

ESTANDARIZACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES OPTIMAS
DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE DEL FRUTO
ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*) A CONDICIONES DE BOGOTÁ

GIOVANNI ALBERTO HURTADO PÉREZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

2007

ESTANDARIZACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES OPTIMAS
DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE DEL FRUTO
ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*) A CONDICIONES DE BOGOTÁ

GIOVANNI ALBERTO HURTADO PÉREZ

Trabajo de grado para optar al
Título de INGENIERO DE ALIMENTOS

Director:

Maria Patricia Chaparro

Ingeniera de Alimentos

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

2007

Nota de aceptación

Decano

Director

Jurado

Jurado

Santa Fe de Bogotá D.C., Mayo de 2007

A Dios,

Por darme la oportunidad de contribuir positivamente en la humanidad.

A mi Mama y Papa,

Por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas.

A mis Hermanos,

Por las memorias inolvidables a través de nuestros viajes y su apoyo.

A mi abuelita Q.E.P.D.,

Por sus consejos y apoyo en los momentos exactos.

A mis Amigos,

Los que lo son realmente, por darme la oportunidad de expresar lo que siento

Sin criticar y estar en los momentos difíciles apoyándome.

A mis Mascotas, Barry, Heidi y Blacky

Por su compañía incondicional y momentos especiales.

ARTICULO 97.

“Ni la Universidad, ni asesor, ni el jurado

Calificador son responsables de las ideas

Expuestos por el graduado”

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Julio Evaristo Gallardo Rojas, por la confianza depositada en mí para el desarrollo de tema del proyecto.

A la Dra. Maria Patricia Chaparro, Ing. de alimentos y directora del trabajo de grado, por su orientación, esfuerzo, conocimientos y apoyo brindados.

A la Dra. Lucila Gualdron de Hernández, por su apoyo en el trabajo y colaboración para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Carlos Cardona, por su colaboración, conocimientos e indicaciones para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Rafael Guzmán Cortes, por su colaboración, conocimientos, indicaciones y apoyo durante mi permanencia en La Universidad De La Salle.

Al Sr. Luís Miguel Triviño, por su apoyo en las plantas pilotos.

Al Sr. Domingo Sánchez Mcnabb, técnico agrónomo de la gobernación de San Andrés por su colaboración

A todas aquellas personas que de alguna forma colaboraron en la elaboración del Presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. GENERALIDADES DEL BREADFRUIT	3
1.1.1 Historia del Breadfruit	3
1.1.2 Caracterización del Breadfruit en San Andrés.....	4
1.1.3 Producción de Breadfruit en San Andrés.....	5
1.1.4 Composición Química	6
1.1.5 Aplicaciones.....	7
1.1.5.1 Alimentación humana.....	9
1.2 ASPECTOS GENERALES DEL MANEJO POSCOSECHA DEL FRUTO	10
1.2.1 Cosecha	10
1.2.2 Recepción.....	11
1.2.3 Selección	11
1.2.4 Clasificación.....	11
1.2.5 Limpieza	12
1.2.6 Pelado y Corte	13
1.2.7 Organización en bandejas	14
1.3 OPERACIONES DE CONSERVACIÓN	15
1.3.1 Aplicaciones de deshidratación en los alimentos.....	15
1.3.2 Deshidratación.....	17
1.4 OPERACIONES DE EMPACADO Y ALMACENAMIENTO	21
1.4.1 Enfriamiento.....	21
1.4.2 Empacado.....	21

1.4.3 Almacenamiento.....	22
1.5 OPERACIÓN DE REHIDRATACIÓN.....	24
1.5.1 Rehidratación.....	24
2. METODOLOGÍA.....	26
2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	26
2.1.1 Planteamiento de Hipótesis.....	27
2.2 TAMAÑOS Y FORMAS.....	27
2.3 CONDICIONES DEL PROCESO.....	28
2.3 VARIABLES A CONTROLAR.....	29
2.6 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS.....	29
2.7 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS.....	30
2.8 BALANCE DE MATERIA.....	31
2.9 BALANCE DE ENERGÍA.....	33
2.10 PRUEBAS DE REHIDRATACIÓN.....	33
2.11 ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO.....	34
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
3.1.1 ANOVA.....	35
3.2 TAMAÑO Y FORMA.....	36
3.3 CONDICIONES DEL PROCESO.....	36
3.4 VARIABLES QUE SE CONTROLARON.....	38
3.5 CURVAS DE DESHIDRATACIÓN.....	39
3.5.1 Gráficas Ensayo # 1. 5mm-75° C.....	40
3.5.2 Gráficas Ensayo # 2. 5mm-80° C.....	43
3.5.3 Gráficas Ensayo # 3. 5mm-85° C.....	46
3.5.4 Gráficas Ensayo # 4. 10mm-75° C.....	50
3.5.5 Gráficas Ensayo # 5. 10mm-80° C.....	53
3.5.6 Gráficas Ensayo # 6. 10mm-85° C.....	57
3.5.7 Gráficas Ensayo # 7. 15mm-75° C.....	60
3.5.8 Gráficas Ensayo # 8. 15mm-80° C.....	64
3.5.9 Gráficas Ensayo # 9. 15mm- 85° C.....	68
3.5.10 Gráficas Ensayo # 10. 5mm-85° C.....	72

3.5.11 Gráficas Ensayo # 11. 5mm-85° C	76
3.5.12 Gráficas Ensayo # 12. 5mm-85° C	79
3.5.13 Análisis General de los ensayos	82
3.6 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	83
3.7 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS	84
3.8 BALANCE DE MATERIA	85
3.9 BALANCE DE ENERGÍA	87
3.10 PRUEBAS DE REHIDRATACIÓN ESTANDARIZADO	89
3.11 ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO DE RECEPCIÓN HASTA REHIDRATACIÓN EN DIAGRAMA DE FLUJO	90
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	97

GLOSARIO

Árbol de pan: Fruto de origen polinesio, que se caracteriza por su alto contenido de almidón.

Artocarpus altilis: Nombre científico del Breadfruit perteneciente a la familia de las moráceas.

BPM: Buenas Prácticas de Manufactura son las normas y bases para estandarizar un producto de alta calidad garantizando que el alimento fue procesado de una manera adecuada.

Breadfruit: Nombre universal en inglés del árbol de pan.

Coralino: Que esta compuesto de propiedades de origen marino, absorbidos en su crecimiento en este suelo.

Curvas de secado: Graficas que ilustran el comportamiento del alimento que esta siendo tratado donde se observa las relaciones de peso vs tiempo, velocidad de la deshidratación vs tiempo y porcentaje de humedad en base húmeda vs tiempo entre otros.

Deshidratación: Operación unitaria de tipo térmico en el cual se reduce los niveles de humedad en un alimento como método de conservación.

Especies: Una división que existe entre las variedades de un género que contiene algunas características similares a un grupo.

Poscosecha: Etapas del proceso anterior a la operación de conservación donde se observa los tratamientos realizados para la preparación del producto que será utilizado posteriormente.

Rehidratación: Proceso en el cual se reincorpora humedad a un alimento deshidratado de forma controlada para un uso posterior.

Rondón: Plato típico de la Isla de San Andrés que consta de tajadas de árbol de pan acompañado de pescado.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química	6
Tabla 2. Composición Microbiológica	7
Tabla 3. Aplicaciones en otros países	8
Tabla 4. Ensayos realizados	26
Tabla 5. Etapa de selección	32
Tabla 6. Etapa de clasificación.....	32
Tabla 7. Etapa de limpieza	32
Tabla 8. Etapa de Pelado y corte	32
Tabla 9. Etapa de Organización en Bandejas	32
Tabla 10. Etapa de Deshidratación	33
Tabla 11. Etapa de Enfriado, empaçado y almacenamiento	33
Tabla 12. Distribución de resultados ANOVA.....	35
Tabla 13. Condiciones del proceso.....	37
Tabla 14. Vida útil del producto	38
Tabla 15. Variables de control.....	39
Tabla 16. Pruebas microbiológicas del fruto fresco, deshidratado y rehidratado	83
Tabla 17. Relación fisicoquímica del fruto fresco, deshidratado y rehidratado.....	84
Tabla 18. Cuadro de resultados para el balance de materia	87
Tabla 19. Costo del proceso para cada ensayo de deshidratación.....	88
Tabla 20. Comportamiento durante la rehidratación para 100g de producto.....	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Breadfruit.....	4
Figura 2. Mapa de San Andrés zonas de producción.....	5
Figura 3. Calidad de cosecha del Breadfruit	10
Figura 4. Pelado y corte inicial.....	13
Figura 5. Corte en cuartos sin corazón.....	13
Figura 6. Tajadas	14
Figura 7. Tajadas en bandejas	15
Figura 8. Periodos de secado a velocidad constante y decreciente	18
Figura 9. Tajadas de 0,5*17*6cm.....	36
Figura 10. Diagrama de flujo con rendimiento con base de cálculo 1kg.....	86
Figura 11. Estandarización de proceso DF.....	91

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: EJEMPLO DE CÁLCULOS.....	98
ANEXO 2: PLANILLA DE DATOS Y RESULTADOS.....	100
ANEXO 3: TABLAS DE RESULTADOS PARA CADA ENSAYO	101
ANEXO 4: ENSAYO (5mm-85° C) 10, 11 y 12	110
ANEXO 5: BALANCE DE MATERIA	113
ANEXO 6: BALANCE DE ENERGÍA.....	115
ANEXO 7: TIEMPO TEÓRICO VERSUS TIEMPO PRÁCTICO	116
ANEXO 8: MÉTODO ESTADÍSTICO ANOVA SEGÚN VARIABLE.....	117
ANEXO 9: COMPORTAMIENTO IDEAL DEL AIRE UTILIZADO EN EL PROCESO A CONDICIONES: BOGOTÁ 560mmHg.....	118
ANEXO 10: COMPORTAMIENTO REAL DEL AIRE UTILIZADO EN EL PROCESO A CONDICIONES: BOGOTÁ 560mmHg.....	119

RESUMEN

Se encontraron las mejores condiciones de deshidratación con aire caliente del *Artocarpus altilis* conocido también como Breadfruit un alimento proveniente de la Isla de San Andrés. Además se verificó si el método de conservación por deshidratación se puede aplicar para prolongar la vida útil de dicho fruto durante las épocas de escasez, para tener mayor disponibilidad. Una vez realizados los ensayos preliminares que consta de controlar la temperatura, humedad final y tiempo de secado, el espesor de las tajadas fue elegido con el fin de ser utilizado posteriormente en la estandarización. Se controló el tiempo de rehidratación para maximizar el tiempo de dicho proceso para estandarizar la cantidad de absorción de solución líquida en el producto deshidratado. Una vez seleccionado las mejores condiciones de deshidratación y rehidratación, se estandarizó el proceso de transformación de materia prima desde la fruta hasta la rehidratación, teniendo en cuenta la recolección y el uso final del producto. De esta manera se adquirió el conocimiento para la deshidratación de este fruto a las condiciones de Bogotá

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Estandarizar y establecer las condiciones óptimas del proceso de deshidratación por aire caliente para obtener Breadfruit en tajadas a condiciones de Bogotá

Objetivos específicos:

- Determinar y establecer las mejores condiciones de la operación de deshidratación por aire caliente para obtener tajadas de árbol de pan y estandarizar el proceso a nivel de Bogotá.
- Analizar el comportamiento del producto en la operación de rehidratación.
- Evaluar la calidad microbiológica, nutricional y vida útil del fruto fresco, producto deshidratado y producto rehidratado

INTRODUCCIÓN

En Colombia existe una variedad de frutas que en su mayoría no son aprovechadas en su momento de cosecha debido a varios factores, como el de la sobreproducción, este factor conlleva a altas pérdidas por generar un problema a la hora de conservar. Una alternativa para poder sacar provecho de la sobreproducción es utilizar un método de conservación que prolongue la vida útil del producto. La deshidratación es un método utilizado en una variedad de alimentos ya que permite preservar las características propias de la fruta por un mayor tiempo y con un agrado para el consumidor.

El método de deshidratación tiene una variedad de funcionamiento en la cual existe el secado por aire caliente, siendo este uno de los más efectivos. Tiene algunas limitaciones, debido a extensos tiempo de exposición al tratamiento de calor. Este inconveniente se logra controlar cuando se manejan variables importantes para el proceso en tamaño, forma, humedad y composición, características del aire de secado en humedad, temperatura y velocidad, reduciendo el impacto del secado con aire caliente en el fruto y conservando sus propiedades, pero con un menor contenido de humedad.

El objetivo fundamental del estudio es, determinar las mejores condiciones de humedad final, temperatura, y tiempo de secado del proceso en la deshidratación por aire caliente del Breadfruit con el fin de conservar el mismo. A partir de estas condiciones, se estandariza el proceso aplicando fundamentos de la ingeniería de alimentos en BPM y control de calidad. Además comparar el producto deshidratado al fruto fresco y rehidratado en sus propiedades nutricionales.

El estudio comienza con una revisión teórica del fruto considerando el terreno de cosecha, orígenes del fruto, épocas de producción y variedades de existen entre otros

aspectos. Posteriormente se hizo una revisión sobre las etapas de poscosecha y los métodos de aplicación en la operación de deshidratación. A continuación se realizó la metodología para este estudio seleccionando las condiciones de un producto estandarizado. Se obtuvieron las curvas de deshidratación y se analizaron para interpretar el comportamiento del fruto en el proceso, de esta manera dando conclusiones sobre el método de conservación y arrojando algunas recomendaciones necesarias para continuar con otro estudio sobre Breadfruit.

La aplicación de esta técnica permitió conservar el alimento con un contenido alto de humedad y facilitó la manipulación del producto, dando un mayor tiempo de disponibilidad en cualquier época del año.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES DEL BREADFRUIT

1.1.1 Historia del Breadfruit. Los orígenes del Breadfruit (*Artocarpus altilis*) según Ochse¹ y Miller², proviene de las islas del Océano Pacífico del sur, donde sus inicios de cultivos se relatan a más de dos mil años y por su gran tamaño y valor nutricional es un alimento importante en la dieta diaria. La llegada de los árboles del Breadfruit a la región del Caribe y América tropical fue por motivos de buscar un alimento abundante, sano y muy barato para la alimentación de los esclavos negros según Patiño³.

Según Thomas⁴ que nos informa las trayectorias que fueron realizadas por las expediciones a la región del Caribe que se llevaron a cabo a fines del siglo XVIII, menciona el Bounty (1787-1790) como la primera embarcación que falló en cumplir esta expedición por un motín a costas de obtener la madera del árbol del pan para desarrollar los barcos, comenzando así problemas de agua potable entre la tripulación para poder mantener con vida los árboles. La segunda expedición el Providence (1791-1793) que tuvo gran éxito repartiendo por su trayectoria unos 2126 ejemplares por la región del Caribe. En este punto llegó por primera vez las plantas a las islas de San

¹ OCHSE, J. Cultivos y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México, Centro regional de ayuda técnica, 1965, páginas 5-30.

² MILLER, B. Fruits of Hawaii. Honolulu. University of Hawaii, 1957, páginas 20-60.

³ PATIÑO, V. Plantas cultivadas y animales domésticos en América. Cali, imprenta

⁴ THOMAS, M. El pos del árbol del pan, Washington, revista Americas, Agosto, 1973, páginas 15-30.

Andrés y providencia como fue mencionado por la gobernación de San Andrés⁵. La introducción del Breadfruit a la hoy en día Colombia por medio de Santa Marta fue realizado por el señor José Maria Cabal, el 25 de Abril de 1809⁶.

1.1.2 Caracterización del Breadfruit en San Andrés. El Breadfruit (Figura1)



Figura 1. Breadfruit (*Artocarpus altilis*) fruto, hojas, y ramas del árbol.

Es un árbol que es muy cultivado en los países de polinesia y del caribe. Pertenece a la familia *Artocarpus* (*Moraceae*) que abarca unas 50 especies de árboles que crecen en las regiones calidas del sureste de Asia y las islas del Pacifico. Estos árboles son utilizados más que todo por su producción de frutas⁷. Su nombre completo *Artocarpus altilis* se da a su origen de especie que no contiene semillas llevados por la expedición

⁵ www.sanandres.gov.co (consultado Julio 1 2006)

⁶ DUFFIS, S. et al. Elaboración de un nuevo producto prelisto y congelado, Utilizando el fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) Bogotá, Universidad de la Salle de Colombia, 2000, paginas 7-9.

⁷ RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUITE), paginas 8-18.

desde Polinesia a las regiones del caribe como se menciona anteriormente. Es de color verde con apariencia dura externamente. Es de forma ovoidal, que puede pesar mas de 1.5kg, con dimensiones entre los que se encuentran en la Isla aproximadamente de 18 x 16cm. Esto puede variar de acuerdo a la cantidad de lluvia que tenga presencia en el año por el archipiélago, ya que de este factor depende la producción durante las temporadas de cosecha que existen durante el año que van de los meses de Abril a Mayo, y Octubre a Noviembre⁸.

1.1.3 Producción de Breadfruit en San Andrés. Para la Isla de San Andrés no hay registros de número de cultivadores o áreas de siembra del árbol de pan ya que se considera un crecimiento silvestre como fue informado en la gobernación de San Andrés. En la siguiente Figura2 se puede señalar las regiones que mas población de Breadfruit tienen, el crecimiento silvestre se presenta en las regiones más oscuras del mapa. Estas zonas abarcan Lever Hill, Radar Top Hill, West Cove, Loma Cove, La Laguna, La Loma y Orange Hill.

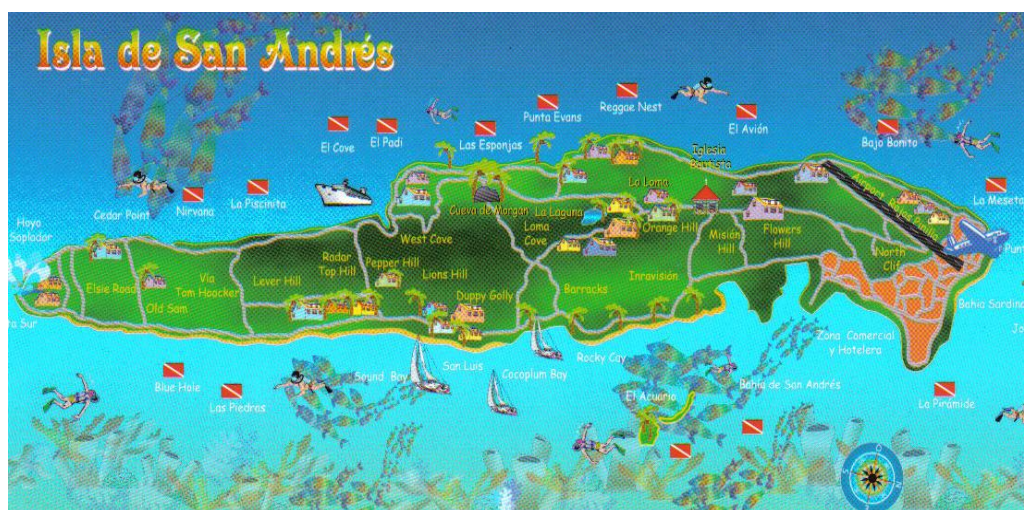


Figura 2. Mapa de San Andrés zonas de producción. Fuente: Cosmoguias

En la vía San Luís se encuentran algunos árboles que pertenecen a familias que viven en estas áreas y solo consumen lo necesario para satisfacer sus necesidades, es decir un fruto semanalmente según lo indicado por la gobernación. Si un árbol produce 450

⁸ www.sanandres.gov.co (consultado Julio 1 2006)

frutos aproximadamente por cosecha, la cual dura aproximadamente 8 semanas se puede observar fácilmente que las pérdidas son significativas⁹.

1.1.4 Composición Química. En la Tabla1, se aprecia la composición química que contiene el Breadfruit en Colombia, por ser de origen coralino¹⁰ sus propiedades son diferentes a las de Providencia que son de origen volcánico. La forma y el tamaño del fruto también varían por el terreno en donde se cosecha. La composición definida es un promedio ya que depende de la cantidad de lluvia que hay al año, factor que afecta la cantidad de agua que puede tener el Breadfruit. No existe referencia de la composición en la ICBF por ser alimento silvestre y típico de San Andrés.

Tabla 1. Composición química.

TABLA DE RESULTADOS FISICOQUÍMICOS	
ANÁLISIS	RESULTADOS 100g MUESTRA
AGUA	62.7 – 89.16g
PROTEÍNA	1.3 – 2.24g
GRASA	0.1 – 0.86g
CARBOHIDRATOS	21.5 – 29.49g
CENIZAS	0.56 – 1.2Gg
CALORÍAS	105Kcal/100g
FIBRA CRUDA	1.08 – 2.1g

Fuente: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/breadfruit.html>

Por razones de calidad y para tener en cuenta el estado de fruto fresco versus el producto final en este caso el deshidratado, se muestra en La Tabla 2 el estado microbiológico¹¹ en el cual fue cosechado el Breadfruit para los ensayos, esto con el fin de que se puedan comparar con facilidad ambos estados. Siendo el Breadfruit una fruta, es importante tener en cuenta las exigencias de las normas del INVIMA para frutas

^{9, 10} www.sanandres.gov.co (consultado Julio 1 2006)

¹¹ BROCK, T. Microbiología, 6ª, Prentice Hall, México, 1991.

frescas, también es necesario realizar los respectivos análisis para que sea apto para el consumo¹².

En la composición química presentada en la tabla anterior, no se observa la importancia para la comunidad Sanandresana de los minerales y las vitaminas que contiene, que son respectivamente calcio 0.05mg, fósforo 0.04mg, hierro 0.61-2.4mg, tiamina 0.08-0.085mg, niacina 0.506-0.92mg, riboflavina 0.033-0.07mg y ácido ascórbico 15-33mg, según Morton¹³.

Tabla 2. Composición Microbiológica.

TABLA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS			
MUESTRA	TÉCNICA	RESULTADO	INVIMA ensaladas, frutas y verduras
NMP C. Totales/g	Numero Mas	<3	Máx. 150
NMP C. Fecales/g	Probable	<3	<3
Detección <i>Salmonella ssp./25g</i>	Ausencia/ presencia	Ausente	Ausente

Fuente: AMC Análisis de Colombia 2006

1.1.5 Aplicaciones. Principalmente se utiliza para el consumo humano frito, cocido y en sopas, otra forma de consumo es después de madurar por 3 días y sin ningún tipo de cocción¹⁴. En algunos países del Pacífico sur Asiático y Polinesia se tiene la costumbre de cortar en rodajas, chips o en cuartos para que luego de procesos de refrigeración, deshidratación y otros sistemas de conservación se prolongue su vida útil¹⁵.

¹² www.invima.gov.co

¹³ MORTON, J. Breadfruit: fruits of warm climates USA: PURDUE, 1987, paginas 50-58.

¹⁴ SHAFIUR, M. Manual de conservación de los alimentos, 1ª, España: Acribia, 1998, paginas 1-47.

¹⁵ SARAVALCOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 331-376.

Otras formas como croquetas, buñuelos, muffins, arepas, tortas, ponques y galletas¹⁶ dependen del origen y cultura de los consumidores, estos se producen una vez se ha pasado por el proceso de molienda para la obtención de harina de calidad, la cual es asimilable a la de la harina de trigo para realizar usos directos y mezclas de otras harinas para diversos destinos en la industria alimentaria. Para la alimentación de ganado, se utilizan los residuos del fruto como la cáscara y el corazón, donde se obtiene semillas que son propagadas por el ganado como abono para la tierra. Otro uso que se le da al exceso de producción en otros países es para obtener fuentes de combustión¹⁷. En la Tabla 3 se observa algunos usos y sistemas de conservación en países de la región del caribe.

Tabla 3. Aplicaciones en otros países.

	FORMAS DE USO EN EL CARIBE	
	DIRECTO	INDUSTRIAL
Barbados	COCIDO. ASADO EN TAJADAS. PURÉ.	-
Belice	COCIDO.	-
Dominica	COCIDO. ASADO. FRITO.	TAJADAS DESHIDRATADAS.
Grenada	COCIDO. ASADO.	TAJADAS CONGELACIÓN.
Guyana	COCIDO.	HARINA MOLIENDA. TAJADAS DESHIDRATADAS.
Jamaica	COCIDO. ASADO.	ROSTIZADO Y EMPACADO AL VACÍO. EN TAJADAS FRESCAS.
St Kitts	COCIDO.	-
St Lucia	COCIDO. ASADO. FRITO.	TAJADAS DESHIDRATADAS.
St Vincent	COCIDO. ASADO. FRITO.	TAJADAS CONGELADAS.
Suriname	COCIDO. FRITO.	TAJADAS DESHIDRATADAS.
Trinidad Y Tobago	COCIDO. ROSTIZADO. HORNEADO.	TAJADAS DESHIDRATADAS. TAJADAS CONGELADAS.

Fuente: Organización de la FAO 1990

¹⁶ RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE), paginas 35-38.

¹⁷ www.fao.org (consultado Septiembre 8 de 2006)

1.1.5.1 Alimentación humana. Como se menciona en la Tabla 1, por el contenido nutricional del Breadfruit, este alimento es sumamente importante en la dieta diaria de los isleños del archipiélago de San Andrés y Providencia ¹⁸, es aprovechado fundamentalmente para la preparación de los platos típicos de San Andrés por ejemplo el Rondon, arepas y buñuelos Sanandresanos y la colada infantil entre otros platos clásicos de la isla¹⁹. Debido a que en la isla no existe la tecnología necesaria para poder aprovechar las perdidas durante el año, no se puede dar uso a la sobreproducción. De forma casera en donde pueden tener acceso a electricidad optan por aprovechar algunos frutos congelándolos durante 3 meses que este es el límite de tiempo de vida útil por este método. En la isla es difícil aprovechar la sobreproducción de forma industrial ya que la fuente de electricidad proporcionada como servicio público funciona por medio de combustión diesel, este factor se debe tener en cuenta para la industrialización que se implemente en San Andrés.

El factor mencionado anteriormente se puede mitigar al combinar un proceso en el cual no se necesite el uso constante de electricidad, con el sistema de deshidratación se puede prolongar la vida útil tan solo con una aplicación energética inicial, conservando el Breadfruit por un tiempo de 6 a 8 meses. En países donde la corriente es producida por fuente hídrica²⁰, se utiliza la deshidratación ya que es el sistema que más se acomoda al aprovechamiento del Breadfruit por su composición química y método de conservación. De esta manera las aplicaciones para la alimentación humana en la isla de San Andrés pueden abarcar las épocas donde la cosecha es escasa sin tener que recurrir a sistemas de refrigeración o congelación que consumen energía y afectan a la isla²¹. Otras aplicaciones que son de consumo directo son mencionadas por autores en libros de recetas típicas de islas caribeñas como por ejemplo la preparación de helados, malteadas, panes, dulces y pudines como lo menciona Ulu²².

¹⁸ www.sanandres.gov.co (consultado Julio 1 2006)

¹⁹ www.sanandres.gov.co (consultado Julio 1 2006)

²⁰ RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE), páginas 27-35.

²¹ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, páginas 283-384.

²² www.cookbook.com (consultado Julio 1 2005)

1.2 ASPECTOS GENERALES DEL MANEJO POSCOSECHA DEL FRUTO

1.2.1 Cosecha. La materia prima principal del proceso es el Breadfruit el cual debe estar en un estado como se menciona en la Tabla 2 que son las normas para una fruta apta para ser procesada industrialmente²³. No debe tener presente golpes, daños mecánicos, deterioro biológico, alteraciones microbiológicas y fundamentalmente no tenga presencia de químicos, debido a que el Breadfruit no es cultivado técnicamente no debe contener residuos de químicos. El Breadfruit a trabajar debe cumplir con las exigencias del proceso que pesen más de 1.5kg y tener un color verde-amarillo sin ningún elemento extraño al fruto. Debe ir marcado con los datos del proveedor por razones de trazabilidad. La Figura 3 es un ejemplar de la calidad con la cual se cosecha el Breadfruit.

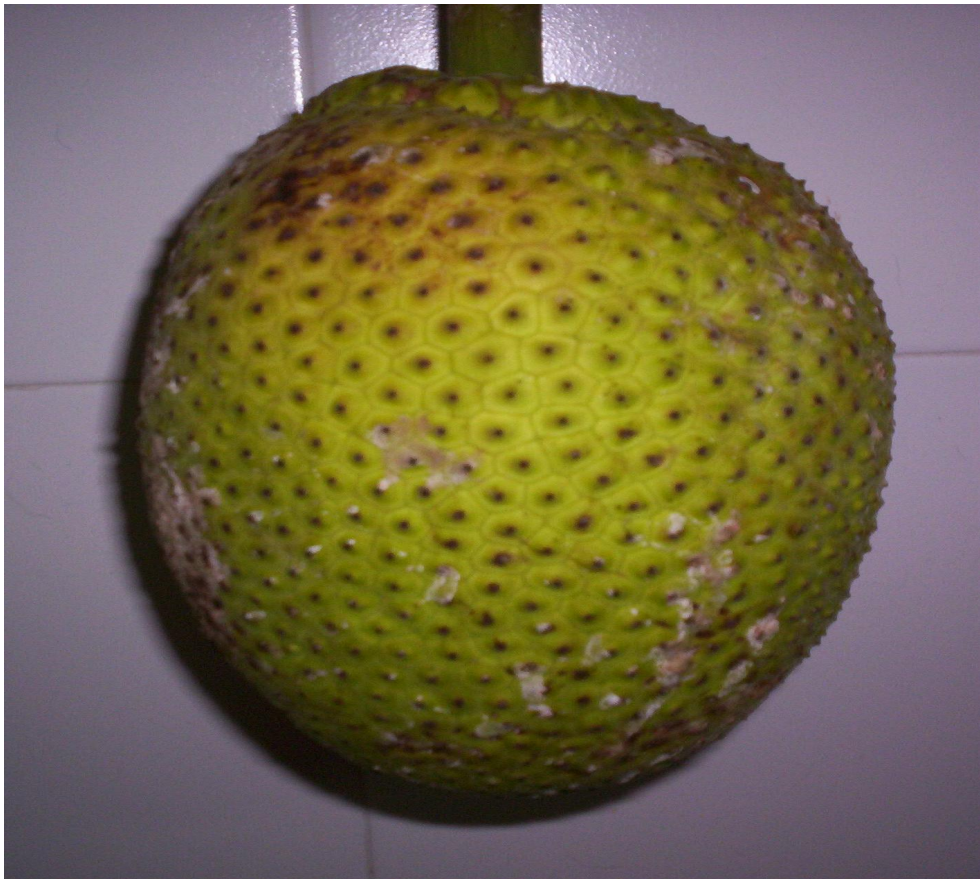


Figura 3. Calidad de cosecha del Breadfruit.

²³ DÍAS, M. Manual Del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo Latino, 2006, paginas 203

1.2.2 Recepción. Para poder conocer la cantidad de materia prima que es recibida por el proveedor es necesario pesar el alimento fresco con el fin de identificar la cantidad que se va procesar y la cantidad que se va como residuo en el proceso²⁴. Se espera tener controlado las especificaciones de recepción de la fruta en dimensiones de 18 x 16cm y un peso más de 1.5kg para asegurar un adecuado rendimiento del proceso y así ofrecer los mismos tamaños con el fin de no afectar su uso posterior.

Este paso se realiza con una balanza adecuada con la capacidad suficiente para arrojar datos en kg. La pesada se debe realizar en canastas suficientes para distribuir el Breadfruit sin que sufra magulladuras, golpes o roturas que dañen la fruta. En el momento de caracterizar el Breadfruit este puede variar dependiendo de su madurez, variedad, época de cosecha y terreno de recolección.

1.2.3 Selección. Se separa las frutas sanas de las frutas con algún grado de deterioro, ésta se realiza en mesas ya que es más asequible para las BPM del proceso. En este paso el instrumento de medición o para tomar decisiones es el olfato y vista del operario. En este caso si alguna fruta no cumple con el requisito, se puede arreglar la fruta antes de que sufra más daños y retirar las fracciones dañadas. En el caso del Breadfruit su vida útil una vez cosechada en la Isla es de 2 días siendo un fruto altamente perecedero, y es de importancia retirar lo antes posible cualquier fruta que tenga daños para evitar una contaminación cruzada, así afectando las demás frutas²⁵.

1.2.4 Clasificación. Es necesario separar las frutas que pasaron la selección, estas se encuentran listas para procesar por su grado de madurez, las frutas pintonas a las que les falta cierto grado de madurez deben ser almacenadas por algunas horas sin que este tiempo supere los 2 días. El instrumento de medición de esta variable es la vista y el olfato del operario²⁶. Para verificar el estado de madurez se debe caracterizar el Breadfruit por medio del control de laboratorio, a pesar de que no se realice el control del laboratorio el proceso puede continuar ya que el Breadfruit en los días que se toma

²⁴ DÍAS, M. Manual Del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo Latino, 2006, paginas 204-205.

²⁵, ²⁶ DÍAS, M. Manual Del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo Latino, 2006, paginas 204.

en madurar no varia mucho su composición química, esto nos lleva a concluir que es un fruto no climatérico por su comportamiento una vez cosechado.

En el caso de Breadfruit es importante tener en cuenta la forma y el tamaño por ser variables significativas en la estandarización de la deshidratación, estas variables influyen en el proceso por el tiempo de tratamiento. Se puede realizar las tajadas a mano o con una maquina especial para reducir la exposición al medio ambiente.

Teniendo en cuenta los factores anteriormente mencionados el fruto se clasifico con forma ovalada, facilitando las operaciones restantes dentro del proceso.

1.2.5 Limpieza. Las frutas que han sido seleccionadas y clasificadas por su estado óptimo para el proceso deben ser tratadas para retirar partículas extrañas o residuos de tierra que pueden estar adheridas a la superficie externa del fruto. La limpieza se realiza sumergiendo los frutos por más de 2 minutos y no más de 4 minutos en una solución desinfectante. Estas frutas son enjuagadas después de ser desinfectadas con agua de mar para que la concentración de sal ayude a crear una barrera protectora contra posibles contaminaciones microbianas²⁷. Una vez limpias se preparan para el siguiente paso y son depositadas en recipientes desinfectados y secos que no contengan agua residual, para poder ser transportados y evitar alguna contaminación.

El agua de limpieza y desinfección debe ser tratada por medio de tanques de tratamiento de agua residual para evitar que afecte el medio ambiente²⁸. Según la teoría²⁹, se puede realizar un escaldado previo para detener ciertas reacciones químicas, pero se debe tener en cuenta que con este proceso se realizaría una precocción y dejaría de ser un fruto fresco.

²⁷ www.sena.edu.co/portales/regionales/sanandres (consultado Julio 1 2005)

²⁸ STEPHSON, R. The industrial waste water systems handbook, 1ª, USA: Lewis, 1998, paginas 8-9, 16-18, 75-83.

²⁹ <http://www.fao.org/WAIRdocs/x5403s/x5403s0d.htm> (consultado Septiembre 8 2006)

1.2.6 Pelado y Corte. Por las características del Breadfruit es necesario realizar esta práctica manualmente y se recomienda que se realice con la materia prima limpia, se procede a cortar las puntas del fruto para obtener una base que facilite el pelado como se observa en la Figura 4, luego se procede al corte en cuartos como se muestra en la Figura 5.

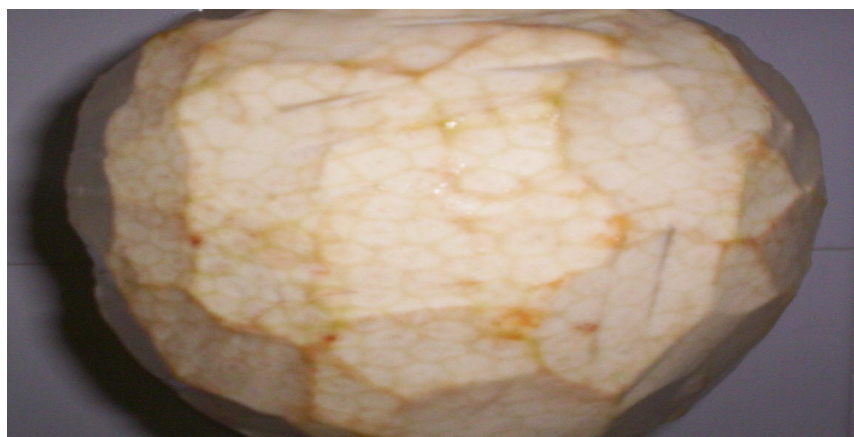


Figura 4. Pelado y corte inicial.



Figura 5. Corte en cuartos sin corazón.

Una vez cortado el fruto en cuartos se continúa con el corte de tajadas tipo chips que son las ideales para el proceso de secado, la forma dada en este procesos se observa en la figura 6,



Figura 6. Tajadas.

En este punto se separa los residuos; la cáscara y el corazón que serán utilizados como subproductos para alimentación de ganado por su alto contenido de nutrientes que lo hace un alimento idóneo para la dieta diaria de dichos animales³⁰.

1.2.7 Organización en bandejas. Con las tajadas ya listas, se organizan en las bandejas, adecuadamente dispuestas para tener cada espacio completo. En la Figura 7, se observa las tajadas de Breadfruit organizadas en las bandejas para su posterior proceso.

³⁰ MORTON, J. Breadfruit: fruits of warm climates USA: PURDUE, 1987, paginas 50-58.



Figura 7. Tajadas en bandejas.

Las bandejas deben estar previamente desinfectadas y limpias para que no se contamine el producto a deshidratar. En los pasos anteriores el producto ha estado en un ambiente ideal de preservación alejado de cualquier contaminante ambiental.

Las tajadas pueden tener una variedad de medidas en cuanto al grosor, se busca el tamaño ideal para el consumo y que en el proceso no tenga un alto consumo de energía como ocurre en deshidrataciones que duran de 8 a 24 horas para obtener dicho producto³¹. La presencia de la poli fenol oxidasa en el Breadfruit es menor a la de manzana la cual tiene un efecto de pardear la fruta este problema se puede disminuir cuando se rocía una solución de agua salina al 1% de concentración en el momento de obtener las tajadas.

1.3 OPERACIONES DE CONSERVACIÓN

1.3.1 Aplicaciones de deshidratación en los alimentos. La disminución de humedad o agua en un alimento es uno de los métodos más utilizados y más antiguos en los

³¹ RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE), paginas 35-38.

sistemas de conservación de alimentos³². Reduciendo el contenido de humedad o agua de un alimento a niveles muy bajos es posible controlar su deterioro biológico y así mismo se reduce considerablemente la velocidad con que otros tipos de mecanismos deterioran el alimento.

Con este sistema no solo se obtiene una conservación aceptable, sino que también se reduce el peso y el volumen del alimento, de modo tal que mejora los procesos de transporte y almacenamiento del mismo. Con este mecanismo no solo conserva sino que se modifica el alimento en su composición química obteniéndose una modificación del fruto que puede ser más asimilable en el consumo humano o animal³³.

Este sistema de conservación es muy útil cuando se realiza de forma adecuada y siempre y cuando el proceso no afecte la calidad del alimento sea una fruta, un hortaliza o una carne, se debe proceder con las garantías necesarias para que así el alimento sea de estructura débil no se deteriore su calidad para el consumo. El alimento deshidratado debe estar en la capacidad de reincorporarse a su estado inicial como alimento fresco, de forma tal que al rehidratar se aproxime a la misma calidad del original³⁴. En la rehidratación toma un rol importante el transporte de materia entre el alimento y una solución adecuada para la rehidratación, es necesario que se analice las variables que entran en juego para garantizar la calidad adecuada en donde se obtenga una relación cercana entre producto fresco y producto rehidratado. Algunos alimentos que son deshidratados son tomates, piñas, uvas, manzanas, mangos, duraznos, especias, peras, cohombres, berenjenas, zanahorias, cebolla y ajos entre otros³⁵.

³² SHAFIUR, M. Manual de conservación de los alimentos, 1ª, España: Acribia, 1998, paginas 99-238.

³³ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 455.

³⁴ WELTI-CHANES, J. Transport Phenomena in food processing, 1ª, USA: CRCPRESS, 2003, paginas 30-100

³⁵ DIAS, M. Manual Del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo Latino, 2006.

1.3.2 Deshidratación. Conocido como una operación unitaria, que significa sistemas individuales donde el fin es la conservación de un alimento, es un método al cual pertenece el secado o deshidratado. Según la teoría³⁶, se busca retirar una cantidad de agua del alimento húmedo donde no afecte la calidad del producto y además buscar el modelo mas apropiado para cada caso. Existen muchas formas y diseños de secado³⁷, en este procesos básico que se deben tener en cuenta para deshidratar un alimento como se menciona a continuación,

Actividad de Agua: Es un parámetro importante en el deshidratado de un alimento, nos da la condición de equilibrio que determina el límite del proceso. Se define como la humedad relativa de equilibrio dividida por 100. Sus valores van de 0.0- 1.0, la humedad relativa influye en la actividad de agua y en la velocidad de reacción en el deterioro de los alimentos³⁸.

