según Cobo y Demetrio A. (2013) expresa que a menor tamaño de partícula del producto a secar, mayor es el área humedad de contacto y por tanto se incrementa la velocidad de secado. (p.156).

En la práctica se subdivide los productos en trozos lo más pequeños posibles, a fin de aumentar la transferencia de masa y calor. El efecto del tamaño de partícula durante el

secado causa que el descenso de la humedad sea favorecido por la disminución del tamaño de la muestra.

Además cuando el tamaño de la pieza es grande, al comienzo del proceso, generalmente se evidencia un hombro en la curva de humedad en función del tiempo, que finaliza cuando toda la masa del producto alcanza la temperatura de secado.

- *Velocidad del aire:*

La velocidad del aire actúa aumentando la transmisión de calor y de masa, por lo tanto aumenta la velocidad de secado.

Sin embargo, Cobo y Demetrio A. (2013) menciona que a partir de un cierto punto, la velocidad de secado no depende de esta variable porque ya no hay humedad en la superficie del sólido y el factor que controla el proceso es ahora la difusión, de manera que, por más que aumente la velocidad másica del aire no se puede aumentar la velocidad de secado. Estudiaron el efecto de la velocidad del aire en el secado de manzana en cubos y observaron que a temperatura constante había dos periodos de velocidad de secado decreciente. En el primer periodo las constantes de la velocidad de secado aumentaban con la velocidad del aire, mientras que en el segundo periodo, estas constantes no se veían afectadas. (p.157).

- *Temperatura y tiempo:*

La velocidad de secado aumenta con el incremento de la temperatura, y por tanto, el tiempo disminuye.

El efecto de la temperatura según Cobo y Demetrio, A. (2013) es más notable en la etapa de secado a velocidad decreciente. Realizaron un estudio de secado a diferentes temperaturas con muestras de manzana en cubos, revelando que la velocidad de secado aumentaba claramente a medida que la temperatura se incrementaba de 30 a 60 °C. Sin embargo, la influencia de la temperatura del aire era menos importante desde 60 a 90 °C, debido a que a partir de 60 °C tienen lugar fenómenos de encostramiento superficial. (p.126).

Temperaturas elevadas durante el secado producen encostramiento en productos ricos en almidones. Este fenómeno se produce cuando el agua que hay dentro del alimento no puede salir debido a la velocidad con que se ha secado la superficie. Así, el proceso puede verse interrumpido si la superficie del alimento se seca por completo, creando una costra que evita que la humedad que estaba emergiendo continúe su curso. En otros casos, aumentar la temperatura para intensificar el proceso de deshidratado destruye las vitaminas, lo que origina la pérdida de las características organolépticas del producto. Por otra parte, temperaturas un poco mayores que las del ambiente, junto a un alto grado de humedad dentro del túnel de secado, favorecen el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias.

- *Humedad del aire:*

Cuanto más seco esté el aire, mayor será la velocidad de deshidratación ya que aumenta la fuerza impulsora para el transporte de masa.

La humedad del aire Cobo y Demetrio A. (2013) la define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa. (p.127).

- *Influencia del tejido vegetal:*

Las propiedades naturales del tejido son un factor determinante en el proceso de deshidratación. La velocidad y el tiempo total del secado están influenciados por las propiedades del producto, especialmente tamaño y geometría de la partícula, el estado de

madurez del fruto, su ordenación geométrica en relación con el medio de transferencia y las características del equipo de secado.

Cobo y Demetrio A. (2013) expresa que la porosidad aumenta con el nivel de secado. Dado que normalmente la contribución de la fase líquida a la pérdida total de volumen es mayor que la de la fase gas, a partir de un determinado nivel de secado la porosidad del tejido aumenta. En parte este hecho está asociado a la rigidez de la matriz celular impuesta por las zonas de unión, que impide el colapso completo de la estructura y que hace que la pérdida de agua y volumen celular repercuta en un incremento del volumen disponible para la fase gas en los espacios celulares. La obtención del estado vítreo de la matriz a bajas humedades confiere más rigidez al sistema por lo que se limita la deformación volumétrica favoreciéndose por tanto la formación de poros. (p.134).

La velocidad de secado disminuye según Ibarz A., y Barbosa Cánovas G. V. (2014), a medida que lo hace la superficie mojada; y si existe una carencia de estructura celular rígida en la pulpa deshidratada, hasta que toda la superficie del material queda seca. Entre menos humedad tenga el producto, la velocidad de secado requerida para removerla será menor.

- *Carga:*

Cobo y Demetrio, A. (2013) denomina carga a la cantidad de material que se dispone a secar. La velocidad de secado se incrementa al disminuir la carga de producto. El efecto de la carga se evidencia en la zona de secado a velocidad constante, luego de esa etapa la influencia de la carga no es relevante. (p.134).

2.24.1. Humedad de un producto.

Ceruquera Peña y Camacho Tamayo. (2013), define a la humedad de un producto como “la cantidad de agua que acompaña a la humedad del peso del sólido seco”. (p. 139).

2.24.1.1. Humedad de equilibrio.

Gomez (2014), expresa que “Es la relación de la humedad de la pulpa de la fruta y la humedad del ambiente que los rodea”. (p. 13).

Fórmula:

Humedad de Equilibrio:

$$\frac{H_s}{H_a}$$

Hs: Humedad del sólido

Ha: Humedad del ambiente

2.24.1.2. Humedad crítica.

Gomez (2014), 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. 13).

2.24.1.3. Humedad libre.

Según Gomez (2014), afirman que “La humedad libre es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio (X^*). Sólo puede evaporarse la humedad libre; el contenido de humedad libre de un sólido depende de la concentración del vapor en el gas”.

Es la humedad que puede perder el sólido después de un tiempo de contacto con el aire en las condiciones dadas. (p. 14).

$$X_L = X - X^*$$

2.24.1.4. Humedad ligada (X ligada).

Gomez (2014), afirma que la humedad ligada “Es el contenido de humedad de equilibrio que tendrá un sólido después de haberle expuesto al contacto con aire de humedad relativa de 100%”. (p.14).

2.24.1.5. Humedad desligada (X desligada).

Gomez (2014), define a la humedad desligada como “la humedad en exceso de un material, en relación con el contenido de humedad de equilibrio del mismo (humedad ligada) cuando este se encuentra en contacto con aire de humedad relativa de 100%”. (p.15).

$$X_{desligada} = X - X_{ligada}$$

Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada, o bien la humedad libre del sólido en contacto con el aire saturado.

2.24.1.6. Humedad Absoluta.

Gomez (2014), expresa que “Es el peso del vapor de agua contenido en un peso determinado de aire seco”. (p. 16).

2.24.1.7. Humedad Relativa.

Gomez (2014), expresa que “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”. (p. 16).

$$HR = \frac{dv}{ds} \times 100$$

Dónde:

dv = Es la densidad del vapor de agua en el aire (Kg/m^3) y

ds = Densidad del vapor de agua saturado a la temperatura de bulbo seco del aire (Kg/m^3).

Tal como su propio nombre indica, la humedad relativa no es una medida absoluta de la humedad presente en el aire, es una medida de la cantidad de agua presente en el aire en relación con la máxima cantidad que puede existir en el aire saturado a esa temperatura (de bulbo seco). Dado que la máxima cantidad posible de agua en el aire se incrementa al aumentar la temperatura es necesario indicar dicha temperatura siempre que se exprese la humedad relativa.

2.25. TEORÍA DE DIFUSIÓN.

El principal mecanismo en el secado de sólidos es la difusión del agua en sólidos de estructura fina y en los capilares, poros y pequeños huecos llenos con vapor.

Casp Vanaclocha (2008) expresa que el vapor se difunde hasta que alcanza la superficie donde pasa a la corriente global del aire. La ley de Fick aplicada a un sistema como el mostrado se expresa como:

$$\frac{ay}{at} = D_{effect} \frac{a^2y}{ax^2}$$

En la que:

Y : Contenido de humedad del producto.

t : tiempo.

x : dimensión en la dirección que ocurre la transferencia.

D_{efect} : coeficiente de difusión.

Dependiendo del tipo de geometría considerado, la solución de la ecuación de Fick toma diferentes formas. A continuación se dan estas soluciones para geometrías sencillas: lámina.

$$\Gamma = \frac{Y - Y_s}{Y_0 - Y_s} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{h_n^2} e^{\left(\frac{-h_n^2 \pi^2 D_{\text{efect}} t}{4L^2}\right)}$$
$$h_n = 2n - 1$$

Y : Contenido de humedad del producto.

t : tiempo.

Y_0 : humedad inicial.

Y_s : humedad en la superficie.

L : espesor de la lámina.

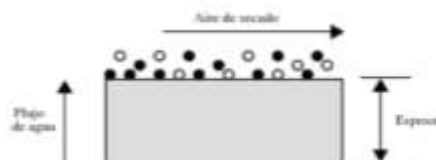


Figura 11. Mecanismo de difusión superficial y transporte de vapor de agua

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

Al final del período de velocidad decreciente el flujo másico se reduce más rápidamente. En el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente (difusión-sorción). Esta fase se termina cuando el producto alcanza su humedad de equilibrio. (p.79).

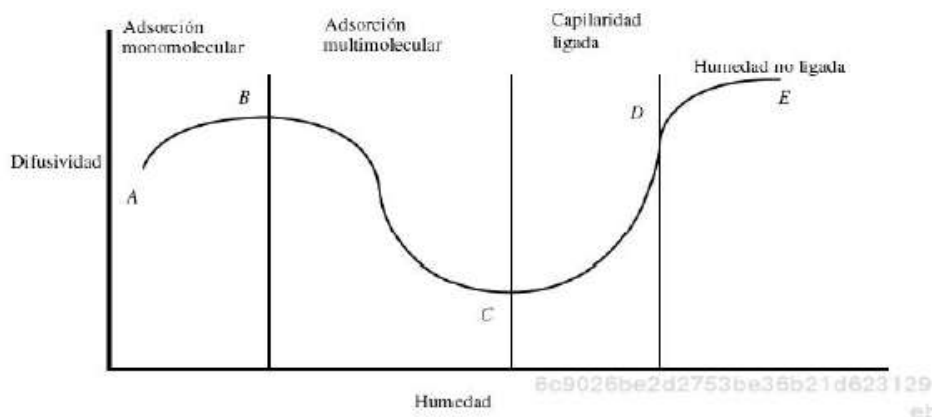


Figura 12. Relación entre el contenido de humedad y difusividad.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

La región A-B representa la absorción monomolecular en la superficie del sólido que consiste en el movimiento del agua por difusión de la fase vapor. La región B-C cubre la desorción multimolecular donde la humedad empieza el movimiento en la fase líquida. En la región C-D juega un papel importante la microcapilaridad, donde la humedad emigra fácilmente en los poros llenos de agua. En la región D-E la humedad ejerce su máxima presión de vapor y la migración de la humedad es debida primordialmente a la capilaridad. (p.80).

Dos situaciones posibles pueden ocurrir dentro del producto mientras que es de secado: (1) movimiento del líquido, o (2) el movimiento de vapor a la superficie del producto. En el primero, el flujo de vapor agua es una función del gradiente de la concentración de agua dentro del producto.

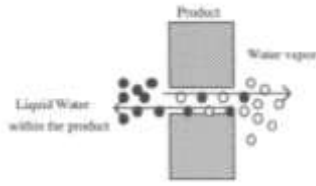


Figura 13. Mecanismos de difusión del transporte del líquido del vapor de agua.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

El agua líquida llega a la superficie y se evapora en ese punto, como se muestra en la Figura 10 El movimiento de vapor de agua dentro del producto puede explicarse en términos del mecanismo de difusión. El flujo de agua está en función de la densidad de vapor y la difusividad de vapor dentro el producto. El tamaño y la cantidad de poros, la tortuosidad, y la geometría de la matriz sólida afecta al flujo de vapor.

2.26. CINÉTICA DE SECADO

La cinética de secado de un material según Ibarz A., y Barbosa Cánovas G. V. (2014), 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. (p.119).

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:

$$W = \frac{Kgss}{AS} \cdot \frac{dx}{d\theta}$$

W: velocidad de secado

Kg ss: peso del sólido seco

As: área de secado

dx : Diferencial de humedad

$d\theta$: Diferencial de tiempo

La velocidad de secado es la pérdida de humedad del sólido húmedo por unidad de tiempo y más exactamente por el coeficiente diferencial ($-dX/d\theta$) operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire a las condiciones de temperatura, presión, humedad y velocidad constantes en el tiempo. (p.119).

2.27. CURVAS DE SECADO.

La curva de secado según Vique Damián (2011) es la evolución en el contenido de agua en base seca (b.s.) del producto en el tiempo. Gráficamente se representa como la humedad del material (X) frente al tiempo transcurrido desde que se inicia la operación de secado (t). La velocidad a la cual se realiza la operación es definida como la velocidad con que disminuye la humedad del producto, es decir la pendiente de la curva de secado (dX/dt). También se puede representar a la velocidad en función de la humedad. La **Figura 11** muestra una curva de secado típica de materiales muy húmedos en la que pueden diferenciarse las distintas zonas características.

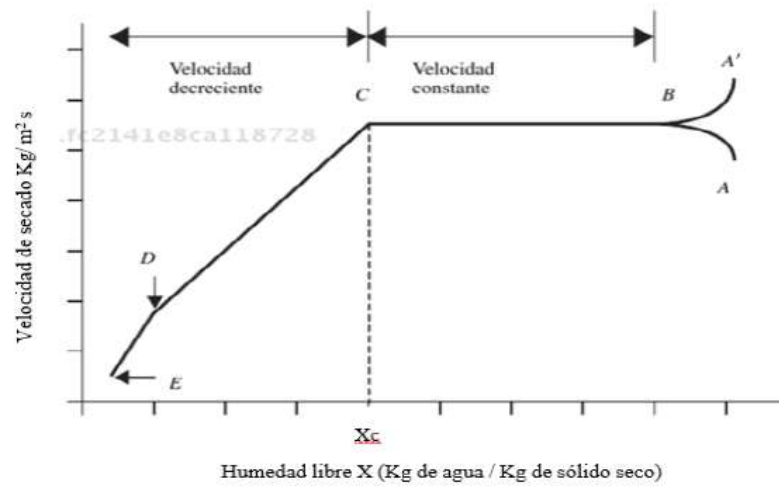


Figura 14. Velocidad de secado vs humedad del producto.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

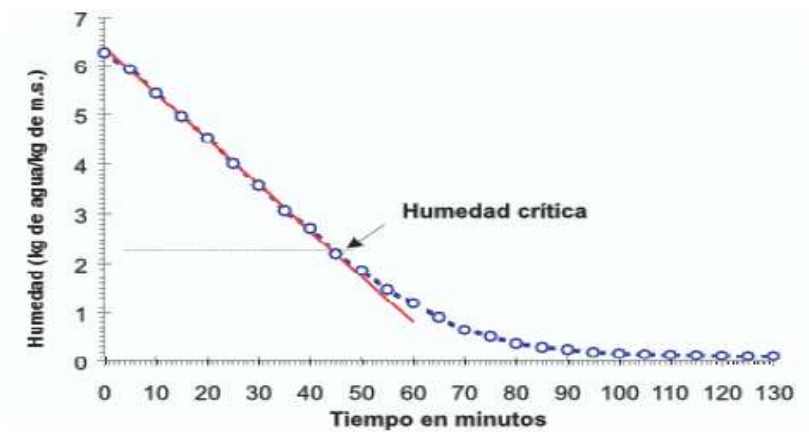


Figura 15. Humedad del producto en función del tiempo.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

2.28. PERIODOS DEL SECADO

En los procesos de secado, los datos suelen expresarse como la variación que experimenta el peso del producto que se está secando con el tiempo. Aunque a veces los datos de secado pueden expresarse en términos de velocidad de secado.

El contenido de humedad del producto según Casp Vanaclocha (2008) se define como la relación entre la cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos, y se expresa como: (p. 88)

$$Y_t = (W_T - W'_S) / W'_S$$

En la que W_T es el peso total de material en un tiempo determinado, siendo W'_S el peso de los sólidos secos, e Y_t la humedad expresada como peso de agua/peso de sólido seco. (p. 88)

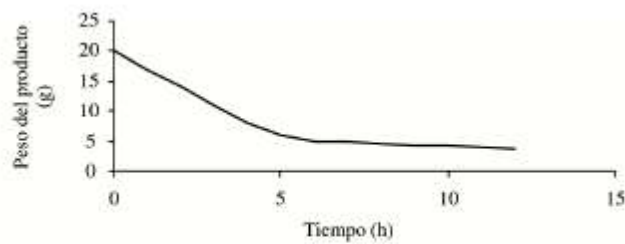


Figura 16. Variación del peso del producto en un proceso de secado.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

En los procesos de secado, una variable muy importante es la denominada contenido de humedad libre, X_t , que se define como: (p.88)

$$X = X_t - X$$

En la que X_{eq} es el contenido de humedad cuando se alcanza el equilibrio. Una típica curva de secado se obtiene al representar el contenido de humedad libre frente al tiempo de secado. (p.89)

La velocidad de secado, es proporcional al cambio del contenido de humedad con el tiempo:

$$W \propto \frac{dX}{dt}$$

$$W = -\frac{w'_s}{A} * \frac{dX}{dt}$$

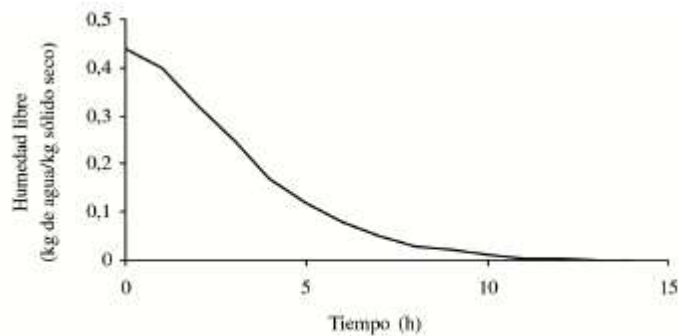


Figura 17. Contenido de humedad en función del tiempo de secado.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

En la que W'_s es el caudal de sólido seco y A el área de la superficie que se está secando. Al representar la velocidad de secado frente al tiempo se obtiene una curva similar a la figura 14.

El proceso de secado de un material, según Casp Vanaclocha (2008), puede describirse por una serie de etapas en las que la velocidad de secado juega un papel determinante, la figura 18 muestra un atípica curva de velocidad de secado en la que los puntos A y A' representan el inicio de secado para un material frío y caliente, respectivamente. El punto B representa

la condición de temperatura de equilibrio de la superficie del producto. El tiempo transcurrido para pasar de A o A' a B suele ser bajo, y a menudo se desprecia en los cálculos del tiempo de secado. El tramo de la curva B-C es conocido como periodo de velocidad constante de secado, y está asociado a la eliminación del agua no ligada al producto, en el que el agua se comporta como si el sólido no estuviera presente. Al inicio, la superficie del producto se encuentra muy húmeda, presentando una actividad de agua cercana a la unidad. (p.90)

En los sólidos porosos el agua eliminada en la superficie es compensada por el flujo de agua desde el interior del sólido. El periodo de velocidad constante continua mientras el agua evaporada en la superficie pueda ser compensada por la que se encuentra en el interior. La temperatura en la superficie se corresponde aproximadamente a la de bulbo húmedo.

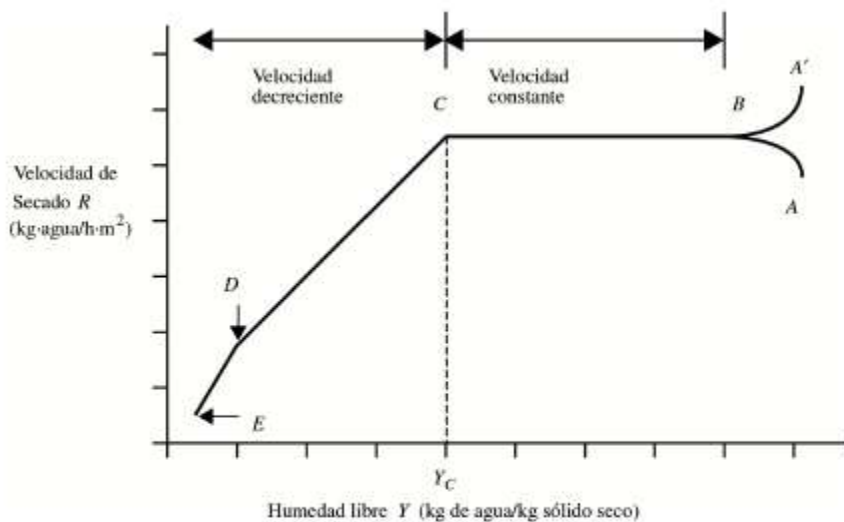


Figura 18. Curva de velocidad de secado

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

La curva de velocidad de secado según Casp Vanaclocha, A., & Abril Renquena, J. (2015), permite observar en todos los casos la existencia de un breve periodo de inducción (adaptación de las muestras a las condiciones de secado) seguido de dos periodos de velocidad de secado decreciente (ambos periodos identificados por el cambio en la pendiente de la curva).

El periodo de velocidad decreciente de acuerdo a Casp Vanaclocha (2008), se da cuando la velocidad de secado no se mantiene constante y empieza a disminuir, además, la actividad de agua en la superficie de hace menor que la unidad. En este caso, la velocidad de secado está gobernada por el flujo interno del agua y vapor. El punto C representa el inicio del periodo de velocidad decreciente, pudiéndose dividir este periodo en dos etapas.

La primera de ellas se da cuando los puntos húmedos en la superficie disminuyen continuamente hasta que la superficie esta seca completamente (punto D), mientras que la segunda etapas del periodo de velocidad de secado decreciente se inicia en el punto D, cuando la superficie está completamente seca, y el plano de evaporación se traslada al interior del sólido. El calor requerido para eliminar la humedad es transferido a través del solido hasta la superficie de evaporación, y el vapor de agua producido se mueve a través del solido en la corriente de aire que va hacia la superficie. A veces no existen diferencias remarcables entre el primer y segundo periodo de velocidad decreciente. La cantidad de agua eliminada en este periodo puede ser baja, mientras que el tiempo requerido puede ser elevado, ya que la velocidad de secado es baja. (p.91)

Vique Damián (2011) determina que la mayor parte del agua libre se elimina en un corto período de tiempo, dando lugar a un muy corto período de secado a velocidad constante y un período decreciente relativamente más largo que cae durante el secado del producto.

La determinación experimental de velocidad de secado es basada en un principio simple: medida del cambio en el contenido de humedad durante el secado. El material que se seca se coloca en una bandeja y se expone a una corriente de aire. La bandeja está suspendida de un saldo en un gabinete o conducto a través del cual fluye el aire. El peso del material está en función del tiempo de secado. Figura 13 muestra un esquema típico utiliza para determinar la velocidad de secado.

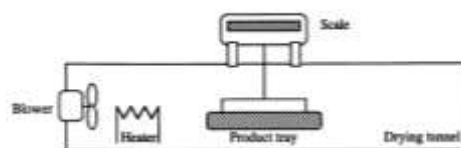


Figura 19. Determinación de la velocidad de secado

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

- La muestra no debe ser demasiado pequeña.
- La bandeja de secado debe ser similar a la destinada en una operación de secado regular.
- Temperatura, la velocidad, la humedad, y la dirección del aire debe ser constante.
- Periodo de secado a velocidad constante.

Durante el periodo de secado a velocidad constante, los fenómenos de transporte que tienen lugar son la transferencia de materia de vapor de agua hacia el medio ambiente, desde la superficie del producto a través de una película de aire que rodea el material, y la transferencia de calor a través del sólido. Mientras dura el proceso de secado, Casp Vanaclocha (2008) menciona que la superficie del material permanece saturada de agua, ya que la velocidad de movimiento del agua desde el interior del sólido es suficiente para compensar el agua evaporada en la superficie. Si se supone que solo existe transferencia de calor hacia la superficie del sólido por convección desde el aire caliente, y transferencia de materia desde la superficie hacia el aire caliente, se obtiene: (p.92).

$$(wT - T)Ah = p$$

$$(X - wX)ky = Na$$

En las que h es el coeficiente de transmisión de calor, A es el área que se está secando, T_w es la temperatura de bulbo húmedo, T es la temperatura de secado, N_a es la densidad de flujo de vapor de agua, X_w el contenido de humedad del aire en la superficie del sólido, X el contenido de humedad del aire en el seno de la corriente de secado, y K , el coeficiente de transferencia de materia. (p.92)

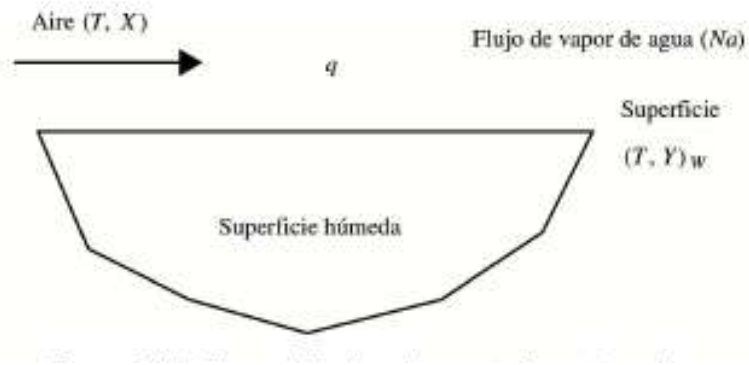


Figura 20. Transmisión de calor y materia en el secado.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

El calor necesario para vaporizar el agua en la superficie del producto se puede expresar como:

$$q = N_a M_a \lambda_w A$$

En la que M_a es la masa molecular del agua, λ_w el calor latente de vaporización a la temperatura T_w .

La velocidad de secado en el periodo de velocidad constante se expresa.

$$R_C = K_y M_b (X_w - X)$$

$$R_C = \frac{h(T - T_w)}{\lambda_w} = \frac{q}{\lambda_w A}$$

En la que M_b es la masa molecular del aire, X_w la humedad correspondiente a la temperatura de bulbo húmedo, y X es la humedad del aire en el seno de la corriente gaseosa. Si no existe

transferencia de calor por conducción y radiación, la temperatura del sólido a la temperatura de bulbo húmedo es la del aire durante el periodo de velocidad constante de secado.

En los cálculos de secado es imprescindible conocer el coeficiente de transferencia de materia, que puede evaluarse mediante la expresión.

$$\frac{K_y l}{D_{AB}} = 0,664(Re)^{1/2}(Se)^{1/3}$$

Ecuación válida para flujo laminar paralelo a una placa plana, siendo l la longitud del plato en la dirección del flujo, y en la que los módulos de Reynolds y Schmidt están definidos por las expresiones:

$$(Se) = \frac{\eta}{\rho D_{AB}}$$

$$(Re) = \frac{\rho v l}{\eta}$$

Siendo D_{AB} la difusividad molecular de la mezcla aire-agua, l es la longitud característica o el diámetro, v la velocidad del fluido, ρ la densidad, y η la viscosidad. El coeficiente de transmisión de calor puede obtenerse mediante la ecuación:

$$h = 0,0204(G)^{0,8}$$

En la que G es la densidad de flujo másica del aire expresada en $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, obteniéndose el coeficiente de transmisión de calor en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. El coeficiente de transmisión de calor en una lámina se puede expresar en función del módulo de Nusselt, según una expresión del tipo (Chirife, 1983):

$$(Nu) = \frac{hl}{K} = 2 + \alpha (Re)^{1/2}(Pr)^{1/3}$$

Siendo el módulo Prandtl:

En las que k es la conductividad térmica y C_p el calor específico.

$$(\text{Pr}) = \frac{Cp\eta}{k}$$

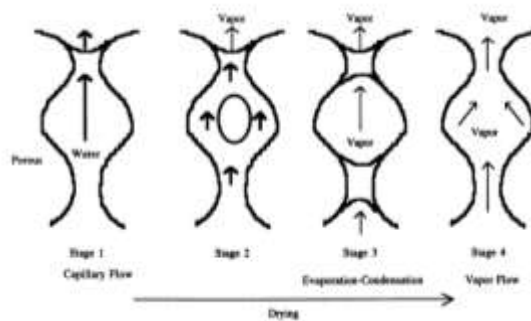


Figura 21. Movimiento del agua por los poros del material durante el secado.

Fuente: (Casp Vanaclocha (2008))

- Periodo de velocidad decreciente.

En este periodo Casp Vanaclocha (2008) menciona que la velocidad de secado R decrece cuando el contenido de humedad sobrepasa el contenido de humedad crítica X_c . Para resolver este tipo de problemas, la ecuación: (p.93)

$$W = -\frac{W'_s}{A} * \frac{dX}{dt}$$

Debe resolverse por integración, y el término integral se calcula mediante una integración grafica al representar $1/W$ frente a X . El movimiento del agua en el sólido puede explicarse por distintos mecanismos, como son: difusión del líquido debido a gradientes de concentración, difusión del vapor debido a la presión parcial de vapor, movimiento del líquido por fuerzas capilares, movimiento del líquido por fuerzas de gravedad, y difusión superficial. (p.93)

El movimiento del agua a través del alimento depende tanto de su estructura porosa como de las interacciones del agua con la matriz alimentaria.

2.29. ÍNDICE DE MADUREZ



COLOR	ESTADO DE MADUREZ	GRADOS BRIX	pH	% Acidez (en Ac. Citrico)
Amarillo-verde 1	Verde	5,00-6,50	3,00-3,4	1,888
Amarillo-verde 2	Semi Pintón	6,50-7,50	3,40-3,62	1,120
Pardo-naranja 1	Pintón	7,50-8,75	3,62-3,7	0,900
Pardo-naranja 2	Maduro	8,75-9,00	3,70-4,00	0,560
Pardo-naranja 3	Sobre maduro	9,00-10,00	4,00-5,00	0,384

Figura 22. Estado de madurez

Fuente : Navarro (2011).

Durante el proceso de maduración Navarro (2011), afirma que: el nivel de firmeza disminuye, resultado del adelgazamiento de las paredes celulares y la degradación de productos de reserva. Asimismo, se conoce que las hidrolasas presentes en frutos de carambola incrementan su actividad durante el periodo de sazón.

A medida que aumenta el estado de maduración del fruto igualmente aumenta el contenido de sólidos solubles, este incremento se explica por la degradación del almidón, el cual acumula azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa que son los constituyentes principales de los sólidos solubles.

El pH disminuye en un estado de madurez inferior al estar relacionado con la conversión de ácidos orgánicos en ácido pirúvico. Por el contrario, el aumento de pH a medida que aumenta el estado de madurez del fruto, está relacionado con la degradación de almidón en azúcares reductores por la respiración de las frutas.

Se sabe que esta característica del fruto depende del efecto de las enzimas sobre la pectina y el almidón. Durante este proceso, la protopectina es degradada a fracciones de peso molecular más bajo y más solubles en agua, lo que ocasiona el ablandamiento de la fruta

El ablandamiento de los tejidos de celulares en las frutas es debido a los cambios que ocurren en la pared celular compuesta por carbohidratos pécticos (protopéctinas), hemicelulosas y celulosas. En estas cadenas, el calcio (Ca) y el potasio (k) son los componentes importantes en las uniones de los grupos carboxílicos, reforzando los componentes estructurales de la célula; la ruptura de estas uniones es uno de los factores que inciden en la maduración y ablandamiento de los frutos, además de producir una disminución de estos minerales conforme aumenta la maduración del fruto. Otro factor lo constituye el movimiento de agua desde la corteza o cáscara hacia la pulpa del fruto debido al proceso de ósmosis, provocando el aumento gradual de humedad en el fruto maduro. (p.9).

La maduración de los frutos también suele coincidir con un cambio de color y el desarrollo del aroma y sabor característico del fruto, producto de la síntesis y desenmascaramiento de carotenoides y la manifestación de los compuestos volátiles. La carambola durante su desarrollo cambia de un tono amarillo-verde a un tono pardo-naranja por su parte, la semilla y el arilo varían de blanco a café y de transparente a naranja translúcido respectivamente.

El color y el contenido de sólidos solubles totales según Navarro (2011), constituyen índices de cosecha apropiados para la carambola; por el contrario, las dimensiones y el peso del fruto no son válidos como parámetros de recolección, ya que estos son muy variables. (p.9).



Figura 23. Cambios de color en el fruto de carambola.

Fuente : Navarro (2011).

Desde la floración de la planta hasta la cosecha de la fruta madura, oscila entre 40 y 50 días. El punto de cosecha de la fruta, según Navarro (2011), es cuando la cambia su color de verde pálido a ligeramente amarillo. El punto óptimo de cosecha es cuando la carambola adquiere una coloración amarilla - dorada, reflejando un adecuado contenido de azúcares ($^{\circ}$ Brix). Sin embargo, el índice de madurez comercial establecido es de $\frac{1}{2}$ ó $\frac{3}{4}$ de la fruta con coloración amarilla, donde aún el contenido de azucares es bajo. (p.10).

La recolección de la carambola se la realiza cuando su coloración corresponde a los Índices 2 y 3, garantiza el desarrollo de una coloración pardo-naranja más llamativa. (p.10).

No obstante, Navarro (2011) expresa que la recolección en dicho estado incide de manera negativa en el contenido final de sólidos solubles totales, para este periodo sus valores se sitúan entre 3.5 y 5.3%, algo menores que los máximos alcanzados por el fruto si se deja por un poco más de tiempo en el árbol (6.8 a 7.3%).

Para la agroindustria se recomienda que el fruto alcance valores de sólidos solubles totales cercanos a 7%, asociados al desarrollo de coloración pardo-naranja (2-3), Índices 4 y 5. Durante el periodo comprendido entre los días 80 y 94 los valores de relación de madurez oscilan entre 6.83 y 13.87 respectivamente. (p.11).

2.29.1. Cosecha.

La fruta es muy delicada, por lo cual durante la cosecha debe evitarse golpearla o magullarla. La práctica de mover el árbol para que se suelten las frutas debe ser evitada, pues estas se dañan al caer.

El fruto al madurar mucho se descompone con rapidez, por lo cual la cosecha debe realizarse cuando inicie su maduración. El fruto puede ser conservado durante varios días a temperatura de 3°C. (Navarro (2011))

La fruta se puede almacenar a una temperatura aproximada de 10°C durante cuatro semanas cuando inicia la maduración. Si se aumenta la temperatura la fruta madura más rápidamente.

2.29.2. Pos cosecha.

El fruto debe ser manipulado cuidadosamente, ya que es muy susceptible a daños por golpes y roces. Se evidencian daños tales como: pardeamiento de las aristas, aparición de manchas superficiales de color café, agrietamiento de la corteza y aparición de hongos; asimismo, en frutos refrigerados Navarro (2011) indica que se presenta disminución del aroma característico y alteración del color, observándose frutos de color café oscuro al final del almacenamiento. (p.78).



Figura 24. Daños mecánicos en Carambola (*Averrhoa Carambola L.*)

Fuente : Navarro (2011).

En el mercado se evitan productos blandos, manchados o excesivamente pardeados en los bordes. Navarro (2011), proponen una escala para la evaluación de la calidad general de los frutos. (p.7).



Figura 25. Escala para la evaluación de la calidad general de frutos de Carambola (Averrhoa Carambola L.)

Fuente: Navarro (2011).

CAPITULO III

Materiales y Métodos

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales y equipos de laboratorio.

Materiales y equipos de laboratorio.

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Bandejas lisas de plástico de capacidad de 3 lt• Estilete• Cuchillo con mango de plástico• Espátula• Cronometro• Jarras con graduación• Recipientes plásticos de 5 litros de capacidad	<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Termómetro• Refractómetro (0-30°brix) AB• Deshidratador• Licuadora• PH metro• Balanza (desecadora) infrarroja

3.1.2. Materia prima e insumos.

Materia prima e insumos.

Materia prima	Insumos
<ul style="list-style-type: none">• Carambola	<ul style="list-style-type: none">• Hipoclorito de sodio 0,1 %• Papel encerado• Papel de arroz

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Localización del experimento.

La presente investigación se la realizó en la ciudad de Ibarra. El desarrollo de la fase experimental se realizó en el laboratorio de deshidratación de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en los laboratorios de Control de Calidad de la Universidad Técnica del Norte

3.2.2. Caracterización del área de estudio.

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

Tabla 1. Condiciones Ambientales De La Ciudad de Ibarra

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario

Sitio	Unidades Edu- productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial
Altitud	2250 m.s.n.m.
HR. Promedio	62 %
Latitud geográfica	00° 19' 47" N
Longitud geográfica	78° 07' 56" W
Pluviosidad	503 – 1000 mm. Año

Fuente: (INAHMI, 2015)

Factores en estudio.

FACTOR A: Temperatura en el interior del secador (° C).

A1: 65 °C

A2: 70 °C

A3: 75 °C

FACTOR B: velocidad del aire de secado (m/s).

B1: 3 m/s

B2: 3,5 m/s

B3: 4 m/s

FACTOR C: Índice de madurez de la carambola (°brix).

C1: 7 °brix (Semi pintón)

C2: 8 °brix (Pintón)

C3: 9 °brix (Maduro)

3.2.3. Tratamientos.

De la combinación de los Factores A, B y C (Temperatura en el interior del secador, velocidad del aire de secado, e índice de madurez de la carambola), se estructuraron 27 tratamientos los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 2. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
T1	A1B1C1	Temp. 65 °C+ 3 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T2	A1B1C2	Temp. 65 °C+ 3 m/s + 8°brix (Pintón)
T3	A1B1C3	Temp. 65 °C+ 3 m/s + 9°brix (Maduro)
T4	A2B1C1	Temp. 70 °C+ 3 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T5	A2B1C2	Temp. 70 °C+ 3 m/s + 8°brix (Pintón)
T6	A2B1C3	Temp. 70 °C+ 3 m/s + 9°brix (Maduro)
T7	A3B1C1	Temp. 75 °C+ 3 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T8	A3B1C2	Temp. 75 °C+ 3 m/s + 8°brix (Pintón)
T9	A3B1C3	Temp. 75 °C+ 3 m/s + 9°brix (Maduro)
T10	A1B2C1	Temp. 65 °C+ 3,5 m/s + 7°brix (Semi pintón)

T11	A1B2C2	Temp. 65 °C+ 3,5 m/s + 8°brix (Pintón)
T12	A1B2C3	Temp. 65 °C+ 3,5 m/s + 9°brix (Maduro)
T13	A2B2C1	Temp. 70 °C+ 3,5 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T14	A2B2C2	Temp. 70 °C+ 3,5 m/s + 8°brix (Pintón)
T15	A2B2C3	Temp. 70 °C+ 3,5 m/s + 9°brix (Maduro)
T16	A3B2C1	Temp. 75 °C+ 3,5 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T17	A3B2C2	Temp. 75 °C+ 3,5 m/s + 8°brix (Pintón)
T18	A3B2C3	Temp. 75 °C+ 3,5 m/s + 9°brix (Maduro)
T19	A1B3C1	Temp. 65 °C+ 4 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T20	A1B3C2	Temp. 65 °C+ 4 m/s + 8°brix (Pintón)
T21	A1B3C3	Temp. 65 °C+ 4 m/s + 9°brix (Maduro)
T22	A2B3C1	Temp. 70 °C + 4 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T23	A2B3C2	Temp. 70 °C + 4 m/s + 8°brix (Pintón)
T24	A2B3C3	Temp. 70 °C+ 4 m/s + 9°brix (Maduro)
T25	A3B3C1	Temp. 75 °C+ 4 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T26	A3B3C2	Temp. 75 °C+ 4 m/s + 8°brix (Pintón)
T27	A3B3C3	Temp. 75 °C+ 4 m/s + 9°brix (Maduro)

3.2.4. Diseño experimental.

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

A x B x C.

3.2.4.1. *Características del experimento.*

Número de repeticiones: Tres (3)

Número de tratamientos: veintisiete (27)

Número de unidades experimentales: Ochenta y uno (81)

3.2.4.2. *Unidad experimental.*

La unidad experimental estará compuesta por 500 g de pulpa de carambola, con un espesor de 5 mm y con 89% de humedad inicial.

3.2.4.3. *Análisis de varianza.*

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (ADEVA).

ADEVA	
F de V	G.L.
Total	80
Tratamientos	27
Factor A	2
Factor B	2
Factor C	2
AxB	4
AxC	4
BxA	4
Axbxc	4
Error Experimental	53

3.2.4.4. *Análisis funcional.*

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

3.3. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO.

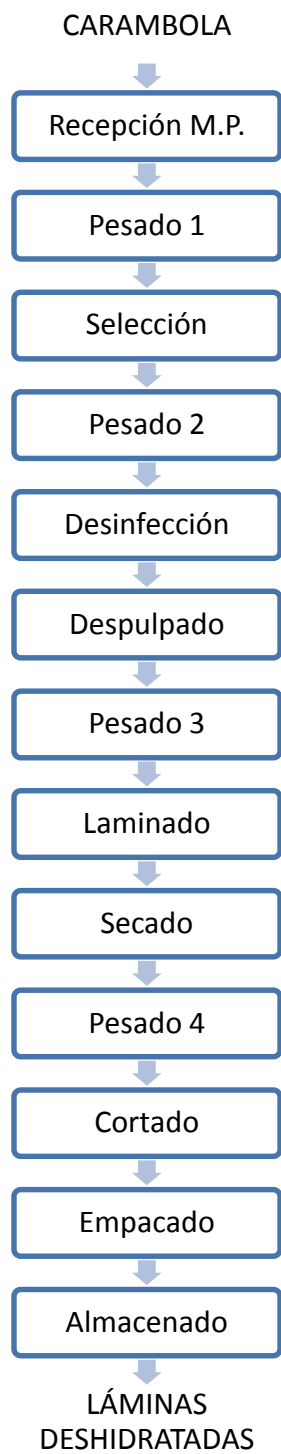


Figura 26. Diagrama de proceso de láminas deshidratadas de carambola



Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de láminas deshidratadas de carambola.

3.3.1. Recepción.

La recepción de la materia prima se llevó a cabo en los laboratorios de las Unidades Educativas, provenientes del Valle del Cauca, Colombia, en cajas de cartón. La materia prima es aceptada si pasa estrictos y rígidos controles de calidad respetando la norma INEN 2910. En la cual establece que la materia prima debe de estar libre de materias extrañas y a una temperatura inferior de 12°C, se debe verificar las características organolépticas como: color, olor y brillo.



Gráfico 1 Recepción

3.3.2. Pesado 1.

Se procede a pesar para determinar la cantidad de masa disponible para realizar la elaboración de láminas deshidratadas de carambola y verificar la cantidad de fruta que se pidió al proveedor



Gráfico 2 Pesado 1

3.3.3. Selección.

Para brindar un producto de calidad la carambola debe de cumplir con un rango de madurez de 7, 8 y 9 °brix según lo establecido en la metodología de esta investigación, valores que fueron medidos con la ayuda de un refractómetro (0-30° brix) AB, previamente encerado.



Gráfico 3 Selección

3.3.4. Pesado 2.

Esta operación tiene como finalidad conocer la cantidad de carambola a procesar.



Gráfico 4 Pesado 2

3.3.5. Desinfección.

El CODEX Alimentarius (2000) afirma que: Para la desinfección de frutas y hortalizas se emplean normalmente 0.1 % de hipoclorito de sodio, con un tiempo de contacto de 1-2 minutos. La desinfección se la realiza con agua a 4° C, esta operación se la realiza con el fin de eliminar la carga microbiana.



Gráfico 5 Desinfección.

3.3.6. Despulpado.

En esta operación se procede a separar las aristas, la corteza interna y las semillas de la pulpa de la carambola para luego proceder a licuar hasta lograr una consistencia espesa y firme.



Gráfico 6 Despulpado

3.3.7. Pesado 3.

Se procede a pesar la pulpa de fruta necesaria para la elaboración de las láminas deshidratadas y para determinar el rendimiento de la fruta. Así mismo se pesa, las cascaras y semillas que ayudó a determinar el rendimiento del producto terminado.



Gráfico 7 Pesado 3

3.3.8. Laminado.

Se preparan bandejas de plástico lisas termo resistentes a las que se coloca láminas de arroz para que el producto no se pegue. La pulpa se debe esparcir sobre las láminas de arroz a lo largo de la bandeja con la ayuda de una espátula, alcanzando un espesor uniforme de unos 3-5 milímetros.



Gráfico 8 Laminado

3.3.9. Secado.

Antes de ingresar el producto al deshidratador se debe fijar la temperatura de secado deseada en el monitor y la velocidad de secado requerida en el variador de velocidad. Luego se ingresa las bandejas con la pulpa de carambola al deshidratador, donde se seca por varias horas a las temperaturas de secado, velocidades de secado e índices de madurez establecida en el diseño experimental, hasta que el producto adquiriera la consistencia de cuero con una humedad menor al 5%. Las bandejas que se utilizaron son lisas ya que, se trabajará con pulpa de fruta.



Gráfico 9 Secado

3.3.10. Pesado 4.

El laminado de fruta se pesa para determinar el rendimiento y la cantidad de agua eliminada de la pulpa de fruta, para luego proceder a realizar las curvas de secado, la humedad perdida en los tiempos determinados, y la velocidad de secado requerida para remover la humedad. Se realiza el pesado en intervalos de tiempo de 2 horas durante las 4 primeras horas y luego en intervalos de 30 minutos hasta obtener el producto final con un peso constante, el cual indica que el producto final ha llegado a su humedad de equilibrio.

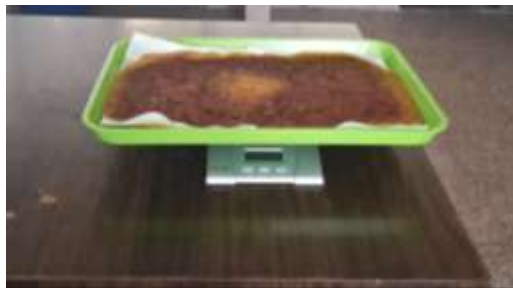


Gráfico 10 Pesado 4.

3.3.11. Cortado.

Se procede a realizar el corte de las láminas con la ayuda de un estilete, previamente desinfectado, las dimensiones del corte son de 5 cm de largo por 2 cm de ancho y 1 mm de espesor. La forma rectangular de las láminas deshidratadas de carambola facilita su empaque, presentación, transporte y almacenamiento.



Gráfico 11 Cortado.

3.3.12. Empaque.

Se realiza 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.



Gráfico 12 Empaque.

3.3.13. Almacenamiento.

Debe hacerse en lugares secos, con buena ventilación, de preferencia sin exposición a la luz y sobre anaqueles.



Gráfico 13 Almacenamiento.

3.4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.4.1. Variables cuantitativas.

Se determinaron en el laboratorio de análisis físico-químicos y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

En materia prima: CARAMBOLA. (*Averrhoa carambola*)

- Sólidos solubles (°Brix): se toma una muestra de 5g de pulpa de carambola, para luego medir el contenido de sólidos solubles con un refractómetro (0-30°brix) AB previamente encerado, según el método NTE 380.
- pH: indica la concentración de iones hidrógeno de una solución. Se toma una muestra de 10g de pulpa de carambola, para luego medir su valor con el electrodo del pH-metro previamente calibrado con agua destilada, según el método APHA 4500 – H+B.
- Humedad (%): es la cantidad de agua presente en la materia prima. Se toma una muestra de 3g de pulpa de carambola, la cual se la coloca en la balanza desecadora infrarroja previamente encerada para cada medición, para obtener la humedad de la materia prima, según el método NTE AOAC 925.10.
- Se toma una muestra de 20 g de la fruta en fresco y se procede a realizar el análisis de calcio mediante el método APHA 3500-Ca D (ppm), con la ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado.
- Se tomó una muestra de 20 g de la fruta en fresco y se procede a realizar el análisis de potasio mediante el método AOAC 956.01 (ppm), con la ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado.

En producto final: LÁMINAS DE CARAMBOLA

Rendimiento: Se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \text{Peso} \frac{\text{final}}{\text{inicial}} * 100$$

- pH: Se toma una muestra de 10g de láminas deshidratadas de carambola, las cuales se las macera en 100ml de agua por 30 minutos, para luego medir su valor con el electrodo del pH-metro previamente calibrado con agua destilada, según el método APHA 4500 –H+B.
- Sólidos solubles (°Brix): Se toma una muestra de 10g de láminas deshidratadas de carambola, las cuales se aforan en 100ml de agua por 1 día, para luego medir su valor con el refractómetro (0-30°brix) AB, según la NTE 380.
- Humedad (%): se toma una muestra de 1g de láminas deshidratadas de carambola las cuales se colocan en la balanza desecadora infrarroja para medir la humedad del producto deshidratado, para cada medición se debe encerar el equipo, según la NTE AOAC 925.10.
- Se toma una muestra de 5 g de las láminas deshidratadas de carambola, las cuales se calcinan y sus cenizas se aforan a 250ml de agua, con 5ml de ácido nítrico libre de metales por 30 minutos, para luego medir su valor con el espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado, según el método APHA 3500-Ca D (ppm).
- Se toma una muestra de 5 g de las láminas deshidratadas de carambola, las cuales se calcinan y sus cenizas se aforan a 250ml de agua, con 5ml de ácido nítrico libre de metales por 30 minutos, para luego medir su valor con el espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado, según el método AOAC 956.01 (ppm).

3.4.2. Variables cualitativas.

3.4.2.1. Método de evaluación de las variables cualitativas del producto terminado.

Se realizó una evaluación organoléptica de color, olor, sabor y textura (dureza), con la prueba de comparaciones múltiples con la ayuda de 20 panelistas.

3.4.2.1.1. Prueba de comparaciones múltiples.

Amores Vizuite (2012), afirma que “Este método se llama método de comparaciones múltiples y resulta muy útil para evaluar el efecto de variaciones en una formulación, la sustitución de un ingrediente, material de empaque, las condiciones de proceso”. (p.65).

3.4.2.1.1.1. Color.

Amores Vizuite (2012), afirma que:

La evaluación sensorial del color se realiza a través de este sentido, se percibe las propiedades sensoriales externas de los productos alimenticios como lo es principalmente el color, aunque también se perciben otros atributos como la apariencia, la forma, la superficie, el tamaño, el brillo, la uniformidad y la consistencia visual (textura). Además el sentido de la vista percibe los colores los cuales se relacionan por lo general con varios sabores, no importa que sean agradables o no, esto se debe a la experiencia que tenga cada individuo. (p.65). Tabla 4. Evaluación sensorial del color. (Anexo 3)

3.4.2.1.1.2. Olor.

Amores Vizuite (2012), afirma que:

Los atributos que se perciben con el sentido del olfato son el olor y el aroma, el primer atributo tiene que ver con el producido por los alimentos por la volatilización de sustancias que se esparcen por el aire llegando hasta la nariz y el segundo consiste en la percepción de sustancias aromáticas de un alimento después de colocarlo en la boca. Al igual que el sentido

de la vista las sensaciones percibidas pueden ser agradables o desagradables de acuerdo a las experiencias del individuo. (p.66). Tabla 5. Evaluación sensorial del olor. (Anexo 3)

3.4.2.1.1.3. Sabor.

Amores Vizuite (2012), expresa que:

El sentido del gusto hace referencia a los sabores en los alimentos. Este atributo hace referencia a la combinación de tres propiedades: olor, aroma y gusto. Cuando un individuo o catador se encuentra resfriado no puede percibir olores ni sabores, es por esto que cuando se realice una evaluación sensorial de sabor, no sólo se debe tenerse en cuenta que la lengua del panelista este en perfectas condiciones sino además que no tenga problemas con la nariz y con la garganta. (p.66). Tabla 6. Evaluación sensorial del sabor. (Anexo 3)

3.4.2.1.1.4. Textura (dureza).

Amores Vizuite (2012), afirma que:

La dureza sensorial es la fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos). (p.66).

La textura se ha clasificado de acuerdo a tres fases:

- Fase inicial: las calidades texturales se perciben con el primer bocado, antes de que la saliva disuelva o modifique la forma o disposición de las partículas.
- Fase de masticación: se percibe durante la masticación.
- Fase residual: cambios texturales que se llevan a cabo durante la masticación y efectos que producen recubrimiento del paladar por lo general, después de haberse deglutido la muestra del alimento.

