



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Efecto del pre tratamiento de Deshidratación osmótica en piña (*Ananas comosus*; variedad Cayenne lise) en la cinética de Secado utilizando un secador de bandejas con corriente de aire.

Trabajo de Titulación, modalidad: Proyecto de investigación, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: María Gabriela Carvajal Castro

Tutor: Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

Ambato - Ecuador

Junio - 2016

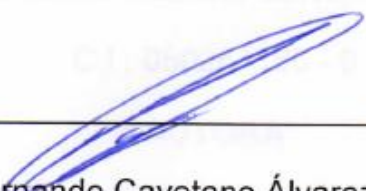
APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 20 de Abril de 2016


Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache
- C.I.: 180104502 - 0
TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTECIDAD

Yo, María Gabriela Carvajal Castro, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Srta. María Gabriela Carvajal Castro


C.I.: 050261165 - 0

AUTORA

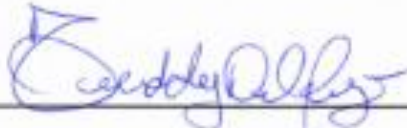
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.


Para constancia, firman:



Presidente del Tribunal



Dr. Freddy Geovanny Del Pozo León
C.I.: 180244627 - 6



Mg. Pablo Israel Amancha Proaño
C.I.: 180334186 - 4

Ambato, 20 de Mayo de 2016

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Srta. María Gabriela Carvajal Castro

C.I.: 050261165 - 0

AUTORA

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y sus docentes me han forjado como profesional y me han enseñado a ser mejor persona a diario.

Al Mg. Fernando Álvarez, por su apoyo incondicional durante la formación de mi carrera universitaria y el desarrollo de este proyecto.

Al Doctor Freddy Del Pozo junto con la Doctora Juliana Gamboa por su ayuda y guía para la investigación.

A la Ing. Dolores Robalino, Ing. Araceli Pilamala y al Ing. Jorge Vélez, que me brindaron su amistad dentro y fuera de las aulas.

A José, Juanjo, Estefy, Joha, Xavi y Migue por ser los mejores amigos que la vida universitaria me dio, amigos que conservaré para toda la vida.

Gaby

DEDICATORIA

Me siento feliz en dedicar este trabajo a mi Mami y mi chiquita Milo, a lo largo de este camino ustedes han sido mi base para no rendirme, mostrándome siempre su inmenso amor, paciencia y una sonrisa para saber que todo va a estar bien. Ahora más que nunca estoy convencida del equipo que formamos, siendo nuestra unión familiar más fuerte que todo.

Mamita linda, mi total admiración para ti, porque has sabido ser un padre a la vez. Por eso y muchas cosas más para mí, eres la persona más valiente, luchadora y alegre que conozco.

A Pablito y mi tío Omar, el más claro ejemplo de superación, quienes han sabido ser incondicionales conmigo, dándome ánimo todo este tiempo.

A mis angelitos: Papi, Abuelita Rosy, Abuelita Nelly y Tía Sandrita, sé lo orgullosos que están de mí.

A Sebas por ser el mejor compañero de vida, por traer mi corazón de vuelta, por todo su amor y ternura; en especial por ser el testigo más lindo de esta meta.

A mis hijos con colita: Lucas, Candy, Chule y Chiqui, la felicidad en mi vida.

Con todo el amor del mundo,

Gaby

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema.....	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos	4
2.2. Fundamentación legal.....	6
2.3. Hipótesis	6
2.4. Señalamiento de variables de la hipótesis.....	7
2.4.1. Variable independiente.....	7
2.4.2. Variable dependiente	7

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales	8
3.2. Tratamientos previos al secado	9
3.3. Secado.....	10
3.4. Diagrama de proceso.....	11
3.5. Métodos	12

3.5.1. Análisis de parámetros físico - químicos	12
3.6. Cinética de secado	16
3.7. Determinación del mejor tratamiento	17
3.8. Determinación de la calidad microbiológica.....	17
3.9. Procesamiento y análisis estadístico de los datos experimentales.	18
3.10. Diseño experimental	18

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y discusión de resultados	20
4.1.1. Obtención de datos para la piña en estado fresco	20
4.1.2. Obtención de datos durante el proceso de deshidratación osmótica de la piña	21
4.1.3. Obtención de datos durante el proceso de secado	22
4.1.3.1. Capacidad de rehidratación	22
4.1.3.2. Textura.....	23
4.1.4. Determinación del mejor tratamiento.....	31
4.1.5. Análisis de la calidad microbiológica	32
4.1.6. Análisis del contenido de compuestos bioactivos del producto	33
4.2. Verificación de hipótesis	33

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	35
5.2. Recomendaciones	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	42 - 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos y combinación de los factores en estudio.....	19
Tabla 2. Parámetros de la fruta entera y troceada.....	20
Tabla 3. Parámetros de las láminas rectangulares de piña antes y después de deshidratadas con DO	21
Tabla 4. Capacidad de rehidratación de todos los tratamientos	23
Tabla 5. Parámetros de textura de todos los tratamientos.....	24
Tabla 6. Ganancia de azúcar y pérdida de humedad para todos los tratamientos	25
Tabla 7. Difusividad efectiva de todos los tratamientos	30
Tabla 8. Datos obtenidos del tratamiento $a_0b_0c_0$	44
Tabla 9. Datos obtenidos del tratamiento $a_0b_0c_1$	44
Tabla 10. Datos obtenidos del tratamiento $a_0b_0c_2$	45
Tabla 11. Datos obtenidos del tratamiento $a_0b_1c_0$	45
Tabla 12. Datos obtenidos del tratamiento $a_0b_1c_1$	46
Tabla 13. Datos obtenidos del tratamiento $a_0b_1c_2$	46
Tabla 14. Datos obtenidos del tratamiento $a_1b_0c_0$	47
Tabla 15. Datos obtenidos del tratamiento $a_1b_0c_1$	47
Tabla 16. Datos obtenidos del tratamiento $a_1b_0c_2$	48
Tabla 17. Datos obtenidos del tratamiento $a_1b_1c_0$	48
Tabla 18. Datos obtenidos del tratamiento $a_1b_1c_1$	49
Tabla 19. Datos obtenidos del tratamiento $a_1b_1c_2$	49
Tabla 20. Datos obtenidos del tratamiento $a_2b_0c_0$	50
Tabla 21. Datos obtenidos del tratamiento $a_2b_0c_1$	50
Tabla 22. Datos obtenidos del tratamiento $a_2b_0c_2$	51
Tabla 23. Datos obtenidos del tratamiento $a_2b_1c_0$	51
Tabla 24. Datos obtenidos del tratamiento $a_2b_1c_1$	52
Tabla 25. Datos obtenidos del tratamiento $a_2b_1c_2$	52
Tabla 26. Datos obtenidos para el cálculo de ganancia de azúcar y pérdida de humedad para todos los tratamientos. Réplica 1	60
Tabla 27. Datos obtenidos para el cálculo de ganancia de azúcar y pérdida de humedad para todos los tratamientos. Réplica 2	61
Tabla 28. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_0b_0c_0$	65
Tabla 29. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_0b_0c_1$	65
Tabla 30. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_0b_0c_2$	66
Tabla 31. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_0b_1c_0$	66

Tabla 32. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_0b_1c_1$	67
Tabla 33. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_0b_1c_2$	67
Tabla 34. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_1b_0c_0$	68
Tabla 35. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_1b_0c_1$	68
Tabla 36. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_1b_0c_2$	69
Tabla 37. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_1b_1c_0$	69
Tabla 38. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_1b_1c_1$	70
Tabla 39. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_1b_1c_2$	70
Tabla 40. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_2b_0c_0$	71
Tabla 41. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_2b_0c_1$	71
Tabla 42. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_2b_0c_2$	72
Tabla 43. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_2b_1c_0$	72
Tabla 44. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_2b_1c_1$	73
Tabla 45. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento $a_2b_1c_2$	73
Tabla 46. Datos obtenidos para el cálculo de los coeficientes efectivos de difusión de todos los tratamientos. Réplica 1.....	77
Tabla 47. Datos obtenidos para el cálculo de los coeficientes efectivos de difusión de todos los tratamientos. Réplica 2.....	78
Tabla 48. Parámetros de textura del tratamiento $a_0b_0c_0$	80
Tabla 49. Parámetros de textura del tratamiento $a_0b_0c_1$	80
Tabla 50. Parámetros de textura del tratamiento $a_0b_0c_2$	81
Tabla 51. Parámetros de textura del tratamiento $a_0b_1c_0$	81
Tabla 52. Parámetros de textura del tratamiento $a_0b_1c_1$	82
Tabla 53. Parámetros de textura del tratamiento $a_0b_1c_2$	82
Tabla 54. Parámetros de textura del tratamiento $a_1b_0c_0$	83
Tabla 55. Parámetros de textura del tratamiento $a_1b_0c_1$	83
Tabla 56. Parámetros de textura del tratamiento $a_1b_0c_2$	84
Tabla 57. Parámetros de textura del tratamiento $a_1b_1c_0$	84
Tabla 58. Parámetros de textura del tratamiento $a_1b_1c_1$	85

Tabla 59. Parámetros de textura del tratamiento $a_1b_1c_2$	85
Tabla 60. Parámetros de textura del tratamiento $a_2b_0c_0$	86
Tabla 61. Parámetros de textura del tratamiento $a_2b_0c_1$	86
Tabla 62. Parámetros de textura del tratamiento $a_2b_0c_2$	87
Tabla 63. Parámetros de textura del tratamiento $a_2b_1c_0$	87
Tabla 64. Parámetros de textura del tratamiento $a_2b_1c_1$	88
Tabla 65. Parámetros de textura del tratamiento $a_2b_1c_2$	88
Tabla 66. Análisis de varianza para ganancia de azúcar	90
Tabla 67. Análisis de varianza para pérdida de humedad	90
Tabla 68. Análisis de varianza para textura (dureza)	91
Tabla 69. Análisis de varianza para el parámetro color de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	93
Tabla 70. Test de Tukey, 95%, para el parámetro color de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	93
Tabla 71. Análisis de varianza para el parámetro olor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart).....	94
Tabla 72. Test de Tukey, 95%, para el parámetro olor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	95
Tabla 73. Análisis de varianza para el parámetro sabor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	96
Tabla 74. Test de Tukey, 95%, para el parámetro sabor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	96
Tabla 75. Análisis de varianza para el parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	97
Tabla 76. Test de Tukey, 95%, para el parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	98
Tabla 77. Análisis de varianza para el parámetro aceptabilidad de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	99
Tabla 78. Test de Tukey, 95%, para el parámetro aceptabilidad de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)	99
Tabla 79. Hoja de cata para la evaluación sensorial de todos los tratamientos más una muestra comercial.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de secado de los diferentes tratamientos	26
Figura 2. Curvas de secado de los diferentes tratamientos	27
Figura 3. Curvas de secado de los diferentes tratamientos	27
Figura 4. Curvas de secado de los diferentes tratamientos en un intervalo de tiempo específico.....	28
Figura 5. Curvas de secado de los diferentes tratamientos en un intervalo de tiempo específico.....	28
Figura 6. Curvas de secado de los diferentes tratamientos en un intervalo de tiempo específico.....	29
Figura 7. Valoración hedónica de las muestras de piña deshidratadas Valores promedio e intervalos de confianza mediante la prueba de Tukey con 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.....	31
Figura 8. Evaluación sensorial del parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95% de confianza.	32
Figura 9. Variación de pH de las muestras de piña en función del tiempo .del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	53
Figura 10. Variación de pH de las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	53
Figura 11. Variación de pH de las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	53
Figura 12. Aumento de sólidos solubles en las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	54
Figura 13. Aumento de sólidos solubles en las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	54
Figura 14. Aumento de sólidos solubles en las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	54
Figura 15. Variación de pH en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	55
Figura 16. Variación de pH en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	55
Figura 17. Variación de pH en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	55
Figura 18. Descenso de sólidos solubles en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	56
Figura 19. Descenso de sólidos solubles en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	56

Figura 20. Descenso de sólidos solubles en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.....	56
Figura 21. Evaluación sensorial del parámetro color de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.	94
Figura 22. Evaluación sensorial del parámetro olor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.	95
Figura 23. Evaluación sensorial del parámetro sabor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.	97
Figura 24. Evaluación sensorial del parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.	98
Figura 25. Evaluación sensorial del parámetro aceptabilidad de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.	100
Figura 26. Piña hawaiana (Cayenne lise)	108
Figura 27. Pelado y descorazonado	108
Figura 28. Troceado y pesado	108
Figura 29. Escaldado	108
Figura 30. Drenado de agua	108
Figura 31. Pesado.....	108
Figura 32. Solución osmótica.....	108
Figura 33. Proceso de deshidratación osmótica	108
Figura 34. Determinación de talla	109
Figura 35. Determinación de masa	109
Figura 36. Determinación de pH de la solución osmótica	109
Figura 37. Determinación de sólidos solubles de la solución osmótica	109
Figura 38. Determinación de pH de la fruta	109
Figura 39. Determinación de sólidos solubles de la fruta.....	109
Figura 40. Secador de bandejas con corriente de aire	110
Figura 41. Túnel de secado	110

Figura 42. Secado de las muestras	110
Figura 43. Texturómetro Brookfield.....	111
Figura 44. Rotores	111
Figura 45. Determinación de textura.....	111
Figura 46. Determinación de la capacidad de rehidratación	111
Figura 47. Muestras para catación.....	112
Figura 48. Panel de cata preparado.....	112
Figura 49. Catadora	112
Figura 50. Catador.....	112

RESUMEN

El presente trabajo se basó en la evaluación del efecto del pretratamiento de deshidratación osmótica en la cinética de secado de piña (*Ananas comosus*; variedad Cayenne lise). Las concentraciones utilizadas en la solución osmótica fueron de 30, 35 y 40 °Brix, temperatura de aire en el secador 60 y 70 °C y tiempo de secado 5; 5,5 y 6h. Todas las muestras analizadas mostraron una cinética de secado similar. Los valores de ganancia de azúcar y pérdida de humedad obtenidos están directamente relacionados con la concentración final de sólidos solubles y temperatura del aire en el secador. Durante el secado ocurre el período de velocidad decreciente debido al proceso de difusión para el cual se calcularon las difusividades efectivas mediante el modelo difusional basado en la segunda Ley de Fick.

Mediante un análisis sensorial se determinó que la piña deshidratada elaborada en condiciones de: concentración final de 40% de sólidos solubles, temperatura de aire del secador de 70 °C durante 5h fue aceptable. Para el parámetro olor, color, sabor, obtuvo un puntaje de 4.1, 4.1 y 4.4 sobre 5 respectivamente, demostrando ser más aceptable que la marca comercial Nature's Heart. La calidad microbiológica del tratamiento considerado como preferido por los catadores cumplió con los criterios microbiológicos de inocuidad y ausencia de *Escherichia coli* establecidos por la Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana, debido a la ausencia de una normativa nacional.

Finalmente, el análisis del contenido de compuestos bioactivos (vitamina C, polifenoles totales y carotenoides) estableció la calidad del producto y proceso.

Palabras claves: deshidratación osmótica, cinética de secado, Ley de Fick, calidad microbiológica, compuestos bioactivos.

ABSTRACT

This study has evaluated the effect of the osmotic dehydration pre-treatment in drying kinetics of pineapple (*Ananas comosus*, Cayenne lise variety). The concentrations of sugar used for the osmotic solution were 30, 35 and 40 °Brix. Air-blown temperatures tested were 60 y 70 °C and drying times of 5; 5,5 and 6 hours. All of the samples analyzed showed similar drying kinetics. The sugar gaining and humidity loss values are directly related with final concentration of soluble solids and blow-drying air temperature. During drying, a falling rate period was present, through this; it occurs the diffusion process for which effective diffusivities were calculated by the diffusion model based on the second Law of Fick.

By a sensory analysis it was determined that dehydrated pineapple elaborated under the following conditions: 40% of final concentration of soluble solids, 70°C of blow dryer air during 5hours is acceptable. Also the same sensory analysis showed for smell, color and taste parameters a score of 4.1, 4.1 and 4.4 points over 5 respectively, showing to be more acceptable than Nature's Heart commercial brand. Furthermore, microbiological quality was established for the pondered best treatment by the tasters, which accomplished microbiological criteria of safety and *Escherichia coli* absence established by Peruvian Health Standards: Microbiological Criteria of Health Quality et Safety for Human Food and Beverage Consumption, due to the absence of a National normative.

Finally, the analysis of bioactive compounds content (vitamin C, total polyphenols and carotenoids) determined the quality of the process and therefore of the product.

Keywords: osmotic dehydration, drying kinetics, Law of Fick, microbiological quality, bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

La tendencia actual de los consumidores está basada en ingerir alimentos que sean saludables y económicos. La presente investigación busca desarrollar una alternativa para mejorar el manejo de frutas, en especial piña y tiene como objetivo determinar el efecto del pre tratamiento de deshidratación osmótica sobre la cinética de secado y propiedades sensoriales de la fruta.

Las concentraciones utilizadas en la solución osmótica fueron de 30, 35 y 40 °Brix, temperatura de aire en el secador 60 y 70 °C y tiempo de secado 5; 5,5 y 6h. Todas las muestras analizadas mostraron una cinética de secado similar. Los valores de ganancia de azúcar y pérdida de humedad se encontraron directamente relacionados con los parámetros mencionados anteriormente. Mediante el modelo difusional basado en la segunda Ley de Fick, se calcularon las difusividades efectivas. El análisis sensorial determinó como mejor tratamiento al elaborado en las condiciones de: concentración final de 40% de sólidos solubles, temperatura de aire del secador de 70 °C durante 5h. Así mismo para el parámetro olor, color, sabor, obtuvo un puntaje de 4.1, 4.1 y 4.4 sobre 5 respectivamente, demostrando ser más aceptable que la marca comercial Nature's Heart.

La calidad microbiológica del tratamiento considerado como preferido por los catadores, cumplió con los criterios microbiológicos de inocuidad y ausencia de *Escherichia coli* establecidos por la Norma Sanitaria Peruana, debido a la ausencia de una normativa nacional. Finalmente, el análisis del contenido de compuestos bioactivos (vitamina C, polifenoles totales y carotenoides) determinaron la calidad del producto y proceso.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

“EFECTO DEL PRE TRATAMIENTO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA EN PIÑA (*Ananas comosus*; variedad Cayenne lise) EN LA CINÉTICA DE SECADO UTILIZANDO UN SECADOR DE BANDEJAS CON CORRIENTE DE AIRE”.

1.2. Justificación

Uno de los principales aspectos que preocupan hoy en día a los consumidores es disponer de alimentos de elevada calidad que satisfagan sus necesidades nutricionales, sensoriales y que puedan aportar beneficios para su salud (**Gamboa-Santos, Megías-Pérez, Montilla, Soria, & Villamiel, 2012**). Por tal razón, las frutas constituyen un componente básico para la dieta diaria, especialmente por su contenido en compuestos bioactivos. En la actualidad, dichos constituyentes están siendo considerados como agentes terapéuticos por su capacidad para prevenir o combatir enfermedades crónicas. (**Devalaraja, Jain, & Yadav, 2011**)

El proyecto de investigación aquí descrito busca desarrollar una alternativa para mejorar el manejo de frutas, en especial piña, la cual tiene una alta producción a nivel nacional y es de gran aceptación.

El secador de bandejas con corriente de aire “Frutidryer” que se utilizó para el desarrollo del proyecto de investigación es de construcción nacional. Cumple con normas de seguridad alimentaria y es específico para la línea de procesamiento en deshidratados.

Es necesario indicar que se deben establecer los parámetros óptimos para la obtención de un producto deshidratado de calidad, por ello el escaldado y la deshidratación osmótica como pre tratamientos pretenden optimizar el tiempo de secado, es decir reducir la utilización de recursos energéticos y costos de operación, mejorar las características organolépticas del producto y evitar la pérdida de componentes bioactivos de la fruta.

Es importante mencionar la necesidad actual del país por generar productos con valor agregado que potencien la transformación de la matriz productiva, y que estos propicien la mejora de la calidad de vida del país.

Ecuador, se define como un territorio que es proveedor de materias primas, por ende el desafío actual debe centrarse en la conformación de nuevas industrias y en la promoción de nuevos sectores que generen valor para ser competitivos, sostenibles, sustentables y diversos. **(SENPLADES, 2013)**

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- ✓ Determinar el efecto del pre tratamiento de deshidratación osmótica en piña (*Ananas comosus*; variedad Cayenne lise) en la cinética de secado utilizando un secador de bandejas con corriente de aire.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Establecer las condiciones óptimas de secado posterior al proceso de deshidratación osmótica de piña a través de la elaboración de curvas de secado.
- ✓ Identificar los cambios físico-químicos que se producen en el producto deshidratado.
- ✓ Estimar la calidad microbiológica del producto en base al mejor tratamiento obtenido.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

La deshidratación es la eliminación del mayor contenido de agua de los alimentos bajo condiciones controladas. La selección del método óptimo para deshidratar está determinada por los requerimientos de calidad, materia prima y factores económicos (**Alzamora, Salvatori, Tapia, López-Malo, Welte-Chanes, & Fito, 2005**). Existen varios tipos de procesos de deshidratación como: secado solar o artificial, deshidratación atmosférica incluyendo procesos batch, estacionarios o continuos y deshidratación subatmosférica. (**EPA, 1995**)

Lombarda, Oliveira, Fito, & Andrés (2008), estudiaron el proceso de deshidratación osmótica en piña como pre tratamiento al secado de frutas tropicales, obteniendo productos de alta calidad.

Gamboa-Santos et al., (2012), mencionan al escaldado, como pretratamiento con capacidad de inactivar enzimas y retardar o interrumpir las reacciones oxidativas, lo que contribuye a elevar la calidad, valor nutritivo del producto y la optimización de recursos como: disminución en los tiempos de proceso al incrementarse la velocidad de secado y al aumento de la capacidad de rehidratación del producto deshidratado.

La deshidratación osmótica combinada con un proceso de secado, permite obtener una matriz alimentaria seca de alta calidad nutricional y sensorial **(Lombarda et al., 2008)**. La cinética de secado implica fenómenos de transferencia de masa y energía, el modelo difusional de Fick es ampliamente utilizado por muchos investigadores en el estudio de secado de alimentos. Las curvas de secado analizan factores como: velocidad de secado, contenido de agua en base seca y húmeda, pérdida de peso y temperatura de aire. **(Giraldo-Zuniga, Arévalo-Pinedo, Silva, Silva, Valdes-Serra, & Palvak, 2010)**

Las investigaciones realizadas en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato sobre deshidratación osmótica, indican que utilizaron el proceso de escaldado como pre tratamiento para la elaboración de diversos productos.

Martínez (2012), menciona que el efecto de la concentración del jarabe de azúcar en el proceso de deshidratación osmótica en tomate de árbol, tiene una relación directamente proporcional, es decir, el aumento de sólidos solubles y temperatura favorece a la velocidad del proceso, reduciendo el tiempo de secado de una muestra.

Rojas (2011), utilizó como agente osmótico miel. Dicho proceso fue aplicado en claudias, favoreciendo la velocidad de transferencia de masa en la matriz alimentaria.

Aguilar (2011), aplicó como pre-tratamiento a la deshidratación osmótica de jackfruit, escaldado y como post tratamiento inmersión en agua fría para garantizar que el producto final tenga características organolépticas de calidad. De esta manera, se reduce la pérdida de compuestos bioactivos presentes en la fruta. **(Gamboa-Santos, Montilla, Soria, & Villamiel, 2012)**

2.2. Fundamentación legal

Para la investigación se tomaron en cuenta las siguientes normas:

- CODEX STAN 182 – 1993. Norma Codex Alimentarius para la piña. **(FAO & OMS, 1993) (FAO & OMS, 1995)**
- CODEX STAN 177 – 1991. Norma Codex Alimentarius para el coco desecado. **(FAO & OMS, 1991)**
- CODEX STAN 13 – 1981. Norma Codex Alimentarius para tomate en conserva. **(FAO & OMS, 1981)**
- CODEX STAN 3 – 1969. Código de prácticas de higiene para las frutas desecadas. **(FAO & OMS, 1969)**
- CODEX STAN 5 – 1971. Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas deshidratadas incluidos los hongos comestibles. Norma Codex Alimentarius. **(FAO & OMS, 1971)**
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2996: 2015. Productos deshidratados: zanahoria, zapallo, uvilla. Requisitos. **(INEN, 2015)**
- Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana. **(MINSA & DIGESA, 2003)**

2.3. Hipótesis

Hipótesis nula (Ho): El pre tratamiento de deshidratación osmótica estudiado no afecta significativamente a la cinética de secado.

Hipótesis alternativa (Ha): El pre tratamiento de deshidratación osmótica estudiado afecta significativamente a la cinética de secado.