Difusión de la humedad: El agua se elimina mediante su difusión en fase líquida y/o vapor, por su estructura. El flujo del agua es una función del gradiente de la presión de vapor, de la difusividad del vapor en el aire, distancia a recorrer y de la temperatura. El flujo de agua lleva un transporte simultáneo de materia y calor³⁹. La eliminación de la humedad del producto depende por una parte por la transferencia de materia por convección hacia la superficie del producto, aunque también influyen otros parámetros como la temperatura para dar las condiciones óptimas.

Curvas de velocidad de secado: El agua se elimina en varias etapas, que depende del estado en el que se encuentra el producto, en la Figura 8 se observa el comportamiento que se va desarrollando durante dicho proceso y las tendencias que cumple esta operación para mostrar en que momento se ubica la velocidad constante y la velocidad creciente de la curva de secado.

³⁶ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 575-620.

³⁷, ³⁸ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 455-480.

³⁹ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 459.

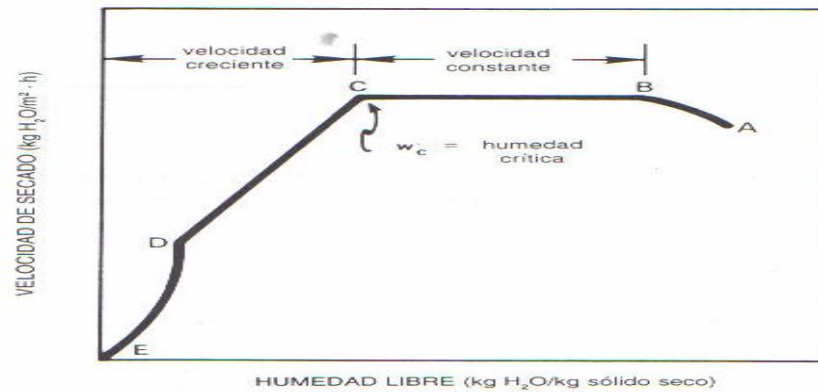


Figura 8. Periodos de secado a velocidad constante y decreciente. Fuente: Singh

Se interpreta (AB) como agua contenida en el producto que se calienta ligeramente, (BC) temperatura constante de bulbo húmedo (temperatura de termómetro con una tapa de algodón con agua en la punta) del aire, esta etapa de velocidad termina en la mayoría de los casos cuando el alimento llega a la temperatura crítica. (CD) es el punto en el cual la humedad crítica se hace evidente por el cambio brusco de la pendiente en la curva⁴⁰.

Sistemas de deshidratación: Para una adecuada deshidratación el mejor modelo es el que mantenga los máximos valores posibles de los gradientes de presión de vapor y de temperatura entre el aire y el interior del alimento a secar⁴¹. Existe una variedad de modelos, algunos son mejores y más eficaces que otros pero es importante tener en cuenta el clima, la humedad y el espacio del área de trabajo, también se debe tener en cuenta los accesos a fuentes de energía, el tipo de alimento a deshidratar, la relación tiempo de secado-calidad final de producto para obtener el costo beneficio de la aplicación, las características del alimento a deshidratar, la cantidad de producto a deshidratar y el número de bandejas a trabajar entre otros factores que son de importancia. El factor más delicado es la temperatura ya que este puede dañar el alimento si no se realiza adecuadamente. En algunos alimentos los rangos de trabajo son

⁴⁰, ⁴¹ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 460-468.

diferentes, en el momento de aplicar una temperatura equivocada puede alargarse más el proceso en la deshidratadora o de lo contrario afectar la calidad nutricional del producto⁴².

Algunos sistemas son secadores de bandejas o armario, donde se dispone de bandejas que son expuestas a un flujo de aire caliente en un recinto cerrado, pueden tener un sistema de vacío que mejora la calidad del producto final. Una desventaja de este tipo de secador es que no seca uniformemente debido a la posición en la que se encuentra la bandeja⁴³.

En el sistema de secador de túnel, el aire caliente entra por un lado y circula a una velocidad predeterminada a través de las bandejas, transportadas en carretilla, para que el tiempo de residencia en el túnel sea el adecuado. Este sistema usa el flujo contracorriente y debe ser elegido en relación con la sensibilidad del producto a la temperatura y sus características⁴⁴. Un sistema tradicional que utiliza el medio ambiente es el secado al sol⁴⁵, al usar el sol ambiental se vuelve muy difícil controlar la calidad en el proceso ya que es necesario más espacio y los factores ambientales influyen en la contaminación del fruto.

Existe el secador solar integral que utiliza un sistema con una cámara de secado aislado de aire normal evitando la contaminación microbiológica y macrobiológica, la desventaja de este sistema es el tiempo de secado el cual puede estar en los rangos de días, este secado depende del clima y la velocidad del aire para que funcione adecuadamente.

⁴² SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 331-376.

⁴³, ⁴⁴ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 462-467.

⁴⁵ BANOUT, J. Uso de secadores solares, revista de agro ecología, PERU LEISA, Junio 2005, paginas 15-17.

El secado por explosión es un sistema relativamente nuevo que aplica temperaturas y presiones altas a trozos de frutas y hortalizas en un tiempo corto. Se utiliza la presión atmosférica para producir una evaporación “flash” del agua interior del alimento. Una ventaja de este modelo es la facilidad de ser rehidratada por su característica de alta porosidad. Una desventaja de este sistema es que solo se puede trabajar con tamaños de aproximadamente 2 x 2cm, haciendo limitado su uso para algunas aplicaciones. La posibilidad de disminuir los tiempos de rehidratación es un factor positivo para dicho sistema ya que por lo regular los tiempos están en el intervalo de 15 minutos⁴⁶.

Otro es el secado por congelación, que consiste en reducir la temperatura del producto hasta que el agua de su interior quede congelada y reduce la presión, y el hielo se sublima. Este sistema se utiliza para efecto de la calidad y aceptación del consumidor. El sistema es aplicable cuando lo que se busca es compensar el exceso de energía y producción de vacío en el proceso de deshidratación⁴⁷.

Cuando se busca una uniformidad en el producto el sistema más utilizado es el de lecho fluidizado que trabaja con partículas en suspensión por medio de aire caliente, el movimiento del producto disminuye de acuerdo a la eliminación de agua. No todos los alimentos funcionan para este sistema ya que cuando se gradúa la velocidad del aire caliente afecta el funcionamiento del equipo, perjudicando el alimento. De no ser compatible con el modelo de funcionamiento del aparato deteriora su estructura superficial y así debilita la calidad de conservación⁴⁸.

Estos son algunos de los sistemas que funcionan para alimentos sólidos como el Breadfruit ya que aplicar un sistema para líquidos no sería conveniente aun por el alto contenido de agua. En todos los sistemas los procesos básicos de deshidratado son tomados en cuenta como modelo, aunque cada uno de estos varía de acuerdo a las necesidades, se debe tener en cuenta si el tiempo y costo de energía favorece una

⁴⁶, ⁴⁷, ⁴⁸ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 468-480.

inversión de esta magnitud. Las ventajas del deshidratado son, sus tiempos de conserva que son entre 6 y 8 meses, la contaminación por microbios es baja ya que no hay una fuente acuosa que favorece el crecimiento microbiano en el producto⁴⁹.

1.4 OPERACIONES DE EMPACADO Y ALMACENAMIENTO

1.4.1 Enfriamiento. Este paso que no se considera importante es fuente de contaminación si no se realiza adecuadamente, nos permite disminuir gradualmente la temperatura del producto⁵⁰. Es fundamental realizar el enfriado para que la temperatura del producto oscile entre los 60-65° C⁵¹ en el momento de empacar, evitando la producción de vapor en el empacado del producto. Otra razón en la cual se fundamenta el enfriamiento de los productos deshidratados es no generar una falla al empacar por peso, por la densidad del agua en los productos que varía de acuerdo a la temperatura en que se encuentre, es decir, el peso en caliente no es lo mismo que el peso en frío⁵². Aproximadamente el enfriado dura de 3 a 5 minutos dependiendo de las condiciones del sitio donde se realiza el proceso.

1.4.2 Empacado. Sarmiento⁵³ indica que la forma adecuada para culminar con las técnicas de conservación es aislando el producto del medio ambiente del que se encuentra, usando recipientes que aumenten la eficiencia de la vida útil de los alimentos crudos o procesados. Estos recipientes denominados empaques por lo general deben cumplir con los requisitos básicos de un recipiente conservante, algunas de las necesidades son las siguientes:

⁴⁹ RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE), paginas 27-28.

⁵⁰ DIAS, M. Manual Del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo Latino, 2006, paginas 191-252.

⁵¹ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 150-200.

⁵² FRANZINI, J. Mecánica de fluidos con aplicaciones en ingeniería, 9ª, SPAIN: Mcgrawhill, 1999, paginas 468.

⁵³ SARMIENTO, L. Envases y empaques para la conservación de alimentos, Santa Fe de Bogotá, ANDI, 1994, paginas 150-250.

Contención: El empaque debe mantener el contenido desde el momento de salir de la línea de empaque, hasta el punto en que se destape el producto, este tiempo puede variar de días a meses.

Protección y conservación: El empaque debe proteger el alimento de daños mecánicos y el deterioro debido a los diferentes ambientes por los que pasa el envase durante su transporte, distribución y almacenamiento. El factor más importante es la protección de la humedad.

Comunicación: Los empaques deben identificar los alimentos y contener los requisitos legales de etiquetado esto debido a la importancia del empaque para la promoción del producto.

Comodidad y uso: El empaque debe ser cómodo en el sentido que sea fácil de abrir, manejar y conservar para un posible uso posterior.

Los empaques que son utilizados para los productos deshidratados son bolsas de polietileno mas conocidos como polipropileno con capacidades de 1 a 10kg, estos empaques ofrecen facilidad de transporte, de uso posterior y de apertura garantizando la calidad del producto que se encuentra en dicha bolsa, este empaque garantiza la protección del producto, el practico embalaje y crea el ambiente adecuado para la conservación del producto, adicionalmente también es resistente a los golpes.

Una vez obtenido el producto deshidratado el empaque juega un rol importante y funcional del proceso, siendo un factor clave para el transporte, distribución y almacenamiento, ofreciendo la conservación adecuada de las características del producto final.

1.4.3 Almacenamiento. Al ser un producto con bajo nivel de agua no sufre el mismo deterioro normal de un producto fresco, se debe buscar lugares frescos libres de acceso a la humedad y que no este en contacto con intensidad de luz ya que estos factores son los que pueden afectar el producto dependiendo de sus características ya que cada

alimento que ha pasado por un proceso de deshidratación se comporta de forma diferente⁵⁴. De acuerdo a Ragone⁵⁵, dependiendo de las condiciones a las cuales fue deshidratado un producto, su almacenamiento juega un papel importante. Es decir las condiciones de deshidratación que más influyen para la conserva en el almacenamiento son la actividad de agua y porcentaje de humedad final del producto obtenido. Entre menor sea el valor de humedad, mayor será el tiempo de almacenamiento y viceversa entre mayor sea el valor de humedad menor será el tiempo de almacenamiento. Un producto deshidratado puede tener una vida útil de 2 meses hasta 8 meses⁵⁶, es decir cuando se encuentra un producto con un porcentaje del cinco por ciento de humedad este será el de mayor duración

La temperatura de almacenamiento de estos productos esta entre los 14-30° C. El consumo de energía de estos productos es bajo ya que no requiere refrigeración ni congelación posterior. Los aspectos que se debe tener en cuenta para este almacenamiento son los siguientes:

Relación humedad final y tiempo de almacenamiento: Como se menciona la duración del producto puede variar dependiendo del porcentaje de humedad, teniendo en cuenta cual es el estado final del producto obtenido, se puede decir que para humedades desde 5-15% se encuentra rangos de duración 6-8 meses. De igual manera para humedades del 15-40 por ciento de humedad puede estar entre los 2-6 meses⁵⁷.

Calidad inicial del producto: Si las condiciones del producto inicial no son las adecuadas antes del proceso quedaran residuos mínimos de deterioro donde hay posibilidad que crezcan microorganismos⁵⁸. Es decir que si hay un microorganismo que

⁵⁴, ⁵⁶ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 331-335.

⁵⁵ RAGONE; D. Breadfruit Artocarpus altilis (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE), paginas 35.

⁵⁷ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 331-376.

⁵⁸ DIAS, M. Manual Del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo Latino, 2006, paginas 75-112.

genere resistencia en el proceso convirtiéndose en esporas, existe la posibilidad que después del proceso para un producto con porcentaje de humedad del 15 por ciento se detecte crecimiento de hongos o levaduras⁵⁹.

Empacado: Si el empaçado es realizado de una forma adecuada el almacenamiento del producto se puede prolongar por mas tiempo. De lo contrario si un empaque contiene alguna fuga o agujero, el producto sufre un cambio en su atmósfera de empaçado y afecta el contenido al incorporar vapor externo y choque con un aire atmosférico.

1.5 OPERACIÓN DE REHIDRATACIÓN

1.5.1 Rehidratación. Según Welti-Chanes⁶⁰, existen diversas formas y métodos de rehidratar un producto, depende del sistema como fue realizado el proceso de la deshidratación. Entra en juego el espesor del alimento que fue tratado, a mayor grosor el tiempo de rehidratación es mayor, si el espesor es inferior a 1cm el tiempo puede oscilar de 2-4horas⁶¹.

Otro factor que entra a tomar un rol importante es la osmosis en soluciones azucaradas, es decir que si los líquidos rehidratantes contienen sólidos se modifican los tiempos de absorción de agua manifiestan las investigaciones realizadas por Welti-Chanes⁶².

La osmosis en soluciones azucaradas consiste en el fenómeno de transporte de materia en los alimentos teniendo en cuenta la temperatura a la que se encuentra el líquido rehidratante y su densidad, por mecánica de fluidos se sabe que a mayor temperatura el agua disminuye su viscosidad lo cual facilita un movimiento más rápido en estructuras que tiene alguna forma definida, si los alimentos son estructuras porosas el fenómeno de

⁵⁹ BROCK, T. Microbiología, 6ª, Prentice Hall, México, 1991, paginas 99-140, 754-854.

⁶⁰, ⁶² WELTI-CHANES, J. Transport Phenomena in food processing, 1ª, USA: CRCPRESS, 2003, paginas 3-24, 178-179.

⁶¹ RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE), paginas 23-37.

transporte de materia facilita el proceso de rehidratación. El líquido no solo puede ser agua, entre los líquidos que son utilizados se encuentran los vinos, licores o jarabes como se utilizan en otros alimentos como las cerezas, ciruelas, frutas cristalizadas y deshidratados, estos alimentos tienen uso posterior en los productos panificables así como en diversas preparaciones que existen en las industrias alimentarias del mundo⁶³.

⁶³ HARKER, H. Bakery products science and technology, 1a, USA: Culinary Industry, 2006, página 65.

2. METODOLOGÍA

2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se desarrollo un diseño experimental 2^3 seleccionando 3 variables importantes del proceso y se organizaron en la tabla 4 iniciando con el numero de ensayo, espesor, temperatura, tiempo y humedad final.

Tabla 4. Ensayos realizados

# de Ensayo	Espesor mm	Temperatura ° C	Tiempo min	Humedad final %
1	5	75	300	15
2	5	80	240	11
3	5	85	180	5
4	10	75	360	28
5	10	80	300	20
6	10	85	240	12
7	15	75	420	35
8	15	80	360	22
9	15	85	300	16
10	5	85	195	5
11	5	85	165	5
12	5	85	180	5

Para realizar el diseño experimental se tuvieron en cuenta las variables significativas del proceso de deshidratación del árbol de pan. Estas variables fueron determinadas por su grado de importancia en calidad del producto en los ensayos hechos. Estas variables

fundamentales en el proceso son tiempo de proceso, temperatura de secado y humedad final.

Se verificó este diseño con el análisis de varianza ANOVA con una probabilidad de 0.05 para los ensayos y las repeticiones.

2.1.1 Planteamiento de Hipótesis: Se tuvieron en cuenta los factores mencionados anteriormente y fueron organizados de la siguiente manera:

H_{0A}: para que la humedad final del producto sea la más baja es necesario que la temperatura del proceso sea mayor de 75° C y el tiempo sea mayor o igual a 3 horas.

H_{1A}: para que la humedad final del producto sea la más baja es necesario que la temperatura del proceso sea menor a 75° C y el tiempo sea menor a 3 horas.

H_{0B}: para que la humedad final del producto sea la más baja es necesario que la temperatura del proceso sea mayor de 75° C y el tiempo sea menor o igual a 3 horas.

H_{1B}: para que la humedad final del producto sea la más baja es necesario que la temperatura del proceso sea menor o igual a 75° C y el tiempo sea mayor a 3 horas.

2.2 TAMAÑOS Y FORMAS

Existen diferentes tamaños que se pueden someter a la deshidratación, se tomaron espesores de 5, 10 y 15mm, un tamaño ideal tanto para el proceso como para el consumidor final⁶⁴. Para la forma se tuvo en cuenta la proporción del fruto y se estandarizaron tajadas en forma de media luna ya que esta forma permite un mejor aprovechamiento de la materia prima como lo indica Saravacos⁶⁵ al definir la forma

⁶⁴, ⁶⁵ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 575-620.

adecuada. Esta operación fue realizada en la planta piloto de la sede Floresta, de La Universidad De La Salle.

2.3 CONDICIONES DEL PROCESO

Para aplicar el método de deshidratación por medio de bandejas fue necesario conocer las condiciones de trabajo en Bogotá, se buscaron las variables para estandarizar el proceso. Las variables definidas y aplicadas después de los ensayos, son las siguientes:

- Temperatura de deshidratación con la cual se desea eliminar la humedad del fruto en el secado.
- Humedad relativa cantidad de agua existente en el aire ambiente.
- Temperatura de bulbo con respecto al seco y húmedo del área de trabajo.
- A_w actividad de agua para determinar de acuerdo a cada fruta su equilibrio en el momento de almacenamiento.
- Humedad inicial y final de fruto para lograr determinar la cantidad de agua eliminada.
- Flujo másico del aire retirado para determinar la isoterma de adsorción.

Se tuvieron en cuenta los cálculos del Anexo 4 como base para obtener los valores indicados de estas variables.

En el Anexo 2 se observa el formato realizado para recolectar los datos de espesor, condiciones iniciales y finales de fruto, condiciones ambientales y el tiempo de la deshidratación. En esta planilla también se coloca el resultado de los cálculos y datos propios de la deshidratación como el tiempo de deshidratación y las temperaturas que fueron afectadas del aire caliente, aire fresco y el aire frío, siendo respectivamente temperatura del deshidratador, aire que entro del ambiente al deshidratador y el aire que salio del proceso del deshidratador.

2.3 VARIABLES A CONTROLAR

Las variables que se controlaron para el proceso de deshidratación fueron; temperatura de secado, tiempo de secado y humedad final del producto. Estos factores fueron decisivos para estandarizar la operación de deshidratación. Se realizó una revisión teórica sobre el rango de temperatura para mantener este en los rangos de seguridad para evitar crecimiento microbiano⁶⁶ y tiempo de proceso a niveles óptimos de operación. La humedad final se controló con las variables mencionadas anteriormente de temperatura y tiempo de deshidratación.

2.4 CURVAS DE DESHIDRATACIÓN

Con la información de las variables del proceso mencionadas anteriormente y las variables a controlar, se obtuvieron las gráficas de isoterma de adsorción % humedad vs actividad agua A_w , isoterma de adsorción % humedad en base seca vs actividad acuosa A_w , peso vs tiempo, % humedad en base húmeda vs tiempo, velocidad de deshidratación vs % humedad en base seca y velocidad de deshidratación vs tiempo, y de esta manera se pudo observar el comportamiento del fruto en la conservación por deshidratación mediante aire caliente. Se organizó una tabla con los datos obtenidos, donde se identificó las variables para cada gráfica.

2.6 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

Se realizaron las pruebas estipuladas por el INVIMA para productos frescos, producto deshidratado y producto rehidratado. Las pruebas se llevaron a cabo con las siguientes técnicas:

- Coliformes totales/g = Utilizando diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} se inoculó 1 gr de muestra en caldo BRILA y luego se incubó a 44.5° C y se expresó en el Número Más Probable.

⁶⁶ <http://www.geocities.com/hurtadopons/conservacion.htm> (consultado Febrero 4 del 2007)

- Coliformes fecales/g = Utilizando diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} se inoculo 1gr de muestra en caldo BRILA y luego se incubo a 35° C y se expreso en el Numero Más Probable.
- Salmonella ssp. /25g = Se sembró en agar XLD una solución de 1ml a partir de 25g de muestra incubado anteriormente en cultivo Salmosyst y se expreso en Ausencia/ presencia de puntos rojos.
- Mesófilos = Mediante diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} se tomo 1ml de solución y se sembró en profundidad en agar MAV y se incubo a 35° C calculado su presencia por unidad formadora de colonias UFC/g.
- Mohos y levaduras UFC/g = Mediante diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} se tomo 1ml de solución y se sembró en profundidad en agar ML y se incubo a 25° C calculado su presencia por unidad formadora de colonias UFC/g.
- Estafilococo coagulasa/ g = En agar Manitol salado, se sembró 1ml de dilución 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} en profundidad se incubo a 35° C por 24 horas calculado su presencia por unidad formadora de colonias.

2.7 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

Se realizaron las pruebas para obtener la composición del fruto fresco, fruto deshidratado y fruto rehidratado de la siguiente manera:

- *Humedad: Método de Gravimetría:* Se tomó una muestra del fruto y se realizó la calcinación en mufla en temperatura constante de 120° C hasta obtener un peso constante.

- *Proteína: Método de Kjeldahl:* Se tomó una muestra de 10g y se mezcló con sulfuro de hidrogeno, se destilo y se midió la cantidad de nitrógeno en la muestra.
- *Grasa: Método de Extracto Etéreo:* Se tomó un muestra y se utilizo éter como solvente en el equipo de Soxhlet, mediante calor se evaporó el solvente. Se midió el peso restante de la operación después de hornear por una hora y de esta manera se obtuvo la cantidad de grasa de la muestra.
- *Minerales: Método de Calcinación:* Se tomó una muestra y se calcino por 3 horas a 560 ° C hasta obtener ceniza de color gris y se peso para obtener la cantidad de minerales en general.
- *Fibra cruda: Método de Gravimetría:* Se pesó una muestra y se mezcló con ácido sulfúrico, se calentó por 30 minutos. Después de lavar se mezcló con hidróxido de sodio por 30 minutos, se filtró y se llevó a secar a 105° C por dos horas. Finalmente se colocó en mufla a 500° C hasta obtener un producto blanco y se peso en frío.
- *Carbohidratos: Método de Diferencia:* Al obtener los compuestos anteriores bajo norma de la AOAC se utilizo el método de diferencia para obtener los carbohidratos definitivos.

2.8 BALANCE DE MATERIA

Se realizó el balance de materia teniendo en cuenta los pasos del proceso desde la cosecha hasta el almacenamiento de forma individual para las etapas donde existía un factor de alimentación, producto y residuo. Los cálculos se pueden observar en el Anexo 5. El balance de materia se realizó para cada ensayo con el fin de analizar el comportamiento del rendimiento en la operación como se puede observar las tablas 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 para cada etapa del proceso iniciando con la de selección.

Tabla 5. Etapa de selección

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producto	1340	1310	1320	2525	2000	1375	2228	2105	2150	2000	1312	1415
Residuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 6. Etapa de clasificación

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producto	1340	1310	1320	2525	2000	1375	2228	2105	2150	2000	1312	1415
Residuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7. Etapa de limpieza

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producto	1340	1310	1320	2525	2000	1375	2228	2105	2150	2000	1312	1415
Residuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8. Etapa de Pelado y corte

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso inicial	1340	1310	1320	2525	2000	1375	2228	2105	2150	2000	1312	1415
Residuo	340	395	330	505	500	275	668	545	430	700	262	425
Peso final	1000	915	990	2020	1500	1100	1560	1560	1720	1300	1050	990
Rendimiento	74.6	69.8	75.0	80.0	75.0	80	70.0	74.1	80.0	65.0	80.0	69.9

Tabla 9. Etapa de Organización en Bandejas

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producto	1000	915	990	2020	1500	1100	1560	1560	1720	1300	1050	990
Residuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10. Etapa de Deshidratación

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso inicial	1000	915	990	2020	1500	1100	1560	1560	1720	1300	1050	990
Residuo	615	595	693	855	870	704	780	952	1090	900	570	693
Peso final	385	320	297	1165	630	396	780	608	630	400	480	297
Rendimiento	38.5	34.9	30.0	57.7	42.0	36.0	50	38.9	36.6	30.7	45.7	30

Tabla 11. Etapa de Enfriado, empaclado y almacenamiento

	Peso de muestra para cada ensayo en gramos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producto	385	320	297	1165	630	396	780	608	630	400	480	297
Residuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.9 BALANCE DE ENERGÍA

Se llevó a cabo esta operación para conocer el consumo de energía necesaria, se tuvo en cuenta la pérdida de calor, flujo del aire en el deshidratador, flujo del producto de salida y flujo de la alimentación de entrada. El detalle de los cálculos realizados se puede observar en el Anexo 6.

2.10 PRUEBAS DE REHIDRATACIÓN

Se realizaron pruebas de rehidratación para los ensayos 3, 10, 11 y 12 mediante el control de tiempo y probetas de medición. De esta manera se obtuvo el volumen que fue absorbido por cada ensayo al que se realizó las pruebas. Observando de esta manera el comportamiento del proceso en el uso final del producto.

2.11 ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO

Se estandarizó el proceso de deshidratación a partir de la información de las etapas de manejo poscosecha, operación de deshidratación, paso de empacado y almacenado, y finalmente con la rehidratación que fue realizada. Se tuvo en cuenta cada ensayo y los resultados arrojados de cada paso.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1.1 ANOVA: Para la aplicación del ANOVA y ver los resultados con respecto a los diferentes ensayos realizados, se modificó La tabla 4 y se presenta en La Tabla 12 ordenado en filas de repeticiones y columnas de ensayos. Para cada ensayo se ordenó las columnas iniciando por el tiempo del proceso de deshidratación, temperatura y la humedad final del producto.

Tabla 12. Distribución de resultados ANOVA.

R	E1			E2			E3			E4		
	t	T	H	t	T	H	t	T	H	t	T	H
1	300	75	15	360	75	28	420	75	35	195	85	5
2	240	80	11	300	80	20	360	80	22	165	85	5
3	180	85	5	240	85	12	300	85	16	180	85	5

Donde R es el número de repeticiones, t es el tiempo en minutos, T es la temperatura en ° C y H es la humedad final en %.

Según el ANOVA aplicado, como se observa en el anexo 8 se encontraron diferencias significativas entre los ensayos del Breadfruit donde se aplico rangos muy diferentes en las variables manejadas (tiempo, temperatura y humedad), por medio de la experimentación y los resultados arrojados por el ANOVA se comprueba la hipótesis nula A (H0A) ya que se logro cumplir el objetivo de la humedad mínima de 5% con una temperatura de 85° C y un tiempo igual a 3 horas para un espesor de 5mm.

3.2 TAMAÑO Y FORMA

Se estipuló que el tamaño ideal para el Breadfruit sería un grosor de 5mm, y unas dimensiones de 17cm de largo y 6cm de ancho. En la Figura 9 se aprecia el tamaño, la forma y las dimensiones equivalentes a los que se van a obtener mediante la deshidratación de dicho producto.



Figura 9. Tajadas de 0,5*17*6cm

En relación con la deshidratación de este producto entre menor sea el tamaño del fruto menor será el tiempo invertido en el proceso. Con el espesor de 5mm iniciales como resultado se obtuvo un espesor de 3mm. Las dimensiones finales del producto ideal fueron de 0,3*12*5cm, con las condiciones óptimas del proceso.

3.3 CONDICIONES DEL PROCESO

La tabla 13 muestra las condiciones generales del Anexo 4 en la cual se observan las variables que se utilizaron en el proceso iniciando con el número de ensayo, temperatura, humedad relativa, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, actividad de agua, humedad inicial, humedad final y flujo másico de aire.

Tabla 13. Condiciones del proceso.

ENSAYO	T ENSAYO	HR	T BULBO SECO	T BULBO HÚMEDO	AW		HUMEDAD %		FM FINAL
					I	F	I	F	
1	75	54	19	17	0,899	0,233	80,5	15	0,0000083
2	80	54	19	17	0,805	0,233	78,5	11	0,0000166
3	85	54	19	17	0,88	0,15	72,5	5	0,0000050
4	75	54	19	17	0,899	0,315	79	28	0,0000250
5	80	54	19	17	0,88	0,28	77,4	20	0,0000250
6	85	54	19	17	0,815	0,218	73,4	12	0,0000083
7	75	56	16	18	0,87	0,256	78	35	0,0000083
8	80	55	18	20	0,788	0,256	77	22	0,0000283
9	85	56	19	17	0,899	0,22	82	16	0,0000666
10	85	54	19	17	0,867	0,184	79,4	5	0,0000333
11	85	56	20	18	0,815	0,196	68,2	5	0,0000333
12	85	54	19	17	0,79	0,15	73,7	5	0,0000500

T: TEMPERATURA ° C, HR: HUMEDAD RELATIVA, AW: ACTIVIDAD ACUOSA, FM: FLUJO MÁSICO Kg/s, I: INICIAL, F: FINAL

Como se observa el mejor ensayo para el proceso, se seleccionó por el porcentaje de humedad final, calidad final relacionado con el Aw (entre menor sea el valor de Aw se inhibe o frena el crecimiento microbiano y actividad enzimática, según Saravacos⁶⁷) y tiempo de deshidratación o consumo de energía. También la vida útil de cada prueba, La humedad final y el tiempo fueron los factores fundamentales para elegir el ensayo 3 como el resultado final ideal bajo las condiciones ambientales en Bogotá que fueron de 56% de humedad relativa y temperatura de 19° C en promedio. La vida útil del producto de cada ensayo se puede observar en la Tabla 14, en orden de mayor a menor contenido de humedad final, tiempo del proceso y un factor importante el de la humedad crítica del alimento, donde se pudo observar que entre mas cerca este al punto crítico el agua que permanece en el alimento no es un factor de crecimiento bacteriano ya que entre menor sea la Aw se inhibe el crecimiento microbiano.

⁶⁷ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 585-600.

Tabla 14. Vida útil del producto.

Ensayo Mm -° C	Humedad final %	Aw Final	Vida útil días	Humedad critica Kg agua/ Kg ss m2s
15-85	35	0,256	30	1,739
10-75	28	0,315	40	1,864
15-80	22	0,256	60	1,467
10-80	20	0,28	70	1,301
15-75	16	0,22	90	1,664
5-75	15	0,256	100	1,154
10-85	12	0,218	120	1,447
5-80	11	2,33	130	1,643
5-85	5	0,15	180	1,241
5-85	5	0,15	180	1,241
5-85	5	0,196	175	1,126
5-85	5	0,184	178	1,707

3.4 VARIABLES QUE SE CONTROLARON

Del Anexo 3 y 4 se tomaron los datos de cada ensayo ordenado como se puede ver en la siguiente Tabla 15 comenzando con el número de ensayo, espesor de las tajadas, temperatura del proceso y su tiempo respectivo en la deshidratación. Se analizó mirando el comportamiento del producto a través del proceso y su aspecto visual final.

Tabla 15. Variables de control.

Ensayo #	Espesor mm	Temperatura ° C	Tiempo m	Humedad final	Resultado
1	5	75	300	15	Color marrón
2	5	80	240	11	Con deformidad
3	5	85	180	5	Condiciones optimas visibles
4	10	75	360	28	Perdió color original
5	10	80	300	20	Buen aspecto pero blando
6	10	85	240	12	Buen color
7	15	75	420	35	Blando al contacto color marrón
8	15	80	360	22	Se deformato en exceso
9	15	85	300	19	Centro húmedo
10	5	85	195	5	Color adecuado
11	5	85	165	5	Color pálido
12	5	85	180	5	De buen color no tuvo deformidad

A mayor temperatura el tiempo de proceso se reduce como mínimo a 2 veces lo normal. Se observó que el espesor es un factor que influye en este alimento ya que se aumento 1 hora de proceso en promedio para cada 5mm a 85° C.

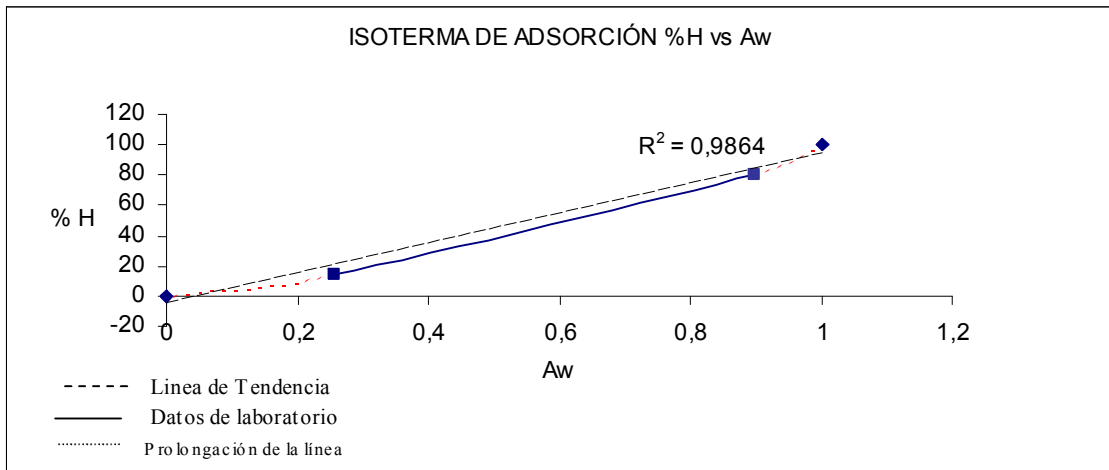
Entre mayor temperatura el color original se mantuvo mas firme que a temperaturas < a 75° C. El tiempo de 3 horas, la humedad final del 5% y temperatura de 85° C fueron los resultados ideales para estandarizar el proceso.

3.5 CURVAS DE DESHIDRATACIÓN

A continuación se observan las tablas de los datos tabulados para generar las graficas y las graficas de isoterma de adsorción %Humedad vs A_w , isoterma de adsorción %Humedad BS vs A_w , peso vs tiempo, %Humedad BH vs tiempo, velocidad de deshidratación vs %Humedad en BS y velocidad de deshidratación para cada ensayo con su respectivo análisis sobre el comportamiento de forma concreta.

3.5.1 Gráficas Ensayo # 1. 5mm-75° C

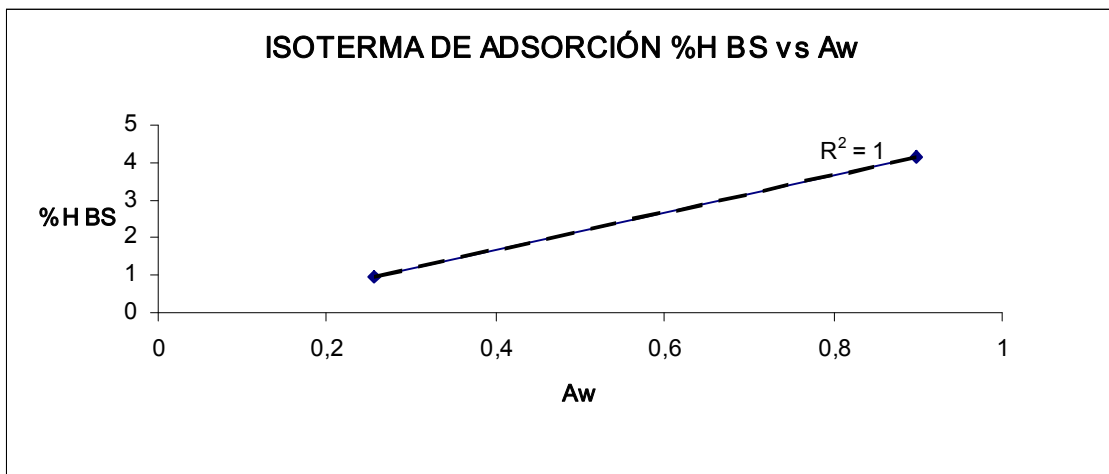
Gráfica isoterma de adsorción del ensayo # 1. 5mm-75° C



Aw	1	0,899	0,256	0
% humedad	100	80,5	15	0

En la gráfica se observa que se redujo en 3,5 veces la Aw con respecto al valor inicial y 5,4 veces el valor de humedad al valor inicial. La Aw se encuentra en la fase límite del agua constitucional. Se perdió 65,5% de humedad.

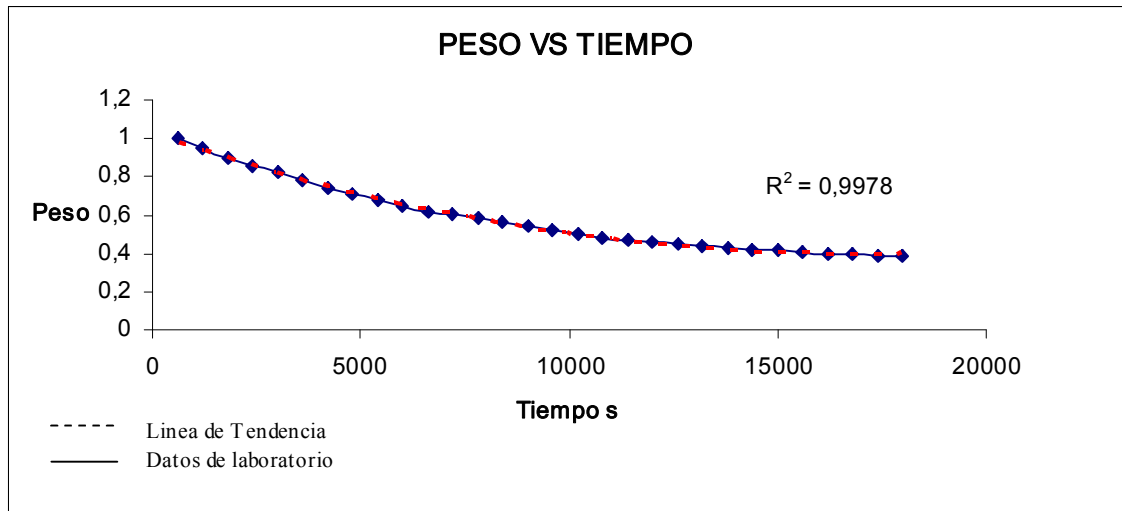
Gráfica isoterma de adsorción del ensayo # 1. 5mm-75° C



Aw	1	0,899	0,256	0
% H BS		4,128	0,974	

Esta gráfica muestra la reducción de la Aw en 3,5 veces con respecto al valor inicial y la base seca se reduce en 4,2 veces al valor original. Se perdió 3,154% de humedad en base seca.

Gráfica peso vs tiempo del ensayo # 1. 5mm-75° C

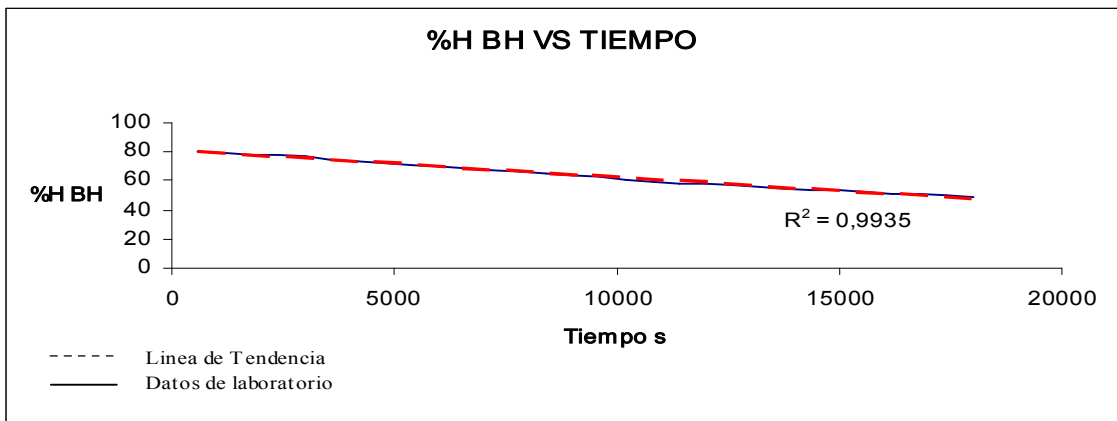


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200	7800	8400	9000
Peso Kg / F	1	0,95	0,9	0,86	0,82	0,78	0,74	0,71	0,68	0,65	0,62	0,6	0,58	0,56	0,54

t seg	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400	15000	15600	16200	16800	17400	18000
Peso Kg / F	0,52	0,5	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,415	0,41	0,4	0,395	0,39	0,385

Se observó que el alimento pierde 2,5 veces su peso durante el ensayo, teniendo como referencia el tiempo del proceso. Se perdió 0,615kg de agua.

