

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**OPTIMIZACIÓN DEL SECADO POR AIRE CALIENTE
DE PERA (Variedad BLANQUILLA)**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Xue keqing

Dirigida por:

Dra González-Martínez, C .

Dra Cháfer, M .

Valencia, Dic. 2004



**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

D^a CHELO GOZÁLEZ MARTINEZ PROFESORA Y D^a MARIA TERESA CHÁFER NÁCHER PROFESORA TITULAR DE UNVIERSIDAD , DEL DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

CONSIDERAN: que la memoria titulada **OPTIMIZACIÓN DEL SECADO POR AIRE CALIENTE DE PERA BLANQUILLA** que presenta **D Xue keqing** para aspirar al grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia, que has sido realizado bajo su dirección en Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia, reúne las condiciones adecuadas para constituir su tesis doctoral , por lo que **AUTORIZAN** a la interesada para su presentación

Diciembre del 2004, Valencia

Fdo.: Chelo González Martínez
Directora de Tesis

Fdo.: Maria Teresa Chafer Nácher
Directora de Tesis

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo ha sido analizar y profundizar en el estudio del secado por aire caliente de pera variedad Blanquilla y analizar los efectos del pretratamiento osmótico en la cinética de secado por aire caliente y en la calidad del producto final, a través del análisis del proceso de rehidratación del producto seco. Los resultados experimentales obtenidos han permitido modelizar la cinética de las distintas etapas de proceso (secado por aire caliente y rehidratación) a través de un modelo difusional. En cuanto al secado la temperatura tuvo una influencia significativa en la difusividad efectiva: a medida que aumenta la temperatura aumentan los valores de difusividad. La aplicación del pretratamiento osmótico provocó una reducción de la difusividad del agua y un aumento del tiempo total de secado y del rendimiento del proceso. Estos efectos fueron más marcados cuando se utilizaron los pretratamientos osmóticos más largos.

La rehidratación de las muestras secas puso en evidencia que la influencia de la temperatura de rehidratación es diferente según la temperatura utilizada en el secado de las muestras, observándose una hidratación ligeramente mayor en las muestras secadas y rehidratadas a menor temperatura. El pretratamiento osmótico apenas afecta al transporte de masa de agua y solutos, aunque se alcanzan contenidos más altos de solutos en los pretratamientos más largos por la impregnación superficial de las muestras. En estos pretratamientos también disminuyeron los valores de D_e calculados.

También se han estudiado las interacciones agua-estructura, a través del establecimiento de las isotermas de sorción de agua, la determinación de las transiciones vítrea de la fracción amorfa de la fase líquida y la medida de las propiedades mecánicas de muestras con diferente contenido en humedad. En este estudio, no se encontraron diferencias en la capacidad de retención de agua de la pera cuando las muestras fueron sometidas a procesos de adsorción-desorción. El efecto plastificante del agua se ha visto reflejado tanto en la evolución de las temperaturas de transición vítrea como en las propiedades mecánicas de las muestras, que se vuelven más frágiles y resistentes a la rotura a medida que disminuye el contenido en humedad.

Por último, se analizó la estabilidad de las muestras secas sometidas a diferentes tratamientos a lo largo de su almacenamiento, a través de la determinación de los cambios de color de las muestras en función del tiempo. Los resultados mostraron que el color de las muestras secas se mantuvo estable a lo largo de su almacenamiento, siendo las muestras blanqueadas las que mantuvieron el color de las muestras lo más próximo a la materia prima fresca. Entre los tratamientos donde se aplicó DO/IV, se recomienda utilizar la impregnación a vacío o tratamientos osmóticos largos, para un mejor mantenimiento del color.

Palabras clave: secado por aire caliente, pre-tratamiento osmotico, rehidratación, pera, transición vítrea, propiedades mecánicas, color.

RESUMEN

The main objective of this work was to analyze and to deepen in the study of hot air drying pears and to analyse the effects of the osmotic pretreatment in the drying kinetics and in the quality of the final product, through the analysis of rehydration process of the dried product. Experimental results allow to model the kinetics of the different process stages (drying and rehydration) throughout a diffusional model. Obtained results showed that the higher the drying temperature, the greater the water effective diffusivity. Osmotic pre-treatment provoked a reduction of the water effective diffusivity and an increment of the total drying time and yield of the process. These effects were more marked when longer osmotic pre-treatments were used.

Rehydration of dried samples showed that the influence of the rehydration temperature varied according to the temperature used in the drying process. A slightly more hydrated product was obtained when lower temperatures were used in the drying and rehydration process. The osmotic pre-treatment hardly affects mass transport of water and solutes, although a greater solute content was reached when longer pre-treatment were used because of the superficial impregnation of samples. In these pre-treatments the calculated water D_e values were also lower.

Interactions water-structure was analysed throughout the water sorption isotherms, determination of the glass transition temperatures of the amorphous fraction of the liquid phase and measurement of the mechanical properties of samples with different water content. No differences were found in the capacity of retention of water of pear when samples were subjected to adsorption- desorption processes. The plastification effect of water was shown in the glass transition temperatures as well as the mechanical properties of samples, which become weaker and more resistant to fracture when the water content decreased.

Dried samples stability was analysed during storage, throughout the changes of colour samples. The obtained results showed that colour of the dried samples remained stable during storage. Among the DO/VI treatments, the vacuum impregnation or long osmotic treatments was recommended to improve the final quality of dried product.

key Words: drying by hot air, osmotic pre-treatment, rehydration, pear, glass transition, mechanical properties, colour.

RESUM

L'objectiu principal d'aquest treball ha sigut analitzar i profunditzar en l'estudi del secat per aire calent de pera var. Blanquilla i analitzar els efectes del pretractament osmòtic en la cinètica de secat per aire calent i en la qualitat del producte final mitjançant l'anàlisi del procés de rehidratació del producte sec. Els resultats experimentals obtesos han permès modelitzar la cinètica de les distintes etapes del procés (secat per aire calent i rehidratació) mitjançant un model difusional. La temperatura de secat va tindre una influència significativa en la difussivitat efectiva: a mesura que augmenta la temperatura augmenten els valors de difussivitat. L'aplicació del pretractament osmòtic va provocar una reducció de la difussivitat de l'aigua i un augment del temps de secat i rendiment del procés. Aquestos efectes van ser més marcats quan s'utilitzaren pretractaments osmòtics més llargs.

La rehidratació de les mostres seques va posar en evidència que la influència de la temperatura de rehidratació és diferent segons la temperatura utilitzada en el secat de les mostres, observant-se una hidratació lleugerament major en les mostres seques i rehidratades a menor temperatura. El pretractament osmòtic no va afectar quasi al transport de massa d'aigua i soluts, encara que es van aconseguir continguts més alts de soluts en els pretractaments més llargs per la impregnació superficial de les mostres. En aquestos pretractaments també van disminuir els valors de D_e calculats.

També s'han estuiat les interaccions aigua-estructura mitjançant les determinacions de les isoterms de sorció d'aigua i les transicions vítreas de la fracció amorfa de la fase líquida i la mesura de les propietats mecàniques de mostres amb diferent contingut en aigua. En aquest estudi, no es van trobar diferències en la capacitat de retenció d'aigua de la pera quan les mostres van estar sotmeses a processos d'adsorció-desorció. El efecte plastificant de l'aigua s'ha vist reflexat tant en l'evolució de les temperatures de transició vítreas com en les propietats mecàniques de les mostres, que es tornen més fràgils i resistent a la ruptura a mesura que disminueix el contingut en humitat.

Per últim, es va analitzar la estabilitat de les mostres seques al llarg del seu emmagatzemament mitjançant la determinació dels canvis de color de les mostres en funció del temps. Els resultats van mostrar que el color de les mostres seques es va mantenir estable al llarg del seu emmagatzemament, siguent les mostres escaldades les que van mantindre el color més paregut al de la matèria prima fresca. Entre els tractaments on es va aplicar deshidratació-impregnació a buit (DO/IB), es recomana utilitzar la IB o tractaments osmòtics llargs per a mantindre millor el color.

Paraules clau: secat per aire calent, pre-tractament osmòtic, rehidratació, pera,

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL TRABAJO | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1. GENERALIDADES SOBRE LA PERA | 7 |
| 1.1 Morfología y estructura | 7 |
| 1.2. Composición química | 8 |
| 1.3. Cambios morfológicos durante la maduración | 11 |
| 1.4. Producción y comercio | 12 |
| 2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA | 15 |
| 2.1. Bases termodinámicas y cinéticas de DO | 17 |
| 2.1.1. Fenómeno osmótico | 17 |
| 2.1.2. Fenómeno difusional | 18 |
| 2.2. Variables del proceso | 20 |
| 2.2.1. Influencia del tejido vegetal: estructura y composición | 20 |
| 2.2.2 Naturaleza del agente osmótico | 22 |
| 2.2.3 Concentración de la solución osmótica | 23 |
| 2.2.4 Temperatura | 23 |
| 2.2.5 Presión de trabajo | 24 |
| 2.2.5.1 Proceso de impregnación a vacío | 25 |
| 2.2.5.2 Mecanismo hidrodinámico | 26 |
| 2.2.6 Aplicaciones del a DO | 30 |
| 3. PROCESO DE SECADO | 31 |
| 3.1 Teoría del secado | 32 |
| 3.2. Periodos del secado | 34 |
| 3.3 Mecanismos de transferencia de materia | 37 |
| 3.3.1. Transferencia de materia a través del sólido por capilaridad | 38 |
| 3.3.2 Transferencia de materia a través del sólido por difusión | 38 |
| 3.3.3 Teoría de la evaporación –condensación | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4 Cinética de secado | 39 |
| 3.4.1. Modelos empíricos | 40 |
| 3.4.2. Modelos difusionales | 42 |
| 3.5 La deshidratación osmótica como pre-tratamiento al secado por aire | 44 |
| 3.5.1 Efecto del pretratamiento de la DO sobre las cinéticas de secado por aire caliente | 44 |
| 3.5.2 Efecto de la DO en propiedades de producto final. | 45 |
| 3.5.3. Efecto de la DO en la cinética de sorción de agua | 45 |
| 3.5.4 Efecto de la DO sobre la cinética de rehidratación | 46 |
| | |
| 4. PROCESO DE REHIDRATACIÓN | 47 |
| 4.1 Cinética de rehidratación | 49 |
| 4.2 Cambios en la estructura durante el proceso de rehidratación | 50 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 51 |
| | |
| OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO | 63 |
| 1. OBJETIVOS | 63 |
| 2. PLAN DE TRABAJO | 66 |
| | |
| <u>CAPÍTULO I: Secado por aire caliente de pera: influencia de la temperatura</u> | 67 |
| | |
| RESUMEN | 69 |
| INTRODUCCIÓN | 70 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 70 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 71 |
| CONCLUSIONES | 74 |
| NOMENCLATURA | 74 |
| BIBLIOGRAFÍA | 75 |
| | |
| CAPÍTULO II: Secado por aire caliente de pera: influencia del pretratamiento osmótico | |

| | |
|----------------------------|----|
| RESUMEN | 79 |
| INTRODUCCIÓN | 80 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 83 |
| Materia prima | 83 |
| Métodos experimentales | 83 |
| Determinaciones analíticas | 83 |
| Modelos | 84 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 85 |
| Cambio durante el secado | 85 |
| Cinética de secado | 89 |
| Fluencia de la temperatura | 92 |
| Rendimiento del proceso | 94 |
| CONCLUSIONES | 95 |
| NOMENCLATURA | 95 |
| BIBLIOGRAFÍA | 96 |

CAPÍTULO III: Isotermas de sorción y transición vítrea en pera: efecto plastificante del agua sobre las propiedades mecánicas 101

| | |
|------------------------|-----|
| RESUMEN | 103 |
| INTRODUCCIÓN | 104 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 105 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 109 |
| CONCLUSIONES | 119 |
| BIBLIOGRAFÍA | 120 |

CAPÍTULO IV: Estabilidad del color de muestras de pera con baja humedad durante su almacenamiento 123

| | |
|------------------------|-----|
| RESUMEN | 125 |
| INTRODUCCIÓN | 126 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 128 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 130 |

| | |
|--------------|-----|
| CONCLUSIONES | 133 |
| BIBLIOGRAFÍA | 134 |

CAPÍTULO V: Rehidratación de pera: influencia de la temperatura y pretratamientos osmóticos **135**

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | 137 |
| INTRODUCCIÓN | 138 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 139 |
| Materia prima | 139 |
| Métodos experimentales | 140 |
| Análisis fisicoquímicos | 142 |
| Modelos cinéticos | 143 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 145 |
| Influencia de la temperatura | 145 |
| Influencia de la deshidratación osmótica | 156 |
| Cambios de volumen durante la rehidratación | 166 |
| CONCLUSIONES | 171 |
| BIBLIOGRAFÍA | 172 |
| <u>Anexo I</u> | 175 |
| <u>Anexo II</u> | 191 |
| <u>Anexo III</u> | 223 |
| <u>Anexo IV</u> | 227 |
| <u>Anexo V</u> | 241 |

JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL TRABAJO

JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL TRABAJO

Actualmente, la pera es una de las frutas de mayor producción en China, experimentando entre 1995 y 2003 un incremento del 80% (Fuente: Anuario de Producción FAO, 2003), al pasar de 5.057.189 a 9.422.957 mil de toneladas . En España, el cultivo del peral también es importante, y más de la mitad de la producción se concentra en Cataluña, concretamente en el Valle del Ebro, con aproximadamente el 70% de la producción, y la variedad Blanquilla se recolecta entre los meses de agosto y septiembre.