2.4. Señalamiento de variables de la hipótesis

2.4.1. Variable independiente

- ✓ Deshidratación osmótica

2.4.2. Variable dependiente

- ✓ Cinética de secado

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Materia prima

La fruta que se utilizó fue piña variedad Cayenne Lise, conocida comercialmente como Hawaiana, adquirida 15 días después de su cosecha en el Mercado Mayorista del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. El tiempo de cosecha mencionado según **Lombarda, et al., (2008)**, garantiza un estado de madurez adecuado para la elaboración del producto deshidratado.

El proceso inició con la selección de frutas sanas y sin golpes, luego se lavaron con agua a presión para eliminar impurezas y partículas extrañas.

Preparación de muestras: pelado y troceado

El pelado fue profundo, con la finalidad de extraer la mayor cantidad de “ojos”. Se efectuaron dos cortes en sentido longitudinal para extraer el “corazón” de la fruta, troceada en láminas rectangulares de 2,5 x 2 x 0,5 cm aproximadamente.

García-Pereira, Muñiz-Becerá, Hernández-Gómez, González-Lázaro, & Fernández-Valdés (2013), recomiendan trabajar con una geometría de cubos de 1 x 5 cm o láminas rectangulares de 2 x 2 x 0,5 cm ayudando a la transferencia de masa y aceleración del proceso de secado. Se escogió la segunda geometría por la facilidad de realizar el corte, optimizando el tiempo de trabajo.

3.2. Tratamientos previos al secado

Escaldado

La fruta troceada se sometió a un pre tratamiento convencional, colocando la fruta en contacto con el agua en forma líquida a temperatura de 98 °C por 1 min aproximadamente.

Deshidratación osmótica

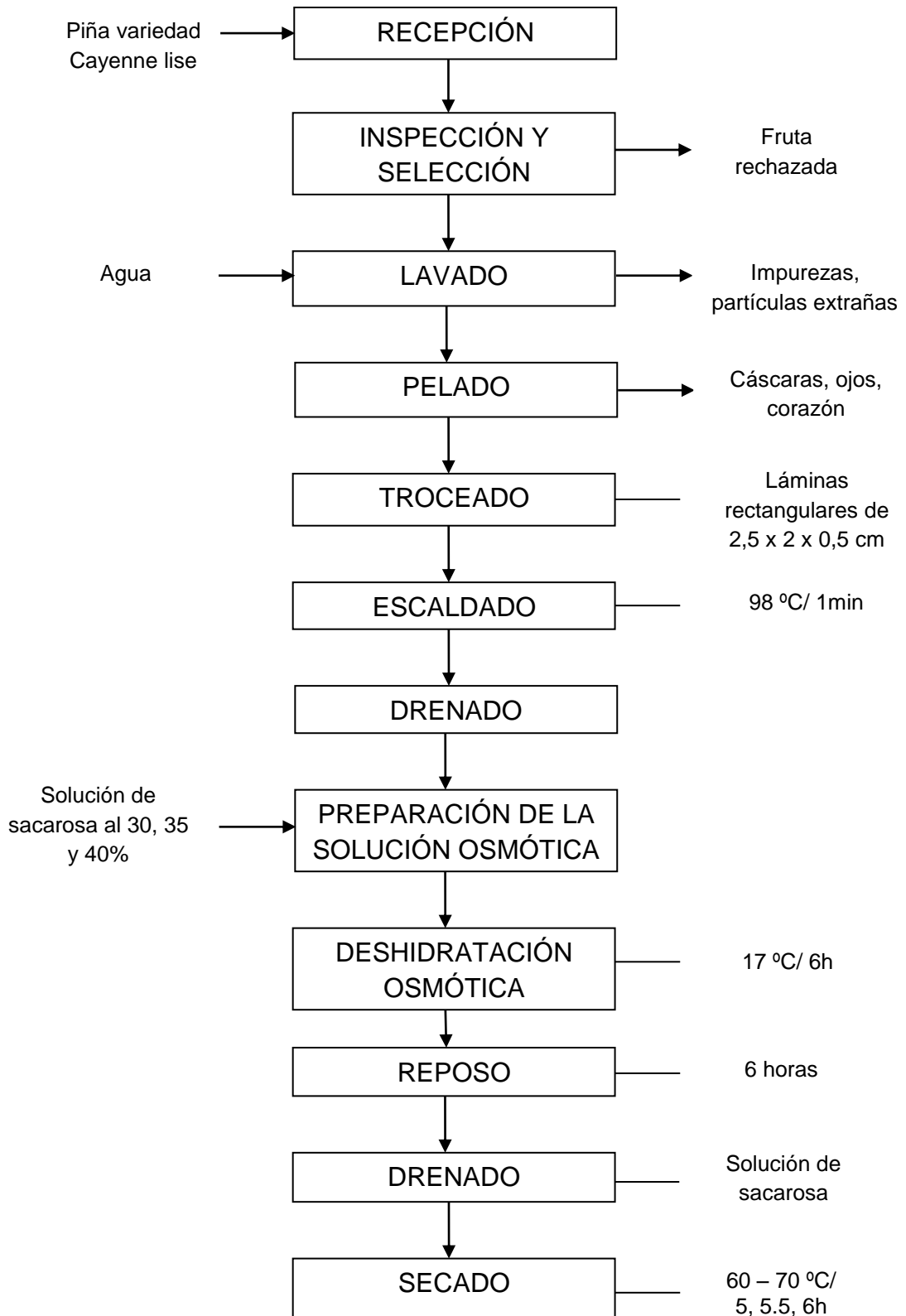
Se sumergieron los trozos de piña previamente escaldado en una solución de sacarosa con una concentración final de 30, 35 y 40% de sólidos solubles en un intervalo de 6h, evaluando las propiedades físico – químicas cada 30 minutos hasta completar tres horas de proceso y posteriormente cada hora hasta completar 6 horas.

3.3. Secado

Para el secado de la fruta previamente deshidratada osmóticamente, se utilizó un secador de bandejas con corriente de aire, que posee las siguientes características:

- ✓ Material de fabricación: acero 304 (grado alimenticio)
- ✓ Dimensiones de la cámara de deshidratado: 1,50 x 0,6 x 0,3 m
- ✓ Potencia del quemador: 70000 BTU/h
- ✓ Sistema operativo: Raspbian libre
- ✓ Software: Python
- ✓ Control de temperatura: 20 – 90 °C
- ✓ Capacidad: 100 kg
- ✓ Velocidad de aire: 0,8 m/s
- ✓ Flujo másico de aire: 1,2 kg/s

3.4. Diagrama de proceso



3.5. Métodos

Para determinar las propiedades de la piña en estado fresco y deshidratado osmótico, se utilizó la metodología propuesta por **García-Pereira, et al., (2013)**, obteniendo valores de: talla, masa, masa total empleada en el proceso y pérdida de peso, en ambos casos se determinó el contenido de sólidos solubles, pH y porcentaje de humedad.

Al producto obtenido por secado se realizaron los siguientes análisis: sensorial, capacidad de rehidratación y textura. Finalmente del mejor tratamiento, se analizó el contenido de compuestos bioactivos y calidad microbiológica del producto.

3.5.1. Análisis de parámetros físico - químicos

Talla

Se determinó el diámetro ecuatorial en tres puntos a igual distancia a 120° y el diámetro longitudinal desde la parte superior de la piña hasta la base, continuando con dos mediciones en puntos paralelos a 180° con un calibrador pie de rey. (**García-Pereira et al., 2013**)

Masa

Se colocó la fruta (láminas rectangulares) en una balanza electrónica. La masa fue monitoreada a intervalos de 30 min con muestras seleccionadas aleatoriamente, obteniendo tres mediciones y sus promedios. **(García-Pereira et al., 2013)**

Contenido de sólidos solubles

Se realizó con un refractómetro digital, cuyos valores fueron expresados en grados Brix. **(FAO & OMS, 1981)**

pH

Se pesó 20 gramos de cada muestra, colocando en un vaso de precipitación con 50 ml de agua destilada, homogenizando las muestras durante 5 minutos.

Las muestras se dejaron en reposo por una hora. Una vez transcurrido ese tiempo, se tomaron las lecturas correspondientes con la ayuda de un pH-metro. **(FAO & OMS, 1981)**

Porcentaje de humedad

Se pesaron previamente las cápsulas de porcelana vacías (M1), colocando 3 gramos de cada muestra, finalmente se registró el peso total (M2). Las cápsulas de porcelana con las muestras, fueron llevadas a la estufa a 103 ± 2 °C por 24h. Cuando las muestras se enfriaron se pesaron nuevamente (M3) **(FAO & OMS, 1995)**

El porcentaje de humedad será determinado mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} * 100 \quad \text{(Ec. 1)}$$

Masa total empleada en el proceso

La masa total de fruta utilizada en el proceso de deshidratación osmótica se obtuvo mediante la expresión siguiente:

$$Mt = \Sigma pi + \dots \dots \dots p^n \quad \text{(Ec. 2)}$$

Donde:

Mt: masa total de piña llevada al proceso de deshidratación (g)

p: masa de una pieza de piña (g)

Pérdida de peso

Se determinó a partir del monitoreo de la masa cada de 30 min a lo largo del proceso (**García-Pereira et al., 2013**). Aplicando la expresión:

$$Pp = \frac{\Sigma mi - \Sigma mf}{\Sigma mi} * 100 \quad \text{(Ec. 3)}$$

Donde:

Pp: Pérdida de peso (%)

mi: masa de la pieza de piña antes de ser deshidratada (g)

mf: masa de la pieza de piña después de ser deshidratada (g)

Capacidad de rehidratación

Los trozos de piña se rehidrataron por inmersión en agua destilada a temperatura ambiente durante 24h. Una vez eliminado el exceso de agua superficial con papel absorbente, se pesaron los trozos de fruta (**Gamboa-Santos et al., 2012**). La relación de rehidratación (RR) se calcula con la siguiente fórmula:

$$RR = \frac{Mr}{Md} \quad \text{(Ec. 4)}$$

Donde:

Mr: es el peso del producto rehidratado (g)

Md: es el peso de la fruta de deshidratada (g)

Textura

Se trabajó con el analizador de textura Brookfield CT3, software "TexturePro CT V1. 2 Build 9" y la sonda TA 39, obteniendo datos de: dureza, cohesividad, índice de elasticidad y firmeza del producto.

Contenido de compuestos bioactivos del producto

Mediante espectrofotometría se analizaron los compuestos bioactivos que se encuentran en el producto: vitamina C, polifenoles totales y carotenoides.

3.6. Cinética de secado

A partir de los datos de humedad, de acuerdo al diseño experimental A x B x C, se obtuvo resultados sobre la ganancia de azúcar, pérdida de humedad, coeficientes de difusividad y curvas de secado.

La curva de secado se expresa como humedad en base seca (HBS) (g agua/ g de sólido secos) vs tiempo. Durante el secado convectivo se considera que solo sale agua. Experimentalmente, la curva para el secado convectivo es pesar la muestra a diferentes intervalos de tiempo para obtener el contenido de agua en base seca. **(Gamboa-Santos et al., 2012)**

3.7. Determinación del mejor tratamiento

Se realizó un análisis sensorial del producto, evaluando parámetros como: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad con una escala hedónica con valores del 1 al 5 propuesta por **Salto, (2010)**.

Para el análisis de varias muestras de diferentes tratamientos, **Cochran & Cox (1973)**, sugieren utilizar un diseño de bloques incompletos (DBIE). Para dieciocho tratamientos más un control externo (piña deshidrata comercial Nature's Heart) fue necesario organizar un panel de cata de 57 catadores, los cuales degustaron tres muestras cada uno.

La existencia de diferencias significativas entre los niveles se determinó mediante un ANOVA y test de Tukey empleando un nivel de significancia del 95 %.

3.8. Determinación de la calidad microbiológica

La calidad microbiológica del producto se estableció en base a un análisis microbiológico mediante la Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana, en ausencia de una normativa nacional específicamente para piña.

3.9. Procesamiento y análisis estadístico de los datos experimentales

Los datos experimentales obtenidos de cada propiedad físico-química se analizaron en paquetes estadísticos (Excel e InfoStat), cada uno de ellos con sus valores promedio y desviaciones estándar.

En el caso de encontrar diferencias significativas entre tratamientos se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), empleando el test de Tukey, con un nivel de significancia del 95 %.

3.10. Diseño experimental

Para la experimentación del trabajo de investigación se llevó a cabo los siguientes factores y niveles de estudio:

- **Factor A:** Concentración final del contenido de sólidos solubles (°Brix) en la piña: **a₀**:30%; **a₁**:35%; **a₂**:40%
- **Factor B:** Temperatura del aire en el secador (°C): **b₀**: 60 °C; **b₁**: 70 °C
- **Factor C:** Tiempo de secado (horas): **c₀**: 5h; **c₁**: 5,5h; **c₂**: 6h

Tabla 1. Tratamientos y combinación de los factores en estudio

Tratamientos	A: Concentración final de sólidos solubles (°Brix)	B: Temperatura del aire en el secador	C: Tiempo de secado (horas)
a ₀ b ₀ c ₀	30%	60 °C	5
a ₀ b ₀ c ₁	30%	60 °C	5,5
a ₀ b ₀ c ₂	30%	60 °C	6
a ₀ b ₁ c ₀	30%	70 °C	5
a ₀ b ₁ c ₁	30%	70 °C	5,5
a ₀ b ₁ c ₂	30%	70 °C	6
a ₁ b ₀ c ₀	35%	60 °C	5
a ₁ b ₀ c ₁	35%	60 °C	5,5
a ₁ b ₀ c ₂	35%	60 °C	6
a ₁ b ₁ c ₀	35%	70 °C	5
a ₁ b ₁ c ₁	35%	70 °C	5,5
a ₁ b ₁ c ₂	35%	70 °C	6
a ₂ b ₀ c ₀	40%	60 °C	5
a ₂ b ₀ c ₁	40%	60 °C	5,5
a ₂ b ₀ c ₂	40%	60 °C	6
a ₂ b ₁ c ₀	40%	70 °C	5
a ₂ b ₁ c ₁	40%	70 °C	5,5
a ₂ b ₁ c ₂	40%	70 °C	6

Para establecer la relación entre los factores de estudio mencionados, se consideró aplicar un diseño A x B x C con una réplica. En caso de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos se separarán las medias mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia. **(Montgomery, 2004)**

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y discusión de resultados

4.1.1. Obtención de datos para la piña en estado fresco

En la Tabla 2, se muestran las propiedades analizadas de la piña entera y troceada. Para la fruta entera los valores medios de talla y masa fueron 17 cm y 965 ± 2 g, para la fruta troceada en láminas rectangulares fueron $2,5 \times 2 \times 0,5 \pm 0,03$ cm y $3,10 \pm 0,2$ g. Los datos de pH, contenido de sólidos solubles (CSS) y contenido de humedad fueron similares en los dos casos (fruta entera y troceada) con valores de 3,89, 13,5 °Brix y 87 – 90%, respectivamente.

Los parámetros anteriormente mencionados fueron similares en todos los tratamientos.

Tabla 2. Parámetros de la fruta entera y troceada (láminas rectangulares)

Fruta	Talla (cm)	Masa (g)	pH	CSS (°Brix)	Contenido de humedad (%)
Entera	17	965 ± 2	3,89	13,5	87 – 90
Láminas rectangulares	$2,5 \times 2 \times 0,5 \pm 0,03$	$3,10 \pm 0,2$	3,89	13,5	87 – 90

4.1.2. Obtención de datos durante el proceso de deshidratación osmótica de la piña

Uno de los factores de experimentación de la investigación fue la concentración final del contenido de sólidos solubles (°Brix) en la piña mediante el proceso de deshidratación osmótica (DO).

Para el caso de la piña troceada en láminas rectangulares como se observa en la Tabla 3, se obtuvieron diversos valores, debido al intercambio de solutos que se produce entre la solución y el alimento, todos en función del tiempo de proceso, 6h aproximadamente.

Se considera un producto deshidratado osmóticamente, cuando este ha perdido entre el 60 y 65% de su peso. **(Chávez-Franco, Saucedo-Veloz, Villaseñor-Perea, Hernández-Gómez, Salazar-Zazueta, & Landois-Palencia, 2006)**

Tabla 3. Parámetros de las láminas rectangulares de piña antes y después de deshidratadas con DO a una concentración final de 30, 35 y 40 °Brix

Estado de la fruta	Talla (cm)	Masa (g)	pH	CSS (°Brix)	Contenido de humedad	Masa total (g)	Pérdida de peso (%)
Antes D.O	2,5x2x0,5±0,03	3,10±0,2	3,89	13,5	87 – 90	820	-
D.O (30 °Brix)	2,4x1,8x0,4±0,02	1,90±0,2	3,69	30,0±0,1	77,3	575	62,61
D.O (35 °Brix)	2,4x1,8x0,4±0,02	1,95±0,2	3,76	35,0±0,1	73,8	570	63,1
D.O (40 °Brix)	2,4x1,8x0,4±0,02	1,98±0,2	3,81	40,0±0,1	70,6	530	64,57

El pH de las muestras de piña tuvo una ligera variación en relación con el aumento de la concentración osmótica, el pH inicial fue de 3,89. Después del proceso de DO el pH fue de 3,69; 3,76; 3,81 para la

concentración final de 30, 35 y 40 °Brix respectivamente (Anexo A: Tabla 8 - 25, Figuras 5 - 7), los sólidos solubles aumentaron significativamente en relación con la fruta en estado fresco. (Anexo A: Figuras 8 - 10).

Además el pH y el contenido de sólidos solubles en la solución osmótica descendieron (Anexo A: Figuras 11 - 16), según **Gaspareto, Oliveira, Da Silva, & Magalhaes (2004)**, este proceso ocurre por el intercambio de solutos con el medio y la pérdida de agua en el material deshidratado osmóticamente.

4.1.3. Obtención de datos durante el proceso de secado

4.1.3.1. Capacidad de rehidratación

Gamboa-Santos et al., (2012) consideran que la capacidad de rehidratación (RR) es un parámetro que aporta información importante sobre las modificaciones que posiblemente pueden afectar la calidad del producto deshidratado.

Para todos los tratamientos (Tabla 4) el valor de RR se encuentra en un rango de 1,54 a 1,60 a excepción de la muestra testigo cuyo valor fue de 1,38. La muestra testigo fue piña deshidrata de la marca comercial Nature's Heart, las dimensiones de dicha muestra son mayores en comparación con las láminas rectangulares de piña.

El tiempo de rehidratación debe ser el menor posible para obtener productos rehidratados de textura aceptable. (**Mendoza, 2003**)

Tabla 4. Capacidad de rehidratación de todos los tratamientos

Tratamientos	*RR
$a_0b_0c_0$	1,54
$a_0b_0c_1$	1,56
$a_0b_0c_2$	1,59
$a_0b_1c_0$	1,59
$a_0b_1c_1$	1,57
$a_0b_1c_2$	1,58
$a_1b_0c_0$	1,59
$a_1b_0c_1$	1,57
$a_1b_0c_2$	1,54
$a_1b_1c_0$	1,60
$a_1b_1c_1$	1,59
$a_1b_1c_2$	1,57
$a_2b_0c_0$	1,54
$a_2b_0c_1$	1,57
$a_2b_0c_2$	1,59
$a_2b_1c_0$	1,56
$a_2b_1c_1$	1,57
$a_2b_1c_2$	1,60
Control	1,38

*Valores promedio de dos repeticiones

4.1.3.2. Textura

Durante el análisis de textura se obtuvieron datos de: dureza, cohesividad, índice de elasticidad y firmeza del producto, como se indica en la Tabla 5.

El secado con aire caliente que se utilizó provoca la pérdida de agua del producto por evaporación y como consecuencia de ello el endurecimiento de la corteza. El tiempo de secado influye directamente en los valores de los parámetros analizados.

La geometría de la matriz alimentaria determinará la velocidad con que se produce la pérdida de agua. **(García, 2005)**

Tabla 5. Parámetros de textura de todos los tratamientos

Tratamientos	*Dureza (N)	*Cohesividad	*Indice de elasticidad	*Firmeza (N)
$a_0b_0c_0$	1,95	0,65	0,61	1,67
$a_0b_0c_1$	2,24	0,70	0,63	1,84
$a_0b_0c_2$	1,80	0,61	0,68	1,80
$a_0b_1c_0$	2,29	0,58	0,66	1,85
$a_0b_1c_1$	1,56	0,63	0,64	1,60
$a_0b_1c_2$	2,49	0,66	0,65	1,88
$a_1b_0c_0$	3,68	0,62	0,64	2,84
$a_1b_0c_1$	2,75	0,60	0,60	2,27
$a_1b_0c_2$	1,97	0,61	0,65	1,63
$a_1b_1c_0$	2,35	0,48	0,49	1,77
$a_1b_1c_1$	1,67	0,68	0,59	1,42
$a_1b_1c_2$	1,99	0,73	0,67	1,53
$a_2b_0c_0$	2,48	0,48	0,57	2,23
$a_2b_0c_1$	1,55	0,64	0,67	1,17
$a_2b_0c_2$	1,50	0,56	0,57	1,18
$a_2b_1c_0$	1,47	0,66	0,63	1,48
$a_2b_1c_1$	2,74	0,59	0,63	2,16
$a_2b_1c_2$	2,12	0,62	0,59	1,84

*Valores promedio de diez repeticiones

4.1.3.3. Cinética de secado

Ganancia de azúcar y pérdida de humedad

La ganancia de azúcar y pérdida de humedad es directamente proporcional al tiempo de proceso. En la Tabla 6, se observa un mayor porcentaje de ganancia de azúcar para los tratamientos en condiciones de 40 °Brix como concentración final.

La pérdida de humedad es mayor, cuanto mayor sea la temperatura, considerando que el proceso de deshidratación osmótica genera una pérdida de humedad inicial e irreversible para la fruta.

Tabla 6. Ganancia de azúcar y pérdida de humedad para todos los tratamientos

Tratamientos	*SG (%)	*WL (%)
a ₀ b ₀ c ₀	5,499	2,845
a ₀ b ₀ c ₁	5,305	2,593
a ₀ b ₀ c ₂	5,402	2,673
a ₀ b ₁ c ₀	5,265	6,301
a ₀ b ₁ c ₁	5,325	6,402
a ₀ b ₁ c ₂	5,484	7,121
a ₁ b ₀ c ₀	8,629	2,645
a ₁ b ₀ c ₁	8,429	2,744
a ₁ b ₀ c ₂	8,532	2,654
a ₁ b ₁ c ₀	8,822	3,910
a ₁ b ₁ c ₁	8,375	3,405
a ₁ b ₁ c ₂	8,600	6,687
a ₂ b ₀ c ₀	12,222	2,336
a ₂ b ₀ c ₁	12,291	2,445
a ₂ b ₀ c ₂	12,194	2,499
a ₂ b ₁ c ₀	12,080	4,437
a ₂ b ₁ c ₁	12,287	3,120
a ₂ b ₁ c ₂	12,216	2,718

*Valores promedio de dos repeticiones

Curvas de secado

La matriz alimentaria durante el proceso de secado va a presentar el fenómeno considerado como “cinética de secado”, el cual va a depender de la humedad del material y la evaporación que se produzca en relación al tiempo. **(Giraldo-Zuniga et al., 2010)**

En las figuras 1 - 3 se observan las curvas de secado de cada tratamiento, representando humedad en base seca (HBS) y tiempo.

Demostrando que todas las condiciones de concentración final de sólidos solubles, temperatura del aire en el secador y tiempo de secado estudiadas fueron satisfactorias.

El aumento de temperatura influye directamente en la velocidad de secado de las muestras, favoreciendo a la transferencia de masa y pérdida de agua en las muestras.