Gráfica % Humedad en base húmeda vs tiempo del ensayo # 1. 5mm-75° C

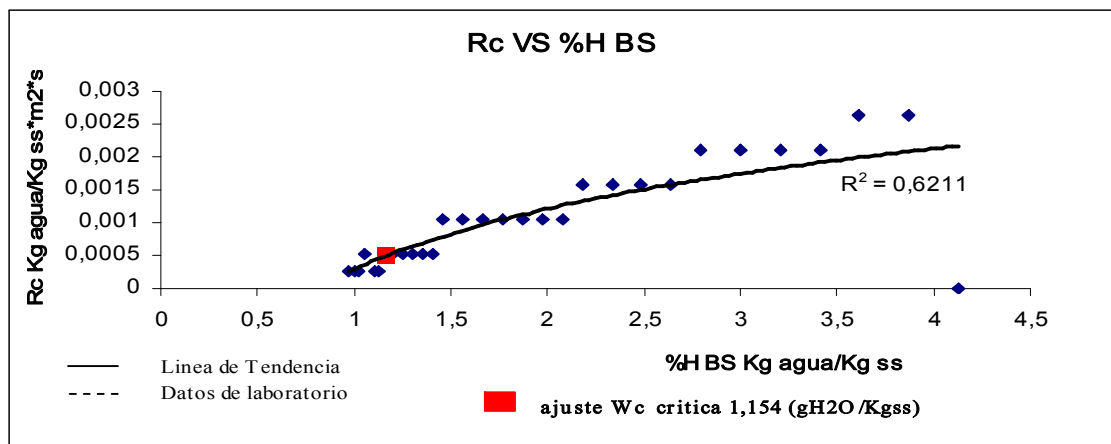


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200	7800	8400	9000
% HBH	80,5	79,47	78,33	77,33	76,22	75	73,65	72,54	71,32	70	68,55	67,5	66,38	65,18	63,89

t seg	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400	15000	15600	16200	16800	17400	18000
% HBH	62,5	61	59,38	58,51	57,61	56,67	55,68	54,65	53,57	53,01	52,44	51,25	50,63	50	49,35

Se observa que el %H BH tiene una disminución en 1,6 veces a su valor inicial durante el tiempo de proceso. Se perdió 31,15% de humedad en base húmeda.

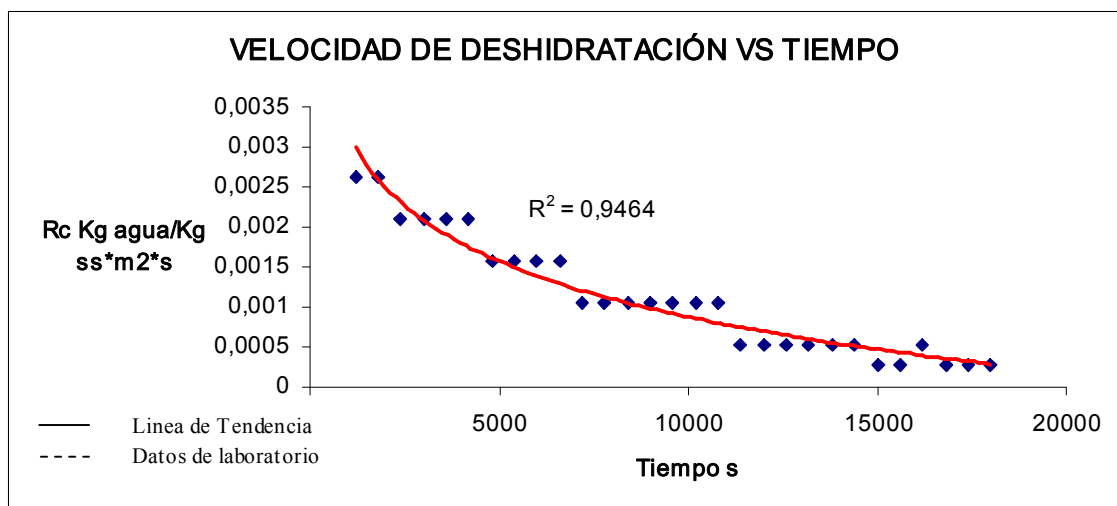
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc del ensayo # 1. 5mm-75° C



% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s
4,128	N	2,179	0,001578881	1,308	0,000526294
3,872	0,002631468	2,077	0,001052587	1,256	0,000526294
3,615	0,002631468	1,974	0,001052587	1,205	0,000526294
3,41	0,002105175	1,872	0,001052587	1,154	0,000526294
3,205	0,002105175	1,769	0,001052587	1,128	0,000263147
3	0,002105175	1,667	0,001052587	1,103	0,000263147
2,795	0,002105175	1,564	0,001052587	1,051	0,000526294
2,641	0,001578881	1,462	0,001052587	1,026	0,000263147
2,487	0,001578881	1,41	0,000526294	1	0,000263147
2,333	0,001578881	1,359	0,000526294	0,974	0,000263147

Se observó que a medida que el % H BS fue disminuyendo la velocidad de deshidratación se redujo 10 veces, concluyendo que se ha retirado la mayor cantidad de agua en base seca.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo del ensayo # 1. 5mm-75° C

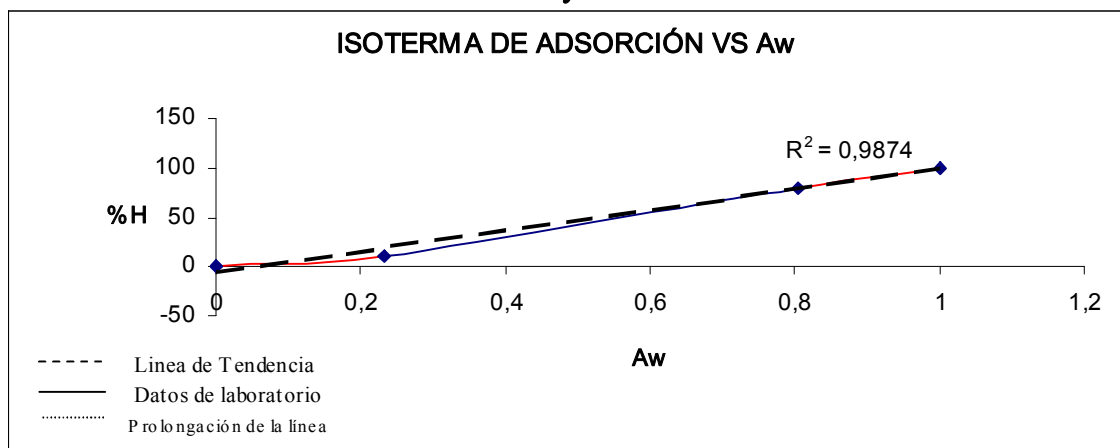


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	N	6600	0,001578881	12600	0,000526294
1200	0,002631468	7200	0,001052587	13200	0,000526294
1800	0,002631468	7800	0,001052587	13800	0,000526294
2400	0,002105175	8400	0,001052587	14400	0,000526294
3000	0,002105175	9000	0,001052587	15000	0,000263147
3600	0,002105175	9600	0,001052587	15600	0,000263147
4200	0,002105175	10200	0,001052587	16200	0,000526294
4800	0,001578881	10800	0,001052587	16800	0,000263147
5400	0,001578881	11400	0,000526294	17400	0,000263147
6000	0,001578881	12000	0,000526294	18000	0,000263147

Se observó los periodos de velocidad constante y decreciente, lográndose analizar que la velocidad inicial de secado del producto se redujo 10 veces en el proceso, indicando que a este punto se retiró la mayoría del contenido de agua libre.

3.5.2 Gráficas Ensayo # 2. 5mm-80° C

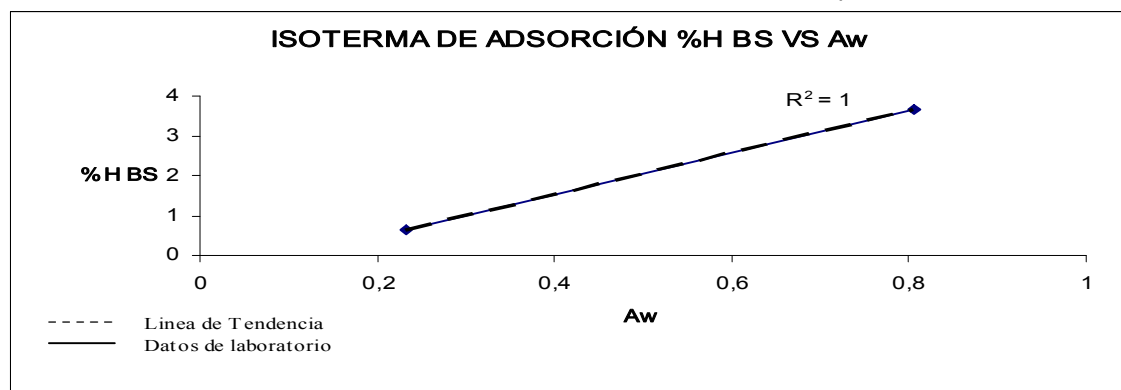
Gráfica isoterma de adsorción del ensayo # 2. 5mm-80° C



Aw	1	0,805	0,233	0
% humedad	100	78,5	11	0

Se observa que se redujo en 3,4 veces la Aw con respecto al valor inicial y 7,1 veces el valor de la humedad inicial. La Aw se encuentra en la fase límite del agua constitucional. Se perdió 67,5% de humedad en el alimento.

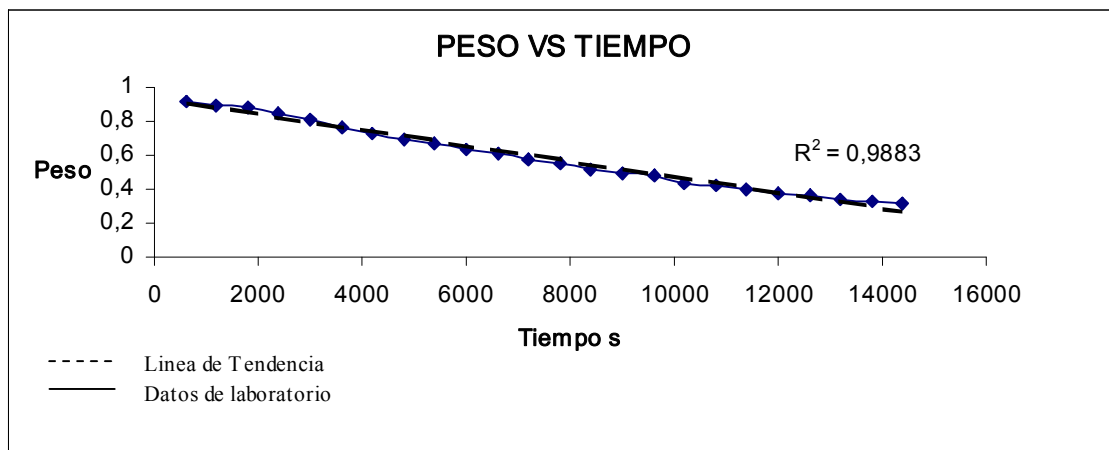
Gráfica isoterma de adsorción % de humedad vs Aw del ensayo # 2. 5mm-80° C



Aw	1	0,81	0,23	0
% H BS		3,65	0,63	

Se observa la reducción del Aw en 3,4 veces al valor inicial y la disminución del % H BS en 5,7 veces al valor inicial.

Gráfica peso vs tiempo del ensayo # 2. 5mm-80° C

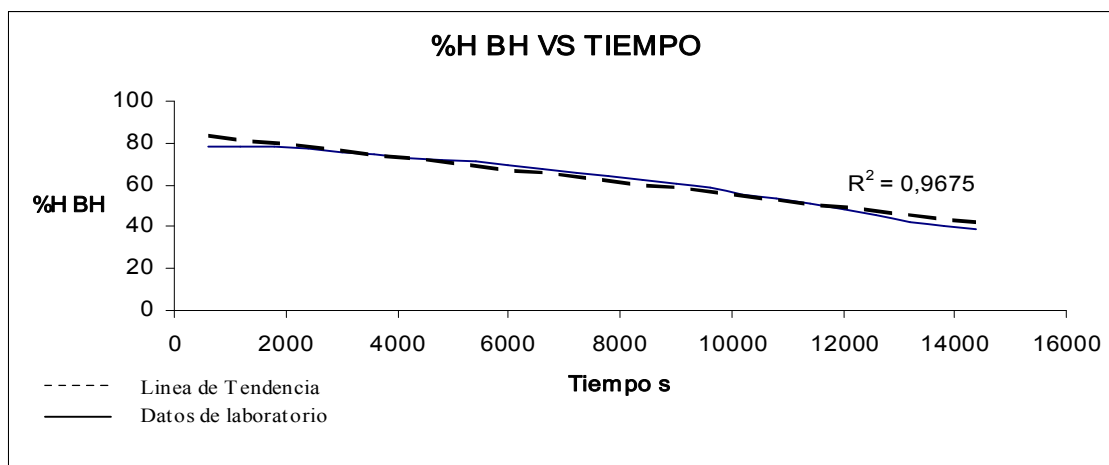


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
Peso Kg/F	0,92	0,9	0,88	0,85	0,81	0,77	0,73	0,7	0,67	0,64	0,61	0,58

N	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400
Peso Kg/F	0,55	0,52	0,5	0,48	0,44	0,42	0,4	0,38	0,36	0,34	0,33	0,32

Se detectó que el alimento reduce 2,8 veces su peso inicial en el ensayo, teniendo como referencia el tiempo de 4 horas de proceso.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo del ensayo # 2. 5mm-80° C

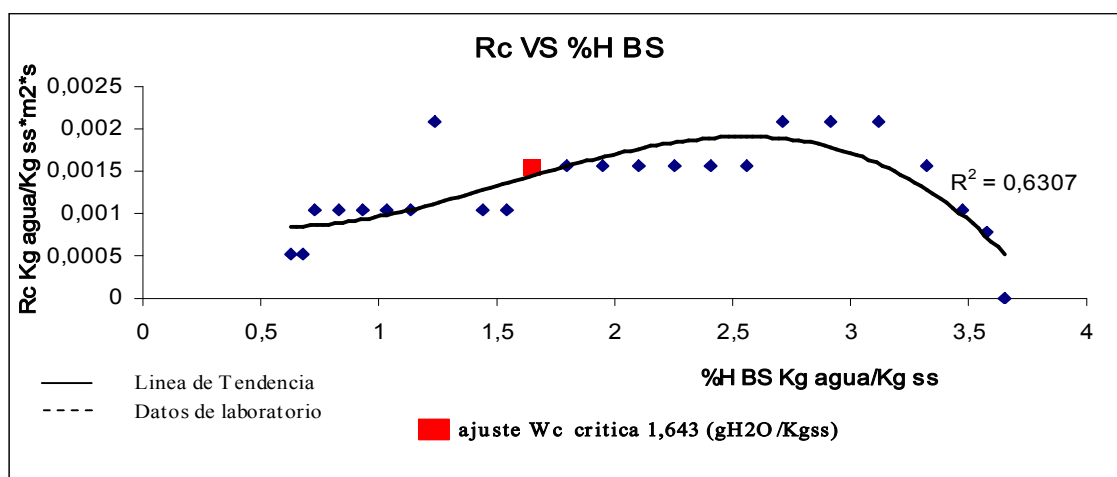


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
% HBH	78,5	78,14	77,64	76,86	75,71	74,45	73,05	71,9	70,64	69,26	67,75	66,08

t seg	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400
% HBH	64,2	62,17	60,66	59,02	55,29	53,16	50,82	48,23	45,35	42,14	40,39	38,52

Se observó que el %H BH se reduce en 2.0 veces a su valor inicial para este ensayo en el tiempo de proceso. Se perdió 39,98% de humedad en base húmeda.

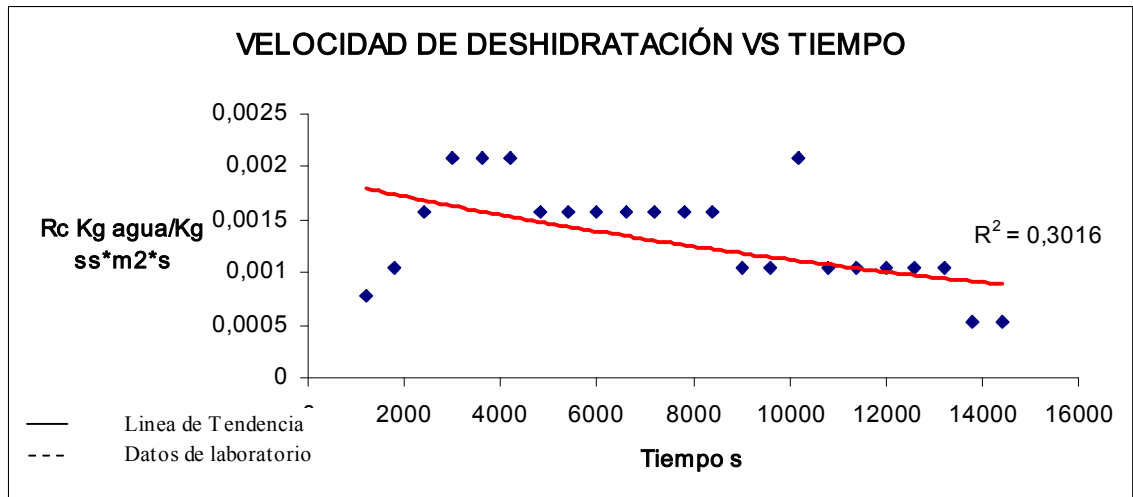
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste Rc del ensayo # 2. 5mm-80° C



% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
3,651	N	2,406	0,001565036	1,237	0,002086715
3,575	0,000782518	2,253	0,001565036	1,135	0,001043358
3,473	0,001043358	2,101	0,001565036	1,033	0,001043358
3,321	0,001565036	1,948	0,001565036	0,932	0,001043358
3,117	0,002086715	1,796	0,001565036	0,83	0,001043358
2,914	0,002086715	1,643	0,001565036	0,728	0,001043358
2,711	0,002086715	1,542	0,001043358	0,677	0,000521679
2,558	0,001565036	1,44	0,001043358	0,627	0,000521679

Se observó que a medida que el %H BS se reduce en 5,8 veces, la velocidad de deshidratación disminuye en 1,4 veces, concluyendo que no se retiró la mayor cantidad de agua en la base seca.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo del ensayo # 2. 5mm-80° C

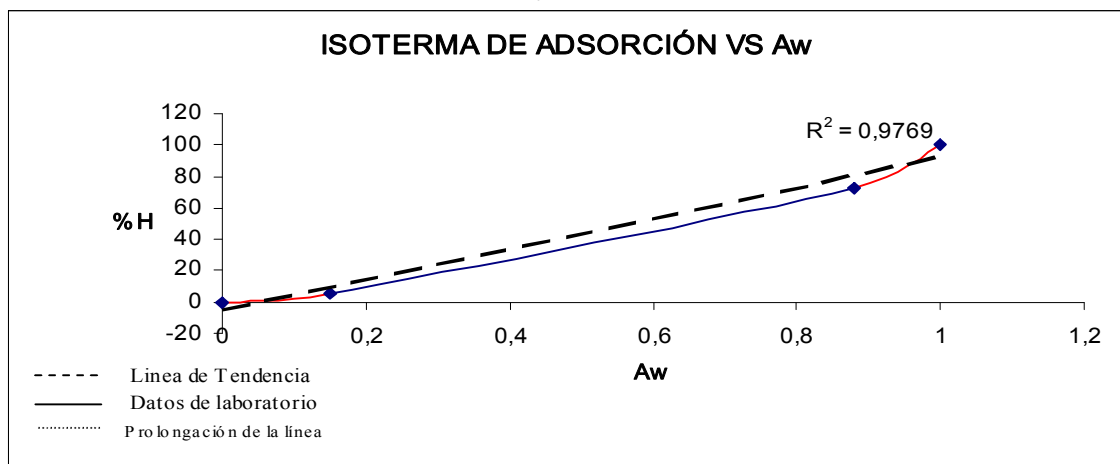


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	N	7800	0,001565036
1200	0,000782518	8400	0,001565036
1800	0,001043358	9000	0,001043358
2400	0,001565036	9600	0,001043358
3000	0,002086715	10200	0,002086715
3600	0,002086715	10800	0,001043358
4200	0,002086715	11400	0,001043358
4800	0,001565036	12000	0,001043358
5400	0,001565036	12600	0,001043358
6000	0,001565036	13200	0,001043358
6600	0,001565036	13800	0,000521679
7200	0,001565036	14400	0,000521679

Se detectó los periodos de velocidad constante y decreciente, determinando que la velocidad se redujo 1,4 veces al valor inicial, indicando que existe una cantidad de agua libre en el alimento.

3.5.3 Gráficas Ensayo # 3. 5mm-85° C

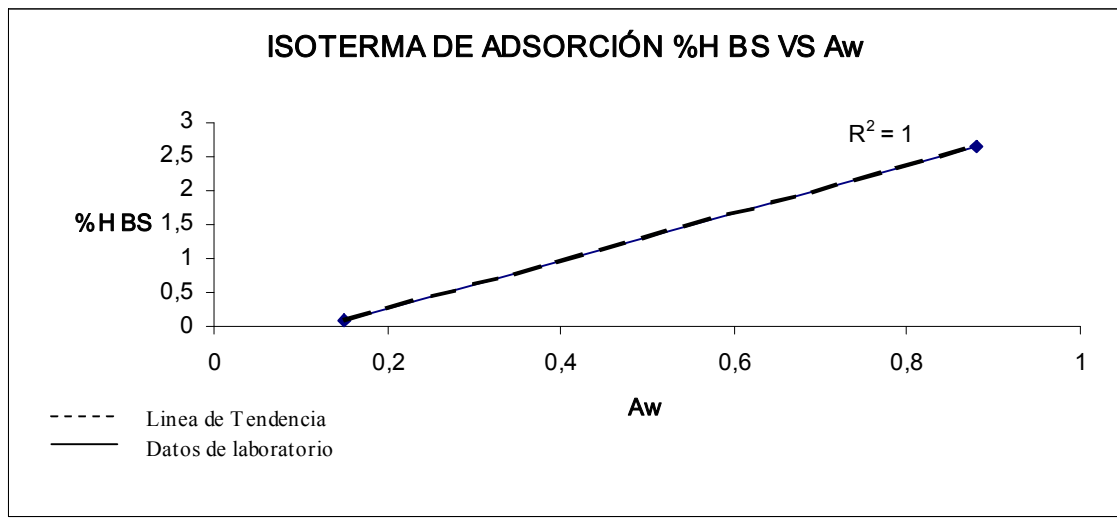
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 3. 5mm-85° C



Aw	1	0,88	0,15	0
% humedad	100	72,5	5	0

Esta gráfica muestra la reducción de la Aw en 5,8 veces al valor inicial y la disminución de la humedad en 14,5 veces con respecto al original, indicando que se acercó al valor más cercano del agua constitucional del alimento.

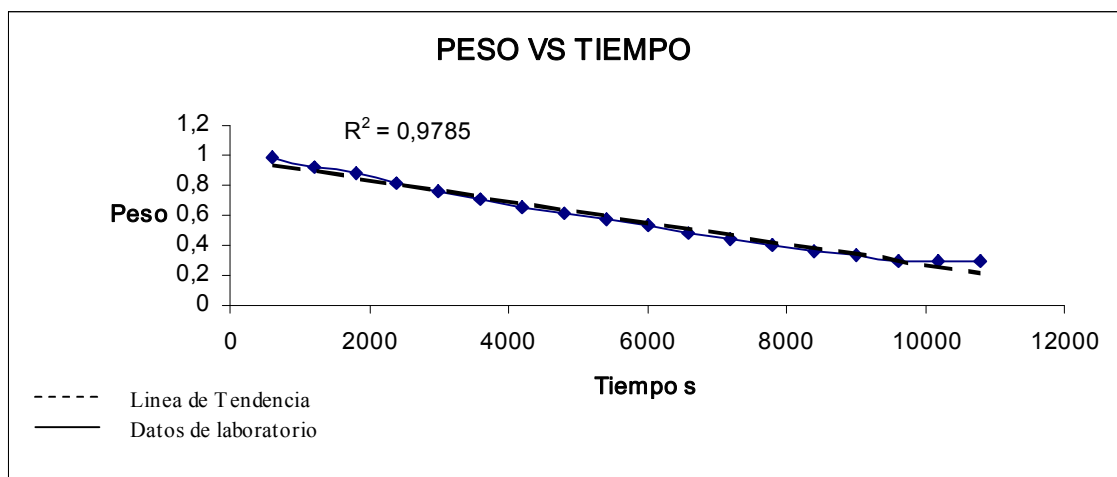
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 3. 5mm-85° C



Aw	1	0,88	0,15	0
% H BS		2,636	0,091	

Se observó la disminución de la Aw en 5,8 veces al valor inicial y también la reducción de la base seca en 28,9 veces, indicando que no hay zona de crecimiento microbiano.

Gráfica de peso vs tiempo del Ensayo # 3. 5mm-85° C

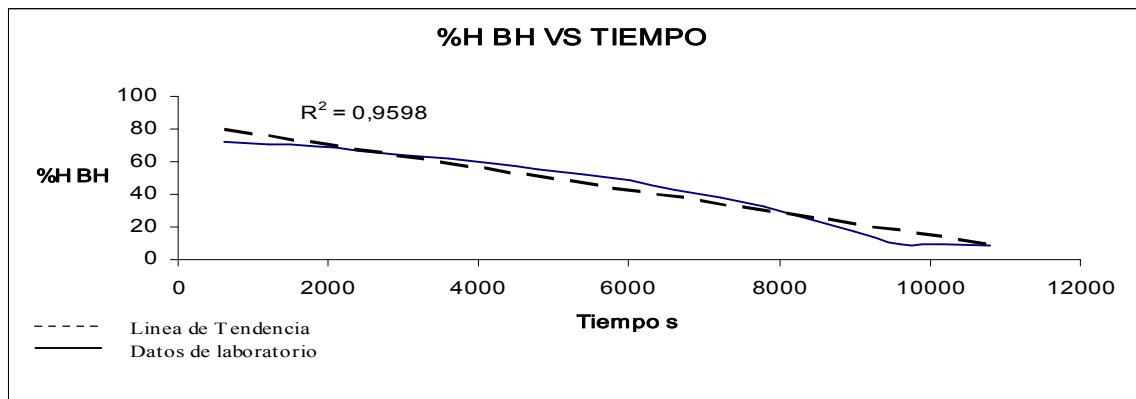


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800
Peso Kg/F	0,99	0,92	0,88	0,82	0,76	0,71	0,66	0,61

t seg	5400	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600
Peso Kg/F	0,57	0,53	0,48	0,44	0,4	0,36	0,33	0,3

En la gráfica se observa la pérdida de peso en el alimento con una disminución de 3,3 veces su valor inicial durante las 3 horas de proceso.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo del Ensayo # 3. 5mm-85° C

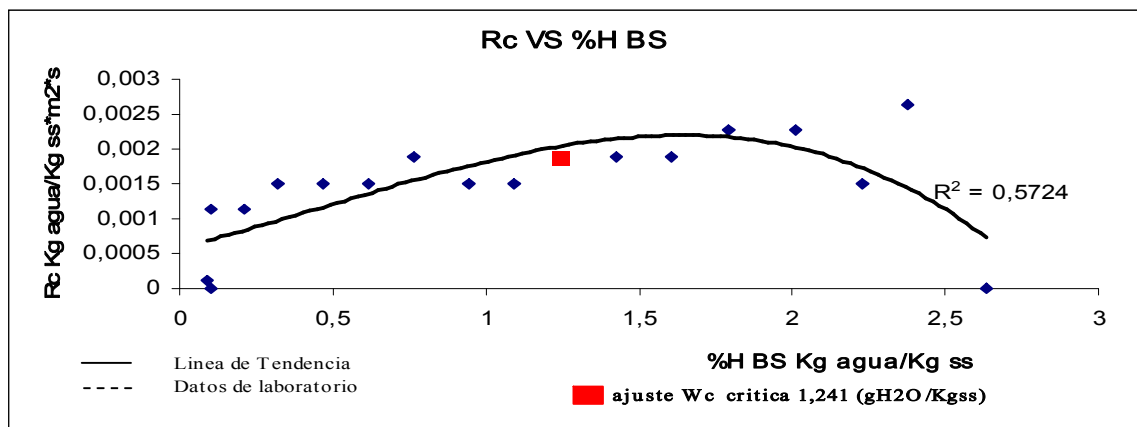


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
% HBH	72,5	70,41	69,06	66,8	64,18	61,65	58,75	55,37	52,24

t seg	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800
% HBH	48,6	43,28	38,13	31,94	24,38	17,5	9,25	9,25	8,333

En esta gráfica se logra observar que el %H BH tiene una disminución de 8,7 veces a su valor inicial durante la deshidratación del ensayo.

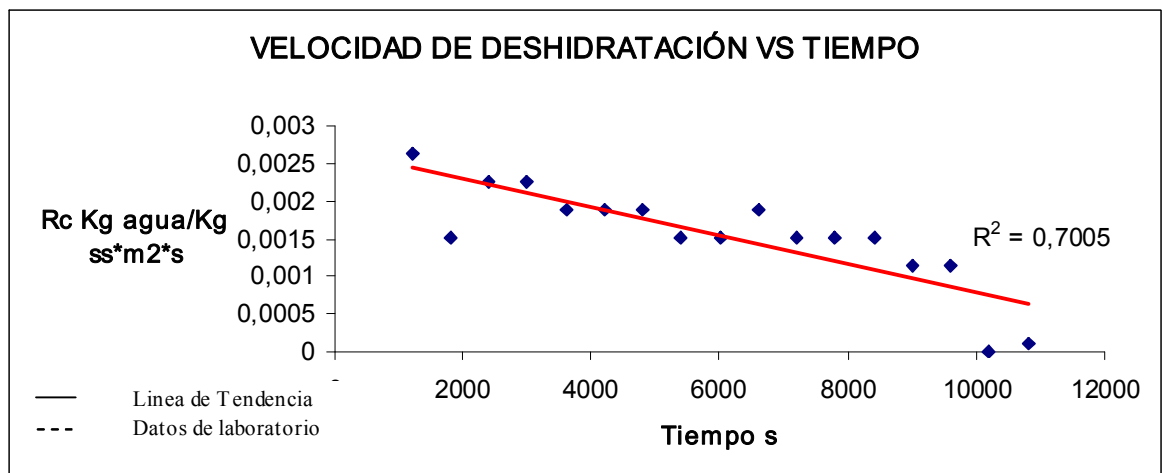
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc del Ensayo # 3. 5mm-85° C



% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
2,636	N	0,947	0,001507838
2,379	0,002638717	0,763	0,001884798
2,232	0,001507838	0,616	0,001507838
2,012	0,002261758	0,469	0,001507838
1,792	0,002261758	0,322	0,001507838
1,608	0,001884798	0,212	0,001130879
1,424	0,001884798	0,102	0,001130879
1,241	0,001884798	0,102	0
1,094	0,001507838	0,091	0,000113088

Se observó que a medida que el %H BS fue disminuyendo en 28,9 veces la velocidad se redujo en 20 veces al valor inicial, concluyendo que se retiró la cantidad máxima de agua en el alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo del Ensayo # 3. 5mm-85° C

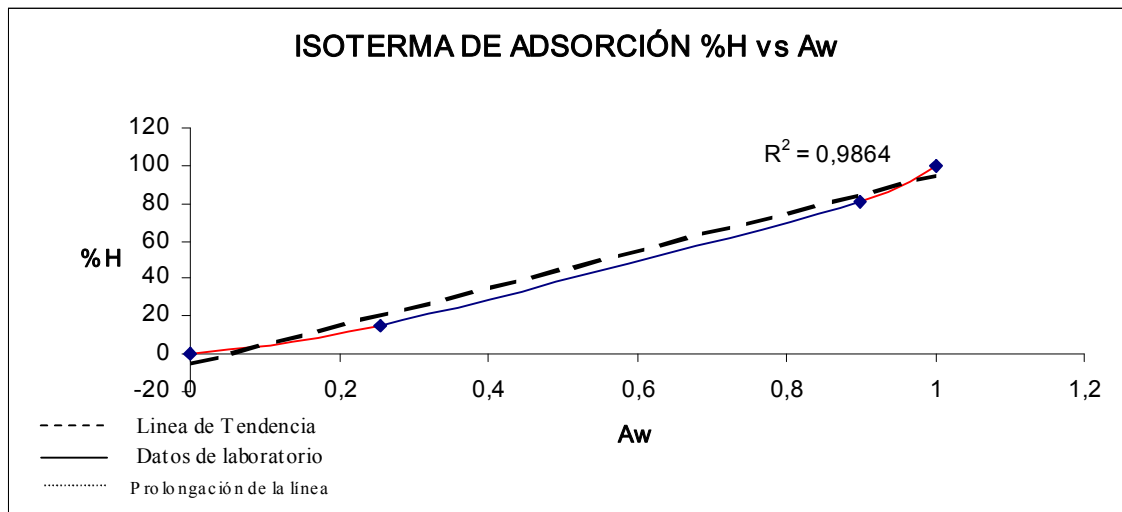


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	N	6000	0,001507838
1200	0,002638717	6600	0,001884798
1800	0,001507838	7200	0,001507838
2400	0,002261758	7800	0,001507838
3000	0,002261758	8400	0,001507838
3600	0,001884798	9000	0,001130879
4200	0,001884798	9600	0,001130879
4800	0,001884798	10200	0
5400	0,001507838	10800	0,000113088

Se logró observar los periodos de velocidad constante y decreciente durante el tiempo de proceso, analizando que se redujo en 20 veces al valor inicial.

3.5.4 Gráficas Ensayo # 4. 10mm-75° C

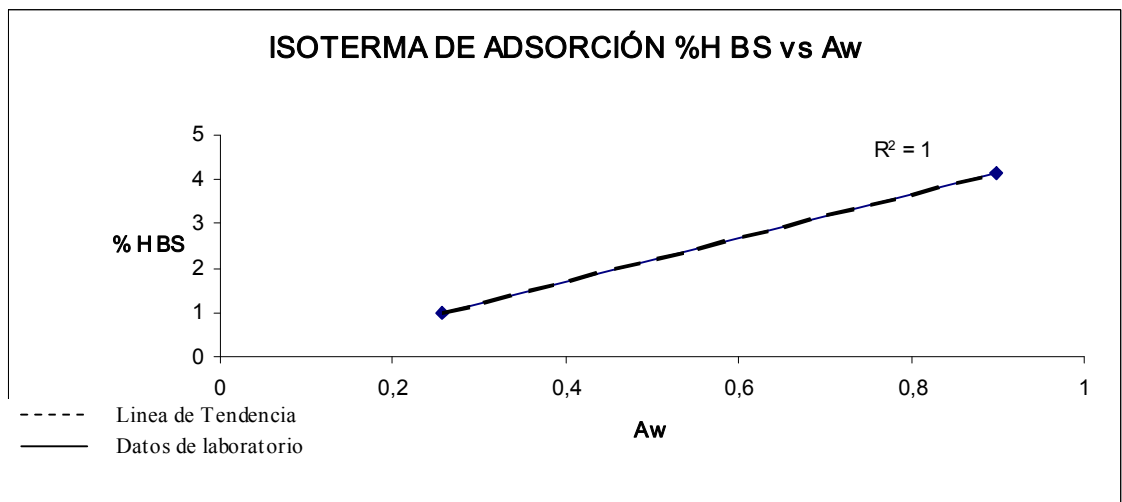
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 4. 10mm-75° C



Aw	1	0,899	0,315	0
% humedad	100	79	28	0

Se puede observar la reducción de la Aw y la humedad en 2,8 veces a sus valores iniciales, logrando llegar a límite de la fase de agua intermedia.

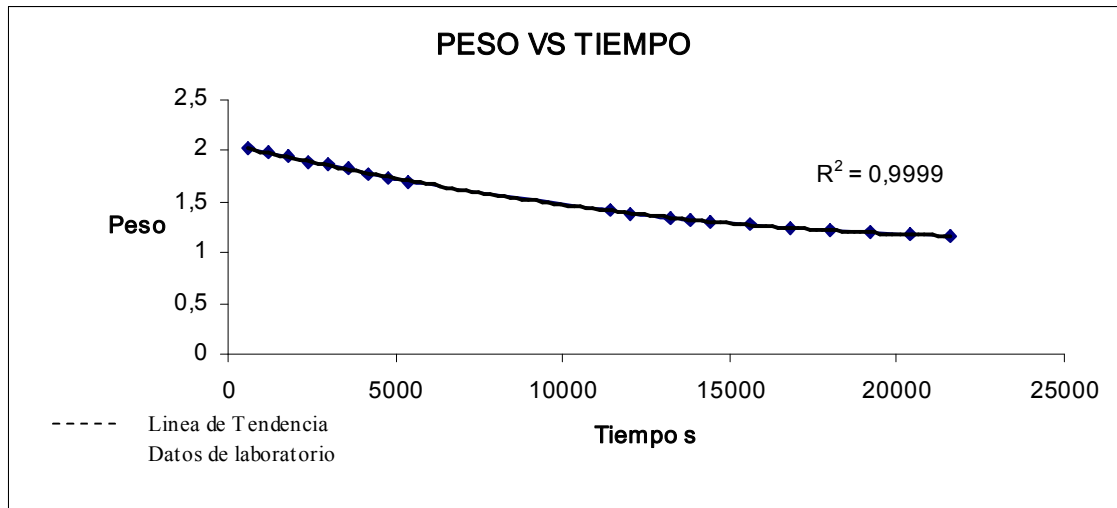
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 4. 10mm-75° C



Aw	1	0,899	0,315	0
% H BS		3,762	1,746	

En esta grafica se puede observar la disminución de la Aw en 2,8 veces y la base seca en 2,1 veces a sus valores iniciales respectivamente.

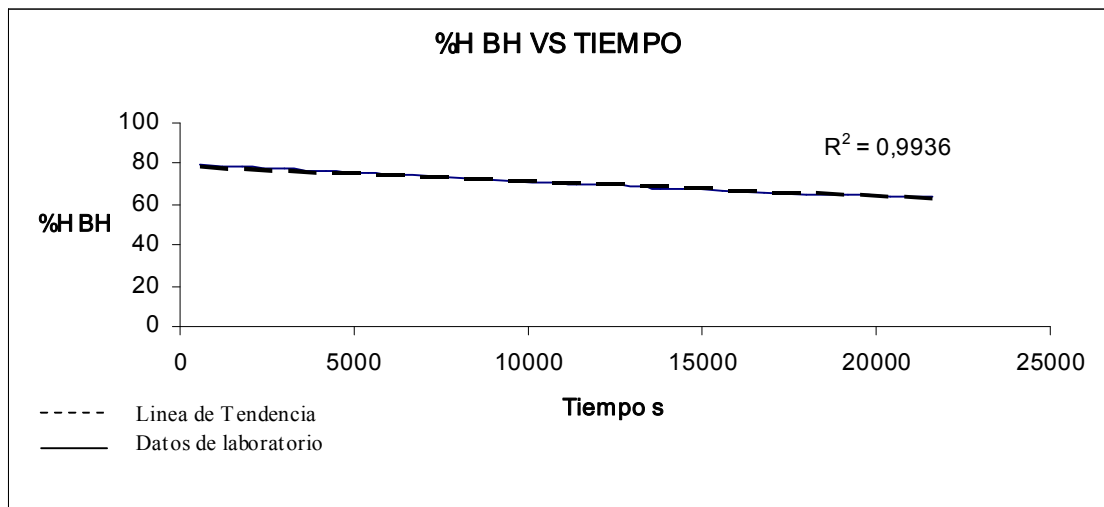
Gráfica peso vs tiempo del Ensayo # 4. 10mm-75° C



t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	11400
Peso Kg/F	2,02	1,98	1,94	1,895	1,865	1,825	1,78	1,74	1,7	1,41
t seg	12000	13200	13800	14400	15600	16800	18000	19200	20400	21600
Peso Kg/F	1,385	1,345	1,325	1,305	1,275	1,245	1,215	1,195	1,18	1,165

Se observó la disminución del %H BH en 1,7 veces su valor inicial en un tiempo total de 6 horas de deshidratación. Se perdió 0,855kg de humedad en el alimento.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo del Ensayo # 4. 10mm-75° C

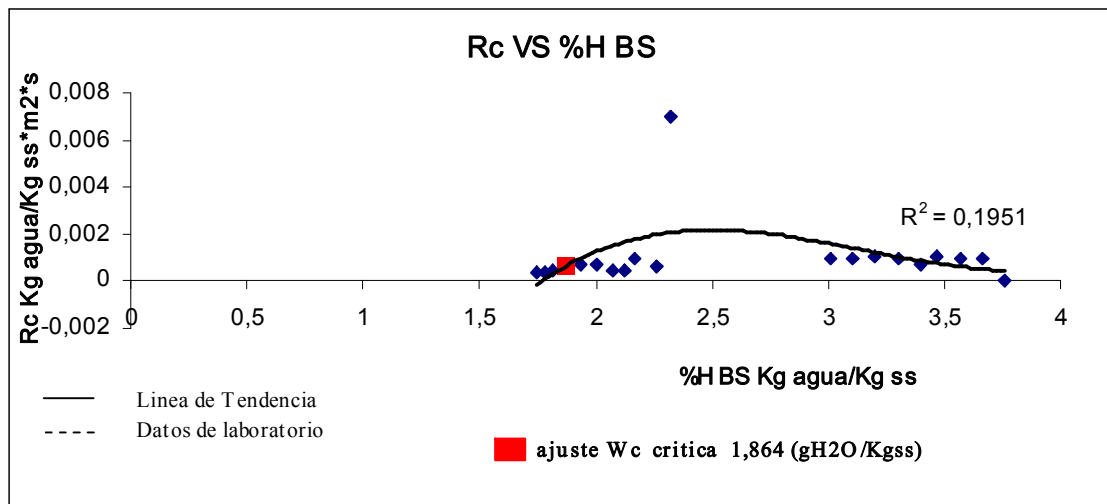


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	11400
% HBH	79	78,58	78,13	77,61	77,25	76,76	76,17	75,62	75,05	69,91

t seg	12000	13200	13800	14400	15600	16800	18000	19200	20400	21600
% HBH	69,37	68,46	67,98	67,49	66,73	65,93	65,09	64,5	64,05	63,59

Se observó que el %H BH se redujo en 1,2 veces su valor inicial durante el tiempo de proceso. Se perdió 15,41% de humedad en base húmeda.