La alta estacionalidad del producto hace que la oferta de pera en el mercado en fresco supera ampliamente la demanda, existiendo pocas salidas a esta situación. El desarrollo de industrias relacionadas con la transformación del producto fresco que permitan aprovechar los excedentes y rentabilicen los costes que se generan, supone una alternativa de gran interés al mercado fresco.

Por otro lado, los nuevos hábitos alimentarios están potenciando, cada día más, cambios en el panorama de la industria de alimentos. La dieta actual se caracteriza por un consumo deficiente de componentes que son característicos en las frutas y hortalizas, especialmente de fibra, además de existir una gran demanda de productos bajos en calorías. En la pera destacan tanto el aporte en fibra como su bajo contenido en calorías. Por otra parte, existe una demanda creciente de productos naturales sin aditivos artificiales y elaborados con métodos de procesamiento respetuosos con el medio ambiente.

El secado por aire caliente permite obtener alimentos estables, desde el punto de vista microbiológico, y en el caso de las frutas, con una concentración muy interesante de componentes, como son los hidratos de carbono y fibra, además de vitaminas y sales minerales. Este proceso apenas genera problemas medioambientales y presenta otra ventaja, como es la reducción de los costes de almacenamiento y transporte, ampliando la gama de productos de frutas en el punto de venta. No obstante, la aplicación del secado por aire caliente puede conllevar pérdidas de calidad del producto que hacen necesario recurrir al empleo de productos químicos o de métodos alternativos, como los métodos combinados, que preserven la calidad del mismo.

En este sentido son necesarios métodos de conservación que mantengan al máximo las características originales del producto. Una posibilidad es utilizar la deshidratación osmótica como un método de pretratamiento que permite obtener alimentos

parcialmente deshidratados de alta humedad o de humedad intermedia más estables que el producto fresco. Este método permite obtener fruta deshidratada de gran calidad, ya que se minimiza el daño por calor, reduce los cambios de color del producto final sin necesidad de aditivos, y aumenta la retención de volátiles y pigmentos (krokida et al 2000). En este sentido la optimización de los métodos de secado que minimicen los daños químicos y estructurales en aras a una buena rehidratación y calidad permitiría el desarrollo de productos de baja humedad de alta calidad, rentables económicamente y más acordes con las nuevas exigencias del consumidor.

Para la aplicación de dicha técnica en las condiciones óptimas de procesado, se necesitan estudios previos de cinéticas de proceso que permitan conocer las temperaturas y tiempos óptimos, a través de la aplicación de las diferentes técnicas y la medición de los parámetros de calidad más relevantes en cada caso. Una vez obtenido el producto con baja humedad, también es necesario conocer las condiciones bajo las cuales, dicho producto se mantendrá estable durante su almacenamiento y transporte.

A continuación, se expone un estudio detallado de dicho proceso, a través de cinco capítulos que comprenden estudios de cinética de secado por método combinado (aire + deshidratación osmótica), estabilidad del color de las muestras de baja humedad durante el almacenamiento, relaciones existentes entre actividad de agua-transiciones vítreas-propiedades mecánicas y estudios de rehidratación de las muestras secadas con los diferentes tratamientos.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES SOBRE LA PERA

1.1 MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA

El peral es un frutal de pepita que pertenece a la familia de las *Rosáceas* y al género *Pyrus*. Este género comprende más de veinte especies, de las cuales casi la mitad se encuentran en Europa, África del Norte y Asia Menor, alrededor del Mar Mediterráneo (Westwood, 1982). La especie que se cultiva en estas zonas templadas es el *Pyrus Communis*, y a ella pertenecen miles de variedades, entre ellas Conferencia, Buena Luisa, Limonera, Roma, William's y Blanquilla, la cual es objeto de estudio de este trabajo.

El fruto procede de la transformación de la flor, como consecuencia del desarrollo de los tejidos que soportan los óvulos de la planta. Después de la polinización de la flor, los primordios seminales dan lugar a semillas, y todo el ovario sufre una serie de reproducciones celulares, volviéndose carnoso, endureciendo y cambiando de forma. El carpelo se transforma en pericarpio, englobando las semillas, y éste, a la vez, permite distinguir tres partes diferenciadas: epicarpio, mesocarpio y endocarpio, que corresponden a la capa externa, media e interna, respectivamente.

El fruto del peral es un pomo globoso o piriforme de cáliz persistente o caduco, carne generalmente con células pétreas. Las paredes de los lóculos son cartilaginosas y las semillas negras o casi negras (Westwood, 1982).

Bondoux (1994) describe la estructura de la pera exterior e interiormente.

- Exteriormente se distinguen tres zonas:
 - el pedúnculo;
 - el ojo (restos de cáliz persistente) y la fosa ocular;
 - la parte globosa, que se extiende entre las dos zonas precedentes, es la más desarrollada.

Toda la periferia de los frutos, excepto el pedúnculo y el cáliz persistente, está recubierta por una capa monocelular que comprende la capa de las células epidérmicas recubiertas por la cutícula cerosa. Esta capa está interrumpida por numerosas lenticelas más o menos desarrolladas y más o menos rellenas de un tejido suberoso. La figura 1 muestra una fotografía de pera var. Blanquilla.



Figura 1. Fotografía de pera var. Blanquilla

- Internamente:

En el centro se encuentra la parte ovárica, transformada en el corazón del fruto y que contiene las celdillas (lóculos) de las pepitas. En la periferia se encuentra el parénquima cortical de reserva procedente del gran desarrollo del perianto y que constituye la carne del fruto. Este parénquima está recorrido por vasos conductores como se puede observar en un corte fresco gracias a su color amarillento o verdoso.

1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La pera tiene un alto contenido en agua. El agua permite englobar en solución otras sustancias, como azúcares, taninos, pigmentos, sales minerales, ácidos y otras. El porcentaje medio de agua oscila entre valores de 78-90%, variando según el estado de desarrollo y según las variedades.

La tabla 1 muestra la composición general de la pera fresca y de la pera seca. Nutricionalmente las peras se consideran una buena fuente de fibra y pueden suministrar cantidades sustanciales de potasio en la dieta. Los azúcares reductores, de los cuales la fructosa es el mayor componente, constituyen el 80% del total de los azúcares presentes en la pera. Esta fruta también contiene maltosa, galactosa, xilosa y probablemente arabinosa. Otros carbohidratos presentes son el almidón y la celulosa. Durante la maduración, el almidón de la fruta se convierte en azúcar. La alta calidad del sabor de las peras está asociada al alto contenido en azúcares. El azúcar que incide más directamente sobre la propiedad organoléptica del sabor del fruto es la sacarosa,

cuya máxima presencia se sitúa en el momento de plena madurez fisiológica. Los valores de azúcares totales en peras cultivadas varía de 8 a 11% por unidad de peso de pulpa comestible (Kadam et al., 1995). En la tabla 2 se reflejan los azúcares principales y sus concentraciones..

Tabla 1. Composición nutricional de la pera fresca y seca (100 g de base comestible)^(*)

| Constituyente | Fresca | Seca |
|---------------------------|-------------------|---------|
| Agua (%) | 87,7 | 26,0 |
| Calorías (kJ) | 264,60 | 1369,80 |
| Proteínas (g) | 0,7 | 5,4 |
| Grasas (g) | 0,4 | 3,2 |
| Carbohidratos totales (g) | 15,8 | 64,1 |
| Fibra (g) | 1,4 | —r |
| Calcio (mg) | 13,0 | 61,0 |
| Fósforo (mg) | 16,0 | 84,0 |
| Hierro (mg) | 0,3 | 2,3 |
| Vitamina A (U.I) | 20,0 ^a | 120,0 |
| Tiamina (mg) | 0,02 | 0,2 |
| Riboflavina (mg) | 0,04 | 0,32 |
| Ácido nicotínico (mg) | 0,1 | 1,1 |
| Ácido ascórbico (mg) | 4,0 | 12,0 |

(*) Fuente: Kadam et al., 1995

Tabla 2. Azúcares de la pera y su concentración

| Azúcar | Peso seco (%) |
|-----------|---------------|
| Fructosa | 7 |
| Glucosa | 4 |
| Sorbitol | 3 |
| Sacarosa | 2 |
| Xilosa | * |
| Galactosa | * |
| Arabinosa | * |

*Menor cantidad; Fuente: Kadam et al.,1995

Los constituyentes pécticos dependen de la especie, la etapa de maduración, y de las condiciones de almacenaje. Durante la maduración, la protopectina se hidroliza en pectina soluble, y esta conversión es el principal factor que condiciona el ablandamiento de la pera. Se ha analizado el contenido de pectina soluble en pera blanquilla, cuando el fruto está verde tiene un contenido del 0,07% y cuando está maduro entre un 0,7-0,8% (Kadam et al., 1995).

Tienen un contenido bajo en nitrógeno. Los aminoácidos más abundantes en las proteínas de las peras son la lisina, fenilalanina, y leucina, especialmente durante la maduración.

Según puede observarse en la tabla 1, las vitaminas que se encuentran en mayor cantidad son la C y la A. La diferencia en vitamina C es más evidente al final de la maduración. Su concentración oscila entre 0,5 mg de vitamina C por cada 100 g de fruto al principio de la maduración y 23 mg al final de ésta. La concentración de ácido ascórbico es mucho mayor en la piel que en la pulpa. Además las peras también contienen biotina, ácido pantoténico, ácido fólico y vitamina B₁₂ (Kadam et al., 1995).

Los principales ácidos orgánicos presentes son el málico y el cítrico. Las peras de mesa contienen más cantidad de ácido málico, mientras que en algunas peras para zumo el ácido cítrico supone un 45% de los ácidos totales. El nivel de acidez de las peras varía entre pH 2,6 y 5,4. En la tabla 3 se muestra los diferentes ácidos orgánicos presentes en las peras.

Tabla 3. Ácidos orgánicos presentes en la pera.

| Fruta entera | Pulpa | Piel |
|---------------|------------|-------------|
| Quínico | Málico | Málico |
| Glicólico | Cítrico | Cítrico |
| Succínico | Quínico | Quínico |
| Láctico | Shiquínico | Shiquínico |
| Galacturónico | Glicérico | Glicérico |
| | | Cítramálico |

Fuente: Kadam et al., 1995

Las enzimas presentes en las son la amilasa, catalasa, peroxidasa, pectin galacturonasa, protopectinasa y pectasa.

En pera variedad blanquilla maduras, se ha demostrado que hay una gran actividad de la pectin-galacturonasa. La polifenolasa se considera la responsable del pardeamiento de las peras cuando se cortan, siendo los ácidos clorogénicos los sustratos principales (Kadam et al., 1995).

En la determinación del sabor son importantes aspectos como la dulzura, acidez, astringencia y amargor. En general, no son deseables un amargor y astringencia intensos en peras de postre. La astringencia y el amargor se asocian a veces con la piel de algunas variedades. Ambos son atribuidos a la presencia de sustancias polifenólicas y fenólicas (taninos). Muchos compuestos de este tipo están presentes en la pera (Luckwill y Pollard, 1963). Las sustancias polifenólicas de alto peso molecular tienden a ser más astringentes, mientras que las de bajo peso molecular tienden a ser amargas (Williams et al., 1977).

Los compuestos volátiles aromáticos definen los diversos aromas distintivos de la fruta. Los principales compuestos volátiles en peras completamente maduras son el etil, propil, butil y hexil acetato, que suponen el 70,6% del total de los compuestos volátiles (Shiota, 1990). En pera var. blanquilla se han encontrado 77 compuestos volátiles (Jennings y Tressl, 1974), aunque el aroma típico ha sido atribuido principalmente a la presencia de ésteres.