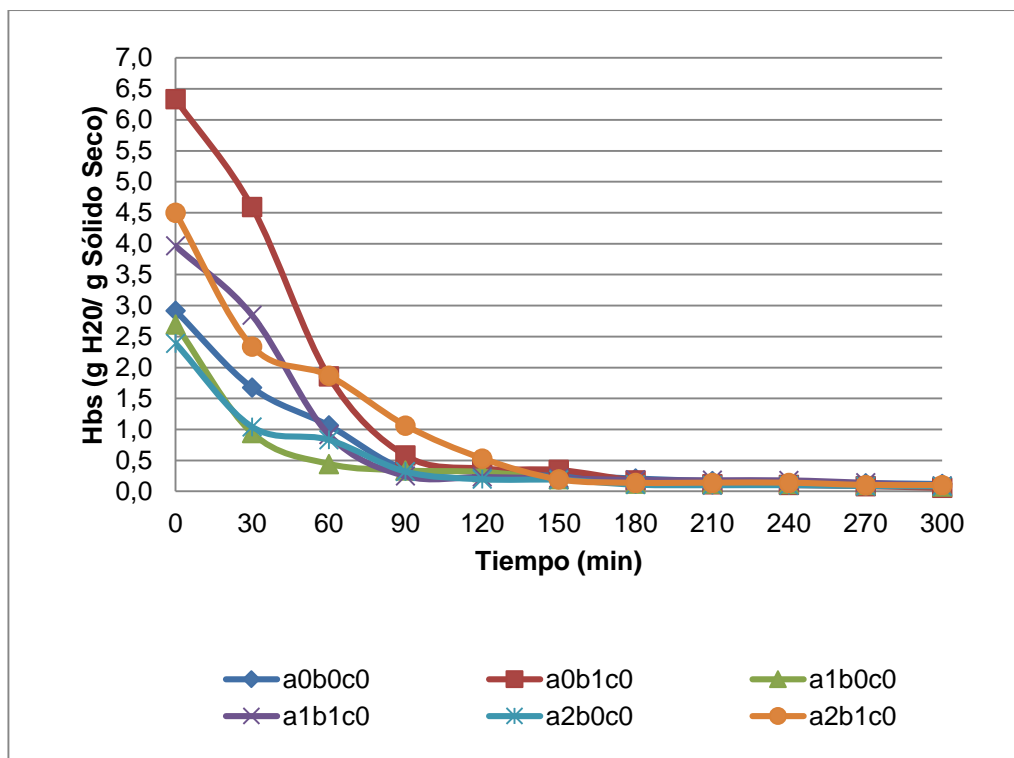


Figura 1. Curvas de secado de los diferentes tratamientos

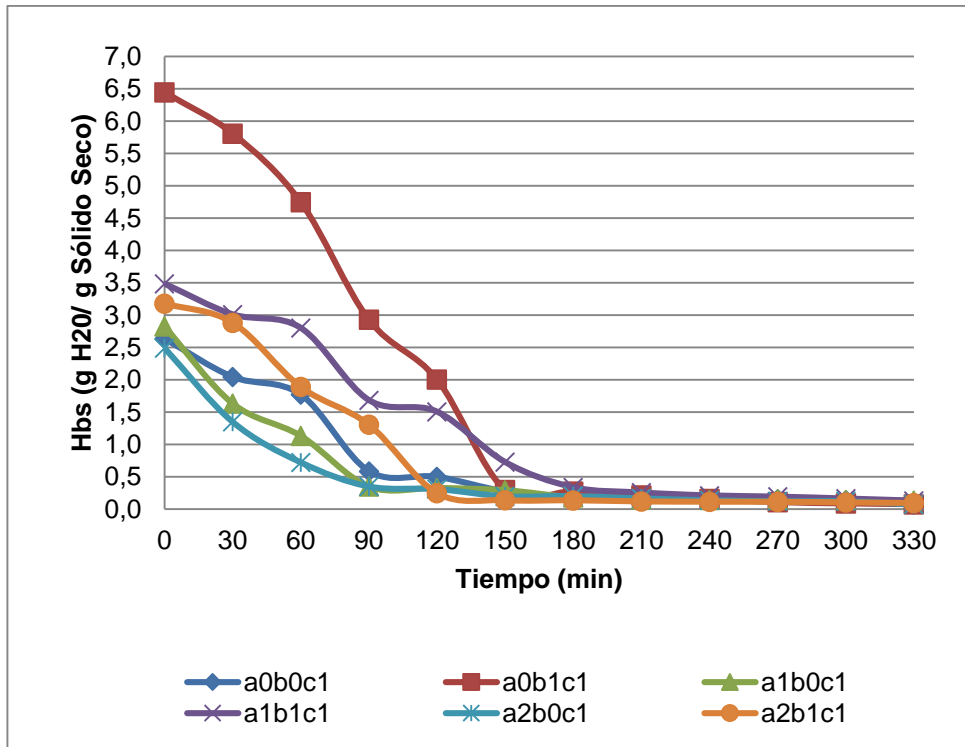


Figura 2. Curvas de secado de los diferentes tratamientos

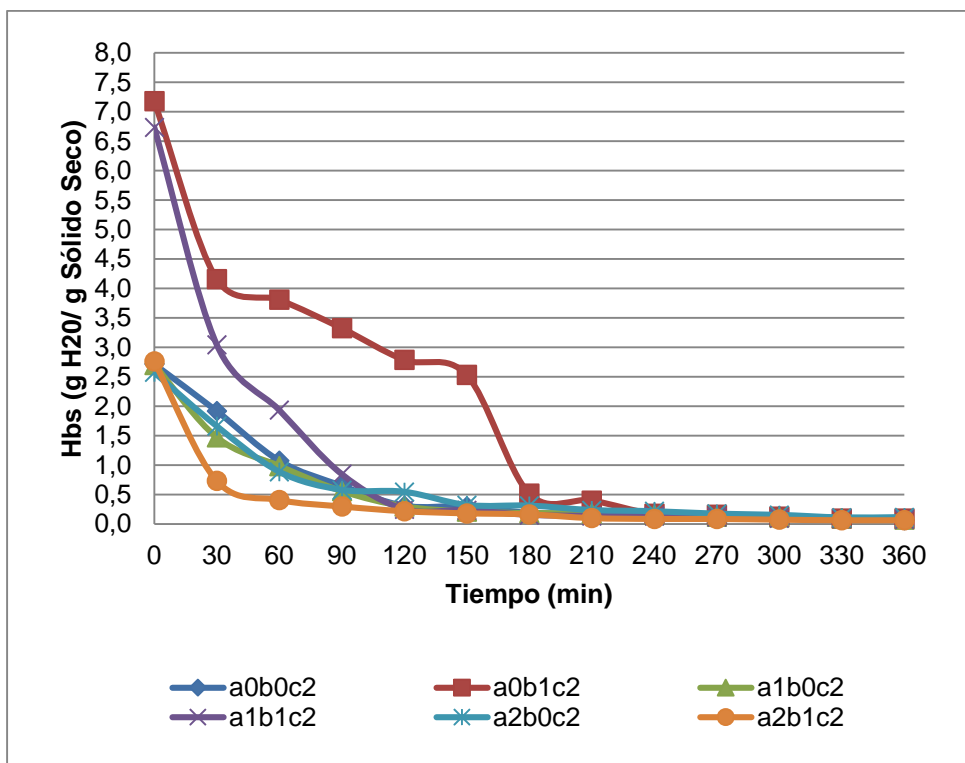


Figura 3. Curvas de secado de los diferentes tratamientos

Para visualizar de mejor forma el cambio que se produce durante el secado, se consideró representar la curva de secado en el intervalo de tiempo entre 30 y 150 min.

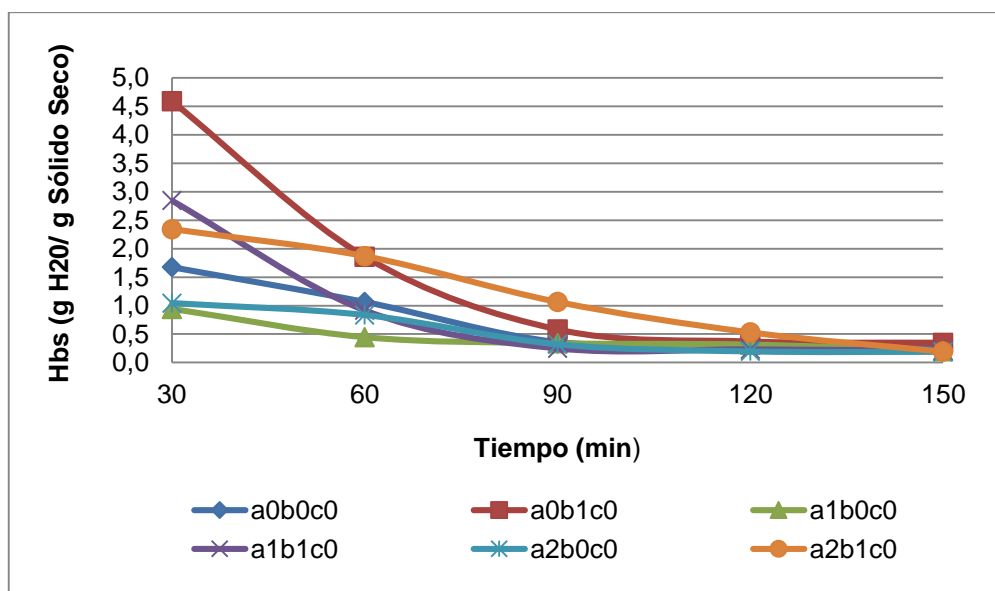


Figura 4. Curvas de secado de los diferentes tratamientos en un intervalo de tiempo específico

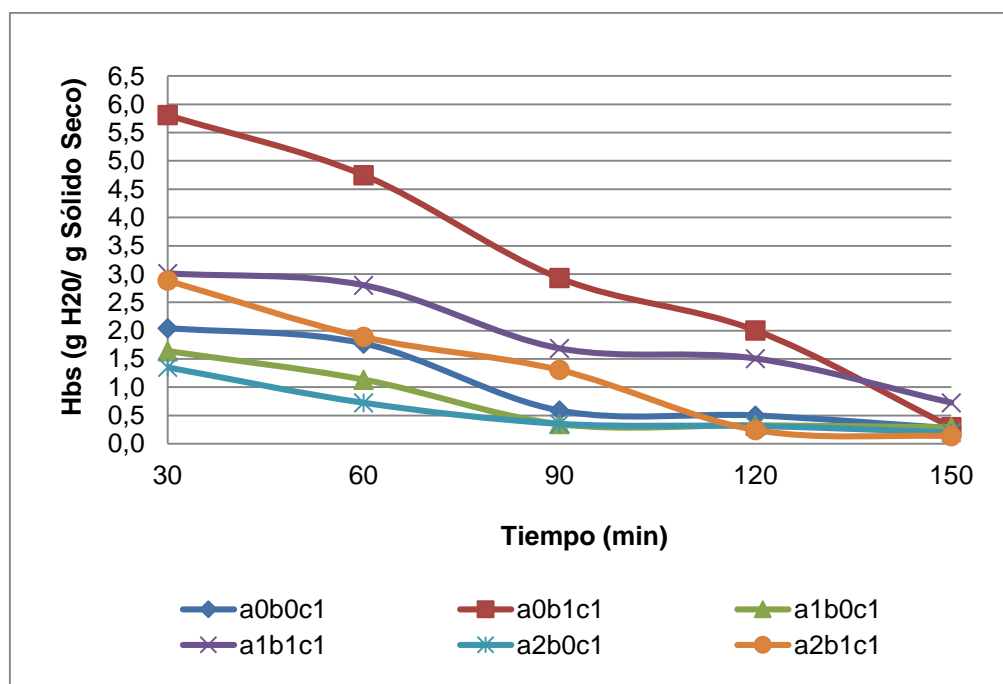


Figura 5. Curvas de secado de los diferentes tratamientos en un intervalo de tiempo específico

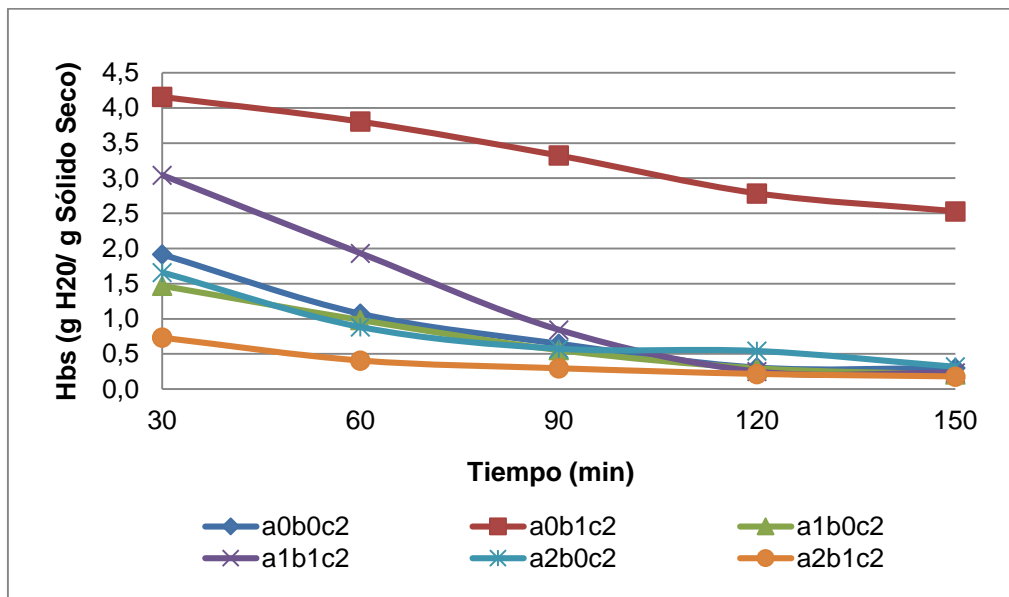


Figura 6. Curvas de secado de los diferentes tratamientos en un intervalo de tiempo específico

Como se observa en la figura 4 – 6, existe una variación de la humedad en base seca de los tratamientos a medida que avanza el secado, debido a la forma en la que el aire es forzado a circular por las muestras. Para determinar la medición, estas fueron tomadas de distintos puntos de las bandejas del secador, considerando que durante el secado existe la influencia de la entalpía del aire.

En general, el proceso de secado por convección se relaciona con las propiedades de la corriente de aire y los cambios que ocurran durante la cinética de secado. **(Ruiz, Tapia, Vizcaíno, Cuadros, & López, 2010)**

Coefficiente de difusión efectiva

En el proceso de secado, existe el período de velocidad decreciente el cual se ve controlado por la difusión. Para cada tratamiento se calculó las difusividades efectivas mediante el modelo difusional basado en la segunda Ley de Fick.

De los resultados obtenidos expresados en la Tabla 7., dicho parámetro se ve influenciado por la concentración de azúcar y por la temperatura durante el proceso de secado.

Tabla 7. Difusividad efectiva de todos los tratamientos

Tratamientos	*D. efectiva (m ² /s)
a ₀ b ₀ c ₀	5,133E-10
a ₀ b ₀ c ₁	4,969E-10
a ₀ b ₀ c ₂	4,698E-10
a ₀ b ₁ c ₀	6,884E-10
a ₀ b ₁ c ₁	6,289E-10
a ₀ b ₁ c ₂	6,429E-10
a ₁ b ₀ c ₀	6,228E-10
a ₁ b ₀ c ₁	5,731E-10
a ₁ b ₀ c ₂	5,626E-10
a ₁ b ₁ c ₀	5,415E-10
a ₁ b ₁ c ₁	4,938E-10
a ₁ b ₁ c ₂	7,279E-10
a ₂ b ₀ c ₀	5,425E-10
a ₂ b ₀ c ₁	5,155E-10
a ₂ b ₀ c ₂	3,920E-10
a ₂ b ₁ c ₀	6,748E-10
a ₂ b ₁ c ₁	6,129E-10
a ₂ b ₁ c ₂	4,044E-10

*Valores promedio de dos repeticiones

4.1.4. Determinación del mejor tratamiento

Por medio del análisis sensorial a través de un panel de catadores determinaron que el mejor tratamiento en cuanto a los parámetros analizados de olor, sabor, color y aceptabilidad fue el tratamiento a2b1c0, como se muestra en la figura 7, obteniendo un promedio de 4,7 sobre una escala de 5, resultantes del test de Tukey al 95 % de confianza, provenientes de los test ANOVA efectuados (Anexo I, Tabla 69 – 78).

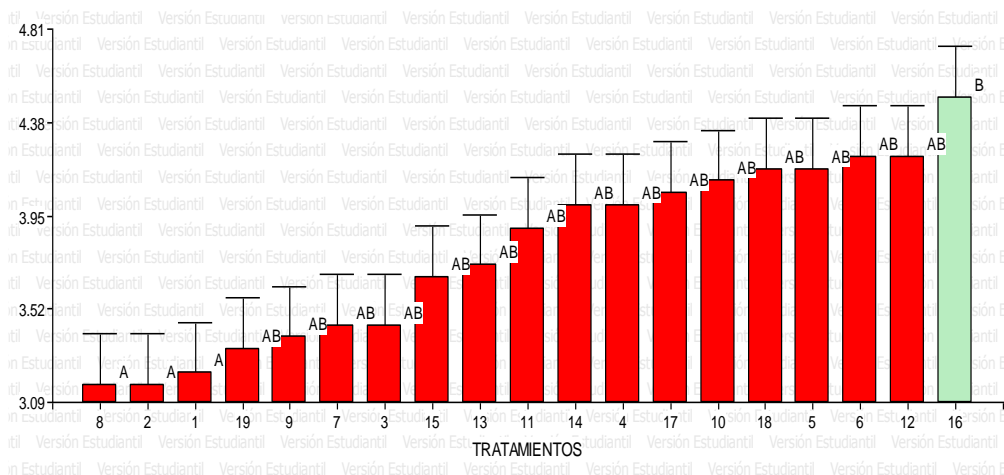


Figura 7. Valoración hedónica de las muestras de piña deshidratadas Valores promedio e intervalos de confianza mediante la prueba de Tukey con 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Para el análisis de textura, representado en la figura 8, todas las muestras analizadas se encuentran dentro del mismo grupo homogéneo, es por ello que en la Tabla 5, se muestran los parámetros de textura analizados presentando diferentes valores.

En cuanto a la dureza de las muestras se comprueba que el tratamiento a₂b₁c₀, es el que tuvo mayor aceptabilidad entre los catadores.

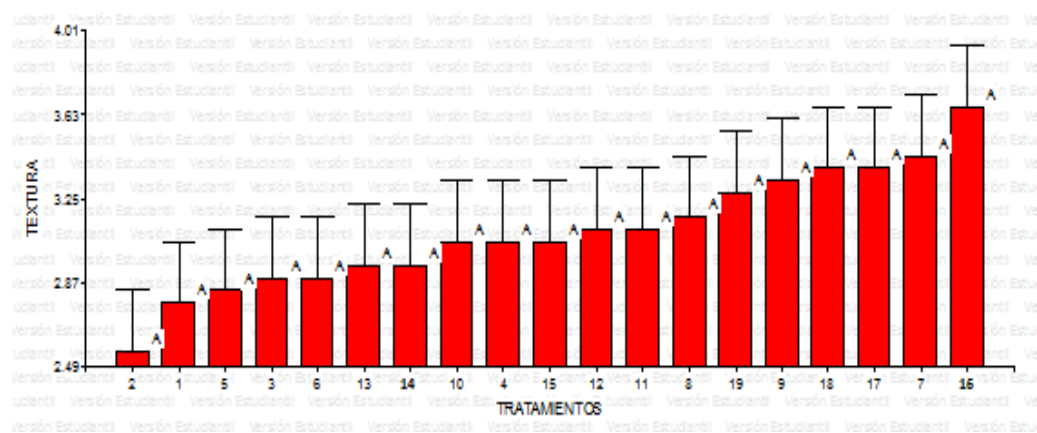


Figura 8. Evaluación sensorial del parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature's Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95% de confianza.

4.1.5. Análisis de la calidad microbiológica

El análisis de la calidad microbiológica se realizó al mejor tratamiento obtenido, es decir, el tratamiento a₂b₁c₀.

La muestra de piña deshidratada cumplió con los criterios microbiológicos de inocuidad y ausencia de *Escherichia coli* establecidos por la Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana norma utilizada debido a la falta de una normativa nacional específicamente para piña deshidratada, sin embargo, presentó un recuento de mohos (indicador de calidad de almacenamiento del producto) mayor al permitido por lo que la fuente contaminación debería ser identificada y controlada. (Anexo J).

4.1.6. Análisis del contenido de compuestos bioactivos del producto

Las condiciones de deshidratación osmótica y secado convectivo producen cambios en los compuestos bioactivos de la fruta. De acuerdo a los resultados obtenidos, se observaron valores altos de vitamina C con 83 mg vitC/100g MS. Para polifenoles totales y carotenoides los valores fueron 2,19 mg/100g MS y 5,06 ug/100g MS, respectivamente. (Anexo K)

Para **Rózek, Achaerandio, Güell, López, & Ferrando (2008)**, las propiedades antioxidantes que contienen estos compuestos son los responsables de otorgar efectos beneficiosos para la salud.

Componentes como vitamina C, polifenoles totales y carotenoides, están fuertemente asociados a la prevención de ciertas enfermedades crónico-degenerativas. (**Sánchez, Gorinstein, Belloso, Astiazarán, González, & Cruz, 2007**)

4.2. Verificación de hipótesis

El análisis de varianza realizado al parámetro de ganancia de azúcar mostró con un nivel de confianza del 95%, que la concentración de sólidos solubles de la solución osmótica influye significativamente (Anexo H, Tabla 66).

Para la pérdida de humedad se observó diferencias significativas entre las muestras deduciéndose dicha pérdida durante el proceso de deshidratación osmótica y posteriormente el secado (Anexo H, Tabla 67).

La textura se evaluó con el Texturómetro Brookfield, para el análisis de varianza se consideró el parámetro de dureza, el cual presentó diferencias significativas entre los tratamientos. El tiempo y la temperatura de secado aportaron diferencias que pudieron ser detectadas por el equipo (Anexo H, Tabla 68).

Teniendo en cuenta todo lo anterior se acepta la hipótesis alternativa, según la cual, el pre tratamiento de deshidratación osmótica estudiado afecta significativamente a la cinética de secado.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ❖ Las piñas deshidratadas presentaron, en todos los casos, una cinética de secado similar, todo ello en función del pre tratamiento de deshidratación osmótica aplicado. Los valores de ganancia de azúcares hasta el 12% y pérdida de humedad del 2 al 5% de su peso en seco, resultaron directamente relacionados con la concentración final de sólidos solubles y temperatura del aire en el secador.

- ❖ Las condiciones óptimas de secado se establecieron a una temperatura de aire en el secador de 70 °C por un tiempo de 5h con una velocidad de aire de 0,8 m/s.

- ❖ La piña deshidratada presentó una serie de cambios durante el proceso de deshidratación osmótica y posterior secado. Los cambios físicos y químicos que se observaron fueron: pérdida de masa y talla por la reducción de agua de la fruta, cambio de color en las muestras generando en algunos casos la formación de la reacción de Maillard y la degradación térmica de los compuestos bioactivos.

- ❖ El producto deshidratado preferido por el panel de cata fue el tratamiento a₂b₁c₀, el cual cumplió con los criterios microbiológicos de inocuidad y ausencia de *Escherichia coli* establecidos por la Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e

Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana, norma utilizada debido a la falta de una normativa nacional.

- ❖ Mediante el análisis del contenido de compuestos bioactivos se obtuvo los siguientes valores, para: vitamina C 83 mg vitC/100g MS, polifenoles totales 2,19 mg/100g MS y carotenoides 5,06 ug/100g MS.

5.2. Recomendaciones

- ❖ Aplicar edulcorantes de acuerdo a las concentraciones determinadas como óptimas, para mejorar las propiedades sensoriales del producto.
- ❖ Analizar el uso de los residuos (cáscaras y corazón) obtenidos de la piña para la elaboración de té y compostaje.
- ❖ Considerar el jarabe obtenido del proceso de deshidratación osmótica y su posible reutilización con el fin de optimizar recursos y costos de producción.
- ❖ Analizar el incremento de la temperatura de aire en el secador y velocidad de secado.
- ❖ Trabajar con otras dimensiones o geometrías en las muestras de piña.
- ❖ Continuar el estudio con el uso de extractos de semillas de uva, soya, fresas con el objetivo de incorporar compuestos bioactivos al producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA). (1995). *Food and Agricultural Industries*. United States.
- Aguilar, M. (2011). Estudio de la temperatura y concentración de azúcar en la Deshidratación Osmótica de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam.*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.
- Alzamora, S., Salvatori, D., Tapia, M., López-Malo, A., Welti-Chanes, J., & Fito, P. (2005). Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *Journal of Food Engineering* , 67, 205-214.
- Chávez-Franco, S., Saucedo-Veloz, C., Villaseñor-Perea, C., Hernández-Gómez, L., Salazar-Zazueta, A., & Landois-Palencia, L. (2006). Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de melón (*Cucumis melo L.*) bajo compresión axial. *Revista Fitotecnia Mexicana* , 29 (2), 157-162.
- Cochran, W., & Cox, G. (1973). *Diseños Experimentales*. México: Editorial Trillas S.A.
- Devalaraja, S., Jain, S., & Yadav, H. (2011). Exotic fruits as therapeutic complements for diabetes, obesity and metabolic syndrome. *Food Research International* , 44 (7), 1856–1865.
- Gamboa-Santos, J., Megías-Pérez, R., Montilla, A., Soria, A., & Villamiel, M. (2012). Evaluación de la calidad en frutas deshidratadas comerciales comunes y exóticas.
- Gamboa-Santos, J., Montilla, A., Soria, A., & Villamiel, M. (2012). Effects of conventional and ultrasound blanching on enzyme inactivation and carbohydrate content of carrots. *European Food Research and Technology* , 234 (6), 1071-1079.