La fase de masticación es la más importante para cuando se está catando un producto alimenticio, ya que cuando se está realizando este proceso se envía información al cerebro a través de impulsos nerviosos, el cual la relaciona con la información almacenada, emitiendo una respuesta sobre la textura del alimento que se está masticando. (p.67).

En el proceso de masticación intervienen los dientes, la lengua, el paladar, las encías, los músculos de la mandíbula, las glándulas salivales, los labios, y cada una de las articulaciones. (p.67). Tabla 7. Evaluación sensorial de textura (dureza). (Anexo 3)

3.4.2.1.1.5. Aceptabilidad.

Giraldo, G. A., Chiralt, A. (2011), afirma que:

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo). (p.44).

Los datos obtenidos se procesados a través de las pruebas paramétricas de Friedman. (p.44).
Tabla 8. Escala de aceptabilidad para los consumidores. (Anexo 3)

Una vez que se conozca el análisis sensorial se realizara el análisis físico-químico y microbiológico al mejor tratamiento. (p.44).

3.4.3. Análisis microbiológico en el producto terminado.

El análisis microbiológico se realizó al mejor tratamiento después de haber elaborado el producto deshidratado de carambola, utilizando la siguiente metodología.

Tabla 9. Análisis microbiológico

Parámetro analizado	Metodología Utilizada
Recuento estándar en palca (UFC/ml)	AOAC 990.12
Recuento de mohos y levaduras (UPM/ml)	INEN 1529-10

Fuente: Caicedo, M. D. G. (2015), " Efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola *Averrhoa carambola*", Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

3.4.4. Análisis nutricional del producto terminado.

El análisis físico químico se realizó al mejor tratamiento después de haber elaborado el producto deshidratado de carambola, utilizando la siguiente metodología.

Tabla 10. Análisis físico químico.

Parámetro analizado	Método	Unidad
Potasio	AOAC 956.01	mg/100g
Calcio	APHA 3500-Ca D	mg/100g

Fuente: Caicedo, M. D. G. (2015), " **Efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola *Averrhoa carambola***", Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusiones

4.1. VARIABLES CUANTITATIVAS.

4.1.1. Materia prima.

La carambola es una fruta de forma ovoide-estrellada, dispone una pulpa aromática y fibrosa. El tamaño está relacionado con su sabor, las grandes tienen un sabor ligeramente dulce, mientras las pequeñas tienen un sabor agridulce. El estado de madurez de la fruta coincide con un cambio de color, desarrollo del aroma y sabor característico del fruto, producto de la síntesis y desenmascaramiento de carotenoides y la manifestación de los compuestos volátiles. La carambola durante su desarrollo cambia de color, de un tono amarillo-verde a un tono pardo-naranja, característica que permitió establecer tres estados de madurez, semi pintón con un 25% de madurez, pintón con un 50% de madurez y maduro con un 75%, variables que fueron identificadas con la medición de la cantidad de sus sólidos solubles para facilitar su estudio experimental.

El contenido de sólidos solubles en la carambola se incrementa conforme aumenta su estado de madurez. Asimismo, el pH y la humedad tienen un comportamiento similar al contenido de sólidos solubles, donde se observa un ligero incremento conforme avanza su estado de madurez. Por el contrario, el contenido de minerales va disminuyendo con el incremento de la madurez de la fruta, según lo mencionado por Navarro (2011).

El análisis físico químico de la fruta fue realizado en el laboratorio de Análisis Físico-Químico y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. Donde los resultados obtenidos de las muestras analizadas, son presentados de manera resumida en la siguiente tabla.

Tabla 11. Características físico- químicas de la materia prima.

VARIABLES	SEMIPINTON	PINTON	MADURO	MÉTODO DE ENSAYO
Sólidos solubles	6,50	7,50	8,75	NTE INEN 380
Humedad (%)	88,35	89,28	90,02	AOAC 925,10
Base húmeda				
pH	3,40	3,62	3,70	APHA 4500- H+B
Calcio (mg/100 g)	2,90	2,80	2,70	APHA 3500- Ca D
Potasio(mg/100 g)	127,40	126,00	125,00	AOAC 956,01

4.1.2. LAMINAS DESHIDRATADAS DE CARAMBOLA

4.1.2.1. pH

El análisis de pH en los 27 tratamientos en estudio, se determinaron tomando muestras de 10 gramos de hojuelas deshidratadas de carambola, por triplicado, las cuales se las macera

en 100ml de agua por 30 minutos, para luego medir su valor con el electrodo del pH-metro previamente calibrado con agua destilada, según el método APHA 4500-H+B, cuyos datos se observan en la tabla 12.

Tabla 12. Evaluación de pH

Tratamientos	Repeticiones			Σ	\bar{X}
	I	II	III		
T1	3,56	3,50	3,53	10,59	3,53
T2	3,74	3,80	3,76	11,30	3,77
T3	3,84	3,70	3,78	11,32	3,77
T4	3,60	3,58	3,62	10,80	3,60
T5	3,68	3,72	3,68	11,08	3,69
T6	3,91	3,95	3,88	11,74	3,91
T7	3,68	3,65	3,67	11,00	3,67
T8	3,84	3,65	3,68	11,17	3,72
T9	3,75	3,71	3,66	11,12	3,71
T10	3,74	3,69	3,70	11,13	3,71
T11	3,96	4,03	3,90	11,89	3,96
T12	4,07	4,13	4,07	12,27	4,09
T13	3,65	3,63	3,68	10,96	3,65
T14	3,74	3,72	3,71	11,17	3,72
T15	3,77	3,79	3,78	11,34	3,78
T16	3,72	3,66	3,67	11,05	3,68
T17	3,62	3,63	3,68	10,93	3,64
T18	4,13	3,95	3,92	12,00	4,00
T19	3,92	3,87	3,90	11,69	3,90
T20	3,96	3,93	3,92	11,81	3,94
T21	3,64	3,95	3,93	11,52	3,84
T22	3,65	3,62	3,65	10,92	3,64
T23	3,79	3,83	3,99	11,61	3,87
T24	3,94	3,99	3,96	11,89	3,96
T25	4,17	4,13	4,12	12,42	4,14
T26	3,96	3,96	3,92	11,84	3,95
T27	3,70	3,68	3,72	11,10	3,70
Σ	102,73	102,45	102,50	307,66	3,80

Con los datos obtenidos en el laboratorio se procede a determinar si los diferentes tratamientos muestran diferencias significativas con la ayuda del análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 13. Análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	F. Tabular	
					5%	1%
TOTAL	80	2,0672				
TRATAMIENTOS	26	1,8899	0,0727	22,0303 **	1,79	2,30
FA (TEMPERATURA DE SECADO)	2	0,0752	0,0376	11,3939 **	3,32	5,39
FB (VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO)	2	0,4076	0,2038	61,7576 **	3,32	5,39
FC (ÍNDICE DE MADUREZ)	2	0,2625	0,1313	39,7879 **	3,32	5,39
AXB	4	0,1843	0,0461	13,9697 **	2,69	4,02
AXC	4	0,2454	0,0614	18,6061 **	2,69	4,02
BXC	4	0,3035	0,0759	23,0000 **	2,69	4,02
AXBXC	8	0,4114	0,0514	15,5758 **	2,27	3,17
ERROR EXPERIMENTAL	54	0,1773	0,0033			

CV: 1,51%

** Altamente Significativo ($p < 0.01$)

El análisis de varianza del pH del producto deshidratado presenta alta significancia estadística de los factores A, B, C y las correspondientes interacciones. Es decir, que el pH del producto terminado depende de la temperatura de secado, velocidad del aire de secado y del índice de madurez de la carambola, factores que permiten obtener un pH adecuado, dentro del rango establecido según Johnson (2013), las láminas deshidratadas de frutas deben tener un pH menor a 4, con el fin de evitar el desarrollo de mohos y bacterias que deterioran

el producto. Asimismo, presenta un coeficiente de variación de 1,51%, que significa que el experimento se manejó adecuadamente. Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para los factores A, B y C.

Tabla 14. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para pH de tratamientos.

Tratamientos	pH medio	Rango
T25	4,14	a
T12	4,09	b
T18	4,00	c
T11	3,96	d
T24	3,96	e
T26	3,95	f
T20	3,94	g
T6	3,91	h
T19	3,90	i
T23	3,87	j
T21	3,84	k
T15	3,78	l
T2	3,77	m
T3	3,77	n
T8	3,72	ñ
T14	3,72	o
T9	3,71	p
T10	3,71	q
T27	3,70	r
T5	3,69	s
T16	3,68	t
T7	3,67	u
T13	3,65	v
T22	3,64	w
T17	3,64	x
T4	3,60	y
T1	3,53	z

En el tabla de Tukey al 5% para tratamientos se observa que todos los tratamientos poseen rangos diferentes. Según la NTE INEN 337 de jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales, el porcentaje de pH máximo es de 5 para laminas deshidratadas de fruta. En los tratamientos se parecía que T1 posee un pH inferior de 3,53 y el máximo es el tratamiento T25 con 4,14, pH inferiores a lo sugerido por la norma. Sin embargo, se toma como mejor tratamiento a T1 por ser el porcentaje de pH más bajo, ya que, los productos secos se encuentran exentos de microorganismos patógenos y sustancias tóxicas, que puedan ocasionar un peligro para la salud.

Tabla 15. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.

FACTOR	MEDIAS	RANGO
A1	3,83	a
A2	3,80	a
A3	3,76	b

Al realizar el análisis de diferencia media estadística (DMS) en el factor A, se observa que el nivel A3 (temperatura de secado 75°C) es el mejor, ya que las láminas de frutas deshidratadas presentan un pH menor con relación a los niveles A1 y A2. Es decir, que a una temperatura de secado de 75 °C, el producto deshidratado tiene un pH más bajo.

Según Vique Damian, (2011), expresa que a temperaturas altas de secado las reacciones de transformación de los azúcares en ácidos por efecto de la fermentación se aceleran, dando como resultado una mayor concentración de iones de hidrógeno, obteniendo un pH más bajo en el producto final.

Los valores de pH que permiten un menor deterioro en los productos deshidratados corresponden a pH menor a 4. Por el contrario, Johnson, (2013), expresa que la mayoría de hongos y bacterias se desarrollan a pH de 4,5 a 9, con un rango de crecimiento óptimo entre 6,5 y 7,5. Asimismo, pH bajos en láminas de frutas deshidratadas permiten un mayor periodo de tiempo de conservación.

Según lo citado, se puede afirmar que el factor A en los niveles A1, A2 y A3, durante el proceso de secado generan láminas de carambola deshidratadas con pH inferiores a 4, que se encuentran dentro del rango que evita el desarrollo de hongos y bacterias.

Tabla 16. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.

FACTOR	MEDIAS	RANGO
B3	3,88	a
B2	3,81	b
B1	3,71	c

Al realizar el análisis de diferencia media estadística (DMS) para el factor B, se observa que el nivel B1 (Velocidad del aire de secado 3 m/s) es el mejor, ya que las láminas de frutas deshidratadas presenta un pH menor en relación con los niveles B3 y B2. Es decir, que el pH del producto terminado es más bajo a una velocidad del aire de secado de 3 m/s.

Con una menor velocidad del aire de secado, según Vique Damian, (2011), menor será la capacidad del aire para retirar la humedad del producto, permitiendo un mayor tiempo de permanencia del vapor de agua en el alimento, provocando un proceso de fermentación en el cual los azúcares presentes en el producto se transforman en ácidos, obteniendo un pH más bajo en el producto final.

Los datos obtenidos de pH con la influencia del factor B se encuentran dentro de lo permitido por la norma (NTE INEN 337 de jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales) para evitar el deterioro de las láminas deshidratadas.

Los influencia de los factores B1, B2, B3, en el pH del producto deshidratado, ha permitido que estos se encuentren dentro del rango establecido de pH expresado por Johnson, (2013), que indica que los valores apropiados para evitar el deterioro de las láminas de frutas deshidratadas corresponden a un pH menor a 4.

Tabla 17. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor C.

FACTOR	MEDIAS	RANGO
C3	3,86	a
C2	3,81	b
C1	3,72	c

Al realizar el análisis de diferencia media significativa (DMS) para el factor C, se observa que el nivel C1 (Índice de madurez 7° Brix) es el mejor, ya que las láminas de frutas deshidratadas presentan un pH menor en relación con los niveles C3 y C2. Es decir, que el pH del producto terminado es más bajo con un índice de madurez de la carambola de 7° Brix.

Vique Damian, (2011), asegura que “Entre menos sólidos solubles (°brix) exista en la fruta, menor será el pH obtenido en el producto final, por lo que al ser sometido al proceso de secado los ácidos orgánicos presentes en la fruta con un estado de madurez inferior se convertirán en ácido pirúvico, generando un pH más bajo en el producto deshidratado.”

Los datos obtenidos de pH con la influencia del factor C se encuentran dentro de lo permitido por la norma (NTE INEN 337 de jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales) para evitar el deterioro de las láminas deshidratadas.

La influencia de los factores C1, C2, C3, en el pH del producto deshidratado, ha permitido que estos se encuentren dentro del rango establecido de pH expresado por Johnson, (2013),

que indica que los valores apropiados para evitar el deterioro de las láminas deshidratadas corresponden a un pH menor a 4.

- **INTERACCIONES DEL pH**

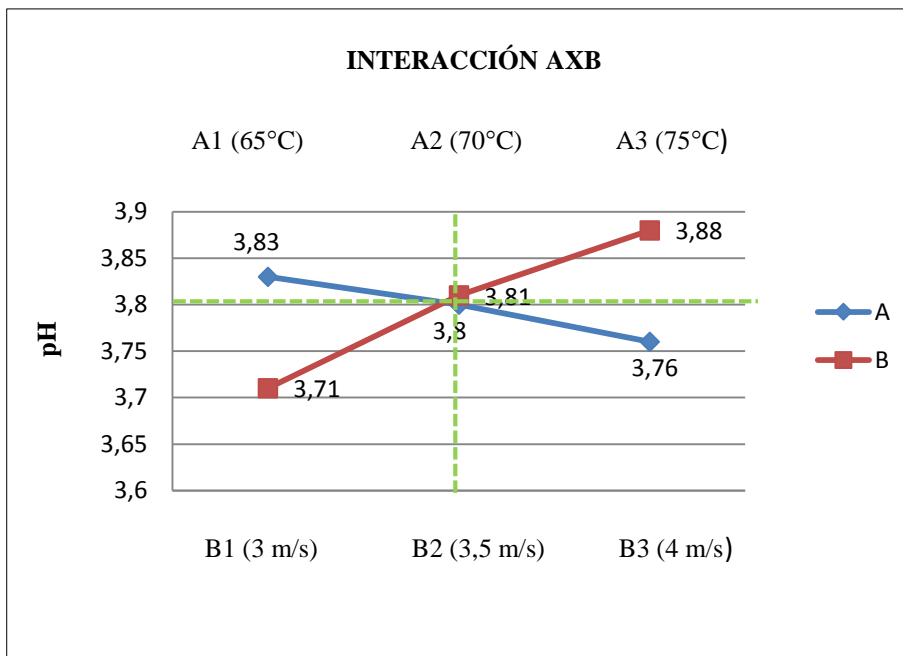


Figura 28. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores A (temperatura de secado) y B (velocidad del aire de secado) en la variable pH del producto terminado es 3,78. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C y velocidad del aire de secado de 3,4 m/s, lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura de secado las reacciones de transformación de los sólidos solubles en ácidos se aceleran generando que el pH disminuya en las láminas de frutas deshidratadas, por el contrario a medida que la velocidad del aire de secado disminuye mayor será el tiempo de permanencia

del vapor de agua en alimento provocando el proceso de fermentación en el cual los sólidos solubles se convertirán en ácidos, aumentando la concentración de iones de hidrogeno, dando como resultado un pH más bajo, que permite un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según Johnson, (2013) expresa que “Para la conservación de barras deshidratadas de fruta un pH menor a 4 es el correcto para evitar el desarrollo de mohos y bacterias que deterioran el producto terminado”.

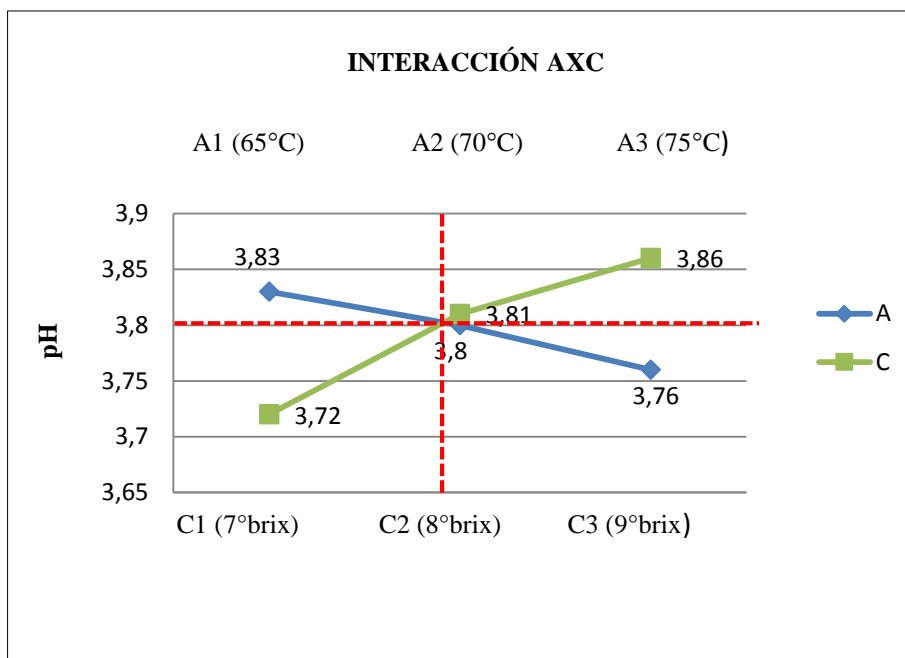


Figura 29. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa, que el punto crítico de la interacción entre los factores A (temperatura de secado) y C (índice de madurez de la carambola) en la variable pH del producto terminado es 3,78. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C e índice de madurez de 7,80°brix, lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura de secado el pH disminuye en las láminas de frutas deshidratadas, por el contrario, para tener un pH menor en el producto terminado debemos someter al proceso de secado a una fruta con un estado de madurez inferior, ya que habrá menor cantidad de sólidos solubles que se convertirán en ácidos por acción de la fermentación y tendremos más ácidos orgánicos

convirtiéndose en ácido pirúvico, obteniendo un pH inferior y un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada que según Johnson, (2013) expresa que “Para la conservación de láminas de frutas deshidratadas un pH menor a 4 es el correcto para evitar el desarrollo de mohos y bacterias que deterioran el producto terminado”.

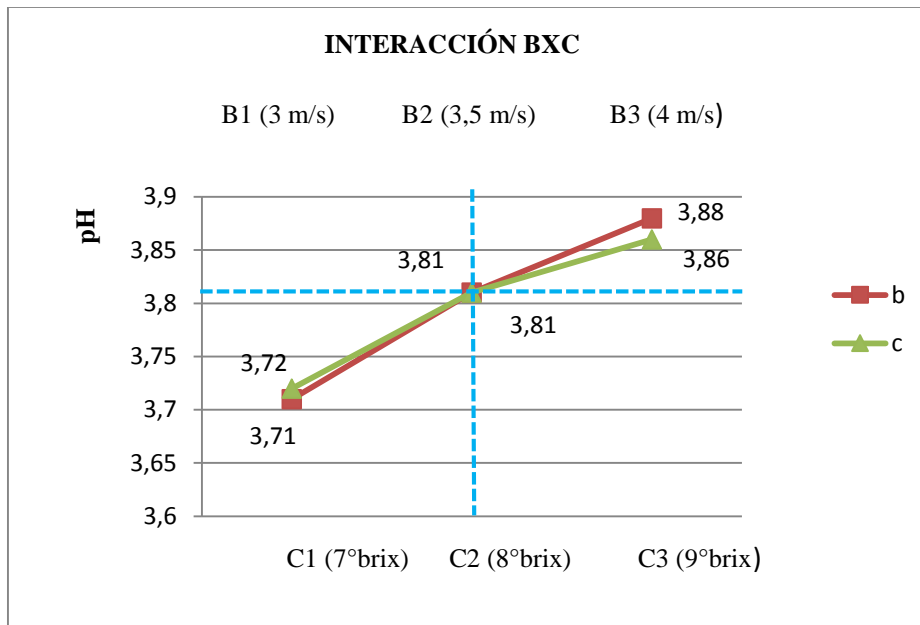


Figura 30. Interacción de los factores B (Velocidad del aire de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **B** (velocidad del aire de secado) y **C** (índice de madurez de la carambola), en la variable pH del producto terminado es 3,81. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la velocidad del aire de secado de 3,5 m/s e índice de madurez de la carambola de 8°brix, lo cual significa que a medida que disminuye la velocidad del aire de secado y el estado de madurez, el pH disminuye en las láminas de frutas deshidratadas a un valor menor a 5, permitiendo un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según Johnson, (2013), expresa que “la conservación de láminas deshidratadas de fruta con un pH menor a 4 evita el desarrollo de mohos y bacterias”.

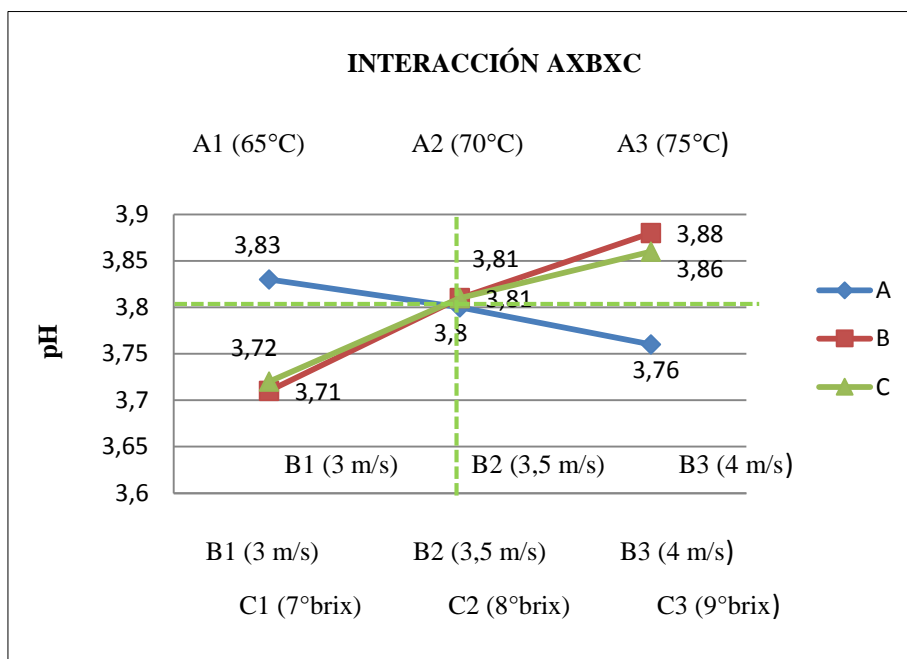


Figura 31. Interacción de los factores A (Temperatura de secado), B (Velocidad del aire de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable pH de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado), **B** (velocidad del aire de secado) y **C** (índice de madurez de la carambola) en la variable pH del producto terminado es 3,79. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C, velocidad del aire de secado de 3,4 m/s e índice de madurez de la carambola de 7,8°C, lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura de secado el pH disminuye en las láminas de frutas deshidratadas, por el contrario, a medida que disminuye la velocidad del aire de secado y el estado de madurez, se obtendrá un pH de láminas de frutas deshidratadas con un valor menor a 4, permitiendo un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según Johnson, (2013) expresa que “Para la conservación de láminas de frutas deshidratadas un pH menor a 4 es el correcto para evitar el desarrollo de mohos y bacterias que deterioran el producto terminado”.

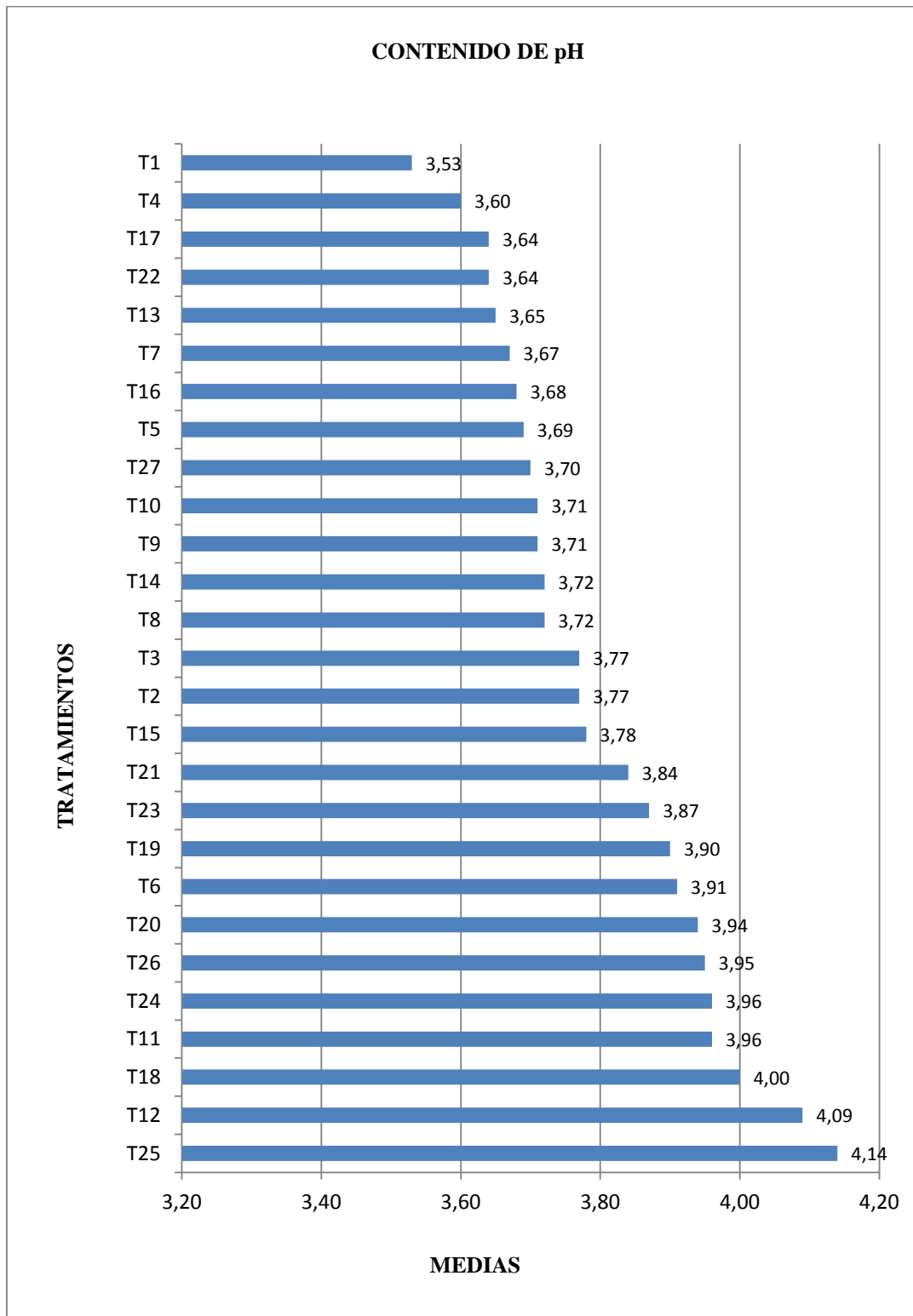


Figura 32. Representación gráfica del variable pH en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T1, T4, T17**, son los tratamientos que menor pH presentan en el producto terminado por consiguiente estos tratamientos presentan la combinación adecuada para generar el proceso de fermentación en el cual los azúcares del alimento se transforman en ácidos, provocando pH bajos en el producto deshidratado y de esta manera tener un mayor tiempo de conservación de las láminas deshidratadas que según Johnson, (2013) expresa que “Para la conservación de barras deshidratadas de fruta un pH menor a 4 es el correcto para evitar el desarrollo de mohos y bacterias que deterioran el producto terminado”.

4.1.2.2. Sólidos solubles (*°Brix*)

El análisis de sólidos solubles en los 27 tratamientos en estudio, se determinaron tomando muestras de 10 gramos de láminas deshidratada de carambola, por triplicado, las cuales se aforaron a 100ml de agua por 1 día, para luego medir su valor con el refractómetro de AB previamente encerado, según el método NTE INEN 380, cuyos datos se observan en la tabla 18.

Tabla 18. Evaluación de sólidos solubles (°Brix)

Tratamientos	Repeticiones			Σ	\bar{x}
	I	II	III		
T1	62,46	58,78	58,25	179,49	59,83
T2	57,59	62,09	56,66	176,34	58,78
T3	62,17	62,90	64,11	189,18	63,06
T4	58,18	60,94	58,11	177,23	59,08
T5	53,58	53,00	53,55	160,13	53,38
T6	53,17	52,51	57,23	162,91	54,30
T7	51,60	53,63	48,77	154,00	51,33
T8	50,06	53,95	54,36	158,37	52,79
T9	51,17	54,82	52,68	158,67	52,89
T10	55,59	63,53	55,36	174,48	58,16
T11	49,30	53,25	59,42	161,97	53,99
T12	57,53	50,35	59,43	167,31	55,77
T13	53,03	56,11	55,70	164,84	54,95
T14	54,20	55,66	53,41	163,27	54,42
T15	57,11	55,67	60,56	173,34	57,78
T16	59,46	48,23	59,68	167,37	55,79
T17	59,88	71,10	74,49	205,47	68,49
T18	63,05	64,17	67,09	194,31	64,77
T19	60,97	51,93	52,17	165,07	55,02
T20	53,84	56,68	75,15	185,67	61,89
T21	56,64	62,23	60,21	179,08	59,69
T22	52,83	73,20	56,92	182,95	60,98
T23	56,60	60,47	57,83	174,90	58,30
T24	59,15	58,54	64,39	182,08	60,69
T25	50,93	62,49	72,02	185,44	61,81
T26	58,92	72,29	60,90	192,11	64,04
T27	55,84	54,90	56,40	167,14	55,71
Σ	1514,85	1583,42	1604,85	4703,12	58,06

Con los datos obtenidos en el laboratorio se procede a determinar si los diferentes tratamientos muestran diferencias significativas con la ayuda del análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 19. Análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	F. Tabular	
					5%	1%
TOTAL	80	2777,0924				
TRATAMIENTOS	26	1400,0069	53,8464	2,1115 *	1,79	2,30
FA(TEMPERATURA DE SECADO)	2	38,0603	19,0302	0,7462 ns	3,32	5,39
FB (VELOCIDAD DE SECADO)	2	179,4907	89,7454	3,5192 *	3,32	5,39
FC (INDICE DE MADUREZ)	2	16,0768	8,0384	0,3152 ns	3,32	5,39
AXB	4	592,0787	148,0197	5,8043 **	2,69	4,02
AXC	4	186,426	46,6065	1,8276 ns	2,69	4,02
BXC	4	90,9692	22,7423	0,8918 ns	2,69	4,02
AXBXC	8	296,9052	37,1132	1,4553 ns	2,27	3,17
ERROR EXPERIMENTAL	54	1213,3683	22,4698			

CV: 7,39%

** Altamente Significativo ($p < 0.01$)

* Significativo ($p < 0.05$)

NS: No Significativo

En el análisis de varianza de los sólidos solubles del producto deshidratado se observa una significancia estadística al 5% para tratamientos y para el Factor B, por otro lado se aprecia alta significación estadística para la interacción AxB, mientras que para el Factor A, Factor C e interacciones AxC, BxC y AxBxC, no existe significación estadística. Es decir, que los sólidos solubles del producto terminado dependen de la velocidad del aire de secado factor que permite tener la cantidad adecuada de solidos solubles para las láminas de frutas deshidratadas, que según Paulette Gómez, (2011), menciona que “la cantidad de solidos solubles que se encuentra dentro del rango de 40,6 - 77,1°Brix proporciona protección contra el deterioro causado por las actividades reducidas del agua en láminas de frutas

deshidratadas". Asimismo, presenta un coeficiente de variación de 7,69% el cual es un valor elevado que nos indica dispersión o variabilidad en los datos, es decir heterogeneidad entre los datos. Aceptable para investigaciones a nivel experimental realizados en condiciones controladas de laboratorio, este valor se debe a los cambios de temperatura y tiempos de secado en cada uno de los tratamientos, también pudo verse influido por la concentración de fibra en la pulpa durante su dispersión en bandejas lisas para obtener el laminado. Esto ocasiona que el aire de secado actúe superficialmente y no exista un secado homogéneo de la pulpa de carambola.

Al existir significación estadística se procedió a realizar las pruebas correspondientes de Tukey al 5 % para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B (Velocidad del aire de secado).

Tabla 20. Prueba de Tukey al ($p < 0.05$) para los sólidos solubles de los tratamientos.

Tratamientos	Medias (°brix)	Rango
T17	68,49	a
T18	64,77	b
T26	64,04	c
T3	63,06	d
T20	61,89	d
T25	61,81	d
T22	60,98	d
T24	60,69	d
T1	59,83	d
T21	59,69	d
T4	59,08	d
T2	58,78	d
T23	58,30	d
T10	58,16	d
T15	57,78	d
T16	55,79	d
T12	55,77	d
T27	55,71	d
T19	55,02	d
T13	54,95	d
T14	54,42	d
T6	54,30	d
T11	53,99	d
T5	53,38	d
T9	52,89	d
T8	52,79	d
T7	51,33	d

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se aprecia que existen bajo contenido en sólidos solubles que van desde 51,33°brix hasta 63,06°brix en concentración, Excepto el

T17, T18, T26 que presenta una concentración de sólidos de 64,04°brix, 64,77°brix, 68,49°brix siendo los más recomendados porque la fruta deshidratada presenta alto contenido de sólidos totales.

Tabla 21. Prueba de Diferencia media significativa DMS al ($\alpha < 0.05$) para el Factor B.

FACTOR	MEDIAS	RANGO
B3	59,79	a
B2	58,24	b
B1	56,16	b

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B, se observa que el nivel B3 (Velocidad del aire de secado 4 m/s) es el mejor, ya que los sólidos solubles del producto terminado dependen de la velocidad del aire de secado (4 m/s), es decir que a mayor velocidad del aire de secado (4 m/s) mayor es la concentración de sólidos solubles. Todos los tratamientos que incluyen una velocidad del aire de secado B3 (4 m/s) son los más adecuados para la obtención de láminas deshidratadas de carambola.

El porcentaje de azúcares en la investigación de Vique Damian, (2011) es mayor en el secado que en la carambola fresca, debido a que los azúcares son solubles en agua y mientras se realiza el proceso de secado la velocidad del aire de secado elimina rápidamente el vapor de agua de la superficie del alimento, facilitando la difusión interna de los azúcares disueltos en agua hacia la superficie del alimento generando una mayor concentración de sólidos solubles.

Los influencia de los factores B1, B2, B3, en los sólidos solubles del producto deshidratado, según Paulette Gómez, (2011), se encuentran dentro del rango de 40,6 a 77,1 ° Brix para láminas de frutas deshidratadas.

- **INTERACCIÓN SÓLIDOS SOLUBLES**

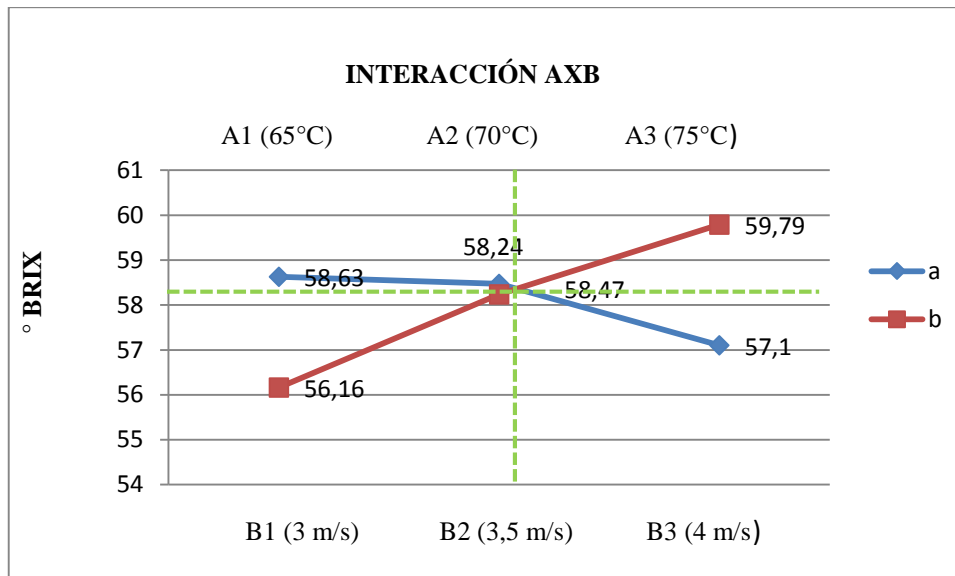


Figura 33. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable sólidos solubles de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura del secador) y **B** (velocidad del aire de secado) en la variable sólidos solubles del producto terminado es 58,3°brix. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 70°C y velocidad del aire de secado de 3,5 m/s, lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura los sólidos solubles presentes en el producto se convierten en ácidos por acción de la fermentación generando una disminución en la cantidad de sólidos solubles de las láminas de frutas deshidratadas, por el contrario, al trabajar con una mayor velocidad del aire de secado se elimina rápidamente el vapor de agua superficial, facilitando la difusión interna de los azúcares disueltos en agua hacia la superficie del alimento generando una mayor concentración de sólidos solubles en las láminas de frutas deshidratadas, permitiendo tener la cantidad adecuada de sólidos solubles para láminas de frutas deshidratadas, que según Paulette Gómez, (2011), menciona que, “la cantidad de sólidos solubles que se encuentra dentro del rango de 40,6 a 77,1 ° Brix evita el deterioro causado por las actividades reducidas del agua en láminas de frutas deshidratadas”

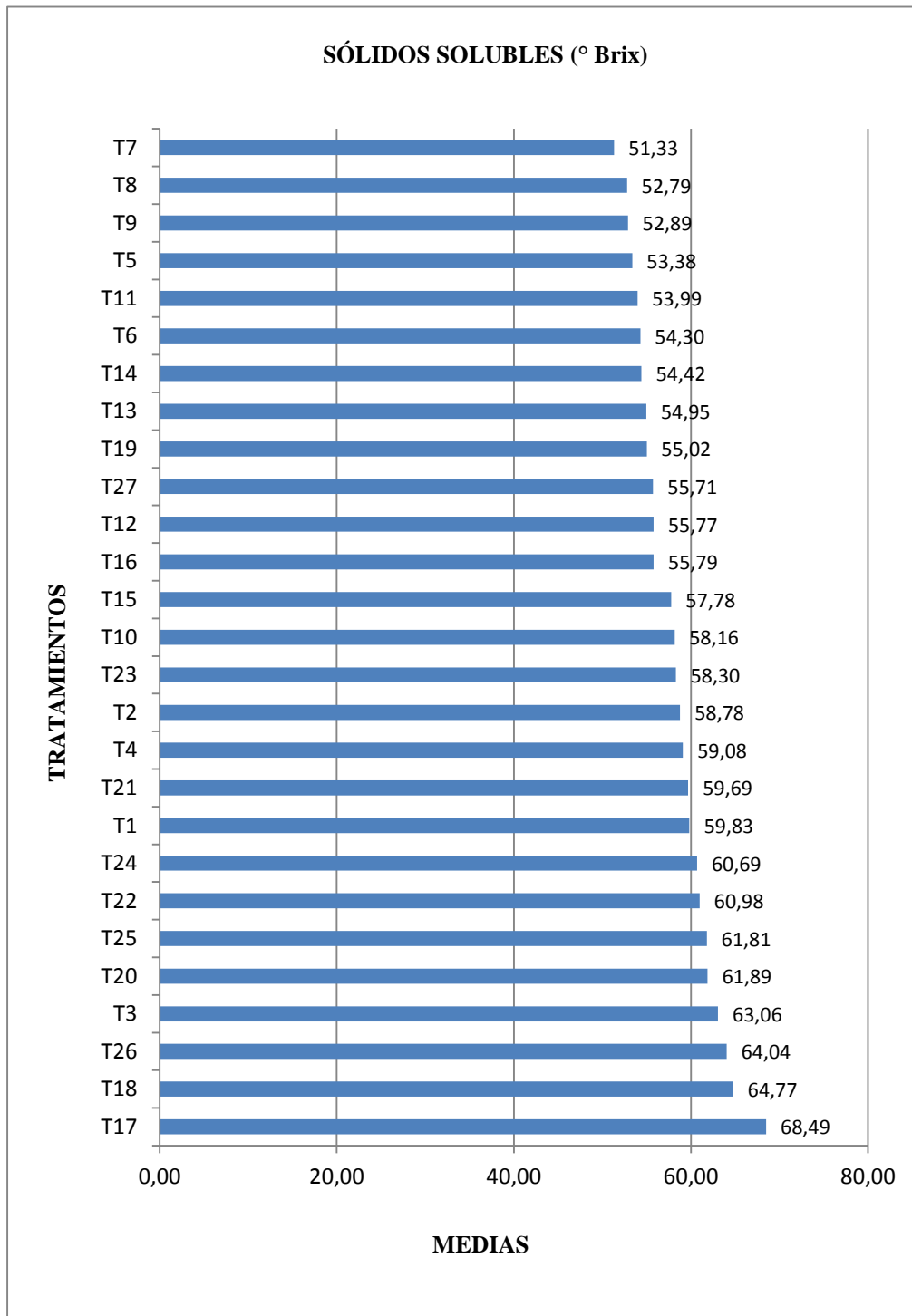


Figura 34. Representación gráfica de la variable sólidos solubles (° Brix) en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T17, T18, T26**; son los tratamientos que mayor sólidos solubles presentan en el producto terminado, ya que presentan la combinación adecuada para que la velocidad del aire de secado elimine el vapor de agua de la superficie del producto, facilitando la difusión interna de los sólidos solubles disueltos en agua hacia la superficie del producto, donde se concentraran. Paulette Gómez, (2011), menciona que, “la cantidad de sólidos solubles que se encuentra dentro del rango de 40,6 a 77,1 ° Brix evita el deterioro causado por las actividades reducidas del agua en láminas de frutas deshidratadas”. El porcentaje de sólidos solubles es mayor en estos tratamientos ya que según Vique Damian, (2011), afirma que “Al trabajar con velocidades del aire de secado y temperaturas de secado altas se facilita la difusión interna de los sólidos solubles disueltos en agua hacia la superficie del producto provocando una mayor concentración de sólidos que finalmente se cristalizarán”.

4.1.2.3. Humedad (%)

El análisis de humedad en los 27 tratamientos en estudio, se determinaron tomando muestras de aproximadamente 1g de las láminas deshidratadas de carambola, por triplicado, las cuales se colocan en la balanza infrarroja previamente encerada para obtener el valor de la humedad del producto deshidratado, para cada medición se debe encerar el equipo, según el método NTE AOAC 925,10 , cuyos datos se observan en la tabla 22.

Tabla 22. Evaluación del contenido de humedad (%)

Tratamientos	Repeticiones			Σ	\bar{x}
	I	II	III		
T1	4,80	3,95	5,06	13,81	4,60
T2	5,97	5,17	3,95	15,09	5,03
T3	5,02	3,86	3,86	12,74	4,25
T4	6,02	5,10	7,98	19,10	6,37
T5	4,90	5,02	5,06	14,98	4,99
T6	6,18	6,91	6,99	20,08	6,69
T7	8,99	6,07	4,80	19,86	6,62
T8	5,05	6,98	6,04	18,07	6,02
T9	4,80	4,65	5,03	14,48	4,83
T10	8,15	8,91	8,93	25,99	8,66
T11	11,55	11,14	12,84	35,53	11,84
T12	10,04	9,12	9,77	28,93	9,64
T13	6,83	6,02	4,88	17,73	5,91
T14	8,16	4,05	5,86	18,07	6,02
T15	7,17	6,06	6,09	19,32	6,44
T16	4,98	3,08	3,08	11,14	3,71
T17	5,03	4,00	2,81	11,84	3,95
T18	2,92	2,05	2,91	07,88	2,63
T19	7,80	12,14	9,94	29,88	9,96
T20	8,97	14,99	12,02	35,98	11,99
T21	9,96	9,04	9,01	28,01	9,34
T22	7,00	4,14	3,96	15,10	5,03
T23	2,98	3,97	4,89	11,84	3,95
T24	5,85	7,14	5,06	18,05	6,02
T25	4,95	3,88	5,06	13,89	4,63
T26	6,87	6,09	4,15	17,11	5,70
T27	4,01	4,95	5,34	14,30	4,77
Σ	174,95	168,48	165,37	508,8	6,28

Con los datos obtenidos en el laboratorio se procede a determinar si los diferentes tratamientos muestran diferencias significativas con la ayuda del análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 23. Análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	F. Tabular	
					5%	1%
TOTAL	80	55,5704				
TRATAMIENTOS	26	46,2381	1,7783	11,6792 **	1,79	2,30
FA(TEMPERATURA DE SECADO)	2	18,8700	9,4350	61,9626 **	3,32	5,39
FB (VELOCIDAD DE SECADO)	2	2,6525	1,3262	8,7099 **	3,32	5,39
FC (INDICE DE MADUREZ)	2	0,4546	0,2273	1,4929 ns	3,32	5,39
AXB	4	19,6925	4,9231	32,3311 **	2,69	4,02
AXC	4	3,2117	0,8029	5,2733 **	2,69	4,02
BXC	4	0,7013	0,1753	1,1516 ns	2,69	4,02
AXBXC	8	0,6554	0,0819	0,5381 ns	2,27	3,17
ERROR EXPERIMENTAL	54	8,2223	0,1522			

CV: 6,21%

** Altamente Significativo ($p < 0.01$)

NS: No Significativo

En el análisis de varianza de la humedad del producto deshidratado se observa una alta significancia estadística para tratamientos, Factor A, Factor B, e interacciones AxB, AxC, mientras que para el Factor C e interacciones BxC y AxBxC no existe significación estadística. Es decir, que la humedad del producto terminado depende de la temperatura de secado y de la velocidad del aire de secado, porque según Vique Damian, (2011), afirma que “La pérdida de humedad en el proceso de secado se debe a que mientras más alta es la temperatura de secado mayor es la cantidad de agua eliminada en forma de vapor” y según Casp Vanaclocha (2008), manifiesta que “con una mayor velocidad del aire de secado,

mayor será la capacidad del aire para retirar la humedad del producto; hasta que toda la superficie del material queda seca”. Factores que permiten obtener una humedad óptima para la conservación del producto terminado ya que según Mayra Veloso (2014) expresan que la “humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes es una humedad menor al 5%”. Asimismo, presenta un coeficiente de variación de 6,21% el cual es un valor elevado que indica dispersión o variabilidad en los datos, es decir heterogeneidad entre los datos. Aceptable para investigaciones a nivel experimental realizados en condiciones controladas de laboratorio, este valor se debe a los cambios de temperatura y tiempos de secado en cada uno de los tratamientos, también pudo verse influido por la concentración de fibra en la pulpa durante su dispersión en bandejas lisas para obtener el laminado. Esto ocasiona que el aire de secado actué superficialmente y no exista un secado homogéneo de la pulpa de carambola.

Al existir significación estadística se procedió a realizar las pruebas correspondientes de Tukey al 5 % para tratamientos y diferencia mínima significativa para los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad de secado).

Tabla 24. Prueba de Tukey al ($p < 0.05$) para la humedad de los tratamientos.

Tratamientos	Medias (%)	Rango
T20	11,99	a
T11	11,84	b
T19	9,96	c
T12	9,64	d
T21	9,34	e
T10	8,66	f
T6	6,69	g
T7	6,62	h
T15	6,44	i
T4	6,37	j
T24	6,02	k
T14	6,02	l
T8	6,02	m
T13	5,91	n
T26	5,70	ñ
T2	5,03	o
T22	5,03	p
T5	4,99	q
T9	4,83	r
T27	4,77	s
T25	4,63	t
T1	4,60	u
T3	4,25	v
T17	3,95	w
T23	3,95	x
T16	3,71	y
T18	2,63	z

En el cuadro de Tukey al 5% para tratamientos se aprecia que el contenido de humedad que va desde 2,63% hasta 4,99%, son los tratamientos más recomendados ya que presentan una humedad inferior al 5% que es el valor máximo requerido para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones bioquímicas deteriorantes en las láminas de carambola deshidratada, excepto los que poseen un contenido de humedad que van desde 5,03% hasta 11,99%, que son los menos recomendados para la carambola deshidratada.

Tabla 25. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.

FACTOR	MEDIAS	RANGO
A1	8,37	a
A2	5,71	b
A3	4,76	c

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A, se concluye que el nivel A3 (temperatura de secado 75°C) es el mejor, ya que presentan una humedad cercana al 5% que es el valor requerido para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones bioquímicas deteriorantes en las láminas de frutas deshidratadas. Es decir, que la humedad del producto terminado depende de la temperatura de secado (75°C). A menor temperatura de secado tenemos mayor humedad en el producto terminado.

La pérdida de humedad se debe a que en el proceso de secado el agua contenida en la fruta es eliminada en forma de vapor mientras se aplica calor, por lo que Vique Damian, (2011) determina que mientras más alta es la temperatura de secado mayor es la cantidad de agua eliminada en forma de vapor, de esta forma al haber menor cantidad de agua se garantizara una conservación adecuada.

El principio básico en el cual se fundamenta la deshidratación es que a niveles bajos de humedad, la actividad de agua disminuye a niveles a los cuales no pueden desarrollarse los microorganismos ni las reacciones químicas deteriorantes. En general, Mayra Veloso (2014)

expresa que las frutas con menos de 5% de humedad residual no son sustratos favorables para el desarrollo de hongos, bacterias ni reacciones químicas o bioquímicas de importancia.

La influencia de los factores A1, A2, A3, en la humedad del producto deshidratado, según Mayra Veloso (2014) y la NTE INEN 2996 se encuentran dentro del rango de humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes, cuyo valor es menor al 5%.

Tabla 26. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.

FACTOR	MEDIAS	RANGO
B3	6,82	a
B2	6,53	a
B1	5,49	b

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B, se observa que el nivel B1 (Velocidad del aire de secado 3 m/s) es el mejor, ya que presentan una humedad cercana al 5% que es el valor requerido para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones bioquímicas deteriorantes en las láminas de frutas deshidratadas. Es decir, que la humedad del producto terminado depende de la velocidad del aire de secado (3 m/s). A mayor velocidad del aire de secado, mayor será la capacidad del aire para retirar la humedad de las capas superficiales del producto. Provocando el acortezamiento de la superficie del alimento, evitando que el agua de las capas internas del alimento se evapore y sea eliminada por la velocidad del aire de secado.

Casp Vanaclocha (2008), menciona en su investigación que entre menos humedad en forma de vapor exista para ser removida, la velocidad del aire de secado requerida para removerla será menor.

La influencia de los factores B1, B2, B3, en la humedad del producto deshidratado, según Mayra Veloso (2014) se encuentran dentro del rango de humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes, cuyo valor es menor al 5%.