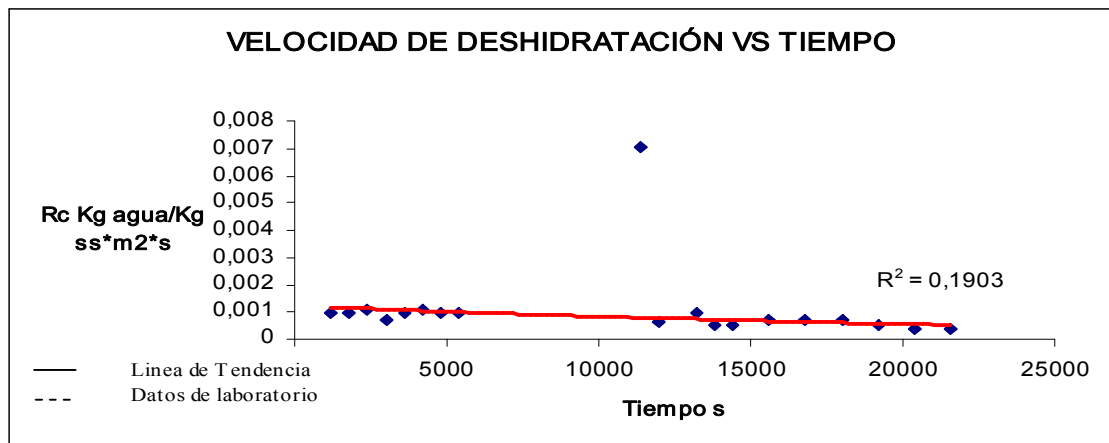
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc del Ensayo # 4. 10mm-75° C



% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
3,762	N	2,265	0,000604828
3,668	0,000967725	2,171	0,000967725
3,573	0,000967725	2,124	0,000483863
3,467	0,001088691	2,076	0,000483863
3,397	0,000725794	2,006	0,000725794
3,302	0,000967725	1,935	0,000725794
3,196	0,001088691	1,864	0,000725794
3,102	0,000967725	1,817	0,000483863
3,008	0,000967725	1,782	0,000362897
2,324	0,007016008	1,746	0,000362897

En esta gráfica se observa la reducción de la Aw en 1,7 veces a su valor inicial y la reducción de la velocidad en 0,3 veces a su valor inicial, concluyendo que existe aun agua libre en el alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad BS con ajuste de Rc del Ensayo # 4. 10mm-75° C

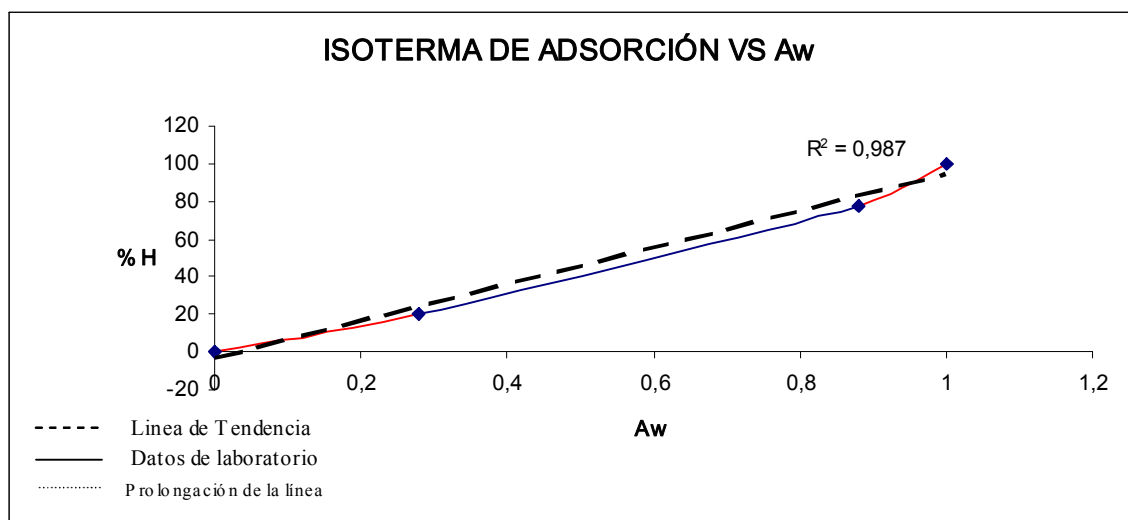


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	N	12000	0,000604828
1200	0,000967725	13200	0,000967725
1800	0,000967725	13800	0,000483863
2400	0,001088691	14400	0,000483863
3000	0,000725794	15600	0,000725794
3600	0,000967725	16800	0,000725794
4200	0,001088691	18000	0,000725794
4800	0,000967725	19200	0,000483863
5400	0,000967725	20400	0,000362897
11400	0,007016008	21600	0,000362897

No se observó con claridad el periodo de velocidad decreciente, ya que la velocidad solo se redujo 1,7 veces a su valor inicial, concluyendo que aun hay contenido de agua libre en el alimento.

3.5.5 Gráficas Ensayo # 5. 10mm-80° C

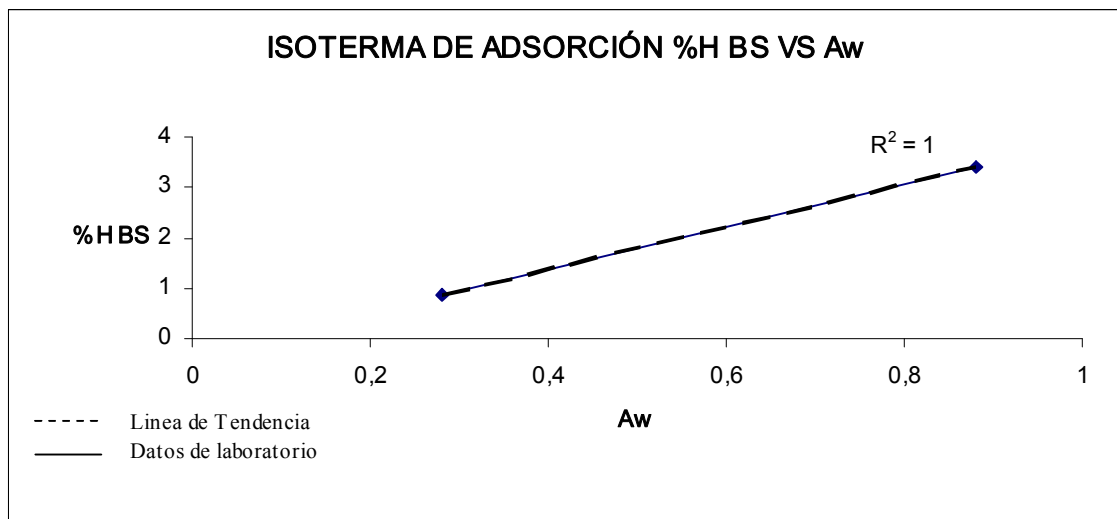
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 5. 10mm-80° C



Aw	1	0,88	0,28	0
% humedad	100	77,4	20	0

Se observó en esta gráfica la disminución de la Aw en 3,1 veces al valor inicial y 3,87 veces en la humedad con respecto a su valor original, indicando que se encuentra en la fase de agua intermedia.

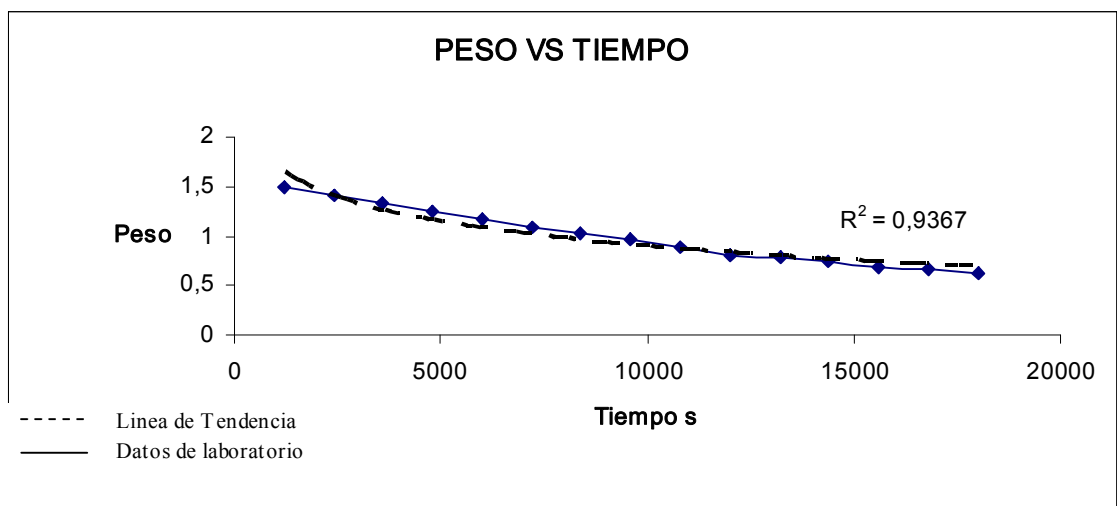
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 5. 10mm-80° C



Aw	1	0,88	0,28	0
% H BS		3,425	0,858	

Se puede observar la reducción del valor de la Aw en 3,1 veces a su valor inicial y una reducción del valor de la base seca en 3,9 veces a su valor inicial.

Gráfica peso vs tiempo del Ensayo # 5. 10mm-80° C

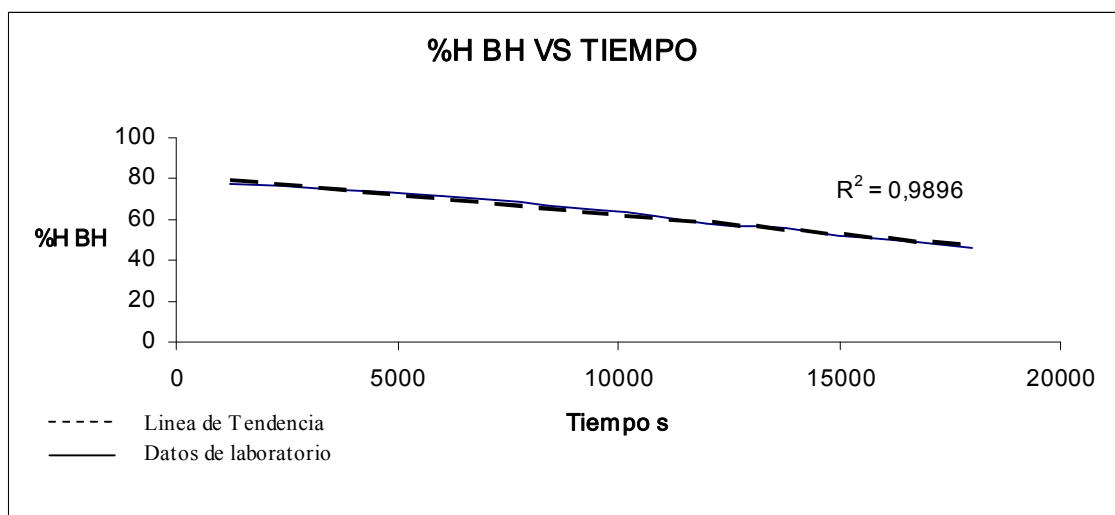


t seg	1200	2400	3600	4800	6000	7200	8400	9600
Peso Kg/F	1,5	1,42	1,34	1,26	1,18	1,1	1,03	0,96

t seg	10800	12000	13200	14400	15600	16800	18000	
Peso Kg/F	0,89	0,81	0,78	0,74	0,69	0,66	0,63	

Se observó la reducción del peso del alimento en 2,3 veces a su pesada inicial durante el tiempo de deshidratación. Se perdió 0,870kg de humedad en el alimento.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo del Ensayo # 5. 10mm-80° C

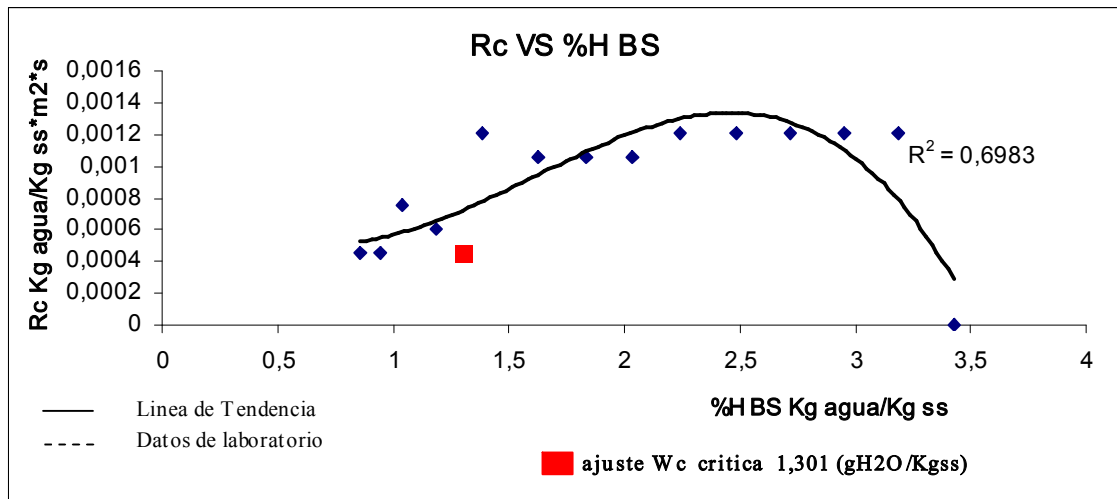


t seg	1200	2400	3600	4800	6000	7200	8400	9600
% HBH	77,4	76,13	74,7	73,1	71,27	69,18	67,09	64,69

t seg	10800	12000	13200	14400	15600	16800	18000	
% HBH	61,91	58,15	56,54	54,19	50,87	48,64	46,19	

Se observó que el %H BH tuvo una disminución de 1,6 veces a su valor inicial en la etapa de deshidratación durante el tiempo total del ensayo. Se perdió 31,21% de humedad en base húmeda en el alimento.

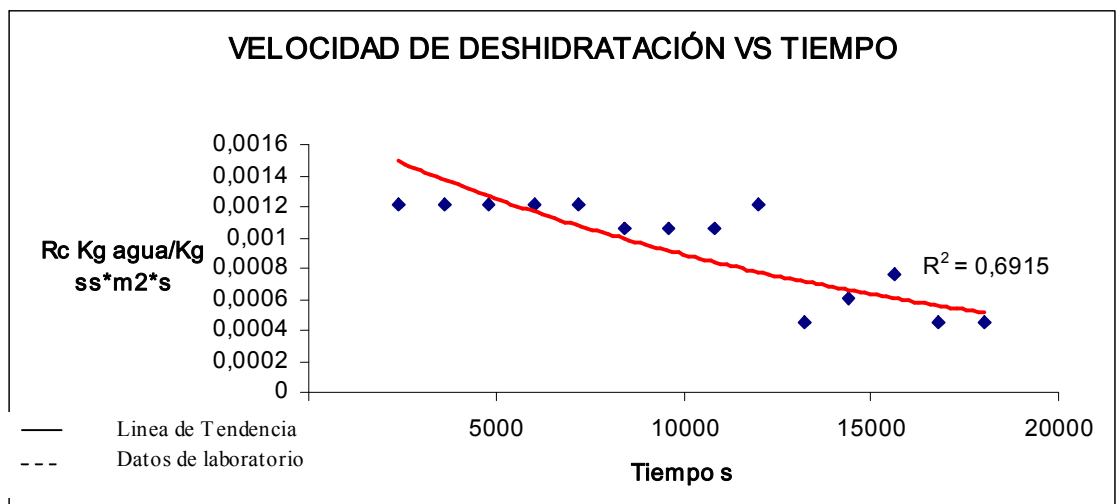
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc del Ensayo # 5. 10mm-80° C



% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s
3,425	N	2,245	0,001210941	1,301	0,000454103
3,189	0,001210941	2,038	0,001059573	1,183	0,000605471
2,953	0,001210941	1,832	0,001059573	1,035	0,000756838
2,717	0,001210941	1,625	0,001059573	0,947	0,000454103
2,481	0,001210941	1,389	0,001210941	0,858	0,000454103

Se observó la disminución del %H BS en 3,9 veces a su valor inicial y la velocidad con una reducción de 2,5 veces a su valor original, concluyendo que aun se encuentra agua libre en el alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo del Ensayo # 5. 10mm-80° C

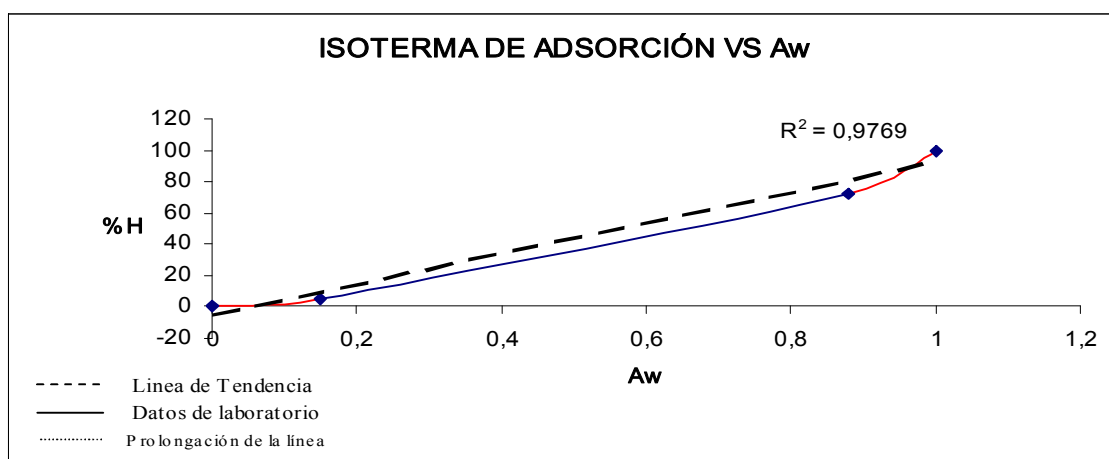


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s
1200	N	7200	0,001210941	13200	0,000454103
2400	0,001210941	8400	0,001059573	14400	0,000605471
3600	0,001210941	9600	0,001059573	15600	0,000756838
4800	0,001210941	10800	0,001059573	16800	0,000454103
6000	0,001210941	12000	0,001210941	18000	0,000454103

Se observó el periodo de velocidad constante y decreciente, lográndose analizar la existencia de agua libre en el alimento.

3.5.6 Gráficas Ensayo # 6. 10mm-85° C

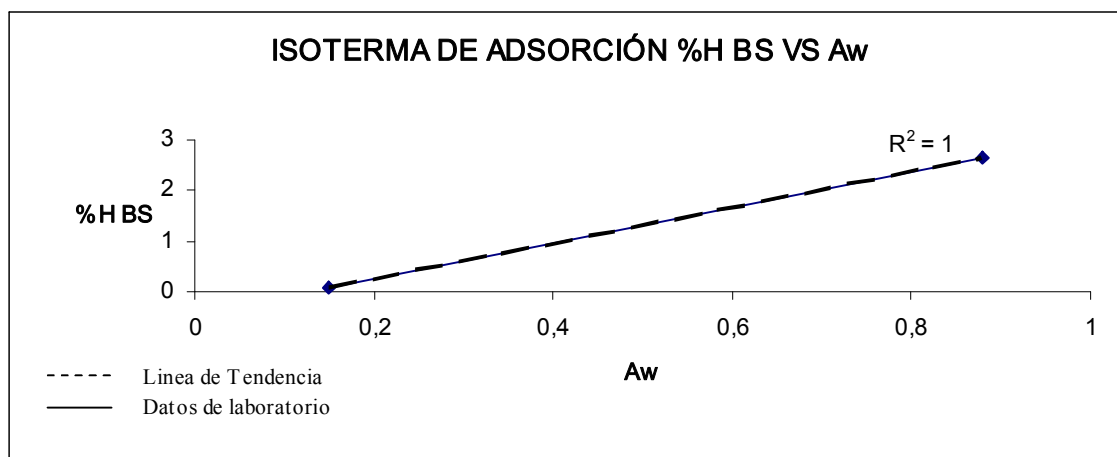
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 6. 10mm-85° C



Aw	1	0,815	0,218	0
% humedad	100	73,4	12	0

En la gráfica se observa la disminución de la Aw en 3,7 veces a su valor inicial y la humedad en 6,1 veces, indicando su cercanía al límite de agua constitucional.

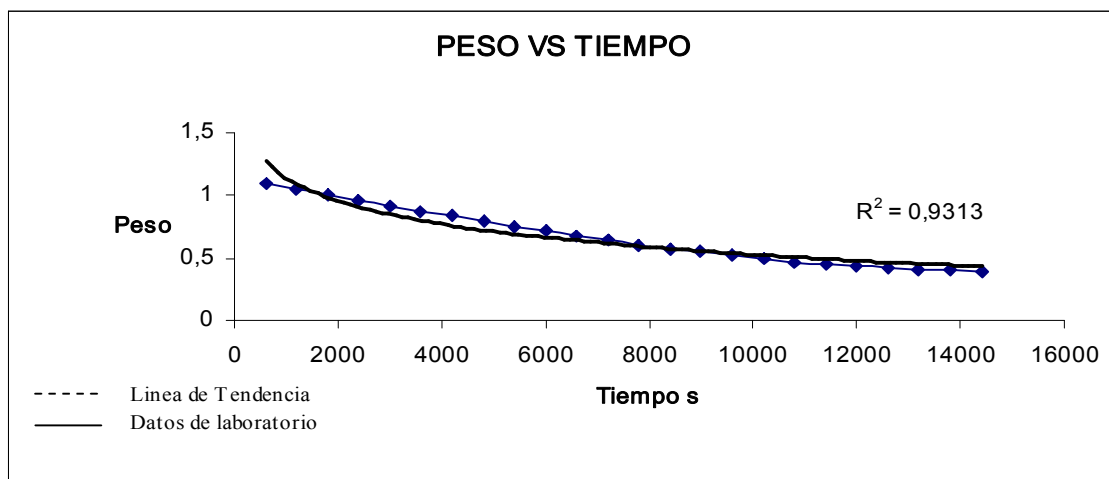
Gráfica isoterma de adsorción del Ensayo # 6. 10mm-85° C



Aw	1	0,815	0,218	0
% H BS		2,759	0,353	

Se observa la reducción de la Aw en 3,7 veces con respecto a su valor inicial y la disminución del %H BS en 7,8 veces a su valor original.

Gráfica peso vs tiempo del Ensayo # 6. 10mm-85° C

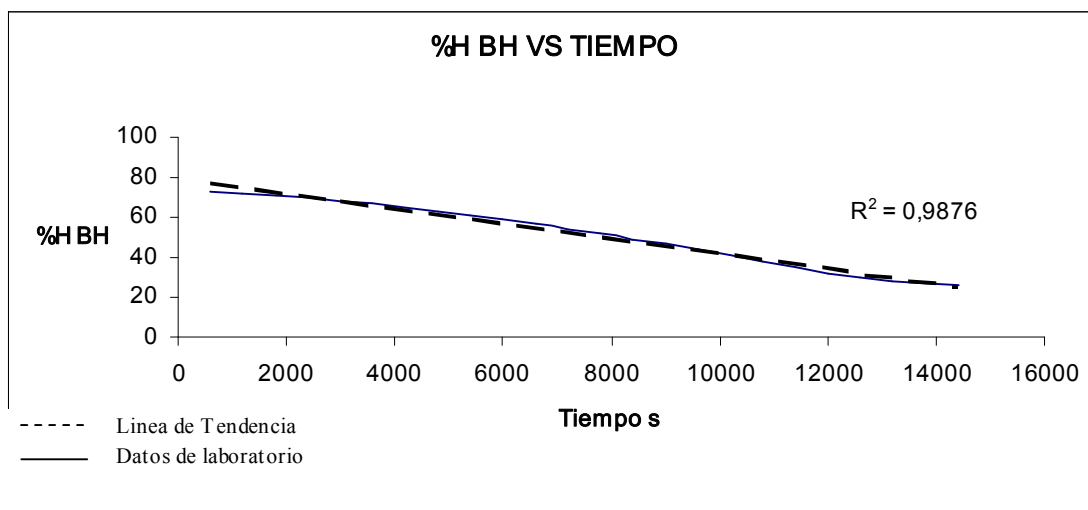


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
Peso Kg/F	1,1	1,056	1,011	0,966	0,921	0,876	0,836	0,796	0,756	0,716	0,681	0,641

t seg	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400
Peso Kg/F	0,606	0,576	0,551	0,521	0,496	0,471	0,451	0,431	0,416	0,406	0,401	0,396

Se observó la pérdida de peso en el alimento de 2,7 veces a su valor inicial durante el ensayo, teniendo el tiempo de referencia de 4 horas.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo del Ensayo # 6. 10mm-85° C

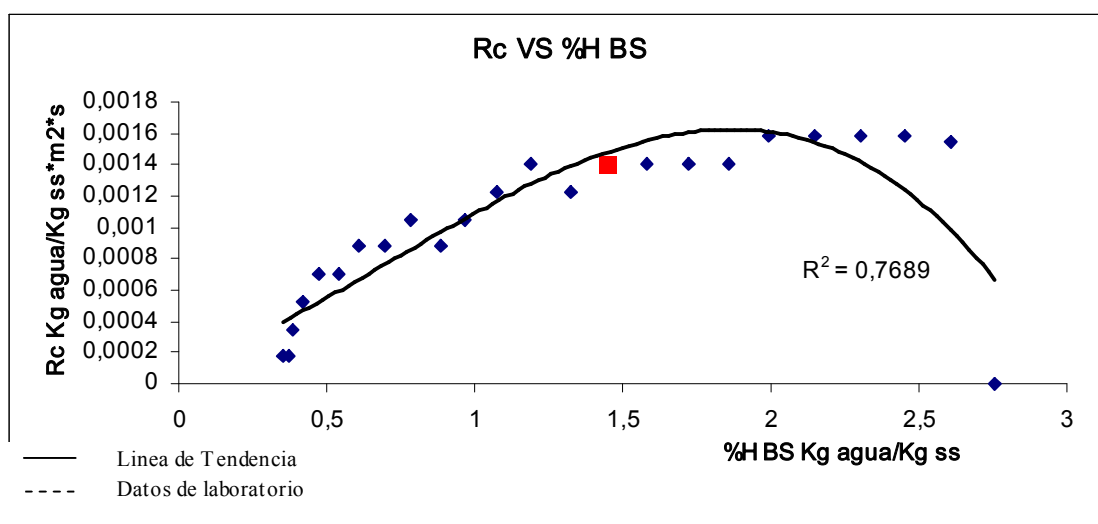


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
% HBH	73,4	72,29	71,06	69,71	68,23	66,6	65	63,24	61,3	59,13	57,03	54,35

t seg	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400
% HBH	51,72	49,2	46,9	43,84	41,01	37,88	35,12	32,11	29,66	27,93	27,03	26,11

Se observó la reducción del %H BH en 2,8 veces a su valor inicial durante el tiempo de deshidratación del alimento. Se perdió 47,29% de humedad en base húmeda.

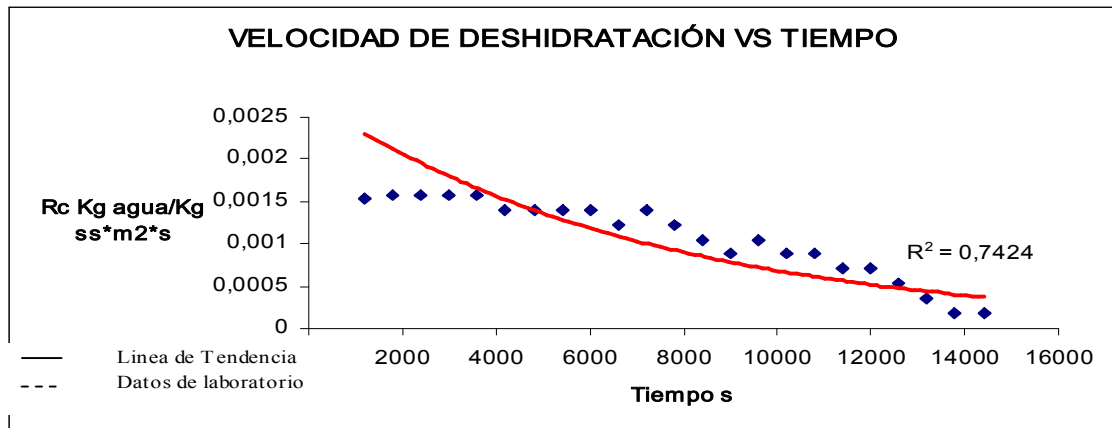
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste Rc del Ensayo # 6. 10mm-85° C



% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s
2,759	N	1,584	0,00140297	0,695	0,000876856
2,609	0,001543267	1,447	0,00140297	0,61	0,000876856
2,455	0,001578341	1,327	0,001227599	0,541	0,000701485
2,301	0,001578341	1,191	0,00140297	0,473	0,000701485
2,148	0,001578341	1,071	0,001227599	0,422	0,000526114
1,994	0,001578341	0,969	0,001052228	0,388	0,000350743
1,857	0,00140297	0,883	0,000876856	0,37	0,000175371
1,72	0,00140297	0,781	0,001052228	0,353	0,000175371

Se observó que a medida que el %H BS fue disminuyendo en 7,8 veces, la velocidad de deshidratación se redujo en 10 veces, concluyendo la eliminación del agua libre y la cercanía al agua constitucional.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo del Ensayo # 6. 10mm-85° C

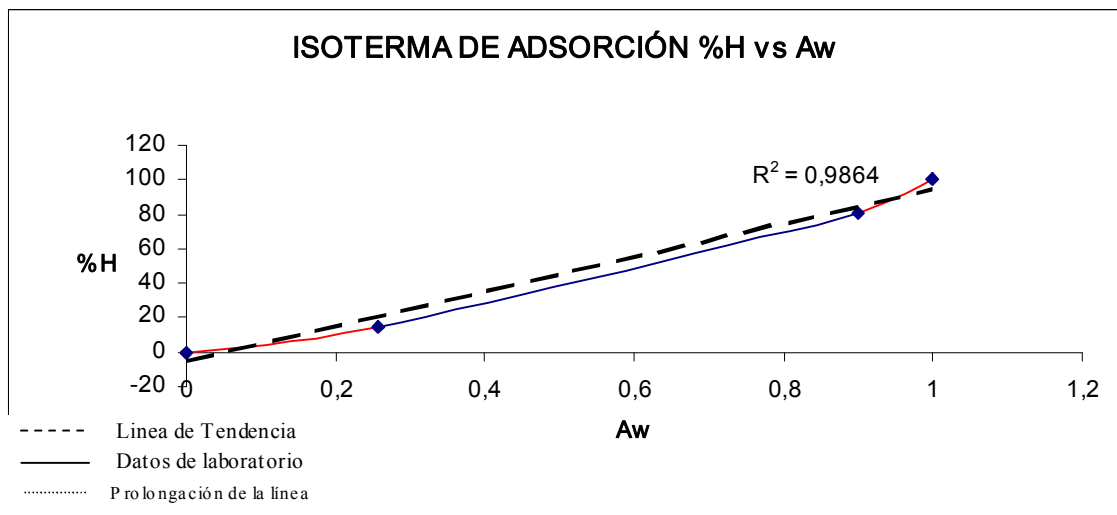


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	N	5400	0,00140297	10200	0,000876856
1200	0,001543267	6000	0,00140297	10800	0,000876856
1800	0,001578341	6600	0,001227599	11400	0,000701485
2400	0,001578341	7200	0,00140297	12000	0,000701485
3000	0,001578341	7800	0,001227599	12600	0,000526114
3600	0,001578341	8400	0,001052228	13200	0,000350743
4200	0,00140297	9000	0,000876856	13800	0,000175371
4800	0,00140297	9600	0,001052228	14400	0,000175371

Se observó los periodos de velocidad constante y decreciente, lográndose analizar que la velocidad de deshidratación se redujo en 10 veces durante el proceso, indicando la eliminación del agua libre.

3.5.7 Gráficas Ensayo # 7. 15mm-75° C

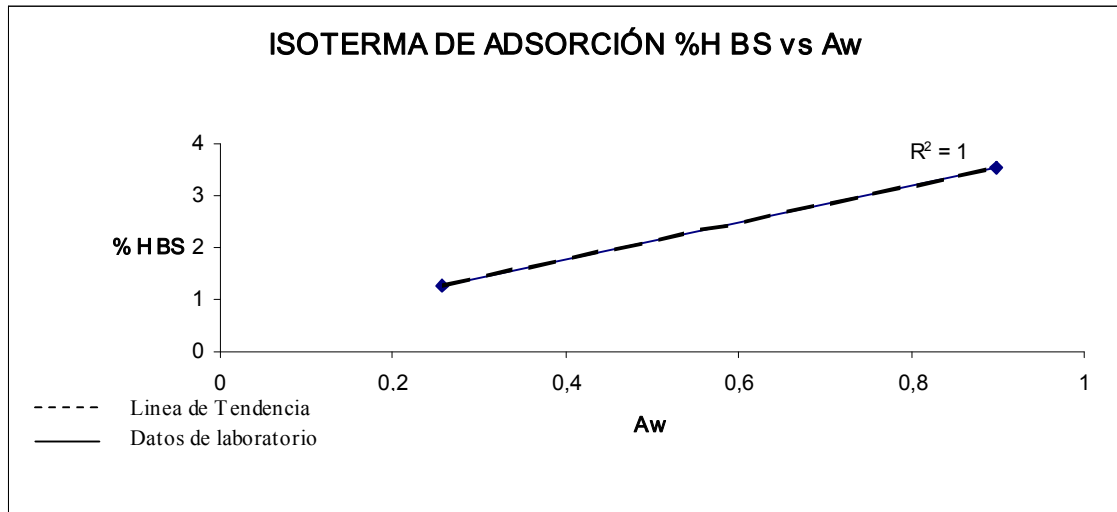
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 7. 15mm-75° C



Aw	1	0,87	0,256	0
% humedad	100	78	35	0

Se observó la disminución de la Aw en 3,3 veces a su valor inicial y la humedad en 2,2 veces indicando la cercanía al límite del agua constitucional.

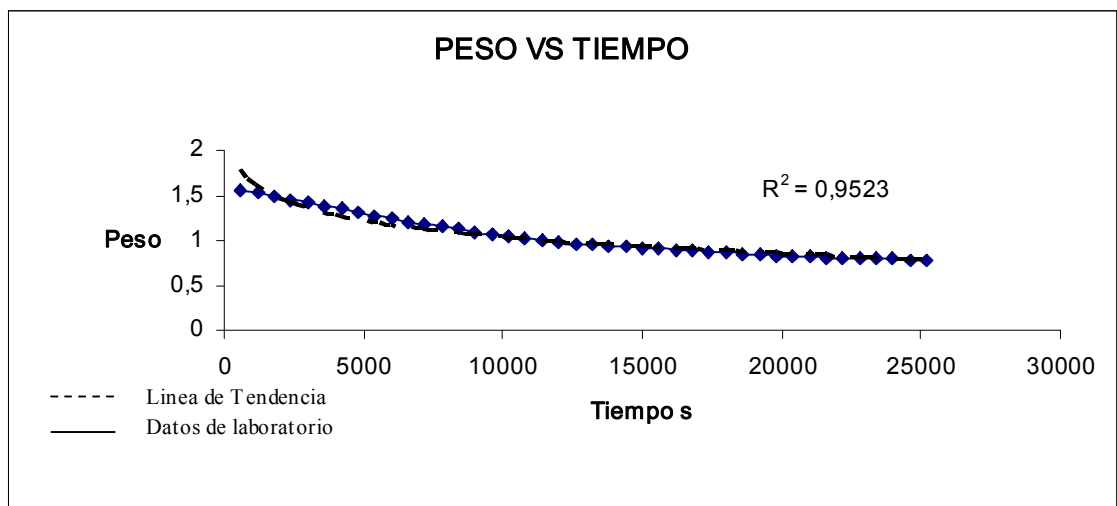
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 7. 15mm-75° C



Aw	1	0,87	0,256	0
% H BS		3,545	1,273	

Se observó la reducción del valor de la Aw en 3,3 veces a su valor original y la disminución del peso de base seca en 2,7 veces con respecto al inicial.

Gráfica peso vs tiempo de Ensayo # 7. 15mm-75° C



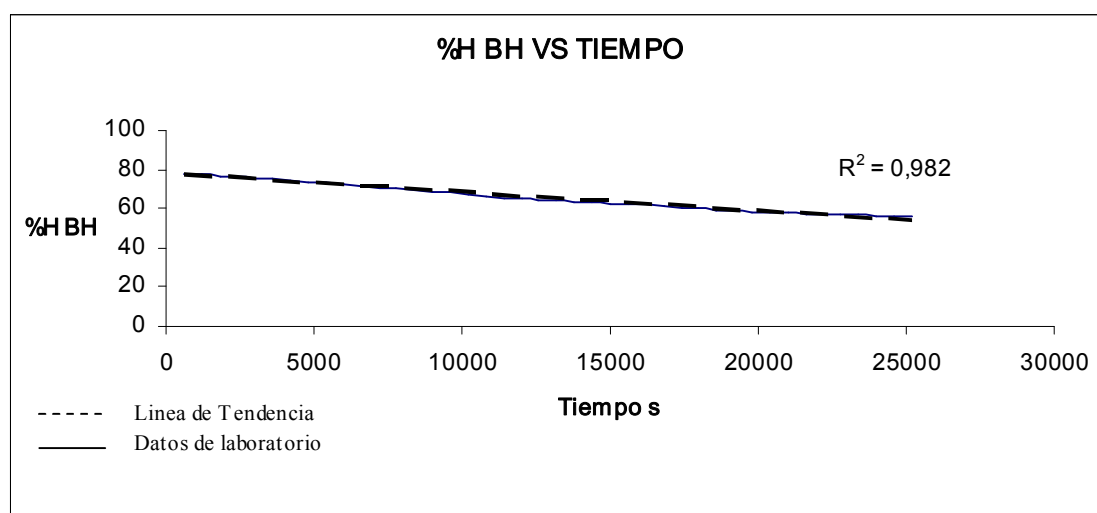
t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200	7800	8400
Peso Kg/F	1,56	1,525	1,49	1,455	1,42	1,385	1,35	1,31	1,275	1,24	1,21	1,18	1,15	1,125

t seg	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400	15000	15600	16200	16800
Peso Kg/F	1,095	1,07	1,045	1,02	1	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9	0,885

t seg	17400	18000	18600	19200	19800	20400	21000	21600	22200	22800	23400	24000	24600	25200
Peso Kg/F	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,815	0,81	0,805	0,8	0,795	0,79	0,785	0,78

Se observó la pérdida de peso en el alimento en 2 veces a su pesada inicial durante el tiempo de deshidratación de 7 horas.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo de Ensayo # 7. 15mm-75° C



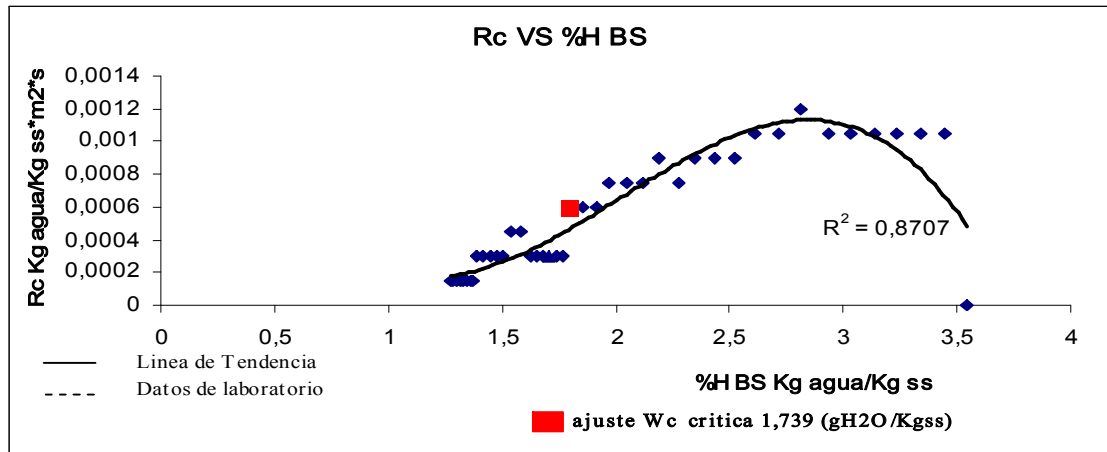
t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200	7800	8400
% HBH	78	77,5	76,97	76,41	75,83	75,22	74,58	73,8	73,08	72,32	71,64	70,92	70,16	69,49

t seg	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400	15000	15600	16200	16800
% HBH	68,66	67,93	67,16	66,35	65,68	64,98	64,25	63,87	63,49	63,1	62,7	62,29	61,87	61,22

t seg	17400	18000	18600	19200	19800	20400	21000	21600	22200	22800	23400	24000	24600	25200
% HBH	60,55	60,09	59,62	59,14	58,65	58,15	57,89	57,63	57,37	57,1	56,83	56,56	56,28	56

Se observó la disminución del %H BH en 1,3 veces su valor inicial durante el tiempo de proceso. Se perdió 22% de humedad en base húmeda.