1.3. CAMBIOS MORFOLÓGICOS DURANTE LA MADURACIÓN

La mayoría de los frutos se ablandan durante la maduración y esto es un atributo principal en la calidad que a menudo determina el periodo de conservación. El ablandamiento de los frutos puede derivar de tres mecanismos: pérdida de turgor; degradación del almidón y ruptura de las paredes celulares del fruto. La pérdida de turgor es en gran parte un proceso no fisiológico asociado con la deshidratación durante la postrecolección del fruto, y como tal puede tomar importancia comercial durante el almacenamiento. La pérdida de agua equivalente al 5-10% del peso en fresco de la fruta puede ser causa de una inaceptación comercial. La degradación del almidón resulta en un cambio pronunciado de la textura, especialmente en frutos como la banana, donde el almidón se encuentra en un alto porcentaje del peso fresco. Sin embargo, en general se piensa que el cambio en la textura durante la maduración de la mayoría de los frutos es en gran parte resultado de la degradación de la pared celular. Los cambios en la estructura de la pared celular durante la maduración han sido

observados por microscopía electrónica en muchos frutos, incluyendo pera (Ben-Arie et al., 1979). Estos cambios normalmente consisten en una disolución aparente de la región de la lámina media rica en pectina de la pared celular. A nivel bioquímico, los cambios más grandes pueden observarse en los polímeros de pectina de la pared. Durante la maduración hay una pérdida de azúcares neutros, en la mayoría de los frutos predominantemente es la galactosa, pero también hay pérdida de arabinosa (Tucker y Grierson, 1987). Estos dos azúcares son los componentes principales de la pectina neutral de la pared. Existen muy pocos documentos sobre los cambios en los componentes de la pared celular aparte de las pectinas durante la maduración. Se han llevado a cabo muchos trabajos para identificar las enzimas en las frutas responsables de estos cambios en la pared celular durante la maduración (Tucker y Grierson, 1987; Brady, 1987; Fisher y Brennett, 1991), aunque no se han llegado a conocer totalmente.

1.4. PRODUCCIÓN Y COMERCIO

A continuación se detalla en la tabla 4, la producción de peras en el año 1998. En ella se puede apreciar que es en Asia donde hay una mayor producción, seguido de Europa. A nivel europeo, es Italia el primer país productor, seguido de España, Alemania y Francia.

En España el cultivo del peral es importante, y más de la mitad de la producción se concentra en el Cataluña, concretamente en el Valle del Ebro, con aproximadamente que el 70% de la producción.

Tabla 4. Producción de peras en diferentes países en el año 1998.

| Países | Miles de toneladas | Países | Miles de toneladas |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| MUNDO | 15248 | EUROPA (FMR) | 3384 |
| ÁFRICA | 442 | Europa | 3607 |
| Sudáfrica | 252 | Austria | 132 |
| AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL | 910 | Bélgica-Luxemburgo | 153 |
| USA | 867 | Francia | 260 |
| AMÉRICA DEL SUR | 914 | Alemania | 429 |
| Argentina | 537 | Italia | 931 |
| Chile | 320 | Holanda | 141 |
| ASIA (FMR) | 9070 | Portugal | 120 |
| Asia | 9181 | España | 600 |
| China | 7390 | Suiza | 141 |
| India | 135 | Ucrania | 149 |
| Irán | 187 | OCEANÍA | 194 |
| Japón | 410 | Australia | 153 |
| Corea Rep. Dem. | 120 | | |
| Corea Rep. | 260 | | |
| Turquía | 415 | | |

Fuente: Anuario de Producción FAO, 1998

En la tabla 5 se detalla el movimiento comercial de la pera en todo el mundo y en diferentes países durante el año 1998. En ella podemos ver que destaca Alemania como principal país importador, seguido de Brasil, Reino Unido y Rusia Federal. Por otra parte, Argentina destaca como principal país exportador, seguido de Bélgica-Luxemburgo, Chile, USA, Italia y Holanda.

Tabla 5. Comercio de la pera en diferentes países en el año 1998.

| Países | Importaciones (tm) | Exportaciones (tm) | Países | Importaciones (tm) | Exportaciones (tm) |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| MUNDO | 1483359 | 1518285 | EUROPA | 948631 | 632111 |
| ÁFRICA | 6067 | 85168 | Bélg.-Lux. | 81850 | 168989 |
| Sudáfrica | — | 85000 | Dinamarca | 11351 | 161 |
| AMÉRICA DEL NORTE | 187175 | 160747 | Francia | 87555 | 46730 |
| Canadá | 63097 | 711 | Alemania | 173203 | 8487 |
| México | 49830 | 31 | Grecia | 13162 | 1441 |
| Panamá | 1836 | — | Italia | 81516 | 152157 |
| USA | 68277 | 159711 | Holanda | 94961 | 144121 |
| SUDAMÉRICA | 179320 | 457161 | Noruega | 14201 | — |
| Argentina | 666 | 289467 | Portugal | 18070 | 8153 |
| Brasil | 142127 | — | Rusia.Fed. | 122784 | 81 |
| Chile | — | 165486 | España | 23835 | 91136 |
| Colombia | 12100 | — | Suecia | 33101 | 162 |
| Ecuador | 2312 | — | Suiza | 10674 | 255 |
| Perú | 7904 | — | U.K. | 132546 | 2749 |
| Venezuela | 12953 | 172 | OCEANÍA | 1687 | 26128 |
| ASIA | 160479 | 156970 | Australia | 70 | 19406 |
| China | 13507 | 112679 | | | |
| China,Hong Kong | 40738 | 3818 | | | |
| Indonesia | 10968 | — | | | |
| Arabia Saudí | 10984 | 100 | | | |
| Singapur | 35235 | 11121 | | | |

Fuente: Anuario de Comercio FAO, 1998

En cuanto al comercio exterior, es importante destacar que España exporta principalmente a países de la Unión Europea, en especial a Italia (tabla 6).

Tabla 6. Comercio exterior de España de peras en 1998.

| Países | Importaciones (tm) | Exportaciones (tm) | Países | Importaciones (tm) | Exportaciones |
|------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|---------------|
| | | | | | (tm) |
| MUNDO | 27032 | 98309 | Holanda | 5382 | 4816 |
| UE | 19246 | 87520 | Portugal | 817 | 14084 |
| Alemania | 471 | 12494 | Reino Unido | 112 | 4421 |
| Bélg.-Lux. | 6564 | 4453 | Argentina | 726 | 20 |
| Francia | 2117 | 10130 | Brasil | 88 | 1091 |
| Grecia | — | 16934 | Suiza | — | 423 |
| Italia | 3781 | 19085 | | | |

Fuente: Estadística del Comercio Exterior de España. Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales. Agencia Tributaria, 1998.

2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica (por ejemplo azúcar, sal, sorbitol o glicerol) se conoce como deshidratación osmótica (Raoult-Wack et al., 1989; Raoult-Wack et al., 1991). La deshidratación osmótica (DO) de frutas y hortalizas ha sido ampliamente estudiada desde que Pointing et al (1966) acuñaron este término. Dicha técnica genera un gradiente de presión osmótica que provoca un importante flujo de agua del alimento hacia la solución y una transferencia simultánea de solutos desde la solución hacia el alimento, los cuales modifican la composición y sabor final del producto (Lazarides , 2001). Hay también una migración menos importante de solutos solubles desde el tejido al medio osmótico (ácidos orgánicos, minerales y vitaminas), que es despreciable comparada con otros flujos (La Font, 1988), pero puede ser esencial en lo que a la calidad organoléptica se refiere (Dixon y Jen, 1977).

La ósmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas (Raoult-Wack et al., 1989; Rodríguez-Arce y Vega-Mercado, 1991; Cheryan, 1992; Jayaraman y Das Gupta,

1992). Se ha comprobado que la velocidad a la que sale el agua del alimento hacia la solución concentrada, es mayor, que la de los sólidos solubles hacia el interior del pieza del alimento (Karel ,1973; Lenart y Lewicki, 1990; Videv et al, 1990). La presión del sistema será, por tanto, la fuerza impulsora predominante al comienzo del proceso.

Las pérdidas de agua por parte del alimento, en el proceso de secado osmótico se puede dividir en dos períodos: (1) un período, de alrededor de 2 horas , con una alta velocidad de eliminación de agua y (2) un período , de 2 a 6 horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua. De hecho, se ha observado que el flujo neto de azúcares y ácidos nativos del productos hacia la solución osmótica es prácticamente cero en procesos de hasta 10 horas y hay una ganancia muy limitada (hasta un 10% en peso) de azúcares externos (Barat, 1998).

En una situación de ósmosis ideal, existe una membrana semipermeable y las moléculas de solvente la atraviesan, pero no lo hacen las del soluto. La membrana celular es sólo parcialmente selectiva, ya que, en los productos vegetales, la membrana y pared celular son unidades biológicas "vivas", que pueden encogerse o estirarse bajo la influencia del crecimiento o de la turgencia generada dentro de la célula. La propiedad de semipermeabilidad de la membrana celular pueden modificarse por efecto de la temperatura o presión, lo que facilitaría la entrada de solutos por difusión. Las ventajas e inconvenientes de la DO sobre los métodos tradicionales son las siguientes:

Ventajas

- Comparada con el secado por aire o con la liofilización, la deshidratación osmótica es más rápida, ya que la eliminación de agua ocurre sin cambio de fase (Farkas y Lazar, 1969; Raoult-Wack et al. 1989 ; Jayaraman y Das Gupta , 1992)
- La estructura de los alimentos se conserva mejor (Shipman et al.,1972; Mazza,1983)
- El daño en el color y sabor en los alimentos se ve minimizado debido a que la DO se puede realizar a bajas temperaturas (Ponting et al., 1966)
- La alta concentración de solutos alcanzada en la parte externa de la pieza contribuye a prevenir el oscurecimiento en mucho productos, evitando así el uso de aditivo químicos como los sulfitos (Ponting, 1973)

- Un pretratamiento de deshidratación osmótica anterior a una operación de secado hace posible la reducción del tiempo del mismo y como consecuencia una reducción en los costos de producción (Levi et al., 1983)

Inconvenientes :

- Después del secado puede formarse una capa de azúcar que no favorezca la textura de los mismos (Ponting et al., 1966)
- La oxidación de productos puede aparecer en pocas semanas como consecuencia de la alta retención de aceites esenciales, deteriorando el sabor del producto (Ponting et al., 1966)

2.1. BASES TERMODINÁMICAS Y CINÉTICAS DE DO.

En la deshidratación osmótica se presentan varios fenómenos físicos simultáneos, en mayor o menor proporción: osmosis, difusión y capilaridad. La entrada capilar adquiere gran importancia cuando en el sistema se dan cambios de presión o temperatura debido a la actuación del mecanismo hidrodinámico (HDM) (Fito, 1994; Fito y Pastor, 1994).

2.1.1. Fenómeno osmótico.

El fenómeno osmótico se produce durante a transferencia de agua a través de la membrana celular semipermeable de la fruta hacia la solución osmótica en tres situaciones:

- Transferencia célula-célula (intercelular).
- Transferencia célula-espacio intercelular.
- Transferencia célula-disolución (superficial).

La transferencia de solutos por este mecanismo esta limitada por la permeabilidad selectiva de las membranas celulares.

La fuerza impulsora responsable del fenómeno osmótico, que provoca la transferencia de agua, viene dada por la diferencia de potencial químico del agua en las células y en la disolución osmótica (Chirife, 1982). El potencial químico (μ) está a su vez relacionado con la a_w y con la presión osmótica (π) de cada una de las fases líquidas (ecuaciones 1 y 2) (Chirife, 1982).

$$\mu_w = \mu_w^0 + RT \ln a_w \quad (1)$$

$$\pi = \frac{-RT \ln a_w}{\bar{V}^0} \quad (2)$$

donde:

μ_w^0 = potencial químico del estado de referencia.

R = constante de los gases.

T = temperatura.

\bar{V}^0 = volumen molar del agua pura

2.1.2. Fenómeno difusional.

La difusión de agua y los solutos en el producto durante la DO ocurren dentro de cada una de las fases líquidas (compartimentadas en las células) y en los espacios intercelulares, a través del líquido presente en los mismos (Karel, 1973; Levi et al., 1983; Fito, 1994).

La fuerza impulsora para la difusión de los diferentes componentes en el sistema son las diferencias de potencial químico de los mismos en los diferentes puntos del sistema. Cuando estas diferencias desaparecen, el sistema alcanza el equilibrio y no hay transferencia de materia. El agua es el componente que difunde mayoritariamente durante los procesos de DO, debido a su pequeño tamaño molecular y a la alta permeabilidad que presentan las membranas celulares a este componente de. Las condiciones de equilibrio para el agua serán:

$$\mu_{w,SO} = \mu_{w,FPL} \quad (3)$$

donde:

$\mu_{w,SO}$ = potencial químico del agua en la disolución osmótica.

$\mu_{w,FPL}$ = potencial químico del agua en la fracción líquida del producto.