- **INTERACCIONES HUMEDAD**

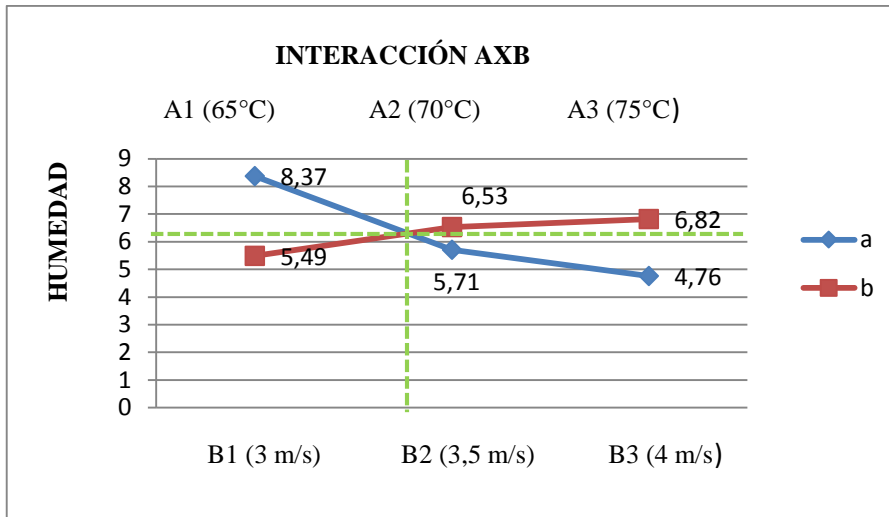


Figura 35. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable humedad de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **B** (velocidad del aire de secado), en la variable humedad del producto deshidratado es 6,1%. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C y velocidad del aire de secado de 3,4 m/s, lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura de secado la humedad disminuye en las láminas de frutas deshidratadas, por el contrario mientras menos vapor de agua exista para ser removida, menor será la velocidad del aire de secado requerida para remover esta humedad, permitiendo un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según Mayra Veloso (2014) expresa que la “humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes es una humedad menor al 5%”.

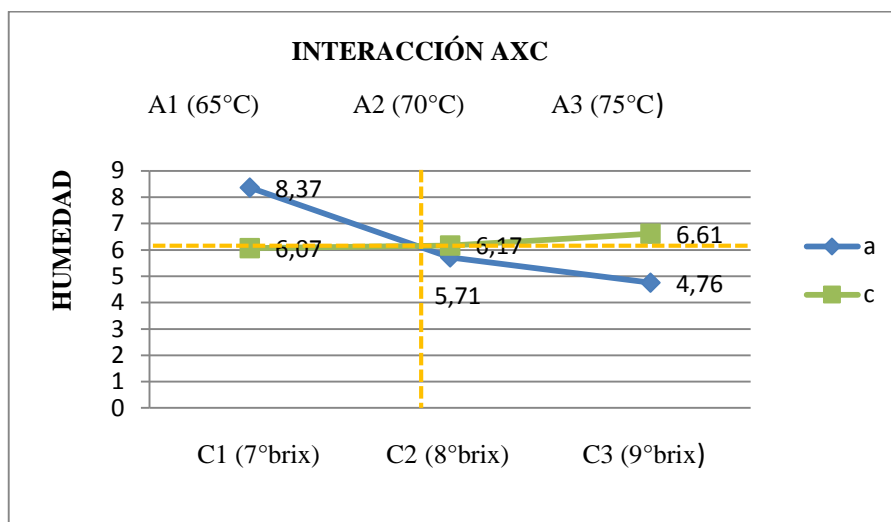


Figura 36. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable humedad de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores A (temperatura de secado) y C (índice de madurez de la carambola), en la variable humedad del producto deshidratado es 6,6%. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C e índice de madurez de la carambola de 7,8°brix, lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura de secado la humedad disminuye en las láminas de frutas deshidratada, por el contrario con un menor estado de madurez de la fruta se observa que la humedad del producto deshidratado será menor, permitiendo un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según Mayra Veloso (2014) expresa que la “humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes es una humedad menor al 5%”.

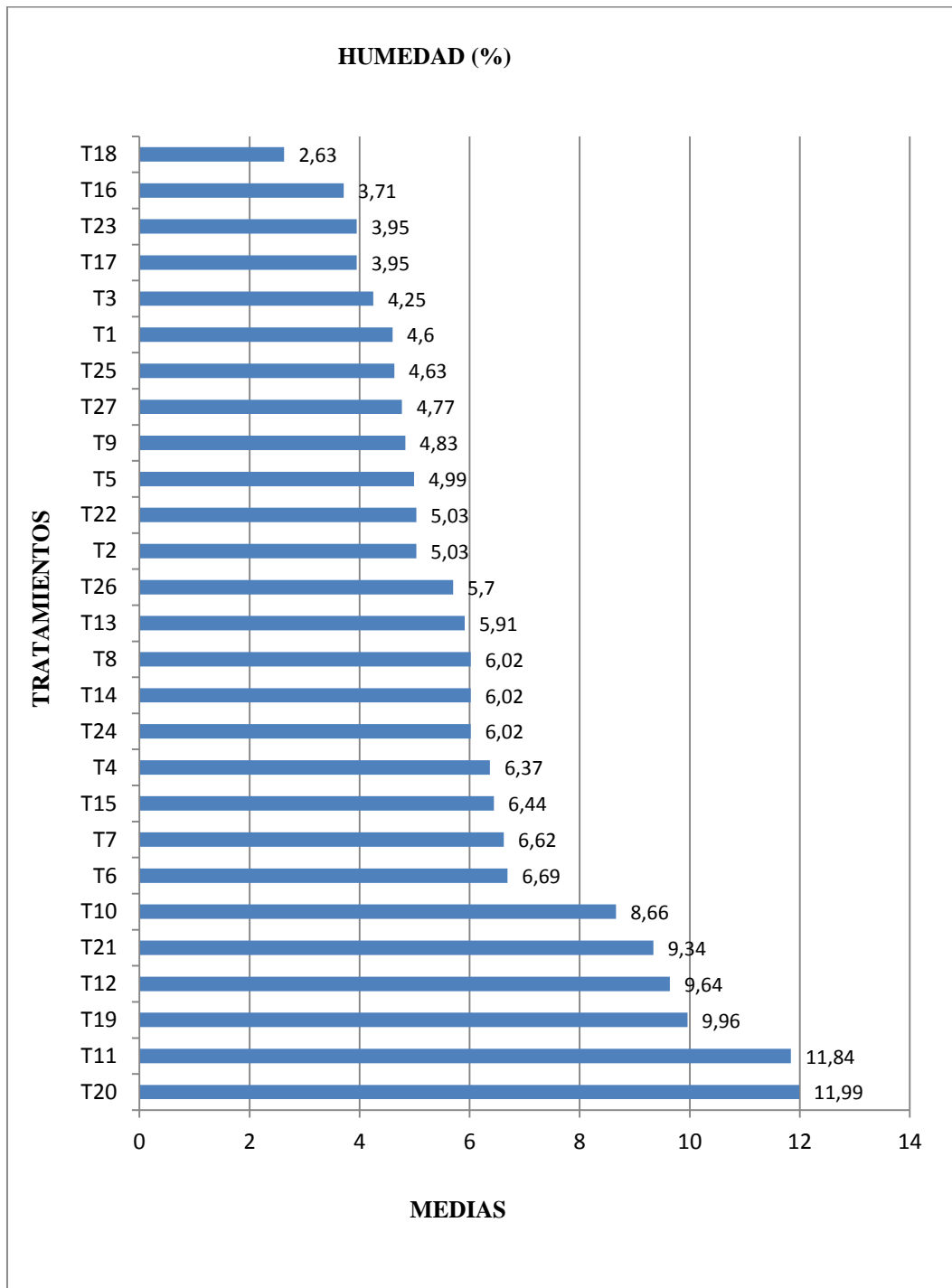


Figura 37. Representación gráfica de la variable humedad en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T23, T16, T18**; son los tratamientos que mejor porcentaje de humedad presentan en el producto terminado, ya que presentan la combinación adecuada para que a medida que aumente la temperatura de secado y la velocidad del aire de secado, exista una mayor cantidad de agua evaporada y eliminada del producto. Según Mayra Veloso (2014) y la NTE INEN 2996 expresan que la “humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes es a una humedad del 5%”.

4.1.2.4. Calcio

El análisis de calcio en los 27 tratamientos en estudio, se determinaron tomando muestras de 5 gramos de láminas deshidratadas de carambola, por triplicado, las cuales se calcinan y sus cenizas se aforan a 250 ml de agua, con 5 ml de ácido nítrico libre de metales por 30 minutos, para luego medir su valor con el espectrofotómetro de absorción atómica previamente encendido, según el método APHA 3500-Ca D, cuyos datos se observan en la tabla 27.

Tabla 27. Evaluación de Calcio (mg/100g).

Tratamientos	Repeticiones			Σ	\bar{X}
	I	II	III		
T1	24,90	25,10	24,80	74,80	24,93
T2	24,60	24,80	25,10	74,50	24,83
T3	24,80	25,10	25,10	75,00	25,00
T4	24,50	24,80	24,00	73,30	24,43
T5	24,80	24,80	24,80	74,40	24,80
T6	24,50	24,30	24,30	73,10	24,37
T7	23,80	24,50	24,90	73,20	24,40
T8	24,80	24,30	24,50	73,60	24,53
T9	24,90	24,90	24,80	74,60	24,87
T10	24,00	23,80	23,80	71,60	23,87
T11	23,10	23,20	22,80	69,10	23,03
T12	23,50	23,70	23,60	70,80	23,60
T13	24,30	24,50	24,80	73,60	24,53
T14	24,00	25,10	24,60	73,70	24,57
T15	24,20	24,50	24,50	73,20	24,40
T16	24,80	25,30	25,30	75,40	25,13
T17	24,80	25,10	25,40	75,30	25,10
T18	25,40	25,60	25,40	76,40	25,47
T19	24,10	22,90	23,50	70,50	23,50
T20	23,80	22,20	23,00	69,00	23,00
T21	23,50	23,80	23,80	71,10	23,70
T22	24,30	25,00	25,10	74,40	24,80
T23	25,30	25,10	24,80	75,20	25,07
T24	24,60	24,30	24,80	73,70	24,57
T25	24,80	25,10	24,80	74,70	24,90
T26	24,30	24,50	25,00	73,80	24,60
T27	25,10	24,80	24,70	74,60	24,87
Σ	659,50	661,10	662,00	1982,60	24,48

Con los datos obtenidos en el laboratorio se procede a determinar si los diferentes tratamientos muestran diferencias significativas con la ayuda del análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 28. Análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	F. Tabular	
					5%	1%
TOTAL	80	37,1654				
TRATAMIENTOS	26	31,4254	1,2087	11,3706 **	1,79	2,30
FA(TEMPERATURA DE SECADO)	2	12,5343	6,2672	58,9577 **	3,32	5,39
FB (VELOCIDAD DE SECADO)	2	1,8447	0,9224	8,6773 **	3,32	5,39
FC (INDICE DE MADUREZ)	2	0,3039	0,152	1,4299 ns	3,32	5,39
AXB	4	13,6321	3,408	32,0602 **	2,69	4,02
AXC	4	2,2007	0,5502	5,1759 **	2,69	4,02
BXC	4	0,4208	0,1052	0,9897 ns	2,69	4,02
AXBXC	8	0,4889	0,0611	0,5748 ns	2,27	3,17
ERROR EXPERIMENTAL	54	5,7400	0,1063			

CV: 1,33%

** Altamente Significativo ($p < 0.01$)

NS: No Significativo

En el análisis de varianza del calcio del producto deshidratado se observa una alta significancia estadística para tratamientos, Factor A, Factor B, e interacciones AxB, AxC, mientras que para el Factor C e interacciones BxC y AxBxC no presentan significación estadística. Es decir, que el calcio del producto terminado depende de la temperatura de secado y de la velocidad del aire de secado. Puesto que según Cobo y Demetrio A. (2013) expresa que “A temperaturas bajas de secado se elimina una menor cantidad de humedad en forma de vapor permitiendo que los minerales disueltos en agua sean transportados fácilmente del interior del alimento hacia la superficie de este, por difusión, donde se concentraran”.

La cantidad de calcio concentrado en el producto deshidratado es el adecuado para el consumo humano según The National Institutes of Health (2013), que se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada, que indica que, hasta 2,500 a 3,000 miligramos de calcio por día provenientes de fuentes y suplementos dietarios parecen ser seguros para niños y adolescentes. Hasta 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día parecen ser seguros para adultos. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto. Asimismo, presenta un coeficiente de variación de 1,33%, que significa que el experimento se manejó adecuadamente. Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para los factores A y B.

Tabla 29. Prueba de Tukey al ($p < 0.05$) para tratamientos.

Tratamientos	Medias (mg/100g)	Rango
T18	25,5	a
T16	25,1	b
T17	25,1	c
T23	25,1	d
T3	25,0	e
T1	24,9	f
T25	24,9	g
T9	24,9	h
T27	24,9	i
T2	24,8	j
T22	24,8	k
T5	24,8	l
T26	24,6	m
T24	24,6	n
T14	24,6	ñ
T8	24,5	o
T13	24,5	p
T4	24,4	q
T15	24,4	r
T7	24,4	s
T6	24,4	t
T10	23,9	u
T21	23,7	v
T12	23,6	w
T19	23,5	x
T11	23,0	y
T20	23,0	z

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. Presentando un valor medio de calcio entre 23,0mg/100g a 25,5mg/100g los cuales están dentro de la dosis diaria de calcio recomendada para consumo humano según la The National Institutes of Health (2013).

Tabla 30. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.

FACTOR	MEDIAS (mg/100g)	RANGO
A1	24,87	a
A2	24,61	b
A3	23,94	c

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A, se concluye que el nivel A1 (temperatura de secado 65°C) es el mejor, ya que presenta mayor cantidad de calcio en relación con los niveles A2 y A3. Es decir, que el calcio del producto terminado depende de la temperatura de secado (65°C), lo que significa que a una menor temperatura de secado se elimina una menor cantidad de agua, facilitando la exposición de los minerales hacia la superficie del alimento, generando una mayor concentración de calcio en el producto deshidratado.

El porcentaje de minerales Según Cobo, M., Demetrio, A. (2013) es mayor en el producto deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los minerales son solubles en agua y mientras menor es la temperatura de secado, menor será la cantidad de humedad eliminada en forma de vapor, permitiendo una fácil difusión interna de los minerales disueltos en agua hacia la superficie del alimento, donde se concentraran.

La influencia de los factores A1, A2, A3, en el calcio del producto terminado, según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada, que indica que, la cantidad adecuada de calcio por día para niños y adolescentes está dentro del rango de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio, para adultos la cantidad recomendada es de 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual

se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

Tabla 31. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.

FACTOR	MEDIAS (mg/100g)	RANGO
B3	24,69	a
B2	24,41	b
B1	24,33	b

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B, se observa que el nivel B3 (Velocidad del aire de secado 4 m/s), es el mejor nivel, ya que este nivel presenta una mayor cantidad de calcio en relación con los niveles B2 y B1. Es decir, que el calcio del producto terminado depende de la velocidad del aire de secado (4 m/s), lo que significa que con una mayor velocidad del aire de secado tendremos una mayor concentración de calcio en el producto terminado.

El porcentaje de minerales Según Cobo, M., Demetrio, A. (2013) es mayor en el producto deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los minerales son solubles en agua. Con una mayor velocidad del aire de secado se elimina una mayor cantidad de vapor de agua de la superficie del alimento, facilitando la difusión interna de los minerales disueltos en agua hacia la superficie del alimento generando una mayor concentración de sólidos solubles.

La influencia de los factores B1, B2, B3, en el calcio del producto deshidratado, según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada, de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio por día para niños y adolescentes, para adultos la cantidad recomendada es de 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

- **INTERACCIONES CALCIO.**

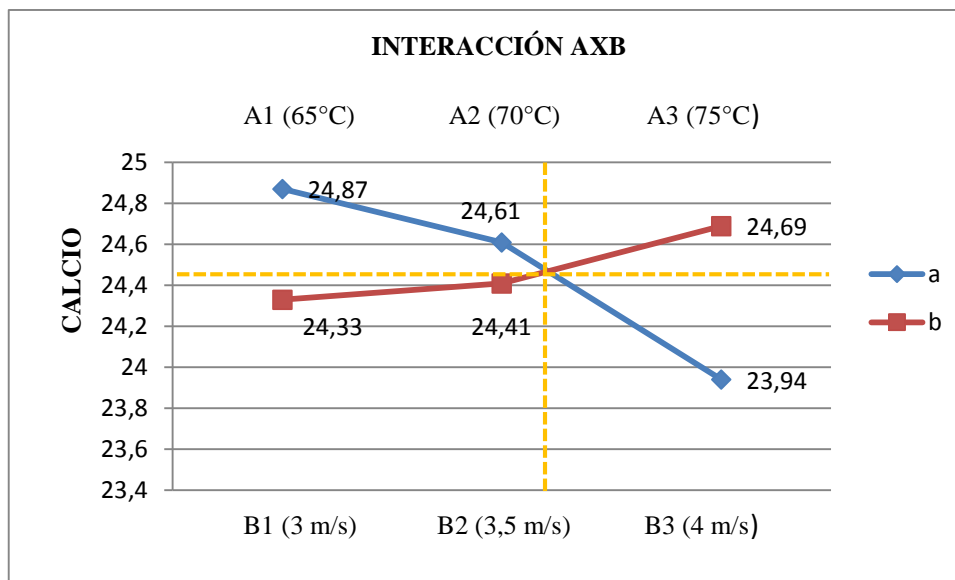


Figura 38. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable calcio de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **B** (velocidad del aire de secado), en la variable calcio del producto terminado es 24,44 mg/100g. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C y velocidad del aire de secado de 3,4 m/s, lo cual significa que a temperaturas bajas de secado se expondrá con mayor facilidad los minerales disueltos en agua y con una alta velocidad del aire de secado se elimina rápidamente el vapor de agua superficial, facilitando la difusión interna de los minerales disueltos en agua hacia la superficie del alimento generando una mayor concentración de calcio en las láminas deshidratadas, esto permitirá un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada, la cual indica que, la cantidad adecuada de calcio por día para niños y adolescentes está dentro del rango de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio, para adultos la cantidad recomendada es de 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual

se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

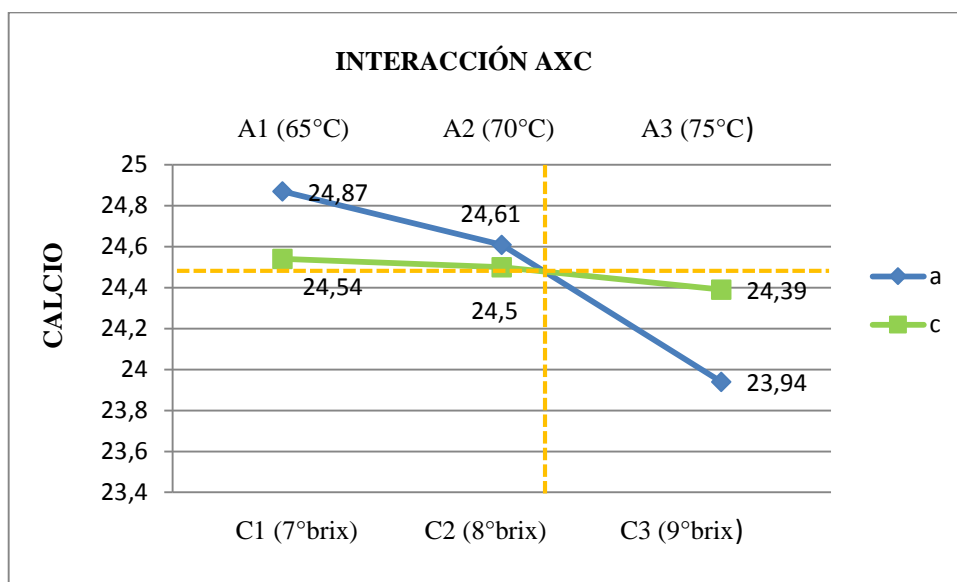


Figura 39. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable calcio de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **C** (índice de madurez de la carambola), en la variable calcio del producto terminado es 24,4 mg/100g. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C e índice de madurez de la carambola de 7,8°brix, lo cual significa que a temperaturas bajas de secado se expondrá con mayor facilidad los minerales disueltos en agua logrando así una mayor concentración de calcio en el producto deshidratado, por otro lado, entre menor sea el estado de madurez de la fruta mayor será la cantidad de minerales concentrados en las láminas de frutas deshidratadas, esto permitirá un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada, la cual indica que, la cantidad adecuada de calcio por día para niños y adolescentes está dentro del rango de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio, para adultos la cantidad recomendada es de 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades

que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual podemos recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

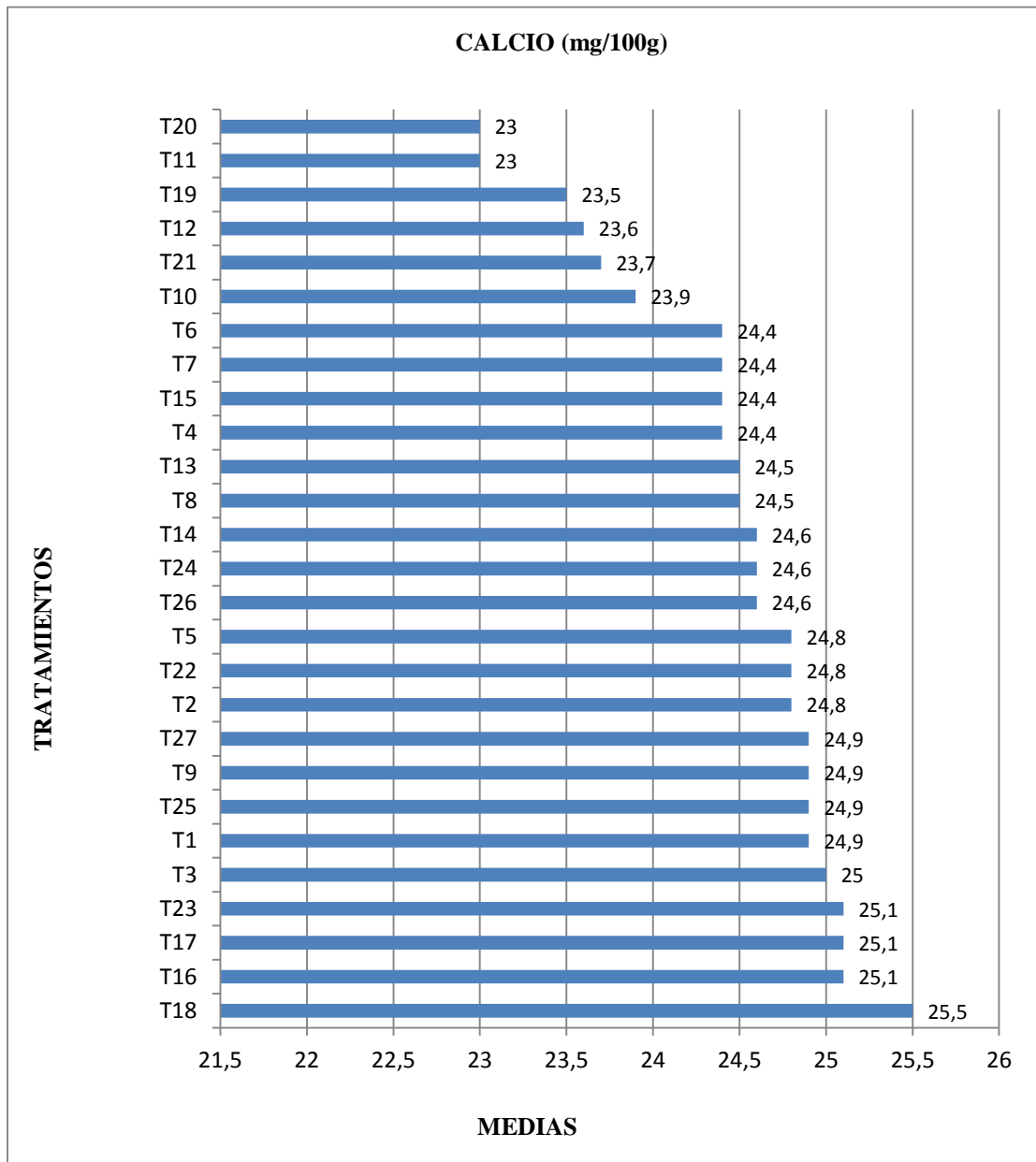


Figura 40. Representación gráfica de la variable calcio en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T18, T16, T17**; son los tratamientos que mayor concentración de calcio presentan en el producto terminado, puesto que son los que presentan la combinación más adecuada de temperatura de secado y velocidad del aire de secado para evaporar y eliminar el agua superficial del alimento para facilitar la concentración del calcio en el producto deshidratado. Los cuales están dentro del rango de consumo diario permitido de calcio según The National Institutes of Health (2013), que indica que, la cantidad adecuada de calcio por día para niños y adolescentes está dentro del rango de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio, para adultos la cantidad recomendada es de 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

4.1.2.5. Potasio

El análisis de calcio en los 27 tratamientos en estudio, se determinaron tomando muestras de 5 gramos de láminas deshidratadas de carambola, por triplicado, las cuales se calcinan y sus cenizas se aforan a 250 ml de agua, con 5 ml de ácido nítrico libre de metales por 30 minutos, para luego medir su valor con el espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado, según el método AOAC 956.01, cuyos datos se observan en la **tabla 32**.

Tabla 32. Evaluación de Potasio (g/100g).

Tratamientos	Repeticiones			Σ	\bar{X}
	I	II	III		
T1	1,11	1,12	1,11	3,34	1,11
T2	1,10	1,11	1,12	3,33	1,11
T3	1,11	1,12	1,12	3,35	1,12
T4	1,10	1,12	1,08	3,30	1,10
T5	1,12	1,12	1,12	3,36	1,12
T6	1,10	1,09	1,09	3,28	1,09
T7	1,07	1,10	1,12	3,29	1,10
T8	1,12	1,09	1,10	3,31	1,10
T9	1,11	1,11	1,11	3,33	1,11
T10	1,07	1,06	1,06	3,19	1,06
T11	1,03	1,04	1,02	3,09	1,03
T12	1,06	1,07	1,06	3,19	1,06
T13	1,10	1,10	1,12	3,32	1,11
T14	1,08	1,13	1,11	3,32	1,11
T15	1,09	1,10	1,10	3,29	1,10
T16	1,11	1,13	1,13	3,37	1,12
T17	1,11	1,12	1,13	3,36	1,12
T18	1,13	1,14	1,13	3,40	1,13
T19	1,08	1,03	1,06	3,17	1,06
T20	1,07	1,00	1,03	3,10	1,03
T21	1,06	1,07	1,07	3,20	1,07
T22	1,09	1,13	1,13	3,35	1,12
T23	1,14	1,13	1,12	3,39	1,13
T24	1,11	1,09	1,12	3,32	1,11
T25	1,11	1,12	1,11	3,34	1,11
T26	1,09	1,10	1,12	3,31	1,10
T27	1,12	1,11	1,10	3,33	1,11
Σ	29,59	29,65	29,69	88,93	1,10

Con los datos obtenidos en el laboratorio se procede a determinar si los diferentes tratamientos muestran diferencias significativas con la ayuda del análisis de varianza (ADEVA).

Tabla 33. Análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calculada	F. Tabular	
					5%	1%
TOTAL	80	0,0707				
TRATAMIENTOS	26	0,059	0,0023	11,5 **	1,79	2,3
FA(TEMPERATURA DE SECADO)	2	0,0261	0,0131	65,5 **	3,32	5,39
FB (VELOCIDAD DE SECADO)	2	0,0033	0,0017	8,5 **	3,32	5,39
FC (INDICE DE MADUREZ)	2	0,0003	0,0002	1,0 ns	3,32	5,39
AXB	4	0,0221	0,0055	27,5 **	2,69	4,02
AXC	4	0,0054	0,0014	7,0 **	2,69	4,02
BXC	4	0,0007	0,0002	1,0 ns	2,69	4,02
AXBXC	8	0,0011	0,0001	0,5 ns	2,27	3,17
ERROR EXPERIMENTAL	54	0,0117	0,0002			

CV: 1,29%

** Altamente Significativo

NS: No Significativo

En el análisis de varianza del potasio del producto terminado se observa una alta significancia estadística para tratamientos, Factor A, Factor B, e interacciones AxB, AxC, mientras que para el Factor C e interacciones BxC y AxBxC no presentan significación estadística. Es decir, que el potasio del producto terminado depende de la temperatura en el interior del secador y de la velocidad del aire de secado. Puesto que según Cobo, M., Demetrio, A. (2013) expresa que “A temperaturas bajas de secado se elimina una menor

cantidad de humedad en forma de vapor permitiendo que los minerales disueltos en agua sean transportados fácilmente del interior del alimento hacia la superficie de este, por difusión, donde se concentraran.”. La cantidad de potasio concentrado en el producto final es el adecuado para el consumo humano según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada para consumo humano que es de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola. Asimismo, presenta un coeficiente de variación de 1,28%, que significa que el experimento se manejó adecuadamente. Al existir significación estadística se realizó las pruebas de Tukey al 5 % para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para los factores A y B.

Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% Para Tratamientos.

Tratamientos	Medias (g/100g)	Rango
T23	1,13	a
T18	1,13	b
T22	1,12	c
T3	1,12	d
T16	1,12	e
T17	1,12	f
T5	1,12	g
T2	1,11	h
T24	1,11	i
T9	1,11	j
T13	1,11	k
T14	1,11	l
T1	1,11	m
T25	1,11	n
T27	1,11	ñ
T7	1,10	o
T8	1,10	p
T15	1,10	q
T26	1,10	r
T4	1,10	s
T6	1,09	t
T21	1,07	u
T12	1,06	v
T19	1,06	w
T10	1,06	x
T20	1,03	y
T11	1,03	z

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. Presentando un valor de potasio medio entre 1,03mg/100g a 1,13mg/100g los cuales están dentro de la dosis diaria de potasio recomendada para consumo humano según la The National Institutes of Health (2013).

Tabla 35. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor A.

FACTOR	MEDIAS (g/100g)	RANGO
A1	1,11	a
A2	1,11	a
A3	1,07	b

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A, se concluye que los niveles A1 (temperatura de secado 65°C) y A2 (temperatura de secado 70°C) son los mejores, ya que presentan mayor cantidad de potasio en relación al nivel A3. Es decir, que el potasio del producto terminado depende de la temperatura de secado, lo que significa que a menor temperatura de secado tendremos una mayor concentración de potasio en el producto deshidratado.

El porcentaje de minerales Según Cobo, M., Demetrio, A. (2013) es mayor en el producto deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los minerales son solubles en agua y mientras menor es la temperatura de secado, menor será la cantidad de humedad eliminada en forma de vapor, permitiendo una fácil difusión interna de los minerales disueltos en agua hacia la superficie del alimento, donde se concentraran.

La influencia de los factores A1, A2, A3, en el potasio del producto deshidratado, según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada para consumo humano, de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

Tabla 36. Prueba de diferencia media significativa (DMS) al ($\alpha < 0.05$) para el factor B.

FACTOR	MEDIAS (g/100g)	RANGO
B3	1,11	a
B2	1,09	b
B1	1,09	b

Al realizar el análisis de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B, se observa que el nivel B3 (Velocidad del aire de secado 4 m/s), es el mejor, ya que este nivel presenta mayor cantidad de potasio en relación con los niveles B2 y B1. Es decir, que el potasio del producto terminado depende de la velocidad del aire de secado (4 m/s), lo que significa que a mayor velocidad del aire de secado tenemos mayor concentración de potasio en el producto terminado.

El porcentaje de minerales Según Cobo, M., Demetrio, A. (2013) es mayor en el producto deshidratado que en la carambola fresca, debido a que los minerales son solubles en agua. Con una mayor velocidad del aire de secado se elimina una mayor cantidad de vapor de agua de la superficie del alimento, facilitando la difusión interna de los minerales disueltos en agua hacia la superficie del alimento generando una mayor concentración de minerales en el producto deshidratado.

La influencia de los factores B1, B2, B3, en el potasio del producto deshidratado, según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada para consumo humano, de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

- **INTERACCIONES POTASIO.**

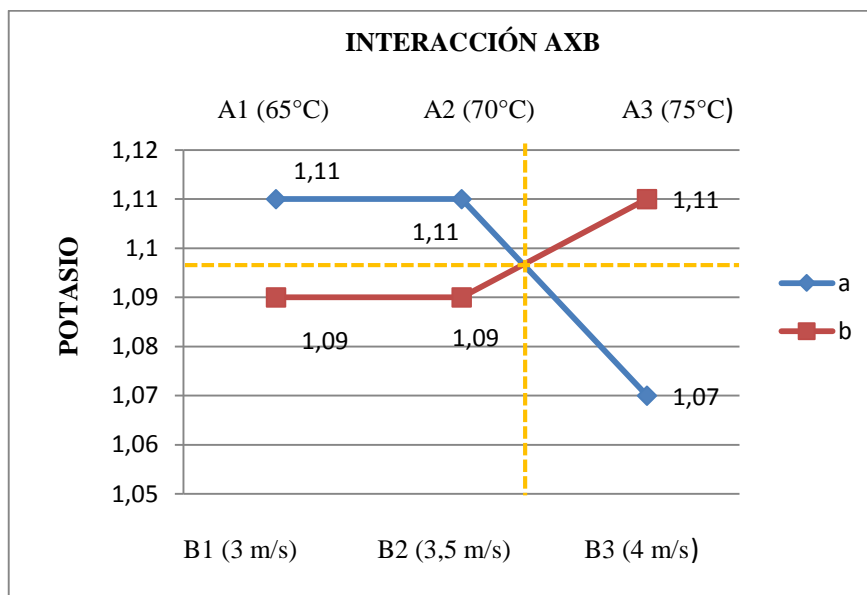


Figura 41. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y B (Velocidad del aire de secado) en la variable potasio de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **B** (velocidad del aire de secado), en la variable potasio del producto terminado es 1,098 g/100g. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 68°C y velocidad del aire de secado de 3,4 m/s, lo cual significa que a temperaturas bajas de secado se expondrá con mayor facilidad los minerales disueltos en agua y con una alta velocidad del aire de secado se elimina rápidamente el vapor de agua superficial, facilitando la difusión interna de los minerales disueltos en agua hacia la superficie del alimento generando una mayor concentración de potasio en las láminas deshidratadas, esto permitirá un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada de potasio para consumo humano, de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

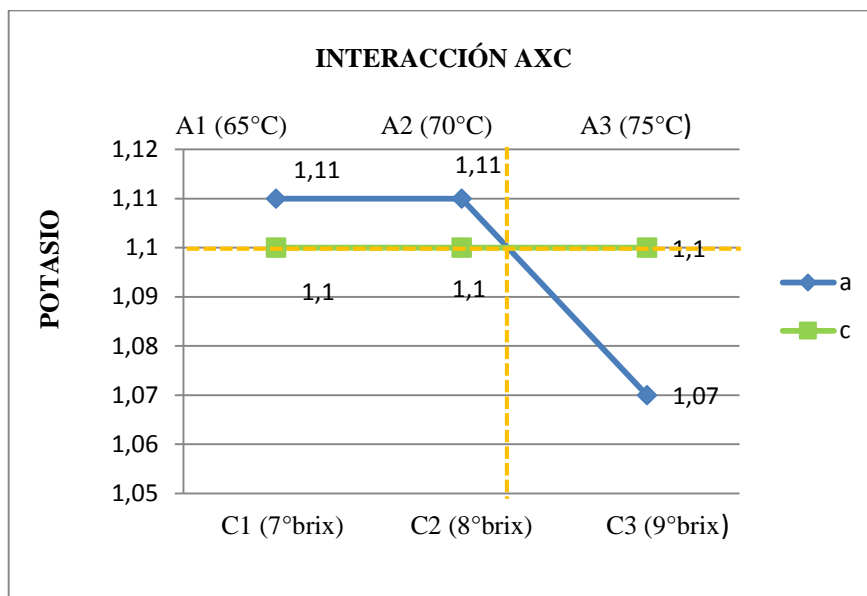


Figura 42. Interacción de los factores A (Temperatura de secado) y C (Índice de madurez de la carambola) en la variable potasio de las láminas deshidratadas de carambola.

Se observa que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (temperatura de secado) y **B** (velocidad del aire de secado), en la variable potasio del producto terminado es 1,1 g/100g. Es decir, que este valor interactúa directamente entre la temperatura de secado de 71°C e índice de madurez de carambola de 8,1 °brix, lo cual significa que a temperaturas bajas de secado se expondrá con mayor facilidad los minerales disueltos en agua logrando así una mayor concentración en el producto deshidratado, por otro lado, este mineral en la carambola deshidratada se concentra en iguales proporciones, independientemente de la cantidad de potasio que se encuentre en la fruta en sus diferentes estados de madurez, esto permitirá un mayor tiempo de conservación de la carambola deshidratada, que según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada de potasio para consumo humano, de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

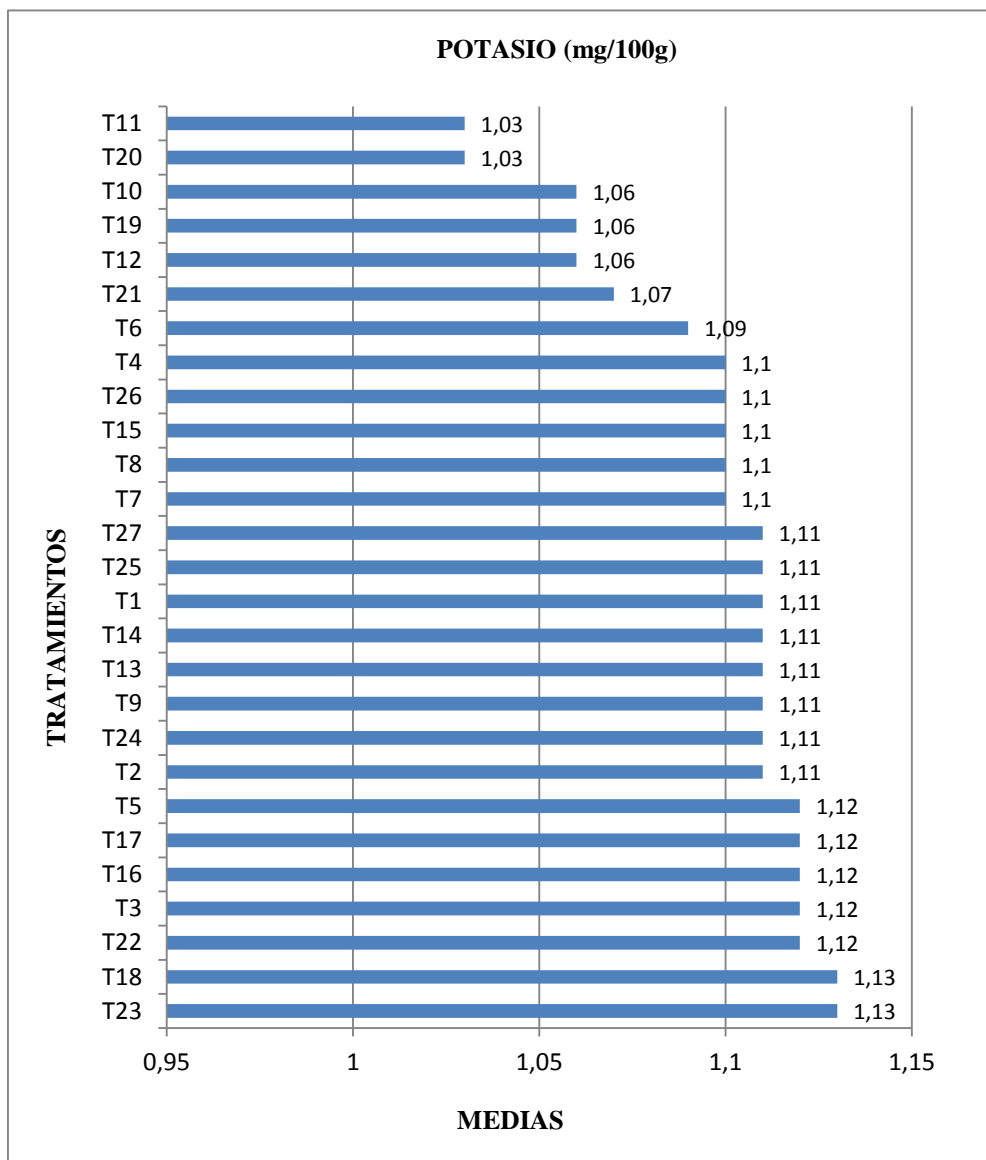


Figura 43. Representación gráfica de la variable potasio en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T23**, **T18**, **T22**; son los tratamientos que mayor concentración de potasio presentan, puesto que son los que presentan la combinación más adecuada de temperatura de secado y velocidad del aire de secado para evaporar y eliminar el agua superficial del alimento para facilitar la concentración del potasio en el producto deshidratado, además según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada de potasio para consumo humano, de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual se puede recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

4.1.3. Método de selección de los mejores tratamientos.

De las cinco variables cuantitativas evaluadas, humedad, pH, sólidos solubles, calcio y potasio, la variable humedad es la que proporciono un mayor filtro para determinar los tres mejores tratamientos **T 17** (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8 °brix), **T18** (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9 °brix), **T27** (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9 °brix), los cuales están dentro del rango permitido por la por la NTE INEN 2996 para productos deshidratados, que establece que una humedad inferior al 5% es la adecuada para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones bioquímicas deteriorantes.

Tabla 37. Método de selección de los mejores tratamientos.

MÉTODO DE SELECCIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS

Límites aceptables para el consumo humano

VARIABLES	Solidos solubles (40,6°Brix-77,1°Brix)*	PH (<4)*	Humedad (< 5%)*
TRAT	°Brix		%
T1	59,83	3,53	4,60
T2	58,78	3,77	5,03
T3	63,06	3,77	4,25
T4	59,08	3,60	6,37
T5	53,38	3,69	4,99
T6	54,30	3,91	6,69
T7	51,33	3,67	6,62
T8	52,79	3,72	6,02
T9	52,89	3,71	4,83
T10	58,16	3,71	8,66
T11	53,99	3,96	11,84
T12	55,77	4,09	9,64
T13	54,95	3,65	5,91
T14	54,42	3,72	6,02
T15	57,78	3,78	6,44
T16	55,79	3,68	3,71
T17	68,49	3,64	3,95
T18	64,77	4,00	2,63
T19	55,02	3,90	9,96
T20	61,89	3,94	11,99
T21	59,69	3,84	9,34
T22	60,98	3,64	5,03
T23	58,30	3,87	3,95
T24	60,69	3,96	6,02
T25	61,81	4,14	4,63
T26	64,04	3,95	5,70
T27	55,71	3,70	4,77
Tratamientos aceptados	27	24	10

*Parámetro o Rango de aceptación para cada variable analizada

Podemos observar en la (Tabla 37) que la variable humedad es la que proporciona un mayor filtro para poder establecer que los mejores tratamientos son T1, T3, T5, T9, T16, T17, T18, T23, T25, T27, de los cuales mediante el análisis sensorial se determinarían los tres mejores tratamientos, evaluando sus características organolépticas como color, olor, sabor y textura.

4.2. VARIABLES CUALITATIVAS.

4.2.1. 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 veinte personas.

Las hojas de encuesta para la evaluación sensorial de las láminas de carambola deshidratadas se detallan en el Anexo 3.

4.2.1.1. Color

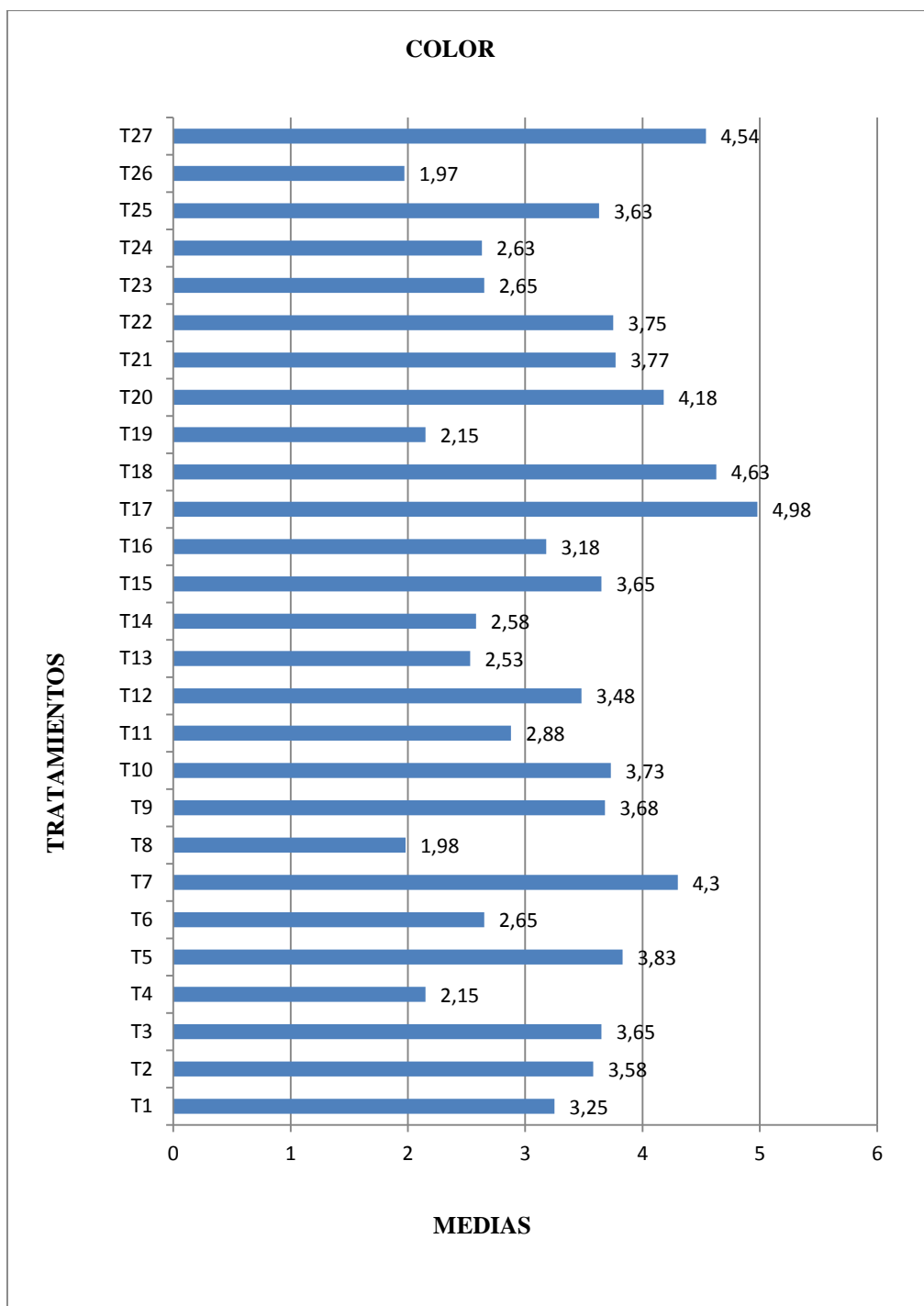


Figura 44. Color.

Se aprecia que **T17 (4,98)**, es el tratamiento que más aceptabilidad en color tuvo por parte del panel degustador; seguido del **T18 (4,63)** y **T27 (4,54)**; las escalas de los tres

tratamientos pertenecen al parámetro de evaluación muy claro anexo 3, con un color amarillo anaranjado, definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.2.1.2. Olor

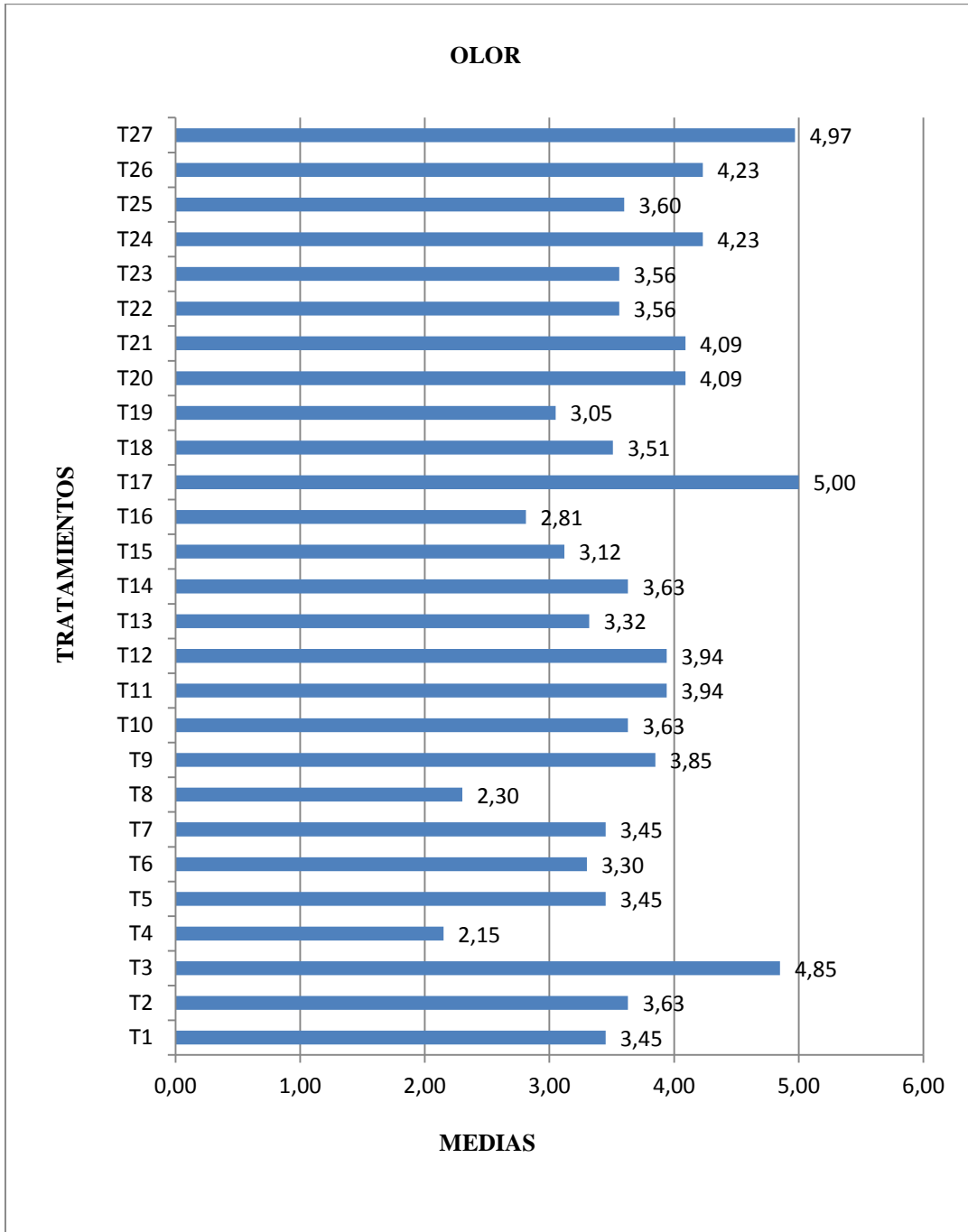


Figura 45. Olor.