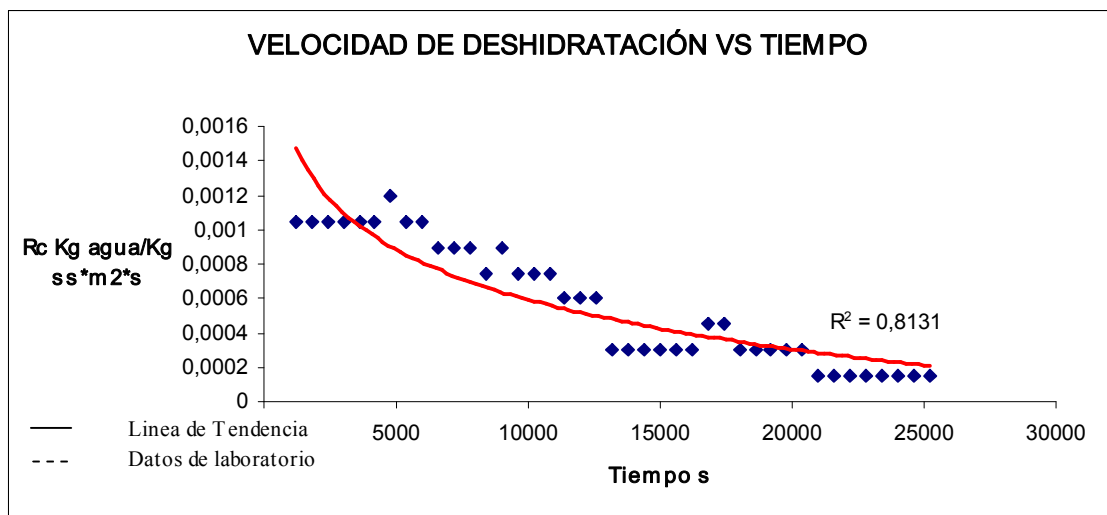
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc de Ensayo # 7. 15mm-75° C



RC		RC		RC	
% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s
3,545	n	2,191	0,000897091	1,535	0,000448546
3,443	0,001046607	2,118	0,000747576	1,506	0,00029903
3,341	0,001046607	2,045	0,000747576	1,477	0,00029903
3,24	0,001046607	1,972	0,000747576	1,448	0,00029903
3,138	0,001046607	1,914	0,000598061	1,418	0,00029903
3,036	0,001046607	1,855	0,000598061	1,389	0,00029903
2,934	0,001046607	1,797	0,000598061	1,375	0,000149515
2,817	0,001196122	1,768	0,00029903	1,36	0,000149515
2,715	0,001046607	1,739	0,00029903	1,346	0,000149515
2,613	0,001046607	1,71	0,00029903	1,331	0,000149515
2,526	0,000897091	1,681	0,00029903	1,316	0,000149515
2,438	0,000897091	1,652	0,00029903	1,302	0,000149515
2,351	0,000897091	1,622	0,00029903	1,287	0,000149515
2,278	0,000747576	1,579	0,000448546	1,273	0,000149515

Se observó que a medida que fue disminuyendo el %H BS en 2,7 veces la velocidad de deshidratación se redujo en 10 veces, concluyendo que se ha retirado la mayor cantidad de agua libre en el alimento en base seca.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo de Ensayo # 7. 15mm-75° C

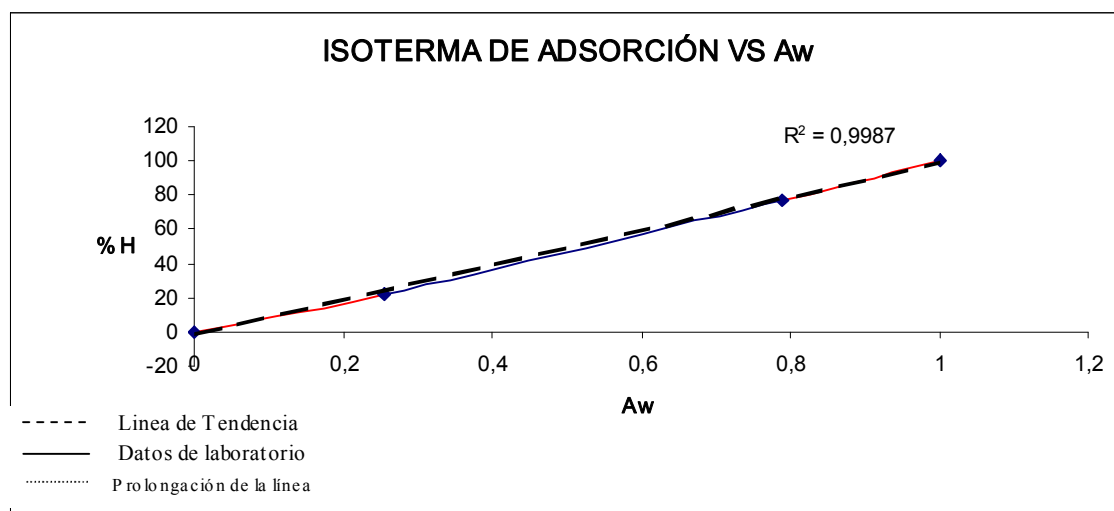


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	n	9000	0,000897091	17400	0,000448546
1200	0,001046607	9600	0,000747576	18000	0,00029903
1800	0,001046607	10200	0,000747576	18600	0,00029903
2400	0,001046607	10800	0,000747576	19200	0,00029903
3000	0,001046607	11400	0,000598061	19800	0,00029903
3600	0,001046607	12000	0,000598061	20400	0,00029903
4200	0,001046607	12600	0,000598061	21000	0,000149515
4800	0,001196122	13200	0,00029903	21600	0,000149515
5400	0,001046607	13800	0,00029903	22200	0,000149515
6000	0,001046607	14400	0,00029903	22800	0,000149515
6600	0,000897091	15000	0,00029903	23400	0,000149515
7200	0,000897091	15600	0,00029903	24000	0,000149515
7800	0,000897091	16200	0,00029903	24600	0,000149515
8400	0,000747576	16800	0,000448546	25200	0,000149515

Se observó varios periodos de velocidad constante y decreciente durante la operación, lográndose analizar la reducción del valor en 10 veces, indicando la eliminación de la mayor cantidad de agua en el producto.

3.5.8 Gráficas Ensayo # 8. 15mm-80° C

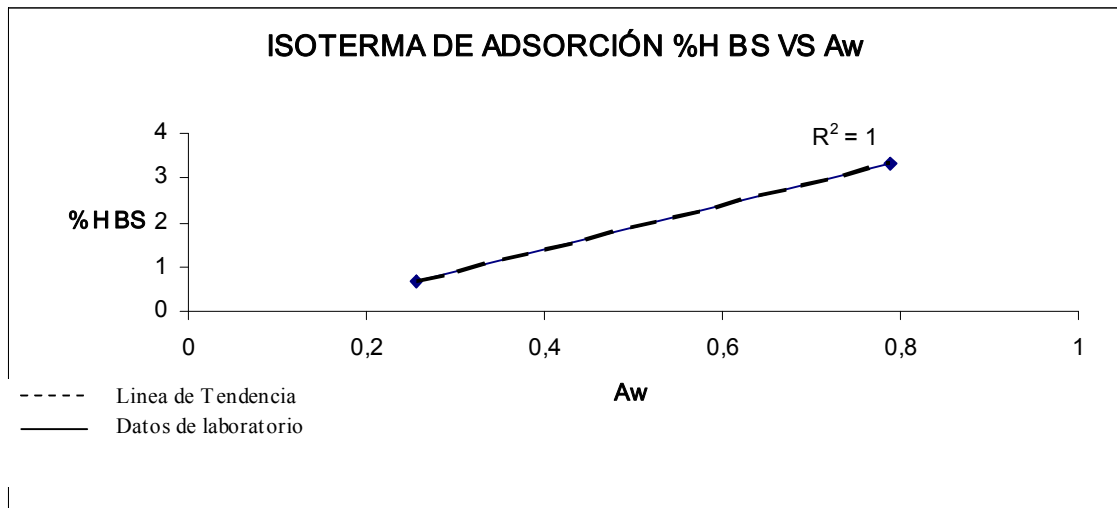
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 8. 15mm-80° C



Aw	1	0,788	0,256	0
% humedad	100	77	22	0

En la gráfica se puede observar que la reducción de la Aw con respecto a su valor inicial fue de 3,0 veces mientras que la disminución de la humedad en el alimento fue de 3,5 veces a su valor original. Se analiza que llegó a límite de los valores entre el agua de constitución y agua intermedia en el producto.

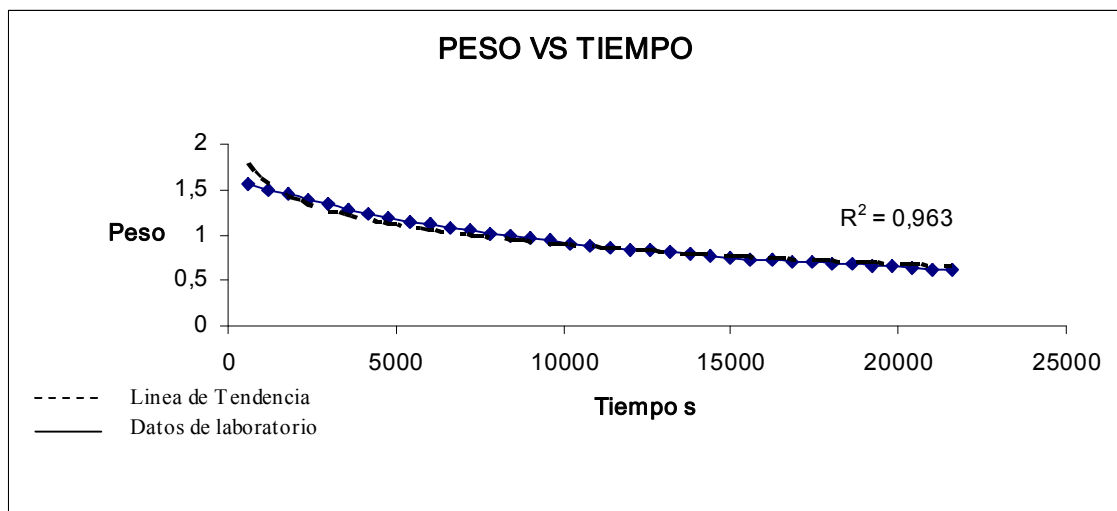
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 8. 15mm-80° C



Aw	1	0,788	0,256	0
% H BS		3,348	0,695	

Se observa la reducción de la Aw y la humedad en 3,0 veces y 4,8 veces respectivamente a sus valores iniciales, concluyendo la eliminación de agua en el producto. Se perdió 2,653% de humedad en base seca.

Gráfica peso vs tiempo de Ensayo # 8. 15mm-80° C

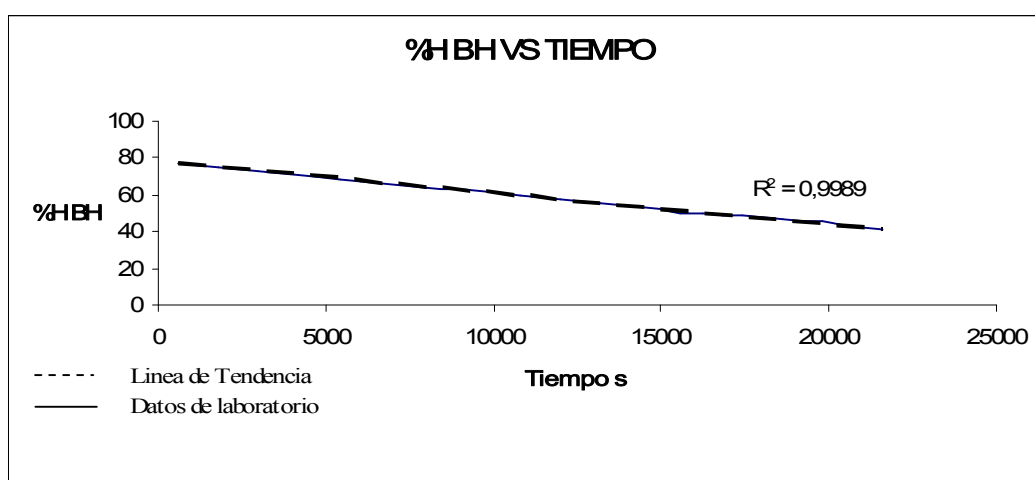


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
Peso Kg/F	1,56	1,5	1,44	1,38	1,33	1,28	1,235	1,19	1,15	1,11	1,08	1,045
t seg	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400
Peso Kg/F	1,015	0,985	0,96	0,935	0,91	0,885	0,865	0,845	0,825	0,805	0,785	0,765

t seg	15000	15600	16200	16800	17400	18000	18600	19200	19800	20400	21000	21600
Peso Kg/F	0,745	0,725	0,715	0,705	0,695	0,685	0,675	0,665	0,655	0,64	0,625	0,608

Se observó la pérdida de peso en el alimento en 2,5 veces a su valor inicial con respecto al tiempo del proceso de deshidratación de 6 horas.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo de Ensayo # 8. 15mm-80° C

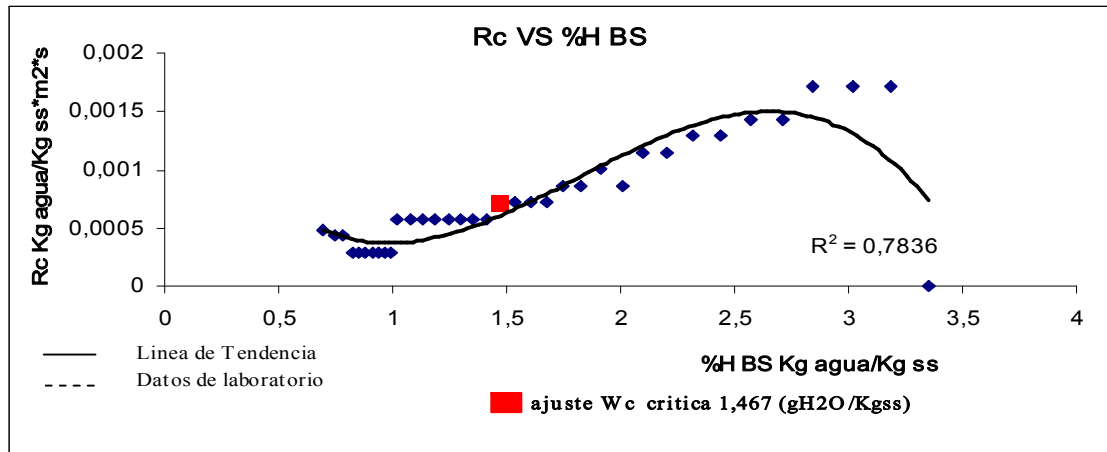


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
% HBH	77	76,08	75,08	74	73,02	71,97	70,95	69,85	68,8	67,68	66,78	65,67
t seg	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400
% HBH	64,65	63,57	62,63	61,63	60,57	59,46	58,52	57,54	56,51	55,43	54,29	53,1

t seg	15000	15600	16200	16800	17400	18000	18600	19200	19800	20400	21000	21600
% HBH	51,84	50,51	49,82	49,11	48,37	47,62	46,84	46,05	45,22	43,94	42,59	40,99

Se observó que el %H BH tiene una disminución de 1,8 veces a su valor inicial, indicando una eliminación parcial del agua libre en base seca. Se perdió 29,01% de humedad en base húmeda.

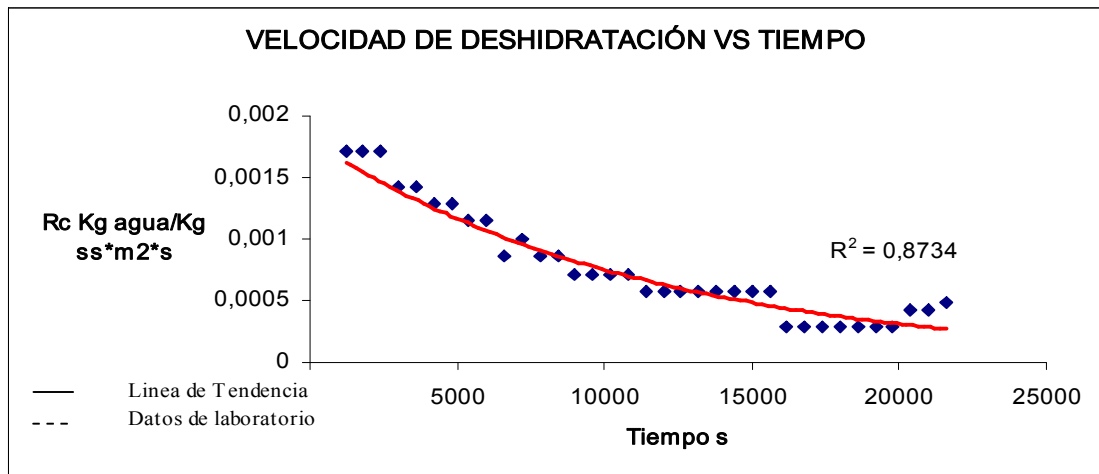
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad BS con ajuste de Rc de Ensayo # 8. 15mm-80° C



% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s
3,348	n	1,829	0,000858087	1,076	0,000572058
3,181	0,001716175	1,745	0,000858087	1,021	0,000572058
3,013	0,001716175	1,676	0,000715073	0,993	0,000286029
2,846	0,001716175	1,606	0,000715073	0,965	0,000286029
2,707	0,001430146	1,536	0,000715073	0,937	0,000286029
2,567	0,001430146	1,467	0,000715073	0,909	0,000286029
2,442	0,001287131	1,411	0,000572058	0,881	0,000286029
2,317	0,001287131	1,355	0,000572058	0,853	0,000286029
2,205	0,001144117	1,299	0,000572058	0,826	0,000286029
2,094	0,001144117	1,244	0,000572058	0,784	0,000429044
2,01	0,000858087	1,188	0,000572058	0,742	0,000429044
1,912	0,001001102	1,132	0,000572058	0,695	0,00048625

Se observó que a medida que el %H BS se reducía en 1,8 veces con respecto a su valor inicial, la velocidad de deshidratación disminuyó en 2,5 veces, concluyendo la eliminación parcial del agua libre en el alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo de Ensayo # 8. 15mm-80° C

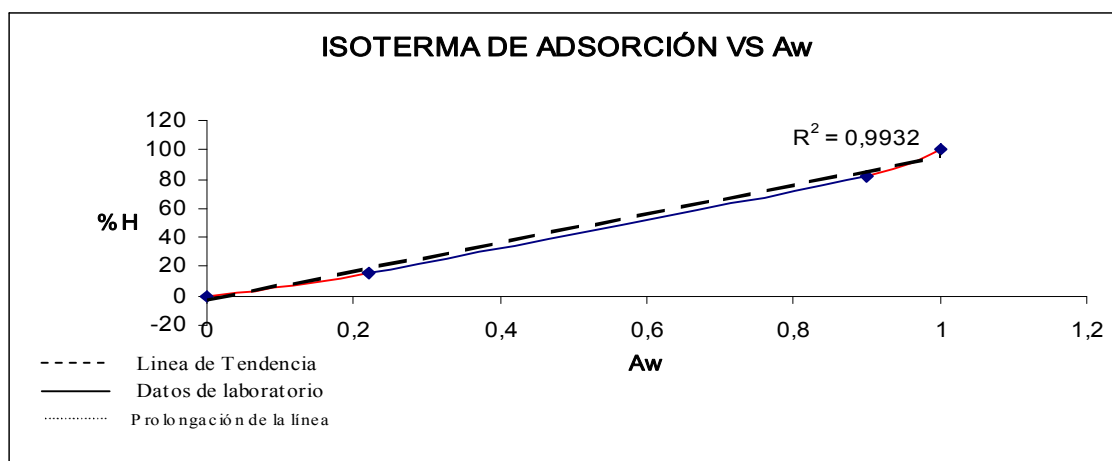


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	n	7800	0,000858087	15000	0,000572058
1200	0,001716175	8400	0,000858087	15600	0,000572058
1800	0,001716175	9000	0,000715073	16200	0,000286029
2400	0,001716175	9600	0,000715073	16800	0,000286029
3000	0,001430146	10200	0,000715073	17400	0,000286029
3600	0,001430146	10800	0,000715073	18000	0,000286029
4200	0,001287131	11400	0,000572058	18600	0,000286029
4800	0,001287131	12000	0,000572058	19200	0,000286029
5400	0,001144117	12600	0,000572058	19800	0,000286029
6000	0,001144117	13200	0,000572058	20400	0,000429044
6600	0,000858087	13800	0,000572058	21000	0,000429044
7200	0,001001102	14400	0,000572058	21600	0,00048625

Se observó el periodo de velocidad decreciente y constante para el ensayo, lográndose analizar que la velocidad de se redujo en 2,5 veces en el proceso, concluyendo la eliminación parcial de agua en el producto.

3.5.9 Gráficas Ensayo # 9. 15mm- 85° C

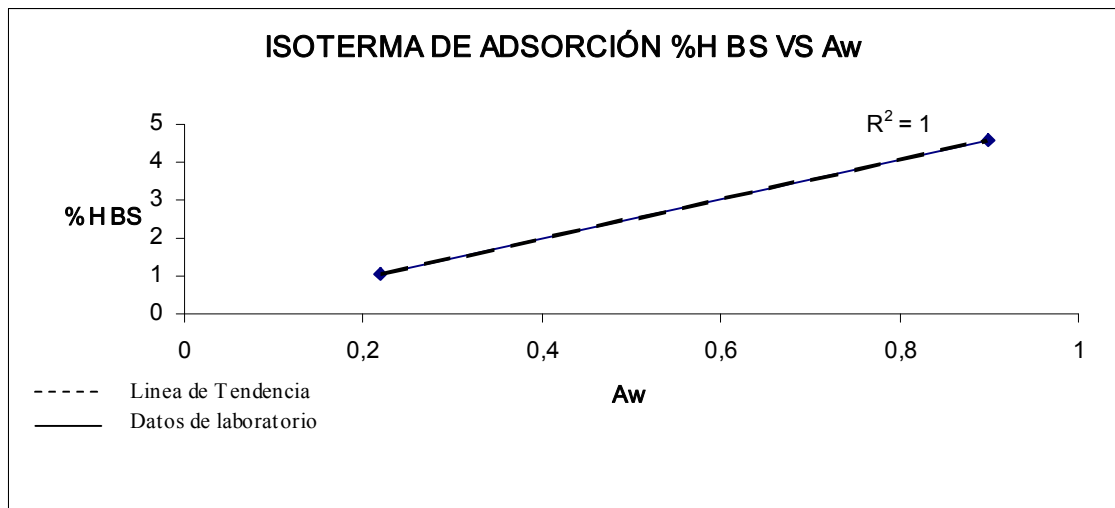
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 9. 15mm- 85° C



Aw	1	0,899	0,22	0
% humedad	100	82	16	0

En la gráfica se observó que se redujo el Aw en 4,0 veces a su valor inicial y la humedad disminuyó en 5,1 veces al original, indicando que el Aw se encuentra en el límite del agua de constitución del producto. Se perdió 66% de humedad en el alimento.

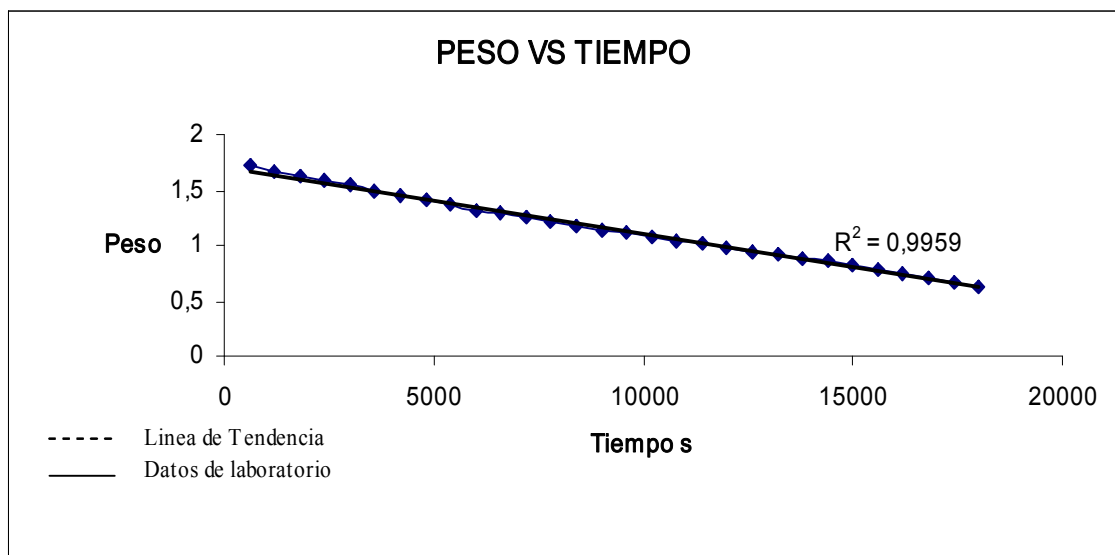
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 9. 15mm- 85° C



Aw	1	0,899	0,22	0
% H BS		4,556	1,035	

Se observó la disminución de la Aw en 4,0 veces a su valor original, mientras que el %H BS se redujo en 4,4 veces a su valor inicial, resultando en la mayor cantidad de eliminación de agua libre en el producto.

Gráfica peso vs tiempo de Ensayo # 9. 15mm- 85° C



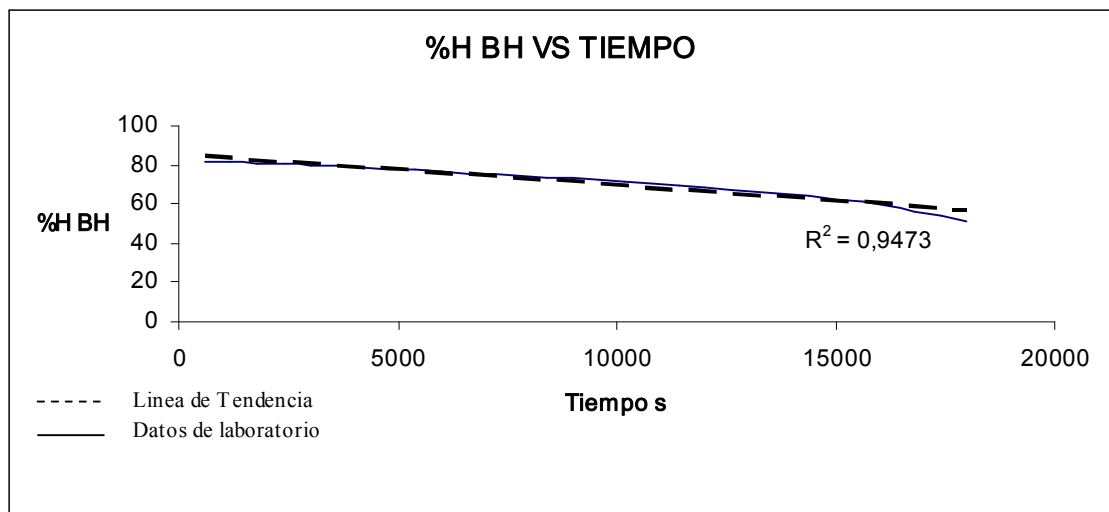
t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
Peso Kg/F	1,72	1,675	1,63	1,585	1,54	1,5	1,455	1,41	1,365	1,32

t seg	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000
Peso Kg/F	1,285	1,25	1,215	1,18	1,145	1,11	1,075	1,04	1,01	0,98

t seg	12600	13200	13800	14400	15000	15600	16200	16800	17400	18000
Peso Kg/F	0,95	0,92	0,885	0,855	0,825	0,79	0,75	0,71	0,67	0,63

Se observó que el peso del alimento pierde 2,7 veces su valor inicial durante el tiempo de proceso eliminando 1,09kg de agua.

Gráfica % humedad en base Húmeda vs tiempo de Ensayo # 9. 15mm- 85° C



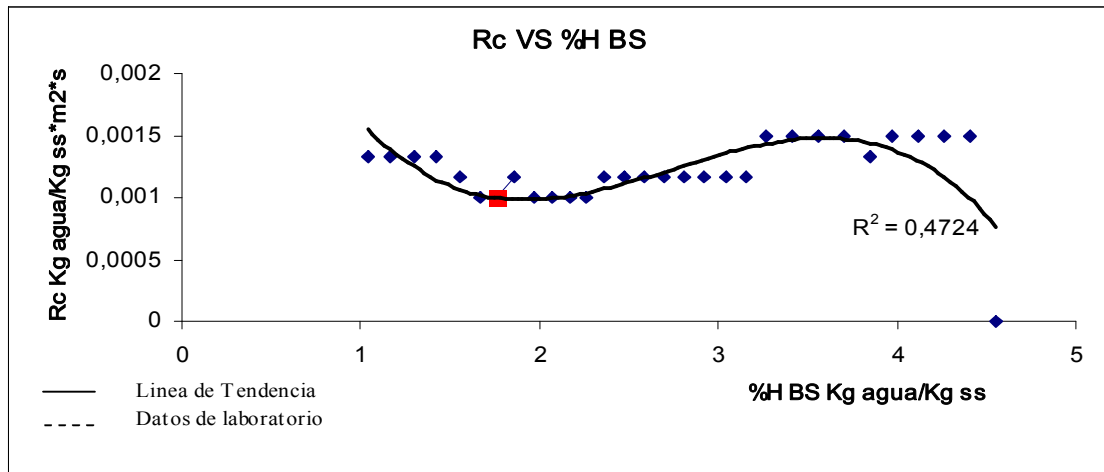
t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
% HBH	82	81,52	81,01	80,47	79,9	79,36	78,72	78,04	77,32	76,55

t seg	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000
% HBH	75,91	75,23	74,52	73,76	72,96	72,11	71,2	70,23	69,35	68,41

t seg	12600	13200	13800	14400	15000	15600	16200	16800	17400	18000
% HBH	67,41	66,35	65,02	63,79	62,47	60,81	58,72	56,39	53,79	50,86

Se observó que el %H BH tiene una disminución de 1,4 veces a su peso inicial durante la operación de deshidratado, eliminando agua libre del alimento. Se perdió 31,14% de humedad en base húmeda.

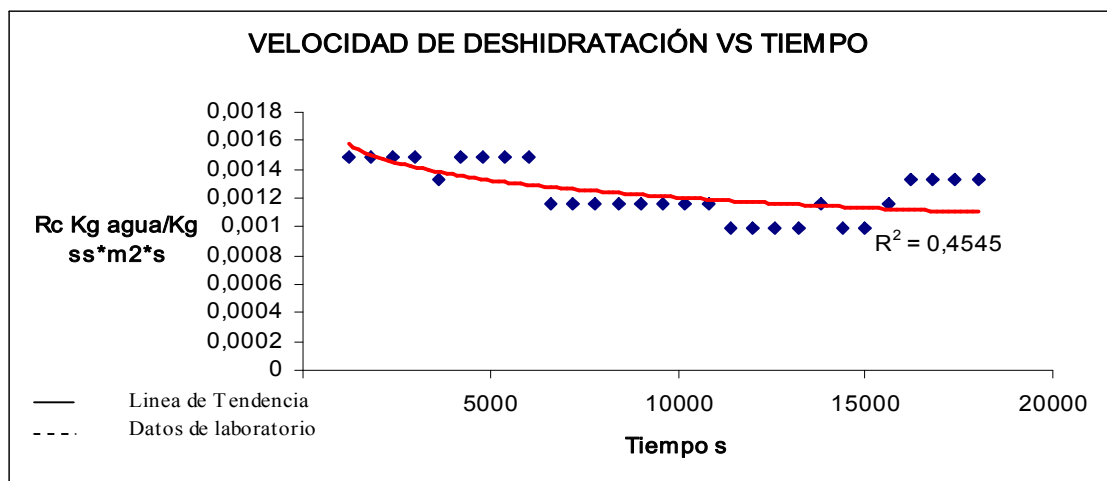
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc de Ensayo # 9. 15mm- 85° C



% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	RC Kg agua/ Kgss*m2*s
4,556	n	3,151	0,001160192	2,068	0,00099445
4,41	0,001491675	3,037	0,001160192	1,972	0,00099445
4,265	0,001491675	2,924	0,001160192	1,859	0,001160192
4,12	0,001491675	2,811	0,001160192	1,762	0,00099445
3,974	0,001491675	2,698	0,001160192	1,665	0,00099445
3,845	0,001325934	2,585	0,001160192	1,552	0,001160192
3,7	0,001491675	2,472	0,001160192	1,422	0,001325934
3,554	0,001491675	2,359	0,001160192	1,293	0,001325934
3,409	0,001491675	2,262	0,00099445	1,164	0,001325934
3,264	0,001491675	2,165	0,00099445	1,035	0,001325934

Se observó que a medida que el %H BS fue disminuyendo en 4,4 veces la velocidad se mantuvo constante durante la operación de deshidratado, indicando la presencia de agua libre en el alimento. Se perdió 3,521% de humedad en base seca.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo de Ensayo # 9. 15mm- 85° C

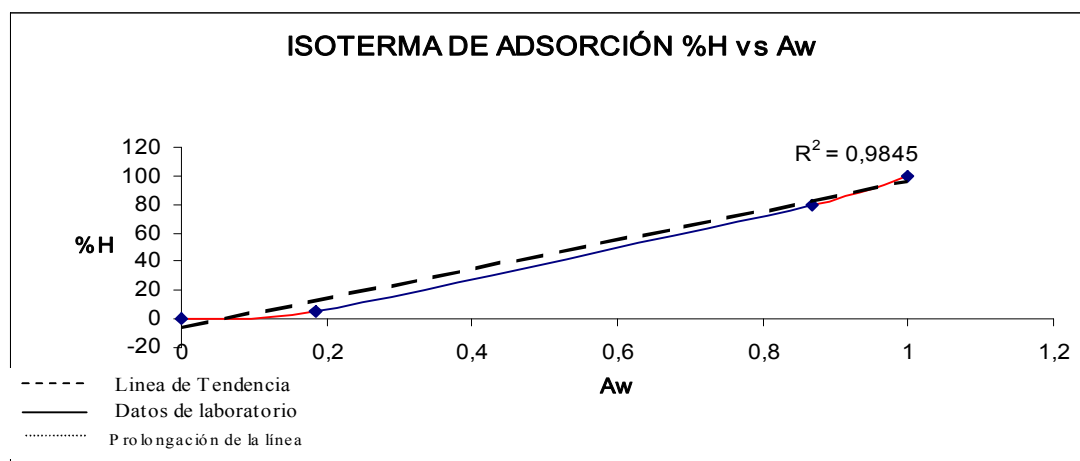


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	n	6600	0,001160192	12600	0,00099445
1200	0,001491675	7200	0,001160192	13200	0,00099445
1800	0,001491675	7800	0,001160192	13800	0,001160192
2400	0,001491675	8400	0,001160192	14400	0,00099445
3000	0,001491675	9000	0,001160192	15000	0,00099445
3600	0,001325934	9600	0,001160192	15600	0,001160192
4200	0,001491675	10200	0,001160192	16200	0,001325934
4800	0,001491675	10800	0,001160192	16800	0,001325934
5400	0,001491675	11400	0,00099445	17400	0,001325934
6000	0,001491675	12000	0,00099445	18000	0,001325934

Se observó los periodos de velocidad decreciente y constante en el producto lográndose analizar que la velocidad de deshidratación se mantuvo constante, indicando la presencia de agua libre en el alimento.

3.5.10 Gráficas Ensayo # 10. 5mm-85° C

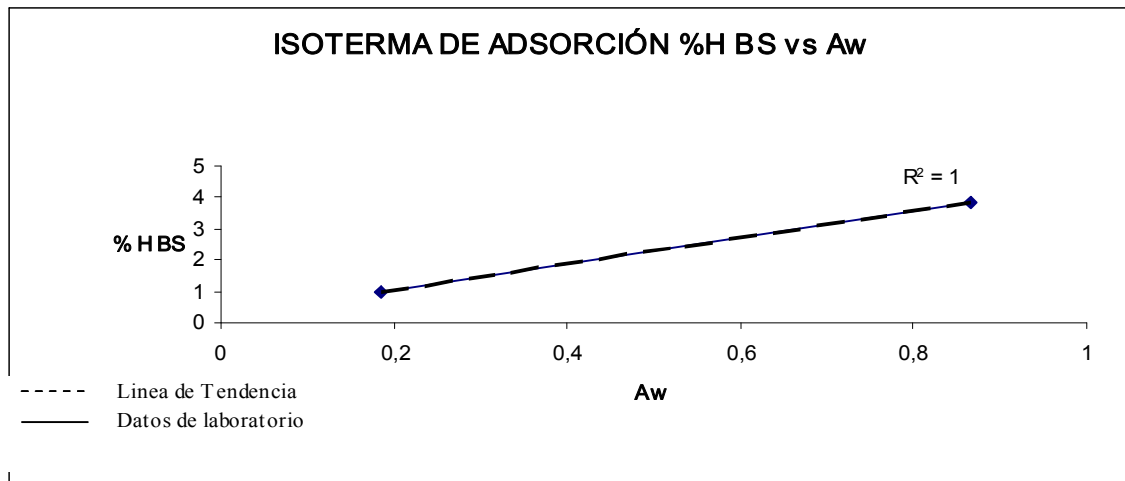
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 10. 5mm-85° C



Aw	1	0,867	0,184	0
% humedad	100	79,4	5	0

Se observó en la gráfica la reducción de la Aw en 4,7 veces a su valor inicial y la disminución de la humedad en 15,8 veces indicando que la Aw se encuentra en la fase límite del agua constitucional. Se perdió 74,4% de humedad en el alimento después del proceso.

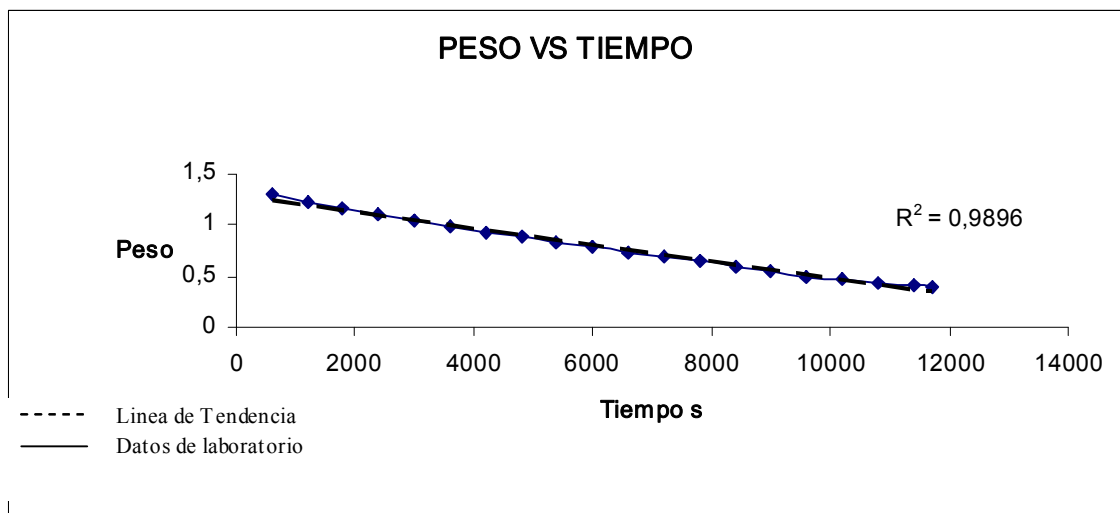
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 10. 5mm-85° C



Aw	1	0,867	0,184	0
% H BS		3,854	0,974	

Se observó la disminución de la Aw en 4,7 veces a su valor inicial y la reducción % H BS en 3,9 veces a su valor original, indicando la eliminación de la mayor cantidad de agua libre en el alimento.