- García, J. (2005). Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y champiñón (*Agaricus bisporus*). Escuela Agrícola Panamericana . Zamorano, Honduras.
- García-Pereira, A., Muñiz-Becerá, S., Hernández-Gómez, A., González-Lázaro, M., & Fernández-Valdés, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* , 22, 62-69.
- Gaspareto, O., Oliveira, E., Da Silva, P., & Magalhaes, M. (2004). Influencia del tratamiento osmótico en el secado de la banana (*Musa cavendishii*, L.) en secador de lecho fijo. *Información Tecnológica* , 15 (6), 9-16.
- Giraldo-Zuniga, A., Arévalo-Pinedo, A., Silva, A., Silva, P., Valdes-Serra, J., & Palvak, M. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos, Campinas* , 30 (1), 179-182.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). *NTE INEN 2996: Productos deshidratados. Zanahoria, zapallo, uvilla. Requisitos*. Quito - Ecuador.
- Levi, A., Gagel, S., & Juven, B. (1985). Intermediate-moisture tropical fruit products for developing countries II. Quality characteristics of papaya. *International Journal of Food Science & Technology* , 20 (2), 163–175.
- Lombarda, G., Oliveira, J., Fito, P., & Andrés, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering* , 85 (2), 277–284.

- Martínez, C. (2012). Efecto de la concentración y temperatura en la deshidratación osmótica del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.
- Mendoza, R. (2003). Isotermas de sorción y velocidad de rehidratación en frutas de *carica papaya L.*: deshidratadas con diferentes métodos. Argentina: Universidad Nacional de Misiones.
- Ministerio de Salud del Perú & Dirección General de Salud Ambiental (MINSA & DIGESA). (2003). *Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana*.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. México: Limusa Wiley.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (1971). *CODEX STAN 5 - 1971: Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas deshidratadas incluidos los hongos comestibles*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (1981). *CODEX STAN 13 – 1981: Norma Codex Alimentarius para tomate en conserva*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (1991). *CODEX STAN 177 – 1991: Norma Codex Alimentarius para el coco desecado*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (1993). *CODEX STAN 182 – 1993. Norma Codex Alimentarius para la piña*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (1969). *CODEX*

STAN 3– 1969. *Código de prácticas de higiene para las frutas desecadas.*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS).(1995). *Métodos analíticos para la determinación de humedad, alcohol, energía, materia grasa y colesterol en alimentos.*

Rojas, V. (2011). Estudio de la cinética de deshidratación osmótica en claudia (*Prunus domestica*) mediante el uso de miel de abeja. Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.

Rózek, A., Achaerandio, I., Güell, C., López, F., & Ferrando, M. (2008). Efecto del secado convectivo en la estabilidad de compuestos fenólicos añadidos a alimentos sólidos mediante deshidratación osmótica. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 58, 4564-4576.

Ruiz, A., Tapia, M., Vizcaíno, A., Cuadros, F., & López, F. (2010). Análisis energético-exergético del secado convectivo de residuos del tomate industrial. Madrid - España: Universidad de Extremadura.

Salto, A. (2010). *Sensometría: Análisis en el desarrollo de alimentos procesados.* Ambato-Ecuador.

Sánchez, M., Gorinstein, S., Belloso, O., Astiazarán, H., González, G., & Cruz, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Revista de Ciencia y Tecnología de América* , 32 (4), 227-232.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir.* Quito - Ecuador.

ANEXOS

ANEXO A

**DATOS Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA SOBRE LA
DETERMINACIÓN DE pH Y CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES
EN LAS MUESTRAS DE PIÑAS Y LA SOLUCIÓN OSMÓTICA
(JARABE DE SACAROSA) PARA CADA TRATAMIENTO**

Tabla 8. Datos obtenidos del tratamiento a₀b₀c₀

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,37	30,0
30	3,88	18,3	3,63	25,5
60	3,87	19,1	3,63	25,5
90	3,83	19,4	3,63	25,4
120	3,81	21,3	3,62	25,1
150	3,77	23,0	3,60	25,1
180	3,73	24,4	3,59	24,8
240	3,72	25,3	3,58	24,2
300	3,69	27,2	3,56	24,1
360	3,69	30,0	3,55	22,9

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 9. Datos obtenidos del tratamiento a₀b₀c₁

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,90	13,5	8,15	30,0
30	3,89	16,8	3,60	24,1
60	3,88	17,7	3,59	24,0
90	3,86	20,4	3,59	24,0
120	3,86	22,3	3,60	23,3
150	3,84	22,8	3,61	22,9
180	3,82	24,9	3,63	22,7
240	3,80	25,9	3,63	22,6
300	3,76	27,0	3,66	22,3
360	3,68	30,0	3,62	21,9

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 10. Datos obtenidos del tratamiento a₀b₀c₂

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,41	30,0
30	3,85	19,3	3,73	24,7
60	3,84	20,2	3,69	24,6
90	3,82	21,8	3,69	24,5
120	3,81	22,9	3,68	24,2
150	3,80	25,3	3,68	24,0
180	3,78	26,1	3,68	24,0
240	3,75	26,5	3,66	23,4
300	3,73	28,4	3,65	23,3
360	3,69	30,0	3,64	23,1

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 11. Datos obtenidos del tratamiento a₀b₁c₀

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,73	30,0
30	3,89	18,9	3,82	23,2
60	3,89	20,5	3,82	22,9
90	3,87	21,5	3,81	22,7
120	3,85	23,2	3,81	22,7
150	3,80	24,8	3,80	22,7
180	3,80	26,3	3,80	22,6
240	3,79	27,7	3,77	22,5
300	3,69	29,1	3,77	22,5
360	3,69	30,0	3,76	22,2

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 12. Datos obtenidos del tratamiento a₀b₁c₁

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,09	30,0
30	3,88	16,8	3,65	24,0
60	3,87	19,9	3,64	23,7
90	3,87	22,5	3,64	23,7
120	3,87	23,5	3,63	23,6
150	3,80	25,4	3,62	23,3
180	3,76	27,3	3,62	23,3
240	3,74	28,6	3,62	23,0
300	3,73	29,6	3,62	22,1
360	3,69	30,0	3,61	22,1

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 13. Datos obtenidos del tratamiento a₀b₁c₂

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,16	30,0
30	3,89	19,8	3,84	25,3
60	3,87	22,0	3,83	24,1
90	3,84	22,7	3,82	24,1
120	3,84	23,0	3,82	23,9
150	3,81	24,3	3,81	23,3
180	3,81	26,4	3,80	23,2
240	3,78	28,6	3,80	22,2
300	3,69	29,6	3,80	21,5
360	3,68	30,0	3,79	21,5

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 14. Datos obtenidos del tratamiento a₁b₀c₀

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	7,78	35,0
30	3,85	20,2	3,90	27,3
60	3,84	21,3	3,82	27,3
90	3,82	21,7	3,77	27,3
120	3,80	22,7	3,77	27,0
150	3,78	25,7	3,75	26,7
180	3,78	27,9	3,66	26,3
240	3,77	30,3	3,66	25,9
300	3,76	33,7	3,65	24,9
360	3,76	35,0	3,64	24,8

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 15. Datos obtenidos del tratamiento a₁b₀c₁

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,90	13,5	7,58	35,0
30	3,85	18,9	3,69	27,0
60	3,82	20,5	3,68	26,2
90	3,80	23,5	3,65	25,8
120	3,79	25,4	3,65	25,8
150	3,78	28,9	3,63	25,8
180	3,78	30,0	3,62	25,7
240	3,77	32,6	3,62	25,3
300	3,76	33,8	3,58	25,3
360	3,76	35,0	3,56	25,1

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 16. Datos obtenidos del tratamiento a₁b₀c₂

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,24	35,0
30	3,81	18,1	3,69	28,3
60	3,80	19,4	3,69	28,1
90	3,78	21,0	3,63	27,9
120	3,77	23,1	3,63	27,8
150	3,77	25,9	3,62	27,8
180	3,77	27,6	3,61	27,6
240	3,76	30,0	3,61	27,5
300	3,76	33,8	3,60	25,9
360	3,75	35,0	3,57	25,8

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 17. Datos obtenidos del tratamiento a₁b₁c₀

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,13	35,0
30	3,88	18,3	3,92	25,7
60	3,88	21,3	3,82	25,4
90	3,87	23,1	3,81	25,3
120	3,86	25,5	3,81	25,1
150	3,84	27,6	3,80	25,0
180	3,81	29,4	3,79	24,9
240	3,77	31,5	3,78	24,9
300	3,76	33,7	3,78	24,3
360	3,76	35,0	3,77	24,2

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 18. Datos obtenidos del tratamiento a₁b₁c₁

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,10	35,0
30	3,89	18,6	3,89	28,3
60	3,88	21,1	3,87	28,2
90	3,88	22,7	3,84	27,8
120	3,85	24,8	3,83	27,8
150	3,84	25,7	3,82	27,5
180	3,82	27,3	3,82	27,0
240	3,77	31,4	3,82	26,9
300	3,77	33,8	3,76	26,7
360	3,76	35,0	3,75	25,2

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 19. Datos obtenidos del tratamiento a₁b₁c₂

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	7,81	35,0
30	3,87	19,3	3,90	28,0
60	3,86	22,0	3,88	27,0
90	3,85	25,6	3,87	26,9
120	3,84	25,7	3,86	26,5
150	3,83	27,5	3,86	26,4
180	3,81	29,7	3,85	25,8
240	3,77	31,5	3,85	25,7
300	3,76	33,7	3,84	25,1
360	3,76	35,0	3,82	25,1

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 20. Datos obtenidos del tratamiento a₂b₀c₀

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,90	13,5	8,31	40,0
30	3,89	22,2	3,72	29,5
60	3,89	22,7	3,72	29,4
90	3,88	24,9	3,71	29,2
120	3,88	28,4	3,71	29,2
150	3,86	30,7	3,69	28,7
180	3,84	33,6	3,68	27,7
240	3,81	36,5	3,66	27,4
300	3,81	38,6	3,65	26,8
360	3,80	40,0	3,57	26,0

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 21. Datos obtenidos del tratamiento a₂b₀c₁

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,45	40,0
30	3,89	21,5	3,84	31,4
60	3,89	22,3	3,82	30,8
90	3,87	24,5	3,80	29,5
120	3,86	27,4	3,76	28,9
150	3,86	30,0	3,76	28,7
180	3,86	32,9	3,75	28,1
240	3,84	36,6	3,73	28,0
300	3,84	38,4	3,71	27,9
360	3,82	40,0	3,70	27,7

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 22. Datos obtenidos del tratamiento a₂b₀c₂

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,29	40,0
30	3,88	21,6	3,71	28,5
60	3,88	22,7	3,70	28,4
90	3,88	24,1	3,70	28,2
120	3,87	27,6	3,69	28,2
150	3,86	30,7	3,66	27,9
180	3,85	34,2	3,64	27,5
240	3,84	37,5	3,62	27,1
300	3,83	39,6	3,62	27,1
360	3,81	40,0	3,56	26,9

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 23. Datos obtenidos del tratamiento a₂b₁c₀

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,57	40,0
30	3,88	19,9	3,92	30,8
60	3,86	24,9	3,92	30,5
90	3,85	26,7	3,85	30,5
120	3,84	28,5	3,84	29,4
150	3,83	30,4	3,83	28,7
180	3,82	32,2	3,82	28,3
240	3,82	35,6	3,80	27,5
300	3,81	37,8	3,76	27,3
360	3,81	40,0	3,75	27,1

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 24. Datos obtenidos del tratamiento a₂b₁c₁

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	7,79	40,0
30	3,89	19,1	3,78	29,1
60	3,86	24,0	3,78	28,1
90	3,85	24,7	3,75	27,7
120	3,84	26,9	3,74	27,6
150	3,83	29,9	3,74	27,3
180	3,83	33,6	3,73	27,1
240	3,83	36,7	3,73	27,0
300	3,81	39,0	3,72	26,8
360	3,81	40,0	3,66	26,6

*Valores promedio de dos repeticiones

Tabla 25. Datos obtenidos del tratamiento a₂b₁c₂

Tiempo (min)	Muestras de piña		Solución osmótica	
	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)	*pH	*Sólidos Solubles (°Brix)
0	3,89	13,5	8,02	40,0
30	3,87	19,7	3,65	28,1
60	3,86	24,1	3,64	27,8
90	3,84	25,8	3,63	27,4
120	3,84	26,6	3,63	27,4
150	3,83	29,6	3,62	27,0
180	3,82	32,3	3,62	26,3
240	3,82	34,3	3,60	26,1
300	3,81	38,2	3,60	25,8
360	3,81	40,0	3,59	25,8

*Valores promedio de dos repeticiones

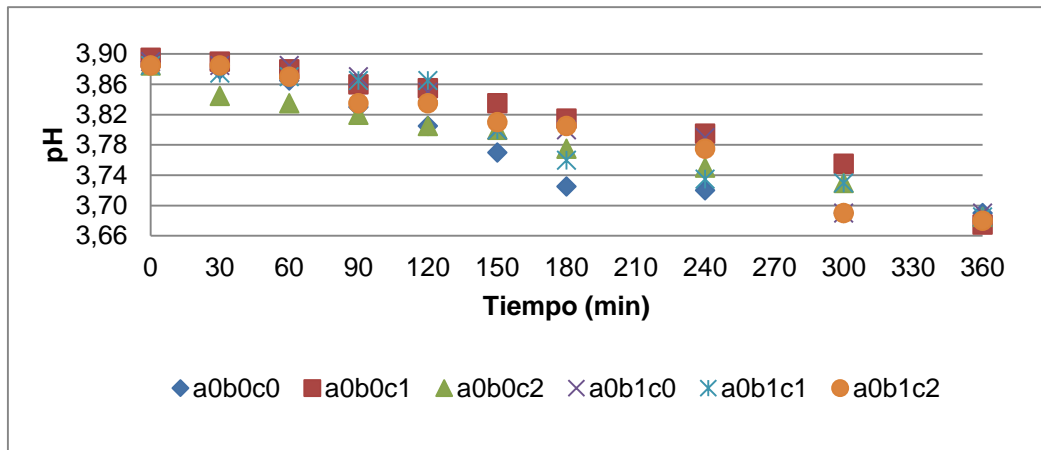


Figura 9. Variación de pH de las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

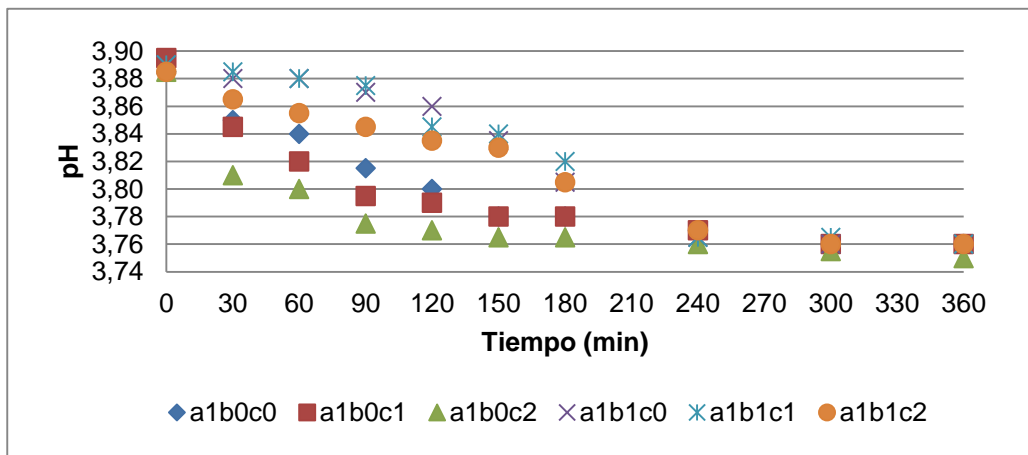


Figura 10. Variación de pH de las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos

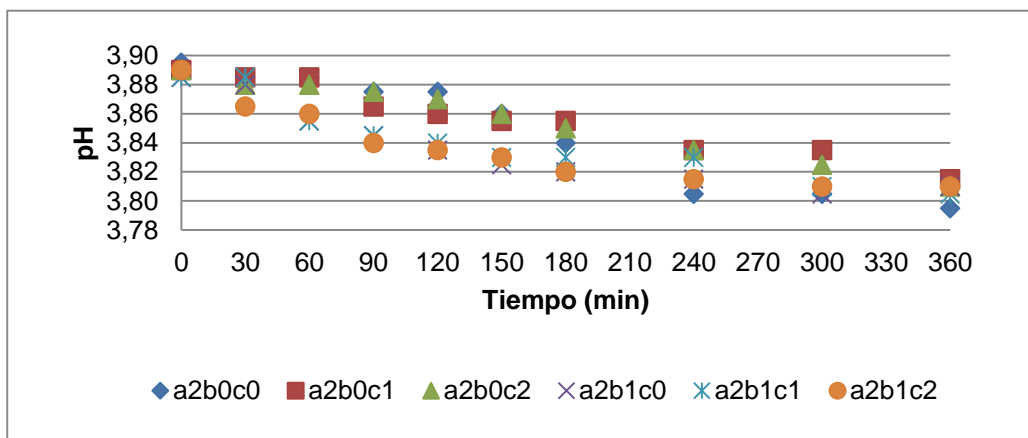


Figura 11. Variación de pH de las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

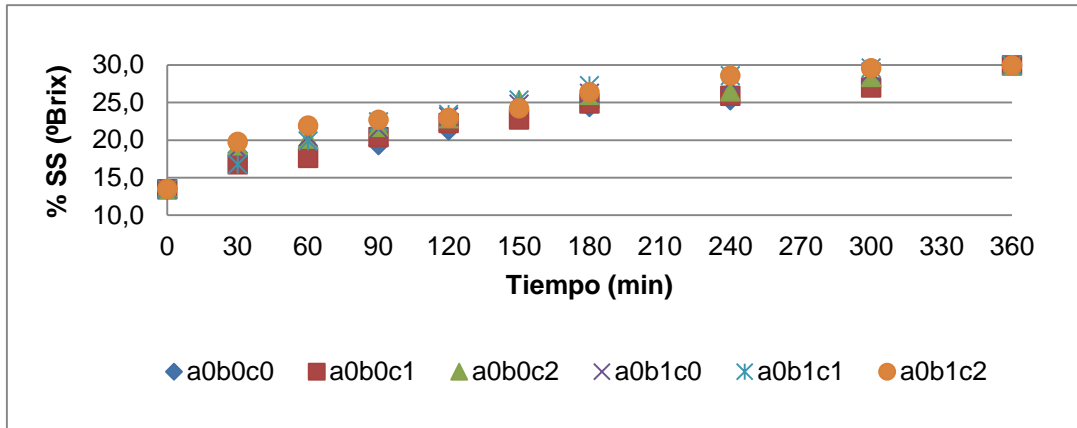


Figura 12. Aumento de sólidos solubles en las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

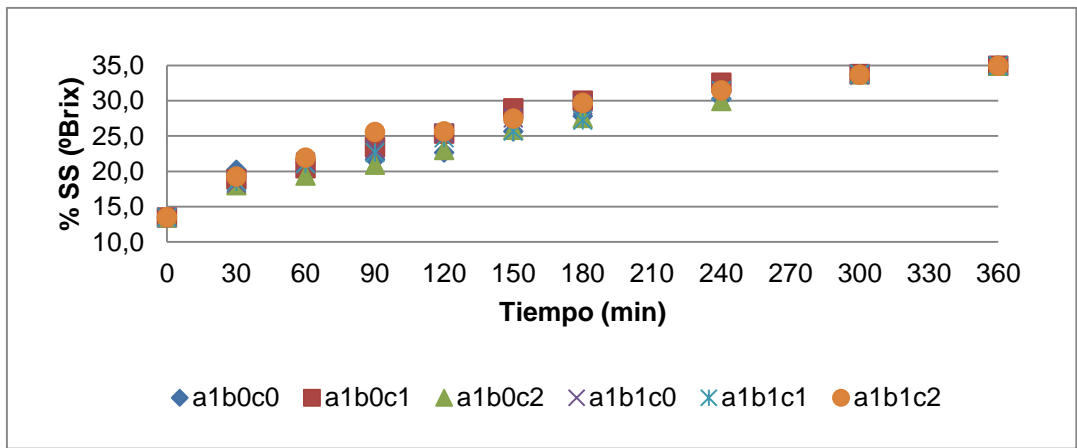


Figura 13. Aumento de sólidos solubles en las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

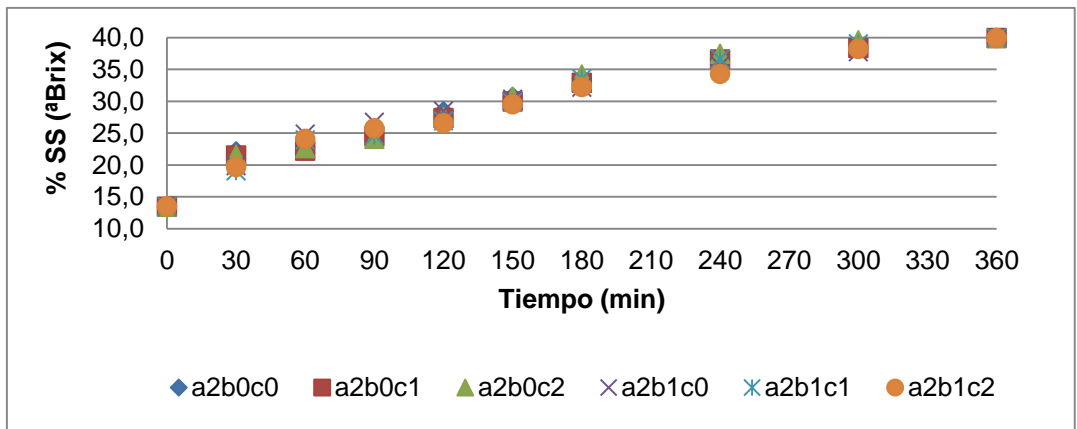


Figura 14. Aumento de sólidos solubles en las muestras de piña en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

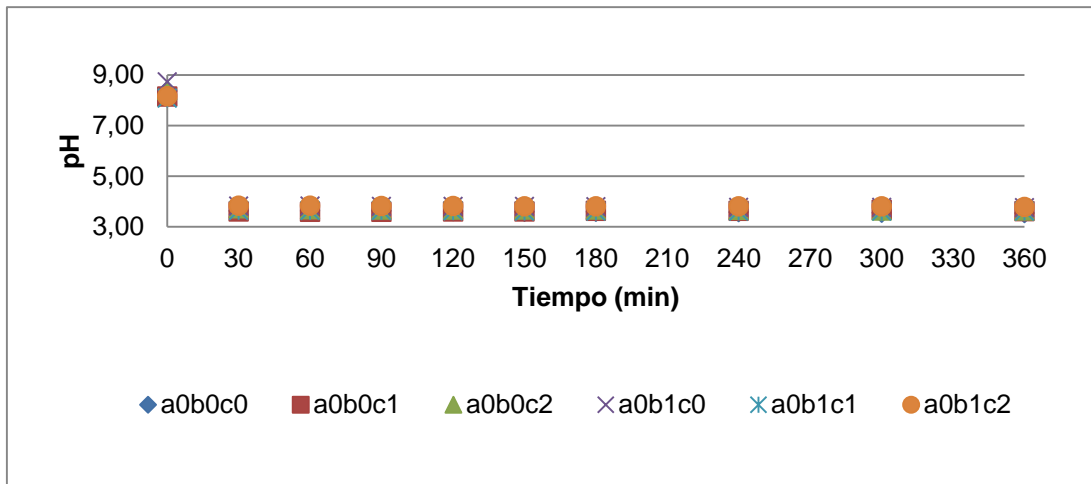


Figura 15. Variación de pH en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

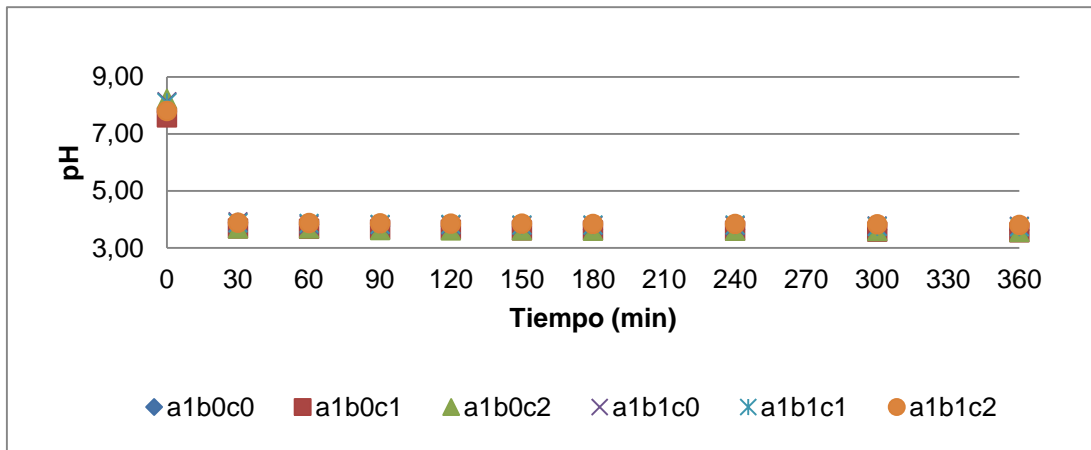


Figura 16. Variación de pH en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