Se observa que **T17 (5,00)**, es el tratamiento que más aceptabilidad en olor tuvo por parte del panel degustador; seguido del **T27 (4,97)** y **T3 (4,85)**; las escalas de los tres tratamientos pertenecen al parámetro de evaluación muy agradable anexo 3, con un olor similar al tamarindo, definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.2.1.3. Sabor

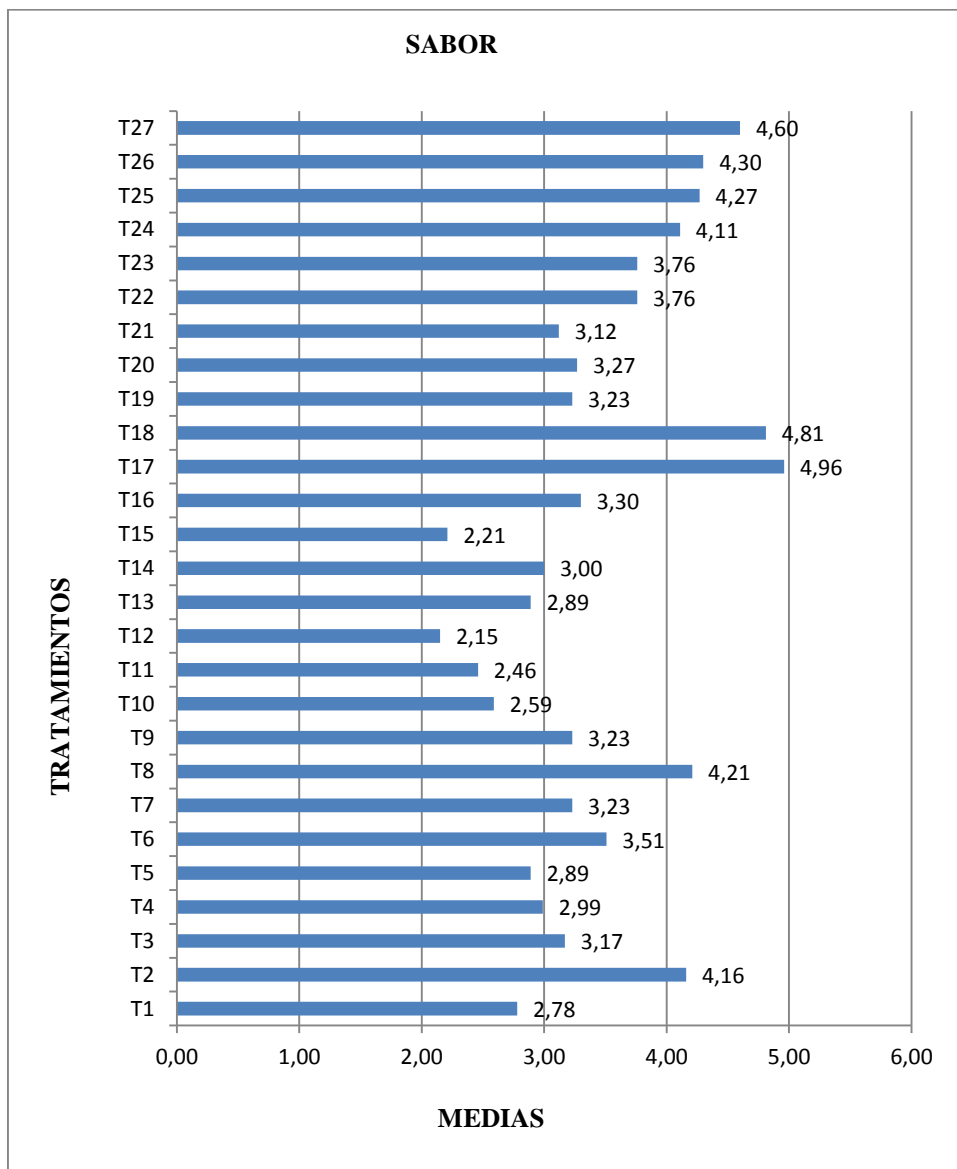


Figura 46. Sabor.

Se observa que el **T17 (4,96)**, es el tratamiento que más aceptabilidad en sabor tuvo por parte del panel degustador; seguido del **T18 (4,81)** y **T27 (4,60)**; las escalas de los tres tratamientos pertenecen al parámetro de evaluación muy agradable anexo 3, con un sabor agridulce, definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.2.1.4. Dureza

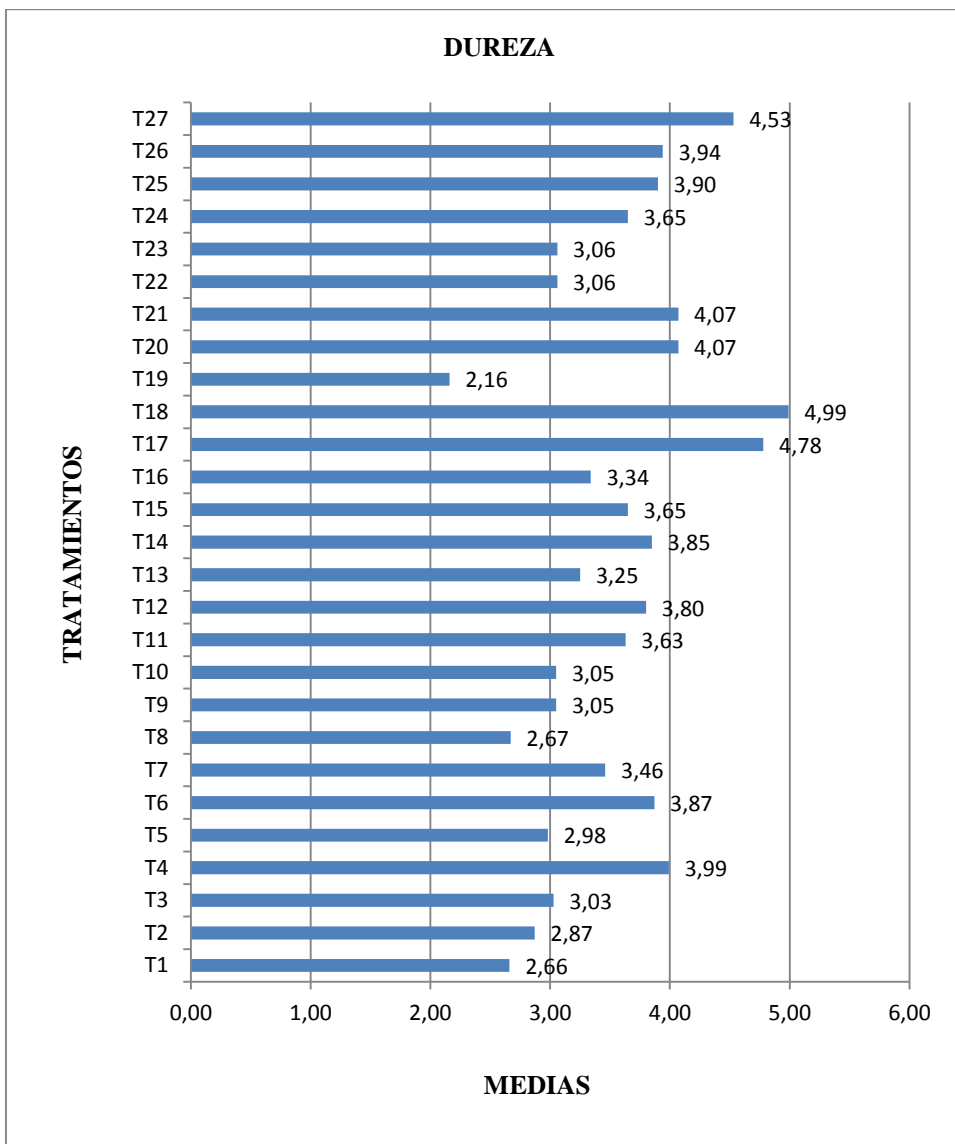


Figura 47. Dureza.

Se observa que el **T18 (4,99)**, es el tratamiento que más aceptabilidad en olor tuvo por parte del panel degustador; seguido del **T17 (4,78)** y **T27 (4,53)**; las escalas de los tres tratamientos pertenecen al parámetro de evaluación muy suave anexo 3, con una textura flexible, elástica y fácil de diluir en el paladar, definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

4.2.1.5. *Aceptación.*

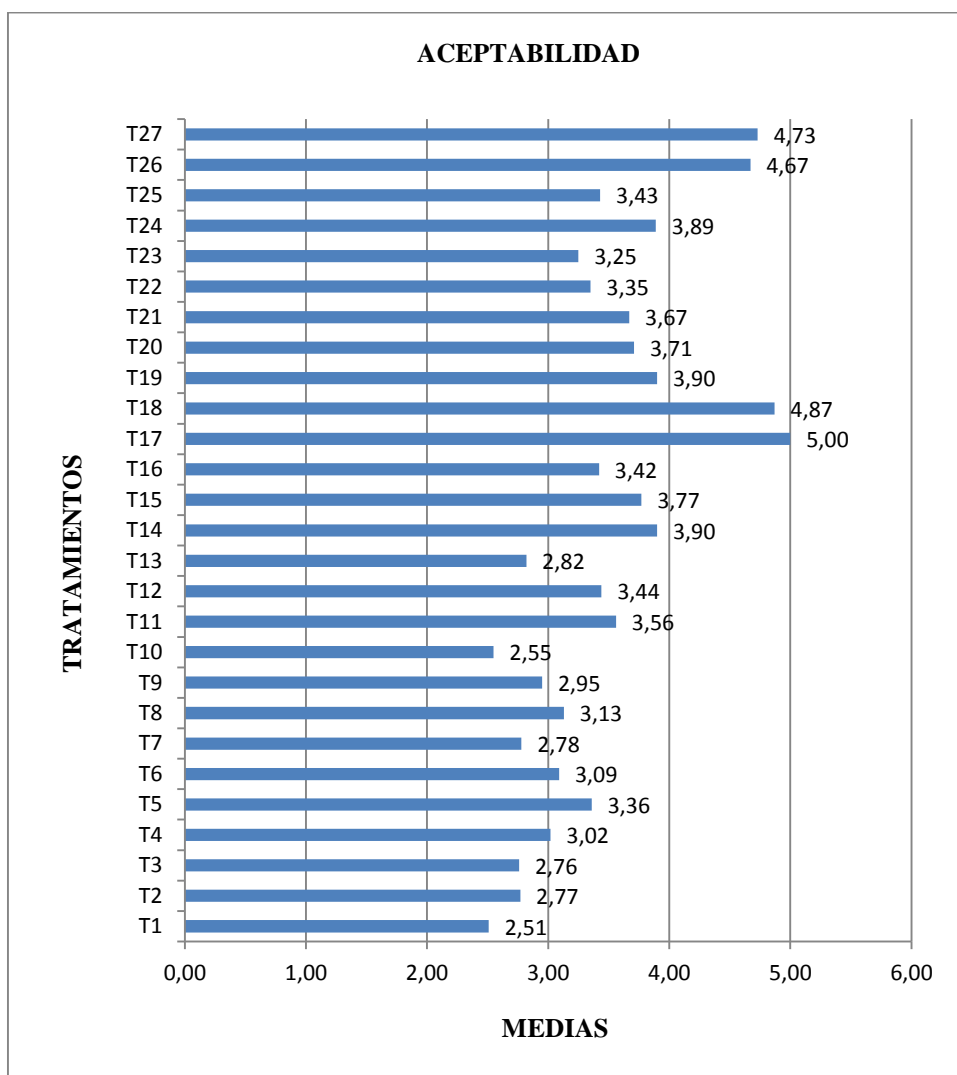


Figura 48. Aceptación.

Se observa que el **T17 (5,00)**, es el tratamiento que más aceptabilidad tuvo por parte del panel degustador; seguido del **T18 (4,87)** y **T27 (4,73)**; las escalas de los tres tratamientos pertenecen al parámetro de evaluación le gusta mucho anexo 3, definiéndose así los tres mejores tratamientos de 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.

4.2.1.6. Prueba de Friedman.

$$X^2 = \frac{12}{r.K(K+1)} \cdot \sum R^2 - 3r(K+1)$$

K= tratamientos

r= degustadores

R= rangos

Tabla 38. Análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial.

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		0.05	0.01
Color	130,15**	113,145	124,116
Olor	144,00**	113,145	124,116
Sabor	113,34 *	113,145	124,116
Textura	87,27 ns	113,145	124,116
Aceptación	107,17 ns	113,145	124,116

Como se puede apreciar en el análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial; el color presenta alta significancia estadística ($p < 0,01$), pues la temperatura de secado (65°C , 70°C , 75°C), velocidad del aire de secado (3 m/s, 3,5 m/s, 4m/s) e índice de madurez (7°brix , 8°brix , 9°brix) influyen en la fijación de color en las láminas deshidratadas de carambola. Los panelistas prefirieron un color amarillo – anaranjado que se encuentra dentro de lo normal, características que prevalecieron en el **T17**. Esta fijación de color según Rodríguez (2011), se da porque:

La deshidratación afecta al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas etc. Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo al secado o tratando la fruta con ácido ascórbico u otros productos.

El olor presenta alta significación estadística ($p < 0,01$), es decir que la temperatura de secado (65°C , 70°C , 75°C), velocidad del aire de secado (3 m/s, 3,5 m/s, 4m/s) e índice de madurez (7°brix , 8°brix , 9°brix) influyen altamente en el olor del producto terminado; sin embargo, se busca el mejor tratamiento el cual no posea olores penetrantes y por el contrario posea un olor agradable que guste a todos. El olor de las láminas deshidratadas deberá tener el olor característico de la carambola, exento de olores extraños al producto. Los panelistas prefirieron el T17 (temperatura de secado 75°C , velocidad del aire de secado 3,5 m/s e índice de madurez 8°brix), por tener un olor agradable parecido al tamarindo.

La fijación del olor se da según Rodríguez (2011) porque el proceso de secado produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones suceden por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos.

El sabor presenta significación estadística al 5% ($p < 0,05$), el T17 fue el que más aceptación recibió al presentar un sabor agradable, ligeramente agridulce es decir que la temperatura de secado (65°C , 70°C , 75°C), velocidad del aire de secado (3 m/s, 3,5 m/s, 4m/s) e índice de madurez (7°brix , 8°brix , 9°brix) influyen en la concentración del sabor del producto final.

La fijación del sabor se da según Rodríguez (2011) porque “Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos”.

La textura no presenta significación estadística, es decir que los panelistas no notaron diferencias texturales entre los tratamientos y el T17 presento una textura normal para el producto, la cual posee una estructura flexible, elástica y fácil de diluir en el paladar.

Esta textura según Rodríguez (2011) se obtiene porque la temperatura y la velocidad de deshidratación ejercen un efecto determinante sobre la textura de los alimentos. Por lo general, las velocidades de deshidratación rápidas y las temperaturas más elevadas provocan mayores cambios, que velocidades más lentas y temperaturas más bajas. A medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento, la evaporación del agua hace que la concentración de los solutos aumente. Las temperaturas altas provocan cambios físicos y químicos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa dura e impermeable denominada “acortezamiento” reduce la velocidad de secado y da lugar a un alimento seco en su superficie y húmedo en su interior.

La aceptación no presenta significación estadística, es decir que todas las barras fueron evaluadas en rangos dentro de la zona de aceptación, no existiendo diferencias entre ellas. Todos los tratamientos quedaron catalogados en el rango “gusta mucho”, los comentarios fueron siempre de agrado y buena recepción a un producto nuevo. Para las láminas deshidratadas de carambola el tratamiento que mejor aceptación tuvo entre el panel fue el T17.

4.2.2. Curvas características de deshidratado para láminas de carambola.

Tabla 39. Curva de deshidratado para T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
Horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	381,0	6,1653	7,1281	0,1220
4	245,0	3,9645	5,0649	0,0697
6	117,5	1,9014	2,9330	0,0436
6,5	90,0	1,4564	1,6789	0,0089
7	75,0	1,2136	1,3350	0,0044
7,5	67,5	1,0923	1,1530	0,0021
8	60,0	0,9709	1,0316	0,0019
8,5	55,0	0,8900	0,9305	0,0012
9	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

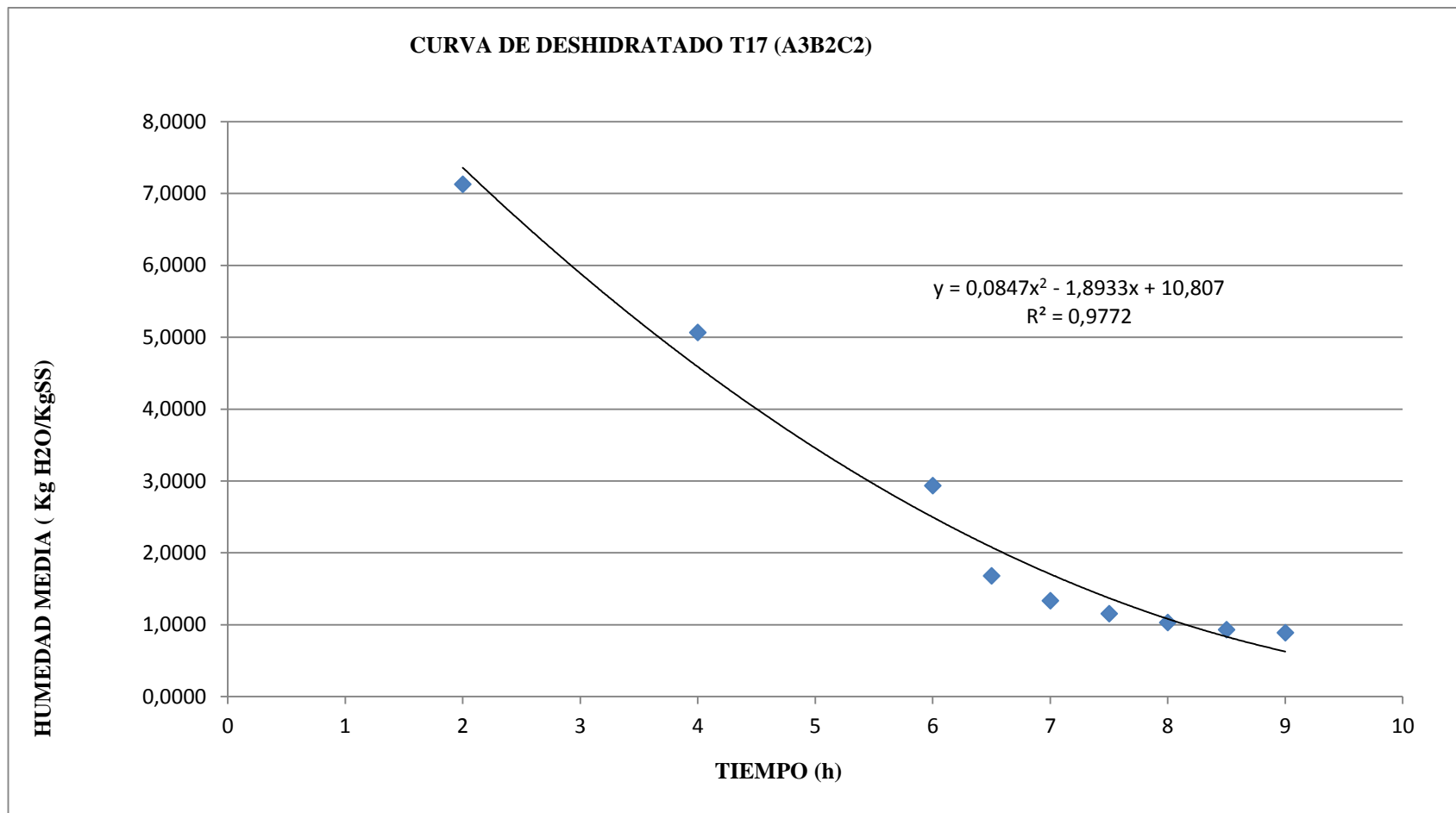


Figura 49 Curva de secado T17.

La ausencia de matriz celular en la pulpa de carambola ocasiona una pérdida extremadamente lenta del agua, por lo tanto no existe vías de difusión del vapor de agua desde el interior de la lámina hacia la superficie, la disminución del peso por la evaporación del agua es extremadamente lenta, como se puede observar en la baja pendiente de la figura 49.

Se puede determinar que la humedad disminuye conforme el tiempo de secado aumenta, obteniendo un 3,95% de humedad final para el **T17 (A3B2C2)**, una vez que se ha llegado al peso constante, a las 9 horas de secado. Según Johnson, (2013) la Humedad que se encuentra dentro de lo permitido para evitar el crecimiento de microorganismos durante el almacenamiento de productos deshidratados es una humedad que llega al 5%.

Se puede apreciar un tiempo de secado alto por la utilización de bandejas lisas para el secado de la pulpa de carambola, esto ocasiona que el aire de secado actúe superficialmente.

- Velocidad de secado y humedad.

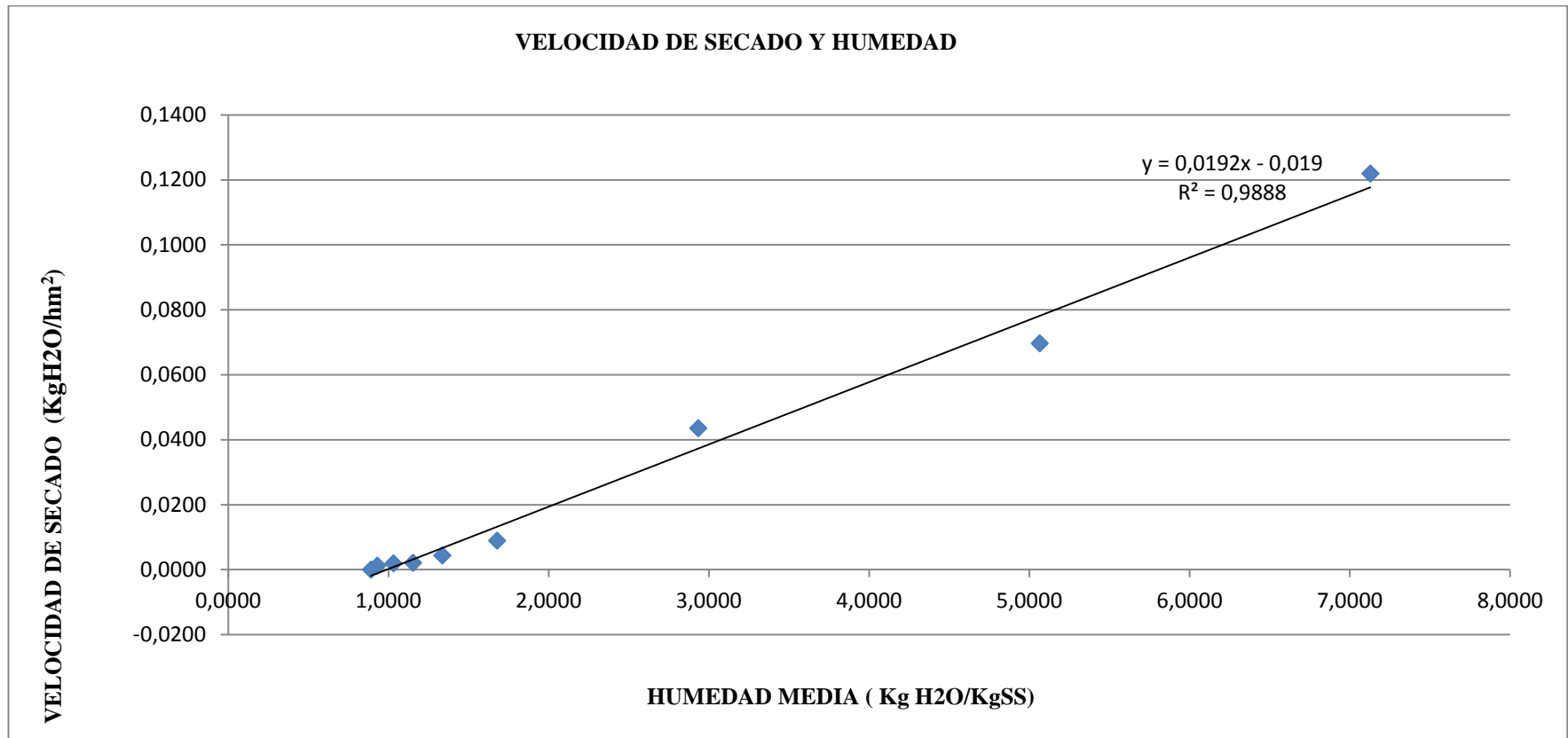


Figura 50 Velocidad de secado vs humedad

la curva de velocidad de secado según Casp Vanaclocha, A., y Abril Renquena, J. (2015), permite observar en todos los casos la existencia de un breve periodo de inducción (adaptación de las muestras a las condiciones de secado) seguido de dos periodos de velocidad de secado decreciente, lo que indica que la transferencia de materia está gobernada por las características intrínsecas del producto y la resistencia que éste ofrece a la difusión interna de agua hacia la superficie en contacto con la corriente gaseosa, donde es finalmente evaporada.

En ningún caso en esta investigación se pudo observar un periodo de velocidad de secado constante. Se puede apreciar que durante el secado, conforme la humedad va disminuyendo se necesita una velocidad de secado menor.

La velocidad de secado según Ibarz, A., y Barbosa Cánovas, G. V. (2014), disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; y si existe una carencia de estructura celular rígida en la pulpa deshidratada, tendremos una pérdida de peso gradual desde el inicio del secado, hasta que toda la superficie del material queda seca, siendo cada vez menor la velocidad de secado requerida para eliminar la humedad del producto conforme va avanzando el proceso de deshidratación.

No hay suficiente agua libre disponible en la superficie para actuar como una fuente de agua libre debido a la alta concentración de sólidos y por lo tanto la presión de vapor de la superficie no será igual que para el agua pura. Vique Damián (2011) determina que la mayor parte del agua libre se elimina en un corto período de tiempo, dando lugar a un muy corto período de secado a velocidad constante y un período decreciente relativamente más largo que cae durante el secado del producto.

Todo el periodo de secado de 9 horas corresponde al periodo pos crítico puesto que no se presenta un periodo ante crítico en esta investigación y por consiguiente no se podrá obtener una humedad crítica durante este proceso de secado, debido a que las especificaciones técnicas con las que funciona el equipo de deshidratación que se utilizó para el desarrollo de esta investigación son diferentes a las utilizadas en otras investigaciones similares. Por lo que la humedad en todo momento es variable

hasta llegar a una humedad de equilibrio, que para el **T17 (A3B2C2)** es de X* (0,9888).

La humedad de equilibrio se obtiene dividiendo las dos variables de la pendiente y $= 0,0192x - 0,019$.

Tabla 40. Curva de deshidratado para T18 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	360,0	5,8255	6,9582	0,1435
4	207,5	3,3577	4,5916	0,0782
6	90,0	1,4564	2,4070	0,0402
6,3	72,5	1,1732	1,3148	0,0057
7	60,0	0,9709	1,0720	0,0037
7,3	55,0	0,8900	0,9305	0,0014
8	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

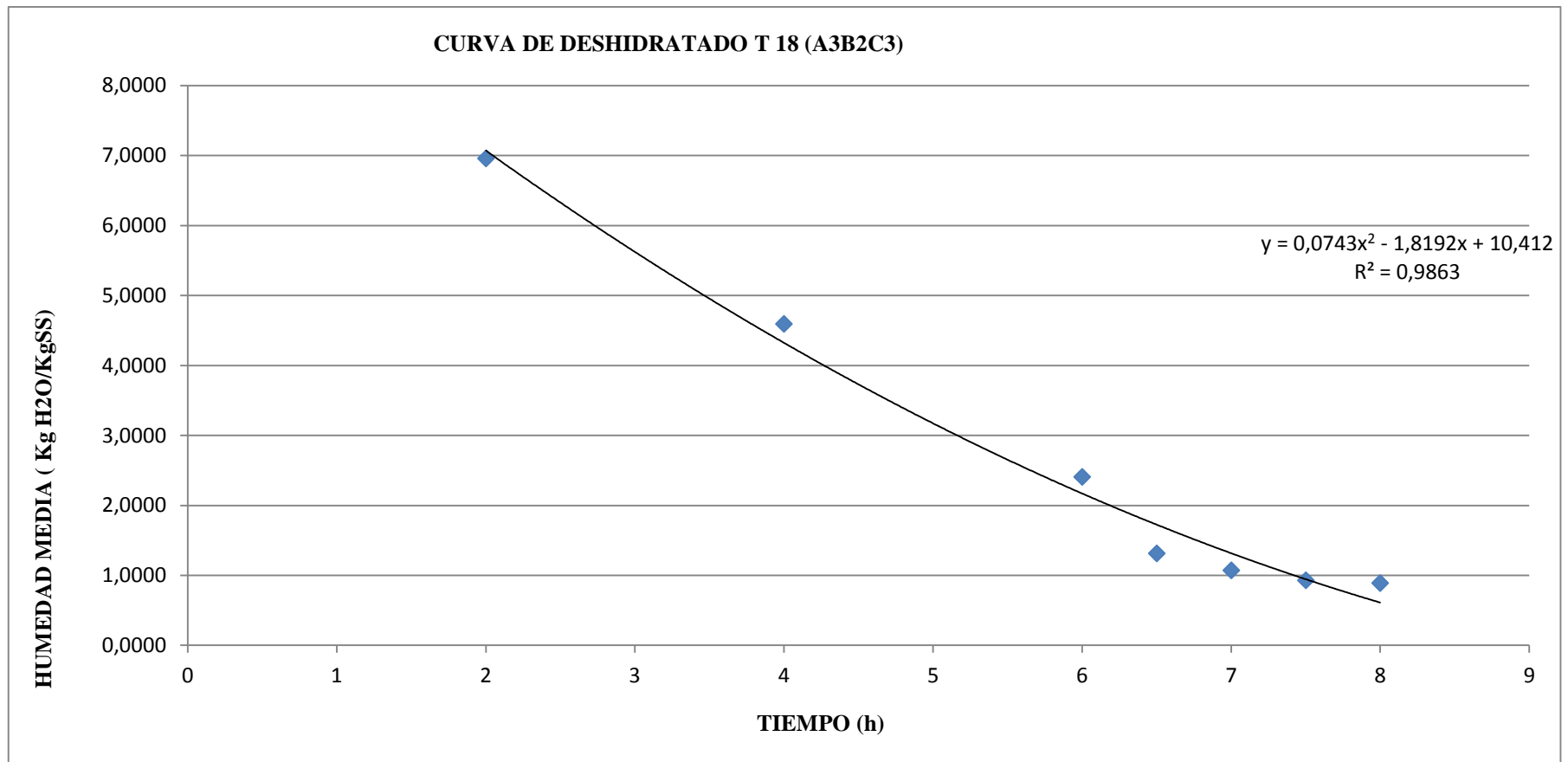


Figura 51 Curva de secado T18.

La ausencia de matriz celular de la pulpa de carambola ocasiona una pérdida extremadamente lenta del agua, por lo tanto no existe vías de difusión del vapor de agua desde el interior de la lámina hacia la superficie, la disminución del peso por la evaporación del agua es extremadamente lenta, como se puede observar en la baja pendiente de la figura 51.

Se puede determinar que la humedad disminuye conforme el tiempo de secado aumenta, obteniendo un 2,63% de humedad para el **T18 (A3B2C3)**, una vez que se ha llegado al peso constante, a las 8 horas de secado. Según Johnson, (2013) la Humedad que se encuentra dentro de lo permitido para evitar el crecimiento de microorganismos durante el almacenamiento de productos deshidratados es una humedad que llega al 5%.

Se puede apreciar un tiempo de secado alto por la utilización de bandejas lisas para el secado de la pulpa de carambola, esto ocasiona que el aire de secado actúe superficialmente.

- **Velocidad de secado y humedad.**

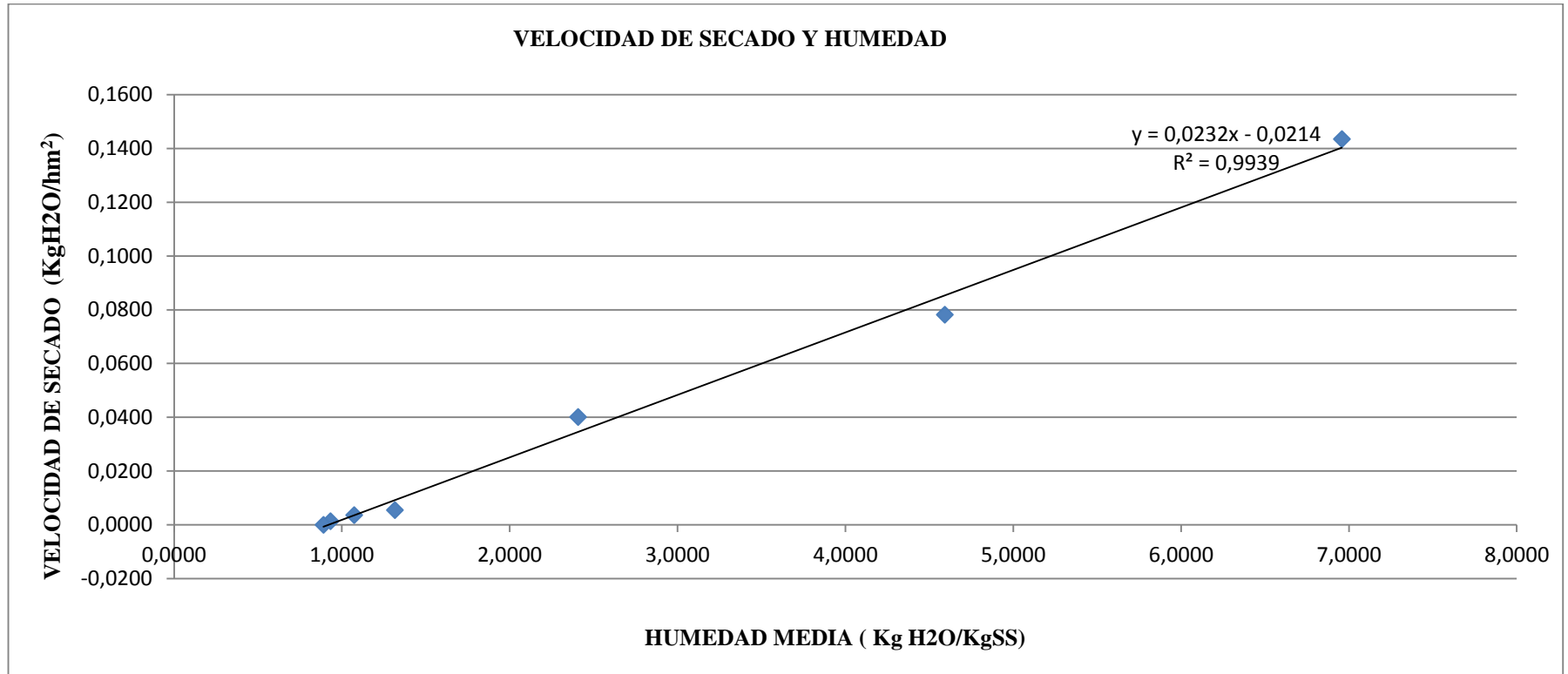


Figura 52 Velocidad de secado vs humedad.

la curva de velocidad de secado según Casp Vanaclocha, A., & Abril Renquena, J. (2015), permite observar en todos los casos la existencia de un breve periodo de inducción (adaptación de las muestras a las condiciones de secado) seguido de dos periodos de velocidad de secado decreciente, lo que indica que la transferencia de materia está gobernada por las características intrínsecas del producto y la resistencia que éste ofrece a la difusión interna de agua hacia la superficie en contacto con la corriente gaseosa, donde es finalmente evaporada.

En ningún caso en esta investigación se pudo observar un periodo de velocidad de secado constante. Se puede apreciar que durante el secado conforme la humedad va disminuyendo se necesita una velocidad de secado menor.

La velocidad de secado según Ibarz, A., & Barbosa Cánovas, G. V. (2014), disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; y si existe una carencia de estructura celular rígida en la pulpa deshidratada, hasta que toda la superficie del material queda seca. Entre menos humedad tenga el producto, la velocidad de secado requerida para removerla será menor.

No hay suficiente agua libre disponible en la superficie para actuar como una fuente de agua libre debido a la alta concentración de sólidos y por lo tanto la presión de vapor de la superficie no será igual que para el agua pura. Vique Damián (2011) determina que la mayor parte del agua libre se elimina en un corto período de tiempo, dando lugar a un muy corto período de secado a velocidad constante y un período decreciente relativamente más largo que cae durante el secado del producto.

Todo el periodo de secado de 8 horas corresponde al periodo pos crítico puesto que no se presenta un periodo ante crítico en esta investigación y por consiguiente no se podrá obtener una humedad crítica durante este proceso de secado, debido a que las especificaciones técnicas con las que funciona el equipo de deshidratación que se utilizó para el desarrollo de esta investigación son diferentes a las utilizadas en

otras investigaciones similares. Por lo que la humedad en todo momento es variable hasta llegar a una humedad de equilibrio, que para el **T18 (A3B2C3)**, es de X* (0,9181).

La humedad de equilibrio se obtiene dividiendo las dos variables de la pendiente

$$y = 0,0232x - 0,0214.$$

Tabla 41. Curva de deshidratado para T27 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	377,5	6,1086	7,0998	0,1256
4	210,0	3,3982	4,7534	0,0859
6	140,0	2,2655	2,8318	0,0239
6,3	75,0	1,2136	1,7395	0,0212
7	65,0	1,0518	1,1327	0,0029
7,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0014
8	55,0	0,8900	0,9305	0,0013
8,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

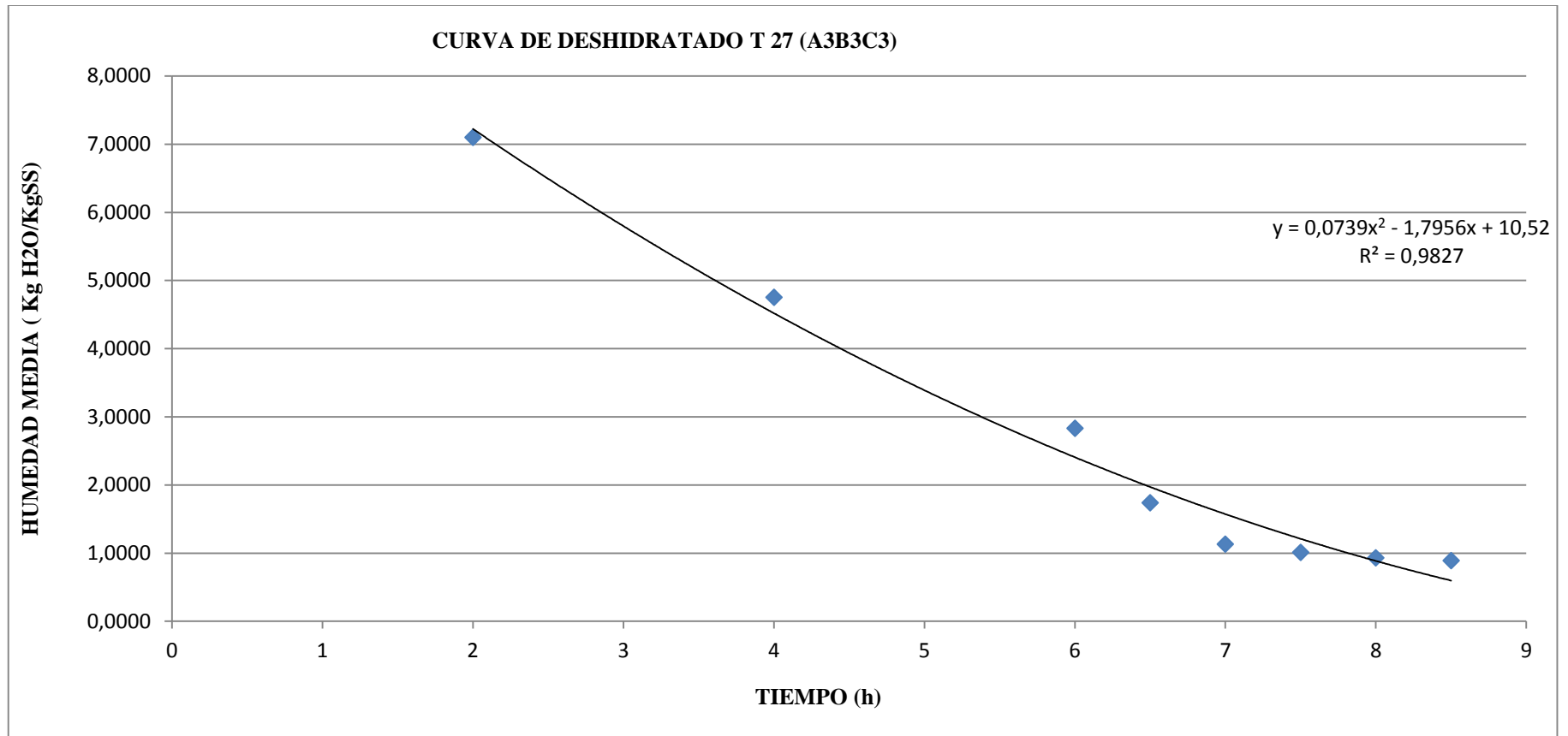


Figura 53 Curva de secado **T27**.

La ausencia de matriz celular de la pulpa de carambola ocasiona una pérdida extremadamente lenta del agua, por lo tanto no existe vías de difusión del vapor de agua desde el interior de la lámina hacia la superficie, la disminución del peso por la evaporación del agua es extremadamente lenta, como se puede observar en la baja pendiente de la figura 53.

Se puede determinar que la humedad disminuye conforme el tiempo de secado aumenta, obteniendo un 4,77% de humedad para el **T27 (A3B3C3)**, una vez que se ha llegado al peso constante, a las 8,30 horas de secado. Según Johnson, (2013) la Humedad que se encuentra dentro lo permitido para evitar el crecimiento de microorganismos durante el almacenamiento de productos deshidratados es una humedad que llega al 5%.

Se puede apreciar un tiempo de secado alto por la utilización de bandejas lisas para el secado de la pulpa de carambola, esto ocasiona que el aire de secado actúe superficialmente.

- **Velocidad de secado y humedad.**

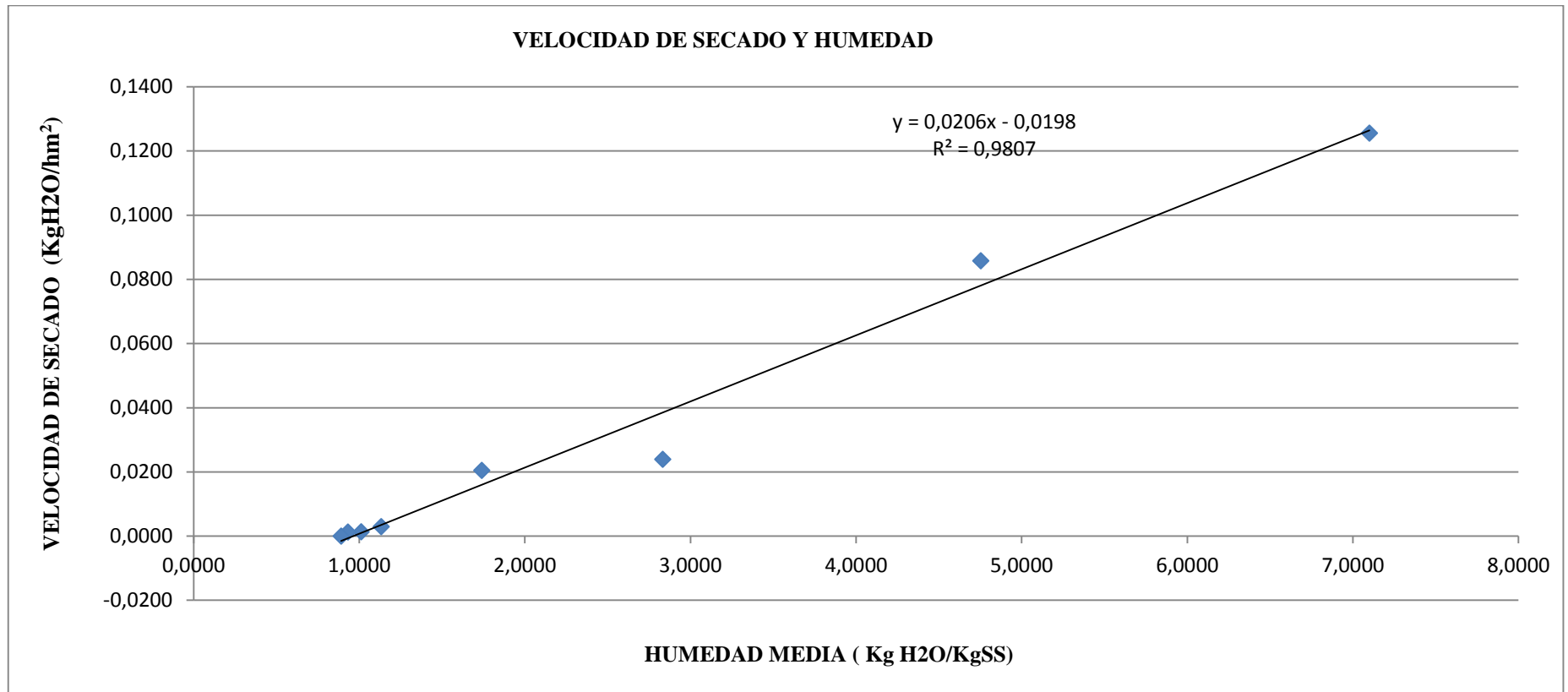


Figura 54 Velocidad de secado vs humedad.

la curva de velocidad de secado según Casp Vanaclocha, A., & Abril Renquena, J. (2015), permite observar en todos los casos la existencia de un breve periodo de inducción (adaptación de las muestras a las condiciones de secado) seguido de dos periodos de velocidad de secado decreciente, lo que indica que la transferencia de materia está gobernada por las características intrínsecas del producto y la resistencia que éste ofrece a la difusión interna de agua hacia la superficie en contacto con la corriente gaseosa, donde es finalmente evaporada.

En ningún caso en esta investigación se pudo observar un periodo de velocidad de secado constante. Se puede apreciar que durante el secado conforme la humedad va disminuyendo se necesita una velocidad de secado menor.

La velocidad de secado según Ibarz, A., & Barbosa Cánovas, G. V. (2014), disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; y si existe una carencia de estructura celular rígida en la pulpa deshidratada, hasta que toda la superficie del material queda seca. Entre menos humedad tenga el producto, la velocidad de secado requerida para removerla será menor.

No hay suficiente agua libre disponible en la superficie para actuar como una fuente de agua libre debido a la alta concentración de sólidos y por lo tanto la presión de vapor de la superficie no será igual que para el agua pura. Vique Damián (2011) determina que la mayor parte del agua libre se elimina en un corto período de tiempo, dando lugar a un muy corto período de secado a velocidad constante y un período decreciente relativamente más largo que cae durante el secado del producto.

Todo el periodo de secado de 8,30 horas corresponde al periodo pos crítico puesto que no se presenta un periodo ante crítico en esta investigación y por consiguiente no se podrá obtener una humedad crítica durante este proceso de secado, debido a que las especificaciones técnicas con las que funciona el equipo de deshidratación que se utilizó para el desarrollo de esta investigación son diferentes a las utilizadas en otras investigaciones similares. Por lo que la humedad en todo momento es

variable hasta llegar a una humedad de equilibrio, que para el **T27 (A3B3C3)** es de X^* (0,9563).

La humedad de equilibrio se obtiene dividiendo las dos variables de la pendiente

$$y = 0,0206x - 0,0197.$$

4.3. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL MEJOR TRATAMIENTO.

T17 (Temperatura de secado 75°C + velocidad de secado 3,5 m/s + índice de madurez de 8°brix).

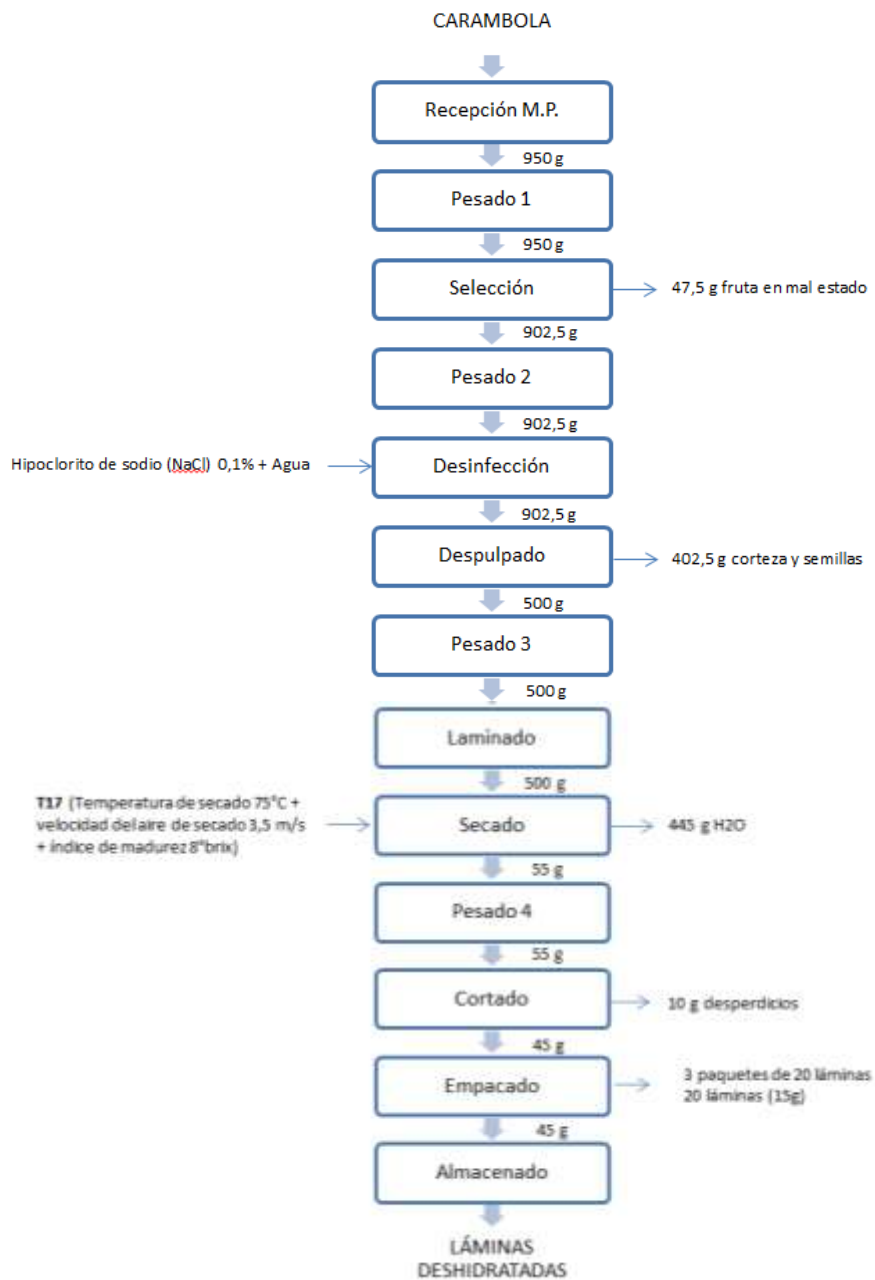


Figura 55. Balance de materiales del proceso de elaboración de láminas deshidratadas de carambola.

4.4. RENDIMIENTO: SE CALCULÓ APLICANDO LA SIGUIENTE

FÓRMULA:

El rendimiento para las láminas deshidratadas de carambola se realizó con la siguiente formula:

$$R = (\text{masa final/masa inicial}) \times 100\%$$

$$R = (45\text{g}/950\text{g}) \times 100\%$$

$$R = 4,74\%$$

4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MEJOR TRATAMIENTO.

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el análisis microbiológico que se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos 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 para consumo humano.

Tabla 42. Análisis microbiológico.

ANÁLISIS	Resultados
	T17
Recuento estándar en palca (UFC/ml)	10
Recuento de mohos (UFC/ml)	<10
Recuento de levaduras (UFC/m)	120

4.6. ANÁLISIS NUTRICIONAL DEL MEJOR TRATAMIENTO.

Tabla 43. Análisis nutricional del T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).

VARIABLES	MEJOR TRATAMIENTO	MÉTODO DE ENSAYO
	T17	
Sólidos solubles	68,49	NTE INEN 380
Humedad (%)	3,95	AOAC 925,10
pH	3,64	APHA 4500- H+B
Calcio (mg/100 g)	25,1	APHA 3500- Ca D
Potasio(mg/100 g)	1120	AOAC 956,01

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Sobre la base de los resultados y considerando las variables en estudio se establecen las siguientes conclusiones.

- ❖ Para el procesamiento de láminas deshidratadas de carambola lo ideal es utilizar una fruta totalmente madura (9 °Brix) en el proceso de secado, según el análisis sensorial realizado para todos los tratamientos del producto deshidratado.
- ❖ A temperaturas altas de secado de 75°C y bajas velocidades del aire de secado de 3 m/s, con un estado de madurez de la fruta semi pintón (7 °Brix), se obtiene un pH más bajo y una humedad del 5% en el producto deshidratado, reflejado en los datos obtenidos del mejor tratamiento (T17) con un pH de 3,64 y una humedad de 3,95%.