La ecuación 4 expresa las diferentes contribuciones al valor del potencial químico del agua en frutas:

$$\mu_w - \mu_w^0 = RT \ln a_w + \bar{v}_w^0 \Delta P + \Delta \Psi \quad (4)$$

El primer término ($RT \ln a_w$) está asociado con el valor de la a_w y contribuye en gran medida a las diferencias de potencial químico en el sistema alimento disolución osmótica externa. El segundo término ($\bar{v}_w \Delta P$) no influye si no hay gradientes de presión en el sistema. Esto se cumple una vez que las células han perdido su turgencia, lo cual ocurre en las primeras etapas del proceso. El tercer término ($\Delta \Psi$) corresponde al llamado potencial mátrico (asociado a las interacciones agua-matriz estructural de la fruta). Este término es despreciable para contenidos de humedad altos, como los obtenidos en DO. De este modo, durante la mayor parte del tiempo del proceso de DO la relación de equilibrio para el agua puede ser simplificada a la ecuación 5:

$$a_{w,SO} = a_{w,FPL} \quad (5)$$

donde:

$a_{w,SO}$ = actividad del agua de la disolución osmótica.

$a_{w,FPL}$ = actividad del agua de la fracción líquida del producto.

Si en la fruta y en la disolución osmótica los solutos mayoritarios son los mismos, la ecuación I.6 se simplifica a:

$$X_{W,SO} = X_{W,FPL} \quad (I.6)$$

donde:

$X_{W,SO}$ = fracción másica de agua en la disolución osmótica.

$X_{W,FPL}$ = fracción másica de agua en la fracción líquida del producto.

Esta es la base de la definición habitual de la fuerza impulsora reducida (Y) para la transferencia de un componente “i” en el sistema, en términos de las diferencias de sus fracciones másicas (ecuación 7).

$$Y = \frac{x_{it} - x_{ie}}{x_{it} - x_{ie}} \quad (7)$$

donde:

X_{it} = fracción másica de i a un tiempo t.

X_{ie} = fracción másica de i en el equilibrio.

X_{i0} = fracción másica de i a un tiempo t = 0.

Las ecuaciones basadas en el modelo de Fick proporcionan la relación entre la fuerza impulsora reducida (dependiente de la concentración), el tiempo de proceso y la posición el sistema. No obstante, la aplicación de estas ecuaciones sistemas de estructura compleja no isotrópica, como las frutas, las convierte en ecuaciones empíricas, debido a que no se cumplen las condiciones de contorno en las que se deducen las ecuaciones fickianas integradas (Barat et al., 1997a; Fito y Chiralt, 1997).

2.2. VARIABLES DEL PROCESO.

2.2.1. Influencia del tejido vegetal: estructura y composición.

El tejido vegetal está constituido básicamente por células rodeadas de sustancias pépticas "cimentadoras" que las unen entre sí. De forma simplificada, y según puede apreciarse en la Figura 2, una célula vegetal típica consta de una pared celular porosa y delgada que rodea un citoplasma, delimitado por una membrana (plasmalema), y una gran vacuola central, rodeada de otra membrana llamada tonoplasto. La membrana celular otorga rigidez y protección a la célula frente a una posible distensión originada por una entrada masiva de agua. La pared no presenta selectividad al transporte de componentes como ocurre con la membrana plasmática y el tonoplasto que controlan el paso de sustancias de un compartimiento a otro. En cuanto a la vacuola, contiene una simple solución de iones inorgánicos, ácidos orgánicos, y azúcares, y puede alcanzar hasta el 90% del volumen de una célula madura. La naturaleza semipermeable de las membranas permite que pequeñas moléculas de agua puedan atravesarla, pero restringen la transmisión de moléculas de mayor tamaño como los azúcares (Aguilera y Stanley, 1990; Le Maguer, 1998; Pitt, 1992)

Por otra parte, la savia vacuolar responsable de la presión de turgor de la pared celular, hace que las vacuolas se agranden y presionen unas contra otras impartiendo turgencia y rigidez al tejido celular.

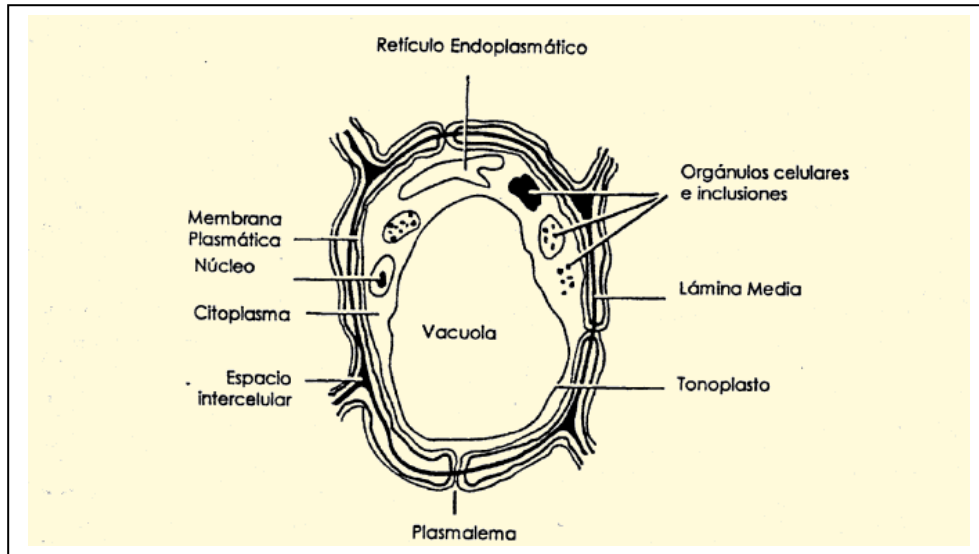


Figura 2. Esquema de una célula vegetal (adaptado de Alzamora et al., 1996).

Las propiedades naturales del tejido son un factor determinante en el proceso osmótico. No obstante, se han estudiado las contribuciones de las membranas y paredes celulares, del nivel de compactación de la estructura celular y de la composición química sobre el comportamiento global del tejido en los procesos osmóticos (Molz, 1976; Marcote y Le Maguer, 1992; Le Maguer, 1988; Barat et al., 1998).

El efecto del tratamiento osmótico en la estructura celular de algunas frutas ha sido observado por Cryo-Sem en manzana (Salvatori, 1997; Martínez Monzó, 1998; Barat 1998), en fresa (Moreno, 1999), en piña (González-Mariño, 1999) y en corteza de naranja (Chafer, 2000). Una de las conclusiones más importantes es que existe un diferente comportamiento del tejido según las células presenten o no fase líquida en los espacios celulares (Fito y Chiralt, 2000).

A su vez, la forma y tamaño de la muestra influyen sobre la cinética del proceso osmótico y sobre retención de fase líquida (agua más solutos) en el producto. A mayor relación área / volumen, aumenta la relación ganancia de sólidos –pérdida de agua ya que la ganancia de sólidos, que ocurre a través de los espacios intercelulares abiertos a la interfase, está limitada por la superficie de las muestras (Barat, 1998). Además, el aumento en la superficie específica del alimento provoca un aumento en la cinética pérdida de agua (Islam y Flink, 1982; Lerici et al., 1985). La capacidad del sistema para retener fase líquida afecta directamente a las variaciones de volumen durante el proceso (Fito y Chiral, 1997)

Además, la amplia variación de la física natural de la fruta afecta al comportamiento osmótico y al estado final de los productos (Islam y Flink, 1982; Lenart y Flink, 1984). La gran variabilidad observada entre las diferentes frutas está en su mayor parte relacionada con la diferente compactación del tejido (Giangiaco *et al.*, 1987), el contenido inicial de sólidos solubles e insolubles (Lenart y Flink, 1984a y b), los espacios intercelulares, la presencia de gas, la relación entre las diferentes fracciones pécticas (pectina soluble en agua y protopectina) (Forni *et al.*, 1986), el nivel de gelificación de pectina (Moy *et al.*, 1978) y la actividad enzimática de la fruta (Giangiaco *et al.*, 1987). Se ha observado que diferencias en la estructura de la materia prima, especialmente en la porosidad, afectan a los mecanismos de transporte implicados en la deshidratación osmótica (Lazarides, 1998; Mavroudis *et al.*, 1998; Chiralt *et al.*, 1999), de forma que cuanto mayor es la porosidad de la fruta, mayor es la ganancia de sólidos.

2.2.2. Naturaleza del agente osmótico.

La naturaleza del agente osmótico es fundamental para definir el comportamiento del producto durante el proceso de deshidratación osmótica. En función de su naturaleza y propiedades físicas (viscosidad, poder depresor de la a_w), se observará un comportamiento u otro, ya que la interacción de los solutos con el agua y la matriz sólida del alimento será distinta (Cháfer *et al.*, 2001). Aumentando o disminuyendo la masa molecular de los solutos se puede disminuir o aumentar la ganancia de solutos (Contreras y Smyrl, 1981; Islam y Flink, 1982; Bolin *et al.*, 1983; Lerici *et al.*, 1985). El soluto penetrará más en el producto cuando más baja sea su masa molecular. En la actualidad existe una gran abundancia de agentes osmóticos que reducen la actividad del agua de la solución tales como sacarosa, glucosa, azúcar invertido, jarabe de maíz, maltosa, melaza, zumo de frutas concentrado, cloruro de sodio, cloruro de potasio, glicerina, manitol, propilenglicol (Hawkes y Flink, 1978, Contreras y Smyrl, 1981; Alvare ,1986; Darbonne y Bain, 1991; Colomer e Ibarz, 1994). En el caso de frutas, el agente osmótico más empleado ha sido la sacarosa (Biswal y Bozorgmehr, 1992), debido a su fácil accesibilidad, aceptable sabor y aroma (Karel, 1975; Tregunno y Goff, 1996).

2.2.3. Concentración de la solución osmótica.

La concentración de la solución osmótica utilizada afecta en gran medida a la velocidad del proceso, ya que define la fuerza impulsora para la transferencia de materia. Así mismo, la distinta viscosidad de la disolución y de la fase líquida del alimento que va aumentando con el tiempo del proceso, tiene un efecto importante en la velocidad de transporte (Martínez-Monzó, 1998; Talens et al., 2000). El uso de soluciones de distinta concentración da lugar al desarrollo de diferentes perfiles de concentración en el tejido de las frutas (Albors et al., 1998; Salvatori et al., 1999a y b). Numerosos investigadores en este campo recomiendan que las concentraciones de la solución de sacarosa debe estar entre los 50-70⁰ Brix (Ponting et al., 1966; Farkas y Lazar, 1969; Bongirwar y Sreenivasan, 1977; Hawkes y Flink 1978).

2.2.4. Temperatura.

En general el incremento de la temperatura de proceso provoca un aumento de la velocidad de transferencia de materia, tanto en lo que refiere a la salida de agua como a la entrada de sólidos solubles (Lazarides et al., 1999; Lazarides, 2001). Se ha observado que los mecanismos osmóticos transmembrana y la difusión se favorecen con la temperatura (Ponting et al, 1966; Hope y Vital, 1972; Lenart y Flink, 1984 a y b). La ecuación de Arrhenius (ec. 8) relaciona la temperatura y la difusividad eficaz de agua o solutos (D_e) con la temperatura, según se ha descrito en numeroso trabajos (Zogzas et al, 1996; Barat, 1998; Pensaben, 1994)

$$D = D_0 \exp(-E_a / RT) \quad (8)$$

donde D_e es la difusividad (m^2/s), D_0 es el factor preexponencial, E_a es la energía de activación (kJ/mol), R es la constante de las gases (kJ/molK) y T es la temperatura (K).

Por otro lado, la difusión de aromas de la fruta hacia el jarabe, así como los posibles daños térmicos en la estructura y características de calidad (color, sabor, textura) y nutritivas (vitaminas termolábiles), también aumentan con la temperatura. Además la solución presenta problemas de pardeamiento a altas temperaturas. Así, muchas experiencias (Ponting et al, 1966) han demostrado que por encima de 49⁰C se produce

pardeamiento de la muestra y deterioro de los aromas y color, existiendo un límite cerca de los 50 °C en el que las características de la fruta se modifican de forma muy drástica (destrucción de la membrana celular y de muchos nutrientes, como el ácido ascórbico), y además, su posterior rehidratación se dificulta. En este sentido, Mastrocola et al. (1989) estudian la forma de inhibir las reacciones de oscurecimiento enzimático que ocurren en los productos vegetales durante el procesado, mediante la combinación de la DO con procesos de escaldado previo.

Las altas temperaturas, por encima de 50°C, modifican las características tisulares, favoreciendo los fenómenos de impregnación, y con ello la ganancia de sólido (Lenart y Lewicki, 1990; Vial et al., 1991). Los tratamientos a alta temperatura durante un corto período de tiempo a 80⁰-85⁰C durante 3 min, combinan el efecto osmótico con una inactivación enzimática por escaldado (Lerici et al., 1986)

En general, una temperatura entre 20-40°C se considera óptima desde el punto de vista de la calidad obtenida en el producto final (Lerici et al., 1977), existiendo numerosos estudios que consideran óptima la temperatura ambiente.