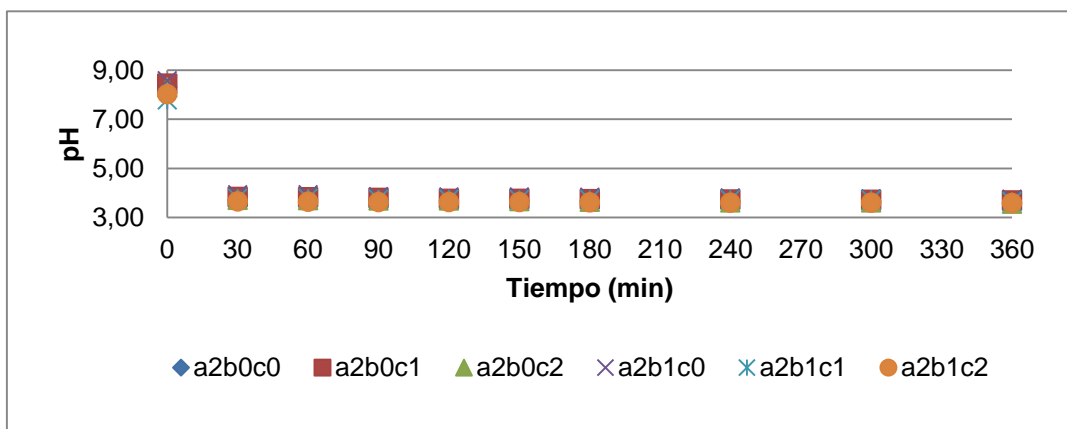


Figura 17. Variación de pH en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

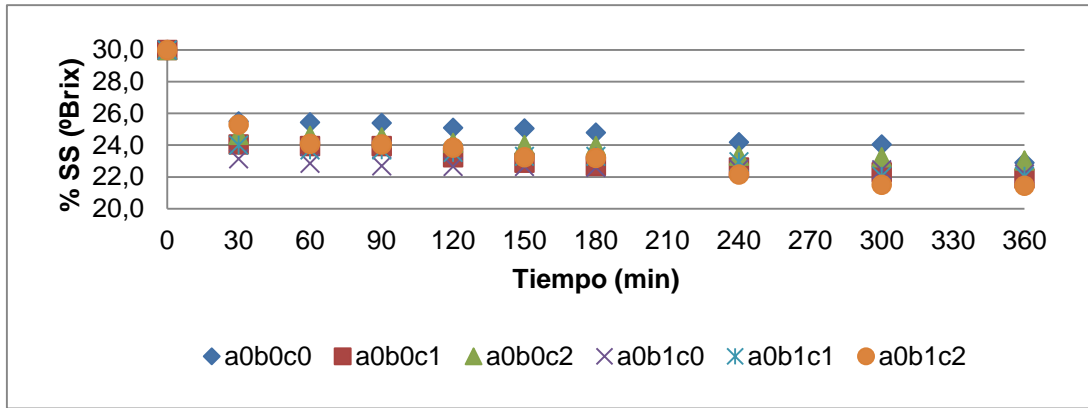


Figura 18. Descenso de sólidos solubles en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

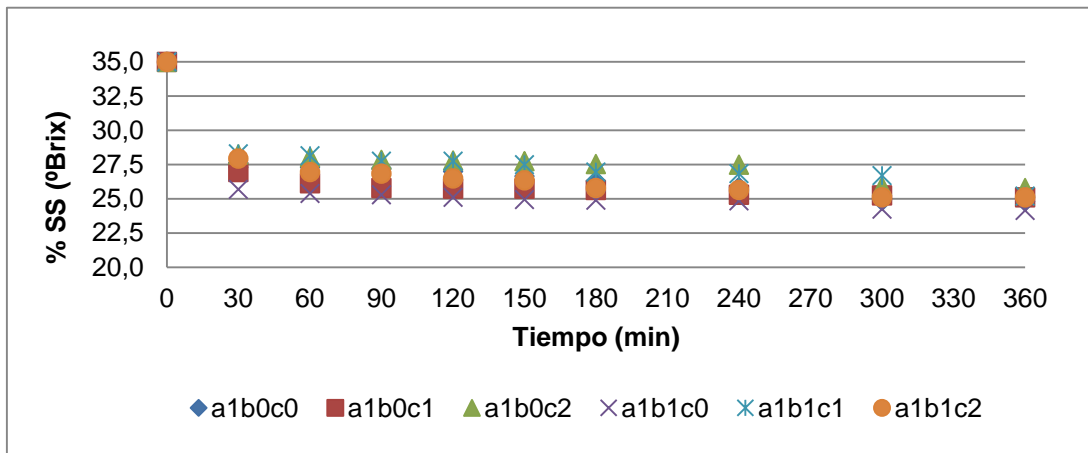


Figura 19. Descenso de sólidos solubles en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

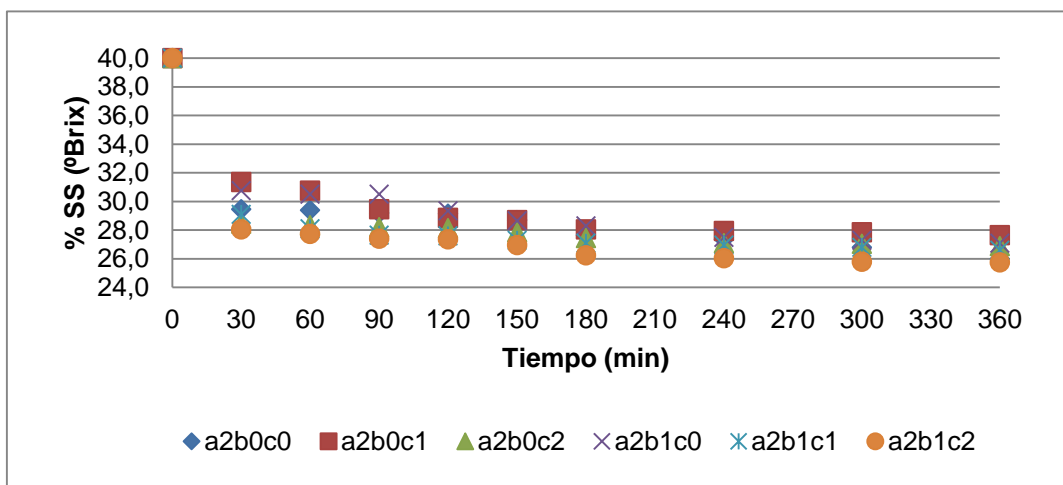


Figura 20. Descenso de sólidos solubles en la solución osmótica en función del tiempo del proceso de DO para los diferentes tratamientos.

ANEXO B

**MÉTODO DE CÁLCULO PARA GANANCIA DE AZÚCAR (SG) Y
PÉRDIDA DE PESO (WL)**

Para cada tratamiento se calculó la ganancia de azúcar y pérdida de humedad propuestas por **Levi, Gagel, & Juven, (1985)**, las ecuaciones se describen a continuación:

$$\% SG = \frac{M_f * Y_f - M_o * Y_o}{M_o} \quad (\text{Ec. B1})$$

$$\% WL = \frac{M_o * X_o - M_f * X_f}{M_o} \quad (\text{Ec. B2})$$

Ejemplo (tratamiento a₀b₀c₀; R1):

$$\% SG = \frac{M_f * Y_f - M_o * Y_o}{M_o}$$

$$\% SG = \frac{(575 * 30) - (918,3 * 13,5)}{918,3}$$

$$\% SG = 5,28$$

$$\% WL = \frac{M_o * X_o - M_f * X_f}{M_o}$$

$$\% WL = \frac{(918,3 * 2,81) - (575 * 0,16)}{918,3}$$

$$\% WL = 2,70$$

Los resultados finales se muestran en las Tablas 26 – 27.

ANEXO C

DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACIÓN DE GANANCIA DE AZÚCAR (SG) Y PÉRDIDA DE PESO (WL) PARA CADA TRATAMIENTO

Tabla 26. Datos obtenidos para el cálculo de ganancia de azúcar y pérdida de humedad para todos los tratamientos. Réplica 1

Tratamientos	Mo (g)	Yo (°Brix)	Mf (g)	Yf (°Brix)	Xo (gH2O/gSS)	Xf (gH2O/gSS)	SG (%)	WL (%)
a ₀ b ₀ c ₀	918,3	13,5	575,0	30,0	2,81	0,16	5,285	2,706
a ₀ b ₀ c ₁	918,3	13,4	575,0	30,0	2,76	0,07	5,385	2,710
a ₀ b ₀ c ₂	918,3	13,5	575,0	30,0	2,69	0,06	5,285	2,654
a ₀ b ₁ c ₀	918,3	13,5	575,0	30,0	7,23	0,09	5,285	7,169
a ₀ b ₁ c ₁	918,3	13,1	575,0	30,0	7,46	0,08	5,685	7,411
a ₀ b ₁ c ₂	918,3	13,5	575,0	30,0	8,64	0,06	5,285	8,600
a ₁ b ₀ c ₀	903,0	13,2	570,0	35,0	2,72	0,12	8,893	2,646
a ₁ b ₀ c ₁	903,0	13,5	570,0	35,0	2,87	0,15	8,593	2,770
a ₁ b ₀ c ₂	903,0	13,4	570,0	35,0	2,73	0,05	8,693	2,701
a ₁ b ₁ c ₀	903,0	13,3	570,0	35,0	4,30	0,12	8,793	4,225
a ₁ b ₁ c ₁	903,0	13,5	570,0	35,0	4,12	0,11	8,593	4,055
a ₁ b ₁ c ₂	903,0	13,4	570,0	35,0	9,36	0,07	8,693	9,319
a ₂ b ₀ c ₀	820,8	13,5	530,0	40,0	2,34	0,12	12,328	2,263
a ₂ b ₀ c ₁	820,8	13,6	530,0	40,0	2,49	0,08	12,228	2,432
a ₂ b ₀ c ₂	820,8	13,5	530,0	40,0	2,62	0,16	12,328	2,518
a ₂ b ₁ c ₀	820,8	13,3	530,0	40,0	4,55	0,09	12,528	4,489
a ₂ b ₁ c ₁	820,8	13,4	530,0	40,0	3,09	0,11	12,428	3,024
a ₂ b ₁ c ₂	820,8	13,5	530,0	40,0	2,68	0,07	12,328	2,641

Tabla 27. Datos obtenidos para el cálculo de ganancia de azúcar y pérdida de humedad para todos los tratamientos. Réplica 2

Tratamientos	Mo (g)	Yo (°Brix)	Mf (g)	Yf (°Brix)	Xo (gH2O/gSS)	Xf (gH2O/gSS)	SG (%)	WL (%)
a ₀ b ₀ c ₀	918,3	13,2	575,0	30,0	3,03	0,08	5,585	2,983
a ₀ b ₀ c ₁	918,3	13,4	575,0	30,0	2,52	0,07	5,385	2,476
a ₀ b ₀ c ₂	918,3	13,3	575,0	30,0	2,74	0,07	5,485	2,692
a ₀ b ₁ c ₀	918,3	13,5	575,0	30,0	5,45	0,02	5,285	5,433
a ₀ b ₁ c ₁	918,3	13,4	575,0	30,0	5,44	0,07	5,385	5,392
a ₀ b ₁ c ₂	918,3	13,2	575,0	30,0	5,72	0,12	5,585	5,642
a ₁ b ₀ c ₀	903,0	13,4	570,0	35,0	2,67	0,04	8,693	2,644
a ₁ b ₀ c ₁	903,0	13,5	570,0	35,0	2,79	0,11	8,593	2,719
a ₁ b ₀ c ₂	903,0	13,4	570,0	35,0	2,67	0,11	8,693	2,607
a ₁ b ₁ c ₀	903,0	13,2	570,0	35,0	3,63	0,06	8,893	3,595
a ₁ b ₁ c ₁	903,0	13,5	570,0	35,0	2,85	0,15	8,593	2,755
a ₁ b ₁ c ₂	903,0	13,4	570,0	35,0	4,11	0,08	8,693	4,055
a ₂ b ₀ c ₀	820,8	13,5	530,0	40,0	2,44	0,05	12,328	2,410
a ₂ b ₀ c ₁	820,8	13,4	530,0	40,0	2,50	0,07	12,428	2,458
a ₂ b ₀ c ₂	820,8	13,5	530,0	40,0	2,52	0,06	12,328	2,481
a ₂ b ₁ c ₀	820,8	13,6	530,0	40,0	4,45	0,11	12,228	4,385
a ₂ b ₁ c ₁	820,8	13,4	530,0	40,0	3,27	0,08	12,428	3,217
a ₂ b ₁ c ₂	820,8	13,5	530,0	40,0	2,83	0,06	12,328	2,795

ANEXO D

**MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE HUMEDAD EN
BASE SECA (HBS)**

A partir de los datos obtenidos de humedad (Tabla 28 - 45), se calculó mediante las siguientes ecuaciones la humedad en base seca para cada tratamiento, datos que se utilizaron para la elaboración de las curvas de secado.

$$\text{g muestra} = (M2 - M1) = \dots \text{ g} \quad \text{(Ec. D1)}$$

$$\text{g de agua eliminada} = (M2 - M3) = \dots \text{ g} \quad \text{(Ec. D2)}$$

$$\text{g de masa seca} = \text{g muestra} - \text{g de agua eliminada} \quad \text{(Ec. D3)}$$

$$\text{Humedad en base seca (HBS)} = \frac{\text{g de agua eliminada (g H}_2\text{O)}}{\text{g de masa seca (g SS)}} \quad \text{(Ec. D4)}$$

Ejemplo (tratamiento a0b0c0; R1):

$$\text{g muestra} = 32,96 - 29,61 = 3,35\text{g}$$

$$\text{g de agua eliminada} = 32,96 - 30,49 = 2,47 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{g de masa seca} = (3,35 - 2,47) \text{ g} = 0,88 \text{ g SS}$$

$$\text{Humedad en base seca (HBS)} = \frac{2,47 \text{ g H}_2\text{O}}{0,88 \text{ g SS}} = 2,81 \text{ g H}_2\text{O/g SS}$$

Los resultados finales se muestran en las Tablas 28 – 45, con los cuales se elaboraron las figuras 1 - 6, que indica el descenso de la humedad en base seca en función del tiempo de secado para cada tratamiento.

ANEXO E

DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN BASE SECA (HBS) PARA CADA TRATAMIENTO

Tabla 28. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₀b₀c₀

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	29,61	32,96	30,49	48,17	50,59	48,77	3,35	2,47	0,88	2,81	2,42	1,82	0,60	3,03	2,92	0,16
30	43,50	44,68	43,92	42,72	43,33	42,96	1,18	0,76	0,42	1,81	0,61	0,37	0,24	1,54	1,68	0,19
60	43,63	44,30	44,01	48,53	49,95	49,13	0,67	0,29	0,38	0,76	1,42	0,82	0,60	1,37	1,06	0,43
90	25,45	25,91	25,79	33,57	34,09	33,95	0,46	0,12	0,34	0,35	0,52	0,14	0,38	0,37	0,36	0,01
120	44,31	44,83	44,70	50,97	51,34	51,24	0,52	0,13	0,39	0,33	0,37	0,10	0,27	0,37	0,35	0,03
150	48,13	48,67	48,56	46,72	47,32	47,19	0,54	0,11	0,43	0,26	0,60	0,13	0,47	0,28	0,27	0,01
180	28,92	29,31	29,24	48,32	48,80	48,72	0,39	0,07	0,32	0,22	0,48	0,08	0,40	0,20	0,21	0,01
210	28,92	29,33	29,26	48,31	48,57	48,54	0,41	0,07	0,34	0,21	0,26	0,03	0,23	0,13	0,17	0,05
240	48,13	48,54	48,50	30,79	31,08	31,04	0,41	0,04	0,37	0,11	0,29	0,04	0,25	0,16	0,13	0,04
270	28,92	29,61	29,54	48,32	48,84	48,77	0,69	0,07	0,62	0,11	0,52	0,07	0,45	0,16	0,13	0,03
300	48,14	48,50	48,45	30,78	31,05	31,03	0,36	0,05	0,31	0,16	0,27	0,02	0,25	0,08	0,12	0,06

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 29. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₀b₀c₁

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	46,35	47,89	46,76	28,45	29,40	28,72	1,54	1,13	0,41	2,76	0,95	0,68	0,27	2,52	2,64	0,17
30	29,55	30,89	29,98	32,53	33,81	32,96	1,34	0,91	0,43	2,12	1,28	0,85	0,43	1,98	2,05	0,10
60	42,75	43,48	43,01	50,97	52,23	51,43	0,73	0,47	0,26	1,81	1,26	0,80	0,46	1,74	1,77	0,05
90	43,46	44,17	43,89	50,76	51,40	51,18	0,71	0,28	0,43	0,65	0,64	0,22	0,42	0,52	0,59	0,09
120	43,49	43,93	43,77	48,21	48,61	48,49	0,44	0,16	0,28	0,57	0,40	0,12	0,28	0,43	0,50	0,10
150	30,80	31,25	31,16	32,14	32,62	32,51	0,45	0,09	0,36	0,25	0,48	0,11	0,37	0,30	0,27	0,03
180	46,71	47,06	47,00	32,12	32,47	32,42	0,35	0,06	0,29	0,21	0,35	0,05	0,30	0,17	0,19	0,03
210	50,71	51,17	51,13	48,55	48,86	48,80	0,46	0,04	0,42	0,10	0,31	0,06	0,25	0,24	0,17	0,10
240	46,72	47,16	47,10	32,12	32,42	32,38	0,44	0,06	0,38	0,16	0,30	0,04	0,26	0,15	0,16	0,00
270	50,71	51,00	50,97	48,53	48,90	48,84	0,29	0,03	0,26	0,12	0,37	0,06	0,31	0,19	0,15	0,06
300	50,72	51,05	51,01	48,55	48,88	48,84	0,33	0,04	0,29	0,14	0,33	0,04	0,29	0,14	0,14	0,00
330	50,70	50,99	50,97	48,52	48,99	48,96	0,29	0,02	0,27	0,07	0,47	0,03	0,44	0,07	0,07	0,00

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 30. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₀b₀c₂

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	44,33	46,47	44,91	30,79	32,36	31,21	2,14	1,56	0,58	2,69	1,57	1,15	0,42	2,74	2,71	0,03
30	32,14	33,32	32,59	48,12	50,24	48,78	1,18	0,73	0,45	1,62	2,12	1,46	0,66	2,21	1,92	0,42
60	48,77	49,40	49,07	48,24	49,10	48,66	0,63	0,33	0,30	1,10	0,86	0,44	0,42	1,05	1,07	0,04
90	42,53	43,44	43,10	41,83	42,51	42,23	0,91	0,34	0,57	0,60	0,68	0,28	0,40	0,70	0,65	0,07
120	42,71	43,41	43,23	27,77	28,52	28,36	0,70	0,18	0,52	0,35	0,75	0,16	0,59	0,27	0,31	0,05
150	42,71	43,29	43,14	29,62	29,97	29,90	0,58	0,15	0,43	0,35	0,35	0,07	0,28	0,25	0,30	0,07
180	42,69	42,82	42,79	27,78	28,07	28,05	0,13	0,03	0,10	0,30	0,29	0,02	0,27	0,07	0,19	0,16
210	42,72	43,12	43,06	27,78	28,11	28,06	0,40	0,06	0,34	0,18	0,33	0,05	0,28	0,18	0,18	0,00
240	42,72	43,04	42,99	46,49	46,75	46,71	0,32	0,05	0,27	0,19	0,26	0,04	0,22	0,18	0,18	0,00
270	42,71	43,16	43,10	46,51	47,17	47,09	0,45	0,06	0,39	0,15	0,66	0,08	0,58	0,14	0,15	0,01
300	42,70	43,31	43,24	46,49	47,32	47,22	0,61	0,07	0,54	0,13	0,83	0,10	0,73	0,14	0,13	0,01
330	42,72	43,25	43,20	46,51	46,88	46,85	0,53	0,05	0,48	0,10	0,37	0,03	0,34	0,09	0,10	0,01
360	42,70	43,25	43,22	27,79	28,23	28,20	0,55	0,03	0,52	0,06	0,44	0,03	0,41	0,07	0,07	0,01

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 31. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₀b₁c₀

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	25,46	27,27	25,68	43,44	45,31	43,73	1,81	1,59	0,22	7,23	1,87	1,58	0,29	5,45	6,34	1,26
30	32,54	33,86	32,78	29,62	30,70	29,81	1,32	1,08	0,24	4,50	1,08	0,89	0,19	4,68	4,59	0,13
60	42,53	43,92	42,98	50,78	51,28	50,97	1,39	0,94	0,45	2,09	0,50	0,31	0,19	1,63	1,86	0,32
90	48,15	48,84	48,55	48,75	49,31	49,14	0,69	0,29	0,40	0,73	0,56	0,17	0,39	0,44	0,58	0,20
120	42,70	43,39	43,21	42,71	43,25	43,10	0,69	0,18	0,51	0,35	0,54	0,15	0,39	0,38	0,37	0,02
150	32,12	33,04	32,80	28,69	29,75	29,48	0,92	0,24	0,68	0,35	1,06	0,27	0,79	0,34	0,35	0,01
180	43,63	44,14	44,06	28,45	28,93	28,86	0,51	0,08	0,43	0,19	0,48	0,07	0,41	0,17	0,18	0,01
210	32,12	32,40	32,36	28,68	29,00	28,98	0,28	0,04	0,24	0,17	0,32	0,02	0,30	0,07	0,12	0,07
240	24,20	24,72	24,66	28,04	28,31	28,29	0,52	0,06	0,46	0,13	0,27	0,02	0,25	0,08	0,11	0,04
270	24,19	24,46	24,44	28,04	28,27	28,25	0,27	0,02	0,25	0,08	0,23	0,02	0,21	0,10	0,09	0,01
300	32,13	32,48	32,45	28,69	29,11	29,10	0,35	0,03	0,32	0,09	0,42	0,01	0,41	0,02	0,06	0,05

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 32. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₀b₁c₁

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	33,58	34,68	33,71	50,76	52,82	51,08	1,10	0,97	0,13	7,46	2,06	1,74	0,32	5,44	6,45	1,43
30	27,80	29,13	27,97	46,35	47,64	46,70	1,33	1,16	0,17	6,82	1,29	0,94	0,35	2,69	5,81	2,93
60	41,85	42,67	41,97	43,44	44,39	43,58	0,82	0,70	0,12	5,83	0,95	0,81	0,14	5,79	4,75	0,03
90	30,78	31,67	30,97	32,53	33,80	32,93	0,89	0,70	0,19	3,68	1,27	0,87	0,40	2,18	2,93	1,07
120	48,11	49,04	48,63	28,90	29,66	29,08	0,93	0,41	0,52	0,79	0,76	0,58	0,18	3,22	2,01	1,72
150	48,76	49,33	49,20	44,31	44,79	44,68	0,57	0,13	0,44	0,30	0,48	0,11	0,37	0,30	0,30	0,00
180	29,55	30,05	29,94	48,33	48,76	48,67	0,50	0,11	0,39	0,28	0,43	0,09	0,34	0,26	0,27	0,01
210	29,54	30,33	30,15	48,32	48,85	48,79	0,79	0,18	0,61	0,30	0,53	0,06	0,47	0,13	0,21	0,12
240	46,74	47,12	47,06	47,82	48,26	48,21	0,38	0,06	0,32	0,19	0,44	0,05	0,39	0,13	0,16	0,04
270	41,19	41,55	41,53	48,31	48,75	48,69	0,36	0,02	0,34	0,06	0,44	0,06	0,38	0,16	0,11	0,07
300	46,71	47,18	47,13	47,83	48,19	48,17	0,47	0,05	0,42	0,12	0,36	0,02	0,34	0,06	0,09	0,04
330	46,70	46,97	46,95	47,81	48,25	48,22	0,27	0,02	0,25	0,08	0,44	0,03	0,41	0,07	0,08	0,00

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 33. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₀b₁c₂

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	42,56	44,68	42,78	41,83	43,51	42,08	2,12	1,90	0,22	8,64	1,68	1,43	0,25	5,72	7,18	2,06
30	44,41	45,10	44,51	48,22	48,63	48,34	0,69	0,59	0,10	5,90	0,41	0,29	0,12	2,42	4,16	2,46
60	44,43	46,17	44,74	52,89	53,57	53,06	1,74	1,43	0,31	4,61	0,68	0,51	0,17	3,00	3,81	1,14
90	41,19	42,10	41,32	46,50	47,34	47,01	0,91	0,78	0,13	6,00	0,84	0,33	0,51	0,65	3,32	3,79
120	25,46	26,56	25,75	33,57	34,93	33,93	1,10	0,81	0,29	2,79	1,36	1,00	0,36	2,78	2,79	0,01
150	50,98	51,87	51,23	52,88	53,72	53,12	0,89	0,64	0,25	2,56	0,84	0,60	0,24	2,50	2,53	0,04
180	29,62	30,15	29,91	46,49	46,79	46,74	0,53	0,24	0,29	0,83	0,30	0,05	0,25	0,20	0,51	0,44
210	52,89	53,55	53,35	50,98	51,70	51,51	0,66	0,20	0,46	0,43	0,72	0,19	0,53	0,36	0,40	0,05
240	47,82	48,17	48,13	51,01	51,76	51,63	0,35	0,04	0,31	0,13	0,75	0,13	0,62	0,21	0,17	0,06
270	47,83	48,39	48,33	50,97	51,22	51,18	0,56	0,06	0,50	0,12	0,25	0,04	0,21	0,19	0,16	0,05
300	52,93	53,19	53,16	46,52	46,80	46,77	0,26	0,03	0,23	0,13	0,28	0,03	0,25	0,12	0,13	0,01
330	52,94	53,29	53,26	46,48	46,84	46,81	0,35	0,03	0,32	0,09	0,36	0,03	0,33	0,09	0,09	0,00
360	24,19	24,55	24,53	28,04	28,31	28,28	0,36	0,02	0,34	0,06	0,27	0,03	0,24	0,12	0,09	0,05