- ❖ A medida que aumenta la temperatura de secado de 65- 75°C y la velocidad del aire de secado de 3-4m/s, con una fruta totalmente madura, genera una mayor concentración de sólidos solubles en las láminas deshidratadas de carambola, de 7,58 °brix en la materia prima a 68,49 °brix en el producto deshidratado del mejor tratamiento T17.
- ❖ La temperatura de secado en sus tres niveles a 65°C, 70°C y 75°C, es el factor que mayor efecto tuvo sobre las características físico químicas y atributos organolépticos del producto deshidratado.
- ❖ De las cinco variables cuantitativas evaluadas, humedad, pH, sólidos solubles, calcio y potasio, la variable humedad es la más determinante para seleccionar los tres mejores tratamientos T 17, T18, T27.
- ❖ La calidad organoléptica del producto final evaluada mediante análisis sensorial indica que el mejor tratamiento es T17, el cual sobresale porque presentó mayor aceptabilidad por parte del panel degustador. Además de estar microbiológicamente dentro de los límites permitidos por las normas NTE INEN 1529 para productos deshidratados de consumo humano.
- ❖ Se acepta la hipótesis alternativa planteada ya que la temperatura de secado, velocidad del aire de secado e índice de madurez de la carambola, si influyen sobre las características físico químicas y organolépticas de la fruta que es sometida al proceso de secado para la obtención de láminas deshidratadas.

5.2. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda aplicar los factores estudiados en esta investigación con otras frutas exóticas, promoviendo la producción agroindustrial e incentivando al desarrollo del conocimiento sobre estas materias primas.
- ❖ Se recomienda realizar otra investigación con esta fruta probando otro tipo de procesos de despulpado, troceado y otro método de deshidratación.
- ❖ Se recomienda usar como temperatura máxima 75°C ya que al realizar ensayos preliminares a mayores temperaturas se pierden el aroma, olor y sabor característicos de la carambola.
- ❖ Antes del proceso de despulpado se recomienda escaldar a la carambola por un corto periodo de tiempo de 1-5 minutos a una temperatura de 75 a 85 °C, para provocar la exposición de los nutrientes y facilitar su despulpado. Un escaldado por un periodo de tiempo mayor a 5 minutos y a temperaturas superiores a los 90°C provocará la pérdida de los nutrientes.
- ❖ Para la deshidratación de pulpas de frutas es recomendable usar láminas de arroz en bandejas lisas o resina para evitar que la pulpa se pegue en la bandeja y lograr la textura y flexibilidad deseada en el producto final. Ya que en el proceso de secado la pulpa de fruta se calcina al contacto directo con la bandeja generando la pérdida de nutrientes y baja calidad en el producto que se desea obtener.

CAPÍTULO VI

Bibliografía

- 1) Abad Paredes, M. (2015). *Diseño de un secador prototipo para la deshidrtación de manzanas y peras*. Quito: Doctoral dissertation, EPN.
- 2) Agropecuarias, I. N. (2009). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito: INIAP.
- 3) Amores Vizuite, D. D. (2012). *Evaluación nutritiva y nutraceútica de la mora de castilla deshidrtada por el metodo de liofilización y comparación con la obtenida por deshidrtación en microondas y secador de bandejas*. Medellin.
- 4) Cánovas, I. A. (2008). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid: Mundi Prensa.
- 5) Casp Vanaclocha, A. &. (2015). *Proceso de Conservación de Alimentos*. España: Mundi- Prensa.

- 6) Ceruquera Peña, N. E., Camacho Tamayo, J. H. (2013). Determinacion de variables de secado en lamina para la deshidratcion de pulpa de maracuyá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, p. 6.
- 7) Chaparro, L., Palmero, J. (2011). *Curvas de deshidrtación de apio y auyama y su efecto sobre las propiedades funcionales*. Medellin: RFA.
- 8) Cobo, M., Demetrio, A. (2013). *Desarrollo de un producto alimenticio: láminas de fruta deshidrtada, utilizando pulpa de mora y manzana*. Medellin, Colombia: Frozen Tropic Cía. Ltda.
- 9) Dienes, A. H. (2013). *Determinación de las condiciones óptimas de procesamiento para la deshidrtación del mango*. Colombia: Universidad Metropolitana. p 171- 190.
- 10) Facciola, S. (2012). *Cornucopia: a Source Book of Edible Plants*. California: Kampong Publications.
- 11) García Pereira, A. M. (2013). *Analisis comparativo de la cinética de deshidratción osmótica y por flujo de aire caliente de la piña*. Medellin: R.C.T.A. p. 62-69.
- 12) Giraldo, G. A., Chiralt, A. (2011). *Deshidratación osmótica de mango. Aplicacion al escarchado*. Medellin: RIC. p. 44- 55.
- 13) Gómez, P. G. (2011). *Elaboración de barras deshidrtadas a partir de pulpa de tunas anaranjadas y púrpura con incorporacion semillas de linaza*. Santiago de Chile: S.C.

- 14) Gomez, R. A. (2014). Correlación de la variables fisicoquímicas de láminas de mango fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratción osmótica con pulsos de vacío. *Revista tecnologica ESPOL*, p. 27.
- 15) Health, I. o. (2013). *Dietary reference intakes for calcium, phosphorous, magnesium, vitamin D and fluoride*. Pennsylvania.
- 16) Ibarz, A. B. (2014). *Introduccion to food engineering*. Crcpres.
- 17) Jhonson, D. A. (2013). Elaboración de láminas de frambuesa con adición de diferentes semillas y sucralosa. *Revista de la Universidad Austral de Chile*, 24-26.
- 18) Julieta, C. Y. (2012). *Desarrollo de láminas flexibles enriquecidas con calcio de parchita con tomate de árbol y parchita con fresa*. Caracas.
- 19) Luje, M. A. (2014). *Efecto de la sustitución parcial de azúcar por un edulcorante no calórico, tiempo de concentración osmótica y temperatura de secado para mejorar las propiedades sensoriales de la uvilla deshidrtada osmóticamente*. Ambato: U.T.A.
- 20) Martinez, W. E., Sanchez, D. M. (2014). *Evaluación del proceso de secado por aire caliente de manzana variedad san antonio*. Colombia: I. C. T. I.
- 21) Morton, Julia F. (2012). *Compendio de Agronomía Tropical*. San Jose de Costa Rica: FL.
- 22) N., D. (2010). *Conservación de alimentos*. Mexico.

- 23) Navarro, B. E. (2011). *Análisis bromatológico del carambolo (Averrhoa carambola L.) y determinación de su capacidad antioxidante*. Medellín.
- 24) Ocampo, A. (2013). *Modelo cinético del secado de la pulpa de mango*. Medellín: EIA, p. 119- 128.
- 25) Rodríguez, M. M. (2011). *Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas*. Santiago de Chile: Trillas.
- 26) Rodríguez, M. M. (2013). *Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas*. Colombia: Doctoral Dissertation, Facultad de Ingeniería.
- 27) Valle, C. R. (2013). *Deshidratación de dos variedades de frutilla (fragaria vesca.) mediante la utilización de flujo de aire caliente*. Ibarra.
- 28) Vanaclocha, C. (2008). *Proceso de conservación de los alimentos*. Madrid : Mundi Prensa.
- 29) Vanegas M., Pedro; Parra C. (2012). *Producción de láminas de mango usando deshidratación dinámica*. Medellín, Colombia: pp. 75- 77.
- 30) Villalobos Sanjinés, G., Dirección Nacional de Agroindustrias . (2011). *Laminas deshidratadas de frutas*. Colombia: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

- 31) Vique, D. F. (2011). Evaluación nutricional de cocona deshidratada por metodo de bandejas a tres temperaturas. *Tecnologia de alimentos ESPOCH*, 70-76.

CAPÍTULO VII

Anexos

Anexo 1. Caracterización de las condiciones ambientales del aire de secado y del secador de bandeja.

Temperatura ambiente.

Tabla 44. Condiciones del aire de secado

Día	Tratamientos	Temperatura de bulbo seco	Temperatura de bulbo húmedo
1	1,2,3	27	20
2	4,5,6	26	18,5
3	7,8,9	24	16,5
4	10,11,12	21	17
5	13,14,15	22	18,5
6	16,17,18	25	18
7	19,20,21	26	19
8	22,23,24	22	18
9	25,26,27	24	18
Σ		217	163,5
X=		24,11	18,16

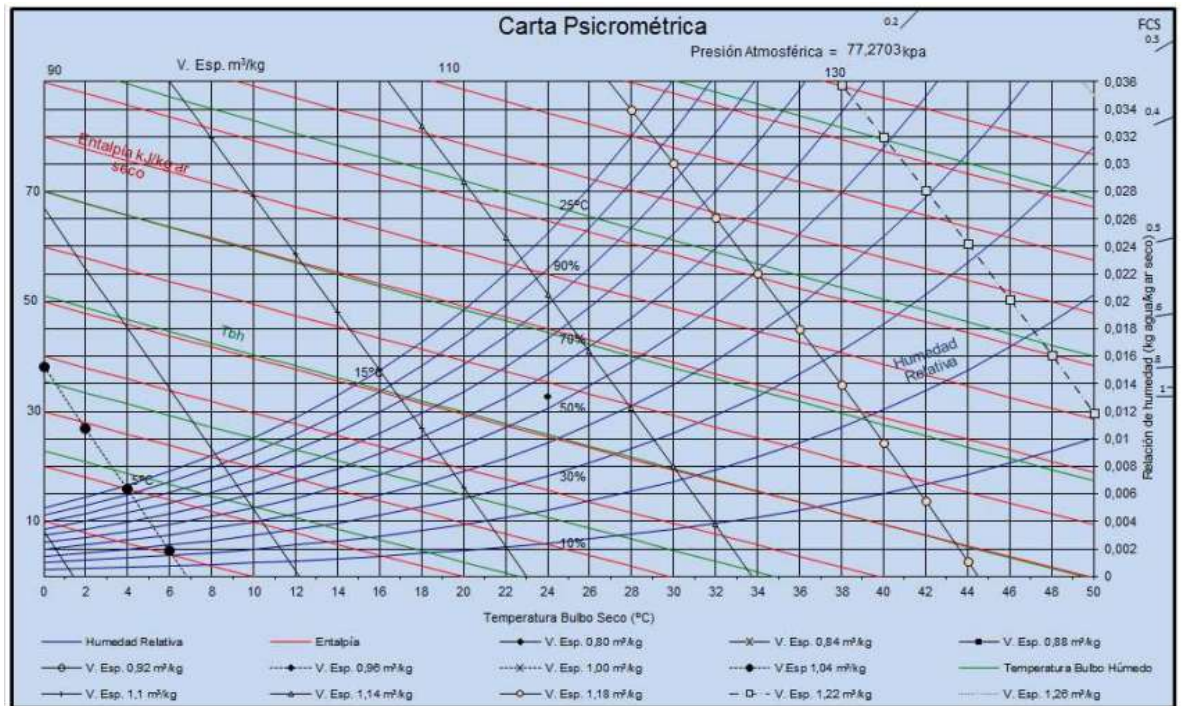


Gráfico 14 Carta psicrométrica de la ciudad de Ibarra.

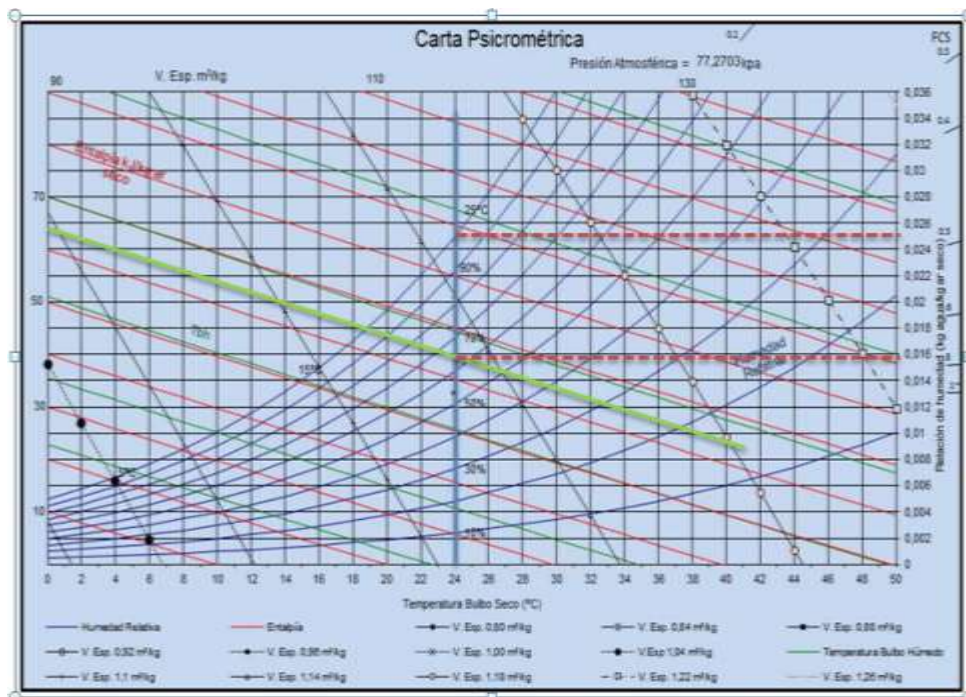


Gráfico 15 Propiedades del aire de secado a 24°C.

Tabla 45. Propiedades psicométricas del aire

Temperatura de bulbo seco	24°C
Temperatura de bulbo húmedo	18°C
Humedad relativa	62%
Humedad absoluta	16,91 g/kgss
Presión de vapor	2,86 kPa
Volumen específico	0,8664 m ³ /kg
Entalpia	67,23 KJ/Kgss
Punto de rocío	16,6°C

Contenido de agua eliminable:

$$0,0259 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg ss} - 0,016 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg ss} = 0,0099 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg ss}$$

Anexo 2. Cantidad de calor transferido del aire al producto

$$q = h * A(T - Tw)$$

$$G = v * d$$

$$h = 0.0204(G)^{0.8}$$

$G = v * d$ $G = 4 \frac{m}{s} * 0.8044 \frac{kg}{m^3}$ $G = 3.22 \frac{kg}{m^2s}$	$h = 0.0204(G)^{0.8}$ $h = 0.0204(3.22)^{0.8}$ $h = 0.052 \frac{W}{m^2K}$
$q = h * A(T - Tw)$ $q = 0.052 \frac{W}{m^2K}$ $\quad * 0.3621m^2 (28 - 17.93)^\circ C$ $q = 0.052 \frac{W}{m^2K} * 0.3621m^2 (283,22)^\circ K$ $q = 5.333 W$ $q = 0.005 Kw$	

Anexo 3. Evaluación sensorial para láminas deshidratadas de carambola.

RANGOS DE LAS CINCO ESCALAS DE MEDICIÓN SENSORIAL.

ESCALA	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	RANGOS	
1	Muy oscuro	1-1,50	
2	Ligeramente más oscuro	1,51-2	2-2,50
3	Normal, moderado	2,51- 3	3- 3,50
4	Ligeramente claro	3,51- 4	4- 4,50
5	Muy claro	4,51-5	

Los parámetros de evaluación son los únicos que cambian dependiendo de la evaluación sensorial que se vaya a realizar, las escalas y los rangos son los mismos para color, olor, sabor, dureza y aceptabilidad.

Tabla 6. EVALUACIÓN SENSORIAL DE SABOR

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	DE	Muy agradable	Agradable	Normal, moderado	Desagradable	Muy desagradable
Escala		5	4	3	2	1
TRATAMIENTOS						
		T1				
		T2				
		T3				
		T4				
		T5				
		T6				
		T7				
		T8				
		T9				
		T10				
		T11				
		T12				
		T13				
		T14				
		T15				
		T16				
		T17				
		T18				
		T19				
		T20				
		T21				
		T22				
		T23				
		T24				
		T25				
		T26				
		T27				

Tabla 7. EVALUACIÓN SENSORIAL DE DUREZA

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	Muy suave	Suave	Normal, moderado	Dura	Muy dura
Escala	5	4	3	2	1

TRATAMIENTOS

T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
T13
T14
T15
T16
T17
T18
T19
T20
T21
T22
T23
T24
T25
T26
T27

Tabla 8. ESCALA DE ACEPTABILIDAD PARA LOS CONSUMIDORES

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	LE GUSTA MUCHO	LE GUSTA POCO	NORMAL, MODERADO	LE DISGUSTA POCO	LE DISGUSTA MUCHO
ESCALA	5	4	3	2	1

TRATAMIENTOS

- T1
- T2
- T3
- T4
- T5
- T6
- T7
- T8
- T9
- T10
- T11
- T12
- T13
- T14
- T15
- T16
- T17
- T18
- T19
- T20
- T21
- T22
- T23
- T24
- T25
- T26
- T27

Anexo 4. Cálculos referenciales de las láminas de carambola.

4.1 Cálculo de humedad en base seca para la carambola.

Se toma una muestra de 0,5 kg de pulpa fresca con una humedad de 89%

$$\begin{aligned}GH_2O &= G_i * (\%X) \\GH_2O &= 0,5 \text{ kg} * 0,89 \\GH_2O &= 0,445 \text{ kgH}_2\text{O}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= G_i - GH_2O \\S &= 0,5 \text{ kg} - 0,445 \text{ kgH}_2\text{O} \\S &= 0,055 \text{ kgss}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}XBS &= (G_i - S) / S \\XBS &= (0,5 \text{ kg} - 0,055 \text{ kgss}) / 0,055 \text{ kgss} \\XBS &= 8,0909 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}\end{aligned}$$

GH_2O = Peso del agua
 G_i = Peso de la Pulpa inicial
 $\%X$ = Porcentaje de humedad
 S = Peso del sólido seco
 XBS = Humedad en base seca

4.2 Cálculo del área del sólido

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

- Espesor del sólido 1 mm.
- Se considera secado por una sola cara
- La densidad del sólido.

$$\begin{aligned}A_s &= G_i / (D_a * e_s) \\A_s &= 0,5 \text{ kg} / (1151,8 \text{ kg/m}^3 * 0,001 \text{ m}) \\A_s &= 0,4341 \text{ m}^2\end{aligned}$$

A_s = Área del sólido
 G_i = Peso del sólido húmedo
 D_a = Densidad aparente

es = Espesor del sólido

4.3 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

As = Área del sólido

X1 = Humedad 1

X2 = Humedad 2

$W = S/As * (X1 - X2)/t$

$W = (0,055 \text{ kgss}/0,4341\text{m}^2) * (6,9177 - 4,5107)\text{kgH}_2\text{O}/\text{kgss} /2\text{h}$

$W = 0,1486 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{hm}^2$

Anexo 5. Curvas características de deshidratado para láminas de carambola.

Tabla 46. Curva de deshidratado para T1 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
Horas	Gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	355,0	5,7445	6,9177	0,1486
4	202,5	3,2768	4,5107	0,0782
6	140,0	2,2655	2,7711	0,0214
6,3	92,5	1,4968	1,8811	0,0155
7	82,5	1,3350	1,4159	0,0029
7,3	72,5	1,1732	1,2541	0,0028
8	62,5	1,0114	1,0923	0,0026
8,3	55,0	0,8900	0,9507	0,0019
9	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

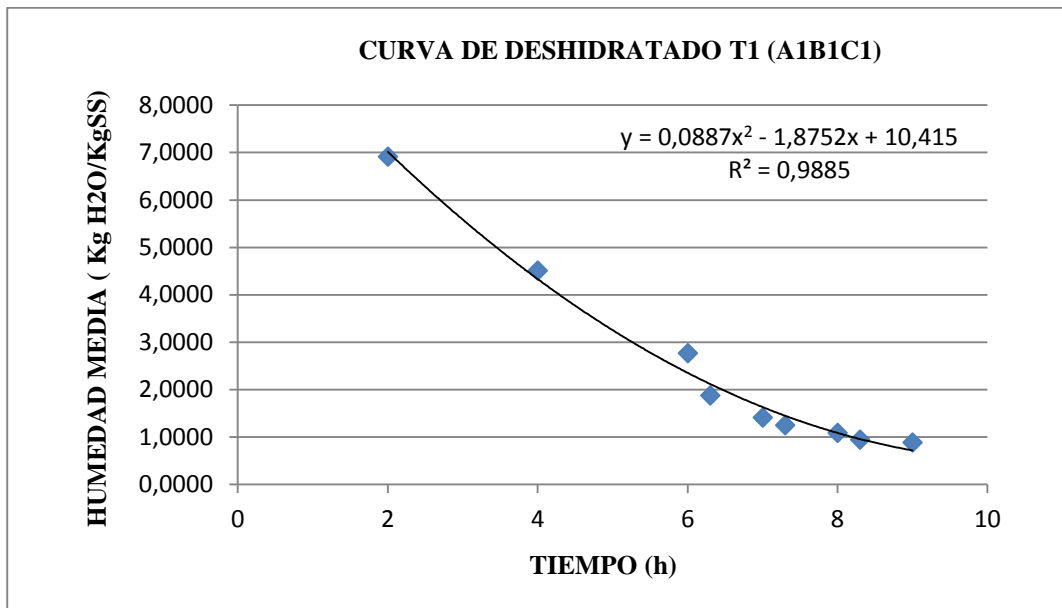


Figura 56 Curva de secado T1.

- **Velocidad de secado y humedad**

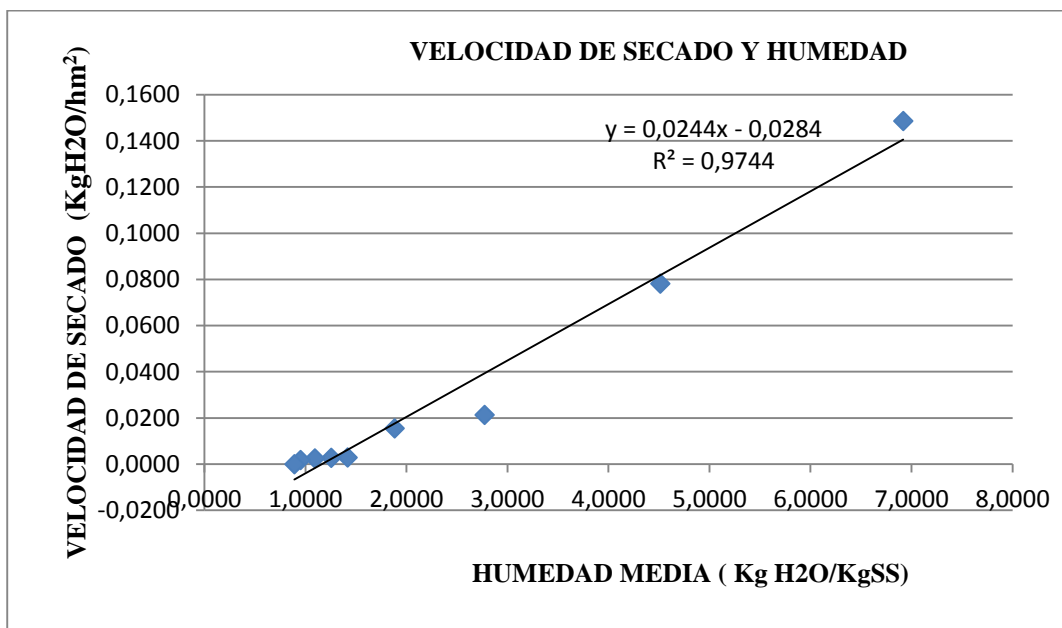


Figura 57 Velocidad de secado vs humedad T1.

Tabla 47. Curva de deshidratado para T2 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
Horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	412,5	6,6750	7,3830	0,0897
4	300,0	4,8545	5,7648	0,0577
6	207,5	3,3577	4,1061	0,0316
6,3	145,0	2,3464	2,8520	0,0203
7	122,5	1,9823	2,1643	0,0066
7,3	105,0	1,6991	1,8407	0,0049
8	82,5	1,3350	1,5170	0,0058
8,3	70,0	1,1327	1,2339	0,0031
9	65,0	1,0518	1,0923	0,0011
9,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
10	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

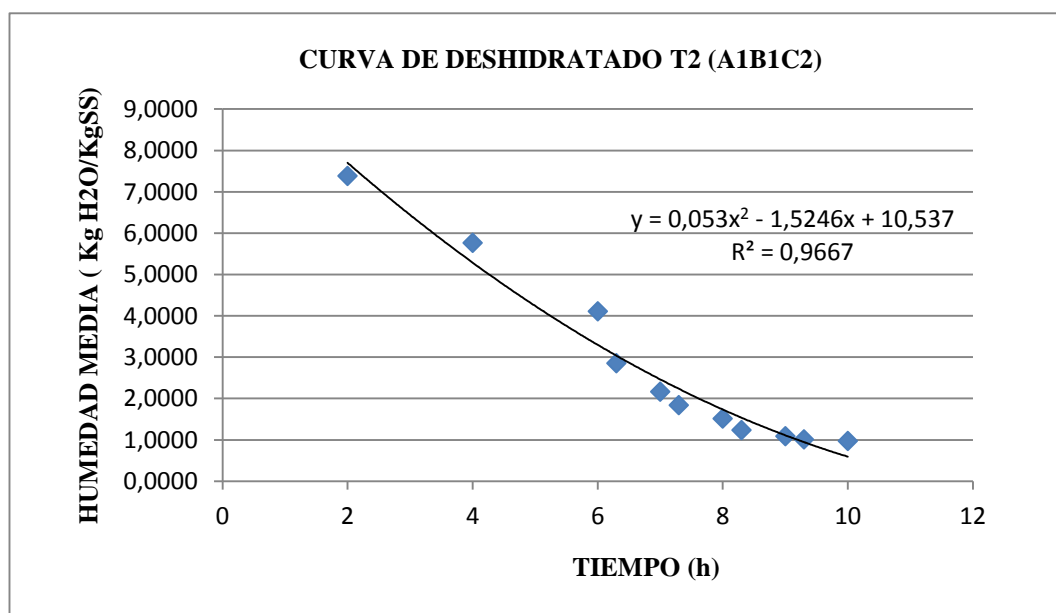


Figura 58 Curva de secado T2.

- **Velocidad de secado y humedad.**

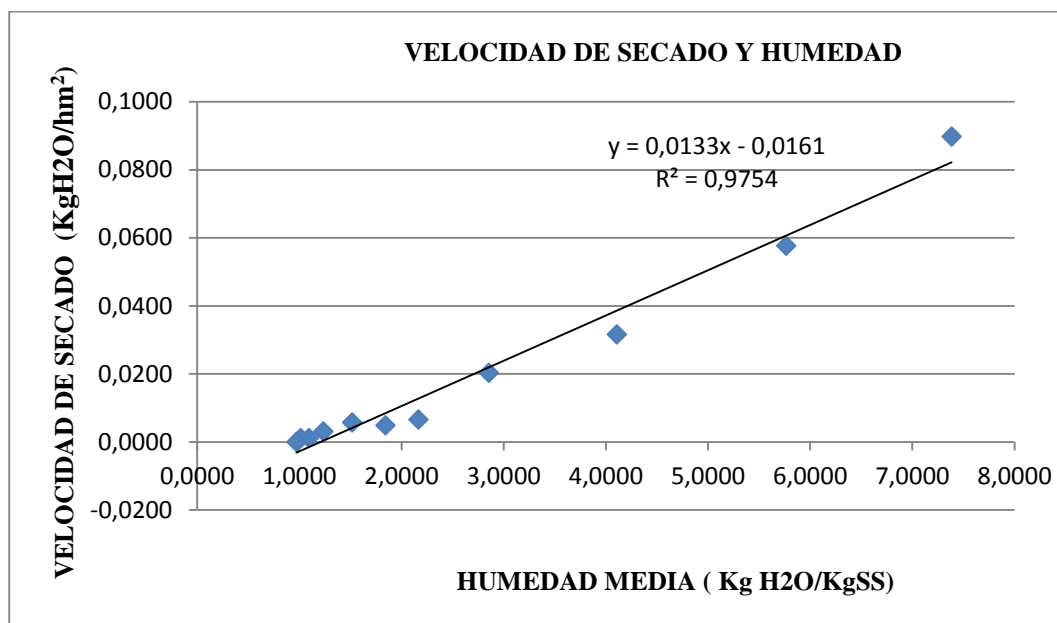


Figura 59 Velocidad de secado vs humedad T2

Tabla 48. Curva de deshidratado para T3 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	410,0	6,6345	7,3627	0,0923
4	307,5	4,9759	5,8052	0,0525
6	222,5	3,6005	4,2882	0,0290
6,3	170,0	2,7509	3,1757	0,0171
7	125,0	2,0227	2,3868	0,0132
7,3	100,0	1,6182	1,8205	0,0070
8	85,0	1,3755	1,4968	0,0038
8,3	75,0	1,2136	1,2945	0,0025
9	65,0	1,0518	1,1327	0,0023
9,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
10	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

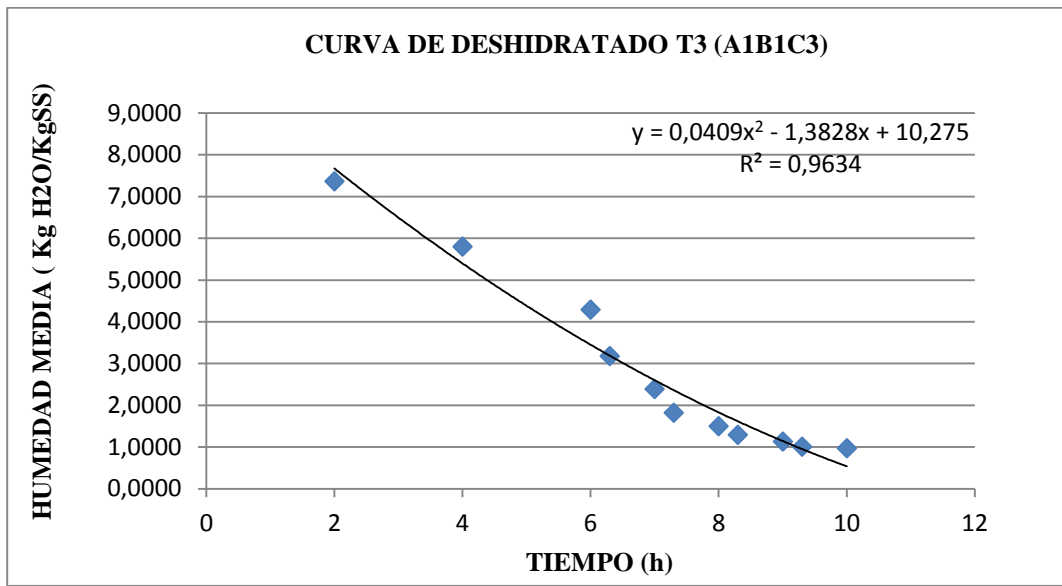


Figura 60 Curva de secado T3

- **Velocidad de secado y humedad.**

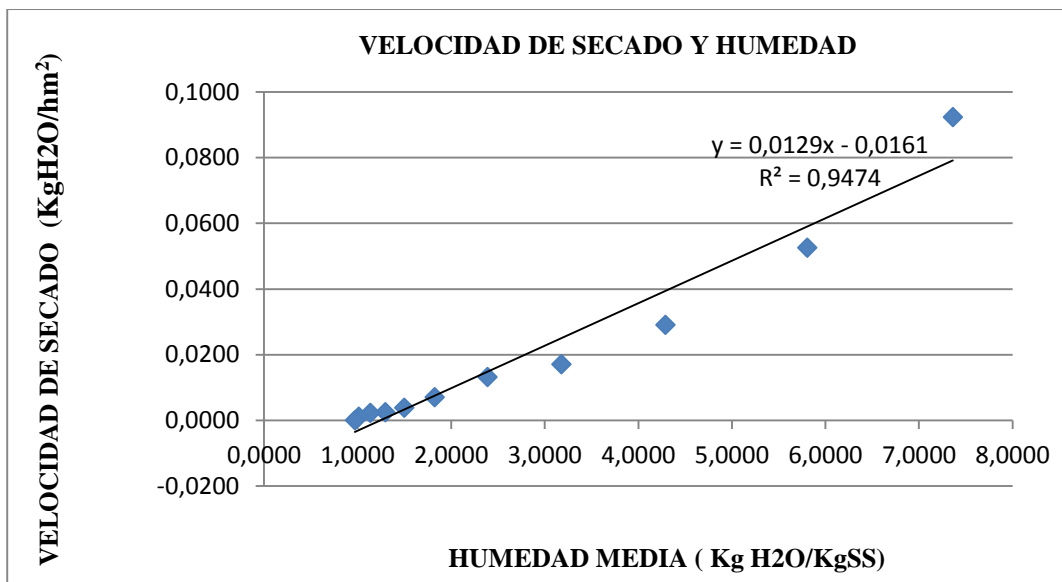


Figura 61 Velocidad de secado vs humedad T3

Tabla 49. Curva de deshidratado para T4 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	305,0	4,9355	6,5132	0,1999
4	120,0	1,9418	3,4386	0,0948
6	60,0	0,9709	1,4564	0,0205
6,3	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

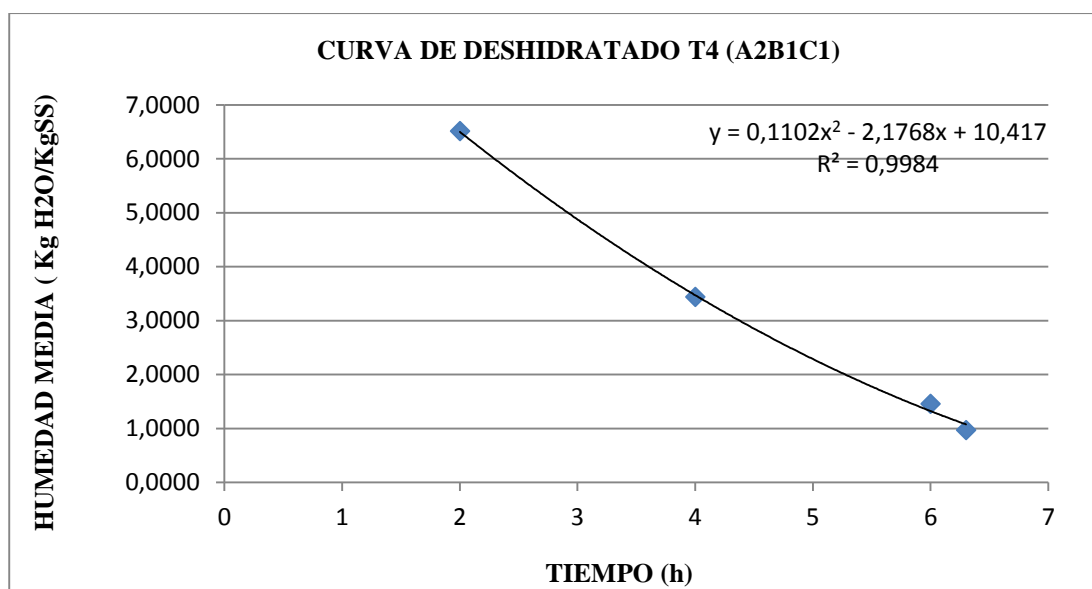


Figura 62 Curva de secado T4.

- **Velocidad de secado y humedad.**

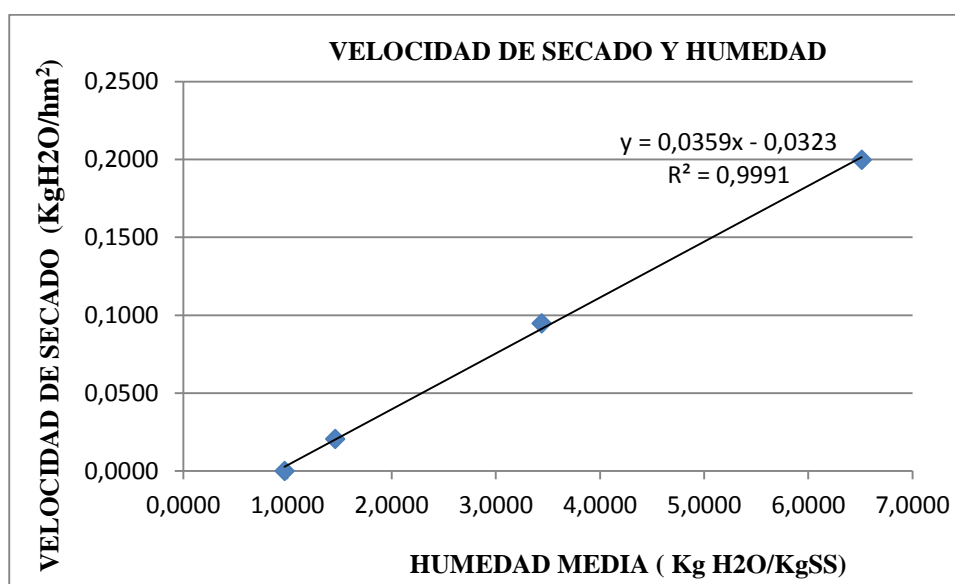


Figura 63 Velocidad de secado vs humedad T4

Tabla 50. Curva de deshidratado para T5 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	385,0	6,2300	7,1605	0,1179
4	257,5	4,1668	5,1984	0,0654
6	145,0	2,3464	3,2566	0,0384
6,3	115,0	1,8609	2,1036	0,0098
7	97,5	1,5777	1,7193	0,0051
7,3	85,0	1,3755	1,4766	0,0035
8	75,0	1,2136	1,2945	0,0026
8,3	65,0	1,0518	1,1327	0,0025
9	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
9,3	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

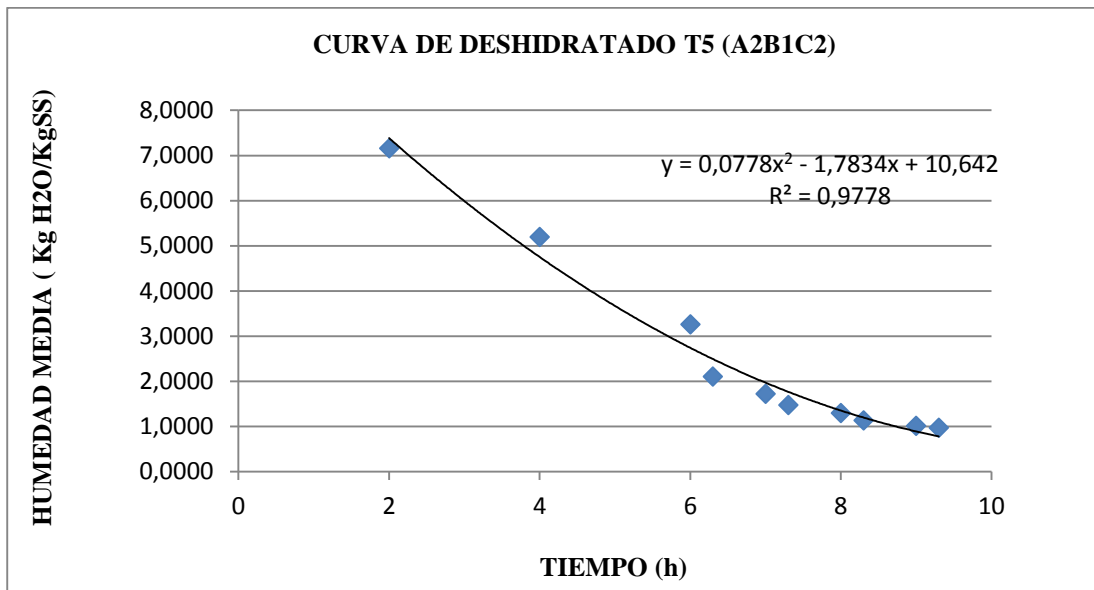


Figura 64 Curva de secado T5

- **Velocidad de secado y humedad.**

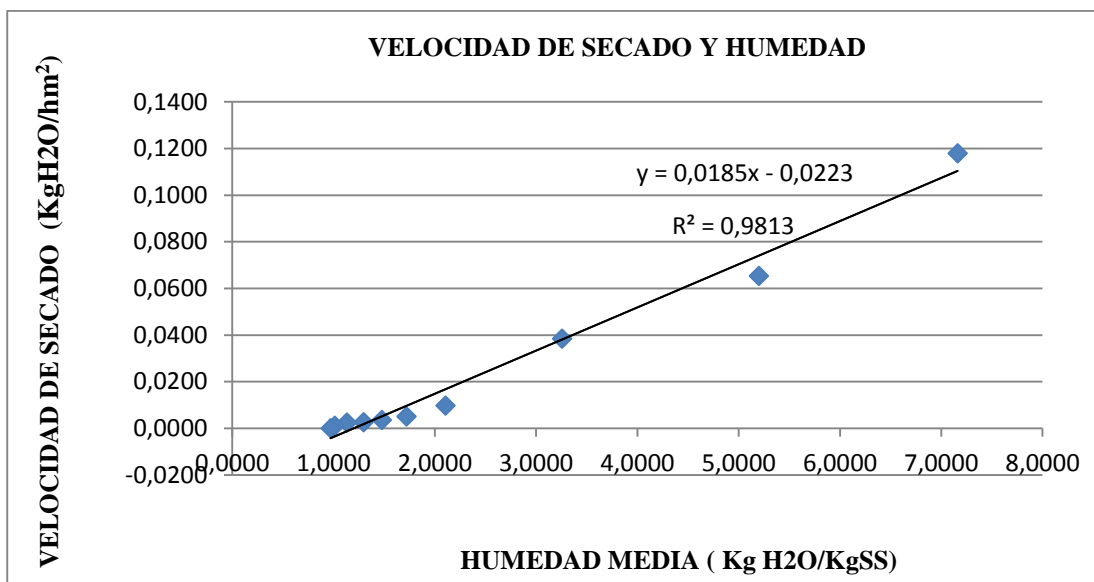


Figura 65 Velocidad de secado vs humedad T5

Tabla 51. Curva de deshidratado para T6 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	360,0	5,8255	6,9582	0,1435
4	215,0	3,4791	4,6523	0,0743
6	112,5	1,8205	2,6498	0,0350
6,3	97,5	1,5777	1,6991	0,0049
7	82,5	1,3350	1,4564	0,0044
7,3	72,5	1,1732	1,2541	0,0028
8	65,0	1,0518	1,1125	0,0019
8,3	62,5	1,0114	1,0316	0,0006
9	60,0	0,9709	0,9911	0,0006
9,30	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

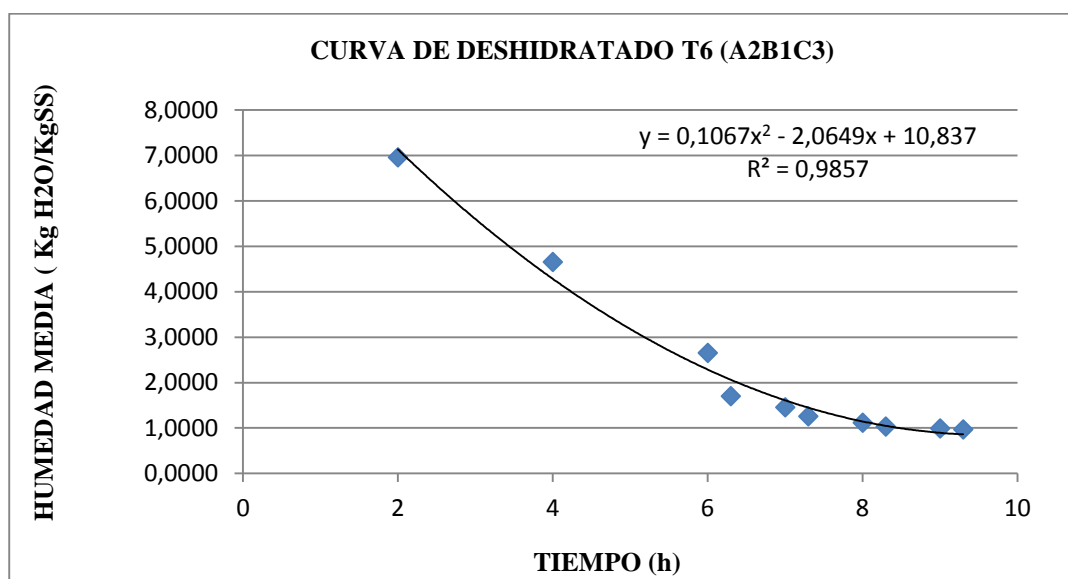


Figura 66 Curva de secado T6

- **Velocidad de secado y humedad**

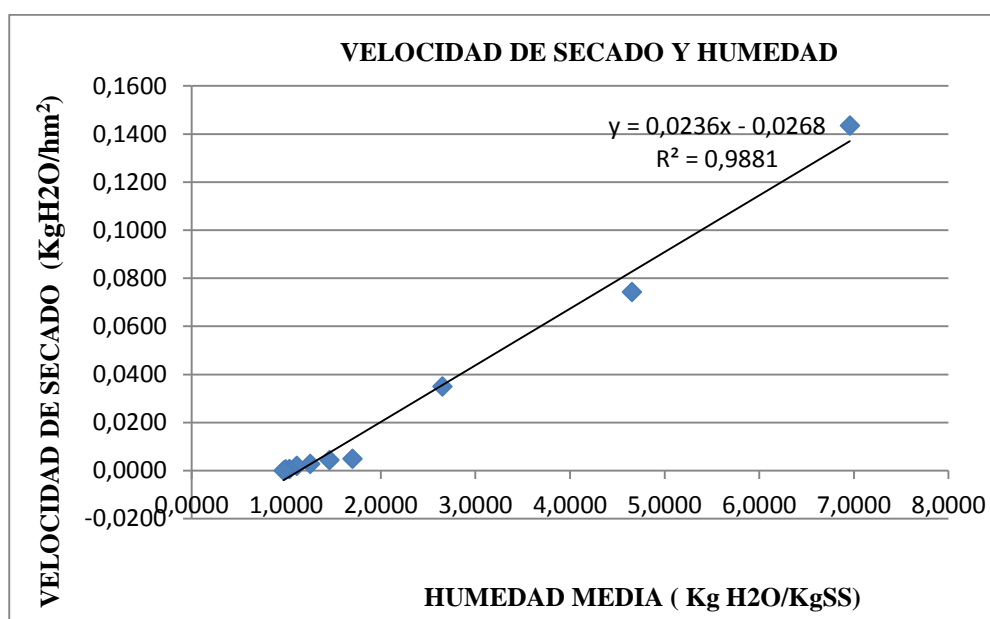


Figura 67 Velocidad de secado vs humedad T6

Tabla 52. Curva de deshidratado para T7 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	320,0	5,1782	6,6345	0,1845
4	142,5	2,3059	3,7420	0,0910
6	70,0	1,1327	1,7193	0,0248
6,3	60,0	0,9709	1,0518	0,0033
7	55,0	0,8900	0,9305	0,0015
7,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

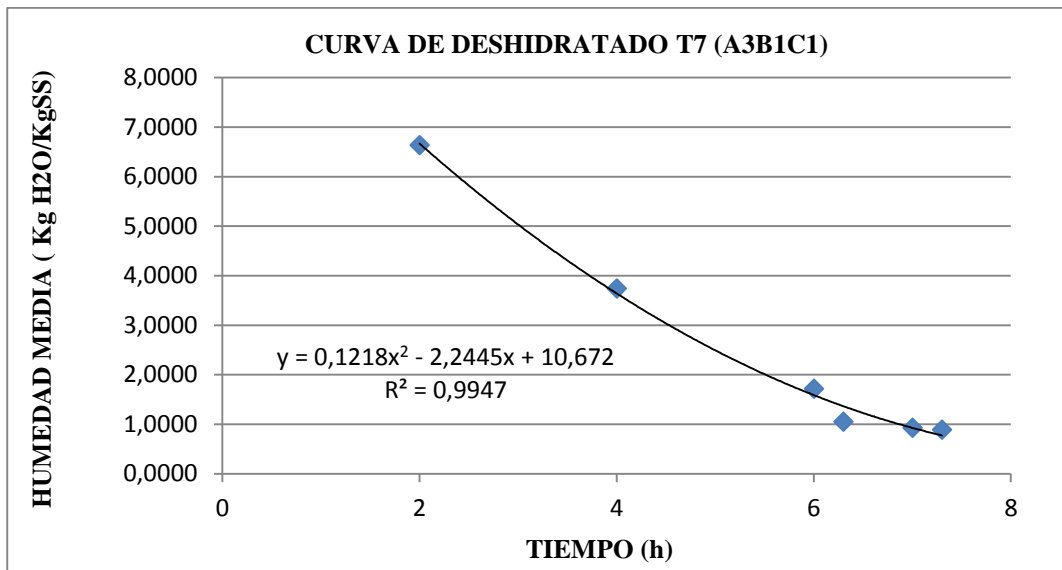


Figura 68 Curva de secado T7

- **Velocidad de secado y humedad.**

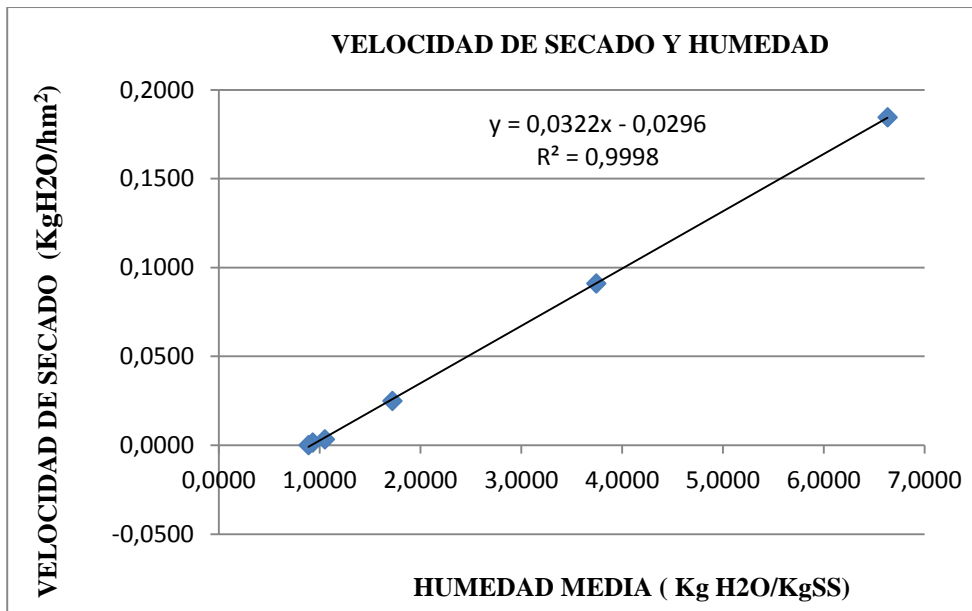


Figura 69 Velocidad de secado vs humedad T7

Tabla 53. Curva de deshidratado para T8 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	382,5	6,1895	7,1402	0,1205
4	237,5	3,8432	5,0164	0,0743
6	130,0	2,1036	2,9734	0,0367
6,3	100,0	1,6182	1,8609	0,0098
7	90,0	1,4564	1,5373	0,0029
7,3	80,0	1,2945	1,3755	0,0028
8	70,0	1,1327	1,2136	0,0026
8,3	65,0	1,0518	1,0923	0,0012
9	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
9,3	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