Gráfica peso vs tiempo de Ensayo # 10. 5mm-85° C

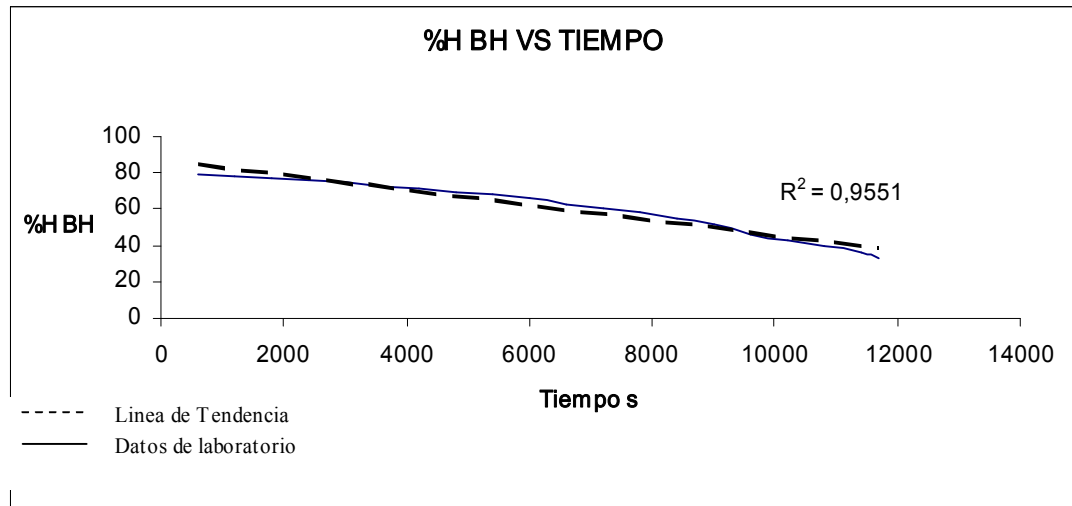


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
Peso Kg/F	1,3	1,23	1,16	1,1	1,04	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78

t seg	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	11700
Peso Kg/F	0,725	0,685	0,645	0,6	0,55	0,5	0,47	0,44	0,42	0,4

Se observó que el peso del alimento se redujo en 3,2 veces a su pesada inicial, eliminando 0,9kg de agua durante el proceso de deshidratación.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo de Ensayo # 10. 5mm-85° C

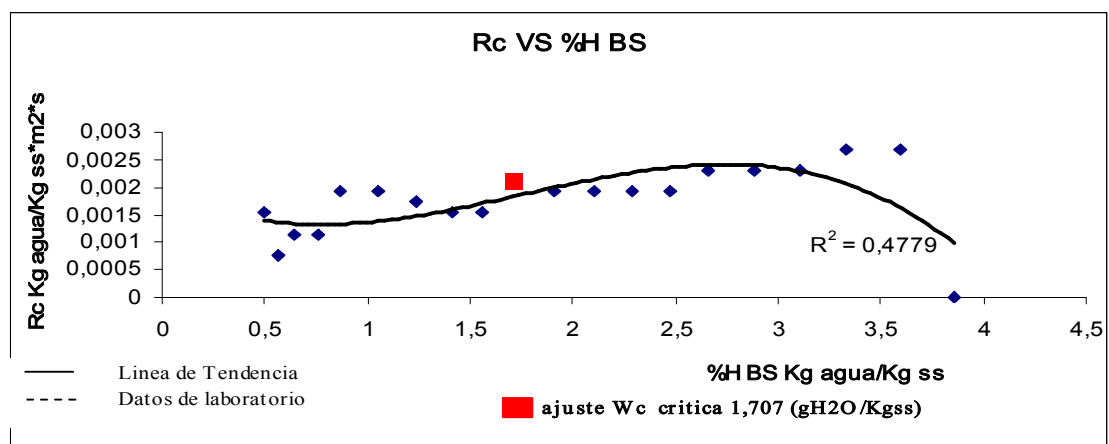


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
% HBH	79,4	78,23	76,91	75,65	74,25	72,67	71,2	69,57	67,73	65,67

t seg	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	11700
% HBH	63,06	60,91	58,48	55,37	51,31	46,44	43,02	39,14	36,24	33,05

Se observó la disminución del %H BH en 2,4 veces a su valor inicial durante el proceso de deshidratación, indicando una eliminación de agua en el producto.

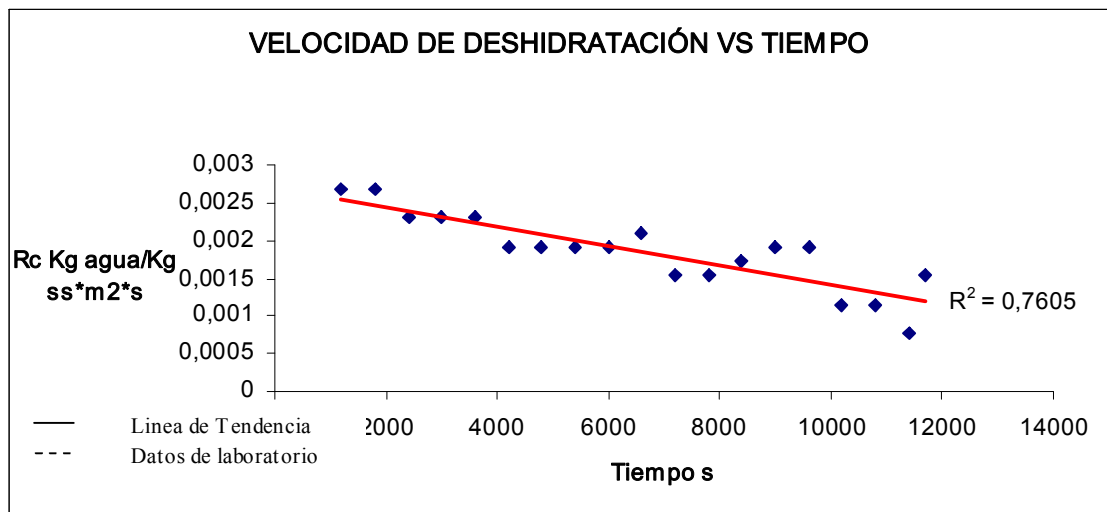
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc de Ensayo # 10. 5mm-85° C



% HBS	RC		% HBS	RC	
	Kg agua/ Kgss*m2*s			Kg agua/ Kgss*m2*s	
3,854		n	1,707		0,002107729
3,593	0,002682565		1,558		0,001532894
3,332	0,002682565		1,409		0,001532894
3,108	0,002299341		1,24		0,001724506
2,883	0,002299341		1,054		0,001916118
2,659	0,002299341		0,867		0,001916118
2,473	0,001916118		0,755		0,001149671
2,286	0,001916118		0,643		0,001149671
2,099	0,001916118		0,568		0,000766447
1,913	0,001916118		0,494		0,001532894

Se observó que a medida que se redujo el %H BS en 7,8 veces su valor inicial, la velocidad se redujo en 2 veces, indicando la presencia de agua libre en el alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo de Ensayo # 10. 5mm-85° C

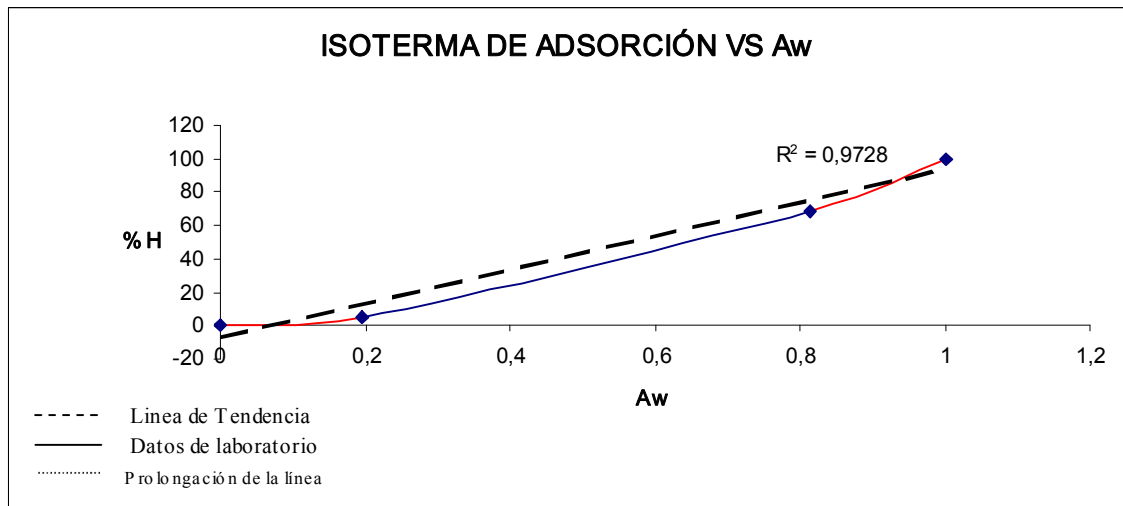


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	n	6600	0,002107729
1200	0,002682565	7200	0,001532894
1800	0,002682565	7800	0,001532894
2400	0,002299341	8400	0,001724506
3000	0,002299341	9000	0,001916118
3600	0,002299341	9600	0,001916118
4200	0,001916118	10200	0,001149671
4800	0,001916118	10800	0,001149671
5400	0,001916118	11400	0,000766447
6000	0,001916118	11700	0,001532894

Se observó los periodos de velocidad decreciente y constante, lográndose analizar la presencia de agua libre en el alimento por la tendencia de la curva.

3.5.11 Gráficas Ensayo # 11. 5mm-85° C

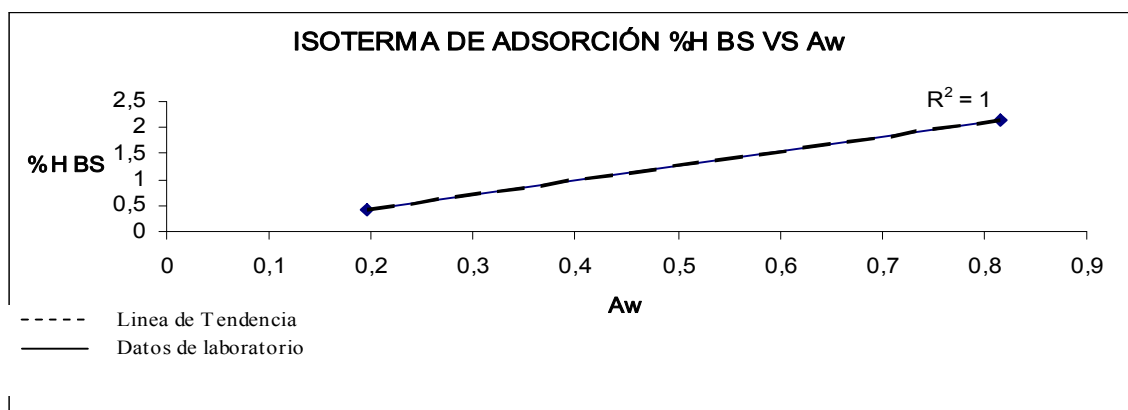
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 11. 5mm-85° C



Aw	1	0,815	0,196	0
% humedad	100	68,2	5	0

Se observó la reducción de la Aw en 4,1 veces a su valor inicial mientras que la humedad se redujo en 13,6 a su valor original, concluyendo que la Aw se encuentra en la fase límite de agua constitucional.

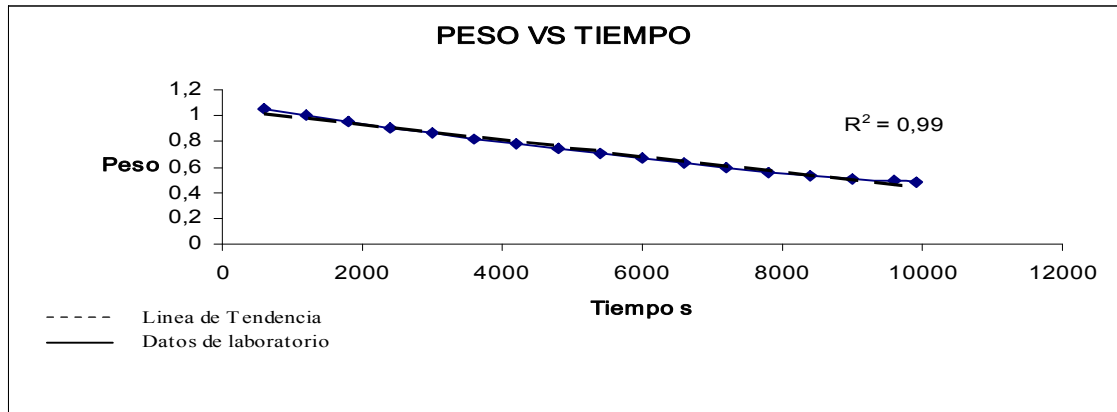
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 11. 5mm-85° C



Aw	1	0,815	0,196	0
% H BS		2,145	0,438	

En esta gráfica se observó la reducción de la Aw en 4,1 veces a su valor inicial y la reducción del %H BS en 4,8 veces a su valor original, indicando la eliminación de agua libre en el alimento.

Gráfica peso vs tiempo de Ensayo # 11. 5mm-85° C

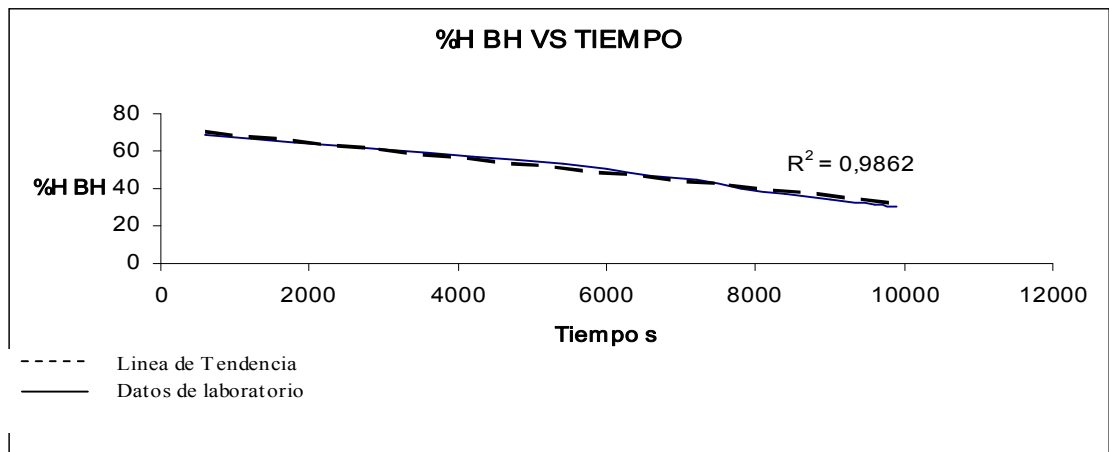


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
Peso Kg/F	1,05	1	0,95	0,9	0,86	0,82	0,78	0,74	0,71

t seg	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	9900	
Peso Kg/F	0,67	0,63	0,6	0,56	0,53	0,51	0,49	0,48	

Se observó que el alimento pierde 2,1 veces su peso durante el ensayo durante el tiempo de proceso logrando eliminar 0,570kg de agua libre del fruto.

Gráfica % humedad en base seca vs tiempo de Ensayo # 11. 5mm-85° C

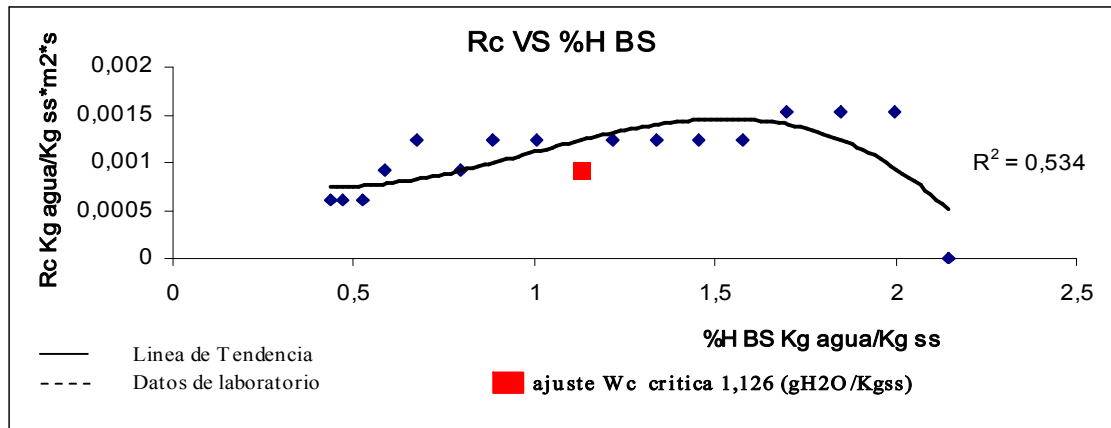


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
% HBH	68,2	66,61	64,85	62,9	61,17	59,28	57,19	54,88	52,97

t seg	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	9900	
% HBH	50,16	47	44,35	40,38	37	34,53	31,86	30,44	

Se observó que el %H BH tiene una disminución en 2,2 veces a su valor inicial durante el tiempo de proceso.

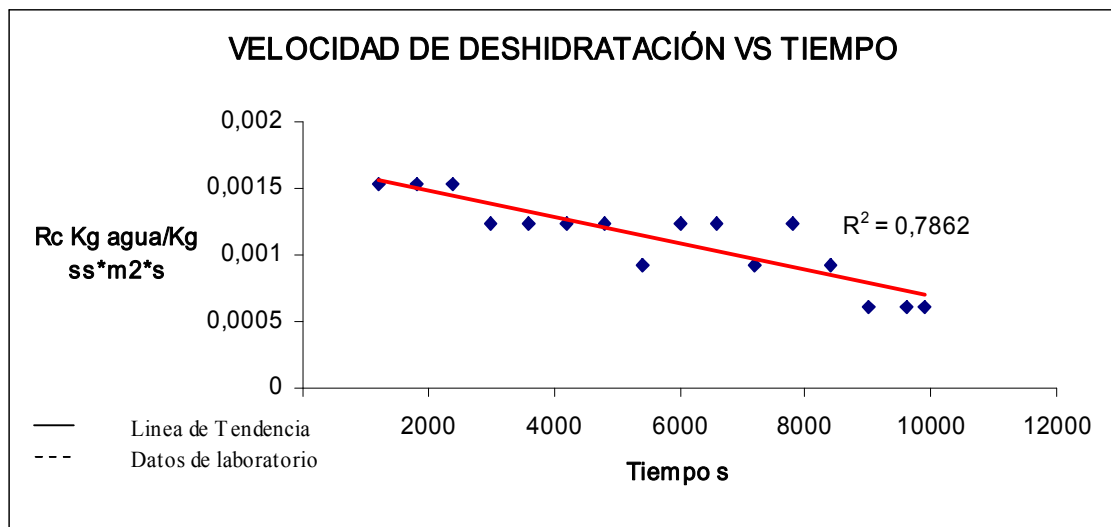
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en BS con ajuste de Rc de
Ensayo # 11. 5mm-85° C



RC		RC	
% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s
2,145	N	1,007	0,001229437
1,995	0,001536796	0,887	0,001229437
1,845	0,001536796	0,797	0,000922078
1,695	0,001536796	0,677	0,001229437
1,576	0,001229437	0,587	0,000922078
1,456	0,001229437	0,527	0,000614719
1,336	0,001229437	0,468	0,000614719
1,216	0,001229437	0,438	0,000614719
1,126	0,000922078		

Se observó que a medida que el %H BS fue disminuyendo en 4,8 veces a su valor inicial, mientras que la velocidad de deshidratación se redujo en 1,6 veces, indicando la presencia de agua libre en el alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación vs tiempo de Ensayo # 11. 5mm-85° C

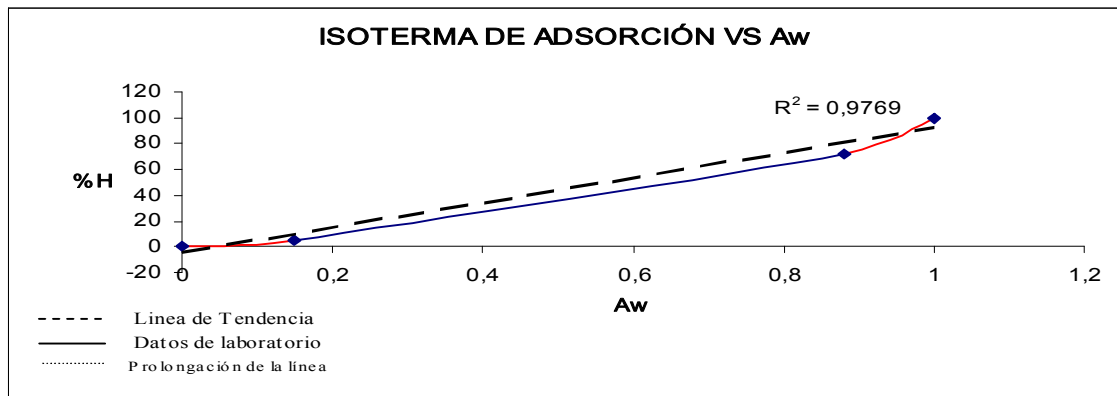


t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s	t seg	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
600	N	6000	0,001229437
1200	0,001536796	6600	0,001229437
1800	0,001536796	7200	0,000922078
2400	0,001536796	7800	0,001229437
3000	0,001229437	8400	0,000922078
3600	0,001229437	9000	0,000614719
4200	0,001229437	9600	0,000614719
4800	0,001229437	9900	0,000614719
5400	0,000922078		

Se observó los periodos de velocidad decreciente y constante, lográndose analizar la presencia de agua libre en el alimento durante el tiempo de deshidratación.

3.5.12 Gráficas Ensayo # 12. 5mm-85° C

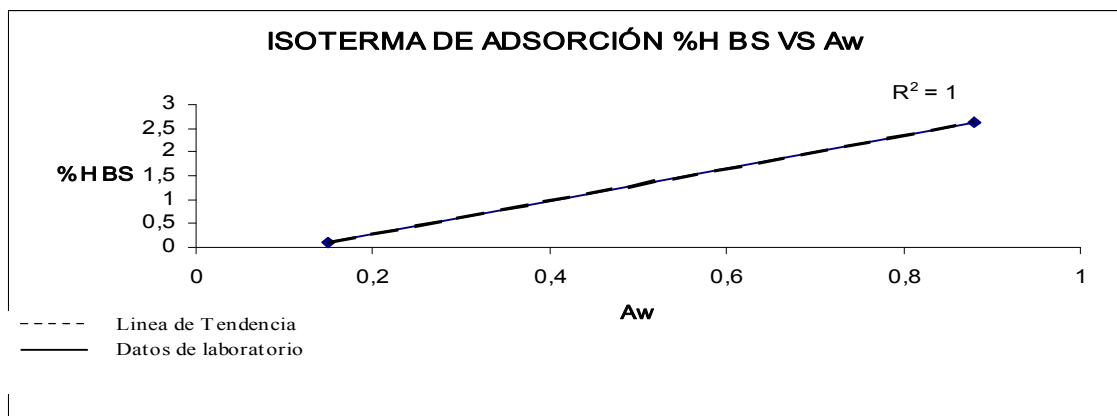
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 12. 5mm-85° C



Aw	1	0,88	0,15	0
% humedad	100	72,5	5	0

Se observó la reducción de la Aw en 5,8 veces a su valor inicial y la disminución de humedad en 14,5 veces, indicando que el Aw se encuentra en la fase de agua de constitución. Se perdió 67,5% de humedad en el alimento.

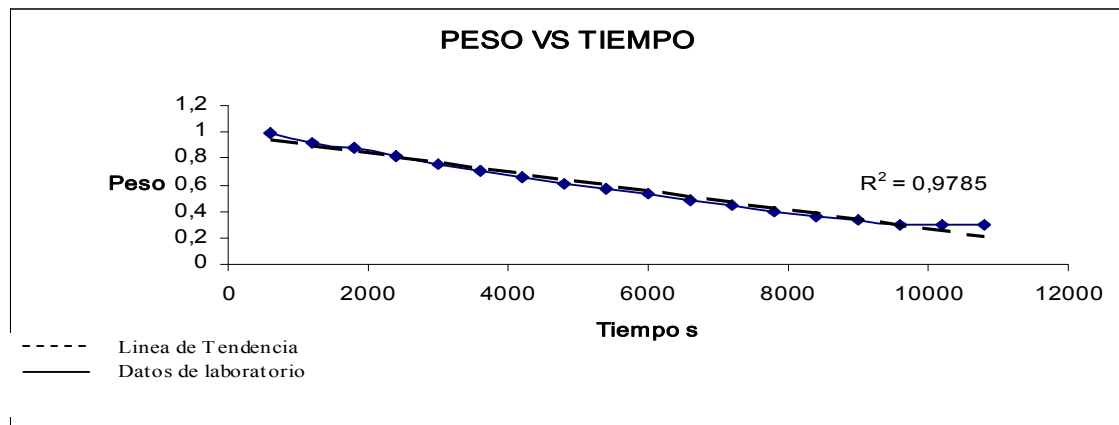
Gráfica isoterma de adsorción de Ensayo # 12. 5mm-85° C



Aw	1	0,88	0,15	0
% H BS		2,636	0,091	

En esta gráfica se observa la reducción de la Aw en 5,8 veces su valor inicial y en la base seca una disminución de 28,9 veces su valor, indicando la eliminación de agua libre e intermedia.

Gráfica peso vs tiempo de Ensayo # 12. 5mm-85° C

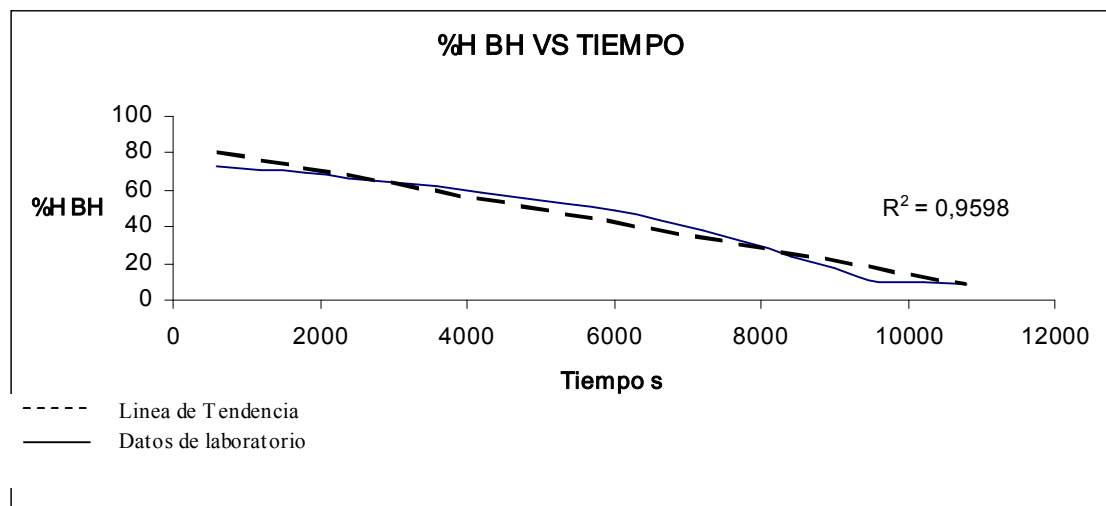


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
Peso Kg/F	0,99	0,92	0,88	0,82	0,76	0,71	0,66	0,61	0,57

t seg	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800
Peso Kg/F	0,53	0,48	0,44	0,4	0,36	0,33	0,3	0,3	0,297

Se observó que la pérdida de peso en el alimento alcanzo un valor de 3,3 veces el inicial durante el proceso indicando la eliminación de 0,693kg de agua.

Gráfica % humedad en base húmeda vs tiempo de Ensayo # 12. 5mm-85° C

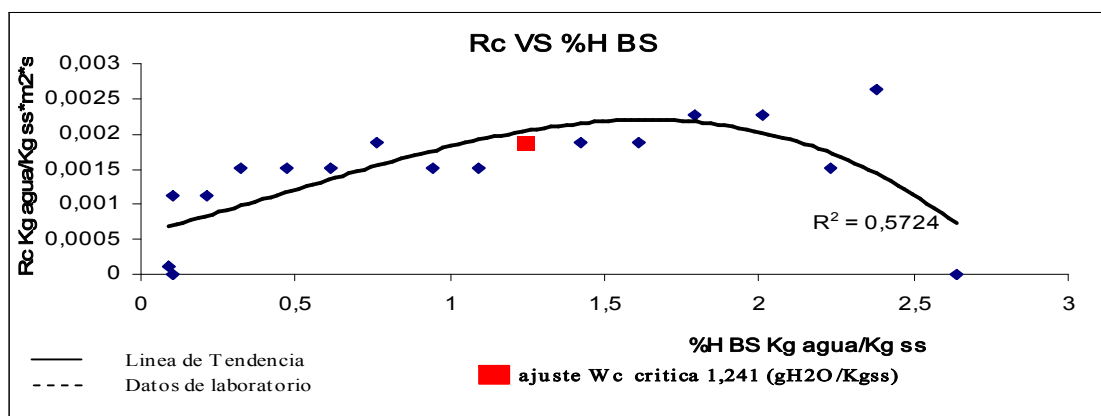


t seg	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
% HBH	73,7	71,7	70,41	68,25	65,74	63,33	60,55	57,32	54,32

t seg	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800
% HBH	50,87	45,76	40,83	34,91	27,68	21,1	13,21	13,21	12,33

Se observó que el %H BH tiene una disminución de 5,9 veces su valor inicial durante el proceso de 3 horas.

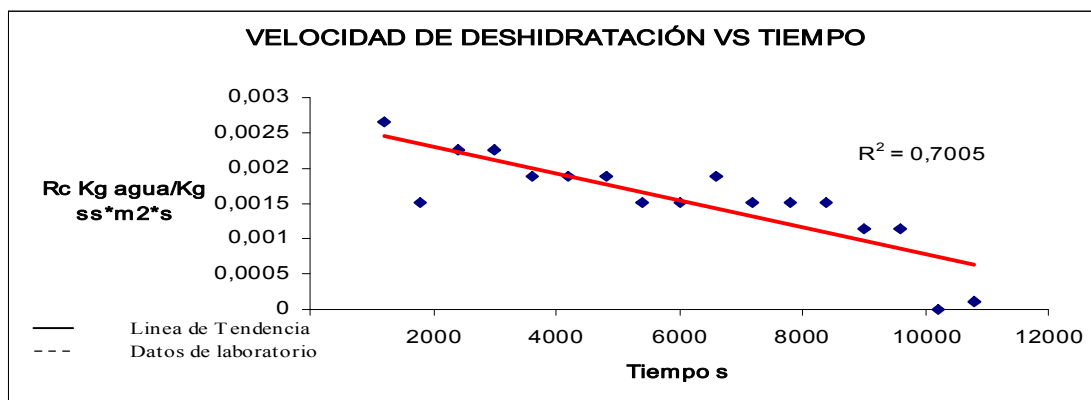
Gráfica velocidad de deshidratación vs % humedad en Bs con ajuste de Rc de Ensayo # 12. 5mm-85° C



RC		RC		RC	
% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s	% HBS	Kg agua/ Kgss*m2*s
2,802	N	1,535	0,001970797	0,536	0,001576637
2,533	0,002759115	1,343	0,001970797	0,383	0,001576637
2,38	0,001576637	1,189	0,001576637	0,267	0,001182478
2,149	0,002364956	1,036	0,001576637	0,152	0,000591239
1,919	0,002364956	0,844	0,001970797	0,152	0,000591239
1,727	0,001970797	0,69	0,001576637	0,141	0,000118248

Se observó que a medida que el %H BS se redujo en 19,8 veces la velocidad se redujo en 20 veces a su valor inicial indicando la eliminación de agua libre e intermedia del alimento.

Gráfica velocidad de deshidratación Vs tiempo de Ensayo # 12. 5mm-85° C



% HBS	RC		% HBS	RC	
	Kg agua/ Kgss*m2*s			Kg agua/ Kgss*m2*s	
600	N		6000	0,001576637	
1200	0,002759115		6600	0,001970797	
1800	0,001576637		7200	0,001576637	
2400	0,002364956		7800	0,001576637	
3000	0,002364956		8400	0,001576637	
3600	0,001970797		9000	0,001182478	
4200	0,001970797		9600	0,000591239	
4800	0,001970797		10200	0,000591239	
5400	0,001576637		10800	0,000118248	

Se observó los periodos decreciente y constantes, lográndose analizar que al reducir la velocidad en 20 veces su valor, se elimino la mayor cantidad de agua posible en el alimento.

3.5.13 Análisis General de los ensayos

Las gráficas que se obtuvieron para cada ensayo fueron utilizadas para hallar el comportamiento y la tendencia de las curvas en la deshidratación en relación a velocidad de deshidratación vs tiempo, y en los ensayos se observó que la curva tiende hacer exponencial lo cual se verifica con la grafica de peso vs tiempo. En lo relacionado con las graficas peso vs tiempo, se observa que el Breadfruit tiene una gran cantidad de agua libre lo cual lo hace un producto muy perecedero y se hace necesario eliminar esta agua para bajar el Aw y humedad final, ya que para que se pueda conservar el producto por mayor tiempo estos factores son las mejores variables para trabajar. En las graficas de isoterma de adsorción se indica que a medida que transcurre el tiempo estos valores de Aw y % Humedad bajan para poder aumentar su conservación⁶⁸. El comportamiento de algunas graficas es diferentes a las elegidas como estandarizadas debido a la diferencia de Aw y humedad inicial que las compone. El estado inicial de la fruta es de suma importancia para controlar los resultados del proceso, la cantidad de humedad del fruto esta relacionado con la ubicación de donde se recolecto el fruto.

⁶⁸ SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002, paginas 610-620.

3.6 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

Se realizaron las pruebas microbiológicas de acuerdo a lo estipulado por el INVIMA⁶⁹, para los productos frescos, procesados y rehidratados debido a que cada uno de estos casos se trata como un alimento fresco. En la Tabla 9 se puede observar el comportamiento del producto fresco, producto procesado y el producto rehidratado, en donde no se detectó microorganismos que afecten el producto para ser aprobado por las normas del INVIMA, los factores que contribuyeron para este efecto son el nivel de humedad y Aw. Es necesario aclarar que para la prueba de Rehidratación el producto fue rehidratado después de 120 días de ser deshidratado

Tabla 16. Pruebas microbiológicas del fruto fresco, deshidratado y rehidratado.

Resultado de fruto fresco		fruta	
Muestra	Técnica	Resultado	INVIMA fruta fresca
NMP C. Totales/g	NMP	<3	MAX 150
NMP C. Fecales/g		<3	<3
<i>Salmonella spp.</i> /25g	Ausencia/presencia	Ausente	Ausente
Resultado de fruto deshidratado		INVIMA DESHIDRATADO	
Rto. A. mesófilos	Siembra profunda	2500	MAX 10000
Rto. Mohos Levaduras UFC/g		10 (L) y 10(M)	100-300
NMP C. Totales/g	NMP	<3	<3
NMP C. Fecales/g		<3	<3
Rto. Estafilococo coagulasa + UFC/g	Siembra superficie	<100	<100
Resultado de fruto rehidratado		INVIMA frutas	
NMP C. Totales/g	NMP	<3	MAX 150
NMP C. Fecales/g		<3	<3
Salmonella spp. / 25g	Ausencia/presencia	Ausente	Ausente
Para evitar los mohos, levaduras y mesófilos, es necesario tener un ambiente limpio y desinfectado para mejorar la calidad del producto y necesario que la rehidratación se realice en ambiente tapado y aislado del ambiente contaminante.			

Fuente: AMC análisis Colombia

⁶⁹ www.invima.gov.co/verion1/ (consultado Junio 3 de 2006)

3.7 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

En la Tabla 17, se puede observar y comparar como los componentes nutricionales mas importantes del fruto se concentran de acuerdo a la eliminación de agua, y viceversa al rehidratar, como regresa casi a sus niveles normales de un fruto fresco. Estas pruebas fueron realizadas por AMC análisis de Colombia, entre los días 4 de Julio al 5 de Agosto del 2006.

Tabla 17. Relación fisicoquímica del fruto fresco, deshidratado y rehidratado.

Composición química en g*100g de base seca				
Componente	I.C.B.F.	Producto fresco	Producto deshidratado	Producto rehidratado
Agua	No hay un registro por ser un fruto silvestre de consumo Isleño exclusivo.	72,25	5,05	70,34
Proteína		5,40	4,04	3,83
Grasa		2,79	1,33	1,07
Carbohidratos		8,50	81,92	18,87
Minerales		4,45	3,96	2,35
Fibra cruda		6,61	3,70	3,54
Calorías		81 Kcal	355 Kcal	100 Kcal

Fuente: AMC análisis Colombia

Conociendo el comportamiento de los nutrientes de cada tratamiento, es decir el producto fresco, deshidratado y rehidratado, se puede apreciar que el aporte calórico del Breadfruit varia en muy poco es decir que los Kcal no se afecta en gran proporción, con lo que es necesario como las proteínas, carbohidratos, grasa, minerales, y fibra cruda el comportamiento que se refleja es decreciente, por lo que el fruto contiene un contenido alto de agua al retirar se deteriora la calidad nutricional pero su aporte sigue siendo alto por lo que indica que el método de conservación de deshidratación es viable para que la vida útil se prolongue y aporte un nivel alto de nutrientes aun que no sea el del fruto fresco.

3.8 BALANCE DE MATERIA

De acuerdo al proceso hay puntos claves donde es importante obtener un balance de materia ya que de este modo se estandarizó el proceso para controlar la cantidad de producto que se obtuvo. Los pasos en los que se realizó un balance de materia son selección, clasificación, limpieza, pelado y corte, organización de bandejas, deshidratación, enfriado, empacado y almacenamiento. Como es indicado por Felder⁷⁰, se debe organizar el balance por medio de un balance global para determinar el flujo que lleva el proceso. Las siguientes tablas muestran cada etapa teniendo en cuenta el nombre del paso, peso de producto, peso del residuo y el número de ensayo en gramos para cada ensayo.

Se observó la diferencia de peso entre cada fruto elegido para el proceso con el menor peso de 1310g y el mayor de 2525g.

No hubo defecto en el fruto al realizar la limpieza ni presencia excesiva de mugre.

Se realizó el cálculo del rendimiento de la etapa de pelado y corte con la siguiente ecuación:

$$(\text{Peso final/Peso inicial}) * 100 = \text{Rendimiento}$$

Obteniéndose los siguientes datos estadísticos:

Promedio: 74.45 % de Rendimiento

Valor mínimo: 65 % de Rendimiento

Valor máximo: 80 % de Rendimiento

Desviación Estándar: 5.00354

No hubo residuos en el paso de organización de bandejas.

⁷⁰ FELDER, R. Principios elementales de los procesos químicos, 2ª, México: Addison Wesley, 1999, páginas 89-140.

Se realizó el cálculo del rendimiento de la etapa de deshidratación con la siguiente ecuación:

$$(\text{Peso final/Peso inicial}) * 100 = \text{Rendimiento}$$

Arrojando los siguientes datos estadísticos:

Promedio: 39.25 % de Rendimiento

Valor mínimo: 30 % de Rendimiento

Valor máximo: 57.7 % de Rendimiento

Desviación Estándar: 8.45603

No se observó ninguna pérdida en las etapas de enfriado, empackado y almacenamiento.

A continuación en la Figura 10 se obtuvo en base de cálculo de 1756,67g con los respectivos porcentajes de rendimiento para cada etapa el diagrama de flujo final.

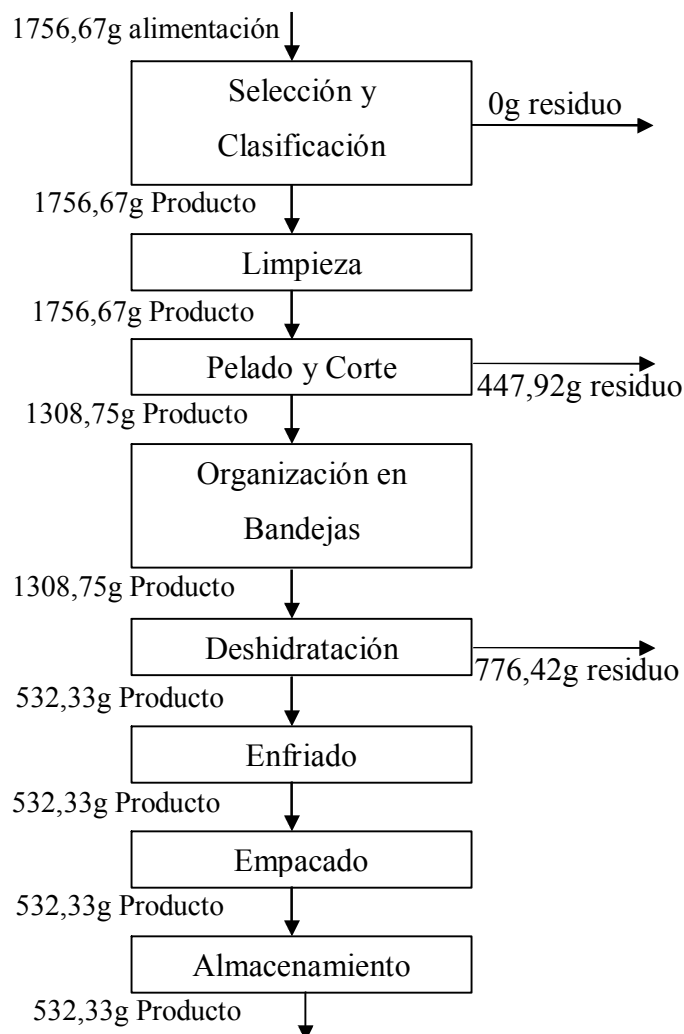


Figura 10. Diagrama de flujo con rendimiento con base de cálculo 1kg

A continuación se observa en la tabla 18 los resultados para el balance de materia teniendo en cuenta las etapas, entrada, salida y pérdida de producto para estandarizar el proceso según lo arrojado por los promedios de los ensayos.