Por otra parte, muchos experimentos han demostrado que un aumento moderado en la temperatura de la solución, tiene un efecto favorable sobre la pérdida de agua pero no modifica la ganancia de sólidos, dados los diferentes mecanismos responsables del transporte mayoritario en cada caso (Ponting et al., 1966; Hawkes y Flink, 1978; Islam y Flink, 1982; Fito et al., 1992).

2.2.5. Presión de trabajo

La presión de trabajo puede jugar en ciertos casos un papel importante en el transporte de materia que se produce durante la deshidratación osmótica de un alimento. Dependiendo del valor de las presiones de trabajo utilizadas en la operación se pueden considerar tres tipos de deshidratación osmótica (Fito y Chiralt, 1995):

- Deshidratación osmótica (DO) propiamente dicha: en esta operación, tanto el producto a tratar como la solución osmótica se ponen en contacto a presión osmótica.
- Deshidratación osmótica a vacío (VOD) o impregnación a vacío (IV): cuando se trabaja en condiciones de vacío.
- Deshidratación osmótica a vacío por pulso (PVDO): se somete a la materia prima, inmersa en la solución osmótica, a una impregnación a vacío durante un

corto período de tiempo, continuando el proceso posteriormente a presión atmosférica.

Cuando se trabaja en condiciones de vacío, se observa cinéticas de transferencia de masa más rápidas debido a la actuación del mecanismo hidrodinámico, que aumenta la superficie de contacto de la fruta con la fase líquida externa (Hawkes y Flink, 1978; Fito y Pastor, 1994). Muchas investigaciones (Hawkes y Flink, 1978; Shi, 1994; Andrés, 1995; Pensaben, 1994; Fito y Chiralt, 1995) explican el efecto que tiene utilizar presiones sub-atmosféricas en la deshidratación osmótica, coincidiendo todos los en que la aplicación de vacío produce los siguientes efectos:

- Pérdida más rápido de peso
- Salida de agua más rápida en la primera media hora
- Mayor entrada de sólidos en el alimentos
- Aspecto más fresco y translucido al alimento

2.2.5.1 Proceso de impregnación a vacío

La impregnación a vacío consiste en someter a un producto poroso sumergido en una fase líquida externa a una presión subatmosférica durante un período de tiempo para después restablecer la presión atmosférica. En este proceso, el gas ocluido en los poros del producto es reemplazado por el líquido externo en una proporción que depende de la relación de compresión, si la matriz sólida del producto es indeformable (Fito, 1994; Fito y Pastor, 1994), y también de los procesos de deformación-relajación de la matriz sólida, si ésta se comporta como una matriz viscoelástica en los niveles de presión utilizados (Fito et al., 1996).

La mayoría de los alimentos sólidos son porosos, y por tanto, susceptibles a la actuación del mecanismo hidrodinámico durante su procesado, si se producen gradiente de presión en el sistema.

Las operación unitarias que implica trasferencia de materia en sistema sólido-líquido son muy habituales en la industria de alimentos (como ejemplos podrían citarse las industrias de encurtidos, conservas, extracción de aceite, etc.) y la impregnación a vacío podría jugar un papel muy importante en la eficacia y rendimiento de estas operaciones.

2.2.5.2 Mecanismo Hidrodinámico (HDM)

La Figura 3 presenta esquemáticamente un poro cilíndrico ideal de diámetro constante, de un alimento sólido poroso, sumergido en un líquido. El volumen de gas atrapado en el interior del poro a $t = 0$ (V_{g0}), antes de cualquier interacción sólido-líquido, se tomó como referencia para los cálculos igual a la unidad.

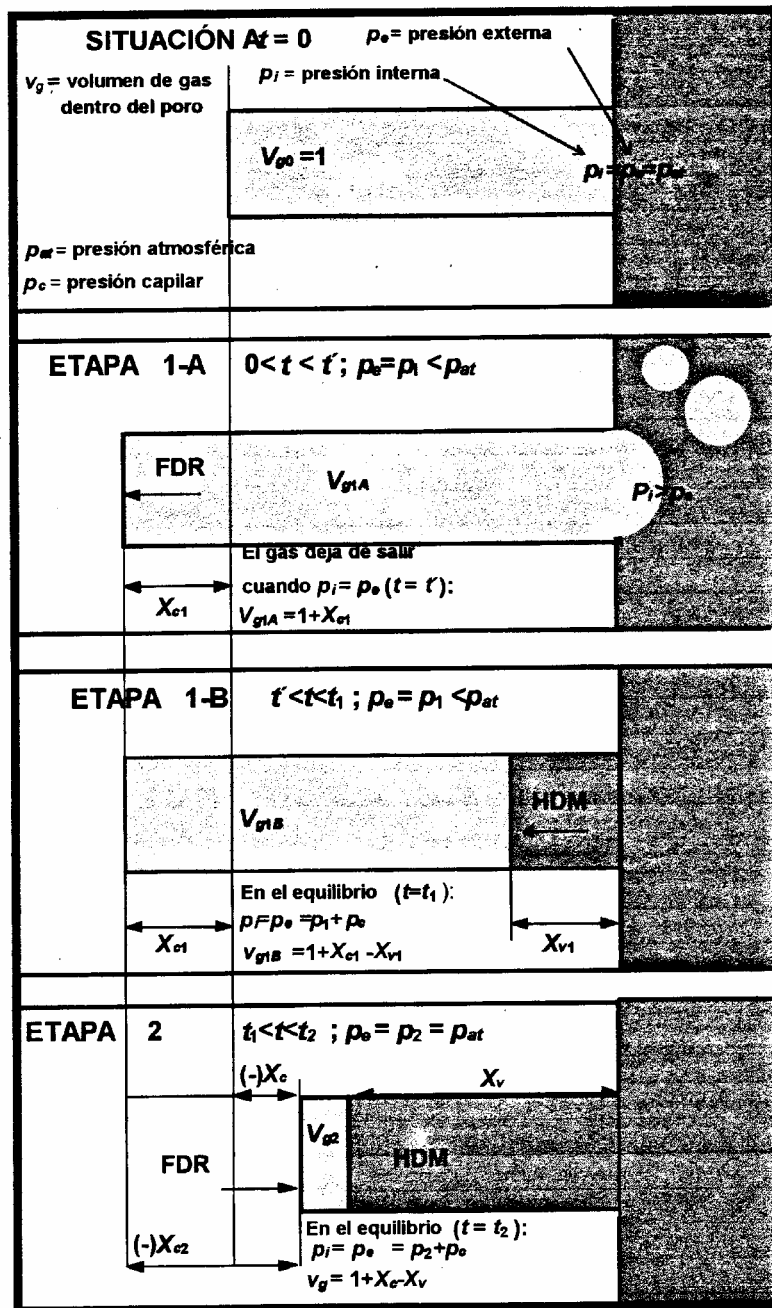


Figura 3 Sistema sólido –líquido. Evolución de la deformación-relajación y HDM en un poro ideal (adaptado de Fito et al., 1996)

En una operación de Impregnación a Vacío (IV), el sistema es sometido a una presión de vacío (p) durante un tiempo t (Figura 3). Esta situación provoca la expansión del gas ocluido en el interior de los poros, una salida parcial del mismo y en cierta medida, una deformación de la matriz sólida (etapa 1-A en la Figura 3) aumentando el valor de V_g . Cuando P_i se iguala a P_e . ($t = t'$) se interrumpe la salida de gas desde el interior de los poros. Entonces, el volumen de gas en los mismos ha aumentado en X_{cl} como consecuencia de la deformación (FDR), alcanzando un valor de:

$$V_{g1A} = 1 + X_{cl} \quad (9)$$

Se puede asumir que en este momento actúa el mecanismo HDM y el líquido externo empieza a entrar el poro por efecto capilar (etapa 1-B en Figura 3). El gas residual se comprime hasta alcanzar una nueva situación de equilibrio cuando $p_i = p_1 + p_c$ ($t = t_1$). Se asume que no existe deformación entre t' y t_1 . En el equilibrio, el volumen de gas ha disminuido en la misma proporción en que penetró líquido por HDM (X_{v1}), según ecuación 10:

$$V_{g1B} = 1 + X_{cl} - X_{v1} \quad (10)$$

Finalmente, cuando se restaura la presión atmosférica (P_2) en el sistema ($P_e = P_2$), las fuerzas debidas a diferencias entre la presión externa e interna pueden producir tanto cambios de volumen de la matriz sólida como impregnación por HDM (etapa 2 en Figura 3) y la deformación de la matriz durante el vacío se supone que va seguida de una relajación cuando se restaura la P_{atm} . Al igual que antes, cualquier cambio en el volumen de la muestra se asume que es debido mayoritariamente a cambios en el volumen del gas interno. En el equilibrio ($t = t_2$) $p_i = p_2 + p_c$, y el cambio de volumen y la penetración de líquido en el poro, durante la etapa 2 será X_{C2} y X_{v2} , respectivamente.

La penetración neta de líquido por HDM, X_v , y la deformación neta de la matriz sólida, X_C , a lo largo de la operación de impregnación a vacío, pueden calcularse como:

$$X_v = X_{v1} + X_{v2} \quad (11)$$

$$X_C = X_{cl} + X_{C2} \quad (12)$$

Los valores del volumen de gas en los poros después de la etapa 2 (Figura 3), serían:

$$V_{g2} = 1 + X_c - X_v, \quad (13)$$

La relación entre el volumen de poros que se comunican con el exterior (con la interfase sólido-líquido) y por tanto con posibilidades de ser impregnados por HDM, y el volumen inicial de muestra se define como porosidad efectiva (ε_e). El valor de cualquier variable, referida a un poro ideal, puede extenderse al total del volumen de la muestra multiplicando por ε_e (ec. 14 y 15). Por tanto, se pueden definir la penetración y deformación netas por unidad de volumen de muestra mediante las ecuaciones 1-18 y 1.19.

$$X = \varepsilon_e X_v \quad (14)$$

$$\gamma = \varepsilon_e X_c \quad (15)$$

$$X = X_1 + X_2 \quad (16)$$

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (17)$$

Cuando tienen lugar cambios de presión en el sistema sólido-líquido, y se alcanza una situación de equilibrio, si se asume una compresión isoterma del gas se tiene que:

$$\frac{V_{g_{j+1}}}{V_{g_j}} = \frac{P_{i_j}}{P_{i_{j+1}}} \quad (18)$$

Esta ecuación sólo es aplicable cuando no tiene lugar salida de gas entre t_j y t_{j+1} . Este criterio puede ser utilizado también para determinar las relaciones entre X , γ y las variables de operación en cada una de las etapas mostradas en la Figura 3.

a) Para $t = t_1$, (etapa 1-B), de la ec.12:

$$\frac{V_{g1B}}{V_{g1A}} = \frac{P_1}{P_1 + P_c} = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1 + X_c - X_v}{1 + X_c} \quad (19)$$

Esto implica:

$$\frac{X_{v1}}{1 + X_{c1}} = 1 - \frac{1}{\gamma_1} \quad (20)$$

Utilizando el valor de ε_e :

$$X_1 = (\varepsilon_e + \gamma_1) \left(1 - \frac{1}{\gamma_1}\right) \quad (21)$$

Donde puede definirse:

$$\varepsilon_{e1} = \varepsilon_e + \gamma_1 \quad (22)$$

siendo ε_{e1} el valor de la porosidad eficaz en $t=t'$.

La ecuación de equilibrio para la etapa 1 se transforma en:

$$X_1 - \gamma_1 = \varepsilon_e \left(1 - \frac{1}{\gamma_1}\right) - \frac{\gamma_1}{r_1} \quad (23)$$

b) De manera similar, para la etapa 2 (Figura 3), la ec. 18 puede ser aplicada entre $t=t'$ y $t=t_2$:

$$\frac{V_{g2}}{V_{g1A}} = \frac{P_1}{P_2 + P_c} = \frac{1}{r} = \frac{1 + X_c - X_v}{1 + X_{e1}} \quad (24)$$

y multiplicando por ε_e , se obtiene :

$$X - \gamma = (\varepsilon_e + \gamma) \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) - \gamma_1 \quad (25)$$

Esta será la ecuación de equilibrio para el HDM acoplado con FDR para operaciones sólido a vacío. Puede utilizarse para calcular los valores de ε_e , a partir de valores experimentales de X , γ y r_1 :

$$\varepsilon_e = \frac{(X - \gamma)r + \gamma_1}{r - 1} \quad (26)$$

donde r se define como la relación de compresión real de todo el proceso y está dada por cociente de $P_2 + P_c$ entre P_1 , pero como la presión de capilaridad puede despreciarse frente a P_2 , entonces:

$$\gamma = \frac{P_2}{P_1} \quad (27)$$

El sentido de las deformaciones (r), así como la mayor o menor impregnación (X) conseguidos con este tipo de operaciones, depende esencialmente de la estructura del material, de sus propiedades mecánicas y naturalmente de las condiciones de trabajo. La

estructura del tejido juega un papel importante, no solo por porosidad total, sino también por el tamaño y distribución de espacios intercelulares y de cómo están comunicados entre ellos y con el exterior. Los resultados del proceso de impregnación dependerán de cuál de ellos sea fenómeno limitante en cada periodo (t_1 y t_2).