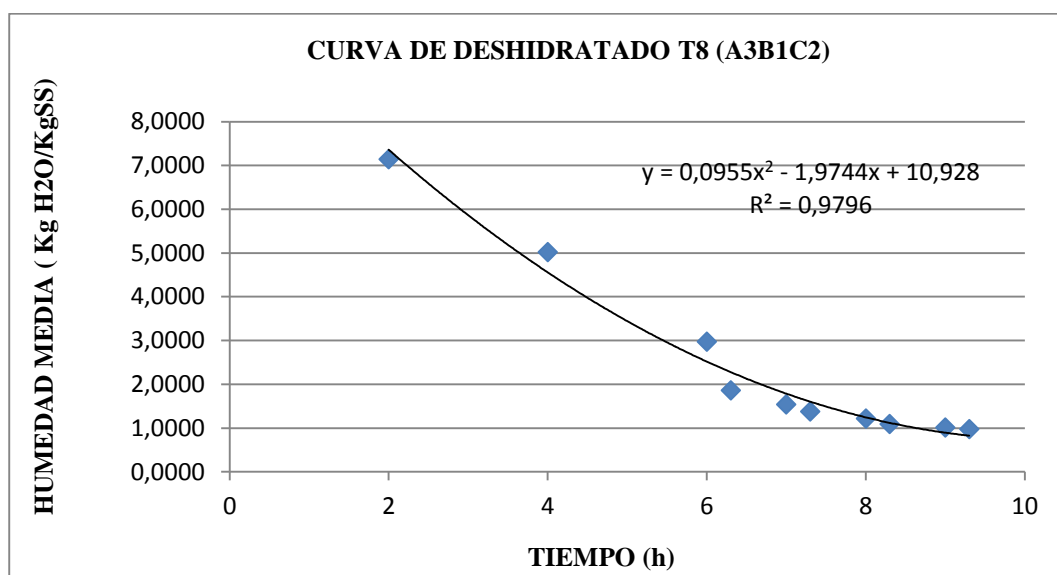


Figura 70 Curva de secado T8

- **Velocidad de secado y humedad**

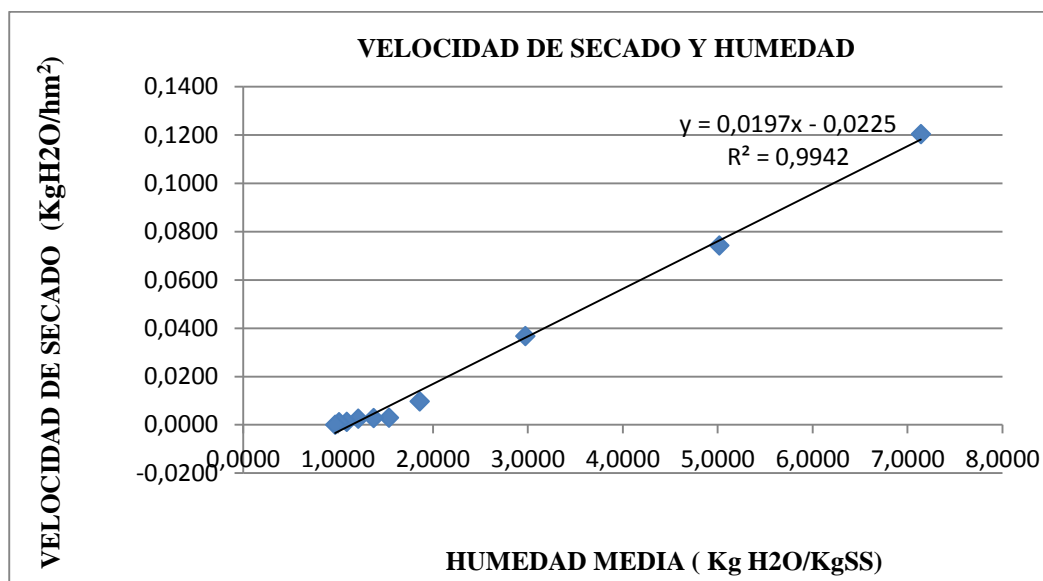


Figura 71 Velocidad de secado vs humedad T8

Tabla 54. Curva de deshidratado para T9 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	MEDIA KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	367,5	5,9468	7,0189	0,1358
4	212,5	3,4386	4,6927	0,0794
6	122,5	1,9823	2,7105	0,0308
6,3	100,0	1,6182	1,8002	0,0073
7	90,0	1,4564	1,5373	0,0029
7,3	80,0	1,2945	1,3755	0,0028
8	75,0	1,2136	1,2541	0,0013
8,3	70,0	1,1327	1,1732	0,0012
9	65,0	1,0518	1,0923	0,0011
9,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
10	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

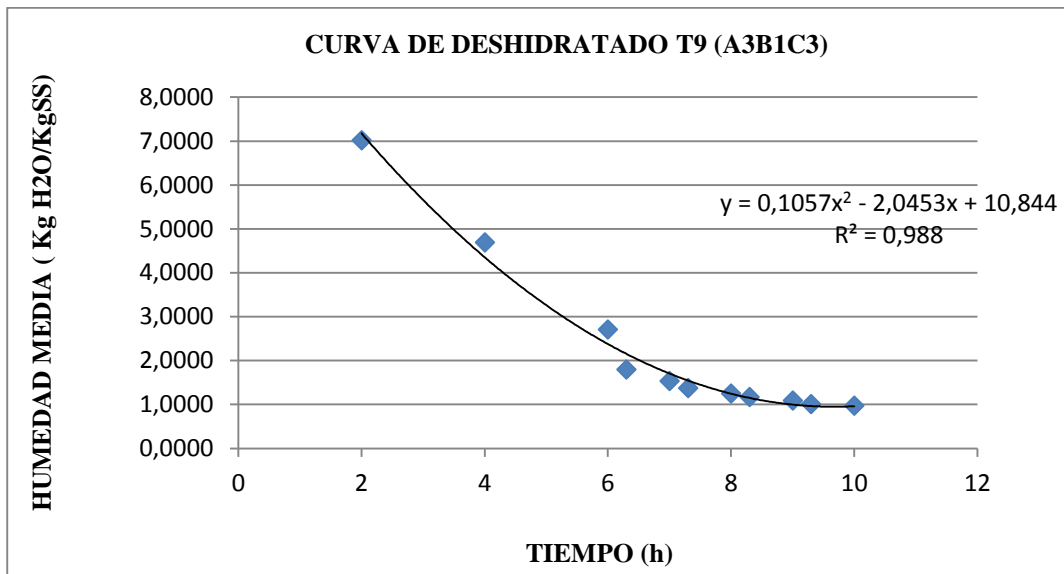


Figura 72 Curva de secado T9

- **Velocidad de secado y humedad.**

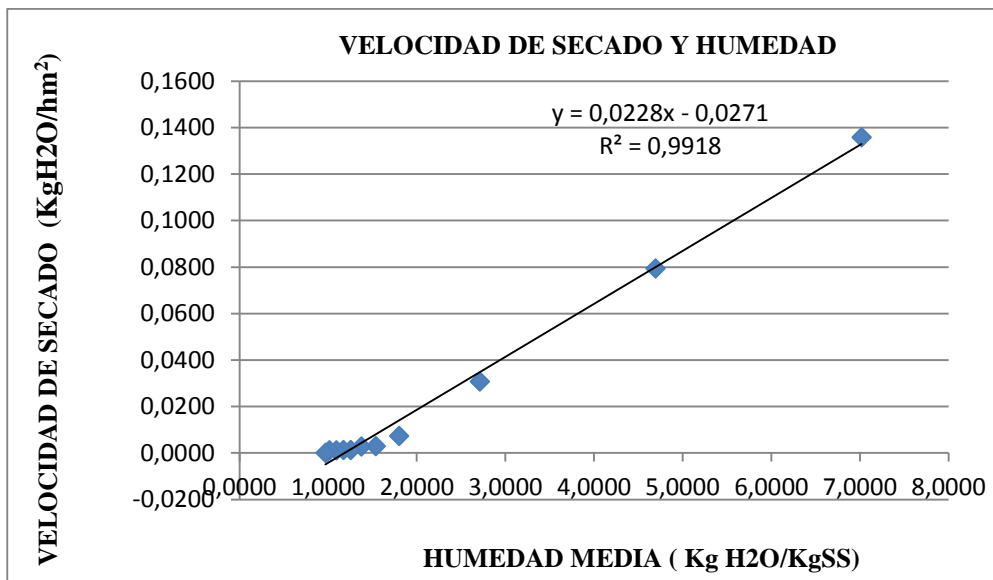


Figura 73 Velocidad de secado vs humedad T9

Tabla 55. Curva de deshidratado para T10 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	345,0	5,5827	6,8368	0,1589
4	190,0	3,0745	4,3286	0,0794
6	77,5	1,2541	2,1643	0,0384
6,3	70,0	1,1327	1,1934	0,0024
7	62,5	1,0114	1,0720	0,0022
7,3	57,5	0,9305	0,9709	0,0014
8	55,0	0,8900	0,9102	0,0006
8,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

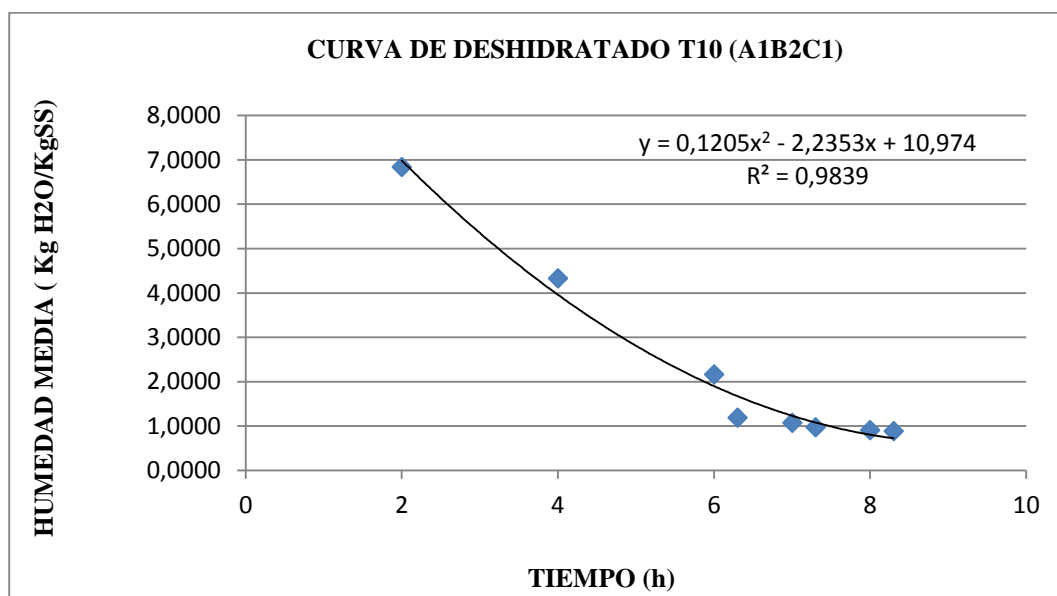


Figura 74 Curva de secado T10

- **Velocidad de secado y humedad.**

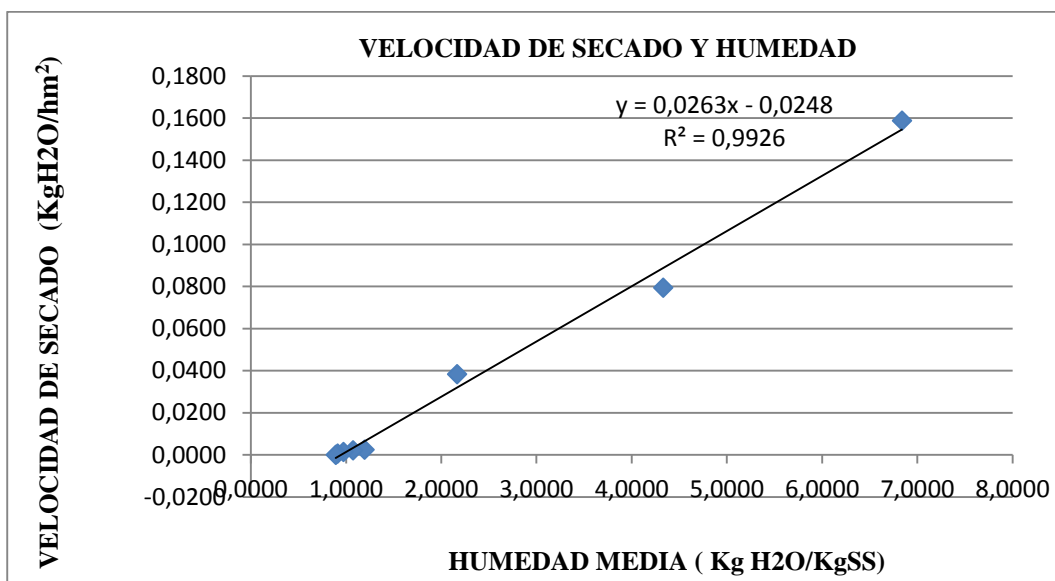


Figura 75 Velocidad de secado vs humedad T10

Tabla 56. Curva de deshidratado para T11 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	MEDIA KgH2O/KgSS	KgH2O/hm²
0	500,0	8,0909		
2	405,0	6,5536	7,3223	0,0974
4	295,0	4,7736	5,6636	0,0564
6	172,5	2,7914	3,7825	0,0419
6,3	140,0	2,2655	2,5284	0,0106
7	117,5	1,9014	2,0834	0,0066
7,3	100,0	1,6182	1,7598	0,0049
8	82,5	1,3350	1,4766	0,0045
8,3	70,0	1,1327	1,2339	0,0031
9	65,0	1,0518	1,0923	0,0011
9,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
10	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

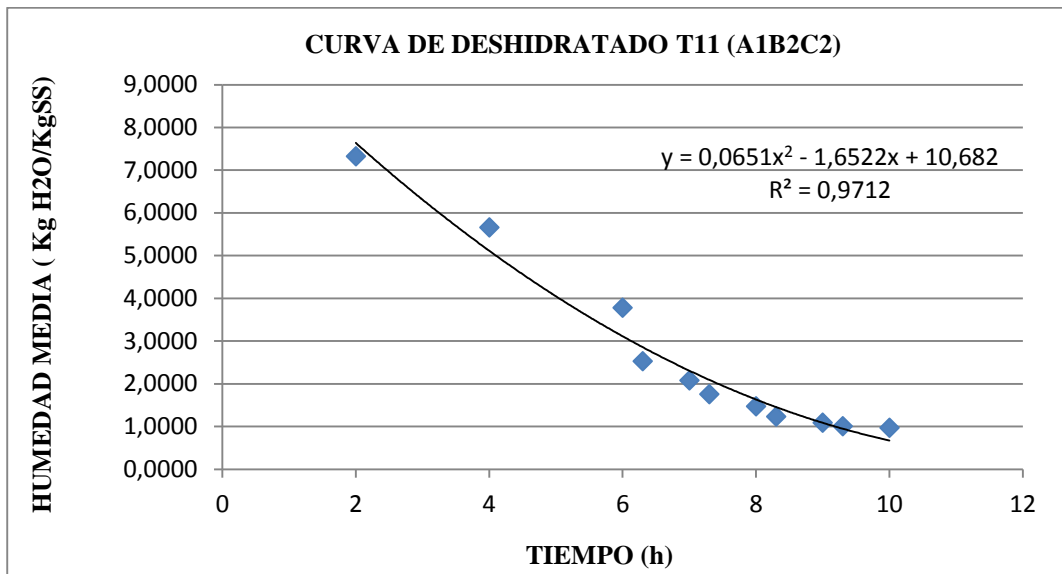


Figura 76 Curva de secado T11

Velocidad de secado y humedad.

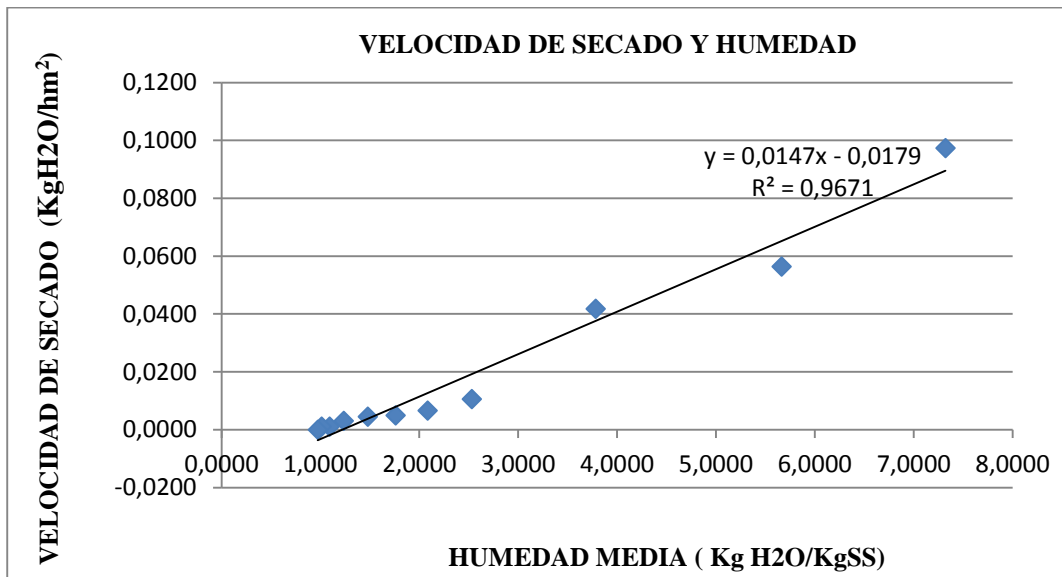


Figura 77 Velocidad de secado vs humedad T11

Tabla 57. Curva de deshidratado para T12 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	377,5	6,1086	7,0998	0,1256
4	245,0	3,9645	5,0366	0,0679
6	130,0	2,1036	3,0341	0,0393
6,3	100,0	1,6182	1,8609	0,0098
7	87,5	1,4159	1,5170	0,0037
7,3	75,0	1,2136	1,3148	0,0035
8	70,0	1,1327	1,1732	0,0013
8,3	65,0	1,0518	1,0923	0,0012
9	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
9,3	57,5	0,9305	0,9507	0,0006
10	57,5	0,9305	0,9305	0,0000

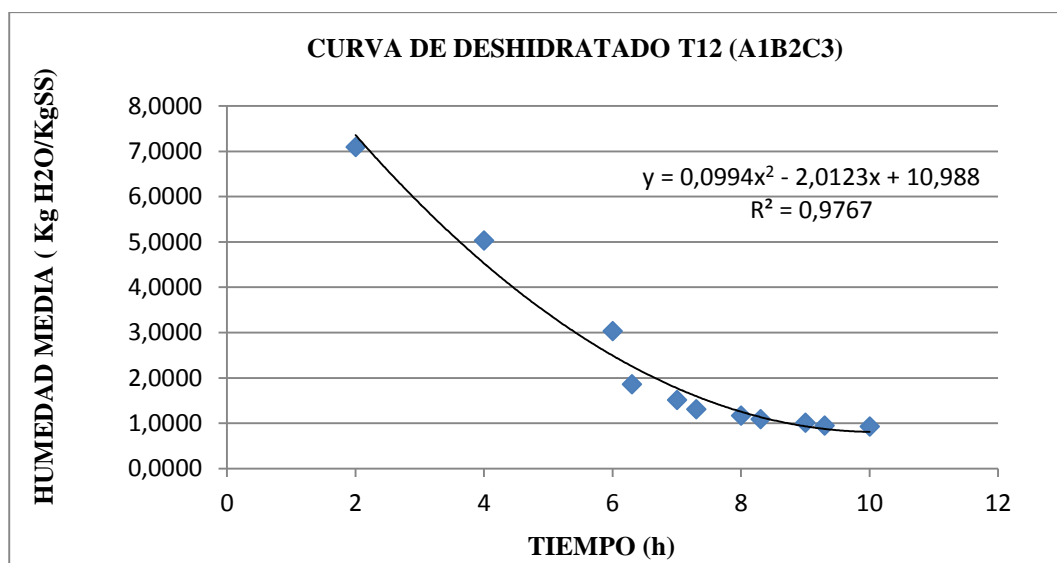


Figura 78 Curva de secado T12

- **Velocidad de secado y humedad.**

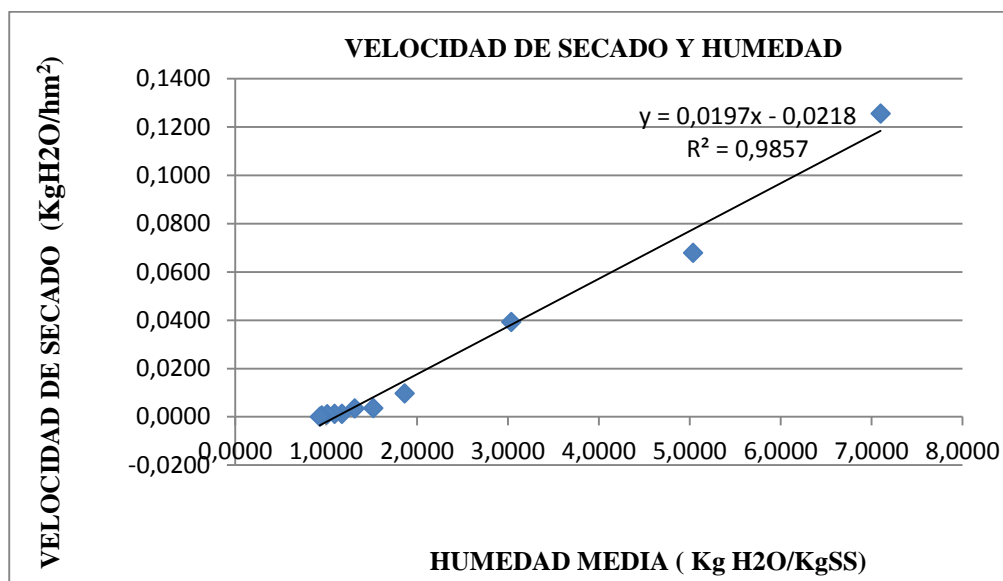


Figura 79 Velocidad de secado vs humedad T12

Tabla 58. Curva de deshidratado para T13 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	MEDIA KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	395,0	6,3918	7,2414	0,1076
4	210,0	3,3982	4,8950	0,0948
6	82,5	1,3350	2,3666	0,0436
6,3	67,5	1,0923	1,2136	0,0049
7	60,0	0,9709	1,0316	0,0022
7,3	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

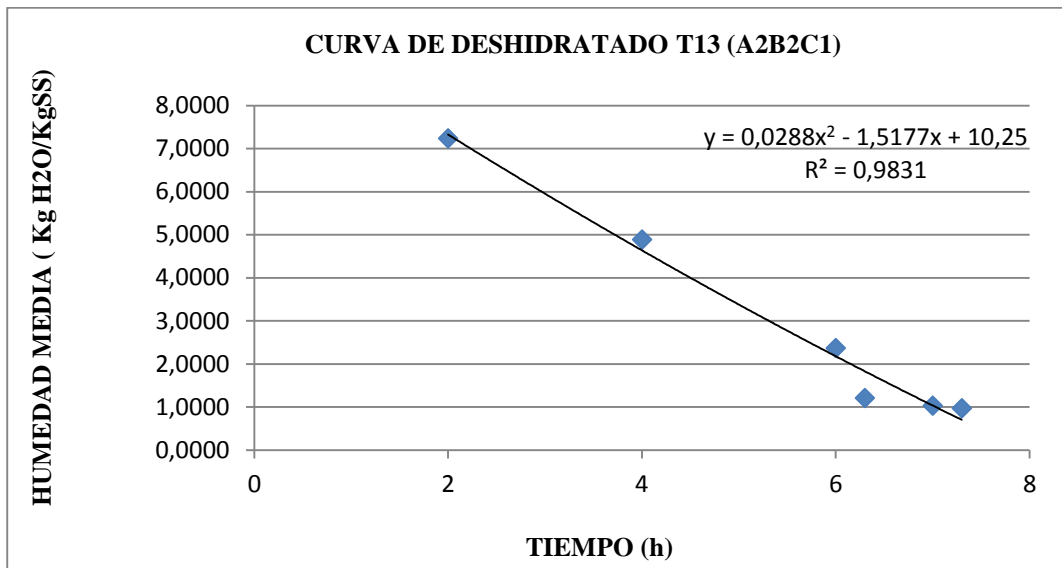


Figura 80 Curva de secado T13

- **Velocidad de secado y humedad.**

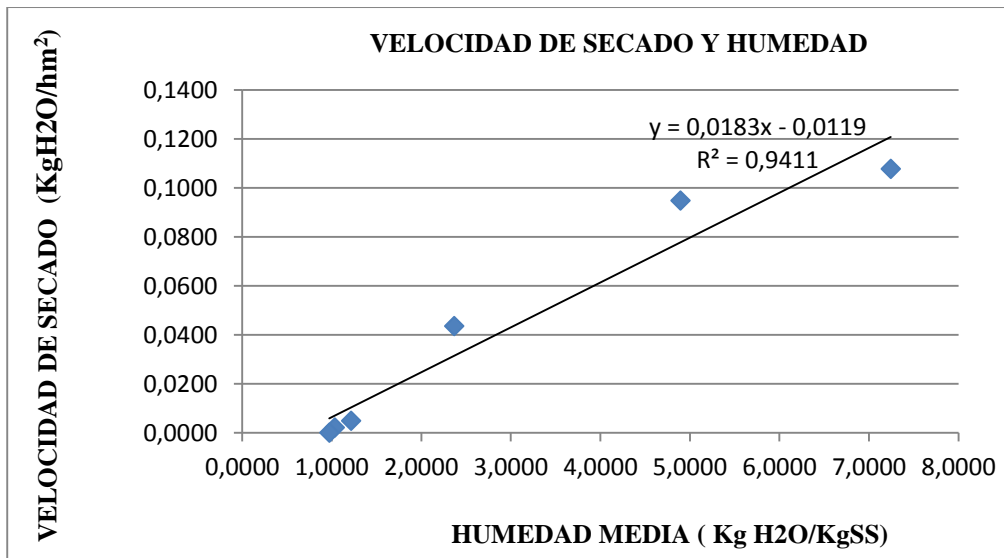


Figura 81 Velocidad de secado vs humedad T13

Tabla 59. Curva de deshidratado para T14 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	427,5	6,9177	7,5043	0,0743
4	302,5	4,8950	5,9064	0,0641
6	192,5	3,1150	4,0050	0,0376
6,3	150,0	2,4273	2,7711	0,0138
7	110,0	1,7800	2,1036	0,0117
7,3	95,0	1,5373	1,6586	0,0042
8	80,0	1,2945	1,4159	0,0038
8,3	70,0	1,1327	1,2136	0,0025
9	60,0	0,9709	1,0518	0,0023
9,3	57,5	0,9305	0,9507	0,0006
10	57,5	0,9305	0,9305	0,0000

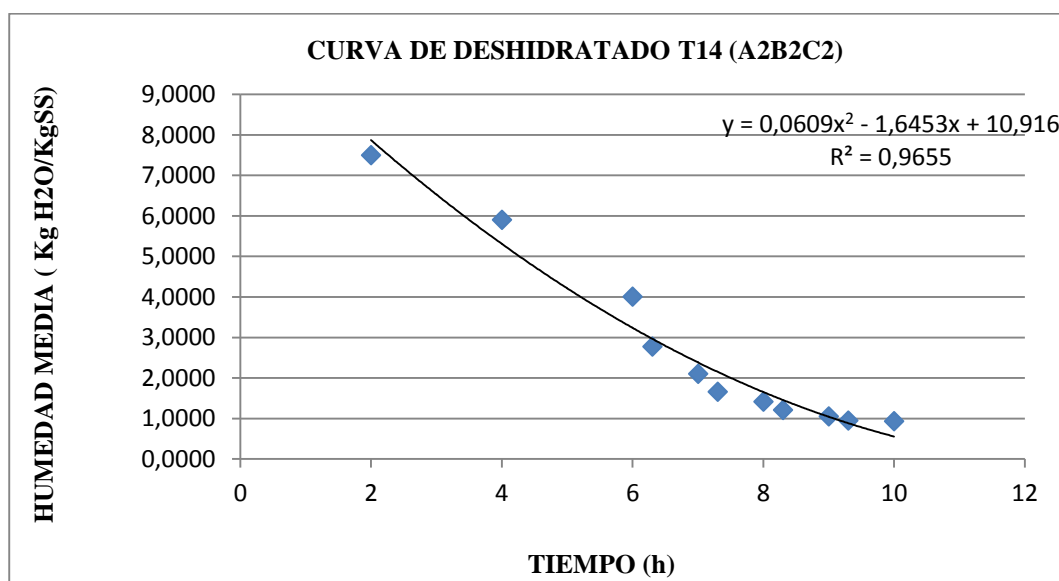


Figura 82 Curva de secado T14

- **Velocidad de secado y humedad.**

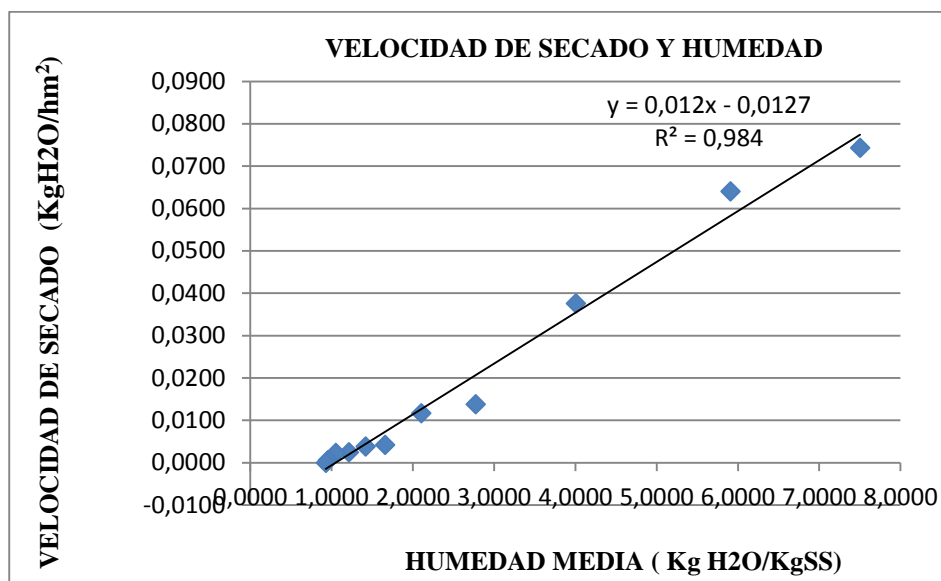


Figura 83 Velocidad de secado vs humedad T14

Tabla 60. Curva de deshidratado para T15 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	425,0	6,8773	7,4841	0,0769
4	302,5	4,8950	5,8861	0,0628
6	197,5	3,1959	4,0455	0,0359
6,3	167,5	2,7105	2,9532	0,0098
7	140,0	2,2655	2,4880	0,0081
7,3	120,0	1,9418	2,1036	0,0056
8	100,0	1,6182	1,7800	0,0051
8,3	90,0	1,4564	1,5373	0,0025
9	80,0	1,2945	1,3755	0,0023
9,3	70,0	1,1327	1,2136	0,0022
10	60,0	0,9709	1,0518	0,0021
10,3	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

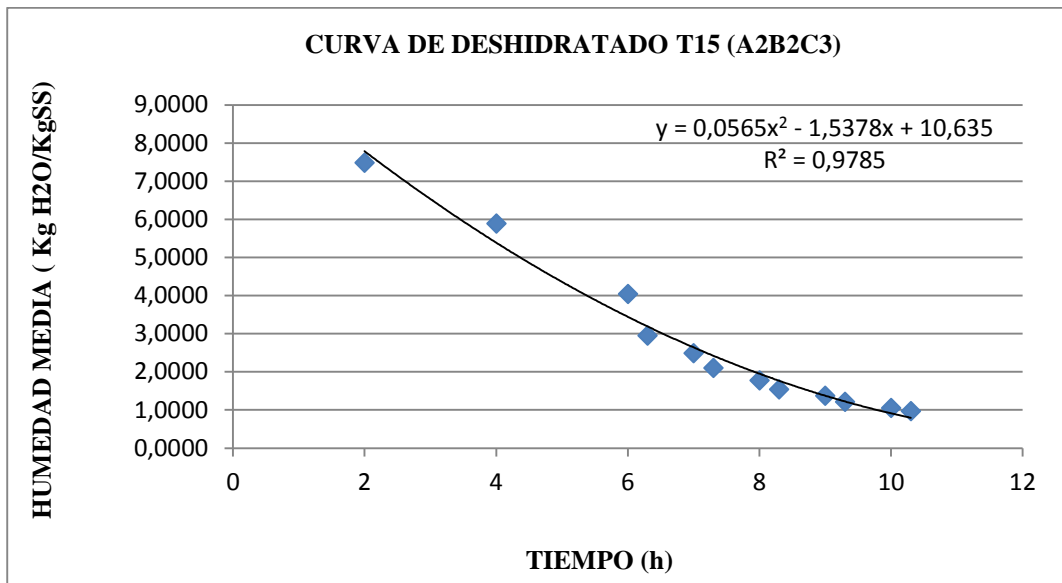


Figura 84 Curva de secado T15

- **Velocidad de secado y humedad.**

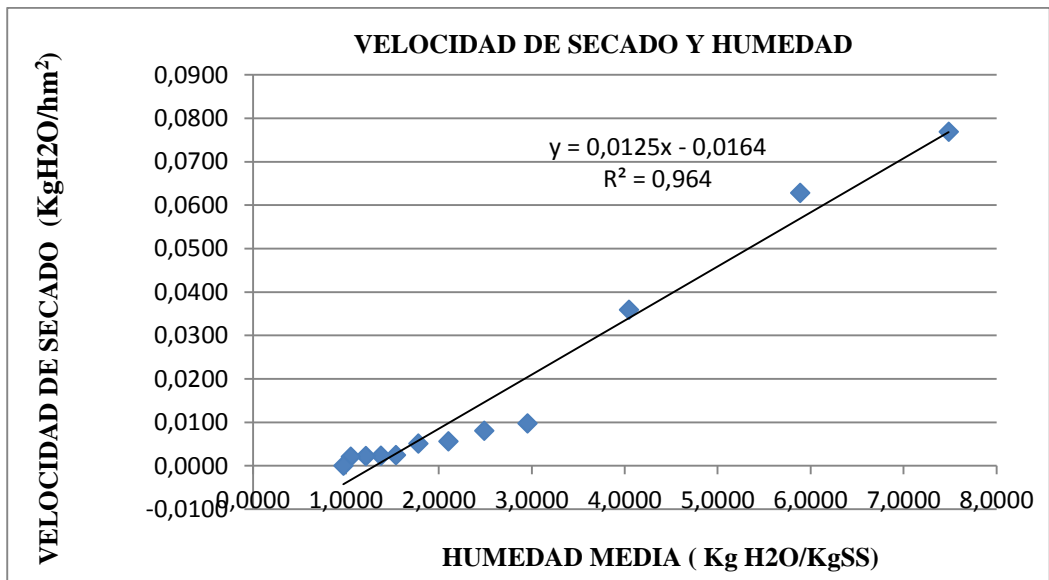


Figura 85 Velocidad de secado vs humedad T15

Tabla 61. Curva de deshidratado para T16 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	315,0	5,0973	6,5941	0,1896
4	132,5	2,1441	3,6207	0,0935
6	60,0	0,9709	1,5575	0,0248
6,3	55,0	0,8900	0,9305	0,0016
7	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

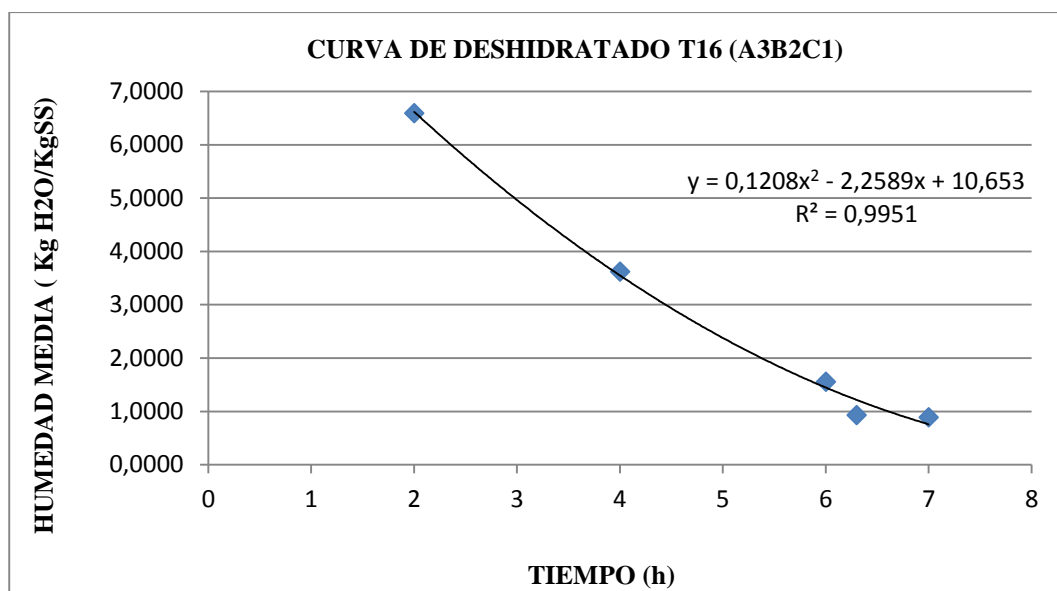


Figura 86 Curva de secado T16

- **Velocidad de secado y humedad.**

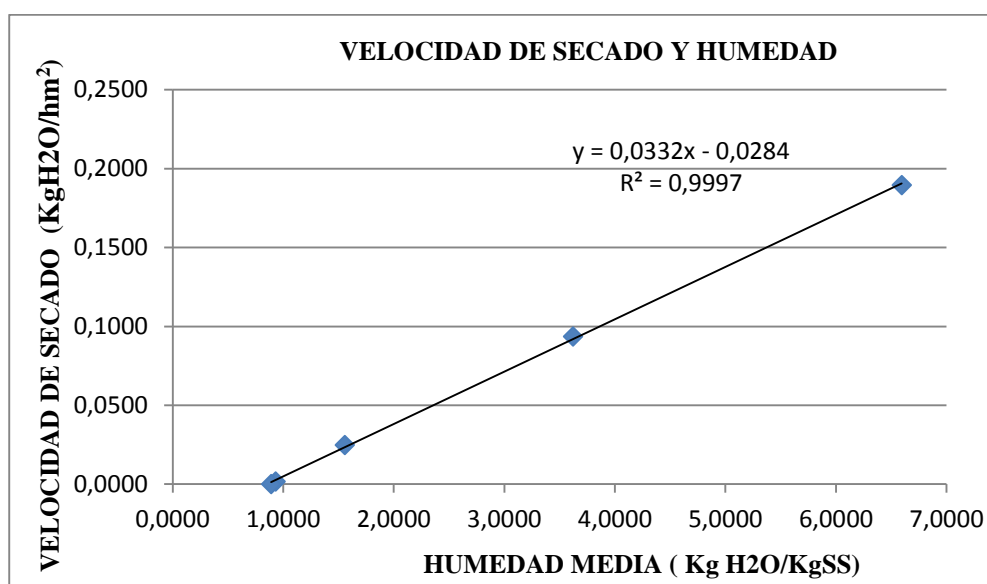


Figura 87 Velocidad de secado vs humedad T16

Tabla 62. Curva de deshidratado para T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	381,0	6,1653	7,1281	0,1220
4	245,0	3,9645	5,0649	0,0697
6	117,5	1,9014	2,9330	0,0436
6,3	90,0	1,4564	1,6789	0,0089
7	75,0	1,2136	1,3350	0,0044
7,3	67,5	1,0923	1,1530	0,0021
8	60,0	0,9709	1,0316	0,0019
8,3	55,0	0,8900	0,9305	0,0012
9	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

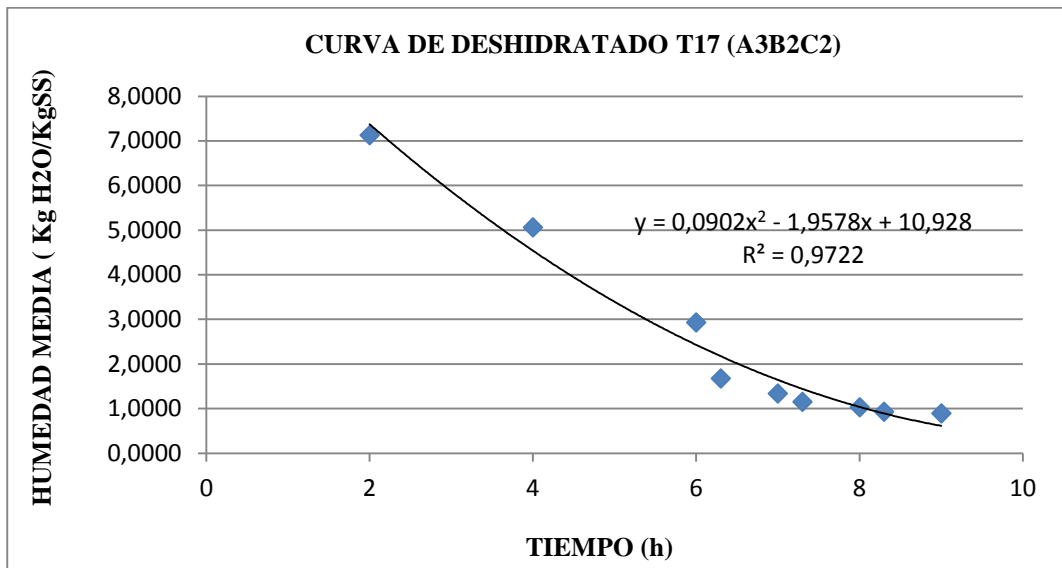


Figura 88 Curva de secado T17

- **Velocidad de secado y humedad.**

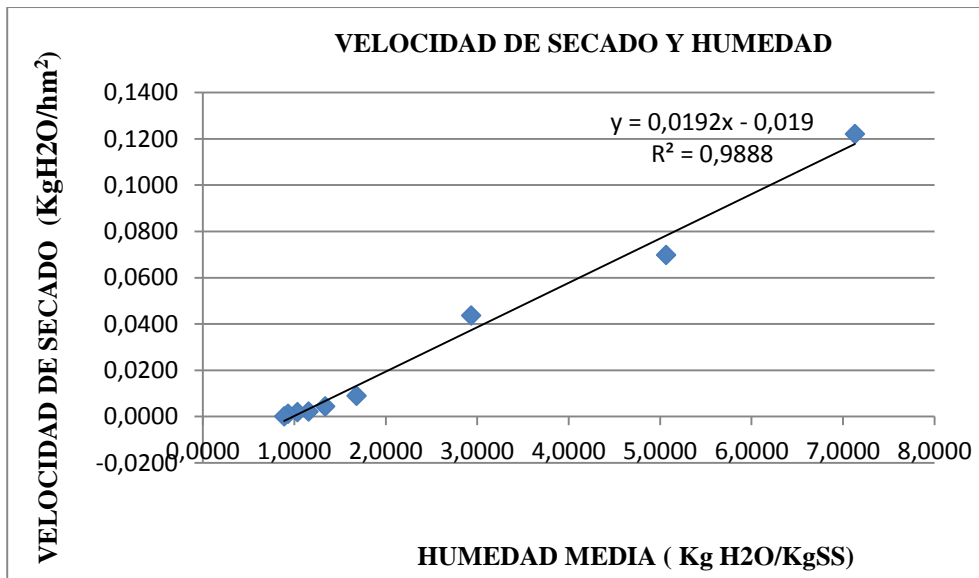


Figura 89 Velocidad de secado vs humedad T17

Tabla 63. Curva de deshidratado para T18 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/KgSS	KgH ₂ O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	360,0	5,8255	6,9582	0,1435
4	207,5	3,3577	4,5916	0,0782
6	90,0	1,4564	2,4070	0,0402
6,3	72,5	1,1732	1,3148	0,0057
7	60,0	0,9709	1,0720	0,0037
7,3	55,0	0,8900	0,9305	0,0014
8	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

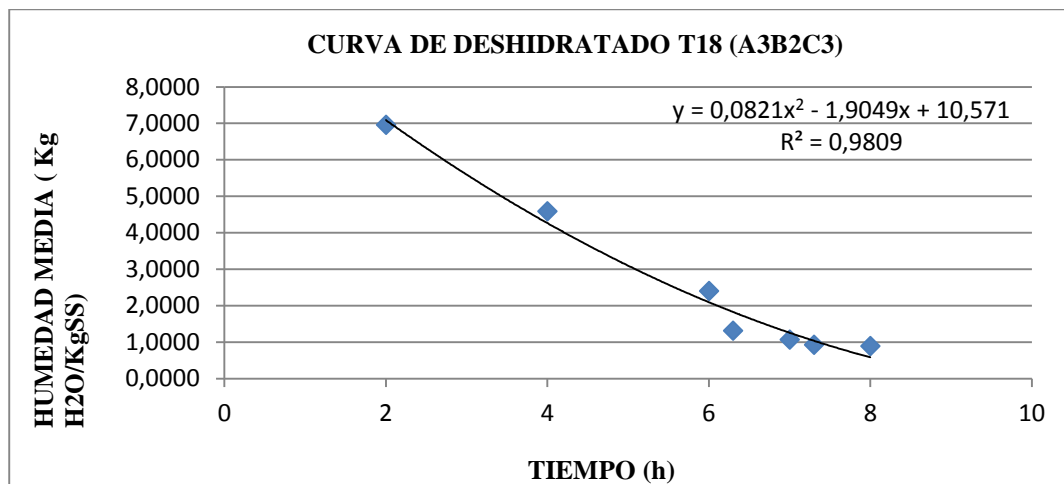


Figura 90 Curva de secado T18

- **Velocidad de secado y humedad.**

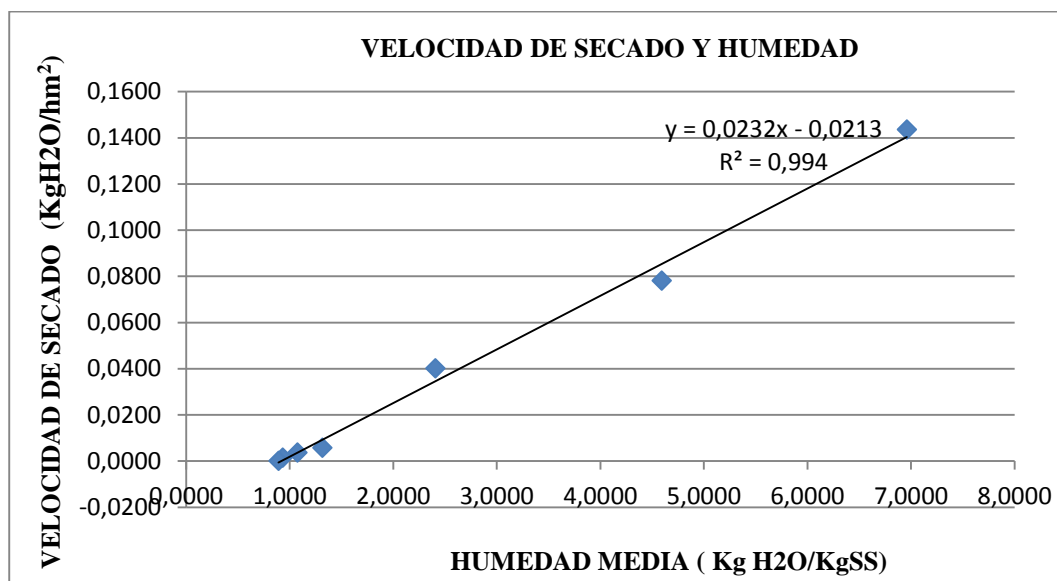


Figura 91 Velocidad de secado vs humedad T18

Tabla 64. Curva de deshidratado para T19 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm²
0	500,0	8,0909		
2	352,5	5,7041	6,8975	0,1512
4	215,0	3,4791	4,5916	0,0705
6	75,0	1,2136	2,3464	0,0478
6,3	67,5	1,0923	1,1530	0,0024
7	62,5	1,0114	1,0518	0,0015
7,3	57,5	0,9305	0,9709	0,0014
8	55,0	0,8900	0,9102	0,0006
8,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

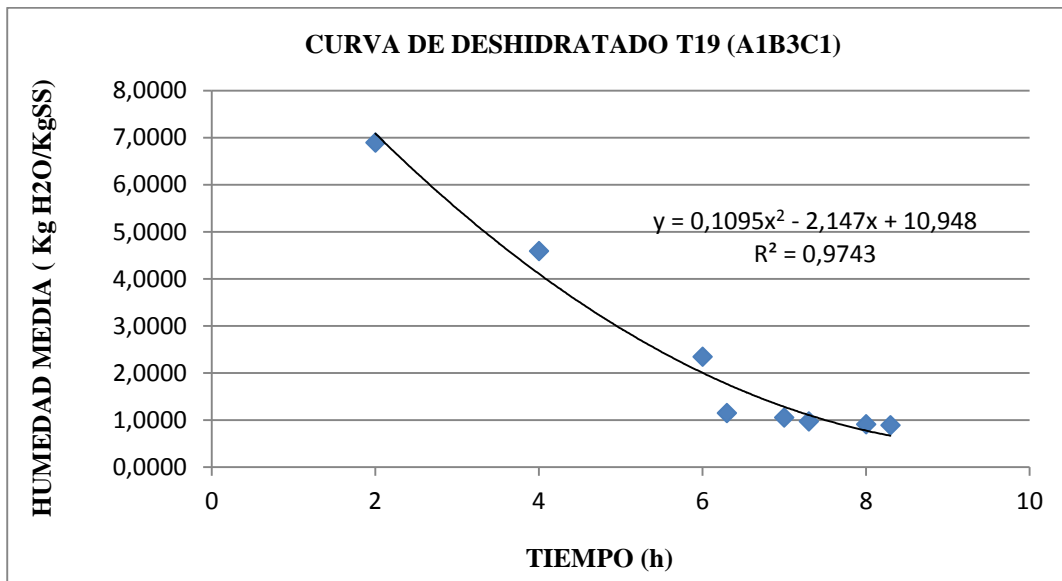


Figura 92 Curva de secado T19

- **Velocidad de secado y humedad.**

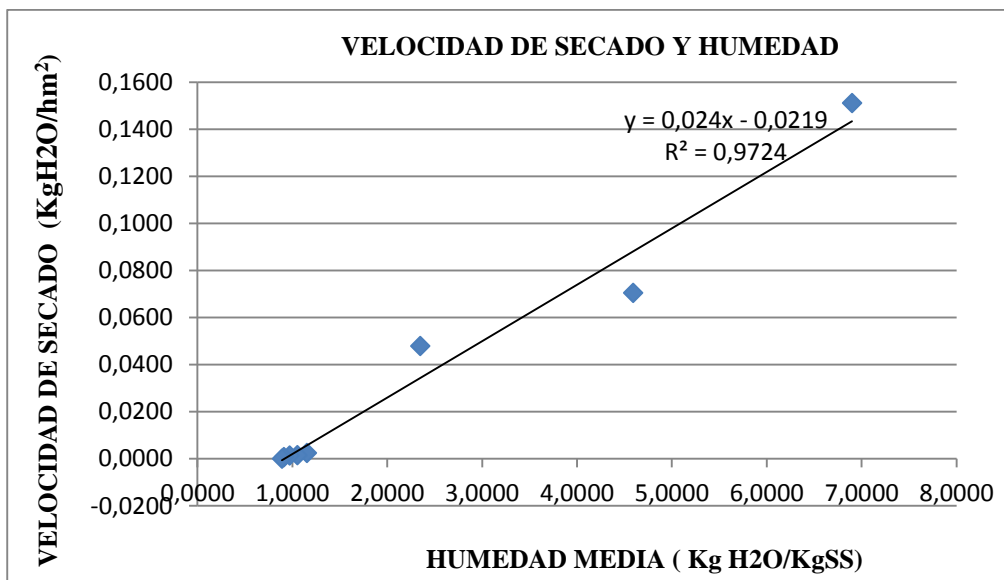


Figura 93 Velocidad de secado vs humedad T19

Tabla 65. Curva de deshidratado para T20 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	405,0	6,5536	7,3223	0,0974
4	297,5	4,8141	5,6839	0,0551
6	192,5	3,1150	3,9645	0,0359
6,3	167,5	2,7105	2,9127	0,0081
7	142,5	2,3059	2,5082	0,0073
7,3	118,0	1,9095	2,1077	0,0069
8	95,0	1,5373	1,7234	0,0059
8,3	80,0	1,2945	1,4159	0,0037
9	70,0	1,1327	1,2136	0,0023
9,3	65,0	1,0518	1,0923	0,0011
10	60,0	0,9709	1,0114	0,0010
10,3	60,0	0,9709	0,9709	0,0000