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 34. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₁b₀c₀

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	26,78	28,53	27,25	29,55	33,22	30,55	1,75	1,28	0,47	2,72	3,67	2,67	1,00	2,67	2,70	0,04
30	26,78	27,48	27,14	30,80	31,46	31,14	0,70	0,34	0,36	0,94	0,66	0,32	0,34	0,94	0,94	0,00
60	28,43	29,10	28,89	32,53	33,26	33,04	0,67	0,21	0,46	0,46	0,73	0,22	0,51	0,43	0,44	0,02
90	32,17	32,57	32,46	29,62	30,19	30,06	0,40	0,11	0,29	0,38	0,57	0,13	0,44	0,30	0,34	0,06
120	44,41	44,86	44,75	48,12	48,42	48,35	0,45	0,11	0,34	0,32	0,30	0,07	0,23	0,30	0,31	0,01
150	50,98	51,28	51,23	42,81	43,29	43,21	0,30	0,05	0,25	0,20	0,48	0,08	0,40	0,20	0,20	0,00
180	48,74	49,57	49,46	29,55	29,97	29,93	0,83	0,11	0,72	0,15	0,42	0,04	0,38	0,11	0,13	0,03
210	48,76	49,57	49,50	29,54	30,28	30,18	0,81	0,07	0,74	0,09	0,74	0,10	0,64	0,16	0,13	0,04
240	48,75	49,46	49,37	29,55	30,02	29,98	0,71	0,09	0,62	0,15	0,47	0,04	0,43	0,09	0,12	0,04
270	50,98	51,28	51,25	42,80	43,13	43,10	0,30	0,03	0,27	0,11	0,33	0,03	0,30	0,10	0,11	0,01
300	50,99	51,45	51,40	42,78	43,03	43,02	0,46	0,05	0,41	0,12	0,25	0,01	0,24	0,04	0,08	0,06

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 35. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₁b₀c₁

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	27,80	30,12	28,40	32,54	33,98	32,92	2,32	1,72	0,60	2,87	1,44	1,06	0,38	2,79	2,83	0,05
30	42,79	43,99	43,24	44,32	45,91	44,93	1,20	0,75	0,45	1,67	1,59	0,98	0,61	1,61	1,64	0,04
60	52,89	53,71	53,28	25,41	26,19	25,77	0,82	0,43	0,39	1,10	0,78	0,42	0,36	1,17	1,13	0,05
90	30,78	31,15	31,06	27,78	28,18	28,07	0,37	0,09	0,28	0,32	0,40	0,11	0,29	0,38	0,35	0,04
120	29,54	29,73	29,68	42,78	43,34	43,21	0,19	0,05	0,14	0,36	0,56	0,13	0,43	0,30	0,33	0,04
150	28,04	29,23	28,85	44,32	44,79	44,74	1,19	0,38	0,81	0,47	0,47	0,05	0,42	0,12	0,29	0,25
180	48,78	49,23	49,17	44,34	44,51	44,48	0,45	0,06	0,39	0,15	0,17	0,03	0,14	0,21	0,18	0,04
210	48,53	49,06	48,99	34,67	35,34	35,25	0,53	0,07	0,46	0,15	0,67	0,09	0,58	0,16	0,15	0,00
240	48,53	49,10	49,01	34,67	34,99	34,96	0,57	0,09	0,48	0,19	0,32	0,03	0,29	0,10	0,15	0,06
270	48,54	49,00	48,93	34,68	35,20	35,14	0,46	0,07	0,39	0,18	0,52	0,06	0,46	0,13	0,15	0,03
300	28,03	28,44	28,40	44,31	44,96	44,86	0,41	0,04	0,37	0,11	0,65	0,10	0,55	0,18	0,14	0,05
330	28,04	28,34	28,30	44,31	44,51	44,49	0,30	0,04	0,26	0,15	0,20	0,02	0,18	0,11	0,13	0,03

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 36. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₁b₀c₂

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	32,13	34,48	32,76	43,95	45,64	44,41	2,35	1,72	0,63	2,73	1,69	1,23	0,46	2,67	2,70	0,04
30	29,62	31,38	30,27	48,32	49,75	48,96	1,76	1,11	0,65	1,71	1,43	0,79	0,64	1,23	1,47	0,33
60	11,75	12,43	12,07	15,62	16,56	16,13	0,68	0,36	0,32	1,13	0,94	0,43	0,51	0,84	0,98	0,20
90	43,94	44,67	44,41	42,70	43,09	42,95	0,73	0,26	0,47	0,55	0,39	0,14	0,25	0,56	0,56	0,00
120	48,75	49,21	49,08	48,34	48,70	48,64	0,46	0,13	0,33	0,39	0,36	0,06	0,30	0,20	0,30	0,14
150	29,65	30,38	30,24	44,41	45,00	44,91	0,73	0,14	0,59	0,24	0,59	0,09	0,50	0,18	0,21	0,04
180	47,81	48,00	47,97	24,19	24,78	24,69	0,19	0,03	0,16	0,19	0,59	0,09	0,50	0,18	0,18	0,01
210	47,83	48,32	48,26	24,20	24,71	24,62	0,49	0,06	0,43	0,14	0,51	0,09	0,42	0,21	0,18	0,05
240	29,63	30,15	30,08	44,41	44,96	44,89	0,52	0,07	0,45	0,16	0,55	0,07	0,48	0,15	0,15	0,01
270	47,80	48,31	48,27	24,21	24,57	24,52	0,51	0,04	0,47	0,09	0,36	0,05	0,31	0,16	0,12	0,05
300	29,62	30,10	30,05	44,40	44,70	44,67	0,48	0,05	0,43	0,12	0,30	0,03	0,27	0,11	0,11	0,00
330	29,63	30,10	30,06	44,41	44,84	44,80	0,47	0,04	0,43	0,09	0,43	0,04	0,39	0,10	0,10	0,01
360	47,82	48,27	48,25	46,71	47,13	47,09	0,45	0,02	0,43	0,05	0,42	0,04	0,38	0,11	0,08	0,04

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 37. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₁b₁c₀

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	48,11	49,33	48,34	48,52	49,77	48,79	1,22	0,99	0,23	4,30	1,25	0,98	0,27	3,63	3,97	0,48
30	15,62	16,49	15,81	11,72	12,53	11,98	0,87	0,68	0,19	3,58	0,81	0,55	0,26	2,12	2,85	1,03
60	29,55	30,18	29,94	43,95	45,04	44,44	0,63	0,24	0,39	0,62	1,09	0,60	0,49	1,22	0,92	0,43
90	26,77	27,21	27,13	29,63	30,27	30,13	0,44	0,08	0,36	0,22	0,64	0,14	0,50	0,28	0,25	0,04
120	28,69	29,51	29,32	28,76	29,18	29,12	0,82	0,19	0,63	0,30	0,42	0,06	0,36	0,17	0,23	0,10
150	50,72	51,22	51,12	44,32	44,59	44,55	0,50	0,10	0,40	0,25	0,27	0,04	0,23	0,17	0,21	0,05
180	50,70	51,34	51,22	44,32	44,72	44,67	0,64	0,12	0,52	0,23	0,40	0,05	0,35	0,14	0,19	0,06
210	28,92	29,35	29,29	48,13	48,55	48,48	0,43	0,06	0,37	0,16	0,42	0,07	0,35	0,20	0,18	0,03
240	32,54	33,05	32,96	32,12	32,67	32,60	0,51	0,09	0,42	0,21	0,55	0,07	0,48	0,15	0,18	0,05
270	28,91	29,38	29,33	48,15	49,08	48,95	0,47	0,05	0,42	0,12	0,93	0,13	0,80	0,16	0,14	0,03
300	28,90	29,08	29,06	48,11	48,68	48,65	0,18	0,02	0,16	0,12	0,57	0,03	0,54	0,06	0,09	0,05

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 38. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₁b₁c₁

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	32,12	33,35	32,36	29,62	30,39	29,82	1,23	0,99	0,24	4,12	0,77	0,57	0,20	2,85	3,49	0,90
30	42,70	43,69	42,99	50,98	51,81	51,16	0,99	0,70	0,29	2,41	0,83	0,65	0,18	3,61	3,01	0,85
60	28,44	29,10	28,60	44,32	45,26	44,59	0,66	0,50	0,16	3,13	0,94	0,67	0,27	2,48	2,80	0,46
90	27,78	28,67	28,15	48,33	49,25	48,64	0,89	0,52	0,37	1,41	0,92	0,61	0,31	1,97	1,69	0,40
120	41,18	42,00	41,41	44,00	45,13	44,78	0,82	0,59	0,23	2,57	1,13	0,35	0,78	0,45	1,51	1,50
150	47,81	48,61	48,26	28,04	29,18	28,72	0,80	0,35	0,45	0,78	1,14	0,46	0,68	0,68	0,73	0,07
180	48,55	49,51	49,23	42,73	43,64	43,45	0,96	0,28	0,68	0,41	0,91	0,19	0,72	0,26	0,34	0,10
210	46,34	46,55	46,50	29,61	30,09	30,01	0,21	0,05	0,16	0,31	0,48	0,08	0,40	0,20	0,26	0,08
240	50,37	50,78	50,72	42,79	42,99	42,95	0,41	0,06	0,35	0,17	0,20	0,04	0,16	0,25	0,21	0,06
270	50,37	50,73	50,67	52,59	53,23	53,13	0,36	0,06	0,30	0,20	0,64	0,10	0,54	0,19	0,19	0,01
300	48,55	49,13	49,03	33,17	33,55	33,51	0,58	0,10	0,48	0,21	0,38	0,04	0,34	0,12	0,16	0,06
330	48,54	48,84	48,81	33,17	33,40	33,37	0,30	0,03	0,27	0,11	0,23	0,03	0,20	0,15	0,13	0,03

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 39. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₁b₁c₂

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	48,31	49,45	48,42	48,75	49,72	48,94	1,14	1,03	0,11	9,36	0,97	0,78	0,19	4,11	6,73	3,72
30	25,39	26,10	25,56	32,17	33,07	32,40	0,71	0,54	0,17	3,18	0,90	0,67	0,23	2,91	3,04	0,19
60	44,40	45,13	44,62	42,69	43,76	43,11	0,73	0,51	0,22	2,32	1,07	0,65	0,42	1,55	1,93	0,54
90	42,80	44,02	43,40	43,62	45,21	44,58	1,22	0,62	0,60	1,03	1,59	0,63	0,96	0,66	0,84	0,27
120	42,71	43,13	43,07	48,78	49,34	49,20	0,42	0,06	0,36	0,17	0,56	0,14	0,42	0,33	0,25	0,12
150	24,19	24,69	24,58	30,78	31,36	31,27	0,50	0,11	0,39	0,28	0,58	0,09	0,49	0,18	0,23	0,07
180	28,74	29,43	29,35	42,81	43,55	43,44	0,69	0,08	0,61	0,13	0,74	0,11	0,63	0,17	0,15	0,03
210	48,33	48,76	48,70	43,95	44,46	44,41	0,43	0,06	0,37	0,16	0,51	0,05	0,46	0,11	0,14	0,04
240	28,75	29,29	29,24	42,80	43,23	43,17	0,54	0,05	0,49	0,10	0,43	0,06	0,37	0,16	0,13	0,04
270	42,71	43,37	43,32	48,76	49,22	49,16	0,66	0,05	0,61	0,08	0,46	0,06	0,40	0,15	0,12	0,05
300	50,70	51,02	50,99	27,78	28,14	28,11	0,32	0,03	0,29	0,10	0,36	0,03	0,33	0,09	0,10	0,01
330	28,75	29,24	29,21	42,79	42,99	42,97	0,49	0,03	0,46	0,07	0,20	0,02	0,18	0,11	0,09	0,03
360	42,70	43,00	42,98	48,76	49,03	49,01	0,30	0,02	0,28	0,07	0,27	0,02	0,25	0,08	0,08	0,01

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 40. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₂b₀c₀

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	44,44	45,91	44,88	42,73	44,83	43,34	1,47	1,03	0,44	2,34	2,10	1,49	0,61	2,44	2,39	0,07
30	43,94	44,80	44,38	48,54	49,67	49,07	0,86	0,42	0,44	0,95	1,13	0,60	0,53	1,13	1,04	0,13
60	33,56	34,41	34,05	41,83	42,41	42,13	0,85	0,36	0,49	0,73	0,58	0,28	0,30	0,93	0,83	0,14
90	29,63	30,15	30,02	32,17	33,06	32,85	0,52	0,13	0,39	0,33	0,89	0,21	0,68	0,31	0,32	0,02
120	46,34	46,73	46,67	26,78	27,18	27,11	0,39	0,06	0,33	0,18	0,40	0,07	0,33	0,21	0,20	0,02
150	32,56	33,20	33,10	44,01	44,32	44,27	0,64	0,10	0,54	0,19	0,31	0,05	0,26	0,19	0,19	0,01
180	43,63	44,07	44,03	46,35	46,63	46,60	0,44	0,04	0,40	0,10	0,28	0,03	0,25	0,12	0,11	0,01
210	32,55	32,94	32,90	43,99	44,36	44,33	0,39	0,04	0,35	0,11	0,37	0,03	0,34	0,09	0,10	0,02
240	43,62	44,32	44,26	52,87	53,47	53,41	0,70	0,06	0,64	0,09	0,60	0,06	0,54	0,11	0,10	0,01
270	32,54	33,01	32,97	43,98	44,38	44,35	0,47	0,04	0,43	0,09	0,40	0,03	0,37	0,08	0,09	0,01
300	43,63	44,00	43,96	52,89	53,31	53,29	0,37	0,04	0,33	0,12	0,42	0,02	0,40	0,05	0,09	0,05

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 41. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₂b₀c₁

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	43,51	46,02	44,23	42,83	44,51	43,31	2,51	1,79	0,72	2,49	1,68	1,20	0,48	2,50	2,49	0,01
30	44,44	45,58	44,91	46,34	48,07	47,10	1,14	0,67	0,47	1,43	1,73	0,97	0,76	1,28	1,35	0,11
60	42,58	43,20	42,90	43,44	44,09	43,87	0,62	0,30	0,32	0,94	0,65	0,22	0,43	0,51	0,72	0,30
90	32,13	32,75	32,55	25,38	25,92	25,82	0,62	0,20	0,42	0,48	0,54	0,10	0,44	0,23	0,35	0,18
120	43,62	44,26	44,13	52,92	53,66	53,46	0,64	0,13	0,51	0,25	0,74	0,20	0,54	0,37	0,31	0,08
150	43,50	44,36	44,22	28,43	29,49	29,31	0,86	0,14	0,72	0,19	1,06	0,18	0,88	0,20	0,20	0,01
180	28,76	29,60	29,44	28,70	29,38	29,28	0,84	0,16	0,68	0,24	0,68	0,10	0,58	0,17	0,20	0,04
210	43,51	44,07	43,99	28,44	28,93	28,86	0,56	0,08	0,48	0,17	0,49	0,07	0,42	0,17	0,17	0,00
240	43,48	44,19	44,05	28,44	28,77	28,76	0,71	0,14	0,57	0,25	0,33	0,01	0,32	0,03	0,14	0,15
270	28,74	29,52	29,43	28,69	28,98	28,95	0,78	0,09	0,69	0,13	0,29	0,03	0,26	0,12	0,12	0,01
300	28,74	29,11	29,09	28,69	28,88	28,85	0,37	0,02	0,35	0,06	0,19	0,03	0,16	0,19	0,12	0,09
330	43,49	43,88	43,85	28,43	28,92	28,89	0,39	0,03	0,36	0,08	0,49	0,03	0,46	0,07	0,07	0,01

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 42. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₂b₀c₂

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	48,36	49,99	48,81	48,55	50,10	48,99	1,63	1,18	0,45	2,62	1,55	1,11	0,44	2,52	2,57	0,07
30	27,77	29,42	28,37	28,43	30,05	29,06	1,65	1,05	0,60	1,75	1,62	0,99	0,63	1,57	1,66	0,13
60	25,48	26,42	25,94	50,77	51,53	51,21	0,94	0,48	0,46	1,04	0,76	0,32	0,44	0,73	0,89	0,22
90	11,72	12,33	12,12	15,62	16,32	16,05	0,61	0,21	0,40	0,53	0,70	0,27	0,43	0,63	0,58	0,07
120	48,52	49,49	49,21	48,55	49,24	48,96	0,97	0,28	0,69	0,41	0,69	0,28	0,41	0,68	0,54	0,20
150	48,22	49,00	48,81	26,79	27,33	27,20	0,78	0,19	0,59	0,32	0,54	0,13	0,41	0,32	0,32	0,00
180	75,94	76,55	76,40	26,77	27,30	27,18	0,61	0,15	0,46	0,33	0,53	0,12	0,41	0,29	0,31	0,02
210	41,18	41,68	41,60	43,94	45,00	44,77	0,50	0,08	0,42	0,19	1,06	0,23	0,83	0,28	0,23	0,06
240	48,23	48,78	48,68	26,77	27,24	27,16	0,55	0,10	0,45	0,22	0,47	0,08	0,39	0,21	0,21	0,01
270	41,19	41,59	41,53	43,94	44,50	44,42	0,40	0,06	0,34	0,18	0,56	0,08	0,48	0,17	0,17	0,01
300	41,19	41,60	41,54	43,95	44,38	44,33	0,41	0,06	0,35	0,17	0,43	0,05	0,38	0,13	0,15	0,03
330	41,19	41,60	41,56	43,95	44,36	44,32	0,41	0,04	0,37	0,11	0,41	0,04	0,37	0,11	0,11	0,00
360	48,22	48,65	48,59	26,77	27,10	27,08	0,43	0,06	0,37	0,16	0,33	0,02	0,31	0,06	0,11	0,07

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 43. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₂b₁c₀

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	43,65	44,76	43,85	43,51	44,71	43,73	1,11	0,91	0,20	4,55	1,20	0,98	0,22	4,45	4,50	0,07
30	26,77	27,29	26,97	29,53	30,51	29,77	0,52	0,32	0,20	1,60	0,98	0,74	0,24	3,08	2,34	1,05
60	48,56	49,44	48,84	48,55	49,25	48,82	0,88	0,60	0,28	2,14	0,70	0,43	0,27	1,59	1,87	0,39
90	32,18	33,31	32,68	25,39	25,82	25,62	1,13	0,63	0,50	1,26	0,43	0,20	0,23	0,87	1,06	0,28
120	26,77	27,42	27,23	48,54	49,48	49,11	0,65	0,19	0,46	0,41	0,94	0,37	0,57	0,65	0,53	0,17
150	48,23	48,83	48,74	27,78	28,07	28,02	0,60	0,09	0,51	0,18	0,29	0,05	0,24	0,21	0,19	0,02
180	34,67	34,88	34,85	43,99	44,30	44,27	0,21	0,03	0,18	0,17	0,31	0,03	0,28	0,11	0,14	0,04
210	48,23	48,69	48,64	27,78	28,30	28,23	0,46	0,05	0,41	0,12	0,52	0,07	0,45	0,16	0,14	0,02
240	43,97	44,47	44,40	48,54	48,83	48,80	0,50	0,07	0,43	0,16	0,29	0,03	0,26	0,12	0,14	0,03
270	43,95	44,42	44,39	48,53	48,78	48,75	0,47	0,03	0,44	0,07	0,25	0,03	0,22	0,14	0,10	0,05
300	43,94	44,29	44,26	48,53	48,84	48,81	0,35	0,03	0,32	0,09	0,31	0,03	0,28	0,11	0,10	0,01

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 44. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₂b₁c₁

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	48,54	49,85	48,86	42,80	43,91	43,06	1,31	0,99	0,32	3,09	1,11	0,85	0,26	3,27	3,18	0,12
30	42,72	44,50	43,11	48,33	49,58	48,72	1,78	1,39	0,39	3,56	1,25	0,86	0,39	2,21	2,88	0,96
60	43,50	44,78	43,91	32,12	33,21	32,53	1,28	0,87	0,41	2,12	1,09	0,68	0,41	1,66	1,89	0,33
90	11,74	12,55	12,10	15,62	16,92	16,17	0,81	0,45	0,36	1,25	1,30	0,75	0,55	1,36	1,31	0,08
120	50,71	51,15	51,08	46,70	47,60	47,39	0,44	0,07	0,37	0,19	0,90	0,21	0,69	0,30	0,25	0,08
150	29,54	30,05	30,00	27,78	28,27	28,20	0,51	0,05	0,46	0,11	0,49	0,07	0,42	0,17	0,14	0,04
180	30,79	31,21	31,16	32,55	33,29	33,20	0,42	0,05	0,37	0,14	0,74	0,09	0,65	0,14	0,14	0,00
210	43,50	43,92	43,88	44,41	44,75	44,71	0,42	0,04	0,38	0,11	0,34	0,04	0,30	0,13	0,12	0,02
240	43,49	43,79	43,76	44,41	44,79	44,75	0,30	0,03	0,27	0,11	0,38	0,04	0,34	0,12	0,11	0,00
270	30,78	31,29	31,23	32,53	32,88	32,85	0,51	0,06	0,45	0,13	0,35	0,03	0,32	0,09	0,11	0,03
300	43,49	43,85	43,81	44,40	44,66	44,64	0,36	0,04	0,32	0,12	0,26	0,02	0,24	0,08	0,10	0,03
330	30,78	31,50	31,43	32,53	33,06	33,02	0,72	0,07	0,65	0,11	0,53	0,04	0,49	0,08	0,09	0,02

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

Tabla 45. Datos obtenidos para el cálculo de humedad en base seca (HBS) del tratamiento a₂b₁c₂

t (min)	R1			R2			R1				R2				*HBS (g H ₂ O/ g SS)	*sd
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs	g muestra	g H ₂ O eliminado	g masa seca	Hbs		
0	44,32	45,02	44,51	43,94	44,86	44,18	0,70	0,51	0,19	2,68	0,92	0,68	0,24	2,83	2,76	0,11
30	28,44	29,58	29,02	30,79	31,42	31,21	1,14	0,56	0,58	0,97	0,63	0,21	0,42	0,50	0,73	0,33
60	46,35	47,21	47,01	42,71	44,16	43,67	0,86	0,20	0,66	0,30	1,45	0,49	0,96	0,51	0,41	0,15
90	48,22	48,87	48,73	29,61	30,23	30,08	0,65	0,14	0,51	0,27	0,62	0,15	0,47	0,32	0,30	0,03
120	34,66	35,10	34,99	43,63	44,30	44,24	0,44	0,11	0,33	0,33	0,67	0,06	0,61	0,10	0,22	0,17
150	48,53	49,34	49,20	50,97	51,58	51,50	0,81	0,14	0,67	0,21	0,61	0,08	0,53	0,15	0,18	0,04
180	42,79	42,98	42,95	43,48	43,73	43,70	0,19	0,03	0,16	0,19	0,25	0,03	0,22	0,14	0,16	0,04
210	28,44	28,96	28,91	26,78	27,14	27,11	0,52	0,05	0,47	0,11	0,36	0,03	0,33	0,09	0,10	0,01
240	28,44	28,95	28,90	26,77	27,46	27,42	0,51	0,05	0,46	0,11	0,69	0,04	0,65	0,06	0,09	0,03
270	34,69	35,35	35,30	43,64	44,14	44,10	0,66	0,05	0,61	0,08	0,50	0,04	0,46	0,09	0,08	0,00
300	34,67	35,15	35,12	43,62	43,90	43,88	0,48	0,03	0,45	0,07	0,28	0,02	0,26	0,08	0,07	0,01
330	28,44	28,78	28,76	26,78	27,12	27,10	0,34	0,02	0,32	0,06	0,34	0,02	0,32	0,06	0,06	0,00
360	48,23	48,55	48,53	27,78	28,14	28,12	0,32	0,02	0,30	0,07	0,36	0,02	0,34	0,06	0,06	0,01

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de dos repeticiones.