Pueden definirse tiempos característicos de penetración (t_p) o relajación (t_r) para el HDM y FDR respectivamente. Si los valores de t_r son mucho más largo que los de t_p , el transporte de gas y líquido ocurre sin deformar la muestra:

$$\gamma_j = 0 \quad (28)$$

y

$$X \longrightarrow \varepsilon \left(1 - \frac{1}{r}\right) \quad (29)$$

En el caso opuesto de que $t_r \ll t_p$, el principal efecto será la deformación, y el HDM no actuará de forma significativa:

$$X_j \longrightarrow 0 \quad (30)$$

Cuando t_r y t_p son del orden de magnitud, el acoplamiento de los mecanismos anteriormente descritos conduce a la situación descrita por la ec.25.

2.2.6. Aplicaciones de la deshidratación osmótica

La utilización de la deshidratación osmótica y la tecnología de métodos combinados se utiliza para el procesado de frutas, hortalizas, pescado, salado de quesos y productos cárnicos y en la producción de alimentos de humedad intermedia. A veces, se utiliza la tecnología de métodos combinados para reducir la actividad de agua utilizando agentes osmóticos y añadiendo pequeña cantidades de agentes antimicrobianos o cambiando el pH. Se ha utilizado como etapa preliminar a la liofilización (Hawkes y Flink, 1978; Flink, 1980), al secado con aire caliente (Ponting et al., 1966; Mazza, 1983), a la pasteurización (Andreotti et al., 1985; Torreggiani et al., 1987), a la congelación (Talens, 2002) y al secado solar (Islam y Flink, 1982).

Además de ser utilizada como pretratamiento, la deshidratación osmótica tiene otras aplicaciones como es la elaboración de alimentos estables de humedad intermedia (Shi, 1994), productos confitados (González-Mariño, 1999) y productos semielaborados.

La aplicación potencial de la deshidratación osmótica viene definido en la siguiente figura (Fig 4):

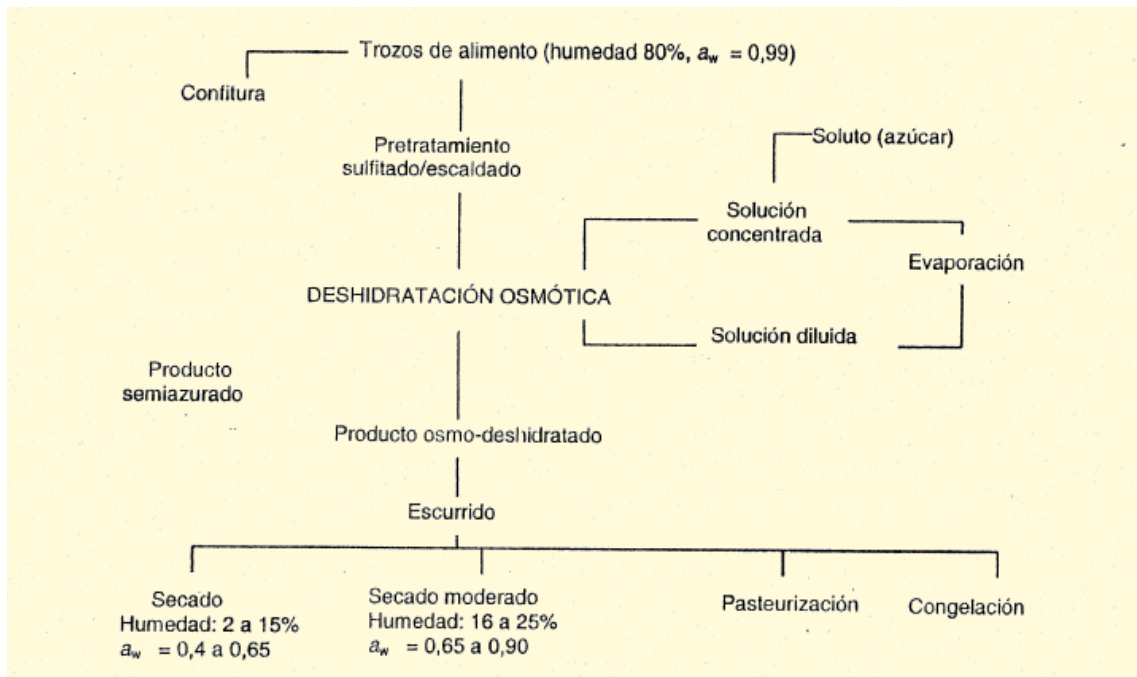


Figura 4. Aplicaciones de la DO en la industria alimentaria. (chirife ,1982)

El creciente interés por alimentos de aspecto fresco ha hecho que la deshidratación osmótica y los métodos combinados sean una buena opción para la conservación de alimentos.

3. PROCESO DE SECADO

El secado es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como de ciertas reacciones químicas. La eliminación de agua de los alimentos se consigue mayoritariamente utilizando aire caliente (excepto para algunas operaciones tales como liofilización y deshidratación osmótica) que elimina el agua de la superficie del producto y la lleva hacia fuera. El proceso de secado de alimentos no sólo afecta al contenido en agua del alimento, sino también a otras de sus características físicas y químicas.

Además de la conservación, el secado que convierte el alimento en un producto seco, se utiliza para reducir el coste o dificultad en el embalaje, manejo, almacenamiento y transporte, pues el secado reduce el peso y a veces el volumen.

La deshidratación de alimentos no es una operación unitaria trivial. Son varios los factores que afectan al rendimiento de un secadero, así como a la calidad del producto durante la operación de secado. Los cambios físicos y químicos del alimento durante una operación de secado pueden potenciar ciertas características deseadas de los productos, pero también puede disminuir la cantidad de nutrientes y cambiar las propiedades organolépticas. Sin embargo, con un adecuado manejo, estas reacciones y cambios físicos pueden asegurar un alimento con un alto contenido en nutrientes y aumentar significativamente su vida comercial.

3.1 TEORÍA DEL SECADO

La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor producido se transportará desde la superficie de la capa húmeda en el interior del producto hacia la superficie de éste. El gradiente de presión de vapor existente entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior al alimento, es el que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie de éste. Durante el secado se producen cuatro fenómenos de transporte:

1. Transmisión de calor desde el aire hasta la superficie del producto, pudiéndose realizar por conducción, convección o radiación.
2. Transmisión de calor desde la interfase sólido-aire hasta el interior del sólido. Sólo puede tener lugar por conducción en régimen no estacionario (las condiciones en cualquier punto varían con el tiempo).
3. Transmisión de materia a través del sólido. Se puede producir difusión o capilaridad, aprovechando los capilares existentes. La difusión tiene lugar en el secado de productos con humedades del orden de 25% (base húmeda) o inferiores, mientras que la capilaridad se presenta para niveles más altos de humedad (65% o más), siempre y cuando en la estructura interna del producto existan capilares.
4. Transferencia de vapor desde la interfase sólido –aire hacia el seno del aire.

Los factores que regulan la velocidad de estos procesos son los que definen la velocidad de secado. Al deshidratar los alimentos, la velocidad de secado depende de:

(a) Área de la superficie del producto: generalmente se subdivide lo máximo posible el producto, a fin de aumentar el área de transferencia de masa y calor y acelerar el proceso.

(b) Velocidad del aire: el aire en movimiento absorbe vapor de agua de la superficie del alimento, previniendo la creación de una atmósfera saturada. La velocidad del aire actúa aumentando los coeficientes globales de transmisión de calor y de masa, disminuyendo el tiempo de secado. Sin embargo, la velocidad de secado aumenta en algunos casos al aumentar la velocidad del aire. Sin embargo, a partir de un cierto punto, la velocidad de secado no depende de esta variable, debido a que el factor de control del proceso de secado en este caso es la difusión del agua a través del sólido, de manera que, por más que aumente la velocidad másica del aire no puede aumentarse la velocidad de secado (Fito et al, 2001). Üretir et al. (1996) estudiaron el efecto de la velocidad del aire en el secado de cubos de manzana y observaron que a temperatura constante había dos periodos de velocidad de secado decreciente. En el primer periodo las constantes de la velocidad de secado aumentaban con la velocidad del aire, mientras que en el segundo periodo, de velocidad de secado decreciente, estas constantes no se veían afectadas.

(c) Temperatura y tiempo: la velocidad de secado aumenta al aumentar la temperatura, y por tanto, el tiempo disminuye. Simal et al. (1997) realizaron un estudio de secado a diferentes temperaturas con muestras de cubos de manzana, mostrando que la velocidad de secado aumentaba claramente a medida que la temperatura se incrementaba de 30 a 60 °C. Sin embargo, la influencia de la temperatura del aire era menos importante desde 60 a 90 °C, debido a que a partir de 60 °C tienen lugar fenómenos de encostramiento superficial.

(d) Humedad del aire: cuanto más seco esté el aire, mayor será la velocidad de deshidratación ya que aumenta la fuerza impulsora para el transporte de masa.

(e) Influencia del tejido vegetal: las propiedades naturales del tejido son un factor determinante en el proceso de deshidratación. Así, los cambios que se producen durante la maduración del fruto afectarán a la evolución del proceso de deshidratación obteniéndose resultados diferentes según el estado de madurez del fruto. La velocidad y el tiempo total del secado están influenciados por estos factores y además se deben

tener en cuenta las propiedades del producto, especialmente tamaño y geometría de la partícula, su ordenación geométrica en relación con el medio de transferencia y las características del equipo de secado (Mujumdar *et al.*, 1995).

3.2. PERIODOS DE SECADO

La curva de secado es la evolución en el contenido de humedad (b.s) del producto con el transcurso del tiempo. Gráficamente se representa como el contenido en humedad del material (X_w) frente al tiempo transcurrido desde que se inicia la operación de secado (t).

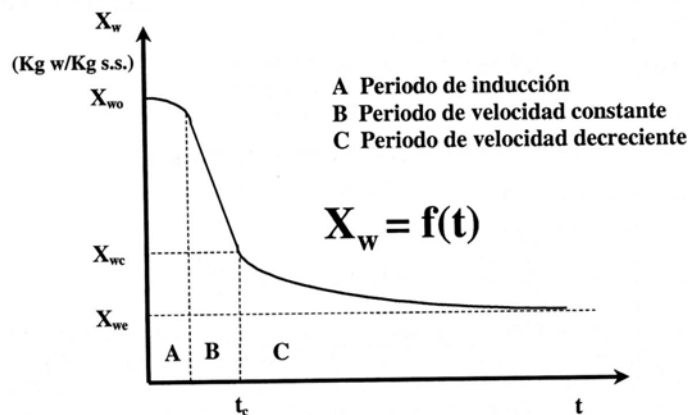


Figura 5. Curva de secado típica.

La figura 5 muestra una curva de secado típica de materiales muy húmedos en la que se observan tres zonas características (Fito *et al.*, 2001):

- Una primera zona A, en la cual la pendiente de la curva aumenta ligeramente con el tiempo y se denomina periodo de inducción.
- Otra B, de pendiente constante.
- Y una tercera zona C, en la cual la pendiente disminuye con el tiempo.

Se define velocidad de secado como la velocidad con que disminuye la humedad del producto, es decir:

$$v_s = -\frac{\partial X_w}{\partial t} \quad (31)$$

por tanto, la pendiente de la curva de secado (dX_w / dt) nos da la velocidad de secado, en la que también pueden diferenciarse las tres zonas definidas anteriormente como puede verse en la siguiente figura 6, así como su correspondencia con la curva de secado (Fito et al., 2001).

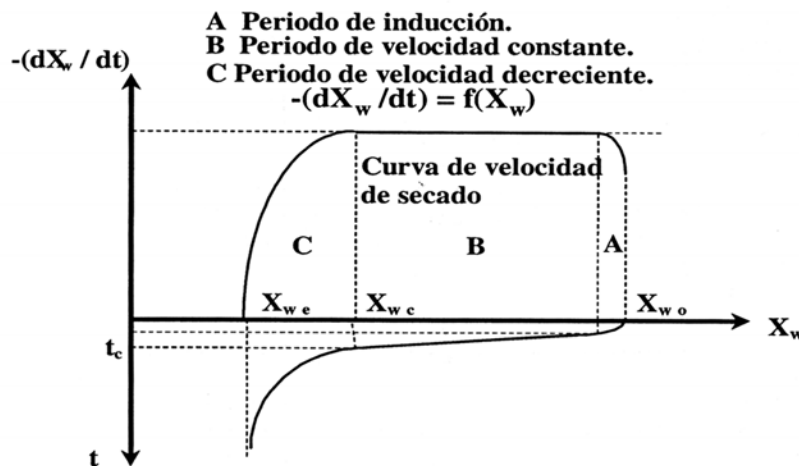


Figura 6. Curva de velocidad de secado.