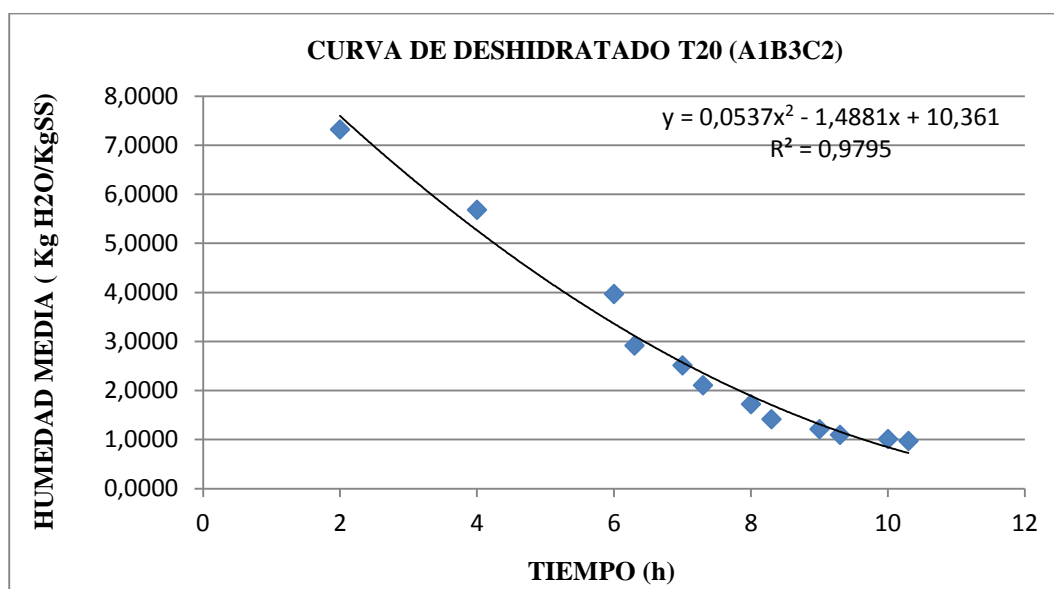


Figura 94 Curva de secado T20

- **Velocidad de secado y humedad.**

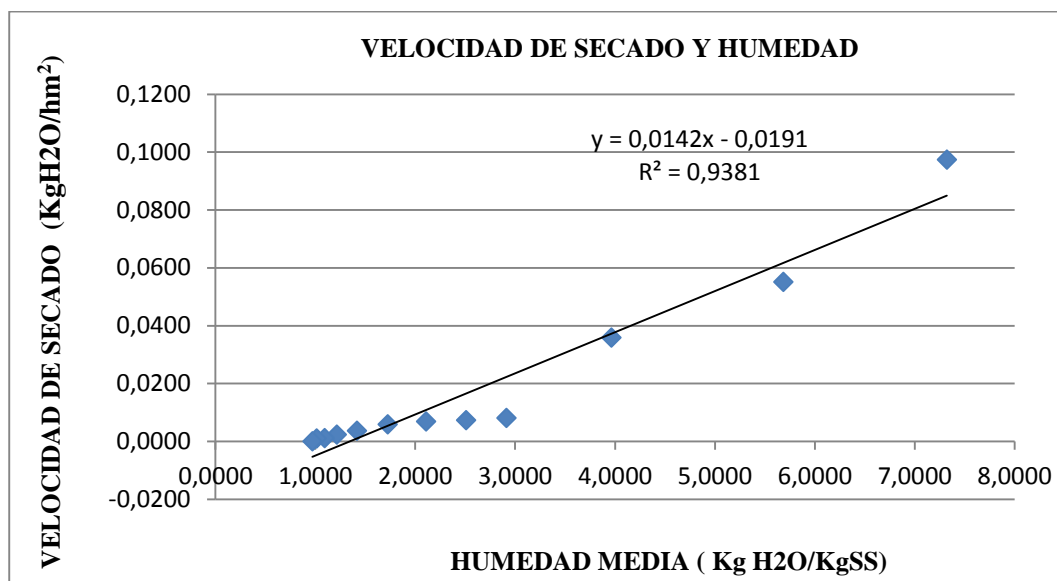


Figura 95 Velocidad de secado vs humedad T20

Tabla 66. Curva de deshidratado para T21 (Temperatura de secado 65 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	MEDIA KgH2O/KgSS	KgH2O/hm²
0	500,0	8,0909		
2	382,5	6,1895	7,1402	0,1205
4	262,5	4,2477	5,2186	0,0615
6	147,5	2,3868	3,3173	0,0393
6,3	125,0	2,0227	2,2048	0,0073
7	110,0	1,7800	1,9014	0,0044
7,3	97,5	1,5777	1,6789	0,0035
8	85,0	1,3755	1,4766	0,0032
8,3	75,0	1,2136	1,2945	0,0025
9	65,0	1,0518	1,1327	0,0023
9,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0011
10	57,5	0,9305	0,9507	0,0005
10,3	57,5	0,9305	0,9305	0,0000

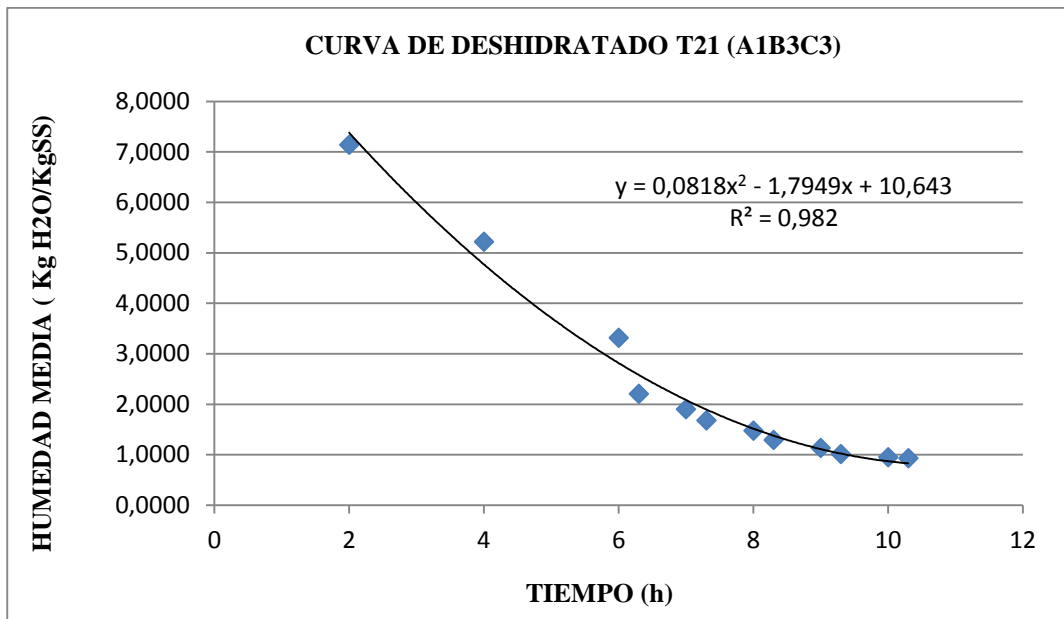


Figura 96 Curva de secado T21

- **Velocidad de secado y humedad.**

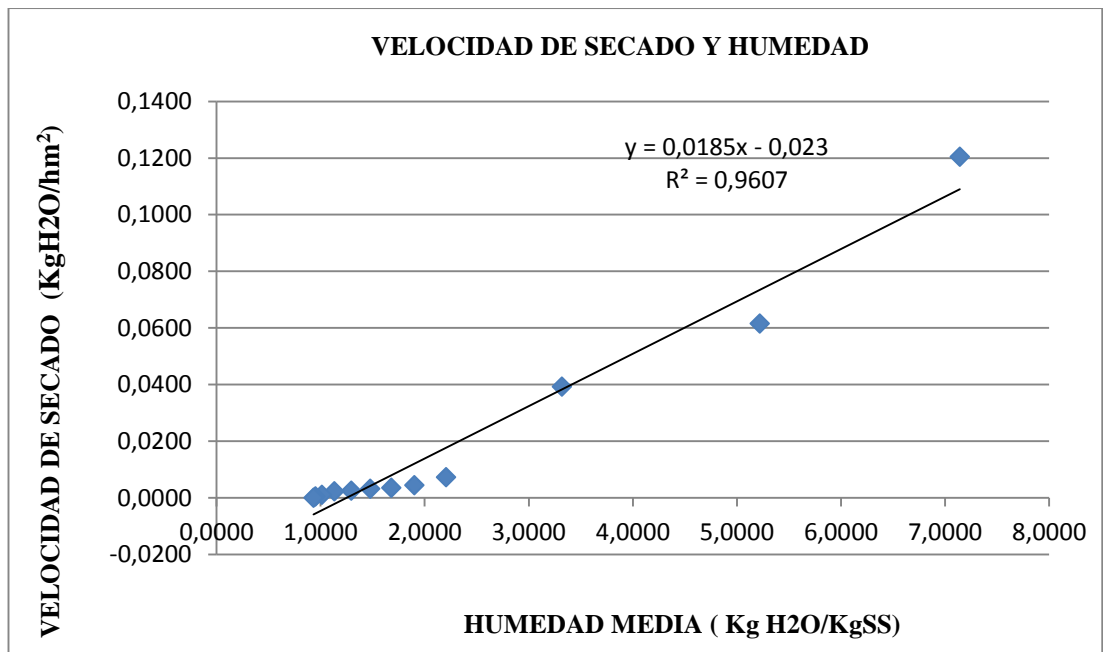


Figura 97 Velocidad de secado vs humedad T21

Tabla 67. Curva de deshidratado para T22 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	415,0	6,7155	7,4032	0,0871
4	262,5	4,2477	5,4816	0,0782
6	165,0	2,6700	3,4589	0,0333
6,3	125,0	2,0227	2,3464	0,0130
7	85,0	1,3755	1,6991	0,0117
7,3	70,0	1,1327	1,2541	0,0042
8	60,0	0,9709	1,0518	0,0026
8,3	55,0	0,8900	0,9305	0,0012
9	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

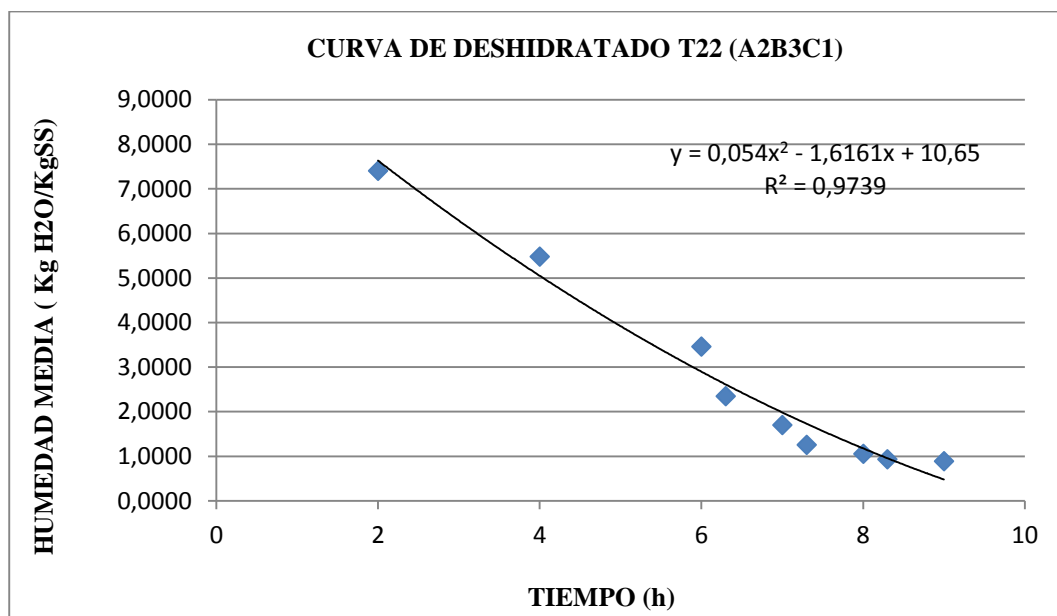


Figura 98 Curva de secado T22

- **Velocidad de secado y humedad.**

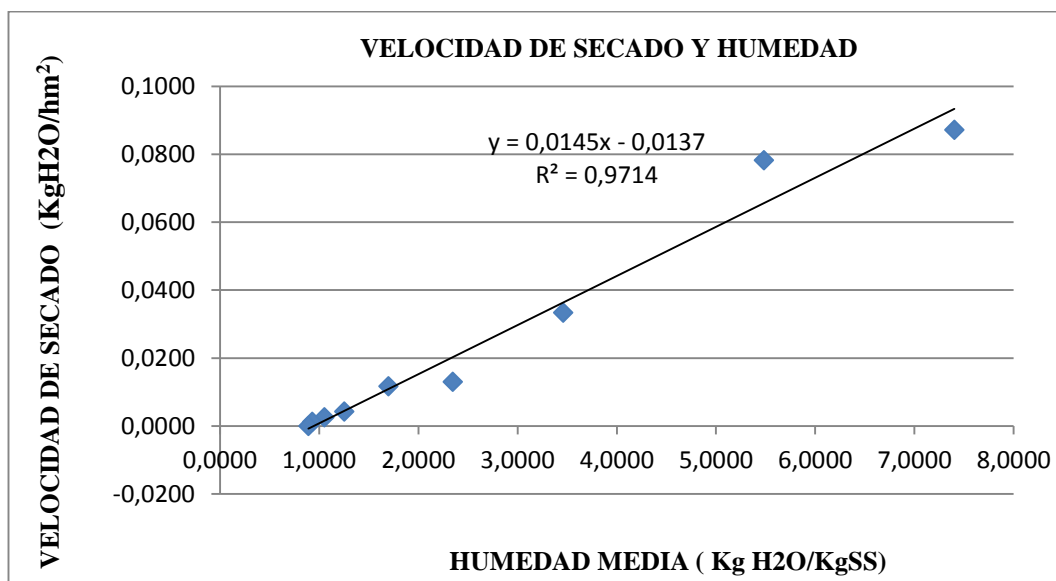


Figura 99 Velocidad de secado vs humedad T22

Tabla 68. Curva de deshidratado para T23 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm²
0	500,0	8,0909		
2	420,0	6,7964	7,4436	0,0820
4	332,5	5,3805	6,0884	0,0448
6	252,5	4,0859	4,7332	0,0273
6,3	200,0	3,2364	3,6611	0,0171
7	160,0	2,5891	2,9127	0,0117
7,3	130,0	2,1036	2,3464	0,0084
8	110,0	1,7800	1,9418	0,0051
8,3	90,0	1,4564	1,6182	0,0049
9	70,0	1,1327	1,2945	0,0046
9,3	60,0	0,9709	1,0518	0,0022
10	55,0	0,8900	0,9305	0,0010
10,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

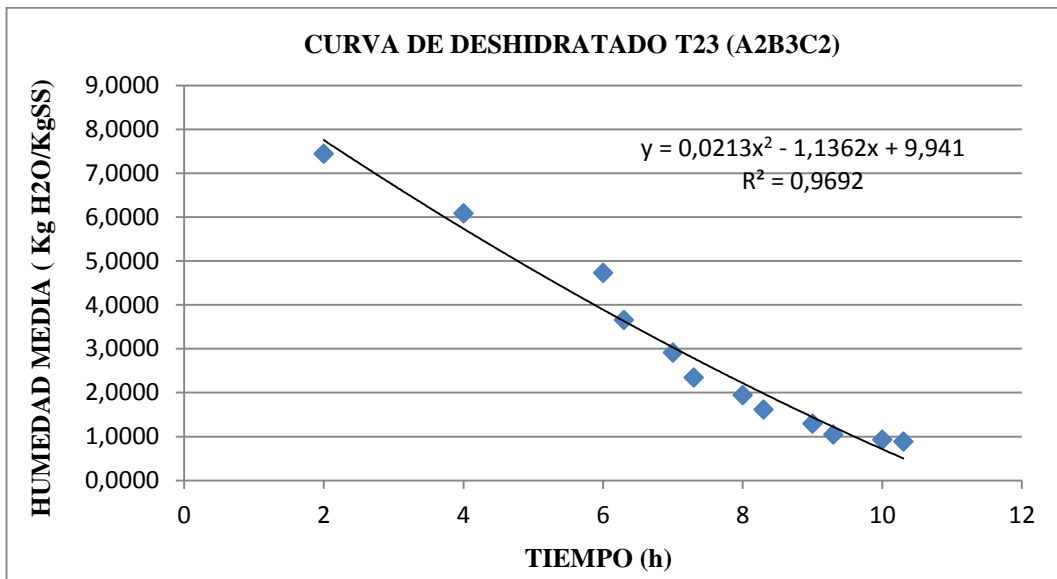


Figura 100 Curva de secado T23

- **Velocidad de secado y humedad.**

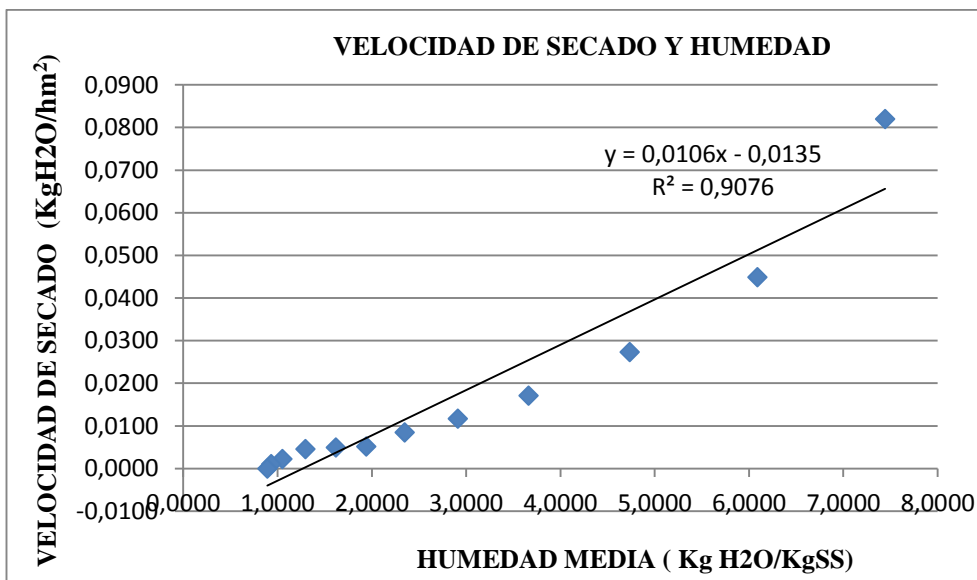


Figura 101 Velocidad de secado vs humedad T23

Tabla 69. Curva de deshidratado para T24 (Temperatura de secado 70 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	430,0	6,9582	7,5245	0,0718
4	307,5	4,9759	5,9670	0,0628
6	222,5	3,6005	4,2882	0,0290
6,3	170,0	2,7509	3,1757	0,0171
7	135,0	2,1845	2,4677	0,0103
7,3	110,0	1,7800	1,9823	0,0070
8	85,0	1,3755	1,5777	0,0064
8,3	67,5	1,0923	1,2339	0,0043
9	62,5	1,0114	1,0518	0,0011
9,3	58,0	0,9385	0,9750	0,0010
10	55,0	0,8900	0,9143	0,0006
10,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

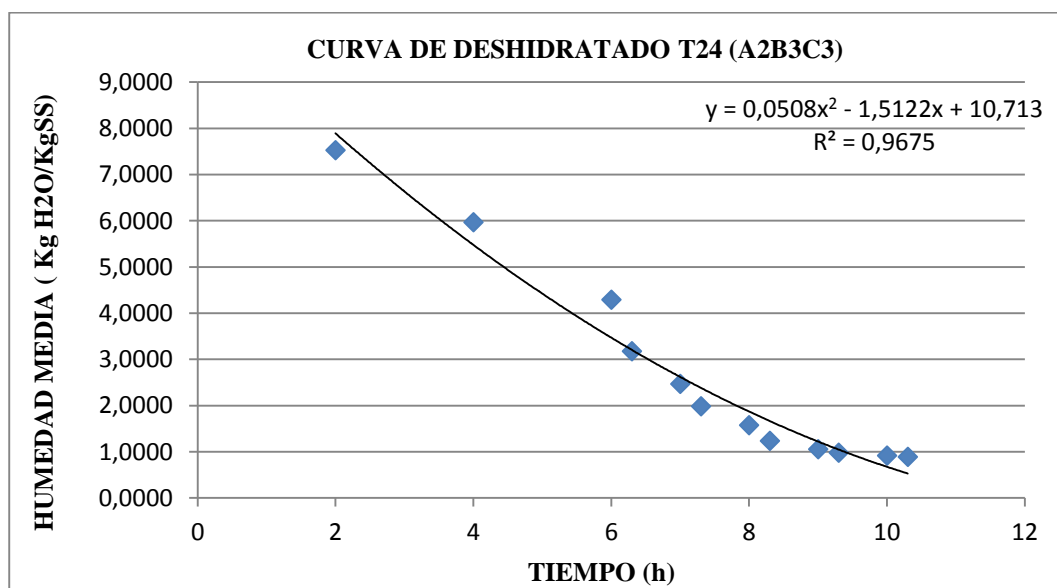


Figura 102 Curva de secado T24

- **Velocidad de secado y humedad.**

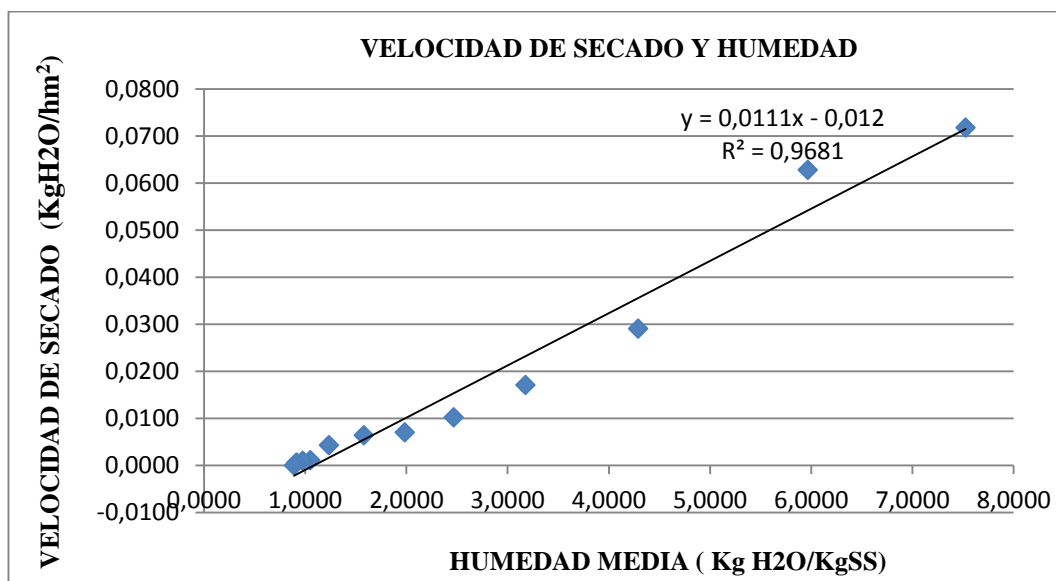


Figura 103 Velocidad de secado vs humedad T24

Tabla 70. Curva de deshidratado para T25 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 7°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	320,0	5,1782	6,6345	0,1845
4	140,0	2,2655	3,7218	0,0923
6	67,5	1,0923	1,6789	0,0248
6,3	55,0	0,8900	0,9911	0,0041
7	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

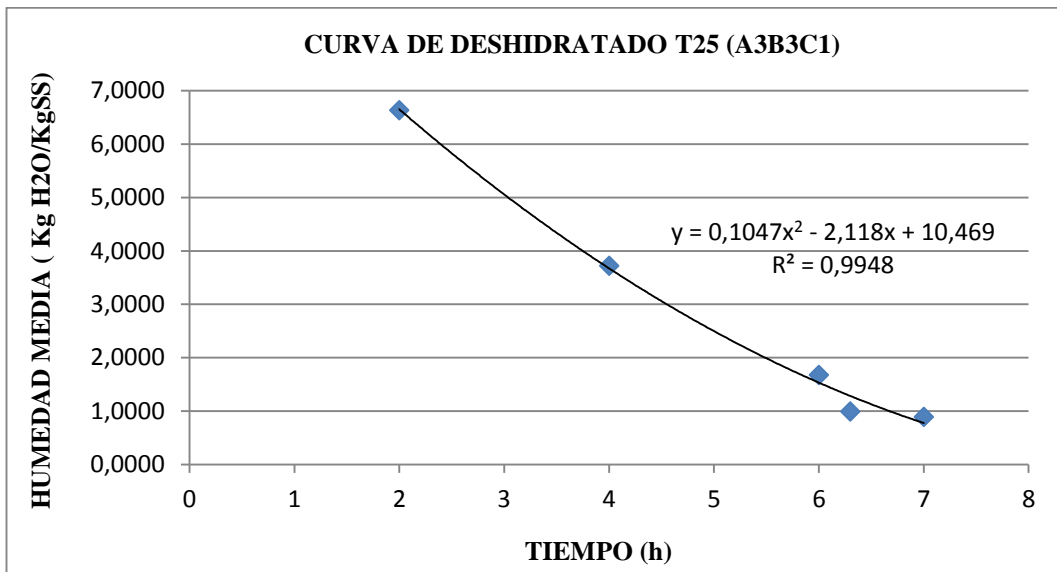


Figura 104 Curva de secado T25

- **Velocidad de secado y humedad.**

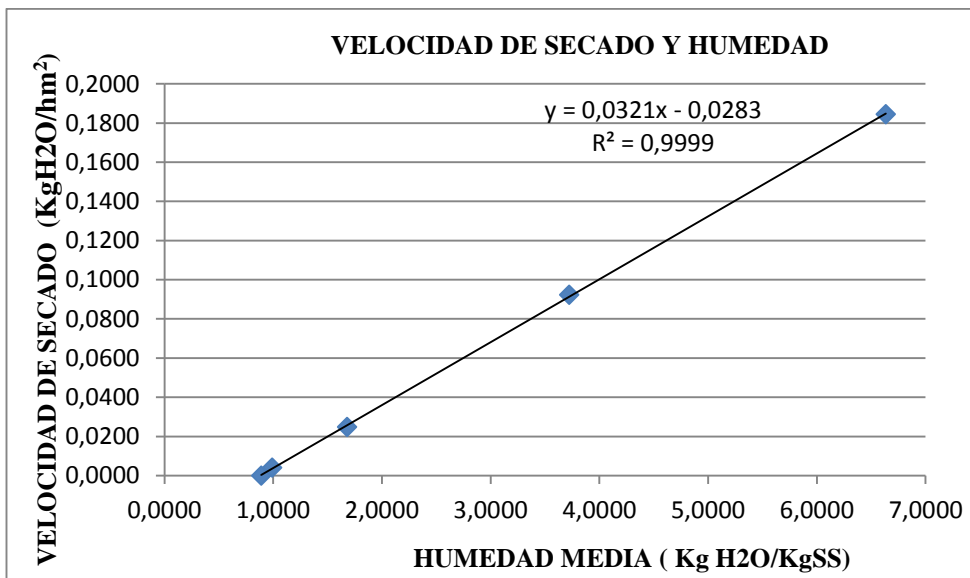


Figura 105 Velocidad de secado vs humedad T25

Tabla 71. Curva de deshidratado para T26 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	375,0	6,0682	7,0795	0,1281
4	240,0	3,8836	4,9759	0,0692
6	115,0	1,8609	2,8723	0,0427
6,3	100,0	1,6182	1,7395	0,0049
7	85,0	1,3755	1,4968	0,0044
7,3	70,0	1,1327	1,2541	0,0042
8	61,0	0,9871	1,0599	0,0023
8,3	55,0	0,8900	0,9385	0,0015
9	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

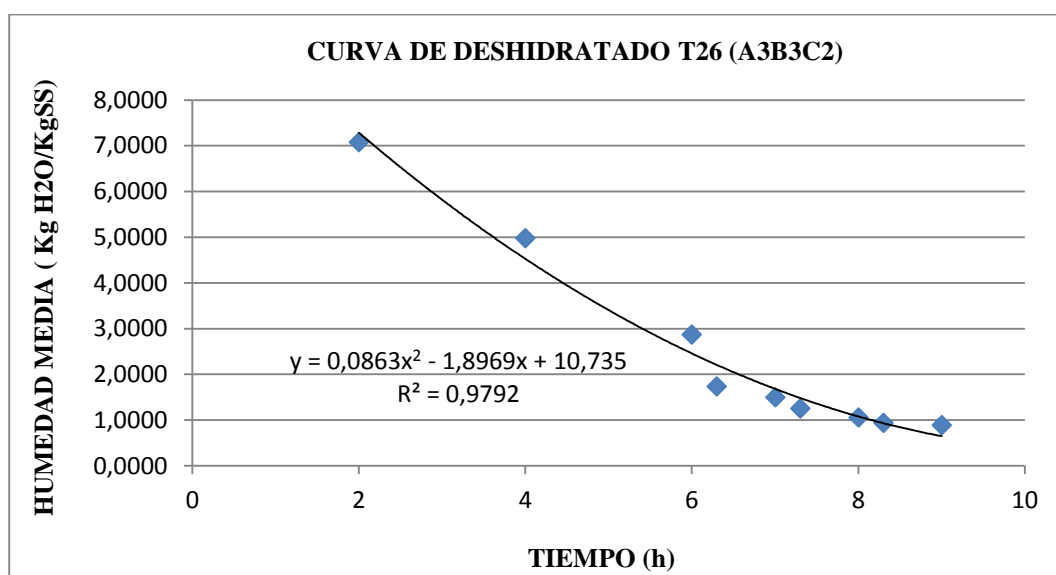


Figura 106 Curva de secado T26

- **Velocidad de secado y humedad.**

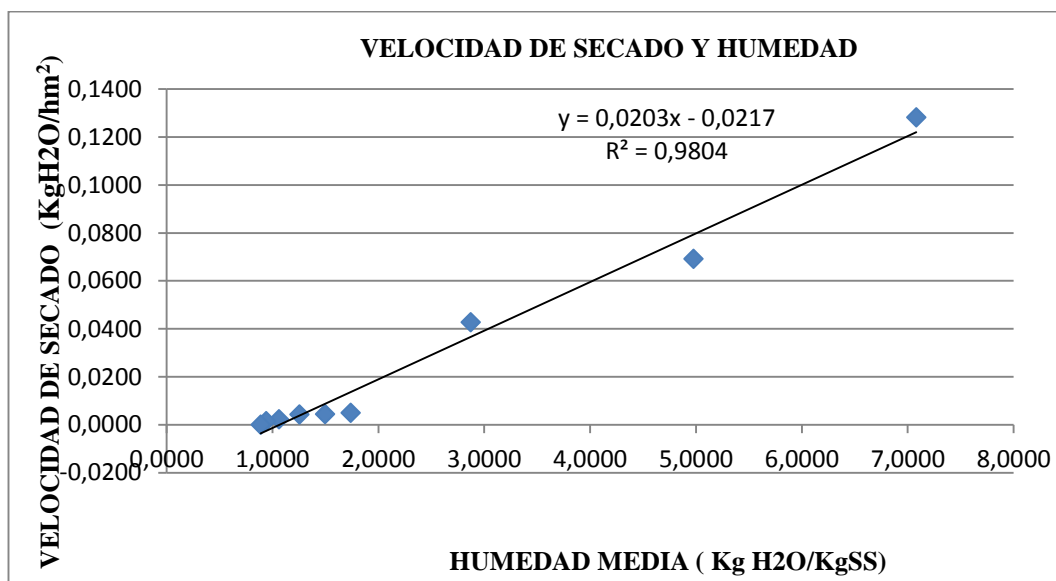


Figura 107 Velocidad de secado vs humedad T26

Tabla 72. Curva de deshidratado para T27 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 4 m/s + índice de madurez 9°brix).

TIEMPO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
horas	gramos	KgH2O/KgSS	KgH2O/KgSS	KgH2O/hm²
0	500,0	8,0909		
2	377,5	6,1086	7,0998	0,1256
4	210,0	3,3982	4,7534	0,0859
6	140,0	2,2655	2,8318	0,0239
6,3	75,0	1,2136	1,7395	0,0212
7	65,0	1,0518	1,1327	0,0029
7,3	60,0	0,9709	1,0114	0,0014
8	55,0	0,8900	0,9305	0,0013
8,3	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

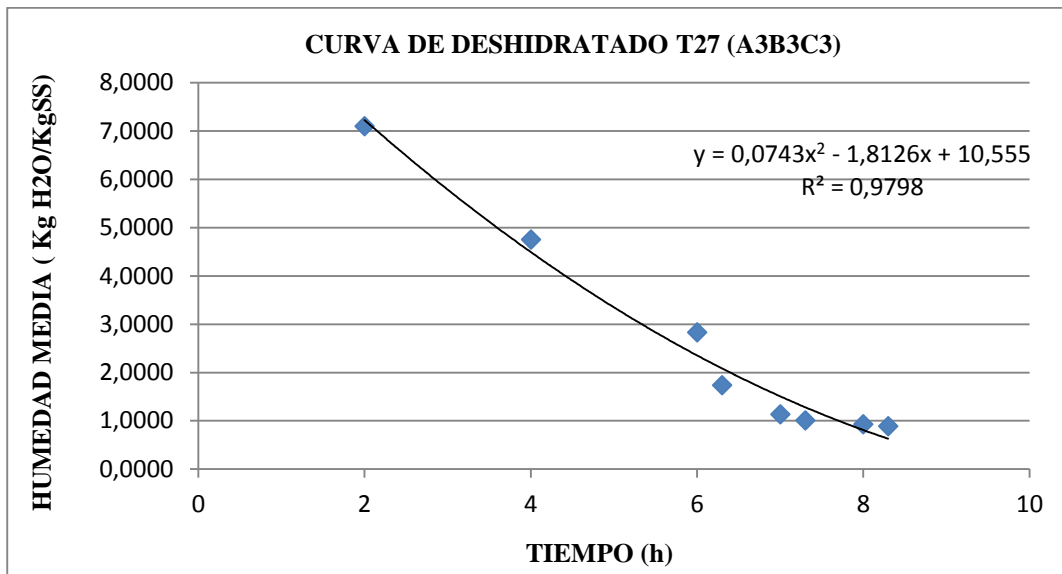


Figura 108 Curva de secado T27

- **Velocidad de secado y humedad.**

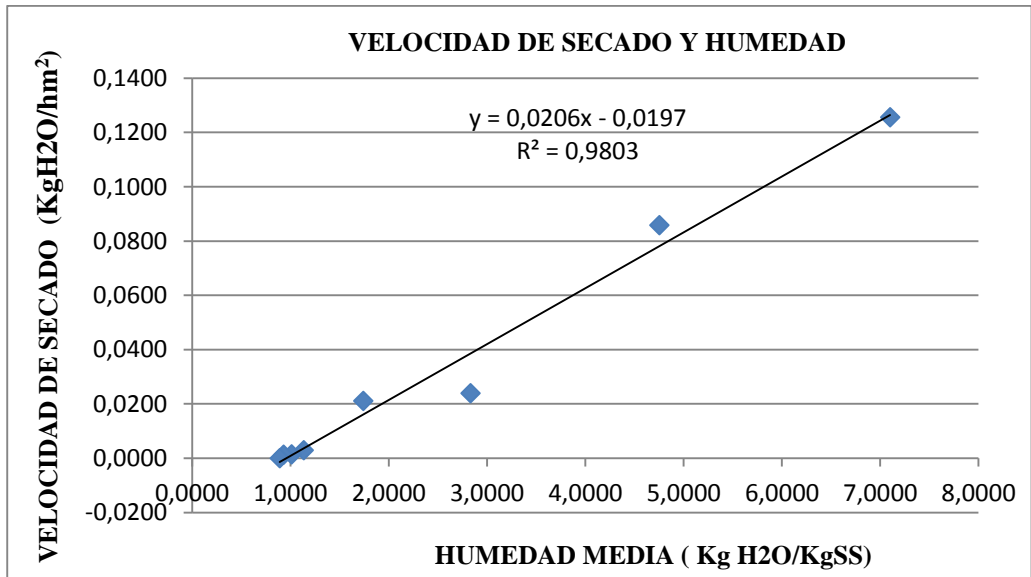


Figura 109 Velocidad de secado vs humedad T27

Anexo 6. Costos de producción a nivel del laboratorio.

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	V.UNIT (USD)	V. TOTAL (USD)
COSTOS				
VARIABLES				
Cosecha	Kg	30	1,00	30,00
Pos cosecha				
Transporte	kg	1	0,02	0,020
Recepción	Horas	0,95	0,98	0,931
Pesado 1	Horas	0,95	0,98	0,931
Selección	Horas	0,90	0,98	0,882
Pesado 2	Horas	0,90	0,98	0,882
Desinfección	Horas	0,90	0,98	0,882
Despulpado	Horas	0,50	0,98	0,490
Pesado 3	Horas	0,50	0,98	0,490
Laminado	Horas	0,50	0,98	0,490
Secado	Horas	0,45	0,98	0,441
Pesado 4	Horas	0,055	0,98	0,054
Cortado	Horas	0,045	0,98	0,044
Empaque	Horas	0,045	0,98	0,044
Almacenamiento	Horas	0,045	0,98	0,044
TOTAL				36,625
COSTOS				
VARIABLES				
INSUMOS Y MATERIALES				
Papel arroz	Unidad	24	3,00	72,00
Papel celofan	Unidad	4	1,00	4,00
Papel encerado	Unidad	2	0,95	1,90
Hipoclorito de sodio	Cc	50	0,01	0,50
Etiquetas	Unidad	27	0,25	6,75
Termómetro	Unidad	1	8,00	8,00
Bandejas plásticas	Unidad	3	1,25	3,75
TOTAL				96,90
COSTOS				
INSUMOS Y MATERIALES				
GASTOS FINANCIEROS				
Balanza digital	Unidad	1	12,00	12,00
Secador de bandejas	Unidad	1	500,00	500,00
TOTAL GASTOS FINANCIEROS				512,00
COSTO TOTAL				645,525

MAQUINARIA	ENERGÍA CANTIDAD (KW)	TIEMPO DE USO (h)	CANTIDAD ENERGÍA TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Balanza digital	0,3	3	0,90	0,0935	0,084
Secador de bandejas	3	81	243,00	0,0950	23,085
TOTAL			243,90	0,1885	23,169

Anexo 7. Costo de producción para cada paquete de 20 unidades.

Detalle	valor	Unidad
Carambola	0,16	Ctv
Papel de arroz	0,99	Ctv
Papel encerado	0,80	Ctv
Papel celofan	0,50	Ctv
Agua	0,02	Ctv
Luz eléctrica	0,11	Ctv
Hipoclorito de sodio	0,01	Ctv
Etiqueta	0,25	Ctv
Mano de obra	0,80	Ctv
Total	3,64	Ctv

Anexo 8. Norma Técnica Ecuatoriana 2787. Coco rallado desecado.



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2787
2013-11

**NORMA PARA EL COCO RALLADO DESECADO (CODEX STAN
177-1991, MOD)**

STANDARD FOR GRATED DESICCATED COCONUT (CODEX STAN 177-1991, MOD)

Correspondencia:

Esta norma técnica ecuatoriana es una adopción modificada de la Norma Internacional CODEX STAN 177-1991 (Adoptado en 1991, Revisado en 2011).

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, frutas y vegetales, coco rallado.
ICS: 67.080.

9 Páginas

© CODEX 2011 – Todos los derechos reservados
© INEN 2013.

NORMA DEL CODEX PARA EL COCO DESECADO

(CODEX STAN 177-1991)

1 AMBITO DE APLICACIÓN

Esta Norma se aplica al coco desecado, según se define en la Sección 2 *infra*. La presente norma no abarca los productos tratados mediante el salado, el azucarado, el aromatizado o el tostado.

2 DESCRIPCIÓN

2.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

2.1.1 El coco desecado es el producto:

- (a) elaborado a partir de la almendra blanca básicamente sana obtenida del fruto entero de coco (*Cocos nucifera* L.), que haya alcanzado el desarrollo adecuado para su transformación, sin extracción de aceite, de conformidad con la Sección 3.2.4(c);
- (b) tratado de manera apropiada, que atraviese procesos tales como: descascarado, descascado, mondado, lavado, desmenzado, secado y tamizado;
- (c) descrito en los puntos (a) y (b) del que se ha extraído parcialmente el aceite por medios físicos adecuados de conformidad con la Sección 3.2.4(c).

2.2 CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO (opcional)

El coco desecado se puede clasificar por tamaños de acuerdo a su granulometría según se describe a continuación:

- (a) Coco desecado **extrafino** - Coco desecado del que no menos del 90%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 0,85 mm de lado, pero del cual un máximo del 25%, en peso, pasa por un tamiz con aberturas de 0,50 mm de lado.
- (b) Coco desecado **fino** - Coco desecado del cual no menos del 80%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 1,40 mm de lado, pero del cual un máximo del 20%, en peso, pasa por un tamiz con aberturas cuadradas de 0,71 mm de lado.
- (c) Coco desecado **medio** - Coco desecado del cual no menos del 90%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 2,80 mm de lado, y del cual un máximo del 20%, en peso, pasa por un tamiz con orificios cuadrados de 1,40 mm de lado.
- (d) Coco desecado **de otros tamaños** - comprende todas las demás presentaciones que incluyen los "cortes de fantasia" o cortes especiales (a saber: copos tiernos o finos, rodajas largas y finas, tiras extra fantasia, tiras largas, tiras normales, etc.).

3 FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICIÓN Y CALIDAD

3.1 COMPOSICIÓN

3.1.1 Ingredientes básicos

Coco según se definen en la Sección 2.1.

3.2 FACTORES DE CALIDAD

3.2.1 Color y Textura

El color deberá ser entre blanco natural y blanco cremoso claro. La textura deberá ser característica del producto.

Revisión 2011.

3.2.2 Sabor

El sabor será el característico del producto, sin malos sabores debidos a deterioro o a la absorción de sustancias extrañas.

3.2.3 Aroma

El aroma será el característico del producto, sin malos olores debidos a mohos, ni olor a queso, humo, fermentación o ranciedad, y no deberá poseer ningún olor indeseable.

3.2.4 Características químicas y físicas:

Parámetros	Requisitos
(a) Acidez total del aceite extraído	$\leq 0,3\%$ m/m medida como ácido láurico
(b) Humedad	$\leq 4\%$ m/m
(c) Contenido de aceite	$\geq 60\%$ m/m en el caso del coco desecado tal como describe en la Sección 2.1.1 (a) y (b)
	$\geq 35 - 60\%$ m/m en el caso del coco desecado tal como se describe en la Sección 2.1.1(c)
(d) Contenido de cenizas	$\leq 2,5\%$ m/m
(e) <u>Materia vegetal extraña</u> : Materia vegetal inocua asociada con el producto.	≤ 15 fragmentos por cada 100 g
(f) <u>Materias extrañas</u> : Toda materia visible y/o evidente o material que no suele estar asociado con el producto.	Ausencia en 100 g

3.3 CLASIFICACIÓN DE ENVASES "DEFECTUOSOS"

Los envases que no cumplan uno o más de los requisitos pertinentes de calidad que se establecen en la Sección 3.2 se considerarán "defectuosos".

3.4 ACEPTACIÓN DEL LOTE

Se considerará que un lote cumple los requisitos pertinentes de calidad a los que se hace referencia en la Sección 3.2 cuando el número de envases "defectuosos" tal como se definen en la Sección 3.3 no sea mayor que el número de aceptación (c) del correspondiente plan de muestreo, según se describe en la Sección 10.

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

4.1 En los alimentos regulados por la presente Norma podrán emplearse antioxidantes y conservantes de conformidad con los Cuadros 1 y 2 de la Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios (CODEX STAN 192-1995) para la Categoría de Alimento 04.1.2.2 – Frutas Desecadas.

4.2 En los productos regulados por la presente Norma también se permite el uso del antioxidante anotado a continuación bajo las condiciones de las buenas prácticas de fabricación.

No. SIN	Nombre del aditivo alimentario	Dosis máxima
330	Acido cítrico	BPF

5 CONTAMINANTES

5.1 Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los niveles máximos de la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

5.2 Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los límites máximos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

6 HIGIENE

6.1 Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la presente Norma se preparen y manipulen de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para el Coco Desecado (CAC/RCP 4-1971) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

6.2 El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).

7 PESOS Y MEDIDAS

Los recipientes deberán estar llenos como sea posible sin perjuicio de la calidad y se ajustarán a la declaración correspondiente del contenido.

8 ENVASADO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El coco desecado se deberá envasar, transportar y almacenar de conformidad con el Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para el Coco Desecado (CAC/RCP 4-1971).

9 ETIQUETADO

Los productos regulados por las disposiciones de la presente Norma deberán etiquetarse de conformidad con la Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985). Además, se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

9.1 NOMBRE DEL PRODUCTO

9.1.1 El nombre del producto será "Coco Desecado" precedido o seguido por el nombre corriente u ordinario legalmente aceptado en el país de venta al por menor.

9.1.2 El nombre debe indicar el contenido de aceite del producto de acuerdo con la descripción contenida en la Sección 3.2.4(c).

9.1.3 Cuando corresponda, el nombre podrá indicar la clasificación por tamaño del producto, de conformidad con las descripciones contenidas en la Sección 2.2.

9.2 ETIQUETADO DE LOS ENVASES NO DESTINADOS A LA VENTA AL POR MENOR

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen, excepto que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y dirección del fabricante, el envasador, el distribuidor o el importador, así como las instrucciones para el almacenamiento, deberán aparecer en el envase. Sin embargo, la identificación del lote y el nombre y dirección del fabricante, el envasador, el distribuidor o el importador podrán sustituirse por una marca de identificación, a condición de que dicha marca sea claramente identificable en los documentos que lo acompañan.

10. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Disposición	Método	Principio	Tipo
Contenido de cenizas	AOAC 950.49	Gravimetría	I
Materia vegetal extraña	Según se describe en la Norma	Contando a simple vista la materia extraña	IV
Humedad	AOAC 925.40	Gravimetría (pérdida por desecación)	I
Contenido de aceite	AOAC 948.22	Gravimetría	I
Acidez total del aceite extraído	ISO 660:2009; o AOCS Cd 3d-63 (09)	Titulometría	I

DETERMINACIÓN DE MATERIAS VEGETALES EXTRAÑAS

La determinación se hace extendiendo 100 g de la muestra formando una capa muy delgada sobre un fondo blanco y contando a simple vista la materia extraña.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2787	TÍTULO: NORMA PARA EL COCO RALLADO DESECADO (CODEX STAN 177-1991, MOD)	Código: ICS: 67.080
---------------------------------------	--	-------------------------------

ORIGINAL: Fecha de Iniciación del estudio: 2013-07-07	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de Iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: 2013-07-30 a 2013-08-18

Comité Interno del INEN Fecha de Iniciación: 2013-09-10 Integrantes del Comité:	Fecha de aprobación: 2013-09-10
--	---------------------------------

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. José Luis Pérez (Presidente) Dra. Mónica Gualotuña Dr. Hugo Ayala Ing. Silvana Torres Ing. Evelyn Andrade Ing. María E. Dávalos (Secretaría técnica)	COORDINADOR GENERAL TÉCNICO DIRECCIÓN DE METROLOGÍA DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN DIRECCIÓN DE REGLAMENTACIÓN DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 13410 de 2013-11-05
Registro Oficial Segundo Suplemento No. 124 de 2013-11-15	

Anexo 9. Comisión del Codex Alimentarius

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

S

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 67951 - Fax: (+39) 06 6705 4593 - E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

Tema 3 del programa

CX/SCH 14/01/3
Diciembre de 2013

PROGRAMA CONJUNTO DE LA FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITÉ SOBRE ESPECIAS Y HIERBAS CULINARIAS

Primera reunión

Kochi (Cochin), India, 11- 14 de febrero de 2014

ACTIVIDADES DE OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES RELEVANTES PARA EL TRABAJO DEL CC.SCH

(1) La Asociación Europea para las Especias (ESA)¹

1.1 Introducción a la Asociación Europea para las Especias

La Asociación Europea para las Especias (ESA, *European Spice Association*) es la organización que engloba a la industria europea de las especias. Está formada por las federaciones nacionales de la industria de las especias de los países miembros de la Unión Europea, Suiza y Turquía. También pueden admitirse como miembros asociados de la ESA a aquellas asociaciones y organizaciones nacionales o internacionales que representen a exportadores/comerciantes en origen y a transformadores, envasadores/comerciantes o asociaciones de países europeos (que no pertenezcan a la Unión Europea) y que cumplan los requisitos de pertenencia a esta asociación.

Las empresas pertenecientes a la Unión Europea, la AELC (Asociación Europea de Libre Comercio) y las de Turquía que tengan una gran implicación en la transformación, envasado y/o comercialización de hierbas y especias pueden solicitar la afiliación directa a la ESA.

Objetivos de la Asociación:

- Representar los intereses de sus miembros en los órganos y departamentos representativos de la Unión Europea, así como en instituciones y organizaciones internacionales;
- Promover el interés de los miembros en relación con los productos del sector y proteger la imagen de los productos y del sector;
- Promover el interés de consumidores y clientes;
- Investigar sobre asuntos de interés común para los miembros en áreas científicas, legislativas, tecnológicas y económicas.

La ESA es miembro de la Organización Internacional de Asociaciones para el Comercio de Especias (IOSTA, *International Organization of Spice Trade Associations*) y apoya sus objetivos.

Para más información sobre el Documento de Mínimos de Calidad de la Asociación Europea para las Especias, por favor póngase en contacto con la oficina de la ESA:

Asociación Europea para las Especias
Reuterstraße 151
D-53113 Bonn
Alemania
Tel: 00 49 228 218 162
Fax: 00 49 228 229 480
E-mail: esa@verbaendebuero.de
<http://esa-spices.org>

1.2 **Ámbito del Documento de Mínimos de Calidad de la ESA**

Este documento describe los mínimos de calidad para especias y hierbas secas que deberían exigir los compradores cuando dichos productos se adquieran para su posterior transformación dentro de la Unión Europea.

Este documento se aplica a las transacciones de empresa a empresa (*business to business*) no a los productos destinados a la venta directa al consumidor final.

Todos los productos que ya han sido transformados (por ejemplo, que se hayan sometido a molido o reducción microblana) no se encuentran dentro del ámbito de este documento a menos que se indique otra cosa de manera explícita.

1.3 **Objetivo del Documento de Mínimos de Calidad de la ESA**

El objetivo de este documento es garantizar que las especias y hierbas, como productos agrícolas, han sido cultivados, recolectados y tratados de forma que se asegure que los productos cumplen estos requisitos mínimos de calidad.

Para alcanzar este objetivo, la ESA apoya los principios de Buenas Prácticas Agrícolas y de Fabricación. Estos principios sirven para todas las partes implicadas en la cadena de suministro, puesto que se centran en la prevención y el control más que en el acondicionamiento, que no siempre es tecnológicamente posible.

Las condiciones de cosecha y post-cosecha deberían garantizar que el material se almacena y manipula de forma que se evite la adulteración, la contaminación y el crecimiento de microorganismos.

1.4 **Definiciones**

1.4.1 **Impurezas:**

Materia procedente de la planta específica distinta de la parte necesitada.

1.4.2 **Materia extraña:**

Toda la materia que sea extraña a la planta. La materia extraña puede ser peligrosa o no peligrosa. La materia peligrosa incluye materia vegetal extraña con propiedades tóxicas o alergénicas, así como vidrio, metal, piedras, etc.

1.4.3 **Trazas:**

Niveles bajos de volátiles (en general $<0,5\%$) para los que la cuantificación analítica utilizando la norma ISO 0571 no es exacta ni fiable. Las propiedades aromatizantes y sensoriales deben ser acordadas entre el comprador y el vendedor.