ANEXO E

**MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE
EFECTIVO DE DIFUSIÓN (D_{ef})**

La difusión está basada en la segunda Ley de Fick, donde, el flujo es unidimensional y la concentración de agua se encuentra en función de la posición (x) y el tiempo (t). **(Gaspareto et al., 2004)**

$$\frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n + 1)^2} \exp \left\{ -(2n + 1)^2 \frac{\pi^2 D t}{L^2} \right\} \quad \text{(Ec. E1)}$$

A partir de la forma linealizada de la ecuación E2., se cálculo el coeficiente efectivo de difusión (D) para una placa plana:

$$\ln \left(\frac{U - U_e}{U_i - U_e} \right) = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) - \frac{\pi^2 D_{ef}}{L^2} t \quad \text{(Ec. E2)}$$

Donde:

D: coeficiente de difusión (m²/s)

L: espesor (m)

U: humedad (gH₂O/gSS) (base seca)

U_i: humedad inicial (gH₂O/gSS) (base seca)

U_e: humedad de equilibrio (gH₂O/gSS) (base seca)

Los resultados finales se muestran en las Tablas 46 – 47, determinando así los coeficientes efectivos de difusión para cada tratamiento.

ANEXO F

**DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACIÓN DE
LOS COEFICIENTES EFECTIVOS DE DIFUSIÓN (D_{ef}) PARA CADA
TRATAMIENTO**

Tabla 46. Datos obtenidos para el cálculo de los coeficientes efectivos de difusión de todos los tratamientos. Réplica 1

Tratamientos	U	U _i	U _e	U*	ln U*	ln (8/π ²)	L ² (m ²)	t (s)	π ²	D. efectiva (m ² /s)
a ₀ b ₀ c ₀	0,16	2,81	0,09	0,026240	-3,640456	-0,210018	0,000025	18000	9,870	4,827E-10
a ₀ b ₀ c ₁	0,15	2,76	0,09	0,022505	-3,794027	-0,210018	0,000025	19800	9,870	4,585E-10
a ₀ b ₀ c ₂	0,14	2,69	0,09	0,019233	-3,951111	-0,210018	0,000025	21600	9,870	4,387E-10
a ₀ b ₁ c ₀	0,09	7,23	0,07	0,003318	-5,708302	-0,210018	0,000025	18000	9,870	7,737E-10
a ₀ b ₁ c ₁	0,09	7,46	0,07	0,002706	-5,912359	-0,210018	0,000025	19800	9,870	7,295E-10
a ₀ b ₁ c ₂	0,08	8,64	0,07	0,001167	-6,753014	-0,210018	0,000025	21600	9,870	7,673E-10
a ₁ b ₀ c ₀	0,12	2,72	0,09	0,012133	-4,411822	-0,210018	0,000025	18000	9,870	5,913E-10
a ₁ b ₀ c ₁	0,12	2,87	0,09	0,010804	-4,527809	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,524E-10
a ₁ b ₀ c ₂	0,11	2,73	0,09	0,007575	-4,882862	-0,210018	0,000025	21600	9,870	5,480E-10
a ₁ b ₁ c ₀	0,16	4,30	0,07	0,021255	-3,851175	-0,210018	0,000025	18000	9,870	5,124E-10
a ₁ b ₁ c ₁	0,11	4,12	0,07	0,010138	-4,591428	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,605E-10
a ₁ b ₁ c ₂	0,08	9,36	0,07	0,001076	-6,834500	-0,210018	0,000025	21600	9,870	7,769E-10
a ₂ b ₀ c ₀	0,12	2,34	0,09	0,013866	-4,278283	-0,210018	0,000025	18000	9,870	5,725E-10
a ₂ b ₀ c ₁	0,11	2,49	0,09	0,008347	-4,785870	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,854E-10
a ₂ b ₀ c ₂	0,16	2,62	0,09	0,028498	-3,557937	-0,210018	0,000025	21600	9,870	3,926E-10
a ₂ b ₁ c ₀	0,09	4,55	0,07	0,005301	-5,239796	-0,210018	0,000025	18000	9,870	7,078E-10
a ₂ b ₁ c ₁	0,11	3,09	0,07	0,012465	-4,384797	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,341E-10
a ₂ b ₁ c ₂	0,13	2,68	0,07	0,022951	-3,774373	-0,210018	0,000025	21600	9,870	4,180E-10

Tabla 47. Datos obtenidos para el cálculo de los coeficientes efectivos de difusión de todos los tratamientos. Réplica 2

Tratamientos	U	U _i	U _e	U*	ln U*	ln (8/π ²)	L ² (m ²)	t (s)	π ²	D. efectiva (m ² /s)
a ₀ b ₀ c ₀	0,14	3,03	0,09	0,016988	-4,075275	-0,210018	0,000025	18000	9,870	5,439E-10
a ₀ b ₀ c ₁	0,12	2,52	0,09	0,012353	-4,393839	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,352E-10
a ₀ b ₀ c ₂	0,12	2,74	0,09	0,011329	-4,480399	-0,210018	0,000025	21600	9,870	5,008E-10
a ₀ b ₁ c ₀	0,13	5,45	0,07	0,011156	-4,495779	-0,210018	0,000025	18000	9,870	6,031E-10
a ₀ b ₁ c ₁	0,14	5,44	0,07	0,013041	-4,339622	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,283E-10
a ₀ b ₁ c ₂	0,12	5,72	0,07	0,009735	-4,632078	-0,210018	0,000025	21600	9,870	5,186E-10
a ₁ b ₀ c ₀	0,11	2,67	0,09	0,007752	-4,859812	-0,210018	0,000025	18000	9,870	6,543E-10
a ₁ b ₀ c ₁	0,11	2,79	0,09	0,007820	-4,851013	-0,210018	0,000025	19800	9,870	5,937E-10
a ₁ b ₀ c ₂	0,11	2,67	0,09	0,005907	-5,131618	-0,210018	0,000025	21600	9,870	5,772E-10
a ₁ b ₁ c ₀	0,12	3,63	0,07	0,014046	-4,265389	-0,210018	0,000025	18000	9,870	5,707E-10
a ₁ b ₁ c ₁	0,15	2,85	0,07	0,028777	-3,548180	-0,210018	0,000025	19800	9,870	4,271E-10
a ₁ b ₁ c ₂	0,08	4,11	0,07	0,002478	-6,000242	-0,210018	0,000025	21600	9,870	6,790E-10
a ₂ b ₀ c ₀	0,14	2,44	0,09	0,021253	-3,851263	-0,210018	0,000025	18000	9,870	5,124E-10
a ₂ b ₀ c ₁	0,15	2,50	0,09	0,024896	-3,693037	-0,210018	0,000025	19800	9,870	4,456E-10
a ₂ b ₀ c ₂	0,16	2,52	0,09	0,028774	-3,548273	-0,210018	0,000025	21600	9,870	3,915E-10
a ₂ b ₁ c ₀	0,11	4,45	0,07	0,008471	-4,771070	-0,210018	0,000025	18000	9,870	6,418E-10
a ₂ b ₁ c ₁	0,08	3,27	0,07	0,003636	-5,616850	-0,210018	0,000025	19800	9,870	6,917E-10
a ₂ b ₁ c ₂	0,15	2,83	0,07	0,028951	-3,542166	-0,210018	0,000025	21600	9,870	3,908E-10

ANEXO G

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE TEXTURA: DUREZA, COHESIVIDAD, INDICE DE ELASTICIDAD Y FIRMEZA PARA CADA TRATAMIENTO

Tabla 48. Parámetros de textura del tratamiento a₀b₀c₀

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T1	1	1,83	0,79	0,54	1,52	
2	Piña deshidratada	T1	3	1,21	0,60	0,70	0,92	
3	Piña deshidratada	T1	4	2,14	0,11	0,34	1,59	
4	Piña deshidratada	T1	5	2,36	0,68	0,60	1,83	
5	Piña deshidratada	T1	6	2,60	0,58	0,66	2,22	
6	Piña deshidratada	T1	8	1,67	0,85	0,79	2,00	
7	Piña deshidratada	T1	9	1,15	0,86	0,63	1,02	
8	Piña deshidratada	T1	10	2,19	0,60	0,47	1,84	
9	Piña deshidratada	T1	13	1,52	0,71	0,76	1,48	
10	Piña deshidratada	T1	16	2,82	0,76	0,61	2,26	
				Mínimo	1,15	0,11	0,34	0,92
				Máximo	2,82	0,86	0,79	2,26
				Promedio	1,95	0,65	0,61	1,67
				Desviación Estándar	0,57	0,22	0,13	0,46

Tabla 49. Parámetros de textura del tratamiento a₀b₀c₁

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T2	1	1,63	0,77	0,60	1,37	
2	Piña deshidratada	T2	2	0,23	0,78	0,78	0,23	
3	Piña deshidratada	T2	3	4,52	0,81	0,54	3,58	
4	Piña deshidratada	T2	5	2,05	0,51	0,67	1,49	
5	Piña deshidratada	T2	6	0,85	0,88	0,86	0,80	
6	Piña deshidratada	T2	7	2,90	0,85	0,53	2,32	
7	Piña deshidratada	T2	8	2,22	0,81	0,63	1,92	
8	Piña deshidratada	T2	9	4,22	0,19	0,27	3,40	
9	Piña deshidratada	T2	10	2,37	0,60	0,74	2,13	
10	Piña deshidratada	T2	12	1,43	0,79	0,70	1,19	
				Mínimo	0,23	0,19	0,27	0,23
				Máximo	4,52	0,88	0,86	3,58
				Promedio	2,24	0,70	0,63	1,84
				Desviación Estándar	1,36	0,21	0,16	1,07

Tabla 50. Parámetros de textura del tratamiento a₀b₀c₂

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T3	1	2,80	0,88	0,64	2,48	
2	Piña deshidratada	T3	3	2,26	0,20	0,74	3,04	
3	Piña deshidratada	T3	4	1,69	0,35	0,69	2,50	
4	Piña deshidratada	T3	7	1,41	0,71	0,66	1,14	
5	Piña deshidratada	T3	10	1,15	0,57	0,49	1,35	
6	Piña deshidratada	T3	12	1,36	0,59	0,69	0,96	
7	Piña deshidratada	T3	13	1,72	0,68	0,73	1,44	
8	Piña deshidratada	T3	14	1,50	0,92	0,88	1,48	
9	Piña deshidratada	T3	15	2,04	0,53	0,60	1,60	
10	Piña deshidratada	T3	16	2,12	0,68	0,72	1,98	
				Mínimo	1,15	0,20	0,49	0,96
				Máximo	2,80	0,92	0,88	3,04
				Promedio	1,80	0,61	0,68	1,80
				Desviación Estándar	0,50	0,22	0,10	0,68

Tabla 51. Parámetros de textura del tratamiento a₀b₁c₀

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T4	1	2,61	0,88	0,89	2,41	
2	Piña deshidratada	T4	2	1,97	0,74	0,71	1,67	
3	Piña deshidratada	T4	3	2,69	0,44	0,60	2,44	
4	Piña deshidratada	T4	5	1,33	0,60	0,70	1,04	
5	Piña deshidratada	T4	6	1,36	0,32	0,69	1,86	
6	Piña deshidratada	T4	11	1,67	0,54	0,43	1,00	
7	Piña deshidratada	T4	12	2,77	0,78	0,56	2,33	
8	Piña deshidratada	T4	13	1,51	0,62	0,69	1,10	
9	Piña deshidratada	T4	9	1,66	0,70	0,66	1,37	
10	Piña deshidratada	T4	4	5,33	0,20	0,62	3,24	
				Mínimo	1,33	0,20	0,43	1,00
				Máximo	5,33	0,88	0,89	3,24
				Promedio	2,29	0,58	0,66	1,85
				Desviación Estándar	1,20	0,21	0,12	0,75

Tabla 52. Parámetros de textura del tratamiento a₀b₁c₁

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T5	1	0,83	1,17	0,90	1,04	
2	Piña deshidratada	T5	10	1,44	0,94	0,59	1,30	
3	Piña deshidratada	T5	11	3,49	0,65	0,57	3,26	
4	Piña deshidratada	T5	12	0,69	0,81	0,54	0,61	
5	Piña deshidratada	T5	3	0,69	0,37	0,74	0,93	
6	Piña deshidratada	T5	5	0,61	0,85	0,75	0,54	
7	Piña deshidratada	T5	6	2,52	0,73	0,74	2,07	
8	Piña deshidratada	T5	7	3,33	0,13	0,42	4,17	
9	Piña deshidratada	T5	8	1,15	0,11	0,39	1,19	
10	Piña deshidratada	T5	9	0,90	0,50	0,72	0,86	
				Mínimo	0,61	0,11	0,39	0,54
				Máximo	3,49	1,17	0,90	4,17
				Promedio	1,56	0,63	0,64	1,60
				Desviación Estándar	1,12	0,35	0,16	1,21

Tabla 53. Parámetros de textura del tratamiento a₀b₁c₂

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T6	1	0,80	1,11	0,83	1,03	
2	Piña deshidratada	T6	12	3,47	0,59	0,57	2,23	
3	Piña deshidratada	T6	13	0,78	0,71	0,51	0,75	
4	Piña deshidratada	T6	15	1,33	0,83	0,62	1,17	
5	Piña deshidratada	T6	3	1,64	0,59	0,74	1,59	
6	Piña deshidratada	T6	4	1,27	0,63	0,48	1,08	
7	Piña deshidratada	T6	5	1,88	0,43	0,77	2,19	
8	Piña deshidratada	T6	6	10,89	0,43	0,80	6,31	
9	Piña deshidratada	T6	7	0,25	0,74	0,72	0,21	
10	Piña deshidratada	T6	8	2,58	0,57	0,47	2,27	
				Mínimo	0,25	0,43	0,47	0,21
				Máximo	10,89	1,11	0,83	6,31
				Promedio	2,49	0,66	0,65	1,88
				Desviación Estándar	3,10	0,20	0,14	1,70

Tabla 54. Parámetros de textura del tratamiento a₁b₀c₀

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
				N			N	
1	Piña deshidratada	T7	1	2,54	0,26	0,69	2,06	
2	Piña deshidratada	T7	10	4,33	0,45	0,63	3,62	
3	Piña deshidratada	T7	11	0,99	0,83	0,63	0,86	
4	Piña deshidratada	T7	12	2,59	0,86	0,56	2,15	
5	Piña deshidratada	T7	2	2,72	0,40	0,60	1,79	
6	Piña deshidratada	T7	3	4,21	0,47	0,63	2,15	
7	Piña deshidratada	T7	5	9,91	0,53	0,59	7,34	
8	Piña deshidratada	T7	7	4,87	0,90	0,82	4,62	
9	Piña deshidratada	T7	8	1,57	0,73	0,64	1,30	
10	Piña deshidratada	T7	9	3,03	0,80	0,57	2,48	
				Mínimo	0,99	0,26	0,56	0,86
				Máximo	9,91	0,90	0,82	7,34
				Promedio	3,68	0,62	0,64	2,84
				Desviación Estandar	2,50	0,23	0,07	1,92

Tabla 55. Parámetros de textura del tratamiento a₁b₀c₁

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
				N			N	
1	Piña deshidratada	T8	1	3,21	0,86	0,58	2,96	
2	Piña deshidratada	T8	10	8,69	0,51	0,57	5,86	
3	Piña deshidratada	T8	11	0,94	0,93	0,60	0,83	
4	Piña deshidratada	T8	2	2,17	0,19	0,73	2,69	
5	Piña deshidratada	T8	3	2,23	0,83	0,53	1,99	
6	Piña deshidratada	T8	4	0,57	0,67	0,73	0,47	
7	Piña deshidratada	T8	5	1,88	0,79	0,55	1,53	
8	Piña deshidratada	T8	7	1,42	0,26	0,36	0,76	
9	Piña deshidratada	T8	8	2,08	0,44	0,76	2,51	
10	Piña deshidratada	T8	9	4,27	0,51	0,58	3,13	
				Mínimo	0,57	0,19	0,36	0,47
				Máximo	8,69	0,93	0,76	5,86
				Promedio	2,75	0,60	0,60	2,27
				Desviación Estandar	2,34	0,26	0,12	1,58

Tabla 56. Parámetros de textura del tratamiento a₁b₀C₂

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T9	1	2,19	0,78	0,57	1,80	
2	Piña deshidratada	T9	10	1,67	0,59	0,81	2,12	
3	Piña deshidratada	T9	12	1,50	0,56	0,46	1,06	
4	Piña deshidratada	T9	13	1,06	0,34	0,41	0,55	
5	Piña deshidratada	T9	14	2,18	0,66	0,72	1,63	
6	Piña deshidratada	T9	3	1,85	1,03	37,35	4,38	
7	Piña deshidratada	T9	5	1,72	0,53	0,73	1,33	
8	Piña deshidratada	T9	6	2,89	0,35	0,65	2,85	
9	Piña deshidratada	T9	8	2,73	0,75	50,02	2,63	
10	Piña deshidratada	T9	9	1,88	0,48	0,46	1,63	
				Mínimo	1,06	0,34	0,41	0,55
				Máximo	2,89	1,03	50,02	4,38
				Promedio	1,97	0,61	9,22	2,00
				Desviación Estándar	0,55	0,21	18,41	1,08

Tabla 57. Parámetros de textura del tratamiento a₁b₁C₀

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T10	11	3,57	0,50	0,67	2,36	
2	Piña deshidratada	T10	12	1,94	0,56	0,45	1,63	
3	Piña deshidratada	T10	13	1,83	0,54	0,74	1,87	
4	Piña deshidratada	T10	14	2,52	0,63	0,49	2,25	
5	Piña deshidratada	T10	15	1,06	0,20	0,42	1,02	
6	Piña deshidratada	T10	16	2,36	0,69	0,49	2,07	
7	Piña deshidratada	T10	17	2,91	0,35	0,28	1,33	
8	Piña deshidratada	T10	5	1,53	0,66	0,67	1,22	
9	Piña deshidratada	T10	8	4,16	0,33	0,28	2,23	
10	Piña deshidratada	T10	9	1,66	0,34	0,43	1,68	
				Mínimo	1,06	0,20	0,28	1,02
				Máximo	4,16	0,69	0,74	2,36
				Promedio	2,35	0,48	0,49	1,77
				Desviación Estándar	0,96	0,17	0,16	0,47

Tabla 58. Parámetros de textura del tratamiento a₁b₁c₁

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
				N			N	
1	Piña deshidratada	T11	1	1,37	0,81	0,53	1,38	
2	Piña deshidratada	T11	10	1,15	0,47	0,32	0,61	
3	Piña deshidratada	T11	13	2,23	0,85	0,80	2,55	
4	Piña deshidratada	T11	14	3,06	0,41	0,62	1,66	
5	Piña deshidratada	T11	15	1,65	0,72	0,62	1,29	
6	Piña deshidratada	T11	17	1,27	0,53	0,47	0,98	
7	Piña deshidratada	T11	18	2,37	0,88	0,55	2,05	
8	Piña deshidratada	T11	5	0,96	0,87	0,56	0,82	
9	Piña deshidratada	T11	8	1,43	0,48	0,78	1,83	
10	Piña deshidratada	T11	9	1,25	0,75	0,70	1,08	
				Mínimo	0,96	0,41	0,32	0,61
				Máximo	3,06	0,88	0,80	2,55
				Promedio	1,67	0,68	0,59	1,42
				Desviación Estándar	0,67	0,18	0,14	0,60

Tabla 59. Parámetros de textura del tratamiento a₁b₁c₂

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
				N			N	
1	Piña deshidratada	T12	1	1,82	0,78	0,54	1,45	
2	Piña deshidratada	T12	10	3,51	0,41	0,67	3,76	
3	Piña deshidratada	T12	12	2,10	0,77	0,66	1,86	
4	Piña deshidratada	T12	13	1,26	6,13	46,18	1,53	
5	Piña deshidratada	T12	15	1,78	0,42	0,73	2,82	
6	Piña deshidratada	T12	3	1,70	0,38	0,39	0,92	
7	Piña deshidratada	T12	5	2,01	0,73	0,58	1,38	
8	Piña deshidratada	T12	7	2,14	0,74	0,67	1,71	
9	Piña deshidratada	T12	8	0,71	0,95	0,62	0,64	
10	Piña deshidratada	T12	9	2,90	0,59	0,70	2,13	
				Mínimo	0,71	0,38	0,39	0,64
				Máximo	3,51	6,13	46,18	3,76
				Promedio	1,99	1,19	5,17	1,82
				Desviación Estándar	0,78	1,75	14,41	0,91

Tabla 60. Parámetros de textura del tratamiento a₂b₀c₀

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
				N			N	
1	Piña deshidratada	T13	1	2,40	0,51	0,69	1,54	
2	Piña deshidratada	T13	10	3,19	0,18	0,44	2,77	
3	Piña deshidratada	T13	11	3,06	0,52	0,71	2,93	
4	Piña deshidratada	T13	12	1,19	0,64	0,77	1,58	
5	Piña deshidratada	T13	14	3,78	0,76	0,66	3,27	
6	Piña deshidratada	T13	3	1,20	0,53	0,53	1,06	
7	Piña deshidratada	T13	5	1,84	0,22	0,43	1,97	
8	Piña deshidratada	T13	6	2,02	0,65	0,46	1,80	
9	Piña deshidratada	T13	7	3,27	0,27	0,42	3,01	
10	Piña deshidratada	T13	9	2,81	0,57	0,62	2,34	
				Mínimo	1,19	0,18	0,42	1,06
				Máximo	3,78	0,76	0,77	3,27
				Promedio	2,48	0,48	0,57	2,23
				Desviación Estándar	0,89	0,20	0,13	0,75

Tabla 61. Parámetros de textura del tratamiento a₂b₀c₁

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
				N			N	
1	Piña deshidratada	T14	1	2,43	0,81	0,52	1,95	
2	Piña deshidratada	T14	10	1,33	0,84	0,57	1,12	
3	Piña deshidratada	T14	11	1,55	0,69	0,64	1,17	
4	Piña deshidratada	T14	2	4,79	0,59	0,61	3,28	
5	Piña deshidratada	T14	4	5,24	0,57	0,56	3,13	
6	Piña deshidratada	T14	5	3,26	0,30	0,39	2,53	
7	Piña deshidratada	T14	6	4,49	0,31	0,23	2,36	
8	Piña deshidratada	T14	7	4,72	0,59	57,17	3,05	
9	Piña deshidratada	T14	8	2,90	0,64	0,61	2,20	
10	Piña deshidratada	T14	9	2,13	0,32	0,67	2,50	
				Mínimo	1,33	0,30	0,23	1,12
				Máximo	5,24	0,84	57,17	3,28
				Promedio	3,28	0,57	6,20	2,33
				Desviación Estándar	1,44	0,20	17,91	0,75

Tabla 62. Parámetros de textura del tratamiento a₂b₀C₂

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
			N				N	
1	Piña deshidratada	T15	1	0,94	0,81	0,52	0,77	
2	Piña deshidratada	T15	10	1,70	0,26	0,31	0,73	
3	Piña deshidratada	T15	12	2,03	0,71	0,67	1,69	
4	Piña deshidratada	T15	14	0,99	0,90	0,81	1,14	
5	Piña deshidratada	T15	2	1,18	0,22	0,43	0,90	
6	Piña deshidratada	T15	3	1,60	0,62	0,75	1,48	
7	Piña deshidratada	T15	4	1,00	0,51	0,35	0,57	
8	Piña deshidratada	T15	5	1,52	0,69	0,70	1,19	
9	Piña deshidratada	T15	7	2,69	0,42	0,76	2,20	
10	Piña deshidratada	T15	8	1,34	0,44	0,42	1,08	
				Mínimo	0,94	0,22	0,31	0,57
				Máximo	2,69	0,90	0,81	2,20
				Promedio	1,50	0,56	0,57	1,18
				Desviación Estandar	0,55	0,23	0,19	0,50

Tabla 63. Parámetros de textura del tratamiento a₂b₁C₀

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		N° muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	N° lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza	
			N				N	
1	Piña deshidratada	T16	10	2,43	0,65	0,62	2,42	
2	Piña deshidratada	T16	11	1,45	0,47	0,63	1,46	
3	Piña deshidratada	T16	12	2,38	0,18	10,75	3,13	
4	Piña deshidratada	T16	13	2,36	0,67	0,76	2,10	
5	Piña deshidratada	T16	2	0,18	0,72	0,51	0,16	
6	Piña deshidratada	T16	3	1,04	0,70	0,77	1,13	
7	Piña deshidratada	T16	5	2,18	0,72	0,54	1,89	
8	Piña deshidratada	T16	6	0,27	1,05	0,78	0,30	
9	Piña deshidratada	T16	8	1,20	0,92	0,82	1,37	
10	Piña deshidratada	T16	9	1,18	0,54	0,70	0,85	
				Mínimo	0,18	0,18	0,51	0,16
				Máximo	2,43	1,05	10,75	3,13
				Promedio	1,47	0,66	1,69	1,48
				Desviación Estandar	0,85	0,24	3,19	0,93