Estas tres zonas son las siguientes:

(1)Periodo de inducción o de velocidad de secado creciente: en esta etapa se inicia el proceso de secado de manera que el producto se calienta y aumenta la temperatura de la interfase, produciéndose una adaptación del material a las condiciones de secado. Este periodo depende también de numerosos factores y su duración será función del contenido inicial de humedad del sólido, de su temperatura, de la velocidad del aire, etc...Pero a los fines de cálculo se prescinde de él ya que se considera que en su transcurso el secado tiende al régimen estacionario, es decir a los periodos B y C, en los que se centra el estudio del secado (Fito et al., 2001).

(2)Periodo de velocidad de secado constante: la velocidad con que se elimina agua de la superficie del sólido es menor que la velocidad con que llega a ella desde el interior del mismo. De esta manera, la superficie del material se mantiene constantemente mojada y se comporta como una masa de líquido. De aquí que la velocidad de secado

sea igual a la velocidad de evaporación del agua, que será a su vez proporcional a la velocidad de flujo de calor que llega desde el aire al sólido. En tales condiciones, la temperatura de la interfase será constante y el calor que llega al sólido se invierte totalmente en evaporar el líquido. A medida que transcurre el tiempo, el sólido se va secando y llega un momento en el que la velocidad con que el agua llega a la superficie se hace menor que la velocidad de evaporación, que implicaría el uso de toda la energía que llega del aire en evaporar agua del alimento. Desde este momento parte del calor que llega al sólido se invierte en calentarlo. El contenido de humedad del producto en dicho instante se conoce como humedad crítica (X_{wc}) (Fito et al., 2001).

(3)Periodo de velocidad de secado decreciente: la humedad del producto sigue disminuyendo hasta alcanzar la *humedad de equilibrio* (X_{we}). En este periodo las líneas que se obtienen pueden ser curvas, en otros casos serán rectas o bien una combinación de ambas. La interpretación exacta del fenómeno aún no se ha dado pero hay varias teorías que intentan explicarlo. En los casos en los que la disminución de la velocidad de secado es lineal con el contenido en humedad, se supone que la evaporación del agua que contiene el material continúa produciéndose en la misma forma que en el periodo de velocidad constante, con la salvedad de que no ocurre en toda la superficie, ya que comienzan a aparecer zonas secas, de manera que la velocidad de secado disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; llega así un momento en el que toda la superficie queda seca y entonces se supone que el proceso continúa en una de las dos formas siguientes (Fito et al., 2001):

- 1.Si existe un frente de evaporación que se desplaza hacia el centro del sólido, de manera que el vapor que se produce es el que se difunde a través de la masa seca hacia el exterior, la velocidad de secado dependerá de la velocidad de difusión de dicho vapor.
- 2.El otro mecanismo posible sería el de difusión de líquido a través de la masa sólida y su posterior evaporación en la superficie, por lo que la velocidad de secado dependerá de la velocidad de difusión del líquido.

3.3. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIA

En el secado tienen lugar simultáneamente transferencia de calor (para suministrar el calor latente de vaporización o sublimación del agua) y transferencia de masa (movimiento del agua a través del alimento y arrastre de vapor de agua del entorno del alimento) (Ordóñez et al., 1998). La característica principal, en lo que a fenómenos de transporte se refiere será pues que las propiedades que se transportan (calor y materia) lo harán en condiciones estacionarias en el seno del gas, pero en condiciones no estacionarias en el seno del sólido.

Existe también un fenómeno de transporte de cantidad de movimiento en el seno del aire, ya que se tiende a conseguir una gran turbulencia (Fito et al., 2001). Sin embargo en este trabajo, solamente se estudiará el fenómeno de transmisión de materia, ya que es uno de los que controlan principalmente el proceso de secado.

Teniendo en cuenta que el alimento sometido a deshidratación es en general un sistema trifásico (matriz sólida, fracción líquida y fracción gaseosa o porosa) pueden distinguirse varios mecanismos de transporte de materia según la fase a través de la cual se produce el transporte y según se trate de agua líquida, agua líquida más solutos o vapor de agua. Por otro lado, en el seno del aire de secado también tiene lugar transporte de agua en forma de vapor por mecanismo turbulento.

El movimiento de agua en el sólido puede explicarse por distintos mecanismos, como son: difusión del líquido debido a gradientes de concentración, difusión del vapor debido a la presión parcial de vapor, movimiento del líquido por fuerza capilares, flujo de Knudsen, movimiento del líquido por fuerza de gravedad, y difusión superficial (Chen y Johnson, 1969; Bruin y Luyben, 1980; Fortes y Okos, 1980). El movimiento del agua a través del alimento depende tanto de su estructura porosa como de las interacciones del agua con la matriz alimentaria.

Por lo general, el mecanismo de difusión de agua tiene mayor importancia en sólidos de una fase con estructura coloidal o geliforme, y el mecanismo de capilaridad en el caso de productos granulares groseros. En muchos casos, ambos mecanismos ocurren en una sola operación de desecación. En el secado por aire caliente, el movimiento de humedad por capilaridad ocurre en las primeras fases de desecación y el mecanismo difusional cuando el contenido de humedad es bajo (Brennan et al., 1980).

A continuación se explican más detalladamente los mecanismos más relevantes en el proceso de secado.

3.3.1. Transferencia de materia a través del sólido por capilaridad

El flujo de un líquido a través de los intersticios y sobre la superficie de un sólido debido a la atracción molecular entre el líquido y el sólido se denomina capilaridad (Fortes y Okos, 1980). El flujo capilar ha sido aceptado como una de los mecanismos clave del secado (Fortes y Okos, 1980 y Aviles, 1989)

La ecuación de Görling relaciona las variables que gobiernan este proceso:

$$J_w = -K_w \cdot \rho_s \cdot \frac{dx}{dZ} \quad (32)$$

donde $J_w \rightarrow \text{kg agua}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

$K_w \rightarrow (\text{m}_2 / \text{s})$ coeficiente de transferencia de materia por capilaridad.

$\rho_s \rightarrow$ densidad aparente del sólido seco (kilos de sólido seco/ volumen que ocupa en el lecho).

$Z \rightarrow$ distancia (m) medida en el sentido de la circulación del agua por capilaridad.

$X_w \rightarrow$ contenido de humedad del sólido (kg de agua/ kg de sólido seco).

El signo del lado derecho de la ecuación es negativo porque la transferencia de materia se produce en el sentido de las humedades decrecientes en el sólido (Fito et al., 1998).

3.3.2. Transferencia de materia a través del sólido por difusión

Varios autores han propuesto que el principal mecanismo en el secado de sólidos es la difusión del agua (Fortes y Okos, 1980). La difusión se da en sólidos de estructura fina y en los capilares, poros y pequeños huecos llenos con vapor.

Para régimen transitorio, la ecuación de la difusión de un componente es la siguiente:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial Z^2} \right) \quad (32)$$

donde se muestra la variación de la concentración (C) en el transcurso del tiempo y D , que tiene las mismas dimensiones que K_w , es la difusividad del agua a través del sólido (Fito et al., 1998).

3.3.3 Teoría de la evaporación-condensación

El vapor de agua en el producto es condensado cerca de la superficie. Esto supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie. La teoría tiene en cuenta la difusión simultánea de calor y materia, que supone que los poros son una red continua de espacios en el sólido (Fortes y Okos, 1980). Los fenómenos de transferencia de materia y calor se puede describir como:

Balance de materia:

$$a\tau D_v \nabla^2 X_v = a \frac{\partial X_v}{\partial t} + (1-a)\rho_s \frac{\partial X}{\partial t} \quad (33)$$

en la que D_v es el coeficiente de difusión de vapor, X_v es la concentración de vapor en los poros, a es la fracción volumétrica de aire en los poros, τ es el factor que tiene en cuenta la tortuosidad del paso y ρ_s es la densidad del esqueleto sólido.

3.4 CINÉTICA DE SECADO

Para la optimización del proceso de secado en términos de calidad del producto y coste de la operación, se hace necesaria la predicción de la velocidad de secado con la ayuda de modelos adecuados. Debido a ello la modelización es una vía de representación de procesos o fenómenos para explicar los datos observados y predecir el comportamiento del producto sobre diferentes condiciones. La modelización intenta establecer un modelo real para simplificar y delimitar el proceso de secado. Al desarrollar un modelo de secado se deben abordar las siguientes partes (Ruiz, 2002):

A) Identificación de las resistencias controlantes, si las resistencias de la transferencia de calor y de materia son de igual importancia se precisará de un modelo que incluya ecuaciones de transferencia de calor y de materia.

B) Si la transferencia interna de materia controla el proceso de secado como ocurre en la mayoría de los casos, se debe proceder a la identificación del mecanismo interno de transferencia de materia. Más de un mecanismo puede contribuir al flujo total y la contribución de los diferentes mecanismos puede cambiar conforme avanza el secado.

C) Una vez identificados los mecanismos responsables de la transferencia de materia se procederá a la descripción matemática del proceso de secado basada en una serie de hipótesis estructurales (iniciales y de contorno) y termodinámicas. Cuando el control de la transferencia de materia recae sobre la fase sólida, la modelización de las curvas de secado se suele realizar en términos de la Ley de Fick, combinada con el balance microscópico de materia.

D) Resolución de las ecuaciones matemáticas resultantes, modelos relativamente sencillos para alimentos de geometría simples y difusividad constante, tales como una esfera, un cilindro o un cubo.

E) Validación de las predicciones del modelo, pudiéndose elegir entre la variedad de métodos y técnicas existentes, aquel que mejor se ajuste a las necesidades particulares de los experimentos.

Los modelos de cinética de secado se pueden clasificar en dos grupos, los empíricos y los difusionales, tal y como se detalla a continuación:

3.4.1 Modelos empíricos

Debido a la complejidad de los fenómenos de transferencia de materia se han desarrollado una serie de modelos empíricos sencillos para simular la transferencia de agua en sólidos higroscópicos como son los alimentos (Sharaf-Eldeen et al., 1979). La mayoría de estos modelos consideran que el contenido de humedad inicial es uniforme, que el comportamiento de las piezas es isótropo y que la resistencia interna es predominante al transporte del agua.

La forma general de estas relaciones empíricas según propuso Lewis (1921) representa matemáticamente una relación de proporcionalidad directa entre la velocidad de secado y la diferencia de humedad entre el material que se está secando y la del mismo en condiciones de equilibrio con el aire de secado:

$$\frac{dW}{dt} = -k_c(W - W_e) \quad (34)$$

siendo W la humedad media del sólido en el instante t , W_e la humedad que tendría una vez alcanzado el equilibrio con el aire de secado y k_c un coeficiente cinético del modelo. Integrando se obtiene la siguiente expresión:

$$\phi = e^{-k_c t} \quad (35)$$

donde Φ es la humedad adimensional definida como $(W-W_e)/(W_i-W_e)$ siendo W_i la humedad inicial del sólido. O bien según Jayaraman y Das Gupta (1992) con una constante de ajuste C más:

$$\phi = C \cdot e^{-k_c t} \quad (36)$$

Ambas expresiones son conocidas como modelo exponencial, en las que k_c es un coeficiente cinético que tiene en cuenta la influencia de la temperatura, pero también incluye el efecto conjunto del tamaño y forma de las partículas, la velocidad del aire, etc.

Posteriormente Henderson y Pabis (1961, 1962) relacionaron el valor de k_c con la temperatura mediante una ecuación tipo Arrhenius:

$$k_c = a \cdot e^{-\frac{b}{T}} \quad (37)$$

donde a y b son constantes del material y T es la temperatura absoluta del producto. Todas estas expresiones sin embargo son incapaces de describir el proceso completo de secado y tienen una validez muy restringida debido a su limitación a tamaños y formas concretas de partículas y condiciones de operación.

3.4.2. Modelos difusionales

Estos modelos están basados en los mecanismos difusionales. En casi todos ellos se emplea como fuerza impulsora el gradiente de humedades de modo que la ecuación del balance microscópico de materia es común a todos ellos. Esta ecuación, considerando el transporte isotrópico, toma la forma siguiente:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = D_{\text{eff}} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (38)$$

Por lo general estos modelos se apoyan en una serie de suposiciones que simplifican la complejidad matemática de las ecuaciones diferenciales planteadas. Entre estas suposiciones se pueden encontrar:

- *Homogeneidad y geometría de las piezas*

Generalmente se considera que el material a nivel macroscópico se comporta como un cuerpo homogéneo (Crank, 1975). En cuanto a la forma del sólido, solamente tiene soluciones analíticas para geometrías sencillas tales como láminas, cilindros o esferas.