Tabla 18. Cuadro de resultados para el balance de materia

Paso	Entrada g	Salida g	Pérdida g
Selección y clasificación	1756,67	1756,67	0
Limpieza	1756,67	1756,67	0
Pelado y corte	1308,75	447,92	447,92
Organización en bandejas	1308,75	1308,75	0
Deshidratación	532,33	776,42	776,42
Enfriado	532,33	532,33	0
Empacado	532,33	532,33	0
Almacenamiento	532,33	532,33	0
Final	0	532,33	1224,34

Se observó que de una entrada promedio de los ensayos de 1756,67g se obtuvo 532,33g de producto deshidratado con una pérdida de 1224,34g del peso inicial. Logrando un rendimiento del 30,30% en la deshidratación.

3.9 BALANCE DE ENERGÍA

Según Singh⁷¹ la ecuación de balance de energía nos resuelve el problema del consumo de energía que es necesario para poder realizar el proceso de deshidratación, ya que consiste en el único paso en el cual se requiere de un consumo continuo de energía. El paso de deshidratación como se aprecia en la Figura 10, y la ecuación de balance de energía según Singh⁷² que se observa en el Anexo 6.

⁷¹ SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 470-473.

⁷² SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998, paginas 470-473.

El precio de kWh es de 235,57\$ para las plantas piloto en Bogotá, se observa en la Tabla 19, de acuerdo al # de ensayo, tiempo de proceso en segundos, humedad relativa, temperatura de bulbo seco, consumo de energía, y costo. Para los cálculos se tomo como base de cálculo una fruta estandarizada como se aprecia en el Anexo 5, paso 8 de deshidratación con las condiciones de producto ideal teniendo en cuenta el tiempo de proceso y espesor como factor de diferencia.

Tabla 19. Costo del proceso para cada ensayo de deshidratación

Ensayo #	Tiempo s	HR	T. bulbo seco ° C	Energía consumida kWh teórico	Energía consumida kWh practico	Costo de ensayo por horas de proceso
1	18000	54	19	2,873	3,750	883,38
2	14400	54	19	2,298	3,000	706,71
3	10800	54	19	1,723	2,250	530,03
4	21600	54	19	3,447	4,500	1060,06
5	18000	54	19	2,873	3,750	883,38
6	14400	54	19	2,298	3,000	706,71
7	25200	54	19	4,022	5,250	1236,74
8	21600	54	19	3,447	4,500	1060,06
9	18000	54	19	2,873	3,750	883,38
10	11700	54	19	1,867	2,438	574,32
11	9900	54	19	1,580	2,063	485,98
12	10800	54	19	1,723	2,250	530,03

Se observó que a mayor temperatura el costo del proceso energético aumenta dado que las resistencias del deshidratador deben trabajar más para llegar a la temperatura deseada afectando el costo de la operación de forma directa. Entre mayor sea el espesor del producto afecta el tiempo del proceso, aumentando el trabajo del equipo y cuando se combinó con una temperatura alta se reflejo un mayor costo. El equipo consume 750kWh de trabajo.

La comparación teórica y práctica del tiempo se puede apreciar en el Anexo 7.

3.10 PRUEBAS DE REHIDRATACIÓN ESTANDARIZADO

De acuerdo a Welty-Chanes⁷³, la rehidratación es un fenómeno de transporte el cual depende de la porosidad, humedad final del producto, espesor del producto y tipo de elemento con la cual se desea rehidratar un producto ya que si contiene sólidos en la solución estos generar un presión osmótica la cual afecta la migración de líquido a sólido. Es decir que se aumenta la absorción de solución líquida que se trabaja en el producto deshidratado, en el caso del Breadfruit, el ideal es la rehidratación con agua potable en ebullición, limpia y libre de microorganismo.

Ya que la mayoría de servicios que ofrece este fruto es como acompañante de platos fuertes, sopas, purés y coladas. Estas pruebas de rehidratación se realizaron con agua y con el ensayo 3, 10, 11 y 12, en total se realizaron 3 pruebas para mirar el comportamiento de absorción de agua en dicho producto.

Solo se realizo este proceso en los ensayos mencionados por efecto de dar mejores resultado en las condiciones finales del deshidratado ya que los ensayos restantes no estuvieron en condiciones microbiológicas adecuadas en el momento de llevar acabo las pruebas de rehidratación.

En la tabla 20 se presenta para la rehidratación el intervalo de tiempos con respecto a cada ensayo y la cantidad de agua absorbida durante 2 horas de operación.

⁷³ WELTY-CHANES, J. Transport Phenomena in food processing, 1ª, USA: CRCPRESS, 2003, paginas 178-179.

Tabla 20. Comportamiento durante la rehidratación para 100g de producto

Tiempo min		Ensayo # 3	Ensayo # 10	Ensayo # 11	Ensayo # 12
30	Volumen absorción ml por periodo	163	150,8	189	182
60		97,8	90,5	81,9	90,1
90		39,1	50,5	35,7	38,2
120		26,1	43,2	8,4	10,7
Total peso en g final al rehidratado		426	435	415	421

Con respecto a la Tabla 20, se puede observar que el producto deshidratado es rehidratado, aumentando su peso en aproximadamente 3 veces su peso inicial de deshidratado. De acuerdo al tiempo que se necesita al recomponer el producto se logró rehidratar a niveles cercanos a la composición del fruto fresco. Con el tiempo establecido de 2 horas de rehidratación se cumple con el límite para poder preparar los platos típicos de la isla sin trabajar horas extras. Para completar este paso de la rehidratación los ensayos nos indican que por cada 100g de producto deshidratado es necesario tener al menos 350-400ml de agua para poder recomponer el producto. Equivale a un 326% de absorción de agua.

3.11 ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO DE RECEPCIÓN HASTA REHIDRATACIÓN EN DIAGRAMA DE FLUJO

La estandarización debe llevarse acabo con tiempos y las variables con las que se debe trabajar. En la Figura 11, se puede observar el diagrama de flujo desde el paso de recepción hasta llegar a la rehidratación.



Figura 11. Estandarización de proceso DF

Para el diagrama de flujo observado en la Figura 11 se tuvo en cuenta todas las etapas para la estandarización del proceso bajo la normativa con las buenas prácticas de manufactura e higiene con el fin de obtener los resultados deseados.

De esta manera se optimizó como lo muestra el balance materia el rendimiento del proceso observando la alimentación, flujo, producto residual y producto final logrando de esta manera verificar el adecuado desarrollo para la obtención de tajadas deshidratadas.

CONCLUSIONES

Al realizar las pruebas de deshidratación en Bogotá, se encontraron las condiciones óptimas del proceso para el árbol de pan con la ayuda de las cartas psicrométricas. Las condiciones del proceso fueron, 5mm de espesor, aire fresco a 19° C y 54% HR, aire caliente a 85° C y 25% HR, un flujo másico de 17kg aire seco/s y un tiempo de 3 horas de proceso.

Con las pruebas fisicoquímicas se logró comprobar que la proteína y grasa disminuyen su valor, mientras que los carbohidratos en el producto deshidratado se concentraron para cada 100g manteniendo el valor energético en kcal en un rango entre 100 y 150 kcal adecuado para una dieta diaria.

Con las pruebas microbiológicas se comprobó la utilidad del método de deshidratación para conservar el producto ya que al comparar el producto fresco, deshidratado y rehidratado se cumplieron las normas del INVIMA que garantizan su calidad.

Con los 4 ensayos utilizados en la rehidratación, se comprobó que una vez estandarizado el producto a 5% de humedad final, la absorción de agua llegó a su capacidad máxima a las 2 horas. Logrando una absorción de 4,26 veces al peso inicial.

El empaque y almacenamiento del producto debe ser en polipropileno de alta densidad recomendado por Sarmiento⁷⁴ y almacenado a temperatura ambiente de 18° C para mantener las características fisicoquímicas y microbiológicas, indicando que estos factores son adecuados para conservar el producto y aumentar la vida útil.

⁷⁴ SARMIENTO, L. Envases y empaques para la conservación de alimentos, Bogotá, ANDI, 1994.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar este proceso a condiciones de la Isla de San Andrés para comparar el proceso de deshidratación a nivel de mar y a nivel de Bogotá mediante el uso de los valores obtenidos del proceso y extrapolando los resultados a las condiciones ambientales de la isla.

Se recomienda realizar un estudio el cual permita obtener información sobre el uso de los desechos como fuente energética, ya que el potencial de desechos puede ser procesado para el uso de alimentación para ganado como aplicación primaria, o devolver nutrientes a la tierra en forma de compostaje y abono.

Se sugiere que el producto sea almacenado en lugares frescos y que no tenga contacto con la luz directa, además que una vez abierta la bolsa de polipropileno de alta densidad el producto sea consumido en el menor tiempo posible para que no pierda sus características de humedad.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BANOUT, J. Uso de secadores solares, PERÚ LEISA, revista de agro ecología, Junio 2005.
- (2) BROCK, T. Microbiología, 6ª, Prentice Hall, México, 1991.
- (3) CHARRIS, S. El informe ambiental en el Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1997 San Andrés, Contraloría, 1997.
- (4) DÍAS, M. Manual del Ingeniero de alimentos, 1ª, Colombia: grupo latino, 2006.
- (5) DUFFIS, S. et al. Elaboración de un nuevo producto prelisto y congelado, Utilizando el fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) Bogotá, Universidad de la Salle de Colombia, 2000.
- (6) FELDER, R. Principios elementales de los procesos químicos, 2ª, México: Addison Wesley, 1999.
- (7) FRANZINI, J. Mecánica de fluidos con aplicaciones en ingeniería, 9ª, SPAIN: Mcgrawhill, 1999.
- (8) HARKER, H. Bakery products science and technology, 1a, USA: Culinary Industry, 2006.

- (9) HURTADO, G. Breadfruit (*Artocarpus altilis*) fruto, hojas, y ramas del árbol, (tomada Junio, 4, 2005).
- (10) MILLER, B. Fruits of Hawaii. Honolulu. University of Hawaii, 1957.
- (11) MORTON, J. Breadfruit: fruits of warm climates USA: PURDUE, 1987.
- (12) OCHSE, J. Cultivos y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México, Centro regional de ayuda técnica, 1965.
- (13) PATIÑO, V. Plantas cultivadas y animales domésticos en América. Cali, imprenta Departamental, 1969.
- (14) RAGONE; D. Breadfruit *Artocarpus altilis* (Perkson) fosberg. IPGRI, Hawaii, 1997. (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCE INSTITUTE)
- (15) SARAVACOS, R. Handbook of food processing equipment, 1ª, KA/PP, USA, 2002.
- (16) SARMIENTO, L. Envases y empaques para la conservación de alimentos, Santa Fe de Bogotá, ANDI, 1994.
- (17) SHAFIUR, M. Manual de conservación de los alimentos, 1ª, España: Acribia, 1998.
- (18) SINGH, R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos, 2ª, España: Acribia, 1998.
- (19) STEPHSON, R. The industrial waste water systems handbook, 1ª, USA: Lewis, 1998.
- (20) THOMAS, M. El pos del árbol del pan, Washington, revista Americas, Agosto, 1973.

(21) WELTI-CHANES, J. Transport Phenomena in food processing, 1ª, USA: CRC PRESS, 2003.

Páginas Web consultadas

(1) www.arbolesornamentales.com/artocarpusaltilis (consultado Julio 1 de 2005)

(2) www.breadfruit.org/ (consultado Junio 15 de 2005)

(3) <http://www.calidadyalimentos.com/about0.html> (consultado Febrero 3 de 2006)

(4) www.cookbook.com (consultado Julio 1 de 2005)

(5) <http://www.fao.org/WAIRdocs/x5403s/x5403s0d.htm> (consultado Septiembre 8 de 2006)

(6) www.linric.com (consultado Abril 14 de 2006)

(7) www.invima.gov.co/verion1/ (consultado Junio 3 de 2006)

(8) www.invima.gov.co (consultado Diciembre 12 de 2005)

(9) www.sanandres.gov.co (consultado Julio 1 de 2006)

(10) www.sena.edu.co/portales/regionales/sanandres (consultado Julio 1 2005)

ANEXOS

ANEXO 1: EJEMPLO DE CÁLCULOS

1. Peso de la muestra W_{fruta} .

$$W_{\text{fruta}} = W_{\text{fruta+bandeja}} - W_{\text{bandeja}}$$

$$W_{\text{fruta}} = 1.625\text{kg} - 0.705\text{kg}$$

$$W_{\text{fruta}} = 0.920\text{kg}$$

2. Masa de sólido seco $W_{\text{sólido seco}}$:

$$W_{\text{sólido seco}} = \text{masa total a secar} * \% \text{ sólidos totales:}$$

$$0,0.837\text{kg} * 0,112 = 0,0937(\text{kg})$$

Este valor es constante para todo el proceso

3. Peso de agua W_{agua} :

$$W_{\text{agua}} = \text{Masa total de fruta en cada periodo de tiempo} - \text{masa de sólidos:}$$

$$0,705\text{kg} - 0.0937\text{kg} = 0,6112\text{kg}.$$

Varía de acuerdo al tiempo que lleva el deshidratado

4. Pérdida de Agua:

$$\text{Pérdida de agua} = W_{\text{fruta+bandeja}} (\text{Dato 2}) - W_{\text{fruta+bandeja}} (\text{Dato3})$$

$$1.407\text{kg} - 1.410\text{kg} = 0,060\text{kg}$$

5. Flujo másico de la pérdida de agua:

Es la relación entre la pérdida de agua de cada periodo de tiempo y la diferencia de tiempos:

$$\text{Flujo másico de la pérdida de agua} = \text{Pérdida de agua} / \Delta t$$

$$(0.060\text{kg}.) / (895.20\text{s}) = 0.00006702 \text{ kg/s}$$

6. Porcentaje en base húmeda:

Es el cociente entre el peso de agua y el peso total de la muestra en cada periodo de tiempo multiplicado por 100:

$$\begin{aligned} \text{\% Humedad en base húmeda} &= (W_{\text{agua}}/W_{\text{fruta}})*100 \\ (0,6112\text{kg agua.} / 0,705\text{kg producto}) * 100 &= 86.703 \text{ \% de Humedad en base Húmeda} \\ &= 86.703\text{kg agua / kg producto} \end{aligned}$$

7. Porcentaje en base seca:

$$\begin{aligned} \text{\% Humedad en base seca} &= \text{masa de agua} / \text{masa de sólido seco} \\ 0,6112\text{kg agua.} / 0,937\text{kg sólido seco} &= 6.5229 \text{ \% de Humedad en base seca} \\ &= 6.5229 \text{ (kg agua/kg sólido seco)} \end{aligned}$$

8. Calculo de la velocidad de deshidratación:

$$\begin{aligned} R_c &= \text{Flujo másico pérdida de agua} / (\text{área bandeja} * W_{\text{sólidos secos}}) \\ R_c &= 0.00006702\text{kg/s} / (0.1624\text{m}^2 * 0.0937\text{kg}) \\ R_c &= 3.86791\text{E-}05\text{kg agua} / \text{m}^2 * \text{s} * \text{kg ss} \end{aligned}$$

ANEXO 2: PLANILLA DE DATOS Y RESULTADOS

TABLA 1. DATOS Y RESULTADOS

Espesor promedio mm			Temperatura ° C													
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% sólidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g							
Inicial																
Final										Área de bandeja m2						
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %		T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo									
-	-	-	-	-	A caliente	Aire Frío		Peso Kg	Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F másico	% H	% H	Rc
Dato	t min	t A	t seq	Delta t	Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	Seco Kg	Kg	Agua	pérdida agua	BH	BS	K.g agua/ Kgss*m2*s
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
										%BH Kg agua/ Kg producto			%BS Kg agua/Kgss			

(t: tiempo, A: Acumulado, Δ: diferencia, Tbs: temperatura de bulbo seco, Tbh: temperatura de bulbo húmedo, W: peso, FM: flujo másico, H: humedad, BH: base húmeda, BS: base seca, Rc: velocidad constante)

Fuente: Autor

ANEXO 3: TABLAS DE RESULTADOS PARA CADA ENSAYO

Tabla Ensayo # 1 (5mm-75° C)

Espesor promedio mm		5mm	Temperatura ° C		75														
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% sólidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g										
Inicial	0,899	18	80,5	19,5	4,7	0,89	120	60	0,705										
Final	0,233	19	15	85	2,01	1,57	120	60	área de bandeja m2										
Tiempo total deshidratación		HR ambiente %		T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624											
5 horas		54		19		17													
- Dato	- t min	- T A	- t seg	- delta t	A caliente		Aire Frío		Peso Kg		Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc	
					Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	Seco Kg	Kg	Kg	Agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s		
1	10	10	600	0	75	48	60	1,705	1	0,195	0,805	N	N	N	80,5	4,128	N		
2	10	20	1200	600	78	48	60	1,655	0,95	0,195	0,755	0,05	8,3333E-05	79,47	3,872	0,002631468			
3	10	30	1800	600	78	49	64	1,605	0,9	0,195	0,705	0,05	8,3333E-05	78,33	3,615	0,002631468			
4	10	40	2400	600	80	53	70	1,565	0,86	0,195	0,665	0,04	6,6667E-05	77,33	3,41	0,002105175			
5	10	50	3000	600	81	53	74	1,525	0,82	0,195	0,625	0,04	6,6667E-05	76,22	3,205	0,002105175			
6	10	60	3600	600	79	53	74	1,485	0,78	0,195	0,585	0,04	6,6667E-05	75	3	0,002105175			
7	10	70	4200	600	80	54	75	1,445	0,74	0,195	0,545	0,04	6,6667E-05	73,65	2,795	0,002105175			
8	10	80	4800	600	82	54	74	1,415	0,71	0,195	0,515	0,03	5,0000E-05	72,54	2,641	0,001578881			
9	10	90	5400	600	81	54	76	1,385	0,68	0,195	0,485	0,03	5,0000E-05	71,32	2,487	0,001578881			
10	10	100	6000	600	80	54	76	1,355	0,65	0,195	0,455	0,03	5,0000E-05	70	2,333	0,001578881			
11	10	110	6600	600	80	54	77	1,325	0,62	0,195	0,425	0,03	5,0000E-05	68,55	2,179	0,001578881			
12	10	120	7200	600	80	54	77	1,305	0,6	0,195	0,405	0,02	3,3333E-05	67,5	2,077	0,001052587			
13	10	130	7800	600	81	55	76	1,285	0,58	0,195	0,385	0,02	3,3333E-05	66,38	1,974	0,001052587			
14	10	140	8400	600	81	54	76	1,265	0,56	0,195	0,365	0,02	3,3333E-05	65,18	1,872	0,001052587			
15	10	150	9000	600	80	56	77	1,245	0,54	0,195	0,345	0,02	3,3333E-05	63,89	1,769	0,001052587			
16	10	160	9600	600	80	55	76	1,225	0,52	0,195	0,325	0,02	3,3333E-05	62,5	1,667	0,001052587			
17	10	170	10200	600	80	55	76	1,205	0,5	0,195	0,305	0,02	3,3333E-05	61	1,564	0,001052587			
18	10	180	10800	600	80	56	76	1,185	0,48	0,195	0,285	0,02	3,3333E-05	59,38	1,462	0,001052587			
19	10	190	11400	600	80	56	76	1,175	0,47	0,195	0,275	0,01	1,6667E-05	58,51	1,41	0,000526294			
20	10	200	12000	600	80	55	75	1,165	0,46	0,195	0,265	0,01	1,6667E-05	57,61	1,359	0,000526294			
21	10	210	12600	600	81	55	75	1,155	0,45	0,195	0,255	0,01	1,6667E-05	56,67	1,308	0,000526294			
22	10	220	13200	600	80	56	75	1,145	0,44	0,195	0,245	0,01	1,6667E-05	55,68	1,256	0,000526294			
23	10	230	13800	600	81	56	76	1,135	0,43	0,195	0,235	0,01	1,6667E-05	54,65	1,205	0,000526294			
24	10	240	14400	600	81	56	76	1,125	0,42	0,195	0,225	0,01	1,6667E-05	53,57	1,154	0,000526294			
25	10	250	15000	600	80	56	76	1,12	0,415	0,195	0,22	0,005	8,3333E-06	53,01	1,128	0,000263147			
26	10	260	15600	600	80	55	76	1,115	0,41	0,195	0,215	0,005	8,3333E-06	52,44	1,103	0,000263147			
27	10	270	16200	600	80	54	75	1,105	0,4	0,195	0,205	0,01	1,6667E-05	51,25	1,051	0,000526294			
28	10	280	16800	600	80	55	77	1,1	0,395	0,195	0,2	0,005	8,3333E-06	50,63	1,026	0,000263147			
29	10	290	17400	600	80	56	76	1,095	0,39	0,195	0,195	0,005	8,3333E-06	50	1	0,000263147			
30	10	300	18000	600	80	56	76	1,09	0,385	0,195	0,19	0,005	8,3333E-06	49,35	0,974	0,000263147			
datos promedio					79,96666667	54,16666667	74,1												
												%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss					

Tabla Ensayo # 2 (5mm-80° C)

Espesor promedio mm		5mm	Temperatura ° C		80													
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% solidos	Winicial g	Wfinal g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g									
Inicial	0,805	19	78,5	21,5	3,81	0,92	120	60	0,705									
Final	0,233	21	11	89	2,13	1,78	120	60	área de bandeja m2									
Tiempo total deshidratación		HR ambiente %		T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624										
4 horas		54		19		17												
-	-	-	-	-	A caliente		Aire Frío		Peso Kg		Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc
Dato	t min	T A	t seg	delta t	Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	seco Kg	Kg	agua	agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s	
1	10	10	600	0	75	48	60	1,62	0,915	0,196725	0,718275	n	n	78,5	3,651	N		
2	10	20	1200	600	78	48	60	1,605	0,9	0,196725	0,703275	0,015	2,5000E-05	78,14	3,575	0,000782518		
3	10	30	1800	600	78	49	64	1,585	0,88	0,196725	0,683275	0,02	3,3333E-05	77,64	3,473	0,001043358		
4	10	40	2400	600	80	50	70	1,555	0,85	0,196725	0,653275	0,03	5,0000E-05	76,86	3,321	0,001565036		
5	10	50	3000	600	81	52	77	1,515	0,81	0,196725	0,613275	0,04	6,6667E-05	75,71	3,117	0,002086715		
6	10	60	3600	600	81	52	78	1,475	0,77	0,196725	0,573275	0,04	6,6667E-05	74,45	2,914	0,002086715		
7	10	70	4200	600	81	52	77	1,435	0,73	0,196725	0,533275	0,04	6,6667E-05	73,05	2,711	0,002086715		
8	10	80	4800	600	81	52	78	1,405	0,7	0,196725	0,503275	0,03	5,0000E-05	71,9	2,558	0,001565036		
9	10	90	5400	600	81	52	78	1,375	0,67	0,196725	0,473275	0,03	5,0000E-05	70,64	2,406	0,001565036		
10	10	100	6000	600	80	52	78	1,345	0,64	0,196725	0,443275	0,03	5,0000E-05	69,26	2,253	0,001565036		
11	10	110	6600	600	80	53	78	1,315	0,61	0,196725	0,413275	0,03	5,0000E-05	67,75	2,101	0,001565036		
12	10	120	7200	600	80	53	80	1,285	0,58	0,196725	0,383275	0,03	5,0000E-05	66,08	1,948	0,001565036		
13	10	130	7800	600	81	53	80	1,255	0,55	0,196725	0,353275	0,03	5,0000E-05	64,23	1,796	0,001565036		
14	10	140	8400	600	81	52	80	1,225	0,52	0,196725	0,323275	0,03	5,0000E-05	62,17	1,643	0,001565036		
15	10	150	9000	600	81	52	79	1,205	0,5	0,196725	0,303275	0,02	3,3333E-05	60,66	1,542	0,001043358		
16	10	160	9600	600	81	52	79	1,185	0,48	0,196725	0,283275	0,02	3,3333E-05	59,02	1,44	0,001043358		
17	10	170	10200	600	82	53	79	1,145	0,44	0,196725	0,243275	0,04	6,6667E-05	55,29	1,237	0,002086715		
18	10	180	10800	600	82	53	80	1,125	0,42	0,196725	0,223275	0,02	3,3333E-05	53,16	1,135	0,001043358		
19	10	190	11400	600	82	53	80	1,105	0,4	0,196725	0,203275	0,02	3,3333E-05	50,82	1,033	0,001043358		
20	10	200	12000	600	82	53	79	1,085	0,38	0,196725	0,183275	0,02	3,3333E-05	48,23	0,932	0,001043358		
21	10	210	12600	600	81	53	80	1,065	0,36	0,196725	0,163275	0,02	3,3333E-05	45,35	0,83	0,001043358		
22	10	220	13200	600	81	52	80	1,045	0,34	0,196725	0,143275	0,02	3,3333E-05	42,14	0,728	0,001043358		
23	10	230	13800	600	81	52	80	1,035	0,33	0,196725	0,133275	0,01	1,6667E-05	40,39	0,677	0,000521679		
24	10	240	14400	600	81	52	80	1,025	0,32	0,196725	0,123275	0,01	1,6667E-05	38,52	0,627	0,000521679		
datos promedio					80,5	51,7916667	76,416667											
													%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss			

Tabla Ensayo # 3 (5mm-85° C)

Espesor promedio mm			5mm	Temperatura ° C			85									
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% solidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g							
Inicial	0,88	20	72,5	27,5	4,05	1,01	120	60	0,705							
Final	0,15	20	5	95	1,98	1,78	120	60	área de bandeja m2							
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624								
3 horas			54	19		17										
-	T min	t A	t seg	Delta t	A caliente	Aire Frío		Peso Kg	Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc
					Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	Seco Kg	Kg	agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s
1	10	10	600	0	72	48	58	1,695	0,99	0,27225	0,71775	n	N	72,5	2,636	N
2	10	20	1200	600	72	48	58	1,625	0,92	0,27225	0,64775	0,07	1,1667E-04	70,41	2,379	0,002638717
3	10	30	1800	600	78	49	59	1,585	0,88	0,27225	0,60775	0,04	6,6667E-05	69,06	2,232	0,001507838
4	10	40	2400	600	78	50	59	1,525	0,82	0,27225	0,54775	0,06	1,0000E-04	66,8	2,012	0,002261758
5	10	50	3000	600	82	52	59	1,465	0,76	0,27225	0,48775	0,06	1,0000E-04	64,18	1,792	0,002261758
6	10	60	3600	600	82	52	64	1,415	0,71	0,27225	0,43775	0,05	8,3333E-05	61,65	1,608	0,001884798
7	10	70	4200	600	84	52	72	1,365	0,66	0,27225	0,38775	0,05	8,3333E-05	58,75	1,424	0,001884798
8	10	80	4800	600	84	52	78	1,315	0,61	0,27225	0,33775	0,05	8,3333E-05	55,37	1,241	0,001884798
9	10	90	5400	600	92	52	78	1,275	0,57	0,27225	0,29775	0,04	6,6667E-05	52,24	1,094	0,001507838
10	10	100	6000	600	90	52	78	1,235	0,53	0,27225	0,25775	0,04	6,6667E-05	48,63	0,947	0,001507838
11	10	110	6600	600	94	53	78	1,185	0,48	0,27225	0,20775	0,05	8,3333E-05	43,28	0,763	0,001884798
12	10	120	7200	600	94	53	78	1,145	0,44	0,27225	0,16775	0,04	6,6667E-05	38,13	0,616	0,001507838
13	10	130	7800	600	94	53	80	1,105	0,4	0,27225	0,12775	0,04	6,6667E-05	31,94	0,469	0,001507838
14	10	140	8400	600	94	52	80	1,065	0,36	0,27225	0,08775	0,04	6,6667E-05	24,38	0,322	0,001507838
15	10	150	9000	600	92	52	80	1,035	0,33	0,27225	0,05775	0,03	5,0000E-05	17,5	0,212	0,001130879
16	10	160	9600	600	92	52	80	1,005	0,3	0,27225	0,02775	0,03	5,0000E-05	9,25	0,102	0,001130879
17	10	170	10200	600	93	53	80	1,005	0,3	0,27225	0,02775	0	0,0000E+00	9,25	0,102	0
18	10	180	10800	600	93	53	80	1,002	0,297	0,27225	0,02475	0,003	5,0000E-06	8,333	0,091	0,000113088
datos promedio					86,66666667	51,55555556	72,166667									
												%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss		

Tabla Ensayo # 4 (10mm-75° C)

Espesor promedio mm			10mm	Temperatura ° C			75													
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% solidos	Winicial g	Wfinal g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g											
Inicial	0,899	18	79	21	3,05	1,02	120	60	0,705											
Final	0,315	19	28	72	1,56	1,26	120	60	área de bandeja m2											
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %		T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624											
6horas			54		19		17													
-	-	-	-	-	A caliente			Aire Frío			Peso Kg		Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F másico	% H	% H	Rc
Dato	t min	t A	t seg	delta t	Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	seco Kg	Kg	agua	agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s			
1	10	10	600	0	75	48	60	2,725	2,02	0,4242	1,5958	n	N	79	3,762	N				
2	10	20	1200	600	78	48	60	2,685	1,98	0,4242	1,5558	0,04	6,6667E-05	78,58	3,668	0,000967725				
3	10	30	1800	600	78	49	64	2,645	1,94	0,4242	1,5158	0,04	6,6667E-05	78,13	3,573	0,000967725				
4	10	40	2400	600	80	53	70	2,6	1,895	0,4242	1,4708	0,045	7,5000E-05	77,61	3,467	0,001088691				
5	10	50	3000	600	81	53	74	2,57	1,865	0,4242	1,4408	0,03	5,0000E-05	77,25	3,397	0,000725794				
6	10	60	3600	600	79	53	74	2,53	1,825	0,4242	1,4008	0,04	6,6667E-05	76,76	3,302	0,000967725				
7	10	70	4200	600	80	54	75	2,485	1,78	0,4242	1,3558	0,045	7,5000E-05	76,17	3,196	0,001088691				
8	10	80	4800	600	82	54	74	2,445	1,74	0,4242	1,3158	0,04	6,6667E-05	75,62	3,102	0,000967725				
9	10	90	5400	600	81	54	76	2,405	1,7	0,4242	1,2758	0,04	6,6667E-05	75,05	3,008	0,000967725				
10	100	190	11400	600	80	54	76	2,115	1,41	0,4242	0,9858	0,29	4,8333E-04	69,91	2,324	0,007016008				
11	10	200	12000	600	80	54	77	2,09	1,385	0,4242	0,9608	0,025	4,1667E-05	69,37	2,265	0,000604828				
12	10	220	13200	600	80	54	77	2,05	1,345	0,4242	0,9208	0,04	6,6667E-05	68,46	2,171	0,000967725				
13	10	230	13800	600	81	55	76	2,03	1,325	0,4242	0,9008	0,02	3,3333E-05	67,98	2,124	0,000483863				
14	10	240	14400	600	81	54	76	2,01	1,305	0,4242	0,8808	0,02	3,3333E-05	67,49	2,076	0,000483863				
15	10	260	15600	600	80	56	77	1,98	1,275	0,4242	0,8508	0,03	5,0000E-05	66,73	2,006	0,000725794				
16	10	280	16800	600	80	55	76	1,95	1,245	0,4242	0,8208	0,03	5,0000E-05	65,93	1,935	0,000725794				
17	10	300	18000	600	80	55	76	1,92	1,215	0,4242	0,7908	0,03	5,0000E-05	65,09	1,864	0,000725794				
18	10	320	19200	600	80	56	76	1,9	1,195	0,4242	0,7708	0,02	3,3333E-05	64,5	1,817	0,000483863				
19	10	340	20400	600	80	56	76	1,885	1,18	0,4242	0,7558	0,015	2,5000E-05	64,05	1,782	0,000362897				
20	10	360	21600	600	80	55	75	1,87	1,165	0,4242	0,7408	0,015	2,5000E-05	63,59	1,746	0,000362897				
datos promedio					79,8	53,5	73,25													
														%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss				

Tabla Ensayo # 5 (10mm-80° C)

Espesor promedio mm			10mm	Temperatura ° C			80										
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% sólidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g								
Inicial	0,88	18	77,4	22,6	2,98	0,88	120	60	0,705								
Final	0,28	19	20	80	2,02	1,68	120	60	área de bandeja m2								
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %		T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624								
5 horas			54		19		17										
-	-	-	-	-	A caliente	Aire Frío		Peso Kg	Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc	
Dato	t min	t A	t seg	delta t	Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	seco Kg	Kg	agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s	
1	20	20	1200	0	75	48	60	2,205	1,5	0,339	1,161	n	n	77,4	3,425	n	
2	20	40	2400	1200	78	48	60	2,125	1,42	0,339	1,081	0,08	6,6667E-05	76,13	3,189	0,001210941	
3	20	60	3600	1200	79	49	64	2,045	1,34	0,339	1,001	0,08	6,6667E-05	74,7	2,953	0,001210941	
4	20	80	4800	1200	80	50	70	1,965	1,26	0,339	0,921	0,08	6,6667E-05	73,1	2,717	0,001210941	
5	20	100	6000	1200	81	52	77	1,885	1,18	0,339	0,841	0,08	6,6667E-05	71,27	2,481	0,001210941	
6	20	120	7200	1200	81	52	78	1,805	1,1	0,339	0,761	0,08	6,6667E-05	69,18	2,245	0,001210941	
7	20	140	8400	1200	81	52	77	1,735	1,03	0,339	0,691	0,07	5,8333E-05	67,09	2,038	0,001059573	
8	20	160	9600	1200	82	53	78	1,665	0,96	0,339	0,621	0,07	5,8333E-05	64,69	1,832	0,001059573	
9	20	180	10800	1200	82	53	78	1,595	0,89	0,339	0,551	0,07	5,8333E-05	61,91	1,625	0,001059573	
10	20	200	12000	1200	82	52	78	1,515	0,81	0,339	0,471	0,08	6,6667E-05	58,15	1,389	0,001210941	
11	20	220	13200	1200	81	53	78	1,485	0,78	0,339	0,441	0,03	2,5000E-05	56,54	1,301	0,000454103	
12	20	240	14400	1200	81	53	80	1,445	0,74	0,339	0,401	0,04	3,3333E-05	54,19	1,183	0,000605471	
13	20	260	15600	1200	82	54	80	1,395	0,69	0,339	0,351	0,05	4,1667E-05	50,87	1,035	0,000756838	
14	20	280	16800	1200	82	54	80	1,365	0,66	0,339	0,321	0,03	2,5000E-05	48,64	0,947	0,000454103	
15	20	300	18000	1200	82	54	79	1,335	0,63	0,339	0,291	0,03	2,5000E-05	46,19	0,858	0,000454103	
datos promedio					80,6	51,8	74,466667										
													%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss		

Tabla Ensayo # 6 (10mm-85° C)

Espesor promedio mm			10mm	Temperatura ° C			85	-								
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% sólidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g							
Inicial	0,815	20	73,4	26,6	3,56	1,28	120	60	0,705							
Final	0,218	21	12	88	2,47	2,17	120	60	área de bandeja m2							
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco			T° ambiente bulbo húmedo									
4 horas			54	19			17									
Dato	t min	t A	T seg	Delta t	A caliente	Aire Frío		Peso Kg	Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc
					Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	seco Kg	Kg	agua	Pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s
1	10	10	600	0	72	48	58	1,805	1,1	0,2926	0,8074	n	N	73,4	2,759	n
2	10	20	1200	600	72	48	58	1,761	1,056	0,2926	0,7634	0,044	7,3333E-05	72,29	2,609	0,001543267
3	10	30	1800	600	78	49	59	1,716	1,011	0,2926	0,7184	0,045	7,5000E-05	71,06	2,455	0,001578341
4	10	40	2400	600	78	50	59	1,671	0,966	0,2926	0,6734	0,045	7,5000E-05	69,71	2,301	0,001578341
5	10	50	3000	600	82	52	59	1,626	0,921	0,2926	0,6284	0,045	7,5000E-05	68,23	2,148	0,001578341
6	10	60	3600	600	82	52	64	1,581	0,876	0,2926	0,5834	0,045	7,5000E-05	66,6	1,994	0,001578341
7	10	70	4200	600	84	52	72	1,541	0,836	0,2926	0,5434	0,04	6,6667E-05	65	1,857	0,00140297
8	10	80	4800	600	84	52	78	1,501	0,796	0,2926	0,5034	0,04	6,6667E-05	63,24	1,72	0,00140297
9	10	90	5400	600	92	52	78	1,461	0,756	0,2926	0,4634	0,04	6,6667E-05	61,3	1,584	0,00140297
10	10	100	6000	600	90	52	78	1,421	0,716	0,2926	0,4234	0,04	6,6667E-05	59,13	1,447	0,00140297
11	10	110	6600	600	94	53	78	1,386	0,681	0,2926	0,3884	0,035	5,8333E-05	57,03	1,327	0,001227599
12	10	120	7200	600	94	53	78	1,346	0,641	0,2926	0,3484	0,04	6,6667E-05	54,35	1,191	0,00140297
13	10	130	7800	600	94	53	80	1,311	0,606	0,2926	0,3134	0,035	5,8333E-05	51,72	1,071	0,001227599
14	10	140	8400	600	94	52	80	1,281	0,576	0,2926	0,2834	0,03	5,0000E-05	49,2	0,969	0,001052228
15	10	150	9000	600	92	52	80	1,256	0,551	0,2926	0,2584	0,025	4,1667E-05	46,9	0,883	0,000876856
16	10	160	9600	600	92	52	80	1,226	0,521	0,2926	0,2284	0,03	5,0000E-05	43,84	0,781	0,001052228
17	10	170	10200	600	93	53	80	1,201	0,496	0,2926	0,2034	0,025	4,1667E-05	41,01	0,695	0,000876856
18	10	180	10800	600	93	53	80	1,176	0,471	0,2926	0,1784	0,025	4,1667E-05	37,88	0,61	0,000876856
19	10	190	11400	600	92	54	82	1,156	0,451	0,2926	0,1584	0,02	3,3333E-05	35,12	0,541	0,000701485
20	10	200	12000	600	92	54	82	1,136	0,431	0,2926	0,1384	0,02	3,3333E-05	32,11	0,473	0,000701485
21	10	210	12600	600	92	55	81	1,121	0,416	0,2926	0,1234	0,015	2,5000E-05	29,66	0,422	0,000526114
22	10	220	13200	600	93	54	81	1,111	0,406	0,2926	0,1134	0,01	1,6667E-05	27,93	0,388	0,000350743
23	10	230	13800	600	92	54	81	1,106	0,401	0,2926	0,1084	0,005	8,3333E-06	27,03	0,37	0,000175371
24	10	240	14400	600	92	55	82	1,101	0,396	0,2926	0,1034	0,005	8,3333E-06	26,11	0,353	0,000175371
datos promedio					88,04166667	52,25	74,5									
											%BH Kg agua/ Kg producto			%BS Kg agua/Kgss		

Tabla Ensayo # 7 (15mm-75° C)