Tabla 64. Parámetros de textura del tratamiento a₂b₁c₁

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T17	12	2,78	0,57	0,66	2,84	
2	Piña deshidratada	T17	14	3,67	0,66	0,65	2,88	
3	Piña deshidratada	T17	17	3,25	0,35	0,28	1,35	
4	Piña deshidratada	T17	3	5,16	0,65	0,72	4,63	
5	Piña deshidratada	T17	4	5,70	0,50	0,56	3,97	
6	Piña deshidratada	T17	5	1,77	0,41	0,67	2,14	
7	Piña deshidratada	T17	6	1,51	0,63	0,58	0,96	
8	Piña deshidratada	T17	7	1,90	0,63	0,69	1,35	
9	Piña deshidratada	T17	8	1,18	0,65	0,76	1,07	
10	Piña deshidratada	T17	11	0,46	0,90	0,74	0,44	
				Mínimo	0,46	0,35	0,28	0,44
				Máximo	5,70	0,90	0,76	4,63
				Promedio	2,74	0,59	0,63	2,16
				Desviación Estandar	1,72	0,15	0,14	1,38

Tabla 65. Parámetros de textura del tratamiento a₂b₁c₂

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME ESTADISTICO								
#	Descripción Muestra		Nº muestra:	Resultados				
	Nombre Producto	Nº lote		Ciclo 2 Dureza N	Cohesividad	Índice Elasticidad	Firmeza N	
1	Piña deshidratada	T18	10	2,32	0,81	0,55	1,96	
2	Piña deshidratada	T18	11	1,72	0,67	0,48	1,52	
3	Piña deshidratada	T18	14	2,16	0,89	0,58	1,78	
4	Piña deshidratada	T18	15	1,25	0,63	0,49	1,12	
5	Piña deshidratada	T18	18	3,89	0,83	0,57	2,73	
6	Piña deshidratada	T18	2	1,21	0,69	0,78	1,15	
7	Piña deshidratada	T18	3	4,06	0,44	0,62	3,68	
8	Piña deshidratada	T18	6	1,28	0,43	0,67	1,47	
9	Piña deshidratada	T18	7	1,97	0,76	0,82	2,00	
10	Piña deshidratada	T18	9	1,36	0,09	0,36	0,96	
				Mínimo	1,21	0,09	0,36	0,96
				Máximo	4,06	0,89	0,82	3,68
				Promedio	2,12	0,62	0,59	1,84
				Desviación Estandar	1,05	0,24	0,14	0,83

ANEXO H

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LOS PARÁMETROS: GANANCIA DE AZÚCAR, PÉRDIDA DE HUMEDAD Y TEXTURA (DUREZA)

Tabla 66. Análisis de varianza para ganancia de azúcar

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración final de sólidos solubles (°Brix)	280,72	2	140,36	4846,62	0,0001
B: Temperatura de aire en el secador (°C)	0,00027	1	0,00027	0,00027	0,9234
C:Tiempo de secado (h)	0,05	2	0,02	0,83	0,4446
Error	0,87	30	0,03		
Total	281,63	35			

Tabla 67. Análisis de varianza para pérdida de humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración final de sólidos solubles (°Brix)	18,06	2	9,03	5,37	0,0102
B: Temperatura de aire en el secador (°C)	47,45	1	47,45	28,21	0,0001
C:Tiempo de secado (h)	2,21	2	1,11	0,66	0,5253
Error	50,46	30	0,03		
Total	118,18	35			

Tabla 68. Análisis de varianza para textura (dureza)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración final de sólidos solubles (°Brix)	1,25	2	0,63	2,26	0,1214
B: Temperatura de aire en el secador (°C)	0,17	1	0,17	0,62	0,4361
C:Tiempo de secado (h)	0,94	2	0,47	1,70	0,2002
Error	8,29	30	0,28		
Total	10,66	35			

ANEXO I

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO DE ACUERDO AL ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO

Tabla 69. Análisis de varianza para el parámetro color de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Catadores	45,63	56	0,81	1,35	0,0961
Tratamientos	60,20	18	3,34	5,56	0,0001
Error	57,80	96	0,60		
Total	163,63	170			

Tabla 70. Test de Tukey, 95%, para el parámetro color de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Tratamientos	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
a ₁ b ₀ c ₁	9	2,17	A
a ₀ b ₀ c ₂	9	2,56	A B
a ₁ b ₀ c ₀	9	2,67	A B C
Nature´s Heart	9	2,94	A B C D
a ₀ b ₀ c ₀	9	3,06	A B C D
a ₀ b ₀ c ₁	9	3,17	A B C D
a ₁ b ₀ c ₂	9	3,22	A B C D
a ₂ b ₀ c ₂	9	3,28	A B C D
a ₁ b ₁ c ₁	9	3,56	B C D
a ₂ b ₀ c ₀	9	3,61	B C D
a ₂ b ₀ c ₁	9	3,67	B C D
a ₂ b ₁ c ₁	9	3,78	B C D
a ₀ b ₁ c ₂	9	3,89	C D
a ₀ b ₁ c ₀	9	3,89	C D
a ₂ b ₁ c ₂	9	4,06	D
a ₁ b ₁ c ₂	9	4,06	D
a ₁ b ₁ c ₀	9	4,11	D
a ₀ b ₁ c ₁	9	4,17	D
a ₂ b ₁ c ₀	9	4,17	D

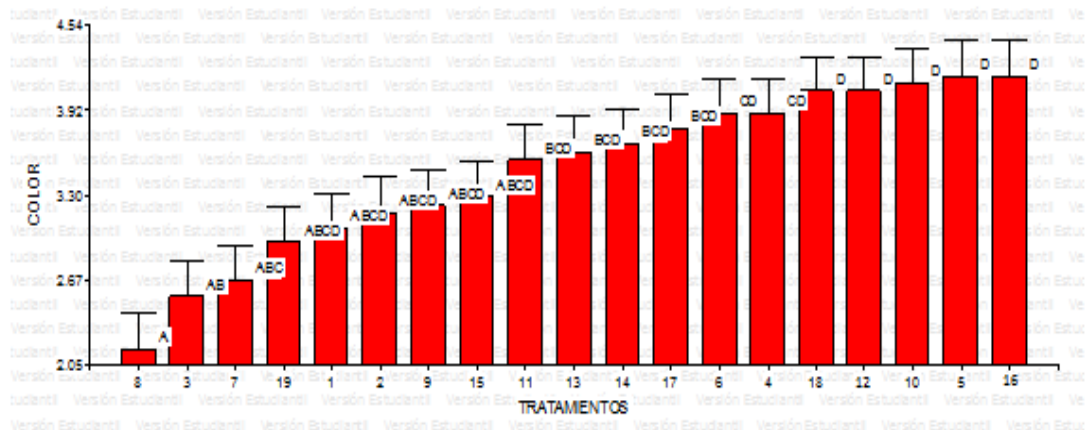


Figura 21. Evaluación sensorial del parámetro color de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature’s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Tabla 71. Análisis de varianza para el parámetro olor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature’s Heart)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Catadores	49,89	56	0,89	1,80	0,0057
Tratamientos	27,47	18	1,53	3,08	0,0002
Error	47,53	96	0,50		
Total	124,89	170			

Tabla 72. Test de Tukey, 95%, para el parámetro olor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Tratamientos	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
a0b0C1	9	2,44	A
a0b0C2	9	2,50	A
a1b0C1	9	2,83	A B
a1b0C2	9	2,94	A B C
a1b0C0	9	3,00	A B C
a0b0C0	9	3,11	A B C
a2b0C2	9	3,22	A B C
Nature´s Heart	9	3,22	A B C
a1b1C1	9	3,28	A B C
a2b0C1	9	3,50	A B C
a2b0C0	9	3,50	A B C
a0b1C2	9	3,56	A B C
a1b1C0	9	3,78	B C
a0b1C0	9	3,78	B C
a2b1C1	9	3,83	B C
a0b1C1	9	3,89	B C
a2b1C2	9	3,94	B C
a1b1C2	9	3,94	B C
a2b1C0	9	4,11	C

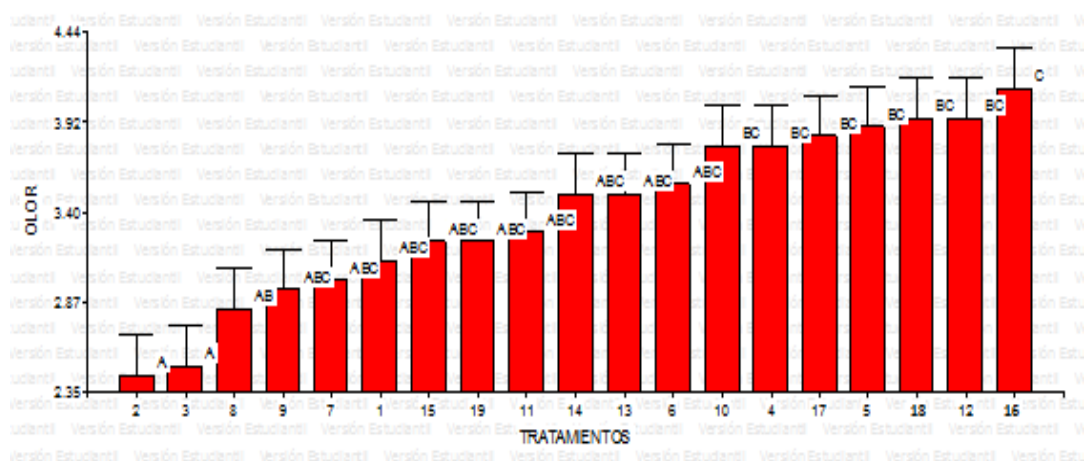


Figura 22. Evaluación sensorial del parámetro olor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Tabla 73. Análisis de varianza para el parámetro sabor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Catadores	44,27	56	0,79	1,17	0,2515
Tratamientos	30,76	18	1,71	2,52	0,0020
Error	65,07	96	0,68		
Total	140,11	170			

Tabla 74. Test de Tukey, 95%, para el parámetro sabor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Tratamientos	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
Nature´s Heart	9	2,72	A
a ₀ b ₀ c ₁	9	3,00	A B
a ₁ b ₀ c ₀	9	3,22	A B C
a ₁ b ₀ c ₁	9	3,44	A B C
a ₂ b ₀ c ₂	9	3,50	A B C
a ₂ b ₀ c ₁	9	3,56	A B C
a ₀ b ₁ c ₁	9	3,72	A B C
a ₀ b ₀ c ₂	9	3,72	A B C
a ₁ b ₀ c ₂	9	3,78	A B C
a ₀ b ₀ c ₀	9	3,83	A B C
a ₀ b ₁ c ₀	9	3,89	A B C
a ₂ b ₀ c ₀	9	3,94	A B C
a ₁ b ₁ c ₀	9	3,94	A B C
a ₁ b ₁ c ₁	9	3,94	A B C
a ₀ b ₁ c ₂	9	4,11	A B C
a ₂ b ₁ c ₁	9	4,22	B C
a ₂ b ₁ c ₂	9	4,22	B C
a ₁ b ₁ c ₂	9	4,44	C
a ₂ b ₁ c ₀	9	4,44	C

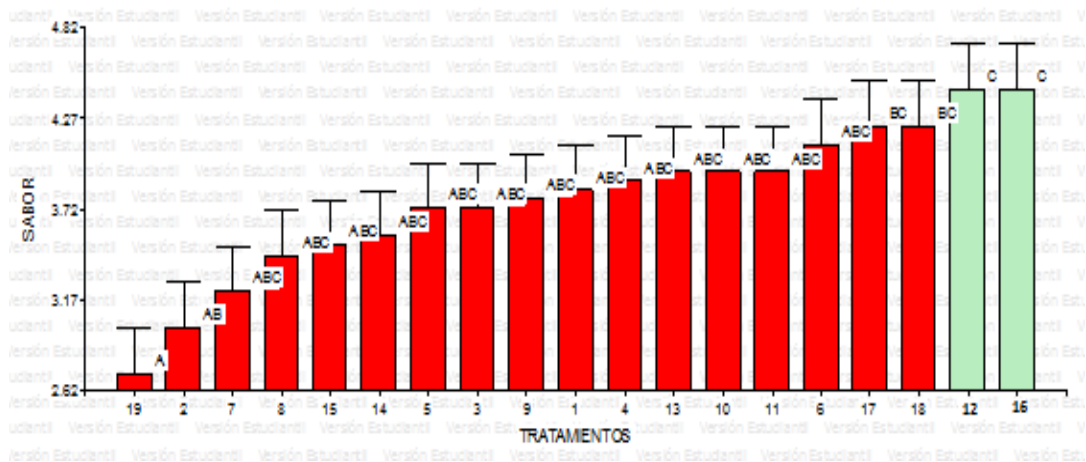


Figura 23. Evaluación sensorial del parámetro sabor de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature’s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Tabla 75. Análisis de varianza para el parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature’s Heart)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Catadores	50,64	56	0,90	1,34	0,1037
Tratamientos	9,87	18	0,55	0,81	0,6817
Error	64,80	96	0,67		
Total	125,31	170			

Tabla 76. Test de Tukey, 95%, para el parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Tratamientos	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
a0b0C1	9	2,56	A
a0b0C0	9	2,78	A
a0b1C1	9	2,83	A
a0b0C2	9	2,89	A
a0b1C2	9	2,89	A
a2b0C0	9	2,94	A
a2b0C1	9	2,94	A
a1b1C0	9	3,06	A
a0b1C0	9	3,06	A
a2b0C2	9	3,06	A
a1b1C2	9	3,11	A
a1b1C1	9	3,11	A
a1b0C1	9	3,17	A
Nature´s Heart	9	3,28	A
a1b0C2	9	3,33	A
a2b1C2	9	3,39	A
a2b1C1	9	3,39	A
a1b0C0	9	3,44	A
a2b1C0	9	3,67	A

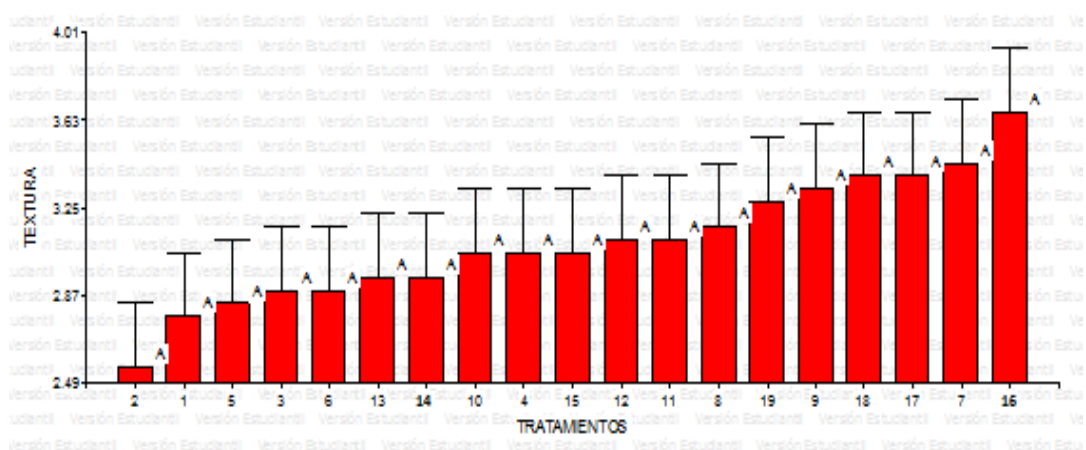


Figura 24. Evaluación sensorial del parámetro textura de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Tabla 77. Análisis de varianza para el parámetro aceptabilidad de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Catadores	24,49	56	0,44	0,87	0, 7049
Tratamientos	33,47	18	1,86	3,87	0,0001
Error	48,03	96	0,50		
Total	105,99	170			

Tabla 78. Test de Tukey, 95%, para el parámetro aceptabilidad de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature´s Heart)

Tratamientos	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
a ₁ b ₀ c ₁	9	3,17	A
a ₀ b ₀ c ₁	9	3,17	A
a ₀ b ₀ c ₀	9	3,22	A
Nature´s Heart	9	3,33	A B
a ₁ b ₀ c ₂	9	3,39	A B
a ₁ b ₀ c ₀	9	3,44	A B
a ₀ b ₀ c ₂	9	3,44	A B
a ₂ b ₀ c ₂	9	3,67	A B
a ₂ b ₀ c ₀	9	3,72	A B
a ₁ b ₁ c ₁	9	3,89	A B
a ₂ b ₀ c ₁	9	4,00	A B
a ₀ b ₁ c ₀	9	4,00	A B
a ₂ b ₁ c ₁	9	4,06	A B
a ₁ b ₁ c ₀	9	4,11	A B
a ₂ b ₁ c ₂	9	4,17	A B
a ₀ b ₁ c ₁	9	4,17	A B
a ₀ b ₁ c ₂	9	4,22	A B
a ₁ b ₁ c ₂	9	4,22	A B
a ₂ b ₁ c ₀	9	4,50	B

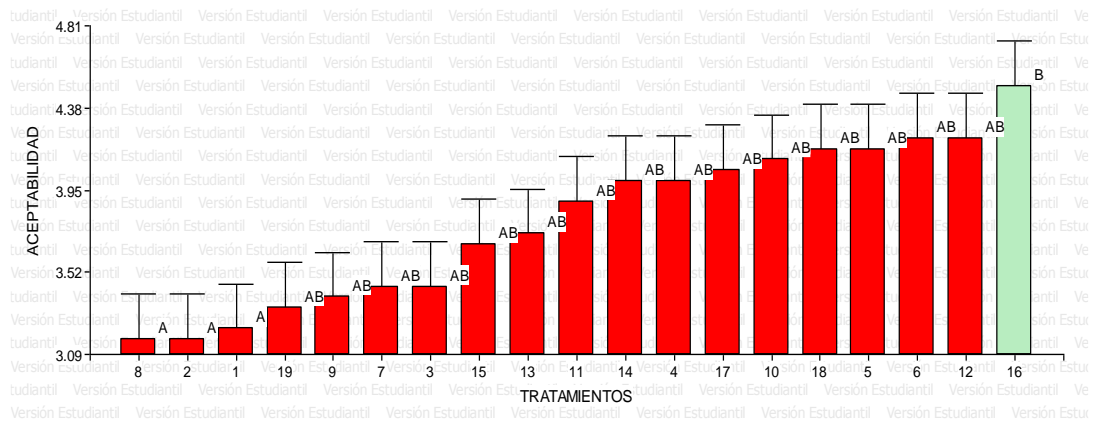


Figura 25. Evaluación sensorial del parámetro aceptabilidad de la piña deshidratada para cada tratamiento en comparación con una muestra comercial (piña deshidratada Nature’s Heart). Valores promedio e intervalos de confianza de 2 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

ANEXO J
RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Fecha de Toma de la Muestra: 11/01/2016 09:00
 Fecha de Recepción de la Muestra: 11/01/2016 14:00
 Fecha de inicio del análisis: 11/01/2016
 Entrega de resultados: 04/02/2016
 Análisis solicitado por: María Gabriela Carvajal

Análisis No: AL-407-2016. Piña deshidratada

RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Parámetros de Análisis	AL-407-2016	NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO. Sección 14.3 Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas e liofilizadas
Recuento de mohos UPML/g*	60	10
Recuento de levaduras UPML/g*	<1	10
Recuento de Eschevichia coli UFC/g	<1	10
Aislamiento de Salmonella	No realizado	Ausencia en 25g

*UPML = Unidades propagadoras de mohos y levaduras; UFC = Unidades formadoras de colonias; g = gramo; <1 = valor indicador de ausencia

INTERPRETACIÓN:

La muestra de piña deshidratada AL-407-2016 cumple con los criterios microbiológicos de inocuidad (ausencia de *E. coli*) establecidos por la Norma Sanitaria: Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano Peruana (en ausencia de una normativa nacional), sin embargo, presenta un recuento de mohos (indicador de calidad de almacenamiento del producto) mayor al permitido. La fuente de contaminación debería ser identificada y controlada.

OBSERVACIONES:

Para establecer la calidad microbiológica de un lote de alimentos, se recomienda el análisis de 5 muestras, en ese caso, se acepta una cantidad mayor de mohos en una de las muestras.

Otros parámetros no microbiológicos no han sido analizados en estos ensayos.



Lorena Mejía, MSc
MICROBIÓLOGA



Sonia Zapata, PhD
BIOQUÍMICA

ANEXO K

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES BIOACTIVOS

	INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur de Quito Km. 1. CutuglaguaTifs. 3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	

INFORME DE ENSAYO No: 16-012

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Gabriela Carvajal
DIRECCION: Latacunga
FECHA DE EMISION: 22/01/2016
FECHA DE ANALISIS: Del 9 al 21 de enero de 2016

INSTITUCION: Particular
ATENCION: Srta. Gabriela Carvajal
FECHA DE RECEPCION: 08/01/2016
HORA DE RECEPCION: 13H46
ANALISIS SOLICITADO: Polifenoles, Carotenoides, Vitamina C

ANALISIS	POLIFENOLES	CAROTENOIDES	VITAMINA C			
METODO	MO-LSAIA-15	MO-LSAIA-16	MO-LSAIA-10			IDENTIFICACIÓN
METODO REF.	CROS E Y MARIÑO G. (1982/1973)	AMAYA Y KIMURA, 2004 (CIP-PERÚ)	REFLECTOMETRICO			
UNIDAD	mg/g	µg/g	mg/100g			
16-0104	2,19	5,06	83			Piña deshidratada

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD




Dr. Van Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial y está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de esta se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO L
HOJA DE CATA

Tabla 79. Hoja de cata para la evaluación sensorial de todos los tratamientos más una muestra comercial.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
PROYECTO DE TITULACIÓN
HOJA DE CATA



Nombre:..... **Edad:**..... **Fecha:**.....

Usted ha recibido tres muestras codificadas de piña previamente deshidratada y secada. Proceda a degustarlas una a continuación de la otra, cuidando de enjuagarse la boca luego de su degustación. Señale con una **X** en cada atributo su apreciación sensorial, donde 1: característica de menor valor y 5: característica de mayor valor.

ATRIBUTOS	CARACTERÍSTICAS		MUESTRAS		
COLOR	5	Agrada mucho			
	4	Agrada			
	3	Ni agrada ni desagrada			
	2	Desagrada			
	1	Desagrada mucho			
OLOR	5	Agrada mucho			
	4	Agrada			
	3	Ni agrada ni desagrada			
	2	Desagrada			
	1	Desagrada mucho			
SABOR	5	Gusta mucho			
	4	Gusta poco			
	3	Ni gusta ni disgusta			
	2	Disgusta poco			
	1	Disgusta mucho			
TEXTURA	5	Muy suave			
	4	Suave			
	3	Ni suave ni duro			
	2	Duro			
	1	Muy duro			
ACEPTABILIDAD	5	Agrada mucho			
	4	Agrada			
	3	Ni agrada ni desagrada			
	2	Desagrada			
	1	Desagrada mucho			

Observaciones: _____

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Fuente: (Saltos, 2010)

ANEXO M
FOTOGRAFÍAS

Preparación de los tratamientos



Figura 26. Piña hawaiana (Cayenne lise)



Figura 27. Pelado y descorazonado



Figura 28. Troceado y pesado



Figura 29. Escaldado



Figura 30. Drenado de agua



Figura 31. Pesado de azúcar previo a la preparación de la solución osmótica



Figura 32. Solución osmótica



Figura 33. Proceso de deshidratación osmótica

Determinación de talla, masa, pH y sólidos solubles



Figura 34. Determinación de talla



Figura 35. Determinación de masa



Figura 36. Determinación de pH de la solución osmótica



Figura 37. Determinación de sólidos solubles de la solución osmótica



Figura 38. Determinación de pH de la fruta



Figura 39. Determinación de sólidos solubles de la fruta

Secado de muestras



Figura 40. Secador de bandejas con corriente de aire



Figura 41. Túnel de secado

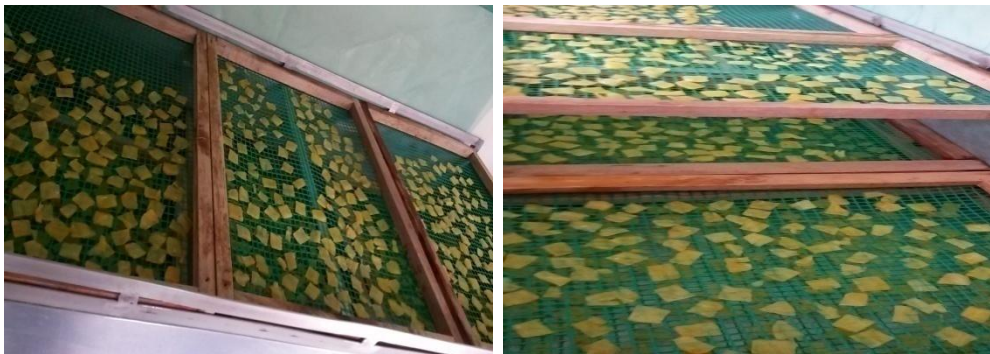


Figura 42. Secado de las muestras

Determinación de textura y capacidad de rehidratación



Figura 43. Texturómetro Brookfield



Figura 44. Rotores



Figura 45. Determinación de textura



Figura 46. Determinación de la capacidad de rehidratación

Análisis sensorial – Cataciones



Figura 47. Muestras para catación



Figura 48. Panel de cata preparado



Figura 49. Catadora



Figura 50. Catador