1.4.4 **Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el uso de plaguicidas (Definición del Codex Alimentarius):**

Se entiende por buenas prácticas agrícolas en el uso de plaguicidas todo uso inocuo autorizado a nivel nacional, en las condiciones existentes, de los plaguicidas necesarios para un control eficaz y fiable de las plagas. Comprende una gama de niveles de aplicación de plaguicidas hasta la concentración de uso autorizado más elevada, de forma que quede la concentración mínima posible del residuo.

Los usos inocuos autorizados se determinan a nivel nacional y prevén usos registrados o recomendados en el país que tengan en cuenta las consideraciones de salud pública y profesional, y la seguridad del medio ambiente. Las condiciones reales incluyen cualquier fase de producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de productos alimenticios y piensos.

El término «plaguicida» se utiliza para englobar a un grupo de ingredientes activos que se utilizan para el control de plagas, enfermedades de los cultivos y malas hierbas, protección durante el almacenamiento, ectoparásitos y plagas en la salud pública. La cantidad de residuo debe ser la mínima posible y los límites legales nunca deben superarse.

1.4.5 **Trazabilidad:**

La trazabilidad de un alimento o cualquier otra sustancia destinados a ser incorporados en alimentos, o con probabilidad de serlo, deberá establecerse en todas las fases de producción, transformación y distribución.

Las empresas alimentarias deberán poder identificar a cualquier persona que les haya suministrado un alimento o cualquier sustancia destinada a, o con probabilidad de, ser incorporada a un alimento.

Las empresas alimentarias deberán poner en práctica sistemas y procedimientos para identificar a las empresas a las que hayan suministrado sus productos. (ver el artículo 18 del Reglamento (CE) n° 178/2002, página 4 de este documento).

Esto significa que:

- todos los transformadores deben ser capaces de garantizar que se puede realizar un seguimiento de cualquier alimento que entre en las instalaciones hasta llegar al proveedor;
- todos los transformadores deben ser capaces de garantizar que se puede realizar un seguimiento de cualquier alimento que salga de su negocio hasta llegar al consumidor inmediato

1.5 Clasificación de alimentos y piensos elaborada por el Comité del Codex (CAC/MISC)

Definición de hierbas y especias en: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en

1.6 **Documentos relevantes de la ESA:**

Disponibles en: www.esa-spices.org:

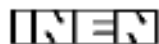
- Definición de la ESA de hierbas culinarias y especias
- Lista de la ESA de hierbas culinarias y especias
- Documento de la ESA sobre sensibilización contra la adulteración

1.7 **Especificaciones de Mínimos de Calidad para Hierbas y Especias de la Asociación Europea para las Especies**

ASUNTO	
Toma de muestras	ISO 948 Para micotoxinas: Consultar el reglamento de la Comisión pertinente en: www.esa-spices.org
ANÁLISIS QUÍMICO/FÍSICO	
Cenizas	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Cenizas insolubles en ácido	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Agua	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Aceite volátil	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Actividad del agua	La actividad del agua es un parámetro clave que afecta al crecimiento microbiológico. Por tanto, la ESA recomienda un valor máximo deseable de 0,65.
Densidad aparente	Debido a la variabilidad de la metodología, tanto el método como el valor deberían acordarse entre el comprador y el vendedor.
Microbiología	No deben aparecer microorganismos en el producto en niveles que puedan representar un peligro para la salud. Si el producto ha sido tratado para reducir las cargas microbianas antes de ser importado al país de destino, el tratamiento deberá realizarse de manera que garantice la seguridad microbiológica de los consumidores. Otros requisitos específicos deben ser acordados entre el comprador y el vendedor.
CONTAMINANTES RESIDUOS	
Plaguicidas	Deberán utilizarse de acuerdo con las buenas prácticas agrícolas. La aplicación y los límites de residuos deben cumplir la legislación existente nacional y/o de la UE.
Metales pesados	Deben cumplir con la legislación nacional y/o de la UE (p. ej. cadmio, plomo).
Micotoxinas	Las hierbas y especias deben cultivarse, cosecharse, manipularse y almacenarse de forma que se evite la aparición de micotoxinas. En caso de que se encuentren, los niveles deben cumplir la legislación existente nacional y/o de la UE.

Tratamientos	<p>Solo los procedimientos de transformación aprobados legalmente pueden aplicarse a cualquier tratamiento utilizado para la protección de la calidad del producto o la salud del consumidor.</p> <p>Deben emplearse fumigantes aprobados por la CE siguiendo las instrucciones de los fabricantes y deben indicarse en la documentación adjunta. La legislación europea ha prohibido el óxido de etileno (ETO). Esta prohibición incluye el material tratado tanto dentro como fuera de la UE (es decir, el uso de material que ha sido tratado con ETO antes de la importación también es ilegal).</p> <p>La irradiación no tiene actualmente una completa aceptación por parte del consumidor, de forma que el tratamiento debe acordarse entre el comprador y el vendedor. Si se acuerda su uso, la irradiación solo se permite en plantas de irradiación aprobadas por la UE. Sin embargo, la legislación de la UE exige que el producto irradiado se declare en todos los niveles de la cadena alimenticia.</p> <p>Los miembros de la EDA apoyan el uso respetuoso con el medio ambiente de los fumigantes (protocolo de Montreal) y procesos no tóxicos (ej., reducción microbiana bajo presión, tratamiento con vapor).</p> <p>Todos los productos que ya han sido transformados (por ejemplo, que se hayan sometido a molido o reducción microbiana) no se encuentran en el ámbito de este documento a menos que se indique otra cosa de manera explícita.</p>
PUREZA	
Especies Botánicas	Deben acordarse entre el comprador y el vendedor.
Adulteración	No debe existir.
Intestación	En la práctica no deberían aparecer insectos vivos y/o muertos, partes de insectos o contaminación de roedores que puedan apreciarse a simple vista (corregida si es necesario para la visión anómala).
Impurezas	Hierbas: máx. 2 %. Especies: máx. 1 %
Materia extraña	Las empresas alimentarias europeas deben evaluar si los productos cumplen la totalidad de los requisitos de seguridad antes de venderlos al consumidor final. Si no es el caso, será necesaria una transformación adicional.
PROPIEDADES SENSORIALES	No deben aparecer olor o sabor desagradables.
ENVASADO	El envasado no debe ser una fuente de contaminación, debe ser apto para alimentos y debe proteger la calidad del producto durante el transporte y almacenamiento.

Anexo 10. Norma Técnica Ecuatoriana 2337. Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 337:2008

JUGOS, PULPAS, CONCENTRADOS, NECTARES, BEBIDAS DE FRUTAS Y VEGETALES. REQUISITOS

Primera Edición

FRUIT JUICE, PUREES, CONCENTRATES, NECTAR AND BEVERAGE. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas no alcohólicas, jugos, pulpas, concentrados, néctares, requisitos.
AI 02.03-465
CDU: 663.6
CIIU: 3113
ICB:67.160.20

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>JUGOS, PULPAS, CONCENTRADOS, NECTARES, BEBIDAS DE FRUTAS Y VEGETALES. REQUISITOS.</p>	<p>NTE INEN 2 337:2008 2008-12</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los productos procesados que se expenden para consumo directo; no se aplica a los concentrados que son utilizados como materia prima en las industrias.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Jugo (zumo) de fruta.- Es el producto líquido sin fermentar pero susceptible de fermentación, obtenido por procedimientos tecnológicos adecuados, conforme a prácticas correctas de fabricación; procedente de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o, a partir de frutas conservadas por medios físicos.</p> <p>3.2 Pulpa (puré) de fruta.- Es el producto carnoso y comestible de la fruta sin fermentar pero susceptible de fermentación, obtenido por procesos tecnológicos adecuados por ejemplo, entre otros: tamizando, triturando o desmenuzando, conforme a buenas prácticas de manufactura; a partir de la parte comestible y sin eliminar el jugo, de frutas enteras o peladas en buen estado, debidamente maduras o, a partir de frutas conservadas por medios físicos.</p> <p>3.3 Jugo (zumo) concentrado de fruta.- Es el producto obtenido a partir de jugo de fruta (definido en 3.1), al que se le ha eliminado físicamente una parte del agua, en una cantidad suficiente para elevar los sólidos solubles (° Brix) en, al menos, un 50% más que el valor Brix establecido para el jugo de la fruta.</p> <p>3.4 Pulpa (puré) concentrada de fruta.- Es el producto (definido en 3.2) obtenido mediante la eliminación física de parte del agua contenida en la pulpa.</p> <p>3.5 Jugo y pulpa concentrado edulcorado.- Es el producto definido en 3.3 y 3.4 al que se le ha adicionado edulcorantes para ser reconstituido a un néctar o bebida, el grado de concentración dependerá de los volúmenes de agua a ser adicionados para su reconstitución y que cumpla con los requisitos de la tabla 1, ó el numeral 5.4.1</p> <p>3.6 Néctar de fruta.- Es el producto pulposo o no pulposo sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido de la mezcla del jugo de fruta o pulpa, concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua e ingredientes endulzantes o no.</p> <p>3.7 Bebida de fruta.- Es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido de la dilución del jugo o pulpa de fruta, concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua, ingredientes endulzantes y otros aditivos permitidos.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS</p> <p>4.1 El jugo y la pulpa debe ser extraído bajo condiciones sanitarias apropiadas, de frutas maduras, sanas, lavadas y sanitizadas, aplicando los Principios de Buenas Prácticas de Manufactura.</p> <p>4.2 La concentración de plaguicidas no deben superar los límites máximos establecidos en el Codex Alimentario (Volumen 2) y el FDA (Part. 193).</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas no alcohólicas, jugos, pulpas, concentrados, néctares, requisitos.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquero Moreno 18-29 y A Inaigo - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

- 4.3 Los principios de buenas prácticas de manufactura deben propender reducir al mínimo la presencia de fragmentos de cáscara, de semillas, de partículas gruesas o duras propias de la fruta.
- 4.4 Los productos deben estar libres de insectos o sus restos, larvas o huevos de los mismos.
- 4.5 Los productos pueden llevar en suspensión parte de la pulpa del fruto finamente dividida.
- 4.6 No se permite la adición de colorantes artificiales y aromatizantes (con excepción de lo indicado en 4.7 y 4.9), ni de otras sustancias que disminuyan la calidad del producto, modifiquen su naturaleza o den mayor valor que el real.
- 4.7 Únicamente a las bebidas de fruta se pueden adicionar colorantes, aromatizantes, saborizantes y otros aditivos tecnológicamente necesarios para su elaboración establecidos en la NTE INEN 2 074.
- 4.8 Como acidificante podrá adicionarse jugo de limón o de lima o ambos hasta un equivalente de 3 g/l como ácido cítrico anhidro.
- 4.9 Se permite la restitución de los componentes volátiles naturales, perdidos durante los procesos de extracción, concentración y tratamientos térmicos de conservación, con aromas naturales.
- 4.10 Se permite utilizar ácido ascórbico como antioxidante en límites máximos de 400 mg/kg.
- 4.11 Se puede adicionar enzimas y otros aditivos tecnológicamente necesarios para el procesamiento de los productos, aprobados en la NTE INEN 2 074, Codex Alimentario, o FDA o en otras disposiciones legales vigentes.
- 4.12 Se permite la adición de los edulcorantes aprobados por la NTE INEN 2 074, Codex Alimentario, y FDA o en otras disposiciones legales vigentes.
- 4.13 Sólo a los néctares de fruta pueden añadirse miel de abeja y/o azúcares derivados de frutas.
- 4.14 Se pueden adicionar vitaminas y minerales de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 1 334-2 y en las otras disposiciones legales vigentes.
- 4.15 La conservación del producto por medios físicos puede realizarse por procesos térmicos: pasteurización, esterilización, refrigeración, congelación y otros métodos adecuados para ese fin; se excluye la radiación ionizante.
- 4.16 La conservación de los productos por medios químicos puede realizarse mediante la adición de las sustancias indicadas en la tabla 15 de la NTE INEN 2 074.
- 4.17 Los productos conservados por medios químicos deben ser sometidos a procesos térmicos.
- 4.18 Se permite la mezcla de una o más variedades de frutas, para elaborar estos productos y el contenido de sólidos solubles ("Brix"), será ponderado al aporte de cada fruta presente.
- 4.19 Puede añadirse jugo obtenido de la mandarina *Citrus reticulata* y/o híbridos al jugo de naranja en una cantidad que no exceda del 10% de sólidos solubles respecto del total de sólidos solubles del jugo de naranja.
- 4.20 Puede añadirse jugo de limón (*Citrus limon* (L.) Burm. f. *Citrus limonum* Risca) o jugo de lima (*Citrus aurantifolia* (Christm.), o ambos, al jugo de fruta hasta 3 g/l de equivalente de ácido cítrico anhidro para fines de acidificación a jugos no endulzados.
- 4.21 Puede añadirse jugo de limón o jugo de lima, o ambos, hasta 5 g/l de equivalente de ácido cítrico anhidro a néctares de frutas.
- 4.22 Puede añadirse al jugo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L) sal y especias así como hierbas aromáticas (y sus extractos naturales).

(Continúa)

4.23 Se permite la adición de dióxido de carbono, mayor a 2 g/kg, para que al producto se lo considere como gasificado.

4.24 A las bebidas de frutas cuando se les adicione gas carbónico se las considerará bebidas gaseosas y deberán cumplir los requisitos de la NTE INEN 1 101.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos para los jugos y pulpas de frutas

6.1.1 El jugo puede ser turbio, claro o clarificado y debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede.

6.1.2 La pulpa debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede.

6.1.3 El jugo y la pulpa debe estar exento de olores o sabores extraños u objetables.

6.1.4 Requisitos físico-químico

6.1.4.1 Los jugos y las pulpas ensayados de acuerdo a las normas técnicas ecuatorianas correspondientes, deben cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 1.

6.2 Requisitos específicos para los néctares de frutas

6.2.1 El néctar puede ser turbio o claro o clarificado y debe tener las características sensoriales propias de la fruta o frutas de las que procede.

6.2.2 El néctar debe estar exento de olores o sabores extraños u objetables.

6.2.3 Requisitos físico-químicos

6.2.3.1 El néctar de fruta debe tener un pH menor a 4,5 (determinado según NTE INEN 389).

6.2.3.2 El contenido mínimo de sólidos solubles (*Brix) presentes en el néctar debe corresponder al mínimo de aporte de jugo o pulpa, referido en la tabla 2 de la presente norma.

(Continúa)

TABLA 1. Especificaciones para los jugos o pulpas de fruta

FRUTA	Nombre Botánico	Sólidos Solubles ⁴¹ Mínimo NTE INEN 380
Acerola	<i>Malophya</i> sp	6,0
Albaricoque (Damasco)	<i>Prunus armeniaca</i> L.	11,5
Arándano (mirtilo)	<i>Vaccinium myrtillus</i> L. <i>Vaccinium corymbosum</i> L. <i>Vaccinium angustifolium</i>	10,0
Azazá	<i>Eugenia stipitata</i>	4,8
Babaco	<i>Carica pentagona</i> Hello	5,0
Banano	<i>Musa</i> , spp	21,0
Borojo	<i>Borjoea</i> spp	7,0
Carambola (Grosella china)	<i>Averrhoa carambola</i>	5,0
Claudia ciruela	<i>Prunus domestica</i> L.	12,0
Coco (1)	<i>Cocos nucifera</i> L.	5,0
Coco (2)	<i>Cocos nucifera</i> L.	4,0
Durazno (Melocotón)	<i>Prunus pérsica</i> L.	9,0
Fruilla	<i>Fragaria</i> spp	6,0
Frambuesa roja	<i>Rubus idaeus</i> L.	7,0
Frambuesa negra	<i>Rubus occidentalis</i> L.	11,0
Guandana	<i>Anona muricata</i> L.	11,0
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	5,0
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>	8,0
Litchi	<i>Litchi chinensis</i>	11,0
Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	4,5
Limón	<i>Citrus limon</i> L.	4,5
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	10,0
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	11,0
Manzana	<i>Malus domestica</i> Borkh	6,0
Maracuyá (Farchita)	<i>Passiflora edulis</i> Sims	12,0
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i> L.	11,5
Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	5,0
Mora	<i>Rubus</i> spp.	6,0
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	9,0
Naranja (Lulo)	<i>Solanum quitoense</i>	6,0
Papaya (Lechosa)	<i>Carica papaya</i>	8,0
Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	10,0
Piña	<i>Ananas comosus</i> L.	10,0
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i> Thunb	6,0
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	18,0*
Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betacea</i>	8,0
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	4,5
Toronja (Pomelo)	<i>Citrus paradisi</i>	8,0
Uva	<i>Vitis</i> spp	11,0

⁴¹ En grados Brix a 20 °C (con exclusión de azúcar)

(1) Este producto se conoce como "agua de coco" el cual se extrae directamente del fruto sin exprimir la pulpa.

(2) Es la emulsión extraída del endosperma (almendra) maduro del coco, con o sin adición de agua de coco

* Para extraer el jugo del tamarindo debe hacerse en extracción acuosa, lo cual baja el contenido de sólidos solubles desde 60 °Brix, que es su Brix natural, hasta los 18 °Brix en el extracto.

NOTA 1. Para las frutas que no se encuentran en la tabla el mínimo de grados Brix será el Brix del jugo o pulpa obtenido directamente de la fruta

(Continúa)

TABLA 2. Especificaciones para el néctar de fruta

FRUTA	Nombre Botánico	% Aporte de jugo de fruta	Sólidos Solubles ⁴¹ Mínimo NTE INEN 380
Acerola	<i>Malpighia sp</i>	25	1,5
Albaricoque (Damasco)	<i>Prunus armeniaca</i> L.	40	4,6
Arándano (mirtilo,)	<i>Vaccinium myrtillus</i> L. <i>Vaccinium corymbosum</i> L. <i>Vaccinium angustifolium</i>	40	4,0
Arazá	<i>Eugenia stipitata</i>	*	*
Babaco	<i>Carica pentagona</i> Heilb	25	1,25
Banano	<i>Musa, spp</i>	25	5,25
Borojo	<i>Borojoa spp</i>	25	1,75
Carambola (Grosella china)	<i>Averrhoa carambola</i>	25	1,25
Claudia ciruela	<i>Prunus domestica</i> L.	50	6,0
Coco (1)	<i>Cocos nucifera</i> L.	25	1,25
Coco (2)	<i>Cocos nucifera</i> L.	25	1,0
Durazno (Melocotón)	<i>Prunus pérsica</i> L.	40	3,6
Frutilla	<i>Fragaria spp</i>	40	2,4
Frambuesa roja	<i>Rubus idaeus</i> L.	40	2,8
Frambuesa negra	<i>Rubus occidentalis</i> L.	25	2,75
Guanábana	<i>Anona muricata</i> L.	25	2,75
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	25	1,25
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>	*	*
Litchi	<i>Litchi chinensis</i>	20	2,24
Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	25	1,13
Limón	<i>Citrus limon</i> L.	25	1,13
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	50	5,0
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	25	2,75
Manzana	<i>Malus domestica</i> Borkh	50	3,0
Maracuyá (Parchita)	<i>Passiflora edulis</i> Sims	*	*
Marafón	<i>Anacardium occidentale</i> L.	25	2,88
Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	35	1,75
Mora	<i>Rubus spp</i>	30	1,8
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	50	4,5
Naranja (Lulo)	<i>Solanum quitoense</i>	*	*
Papaya (Lechosa)	<i>Carica papaya</i>	25	2,0
Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	40	4,0
Piña	<i>Ananas comosus</i> L.	40	4,0
Sandia	<i>Citrullus lanatus</i> Thunb	40	2,4
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	*	*
Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betacea</i>	25	2,0
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	50	2,25
Toronja (Pomelo)	<i>Citrus paradisi</i>	50	4,0
Uva	<i>Vitis spp</i>	50	5,5
Otros:			
- Alto contenido de pulpa o aroma fuerte		25	--
- Baja acidez, bajo contenido de pulpa o aroma bajo a medio		50	--

* Elevada acidez, la cantidad suficiente para lograr una acidez mínima de 0,5 % (como ácido cítrico)

41 En grados Brix a 20°C (con exclusión de azúcar)

(Continúa)

5.3 Requisitos específicos para los jugos y pulpas concentradas.

5.3.1 El jugo concentrado puede ser turbio, claro o clarificado y debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede.

5.3.2 La pulpa concentrada debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede.

5.3.3 El jugo y pulpa concentrado, con azúcar o no, debe estar exento de olores o sabores extraños u objetables.

5.3.4 El contenido de sólidos solubles (*Brix a 20 °C con exclusión de azúcar) en el jugo concentrado será por lo menos, un 50% más que el contenido de sólidos solubles en el jugo original (Ver tabla 1 de esta norma).

5.4 Requisitos específicos para las bebidas de frutas

5.4.1 En las bebidas el aporte de fruta no podrá ser inferior al 10 % m/m, con excepción del aporte de las frutas de alta acidez (acidez superior al 1,00 mg/100 cm³ expresado como ácido cítrico anhidro) que tendrán un aporte mínimo del 5% m/m

5.4.2 El pH será inferior a 4,5 (determinado según NTE INEN 389)

5.4.3 Los grados brix de la bebida serán proporcionales al aporte de fruta, con exclusión del azúcar añadida.

5.5 Requisitos microbiológicos

5.5.1 El producto debe estar exento de bacterias patógenas, toxinas y de cualquier otro microorganismo causante de la descomposición del producto.

5.5.2 El producto debe estar exento de toda sustancia originada por microorganismos y que representen un riesgo para la salud.

5.5.3 El producto debe cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 3, tabla 4, o con el numeral 5.5.4

TABLA 3. Requisitos microbiológicos para productos congelados

	n	m	M	o	Método de ensayo
Coliformes NMP/cm ³	3	< 3	--	0	NTE INEN 1529-6
Coliformes fecales NMP/cm ³	3	< 3	--	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de esporas clostridium sulfito reductoras UFC/cm ³ ¹⁾	3	< 10	--	0	NTE INEN 1529-18
Recuento estándar en placa REP UFC/cm ³	3	1,0x10 ²	1,0x10 ³	1	NTE INEN 1529-5
Recuento de mohos y levaduras UPI/cm ³	3	1,0x10 ²	1,0x10 ³	1	NTE INEN 1529-10

¹⁾ Para productos enlatados.

(Continúa)

TABLA 4. Requisitos microbiológicos para los productos pasteurizados

	n	m	M	c	Método de ensayo
Coliformes NMP/cm ³	3	< 3	--	0	NTE INEN 1529-6
Coliformes fecales NMP/cm ³	3	< 3	--	0	NTE INEN 1529-8
Recuento estándar en placa REP UFC/cm ³	3	< 10	10	1	NTE INEN 1529-5
Recuento de mohos y levaduras UP/cm ³	3	< 10	10	1	NTE INEN 1529-10

En donde:

- NMP = número más probable
- UFC = unidades formadoras de colonias
- UP = unidades propagadoras
- n = número de unidades
- m = nivel de aceptación
- M = nivel de rechazo
- c = número de unidades permitidas entre m y M

6.6.4 Los productos envasados asépticamente deben cumplir con esterilidad comercial de acuerdo a la NTE INEN 2 335

6.8 Contaminantes

6.8.1 Los límites máximos de contaminantes no deben superar lo establecido en la tabla 5

TABLA 5. Límites máximos de contaminantes

	Límite máximo	Método de ensayo
Arsénico, As mg/kg	0,2	NTE INEN 269
Cobre, Cu mg/kg	5,0	NTE INEN 270
Estaño, Sn mg/kg *	200	NTE INEN 385
Zinc, Zn mg/kg	5,0	NTE INEN 399
Hierro, Fe mg/kg	15,0	NTE INEN 400
Plomo, Pb mg/kg	0,05	NTE INEN 271
Patulina (en jugo de manzana)**, mg/kg	50	AOAC 49.7.01
Suma de Cu, Zn, Fe mg/kg	20	
* En el producto envasado en recipientes estañados		
** La patulina es una micotoxina formada por una lactona hemiacetalica, producida por especies del género <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> y <i>Byssoclamys</i> .		

6.7 Requisitos Complementarios

6.7.1 El espacio libre tendrá como valor máximo el 10 % del volumen total del envase (ver NTE INEN 394).

6.7.2 El vacío referido a la presión atmosférica normal, medido a 20 °C, no debe ser menor de 320 hPa (250 mm Hg) en los envases de vidrio, ni menor de 160 hPa (125 mm Hg) en los envases metálicos. (ver NTE INEN 392).

(Continúa)

8. INSPECCIÓN

8.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo a la NTE INEN 378.

8.2 Aceptación o Rechazo. Se aceptan los productos si cumplen con los requisitos establecidos en esta norma, caso contrario se rechaza.

7. ENVASADO Y EMBALADO

7.1 El material de envase debe ser resistente a la acción del producto y no debe alterar las características del mismo.

7.2 Los productos se deben envasar en recipientes que aseguren su integridad e higiene durante el almacenamiento, transporte y expendio.

7.3 Los envases metálicos deben cumplir con la NTE INEN 190, Codex Alimentario y FDA.

8. ROTULADO

8.1 El rotulado debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 1 334-1 y 1 334-2, y en otras disposiciones legales vigentes.

8.2 En el rotulado debe estar claramente indicada la forma de reconstituir el producto.

8.3 No debe tener leyendas de significado ambiguo, ni descripción de características del producto que no puedan ser comprobadas.

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 190:1992	<i>Envases metálicos de sellado hermético para alimentos y bebidas no carbonatadas. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 269:1979	<i>Conservas vegetales. Determinación del contenido de arsénico</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 270:1979	<i>Conservas vegetales. Determinación del contenido de cobre</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 271:1979	<i>Conservas vegetales. Determinación del contenido de plomo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 378:1979	<i>Conservas vegetales. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 380:1986	<i>Conservas vegetales. Determinación de sólidos soluble. Método refractométrico</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 385:1979	<i>Conservas vegetales. Determinación del contenido de estaño</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 389:1986	<i>Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH)</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 394:1986	<i>Conservas vegetales. Determinación del volumen ocupado por el producto</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 399:1979	<i>Conservas vegetales. Determinación del contenido de zinc</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 400:1979	<i>Conservas vegetales. Determinación del contenido de hierro</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-1:2000	<i>Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2:2000	<i>Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5:199	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos REP</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-6:1990	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos conformes por la técnica del número más probable</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-8:1990	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de conformes fecales y escherichia coli</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10:1998	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de mohos y levaduras viables</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-18:1998	<i>Control microbiológico de los alimentos. Clostridium perfringens. Recuento en tubo por siembra en masa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2074:1996	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos</i>
AOAC 49.7.01	<i>Patulin in Apple Juice. Thin layer Chromatographic Method 974.18 16th Edition 2006</i>
Programa conjunto FAO/OMS CODEX ALIMENTARIUS	<i>Volumen 2 Residuos de plaguicidas en los alimentos.</i>
EDA Part 193. Tolerances for pesticides in food.	<i>Administered by environmental protection agency. Principios de Buenas prácticas de manufactura.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma técnica colombiana NTC 404	<i>Frutas procesadas. Jugos y pulpas de frutas, Bogotá 1998</i>
Norma técnica colombiana NTC 1364	<i>Frutas procesadas. Concentrados de frutas, Bogotá 1996</i>
Norma técnica colombiana NTC 659	<i>Frutas procesadas. Néctares de frutas, Bogotá 1996</i>

Norma Técnica obligatoria Nicaragüense, NTON 03 043 – 03 Norma de especificaciones de néctares, jugos y bebidas no carbonatadas. Managua, 2003

Code of Federal Regulations, Food and Drugs Administration FDA Part 146 Last updated: July 27, 2005

CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO Capítulo XII Artículo 1040 - (Res 2067, 11.10.88) hasta Artículo 1051 - (Res 2067, 11.10.88), Actualizado al 2003

Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (actualizado a agosto del 2006) TITULO XXVII DE LAS BEBIDAS ANALCOHOLICAS, JUGOS DE FRUTA Y HORTALIZAS Y AGUAS ENVASADAS Párrafo I de las bebidas analcohólicas ARTÍCULO 480, Santiago, 2006

Programa Conjunto FAO/OMS Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (CODEX STAN 247-2005)

Programa conjunto FAO/OMS General Standard for food additives Codex Stan 192-1995 (Rev. 6-2005)

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 337	TÍTULO: JUGOS, PULPAS DE FRUTAS, CONCENTRADOS DE FRUTAS, NECTARES DE FRUTAS, Y VEGETALES. REQUISITOS.	Código: AL.02.03.465
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2005	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo No. de de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de a		

Subcomité Técnico: Jugos
 Fecha de iniciación: 2005-12-14 Fecha de aprobación: 2006-07-19
 integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Juan José Vaca (Presidente)
 Dra. Meyra Manzo
 Dra. Loyde Triana
 Dra. Mayra Llaguno
 Ing. Clara Benavides
 Ing. Julio Yáñez
 Ing. Jezabel Cáceres
 Ing. Dulcinea Villena
 Dr. Daniel Pazmiño
 Dra. Alexandra Levoyer
 Dr. Marco Dehesa
 Ing. Ana Correa
 Econ., Leonardo Toscazo
 Ing. Ruth Gamboa
 Dra. Lorena Vásquez
 Dra. Janet Córdova
 Ing. María E. Dávalos (Secretaría Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Refreshment Product Services Ecuador
 Instituto Nacional de Higiene, Guayaquil
 Instituto Nacional de Higiene, Guayaquil
 Instituto Nacional de Higiene, Quito
 SUMESA
 QUICORNAC
 Colegio de Ingenieros de Alimentos
 Colegio de Ingenieros de Alimentos
 DPA (Nestlé - Fonterra)
 INDUQUITO
 LEENRIKE FROZEN FOOD
 MICIP
 CAPEIPI
 PLANHOFA
 NESTLE
 Particular
 INEN - Regional Chimborazo

Otros trámites: Esta norma anula a las NTE INEN 432, 433, 434, 435, 436, 437 y 2 298.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-03-28

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 074-2008 de 2008-05-19
 Registro Oficial No. 490 de 2008-12-17

Anexo 11. Norma Técnica Ecuatoriana 2996. Productos deshidratados, zanahoria, zapallo, uvilla.



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2996
2015-XX

**PRODUCTOS DESHIDRATADOS. ZANAHORIA, ZAPALLO, UVILLA.
REQUISITOS**

PRODUCTS DEHYDRATED. CARROT, PUMPKIN, CAPE GOOSEBERRY. REQUIREMENTS.

DESCRIPTORES: Deshidratados, zanahoria, zapallo, uvilla
ICS: 67.080

08
Páginas

Norma Técnica Ecuatoriana	PRODUCTOS DESHIDRATADOS. ZANAHORIA, ZAPALLO, UVILLA. REQUISITOS	NTE INEN 2996:2015
---------------------------------	--	-----------------------

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la zanahoria el zapallo y la uvilla que han sido deshidratadas artificialmente (Incluidas las desecadas por liofilización), bien sea a partir de productos frescos o bien en combinación con la desecación al sol, y comprende los productos a los que suele aludirse con la expresión "alimentos deshidratados".

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica a productos deshidratados como la zanahoria, zapallo, uvilla.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (Incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 1529-8 Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y *E.coli*.

NTE INEN 1529-10 Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.

NTE INEN 1529-15 Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección

NTE INEN 1334-1 Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos.

NTE INEN 1334-2 Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos.

NTE INEN-CODEX 152 Norma general del Codex para los aditivos alimentarios.

NTE INEN-ISO 2859-1 Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote.

NTE INEN-ISO 2859-2 Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 2: Planes de muestreo para las inspecciones de lotes independientes, tabulados según la calidad límite (CL).

NTE INEN-ISO 3951-2 Procedimientos de muestreo para la inspección por variables. Parte 2: Especificación general para los planes de muestreo simples tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA) para la inspección lote por lote de características de calidad independientes.

ISO 3951-1 Procedimientos de inspección por variables de una serie continua de lotes de una sola característica.

CPE INEN CODEX CAC/RCP-5:2014. Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas deshidratadas incluidos los hongos comestibles.

NTE INEN CODEX CAC/MRL 1 Lista de límites máximos para residuos de plaguicidas.

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1 Deshidratación. Se entiende por la eliminación de la humedad por medios artificiales y, en algunos casos, en combinación con el secado al sol.

6. REQUISITOS

6.1 Las hortalizas pueden presentarse en forma de rodajas, cubitos, dados, granuladas o en cualquier otro tipo de división, o dejarse enteras antes de su deshidratación.

6.2 La zanahoria el zapallo y la uvilla deshidratadas deben cumplir con los requisitos estipulados en CPE INEN CODEX CAC/RCP-5:2014.

6.3 Las zanahorias zapallos y uvillas deshidratadas deben tener un olor y color característico de la variedad. Deben estar libres de olores extraños y trazas de olores procedentes de zanahorias, zapallos o uvillas fermentadas.

6.4 En los alimentos regulados por la presente Norma podrán emplearse antioxidantes y conservantes de conformidad NTE INEN-CODEX 192.

6.5 Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente norma deberán cumplir con los niveles máximos contaminante y plaguicidas de la NTE INEN CODEX CAC/MRL 1.

6.6 Se. Los productos deshidratados concernientes a esta norma deben estar libres de insectos vivos, ácaros, otros parásitos y mohos; deben estar prácticamente libres de insectos muertos, fragmentos de insectos y contaminación de roedores.

6.7 La cantidad de materias extrañas, tales como tierra, restos de piel, tallos, hojas, restos de semilla y otras materias extrañas, que se adhieran o no a la fruta u hortaliza, no será superior a 1% en base a 100g de producto.

6.8 Los productos deshidratados deben cumplir los parámetros de humedad descritos en la tabla 1.

Tabla 1. Límites de humedad para productos deshidratados

Requisitos	Unidad	Min	Max	Método de ensayo
Zanahoria				
Temperatura	°C	–	60	–
Humedad	% m/m	–	6	AOAC 934.06
Zapallo				
Temperatura	°C	–	60	–
Humedad	% m/m	–	8	AOAC 934.06
Uvilla				
Temperatura	°C	–	55	–
Humedad	% m/m	–	12	AOAC 934.06

6.10 Requisitos microbiológicos; el producto debe estar exento de microorganismos capaces de desarrollarse en condiciones normales de almacenamiento. No debe contener ninguna sustancia tóxica originada por microorganismos, y cumplir con lo establecido en la tabla 2.

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para productos deshidratados

Requisitos	Unidad	n	m	M	c	Método de ensayo
Salmonella	50g	5	0	—	0	NTE INEN 1529-15
<i>Escherichia coli</i>	NMP/g	5	10	5×10^2	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	5	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	2	NTE INEN 1529-10

* Se podrán utilizar métodos validados para la determinación de estos requisitos

En donde

n = número de muestras.

m = índice mínimo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = número de muestras permitidas con resultado entre m y M.

8. MUESTREO

8.1 Muestreo

La cantidad de muestras y los criterios de aceptación y rechazo serán acordados por las partes de acuerdo con lo establecido en las siguientes normas técnicas:

- NTE INEN ISO 2859-1 para los procedimientos de inspección por atributo lote a lote de lotes continuos;
- NTE INEN- ISO 2859-2 para los procedimientos de inspección por atributos de lotes aislados;
- ISO 3951-1 para los procedimientos de inspección por variables de una serie continua de lotes y de una sola característica;
- NTE INEN 3951-2 para los procedimientos de inspección por variables de una serie continua de lotes, una sola característica y con una desviación estándar no mayor al 10% de la desviación estándar del proceso.

8.2 Aceptación o rechazo.

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma se rechazará el lote. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar el lote.

7. ENVASADO Y ROTULADO

7.1 Los envases para los productos deshidratados deben ser de materiales que no alteren las características físicas y químicas y microbiológicas del producto y conserven las mismas durante su vida útil. No deben presentar deformaciones u otros defectos que atenten a la calidad y buena presentación del producto; el sellado debe ser hermético, pero el sistema debe permitir al consumidor

NTE INEN 2096

cerrar nuevamente el envase durante su uso.

7.2 El rotulado de la mostaza debe cumplir con lo especificado en la NTE INEN 1334-1 y la 1334-2.

7.3 La etiqueta no debe llevar ninguna leyenda de significado ambiguo, ilustraciones o adornos que induzcan a engaño, ni descripciones de características del producto que no se puedan comprobar.

7.4 En la etiqueta se puede declarar el contenido de sólidos solubles provenientes del tomate.

PROYECTO A2

APENDICE Z

BIBLIOGRAFIA

NTE INEN-ISO 7703 Duraznos desecados. Requisitos y métodos de ensayo (ISO 7703:1995+Cor.1:2001, IDT). Segunda revisión, 2014-10

NTE INEN 2787 Norma para el coco rallado desecado. (CODEX STAN 177-1991, MOD).

Ministerio de Salud República de Chile. D.OF. 13.05.97. Documento N° 977: 96. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Santiago, 2007.

ISO 6755 Dried sour cherries — Specification, Second edition 2001-08-15

VEGANAT, Especificación de producto terminado, AGRATECNET, Zanahoria Deshidratada, 2009

IGABELLE FRUITS, Uvilla deshidratada. Descripción del producto, septiembre 2012

Ficha técnica Zapallo deshidratado disponible en: <http://www.machoda.com/animaductos.html>

Proceso de deshidratado de frutas y verduras disponible en:
<http://www.gastronomiasolar.com/deshidratado-de-frutas-y-verduras/>

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: PRODUCTOS DESHIDRATADOS. ZANAHORIA, Código ICs: NTE INEN 2998 ZAPALLO, UVILLA. REQUISITOS 87.080

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2015-10-03	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública:

Comité Técnico de Normalización:
Fecha de iniciación:
Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación:

NOMBRES:

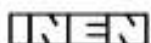
INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: No.	Por Resolución No.	Registro Oficial
---------------------------	--------------------	------------------

Anexo 12. Norma Técnica Ecuatoriana 1529. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y Levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 529-10:98

CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. MOHOS Y LEVADURAS VIABLES. RECuentOS EN PLACA POR SIEMBRA EN PROFUNDIDAD.

Primera Edición

FOODS MICROBIOLOGICAL CONTROL. MOLDS AND YASTS. PLATE ACCOUNT BY DEEP SOWING.

First Edition

DESCRIPCIÓN: Productos alimenticios, análisis microbiológico, conteo, mohos y levaduras.
AL 01.05-305
CDU: 614.31.570.67.582.20
CBI: 9320
ICS: 07.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana Opcional	CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. MOHOS Y LEVADURAS VIABLES. RECUENTO EN PLACA POR SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	NTE INEN 1 529-10:98 1998-01
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma describe el método para cuantificar el número de unidades propagadoras de mohos y levaduras en un gramo ó centímetro cúbico de muestra.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma especifica al método de recuento, en placa, por siembra en profundidad, para el recuento de mohos y levaduras.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Mohos. Son ciertos hongos multicelulares, filamentosos, cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso. Están constituidos por filamentos ramificados y entrecruzados, llamados "hifas", cuyo conjunto forma el llamado "micelio" que puede ser coloreado o no. Los mohos pueden formar, sobre ciertos alimentos, toxinas, llamadas micotoxinas. Provocan la alteración de productos alimenticios, especialmente los ácidos: yogur, jugos, frutas, etc., o los de presión osmótica elevada: productos deshidratados, jambes, algunos productos salados, etc.</p> <p>3.2 Levaduras. Son hongos cuya forma de crecimiento habitual y predominante es unicelular. Poseen una morfología muy variable: esférica, ovóidea, piriforme, cilíndrica, triangular o, incluso, alargada, en forma de micelio verdadero o falso. Su tamaño supera al de las bacterias. Al igual que los mohos, causan alteraciones de los productos alimenticios, especialmente los ácidos y presión osmótica elevada.</p> <p>3.3 Recuento de mohos y levaduras viables. Es la determinación del número de colonias típicas de levaduras y mohos que se desarrollan a partir de un gramo o centímetro cúbico de muestra, en un medio adecuado e incubado entre 22°C y 25°C.</p> <p style="text-align: center;">4. RESUMEN</p> <p>4.1 Este método se basa en el cultivo entre 22°C y 25°C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales.</p> <p style="text-align: center;">5. MATERIAL Y MEDIOS DE CULTIVO</p> <p>5.1 Materiales. La vidriería debe resistir esterilizaciones repetidas y todo el material debe estar perfectamente limpio y estéril.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p><small>DESCRIPCIÓN: Productos alimenticios. Análisis microbiológico, conteo, mohos y levaduras</small></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Carrera 17-0 1-3069 - Barajalto Moreno ES-28 y Almagro - Quito-Ecuador - Permitida la reproducción

5.1.1 Placas Petri

5.1.2 Pipetas serológicas de boca ancha de 1; 5 y 10 cm³ graduadas en 1/10 de unidad.

5.2 Medio de cultivo

5.2.1 Agar sal-levadura de Davis o similar. Ver NTE INEN 1 529-1.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Preparar la muestra según su naturaleza, utilizando uno de los procedimientos indicados en la NTE INEN 1 529-2.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Utilizando una sola pipeta estéril, pipetear, por duplicado, alícuotas de 1 cm³ de cada una de las diluciones decimales en placas Petri adecuadamente identificadas. Iniciar por la dilución de menor concentración.

7.2 Inmediatamente, verter en cada una de las placas inoculadas, aproximadamente 20 cm³ de agar sal-levadura de Davis (SLD) fundido y templado a 45 ± 2 °C. La adición del medio de cultivo no debe pasar más de 15 minutos, a partir de la preparación de la primera dilución.

7.3 Delicadamente, mezclar el inóculo de siembra con el medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de valvén, 5 veces en una dirección; habría que girar cinco veces en sentido de las agujas del reloj. Volver a imprimir movimientos de valvén en una dirección que forme ángulo recto con la primera y habría que girar cinco veces en sentido contrario a las agujas de reloj.

7.4 Utilizar una placa para el control de la carga microbiana del ambiente, la cual no debe exceder de 15 colonias/placa, durante 15 minutos de exposición. Este límite es mantenido mediante prácticas adecuadas de limpieza y desinfección.

7.5 Como prueba de esterilidad del medio, en una placa sin inóculo verter aproximadamente 20 cm³ del agar.

7.6 Dejar las placas en reposo hasta que se solidifique el agar.

7.7 Invertir las placas e incubarlas entre 22 °C y 25 °C, por cinco días.

7.8 Examinarlas a los dos días de incubación y comprobar si se ha formado micelio aéreo. Las primeras colonias que se desarrollan son las de levaduras, que suelen ser redondas, cóncavas, estrelladas. La mayoría de las colonias jóvenes de levaduras son húmedas y algo mucosas, también pueden ser harinosas, blanquecinas y algunas cremosas y rosadas. En ciertos casos, apenas cambian al envejecer, otras veces se desecan y encogen. Las colonias de mohos tienen un aspecto algodonoso característico.

7.9 Cuando el micelio aéreo de los mohos amenace cubrir la superficie de la placa, dificultando las lecturas posteriores; pasados dos días, realizar recuentos preliminares en cualquier placa que se pueda distinguir las colonias.

(Continúa)

7.10 A los cinco días, seleccionar las placas que presenten entre 10 y 150 colonias y contarlas sin el auxilio de lupas. A veces pueden desarrollarse colonias pequeñas, éstas son de bacterias acidófilas y, por tanto, deben excluirse del recuento. Las colonias de levaduras deben ser comprobadas por examen microscópico.

7.11 Contar las colonias de mohos y levaduras en conjunto o separadamente. Si las placas de todas las diluciones contienen más de 150 colonias, contar en las placas inoculadas con la menor cantidad de muestra.

7.12 Cálculos

7.12.1 Cálculo del número (N) de unidades propagadoras (UP) de mohos y/o levaduras por centímetro cúbico ó gramo de muestra. Calcular según la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas o calculadas}}{\text{cantidad total de muestra sembrada}}$$

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Donde:

$\sum C$ = suma de las colonias contadas o calculadas en todas las placas elegidas;

n_1 = número de placas contadas de la primera dilución seleccionada;

n_2 = número de placas contadas de la segunda dilución seleccionada;

d = dilución de la cual se obtuvieron los primeros recuentos, por ejemplo 10^{-2} ;

V = volumen del inóculo sembrado en cada placa.

Ejemplo:

Volumen sembrado	= 1 cm ³
Dilución 10 ⁻²	= 83 y 97 colonias
Dilución 10 ⁻⁴	= 33 y 28 colonias
Número	= $\frac{83 + 97 + 33 + 28}{1(2 + 0,1 \times 2)10^{-2}}$
	= $\frac{241}{0,022}$
	= 10 954 expresado como 1,1 x 10 ⁴

7.12.2 Redondeo. El valor obtenido redondear a dos cifras significativas de la siguiente manera (NTE INEN 52):

7.12.2.1 Si el tercer dígito, empezando por la izquierda es menor de cinco, mantener inalterado el segundo dígito y reemplazar por ceros los restantes. Por ejemplo, si el valor calculado fue 553 000, redondeado a 550 000 y expresar como 5,5 x 10⁵. Si el tercer dígito, empezando por la izquierda es superior a cinco, añadir una unidad al segundo dígito; por ejemplo, si el valor obtenido fue 10 954, redondearlo a 11 000 y expresar 1,1 x 10⁴.

(Continúa)

7.12.2.2 Si el tercer dígito empezando por la izquierda es cinco y es seguido de, por lo menos, un dígito, añadir una unidad al segundo dígito y reemplazar por ceros a los restantes. Por ejemplo, si el valor obtenido fue 31 554, redondearlo a 32 000 y expresar como $3,2 \times 10^4$. Si el tercer dígito es cinco y no es seguido de otro (s) dígito (s) ó lo es únicamente por ceros, añadir una unidad al segundo dígito, si éste es impar; si es par ó cero conservarlo inalterado, ejemplo: 235 redondear a 240 y expresar como $2,4 \times 10^2$, 24 500 redondear a 24 000 y expresar como $2,4 \times 10^4$.

7.12.3 Presentación de resultados:

7.12.3.1 Presentar el resultado como número, N, de unidades propagadoras UP de mohos y/o levaduras /cm³ ó g de muestra utilizando solo dos cifras significativas multiplicadas por 10ⁿ (x es la respectiva potencia de 10). Las cifras significativas corresponden al primero y segundo dígitos (empezando por la izquierda) del número de las colonias calculadas (7.12.1).

7.12.3.2 Si no hay desarrollo de colonias en las placas de la suspensión 10⁻¹, presentar como número estimado (N_c), de la siguiente forma:

$$N_c \text{ de UP de mohos y/o levaduras/cm}^3 \text{ ó g} = < 1,0 \times 10^1$$

7.12.3.3 Si no hay desarrollo de colonias en las placas sembradas con 1 cm³ de muestra no diluida (producto original líquido), expresar el resultado de la siguiente manera:

$$N_c \text{ de UP de mohos y/o levaduras/cm}^3 = < 1,0 \times 10^0$$

7.12.3.4 Si todas las placas sembradas presentan más de 150 colonias, calcular el resultado a partir de las placas sembradas con la dilución más alta y expresar de la siguiente manera:

$$N_c \text{ de UP de mohos y/o levaduras/cm}^3 \text{ ó g} = > \text{ al valor obtenido } \times f^d$$

f = factor de dilución (valor inverso de la dilución de la muestra).

Indicar entre paréntesis la dilución utilizada. Este resultado sirve como guía para decidir el número de diluciones que se han de realizar en ensayos posteriores y, la decisión de aceptación o rechazo de una partida de alimentos debe basarse solo en valores N.

8. PRECISIÓN DEL MÉTODO

8.1 Repetibilidad del recuento de colonias y error personal.

8.1.1 Los resultados obtenidos por la misma persona al contar por segunda vez las colonias de una misma placa, no deben variar en más del 5% y del 10% cuando es realizado por otra persona.

8.1.2 Por razones estadísticas, el intervalo de confianza para este método varía, en el 95% de los casos, desde $\pm 16\%$ a $\pm 52\%$. En la práctica, es posible observar variaciones mayores, especialmente entre resultados obtenidos por diferentes analistas.

(Continúa)

9. INFORME DEL ENSAYO

9.1 En el Informe del ensayo indicar la norma de referencia, la temperatura de incubación, los resultados obtenidos, todas las condiciones operativas no especificadas en esta norma o aquellas consideradas como opcionales y los incidentes que puedan haber influenciado en el resultado. Además, se debe incluir toda la información necesaria para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 52:73	Reglas para redondear números.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-1:94	Control microbiológico de los alimentos.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-2:94	Preparación de medios de cultivo
	Control microbiológico de los alimentos. Toma y preparación de muestras.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma Internacional ISO 7364: 1987 Microbiology - General guidance for enumeration of yeasts and moulds. Colony count technique at 25°C. International Organization for Standardization, Switzerland, 1987.
- Norma Internacional FL - IDF 31: 1964. Count of yeasts and moulds in butter. International Dairy Federation Belgium - Brussels, 1964.
- Moesel, D.A.A., Moreno García, B. "Microbiología de los alimentos" 1ra. edición española. Acribia, Zaragoza - España, 1982.
- Harrigan, W.F., McCanna, M.E. "Métodos de laboratorio en microbiología de alimentos y productos lácteos", Academia. León España, 1979.
- Manual Food and Drug Administration Bureau of Foods Division of Microbiology, "Bacteriología analítica manual" 5ta. Ed AOAC, Washington, DC, 1978.
- Manual Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. "Métodos de examen microbiológico para alimentos y bebidas", Normas recomendadas. Manual práctico. Madrid, 1976.
- Frazier, W.C. "Microbiología de los alimentos". Acribia, Zaragoza España, 1976.
- I.C.M.S.F. "Microorganismos de los alimentos 1". Técnicas del análisis microbiológico. Acribia, Zaragoza España.

ANEXO 14. Análisis de actividad de agua (aw) para los tres mejores tratamientos T17, T18, T27.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – COMEA – 2010 – 120 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	078 -2016
Análisis solicitado por:	Sr. Calcedo Darwin
Empresa:	Particular
Muestreo:	Propietario
Fecha de recepción:	08 de julio de 2016
Fecha de entrega informe:	15 de julio de 2016
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	3

F	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Láminas de arará	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado			Método de ensayo
		T17	T18	T27	
Actividad de agua (aw)	—	0,890	0,875	0,875	Aw meter

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas:

Atentamente:

Bra. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucional.

Av. 17 de Julio 8, 21 y José María
Córdova, Barro El Colorado
Teléfono: 080594900
Fax: 080594911
Correo: info@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

SIMBOLOGÍA

H₂O = Peso del agua

G_i = Peso de la Pulpa inicial

%X = Porcentaje de humedad

S = Peso del sólido seco

XBS = Humedad en base seca

A_s = Área del sólido

G_i = Peso del sólido húmedo

D_a = Densidad aparente

e_s = Espesor del sólido

W = Velocidad

X₁ = Humedad 1

X₂ = Humedad 2

A_w = Actividad de agua

X_o = Humedad inicial

X_f = Humedad final

X* = Humedad de equilibrio

X_c = Humedad crítica

X = Humedad libre

W_o = Velocidad de secado inicial

W_f = Velocidad de secado final

q = Calor transferido

G = Densidad de flujo másico del aire

h = Coeficiente de transmisión de calor

d = Densidad

°K = Grados kelvin

°C = Grados celcius

m = Metros

kg = Kilogramos

g = Gramos

s = Segundos

w= Vatios

kw= Kilovatios

cm = Centímetros

ppm= Partes por millón

ml= Milímetros

%= Porcentaje

A= Área

T= Temperatura

Tw= Temperatura de bulbo húmedo

KgH₂O = Kilogramos de agua

Kgss= Kilogramos de materia seca

UFC/g = Unidad formadora de colonias por gramo

r = Numero de degustadores.

t = Tratamientos.

ΣR^2 = Sumatoria de rangos al cuadrado.

CV = Coeficiente de variación

** : Alta significancia

* : Significancia

NS= No significancia

dw= Presión de vapor

U= Energía interna