Espesor promedio mm			15mm		Temperatura ° C		75											
Fruta	Aw	T ° C Inicial	% humedad	% solidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	Peso bandeja g									
Inicial	0,87	19	78	22	3,54	1,02	120	60	0,705									
Final	0,256	18	35	65	3,23	2,89	120	60	área de bandeja m2									
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624										
7 horas			56	16		18												
Dato	t min	t A	t seg	delta t	A caliente		Aire Frio		Peso Kg		Peso Kg F	W sólido seco Kg	W agua	Pérdida Kg agua	F masico pérdida agua	% H BH	% H BS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
					Tbs	Tbh	Tbs	Tbh	F+B									
1	10	10	600	0	75	48	60	2,265	1,56	0,3432	1,2168	n	N	78	3,545	n		
2	10	20	1200	600	78	48	60	2,23	1,525	0,3432	1,1818	0,035	5,8333E-05	77,5	3,443	0,001046607		
3	10	30	1800	600	78	49	64	2,195	1,49	0,3432	1,1468	0,035	5,8333E-05	76,97	3,341	0,001046607		
4	10	40	2400	600	80	53	70	2,16	1,455	0,3432	1,1118	0,035	5,8333E-05	76,41	3,24	0,001046607		
5	10	50	3000	600	81	53	74	2,125	1,42	0,3432	1,0768	0,035	5,8333E-05	75,83	3,138	0,001046607		
6	10	60	3600	600	79	53	74	2,09	1,385	0,3432	1,0418	0,035	5,8333E-05	75,22	3,036	0,001046607		
7	10	70	4200	600	80	54	75	2,055	1,35	0,3432	1,0068	0,035	5,8333E-05	74,58	2,934	0,001046607		
8	10	80	4800	600	82	54	74	2,015	1,31	0,3432	0,9668	0,04	6,6667E-05	73,8	2,817	0,001196122		
9	10	90	5400	600	81	54	76	1,98	1,275	0,3432	0,9318	0,035	5,8333E-05	73,08	2,715	0,001046607		
10	10	100	6000	600	80	54	76	1,945	1,24	0,3432	0,8968	0,035	5,8333E-05	72,32	2,613	0,001046607		
11	10	110	6600	600	80	54	77	1,915	1,21	0,3432	0,8668	0,03	5,0000E-05	71,64	2,526	0,000897091		
12	10	120	7200	600	80	54	77	1,885	1,18	0,3432	0,8368	0,03	5,0000E-05	70,92	2,438	0,000897091		
13	10	130	7800	600	81	55	76	1,855	1,15	0,3432	0,8068	0,03	5,0000E-05	70,16	2,351	0,000897091		
14	10	140	8400	600	81	54	76	1,83	1,125	0,3432	0,7818	0,025	4,1667E-05	69,49	2,278	0,000747576		
15	10	150	9000	600	80	56	77	1,8	1,095	0,3432	0,7518	0,03	5,0000E-05	68,66	2,191	0,000897091		
16	10	160	9600	600	80	55	76	1,775	1,07	0,3432	0,7268	0,025	4,1667E-05	67,93	2,118	0,000747576		
17	10	170	10200	600	80	55	76	1,75	1,045	0,3432	0,7018	0,025	4,1667E-05	67,16	2,045	0,000747576		
18	10	180	10800	600	80	56	76	1,725	1,02	0,3432	0,6768	0,025	4,1667E-05	66,35	1,972	0,000747576		
19	10	190	11400	600	80	56	76	1,705	1	0,3432	0,6568	0,02	3,3333E-05	65,68	1,914	0,000598061		
20	10	200	12000	600	80	55	75	1,685	0,98	0,3432	0,6368	0,02	3,3333E-05	64,98	1,855	0,000598061		
21	10	210	12600	600	81	55	75	1,665	0,96	0,3432	0,6168	0,02	3,3333E-05	64,25	1,797	0,000598061		
22	10	220	13200	600	80	56	75	1,655	0,95	0,3432	0,6068	0,01	1,6667E-05	63,87	1,768	0,00029903		
23	10	230	13800	600	81	56	76	1,645	0,94	0,3432	0,5968	0,01	1,6667E-05	63,49	1,739	0,00029903		
24	10	240	14400	600	81	56	76	1,635	0,93	0,3432	0,5868	0,01	1,6667E-05	63,1	1,71	0,00029903		
25	10	250	15000	600	80	56	76	1,625	0,92	0,3432	0,5768	0,01	1,6667E-05	62,7	1,681	0,00029903		
26	10	260	15600	600	80	55	76	1,615	0,91	0,3432	0,5668	0,01	1,6667E-05	62,29	1,652	0,00029903		
27	10	270	16200	600	80	54	75	1,605	0,9	0,3432	0,5568	0,01	1,6667E-05	61,87	1,622	0,00029903		
28	10	280	16800	600	80	55	77	1,59	0,885	0,3432	0,5418	0,015	2,5000E-05	61,22	1,579	0,000448546		
29	10	290	17400	600	80	56	76	1,575	0,87	0,3432	0,5268	0,015	2,5000E-05	60,55	1,535	0,000448546		
30	10	300	18000	600	80	56	76	1,565	0,86	0,3432	0,5168	0,01	1,6667E-05	60,09	1,506	0,00029903		
31	10	310	18600	600	79	57	76	1,555	0,85	0,3432	0,5068	0,01	1,6667E-05	59,62	1,477	0,00029903		
32	10	320	19200	600	79	56	76	1,545	0,84	0,3432	0,4968	0,01	1,6667E-05	59,14	1,448	0,00029903		
33	10	330	19800	600	80	57	76	1,535	0,83	0,3432	0,4868	0,01	1,6667E-05	58,65	1,418	0,00029903		
34	10	340	20400	600	79	57	77	1,525	0,82	0,3432	0,4768	0,01	1,6667E-05	58,15	1,389	0,00029903		
35	10	350	21000	600	79	57	77	1,52	0,815	0,3432	0,4718	0,005	8,3333E-06	57,89	1,375	0,000149515		
36	10	360	21600	600	79	56	77	1,515	0,81	0,3432	0,4668	0,005	8,3333E-06	57,63	1,36	0,000149515		
37	10	370	22200	600	80	57	77	1,51	0,805	0,3432	0,4618	0,005	8,3333E-06	57,37	1,346	0,000149515		
38	10	380	22800	600	80	56	76	1,505	0,8	0,3432	0,4568	0,005	8,3333E-06	57,1	1,331	0,000149515		
39	10	390	23400	600	81	56	76	1,5	0,795	0,3432	0,4518	0,005	8,3333E-06	56,83	1,316	0,000149515		
40	10	400	24000	600	79	57	77	1,495	0,79	0,3432	0,4468	0,005	8,3333E-06	56,56	1,302	0,000149515		
41	10	410	24600	600	79	57	77	1,49	0,785	0,3432	0,4418	0,005	8,3333E-06	56,28	1,287	0,000149515		
42	10	420	25200	600	80	57	77	1,485	0,78	0,3432	0,4368	0,005	8,3333E-06	56	1,273	0,000149515		
datos promedio					79,83333333	54,8809524	74,809524											
											%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss					

Tabla Ensayo # 8 (15mm-80° C)

Espesor promedio mm			15mm	Temperatura ° C			80													
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% solidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g											
Inicial	0,788	20	77	23	2,88	0,78	120	60	0,705											
Final	0,256	20	22	78	3,05	2,6	120	60	área de bandeja m2											
Tiempo total deshidratación			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco			T° ambiente bulbo húmedo													
6 horas			55	20			18													
Dato	t min	t A	t seg	delta t	A caliente			Aire Frío			Peso Kg	Peso Kg	W sólido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc	
					Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	seco Kg	Kg	agua	agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s			
1	10	10	600	0	75	48	60	2,265	1,56	0,3588	1,2012	n	77	3,348	n					
2	10	20	1200	600	78	48	60	2,205	1,5	0,3588	1,1412	0,06	1,0000E-04	76,08	3,181	0,001716175				
3	10	30	1800	600	78	49	64	2,145	1,44	0,3588	1,0812	0,06	1,0000E-04	75,08	3,013	0,001716175				
4	10	40	2400	600	80	50	70	2,085	1,38	0,3588	1,0212	0,06	1,0000E-04	74	2,846	0,001716175				
5	10	50	3000	600	81	52	77	2,035	1,33	0,3588	0,9712	0,05	8,3333E-05	73,02	2,707	0,001430146				
6	10	60	3600	600	81	52	78	1,985	1,28	0,3588	0,9212	0,05	8,3333E-05	71,97	2,567	0,001430146				
7	10	70	4200	600	81	52	77	1,94	1,235	0,3588	0,8762	0,045	7,5000E-05	70,95	2,442	0,001287131				
8	10	80	4800	600	81	52	78	1,895	1,19	0,3588	0,8312	0,045	7,5000E-05	69,85	2,317	0,001287131				
9	10	90	5400	600	81	52	78	1,855	1,15	0,3588	0,7912	0,04	6,6667E-05	68,8	2,205	0,001144117				
10	10	100	6000	600	80	52	78	1,815	1,11	0,3588	0,7512	0,04	6,6667E-05	67,68	2,094	0,001144117				
11	10	110	6600	600	80	53	78	1,785	1,08	0,3588	0,7212	0,03	5,0000E-05	66,78	2,01	0,000858087				
12	10	120	7200	600	80	53	80	1,75	1,045	0,3588	0,6862	0,035	5,8333E-05	65,67	1,912	0,001001102				
13	10	130	7800	600	81	53	80	1,72	1,015	0,3588	0,6562	0,03	5,0000E-05	64,65	1,829	0,000858087				
14	10	140	8400	600	81	52	80	1,69	0,985	0,3588	0,6262	0,03	5,0000E-05	63,57	1,745	0,000858087				
15	10	150	9000	600	81	52	79	1,665	0,96	0,3588	0,6012	0,025	4,1667E-05	62,63	1,676	0,000715073				
16	10	160	9600	600	81	52	79	1,64	0,935	0,3588	0,5762	0,025	4,1667E-05	61,63	1,606	0,000715073				
17	10	170	10200	600	82	53	79	1,615	0,91	0,3588	0,5512	0,025	4,1667E-05	60,57	1,536	0,000715073				
18	10	180	10800	600	82	53	80	1,59	0,885	0,3588	0,5262	0,025	4,1667E-05	59,46	1,467	0,000715073				
19	10	190	11400	600	82	53	80	1,57	0,865	0,3588	0,5062	0,02	3,3333E-05	58,52	1,411	0,000572058				
20	10	200	12000	600	82	53	79	1,55	0,845	0,3588	0,4862	0,02	3,3333E-05	57,54	1,355	0,000572058				
21	10	210	12600	600	81	53	80	1,53	0,825	0,3588	0,4662	0,02	3,3333E-05	56,51	1,299	0,000572058				
22	10	220	13200	600	81	52	80	1,51	0,805	0,3588	0,4462	0,02	3,3333E-05	55,43	1,244	0,000572058				
23	10	230	13800	600	81	52	80	1,49	0,785	0,3588	0,4262	0,02	3,3333E-05	54,29	1,188	0,000572058				
24	10	240	14400	600	81	52	80	1,47	0,765	0,3588	0,4062	0,02	3,3333E-05	53,1	1,132	0,000572058				
25	10	250	15000	600	81	53	81	1,45	0,745	0,3588	0,3862	0,02	3,3333E-05	51,84	1,076	0,000572058				
26	10	260	15600	600	80	53	81	1,43	0,725	0,3588	0,3662	0,02	3,3333E-05	50,51	1,021	0,000572058				
27	10	270	16200	600	80	53	80	1,42	0,715	0,3588	0,3562	0,01	1,6667E-05	49,82	0,993	0,000286029				
28	10	280	16800	600	81	53	80	1,41	0,705	0,3588	0,3462	0,01	1,6667E-05	49,11	0,965	0,000286029				
29	10	290	17400	600	80	52	80	1,4	0,695	0,3588	0,3362	0,01	1,6667E-05	48,37	0,937	0,000286029				
30	10	300	18000	600	80	52	81	1,39	0,685	0,3588	0,3262	0,01	1,6667E-05	47,62	0,909	0,000286029				
31	10	310	18600	600	80	52	81	1,38	0,675	0,3588	0,3162	0,01	1,6667E-05	46,84	0,881	0,000286029				
32	10	320	19200	600	80	52	80	1,37	0,665	0,3588	0,3062	0,01	1,6667E-05	46,05	0,853	0,000286029				
33	10	330	19800	600	81	54	80	1,36	0,655	0,3588	0,2962	0,01	1,6667E-05	45,22	0,826	0,000286029				
34	10	340	20400	600	81	52	80	1,345	0,64	0,3588	0,2812	0,015	2,5000E-05	43,94	0,784	0,000429044				
35	10	350	21000	600	81	52	80	1,33	0,625	0,3588	0,2662	0,015	2,5000E-05	42,59	0,742	0,000429044				
36	10	360	21600	600	81	52	80	1,313	0,608	0,3588	0,2492	0,017	2,8333E-05	40,99	0,695	0,00048625				
datos promedio					80,5	52,0277778	77,722222													
										%BH Kg agua/ Kg producto			%BS Kg agua/Kgss							

Tabla Ensayo # 9 (15mm-85° C)

Espesor promedio mm			15mm		Temperatura ° C		85										
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% sólidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	peso bandeja g								
Inicial	0,899	21	82	18	3,01	0,98	120	60	0,705								
Final	0,22	19	16	84	2,05	1,74	121	60	área de bandeja m2								
Tiempo deshidratación total			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624									
5 horas			56	19		17											
-	-	-	-	-	A caliente		Aire Frío		Peso Kg	Peso Kg	W sólido seco Kg	W agua Kg	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc
Dato	t min	t A	t seg	delta t	Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F				agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s
1	10	10	600	0	72	48	58	2,425	1,72	0,3096	1,4104	n	N		82	4,556	n
2	10	20	1200	600	72	48	58	2,38	1,675	0,3096	1,3654	0,045	7,5000E-05	81,52	4,41	0,001491675	
3	10	30	1800	600	78	49	59	2,335	1,63	0,3096	1,3204	0,045	7,5000E-05	81,01	4,265	0,001491675	
4	10	40	2400	600	78	50	59	2,29	1,585	0,3096	1,2754	0,045	7,5000E-05	80,47	4,12	0,001491675	
5	10	50	3000	600	82	52	59	2,245	1,54	0,3096	1,2304	0,045	7,5000E-05	79,9	3,974	0,001491675	
6	10	60	3600	600	82	52	64	2,205	1,5	0,3096	1,1904	0,04	6,6667E-05	79,36	3,845	0,001325934	
7	10	70	4200	600	84	52	72	2,16	1,455	0,3096	1,1454	0,045	7,5000E-05	78,72	3,7	0,001491675	
8	10	80	4800	600	84	52	78	2,115	1,41	0,3096	1,1004	0,045	7,5000E-05	78,04	3,554	0,001491675	
9	10	90	5400	600	92	52	78	2,07	1,365	0,3096	1,0554	0,045	7,5000E-05	77,32	3,409	0,001491675	
10	10	100	6000	600	90	52	78	2,025	1,32	0,3096	1,0104	0,045	7,5000E-05	76,55	3,264	0,001491675	
11	10	110	6600	600	94	53	78	1,99	1,285	0,3096	0,9754	0,035	5,8333E-05	75,91	3,151	0,001160192	
12	10	120	7200	600	94	53	78	1,955	1,25	0,3096	0,9404	0,035	5,8333E-05	75,23	3,037	0,001160192	
13	10	130	7800	600	94	53	80	1,92	1,215	0,3096	0,9054	0,035	5,8333E-05	74,52	2,924	0,001160192	
14	10	140	8400	600	94	52	80	1,885	1,18	0,3096	0,8704	0,035	5,8333E-05	73,76	2,811	0,001160192	
15	10	150	9000	600	92	52	80	1,85	1,145	0,3096	0,8354	0,035	5,8333E-05	72,96	2,698	0,001160192	
16	10	160	9600	600	92	52	80	1,815	1,11	0,3096	0,8004	0,035	5,8333E-05	72,11	2,585	0,001160192	
17	10	170	10200	600	93	53	80	1,78	1,075	0,3096	0,7654	0,035	5,8333E-05	71,2	2,472	0,001160192	
18	10	180	10800	600	93	53	80	1,745	1,04	0,3096	0,7304	0,035	5,8333E-05	70,23	2,359	0,001160192	
19	10	190	11400	600	92	54	79	1,715	1,01	0,3096	0,7004	0,03	5,0000E-05	69,35	2,262	0,00099445	
20	10	200	12000	600	92	54	79	1,685	0,98	0,3096	0,6704	0,03	5,0000E-05	68,41	2,165	0,00099445	
21	10	210	12600	600	93	54	80	1,655	0,95	0,3096	0,6404	0,03	5,0000E-05	67,41	2,068	0,00099445	
22	10	220	13200	600	93	53	80	1,625	0,92	0,3096	0,6104	0,03	5,0000E-05	66,35	1,972	0,00099445	
23	10	230	13800	600	92	53	80	1,59	0,885	0,3096	0,5754	0,035	5,8333E-05	65,02	1,859	0,001160192	
24	10	240	14400	600	92	53	79	1,56	0,855	0,3096	0,5454	0,03	5,0000E-05	63,79	1,762	0,00099445	
25	10	250	15000	600	92	54	79	1,53	0,825	0,3096	0,5154	0,03	5,0000E-05	62,47	1,665	0,00099445	
26	10	260	15600	600	93	54	80	1,495	0,79	0,3096	0,4804	0,035	5,8333E-05	60,81	1,552	0,001160192	
27	10	270	16200	600	93	54	79	1,455	0,75	0,3096	0,4404	0,04	6,6667E-05	58,72	1,422	0,001325934	
28	10	280	16800	600	93	54	79	1,415	0,71	0,3096	0,4004	0,04	6,6667E-05	56,39	1,293	0,001325934	
29	10	290	17400	600	93	54	79	1,375	0,67	0,3096	0,3604	0,04	6,6667E-05	53,79	1,164	0,001325934	
30	10	300	18000	600	93	54	80	1,335	0,63	0,3096	0,3204	0,04	6,6667E-05	50,86	1,035	0,001325934	
datos promedio					89,03333333	52,43333333	75,066667										
													%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss		

ANEXO 4: ENSAYO (5mm-85° C) 10, 11 y 12

Tabla Ensayo # 10 (5mm-85° C)

Espesor promedio mm		5mm	Temperatura ° C				85									
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% sólidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	Peso bandeja g							
Inicial	0,867	18	79,4	20,6	3,54	1,02	120	60	0,705							
Final	0,184	19	5	95	2,52	2,31	120	60	área de bandeja m2							
Tiempo deshidratación total			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco	T° ambiente bulbo húmedo		0,1624									
3horas 15minutos			54	19	17											
- Dato	- t min	- t A	- t seg	- delta t	A caliente Tbs	Aire Frío Tbh	Tbs	Peso Kg F+B	Peso Kg F	W sólido seco Kg	W agua Kg	Pérdida Kg agua	F másico pérdida agua	% H BH	% H BS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
1	10	10	600	0	75	48	60	2,005	1,3	0,2678	1,0322	N	N	79,4	3,854	n
2	10	20	1200	600	78	48	60	1,935	1,23	0,2678	0,9622	0,07	1,1667E-04	78,23	3,593	0,002682565
3	10	30	1800	600	78	49	64	1,865	1,16	0,2678	0,8922	0,07	1,1667E-04	76,91	3,332	0,002682565
4	10	40	2400	600	80	53	70	1,805	1,1	0,2678	0,8322	0,06	1,0000E-04	75,65	3,108	0,002299341
5	10	50	3000	600	81	53	74	1,745	1,04	0,2678	0,7722	0,06	1,0000E-04	74,25	2,883	0,002299341
6	10	60	3600	600	79	53	74	1,685	0,98	0,2678	0,7122	0,06	1,0000E-04	72,67	2,659	0,002299341
7	10	70	4200	600	80	54	75	1,635	0,93	0,2678	0,6622	0,05	8,3333E-05	71,2	2,473	0,001916118
8	10	80	4800	600	82	54	74	1,585	0,88	0,2678	0,6122	0,05	8,3333E-05	69,57	2,286	0,001916118
9	10	90	5400	600	81	54	76	1,535	0,83	0,2678	0,5622	0,05	8,3333E-05	67,73	2,099	0,001916118
10	10	100	6000	600	80	54	76	1,485	0,78	0,2678	0,5122	0,05	8,3333E-05	65,67	1,913	0,001916118
11	10	110	6600	600	80	54	77	1,43	0,725	0,2678	0,4572	0,055	9,1667E-05	63,06	1,707	0,002107729
12	10	120	7200	600	80	54	77	1,39	0,685	0,2678	0,4172	0,04	6,6667E-05	60,91	1,558	0,001532894
13	10	130	7800	600	81	55	76	1,35	0,645	0,2678	0,3772	0,04	6,6667E-05	58,48	1,409	0,001532894
14	10	140	8400	600	81	54	76	1,305	0,6	0,2678	0,3322	0,045	7,5000E-05	55,37	1,24	0,001724506
15	10	150	9000	600	80	56	77	1,255	0,55	0,2678	0,2822	0,05	8,3333E-05	51,31	1,054	0,001916118
16	10	160	9600	600	80	55	76	1,205	0,5	0,2678	0,2322	0,05	8,3333E-05	46,44	0,867	0,001916118
17	10	170	10200	600	80	55	76	1,175	0,47	0,2678	0,2022	0,03	5,0000E-05	43,02	0,755	0,001149671
18	10	180	10800	600	80	56	76	1,145	0,44	0,2678	0,1722	0,03	5,0000E-05	39,14	0,643	0,001149671
19	10	190	11400	600	80	56	76	1,125	0,42	0,2678	0,1522	0,02	3,3333E-05	36,24	0,568	0,000766447
20	5	195	11700	300	80	55	75	1,105	0,4	0,2678	0,1322	0,02	3,3333E-05	33,05	0,494	0,000766447
datos promedio					79,8	53,5	73,25									
												%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss		

Tabla Ensayo # 11 (5mm-85° C)

Espesor promedio mm		5mm	Temperatura ° C		85											
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% solidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	Peso bandeja g							
Inicial	0,815	20	68,2	31,8	3,22	0,76	120	60	0,705							
Final	0,196	19	5	95	4,31	3,88	120	60	área de bandeja m2							
Tiempo deshidratación total			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco		T° ambiente bulbo húmedo		0,1624								
2horas 45 minutos			56	20		18										
-	-	-	-	-	A caliente	Aire Frío		Peso Kg	Peso Kg	W solido	W agua	Pérdida Kg	F masico	% H	% H	Rc
Dato	t min	t A	t seg	delta t	Tbs	Tbh	Tbs	F+B	F	seco Kg	Kg	agua	pérdida agua	BH	BS	Kg agua/ Kgss*m2*s
1	10	10	600	0	75	48	60	1,755	1,05	0,3339	0,7161	n	n	68,2	2,145	n
2	10	20	1200	600	78	48	60	1,705	1	0,3339	0,6661	0,05	8,3333E-05	66,61	1,995	0,001536796
3	10	30	1800	600	78	49	64	1,655	0,95	0,3339	0,6161	0,05	8,3333E-05	64,85	1,845	0,001536796
4	10	40	2400	600	80	50	70	1,605	0,9	0,3339	0,5661	0,05	8,3333E-05	62,9	1,695	0,001536796
5	10	50	3000	600	81	52	77	1,565	0,86	0,3339	0,5261	0,04	6,6667E-05	61,17	1,576	0,001229437
6	10	60	3600	600	81	52	78	1,525	0,82	0,3339	0,4861	0,04	6,6667E-05	59,28	1,456	0,001229437
7	10	70	4200	600	81	52	77	1,485	0,78	0,3339	0,4461	0,04	6,6667E-05	57,19	1,336	0,001229437
8	10	80	4800	600	81	52	78	1,445	0,74	0,3339	0,4061	0,04	6,6667E-05	54,88	1,216	0,001229437
9	10	90	5400	600	81	52	78	1,415	0,71	0,3339	0,3761	0,03	5,0000E-05	52,97	1,126	0,000922078
10	10	100	6000	600	80	52	78	1,375	0,67	0,3339	0,3361	0,04	6,6667E-05	50,16	1,007	0,001229437
11	10	110	6600	600	80	53	78	1,335	0,63	0,3339	0,2961	0,04	6,6667E-05	47	0,887	0,001229437
12	10	120	7200	600	80	53	80	1,305	0,6	0,3339	0,2661	0,03	5,0000E-05	44,35	0,797	0,000922078
13	10	130	7800	600	81	53	80	1,265	0,56	0,3339	0,2261	0,04	6,6667E-05	40,38	0,677	0,001229437
14	10	140	8400	600	81	52	80	1,235	0,53	0,3339	0,1961	0,03	5,0000E-05	37	0,587	0,000922078
15	10	150	9000	600	81	52	79	1,215	0,51	0,3339	0,1761	0,02	3,3333E-05	34,53	0,527	0,000614719
16	10	160	9600	600	81	52	79	1,195	0,49	0,3339	0,1561	0,02	3,3333E-05	31,86	0,468	0,000614719
17	5	165	9900	300	82	53	79	1,185	0,48	0,3339	0,1461	0,01	3,3333E-05	30,44	0,438	0,000614719
datos promedio					80,11764706	51,4705882	75									
													%BH Kg agua/ Kg producto		%BS Kg agua/Kgss	

Tabla Ensayo # 12 (5mm-85° C)

Espesor promedio cm.		5mm	Temperatura ° C		85											
Fruta	Aw	T ° C inicial	%humedad	% solidos	W inicial g	W final g	T ° C final	t (min) prueba	Peso bandeja g							
Inicial	0,79	20	73,7	26,3	4,05	1,01	120	60	0,705							
Final	0,15	20	5	95	1,98	1,78	120	60	Área de bandeja m2							
Tiempo deshidratación total			HR ambiente %	T° ambiente bulbo seco	T° ambiente bulbo húmedo		0,1624									
3 horas			54	19	17											
Dato	t min	T A	t seg	delta t	A caliente Tbs	Aire Frío Tbh Tbs		Peso Kg F+B	Peso Kg F	W solido seco Kg	W agua Kg	Pérdida Kg agua	F masico pérdida agua	% H BH	% H BS	Rc Kg agua/ Kgss*m2*s
1	10	10	600	0	72	48	58	1,695	0,99	0,26037	0,72963	n	n	73,7	2,802	N
2	10	20	1200	600	72	48	58	1,625	0,92	0,26037	0,65963	0,07	1,1667E-04	71,7	2,533	0,002759115
3	10	30	1800	600	78	49	59	1,585	0,88	0,26037	0,61963	0,04	6,6667E-05	70,41	2,38	0,001576637
4	10	40	2400	600	78	50	59	1,525	0,82	0,26037	0,55963	0,06	1,0000E-04	68,25	2,149	0,002364956
5	10	50	3000	600	82	52	59	1,465	0,76	0,26037	0,49963	0,06	1,0000E-04	65,74	1,919	0,002364956
6	10	60	3600	600	82	52	64	1,415	0,71	0,26037	0,44963	0,05	8,3333E-05	63,33	1,727	0,001970797
7	10	70	4200	600	84	52	72	1,365	0,66	0,26037	0,39963	0,05	8,3333E-05	60,55	1,535	0,001970797
8	10	80	4800	600	84	52	78	1,315	0,61	0,26037	0,34963	0,05	8,3333E-05	57,32	1,343	0,001970797
9	10	90	5400	600	92	52	78	1,275	0,57	0,26037	0,30963	0,04	6,6667E-05	54,32	1,189	0,001576637
10	10	100	6000	600	90	52	78	1,235	0,53	0,26037	0,26963	0,04	6,6667E-05	50,87	1,036	0,001576637
11	10	110	6600	600	94	53	78	1,185	0,48	0,26037	0,21963	0,05	8,3333E-05	45,76	0,844	0,001970797
12	10	120	7200	600	93	53	78	1,145	0,44	0,26037	0,17963	0,04	6,6667E-05	40,83	0,69	0,001576637
13	10	130	7800	600	94	52	80	1,105	0,4	0,26037	0,13963	0,04	6,6667E-05	34,91	0,536	0,001576637
14	10	140	8400	600	94	52	80	1,065	0,36	0,26037	0,09963	0,04	6,6667E-05	27,68	0,383	0,001576637
15	10	150	9000	600	92	52	79	1,035	0,33	0,26037	0,06963	0,03	5,0000E-05	21,1	0,267	0,001182478
16	10	160	9600	600	92	52	79	1,02	0,3	0,26037	0,03963	0,015	2,5000E-05	13,21	0,152	0,000591239
17	10	170	10200	600	93	53	80	1,005	0,3	0,26037	0,03963	0,015	2,5000E-05	13,21	0,152	0,000591239
18	10	180	10800	600	93	53	80	1,002	0,297	0,26037	0,03663	0,003	5,0000E-06	12,33	0,141	0,000118248

%BH Kg agua/ Kg producto %BS Kg agua/Kgss

ANEXO 5: BALANCE DE MATERIA

Paso 3 y 4 (selección y clasificación)

$$A = P + B$$

$$A = 100\text{kg}$$

$$P = A (0.95) = 100\text{kg} * (0.95) = 95\text{kg}$$

$$B = A - P = 100\text{kg} - 95\text{kg} = 5\text{kg}$$

Paso 6 (pelado y corte)

$$P = R + D$$

$$P = 95 \text{ kg}$$

$$D = P (0.70) = 95 \text{ kg} * (0.70) = 66,5\text{kg}$$

$$R = P - D = 95 \text{ kg} - 66,5\text{kg} = 28,5\text{kg}$$

Paso 8 (deshidratación) según Felder⁷⁵

$$(Ma) (Ha1) + Mf (W1) = (Ma) (Ha2) + Mp (W2)$$

Para hallar cantidad de aire seco por Kg de producto (Ma)

Donde,

(T) = temperatura a condiciones del alimento o producto

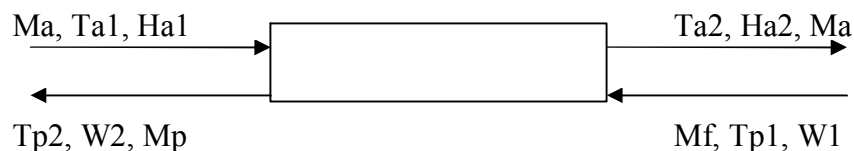
(Ma): flujo del aire kgss/h

(Mf): flujo de alimentación materia prima

(Mp): flujo de producto kgss/kgas

Ha: humedad absoluta kg agua/ kg as

W: contenido de humedad del alimento kg agua/kgss



⁷⁵ FELDER, R. Principios elementales de los procesos químicos, 2ª, México: Addison Wesley, 1999, paginas 89-140.

Se busca las condiciones del aire en las tablas según el diagrama psicrométrico a condiciones de Bogotá⁷⁶.

$$W1: 80,5\% \text{ humedad inicial} = 80,5/19,5 = 4,1282\text{kg agua/kgss}$$

$$W2: 5\% \text{ humedad final} = 5/95 = 0,0526\text{kg agua/kgss}$$

De la tabla psicometrica de Bogotá

$$A1: \text{aire sale} = 0,200\text{kg agua/kg as (74}^\circ \text{ C y HR 40\%)}$$

$$A2: \text{aire entra} = 0,011\text{kg agua/kg as (19}^\circ \text{ C y HR 54\%)}$$

$$Ma (0,011\text{kg agua/kg as}) + 4,1282\text{kg agua/kgss} = Ma (0,140\text{kg agua/kg as}) + 0,0526\text{kg agua/kgss}$$

Al despejar se obtiene

$$Ma = (4,1282 - 0,0526) \text{ kg agua/kgss} / (0,250 - 0,011) \text{ kg agua/kg as} = \underline{17,0527\text{kg as/kgss}}$$

Paso 12 (Rehidratación)

$$R = D + H$$

$$D = 19,95\text{kg}$$

$$R = D (3,2652) = 19,95\text{kg} * (3,2652) = 65,14\text{kg}$$

$$H = R - D = 65,14\text{kg} - 19,95\text{kg} = 45,19\text{kg}$$

⁷⁶ Carta psicométrica de Bogotá, Cundinamarca altura 2543 metros sobre el nivel de mar.

ANEXO 6: BALANCE DE ENERGÍA

$$Q1 + Ma1 (Ha1) + Mf (Hf) = Ma2 (Ha2) + Mp (Hp) + Q2$$

Donde,

Q: pérdida de calor

Ha: contenido de calor de aire Kj/kgss

Hp: contenido de calor del producto Kj/kgss

Hf: contenido de calor de la alimentación Kj/kgss

De acuerdo al flujo másico de aire 17,0527kg as/kgss se pasa a unidades de kg as/s, por medio de factor de conversión, $17,0527(\text{kg as/kgss}) / (\text{kgss/s})$, y nos resulta 17,0527kg as/s.

Ma: 17,0527kg as/s (19° C y 54% HR) para 1kg de producto por segundo

$$Ma: \text{real } 17,0527\text{kg as/s} * 0,005\text{kg agua/kg as} = (0,0852\text{kg agua}) + 17,0527\text{kg as/s} = 17,1379\text{kg as/s}$$

Ma: $17,1379\text{kg as/s} + 0,06\text{kg as/s} = 17,1979\text{kg a húmedo/s}$ para hallar Ha

Mp: 0,3kg/s flujo de producto de acuerdo a % de deshidratado peso inicial –peso final

Mf: 1kg/s alimentación de producto de acuerdo a Ma para 1kg

$$Ha: ((17,1979 - 17,1379) \text{ kg as/ s}) / 17,1379\text{kg as/s} = 0,00350$$

Ha1: 85° C y 40% HR de acuerdo a deshidratador extrapolado de diagrama 134Kj/kg

$$Hf: 2\text{Kj/kg } ^\circ\text{C} (19-0) ^\circ\text{C} = 38\text{Kj/kg}$$

$$Hp: 2\text{Kj/kg } ^\circ\text{C} (70-0) ^\circ\text{C extrapolado} = 140 \text{Kj/kg}$$

$$Qs = Mp Hp + Ma (Ha1 - Hf) - Mf Hf$$

$$Qs = 0,3\text{kg/s} (140\text{Kj/kg}) + 17,1979\text{kg as/s} (134\text{Kj/kg} - 38\text{Kj/kg}) - 1\text{kg/s} (38\text{Kj/kg})$$

$$Qs = 1654,9984\text{Kj/s} = \text{Kj/s} * \text{factor seguridad } 25\% = 2068,748\text{Kj/s}$$

$$Qs = (2068,748\text{Kj/s}) * s = 2068,748\text{Kj para 1kg de producto}$$

$$\text{Si } 3600\text{Kj} = 1\text{kWh entonces } \text{Kj} * (1\text{kWh} / 3600\text{Kj}) = 0,5746\text{kWh}$$

0,5746kWh se multiplica por cada hora para cada ensayo

Consumo se calcula: (kW) consumo equipo * horas de trabajo = .750kWh

ANEXO 7: TIEMPO TEÓRICO VERSUS TIEMPO PRÁCTICO

Periodo de velocidad constante: promedio tomado de tablas ensayos de 5mm-85° C, replicas 1 y 2.

$$W_i \text{ Humedad inicial: } 79,4 + 72,5 + 68,2 = 73,37$$

$$W_c \text{ Humedad crítica: } 63,06 + 52,97 + 55,57 = 57,2$$

$$W_f \text{ Humedad final: } 5 + 5 + 5 = 5$$

$$W_e \text{ humedad de equilibrio: } 0 + 0 + 0 = 0$$

$$t_c = 6600 + 5400 + 4800 = 5600s \text{ PRACTICO}$$

$$A: 0,1624m^2$$

$$R_c = W_i - W_c / t_c = 0,7337 - 0,572 / 5600 = 0,0000288kg \text{ agua}/m^2s \text{ kgss}$$

$$t_c = W_i - W_c / R_c = 0,7337 - 0,572 / 0,0000288 = 5600s \text{ TEÓRICO}$$

Para el periodo decreciente promedio

$$t_d = W_c / R_c * (\ln W_c / W_f) = 0,572 / 0,0000288 * \ln 0,572 / 0,05 = 48404s \text{ TEÓRICO}$$

Tiempo total teórico = 54004s = 15 horas

Tiempo total practico

Ensayo 1	5 horas
Ensayo 2	4 horas
Ensayo 3	3 horas
Ensayo 4	6 horas
Ensayo 5	5 horas
Ensayo 6	4 horas
Ensayo 7	7 horas
Ensayo 8	6 horas
Ensayo 9	5 horas
Ensayo 10	3 horas 15 minutos
Ensayo 11	2 horas 45 minutos
Ensayo 12	3 horas

ANEXO 8: MÉTODO ESTADÍSTICO ANOVA SEGÚN VARIABLE

ANÁLISIS DE VARIANZA TIEMPO

<i>Fuente</i>	<i>Sc</i>	<i>GL</i>	<i>Cm</i>	<i>Razón F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Repeticiones	17662,5	2	8831,25	12,07692308	0,007878175	5,14325285
Ensayos	54000	3	18000	24,61538462	0,000901635	4,757062664
Error	4387,5	6	731,25			
Total	76050	11				

Hay diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones $p > 0,05$

Hay diferencias estadísticamente significativas entre ensayos $p > 0,05$

ANÁLISIS DE VARIANZA TEMPERATURA.

<i>Fuente</i>	<i>Sc</i>	<i>GL</i>	<i>Cm</i>	<i>Razón F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Repeticiones	112,5	2	56,25	9	0,015625	5,14325285
Ensayos	56,25	3	18,75	3	0,116959797	4,757062664
Error	37,5	6	6,25			
Total	206,25	11				

Hay diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones $p > 0,05$

Hay diferencias estadísticamente significativas entre ensayos $p > 0,05$

ANÁLISIS DE VARIANZA HUMEDAD.

<i>Fuente</i>	<i>Sc</i>	<i>GL</i>	<i>Cm</i>	<i>Razón F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Repeticiones	254,16666	2	127,08333	6,7378497	0,029239	5,143252
Ensayos	701,58333	3	233,86111	12,399116	0,0055474	4,7570626
Error	113,16666	6	18,861111			
Total	1068,9166	11				

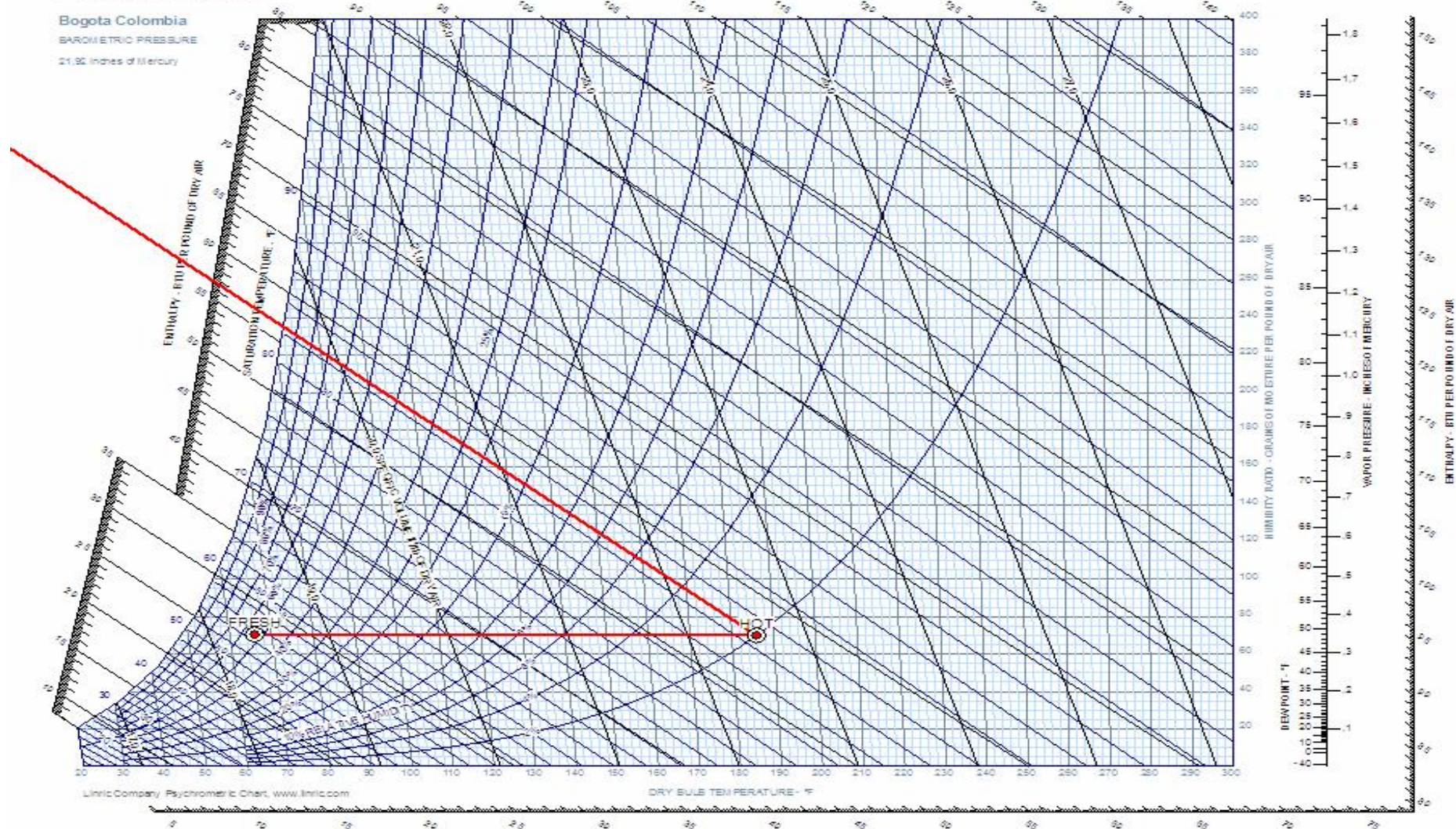
Hay diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones $p > 0,05$

Hay diferencias estadísticamente significativas entre ensayos $p > 0,05$

ANEXO 9: COMPORTAMIENTO IDEAL DEL AIRE UTILIZADO EN EL PROCESO A CONDICIONES: BOGOTÁ 560mmHg

PSYCHROMETRIC CHART

Bogota Colombia
 BAROMETRIC PRESSURE
 21.92 inches of Mercury



ANEXO 10: COMPORTAMIENTO REAL DEL AIRE UTILIZADO EN EL PROCESO A CONDICIONES: BOGOTÁ 560mmHg