- *Contracción*

Otra suposición bastante frecuente es considerar que la contracción del producto no tiene lugar. Sin embargo, esta simplificación no es siempre asumible dado que los cambios de volumen son importantes en productos con un gran contenido en agua, como es el caso de las frutas y hortalizas. Así, Madarro et al. (1981) demostraron que la variación del volumen de los cubos de zanahoria durante el secado guarda una relación lineal con el contenido en humedad (base seca).

- *Influencia de la temperatura en los diferentes modelos*

La influencia de la temperatura sobre la difusividad se expresa en la gran mayoría de los modelos consultados haciendo uso de la expresión de Arrhenius (ecuación 39), estando dicha influencia caracterizada por una energía de activación (E_a) propia de cada producto (Mulet et al., 1989; Waananen et al., 1993).

$$D_{\text{eff}} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (39)$$

donde D_{eff} y D_0 tienen unidades de m^2/s , E_a de kJ/mol , R es la constante de los gases perfectos ($8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}/\text{molK}$) y T la temperatura (K).

A continuación se van a describir tres modelos que se proponen teniendo como base el difusional (Mulet et al., 1989):

i) Modelo difusional sin contracción y D_{eff} constante.

Este modelo es el más simple, en él se supondrá:

- La transferencia de materia se debe a un fenómeno difusional
- No se consideran los balances de energía en la modelización.
- Las piezas no sufren contracciones durante el secado.
- La difusividad efectiva permanece constante.

Al considerar que la contracción es inapreciable, la difusividad efectiva se calcula fácilmente por el método de separación de variables (Lomauro et al., 1985; Suarez y Viollaz, 1982; Rosselló et al., 1992). También se considera que el producto alcanza muy rápidamente la temperatura de secado, de este modo la transferencia de calor entre el sólido y el aire es muy rápida.

ii) Modelo difusional con contracción y D_{eff} constante.

En este modelo se mantienen las consideraciones anteriores salvo que se supone que las piezas se contraen durante el secado. Al incluir la contracción, el problema se complica con lo que la solución solamente es posible mediante técnicas numéricas, como el método de diferencias finitas (Balaban y Pigott, 1988; Mulet et al., 1989).

iii) Modelo difusional con contracción y D_{eff} en función de las propiedades estructurales. Este modelo es más complejo, la transferencia de calor y de materia se tienen en cuenta, así como también se tiene en cuenta que la difusividad varía en función de la temperatura y humedad del producto. De este modo el modelo difusional va variando con el tiempo y la posición (Mulet et al., 1989). En este modelo la resolución se lleva a cabo también utilizando técnicas como diferencias finitas.

3.5 LA DESHIDRATACION OSMOTICA COMO PRE-TRATAMIENTO AL SECADO POR AIRE

Dependiendo de las propiedades de la materia prima, características de la solución osmótica, condiciones y duración del proceso, se puede llegar a eliminar hasta un 70% del contenido de agua inicial en el producto mediante el empleo de la deshidratación osmótica. La cantidad de agua remanente en el material, no asegura la estabilidad del mismo, ya que normalmente la actividad de agua sigue siendo elevada. Cuando la estabilidad es uno de los objetivos del proceso, se deben utilizar métodos complementarios para poder eliminar una mayor cantidad de agua (Lenart y Cerkowniak, 1996).

El pretratamiento osmótico es un proceso que impide que el alimento esté en contacto con el oxígeno del aire y como tratamiento previo al secado por aire caliente ofrece algunas ventajas sobre otros pretratamientos convencionales de inactivación enzimática, por ejemplo, el sulfitado o el escaldado. El escaldado produce daños en las membranas celulares y en la textura de los tejidos, dando lugar a una mayor deformación y encogimiento del material a secar. Por otro lado, el sulfitado, no causa los efectos anteriores, pero tiene un impacto negativo desde el punto de vista nutricional, debido a la reconocida toxicidad de los compuestos azufrados (Lenart, 1994).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el pretratamiento de DO provocará cambios en las cinéticas de transferencia de materia y en algunas propiedades fisicoquímicas del producto tratado, principalmente asociado a los cambios en la estructura del producto y a las variaciones en la composición del mismo. Estos efectos se comentan a continuación:

3.5.1. Efecto del pretratamiento de DO sobre las cinéticas del secado por aire caliente

La deshidratación osmótica tiene un efecto negativo en la cinética de secado por aire caliente, ya que disminuye la velocidad de pérdida de agua (al existir un menor gradiente inicial) y además, el soluto absorbido durante la etapa de DO bloquea las capas de la superficie del producto, añadiendo una resistencia adicional al intercambio de masa (Lenart y Cerkowniak, 1996). Incluso una corta inmersión de un material en

una solución osmótica, puede causar una disminución sustancial de la velocidad de eliminación de agua durante el secado posterior (Lenart, 1994; Lenart y Cerkwoniak, 1996). Por otro lado, la deshidratación parcial y la ganancia de solutos protegen el producto contra el derrumbamiento estructural durante el secado posterior y contra la desorganización estructural y exudación (pérdida de jugos y textura) durante la congelación y descongelación.

Como el pretratamiento osmótico disminuye las velocidades de secado por aire, el tiempo total de deshidratación es prácticamente igual al que si solamente se utiliza el secado por aire caliente, para contenidos de humedad por debajo de 10 a 15% ($a_w = 0.4 - 0.6$). Por el contrario, el total tiempo secado se acorta espectacularmente en el caso de deshidratar hasta contenidos de agua intermedios ($a_w = 0.6-0.9$) (Lenart, 1994).

3.5.2 Efecto de la DO sobre las propiedades de producto final.

Durante deshidratación osmótica, la ganancia de solutos y la salida de ácidos naturales y pigmentos del tejido afectan a sus propiedades organolépticas, ya que modifican (hasta cierto punto) su composición inicial (Lenart, 1994; Lazarides et al., 1995).

Por otro lado, el pretratamiento osmótico contribuye a la retención del sabor en frutas y les hace más apetecibles que los productos que han sido secados totalmente con aire caliente.

Los alimentos secos obtenidos utilizando estas dos técnicas combinadas (DO + secado por aire caliente (SAC)) normalmente presentan mejor textura y un menor encogimiento comparados con productos que han sido secados únicamente mediante SAC (Lazarides et al., 1999).

Además, el pretratamiento osmótico da lugar a un menor encogimiento durante el secado posterior, causando al mismo tiempo, un aumento de la densidad del producto (Sitkiewicz et al., 1996).

3.5.3 Efecto de DO en las cinéticas de sorción de agua

Los tejidos vegetales son materiales heterogéneos, tanto en composición química, como en estructura. Esta heterogeneidad afecta considerablemente a sus cinéticas de sorción de agua. De igual forma, los cambios en la composición de sólidos solubles y la

presencia de soluto osmótico tienen un efecto notable en el comportamiento de sorción del agua, que queda claramente reflejado en la forma que toman las isothermas de sorción. El pretratamiento osmótico de frutas, utilizando soluciones de sacarosa, dio lugar a un aplanamiento de la isoterma, haciendo al producto menos higroscópico (Lenart, 1991; Lazarides et al., 1995).

Los cambios de sorción de agua no sólo dependen del tipo de soluto empleado, sino también se ven afectados por la forma en que se encuentran azúcares en el producto. Dependiendo de contenido de agua, los azúcares pueden presentarse en tres estados: cristalino, amorfo y en solución. Inmediatamente después del SAC, la sacarosa en el tejido seco se encuentra en un estado amorfo. Sin embargo durante el almacenamiento, se convierte gradualmente en una forma estable cristalina, que queda reflejado en un aplanamiento de la isoterma de sorción del agua (Lenart, 1991).

3.5.4. Efecto sobre la cinética de rehidratación.

Mientras que los cambios en la composición pueden tener un impacto positivo o negativo en la aceptación final del producto, estos cambios siempre afectan de manera bastante negativa a las propiedades de rehidratación del producto. Así, la velocidad y la capacidad de rehidratación de frutas secadas por deshidratación osmótica es menor que las de los productos sin pretratar (Lenart, 1991; Lenart y Iwaniuk, 1993). Incluso un tratamiento corto de DO en manzana con una solución de sacarosa antes del SAC disminuye considerablemente la adsorción posterior de agua durante la primera hora de rehidratación, comparada con la manzana secada sin pretratamiento osmótico (Lenart y Iwaniuk, 1993). Esto es debido a la rápida impregnación del azúcar en las capas de tejido superficial del producto y a la menor capacidad de rehidratación del azúcar presente en el mismo, comparado con el tejido sin pretratar. También se ha demostrado en experimentos llevados a cabo en rodajas de zanahoria, que a medida que aumenta el tiempo de DO, disminuye la velocidad de rehidratación de las muestras secas (Lenart, 1991).

El valor de la difusividad del agua durante la rehidratación de muestras pretratadas osmoticamente parece depender del tipo de agente osmótico utilizado. Así, las soluciones de jarabe de almidón mostraron valores de difusividad de agua más bajos que las soluciones de sacarosa, durante la rehidratación de manzana y zanahoria pretratadas osmoticamente (Lenart, 1991), aunque este comportamiento no se reflejó al

deshidratar calabaza. La velocidad de adsorción de agua durante la rehidratación también depende del contenido de solutos osmótico y de su distribución espacial en el producto, así como de la estructura del producto seco (Lenart, 1991).

4. PROCESO DE REHIDRATACIÓN

La transferencia de masa en los procesos de deshidratación supone una gran reducción del volumen de la muestra debido a la pérdida de agua del protoplasto. Como consecuencia de ello, las células se deforman con formas irregulares unidas por sus punto de unión. Este proceso puede almacenar energía, dependiendo de las propiedades viscoelásticas de las paredes celulares y de las zonas de unión. Si la muestra está sumergida en una fase líquida, la liberación de la energía almacenada en la muestra como tensión mecánica causará la relajación de estructura del tejido y por tanto una recuperación del volumen de la muestra, y por estar sumergida en el seno de un líquido, también la ganancia de masa. La cinética de recuperación del volumen y el nivel de volumen recuperado están afectados, en gran medida, por las características particulares del tejido y por las condiciones de deshidratación. El control de estos fenómenos puede ser una herramienta útil en la reformulación de productos en procesos enfocados a la mejora de la calidad, estabilidad y propiedades nutricionales de los alimentos.

La rehidratación es un proceso complejo cuyo objetivo es el restablecimiento de las propiedades del material fresco, cuando un producto seco está en contacto con el agua (Lewicki, 1998). El mayor obstáculo que existe para la absorción de agua es la presencia de burbujas de aire atrapadas. El agua puede moverse libremente por algunas cavidades grandes pero en el caso de topar con cavidades pequeñas, el agua difunde a su alrededor lo que resulta en la formación de burbujas de aire y su encierro en las cavidades.

Muchos investigadores han estudiado los factores que afectan a la velocidad y la capacidad de rehidratación que a continuación se exponen (Min, 1997). Algunos estudios apuntan que la habilidad del material seco para rehidratarse depende de las condiciones de la rehidratación, tales como temperatura, tiempo y cantidad de agua presente para la rehidratación Sin embargo, no hay consistencia en el procedimiento utilizado o en la nomenclatura. La proporción entre material seco y la masa de agua varía desde 1:5 hasta 1:50, las temperatura utilizadas van desde la temperatura ambiente hasta 80⁰C, los tiempos varían desde 2 minutos a 24 horas. La temperatura afecta a la

velocidad de absorción de agua, ya que las velocidades aumentan a medida que lo hace la temperatura, pero temperaturas muy altas provocan una rápida la destrucción de la membrana celular. Así, Ogwal y Davis (1994) observaron en la rehidratación de alubias que el tiempo requerido para alcanzar la capacidad máxima de absorción disminuía a temperaturas elevadas. García –Pascual *et al.*, (2000) observaron también una mayor velocidad de absorción de agua en champiñones al aumentar la temperatura del medio. Sin embargo, Sopade et al. (1992) en productos como maíz, mijo y sorgo no observaron un efecto significativo de la temperatura sobre la capacidad máxima de absorción de agua durante la rehidratación, lo que demuestra que cada producto se comporta de una manera distinta debido a las características de su matriz estructural y al estado en que ésta se encuentre.

Otros autores señalan que además de las condiciones de rehidratación, también influye en el proceso el tipo de pretratamiento que ha recibido el producto. Por ejemplo, García-Reverter et al. (1994) observaron en coliflores que un escaldado por etapas a temperaturas próximas a la de activación de la pectinmetilesterasa (60-65°C) mejoraba la capacidad de rehidratación y la textura se mantenía firme. Domínguez *et al.* (2001) observaron también que el escaldado a temperaturas bajas durante más tiempo mejoraba la firmeza de pimientos rehidratados en comparación con un escaldado tradicional a altas temperaturas con tiempo cortos. Drouzas *et al* (1999) demostraron que un pretratamiento con microondas puede aumentar la capacidad de absorción de agua en muestras de manzana. La energía de microondas es absorbida por las moléculas de agua del producto, ocasionando una rápida evaporación y dando lugar a una mayor porosidad que facilita el proceso de rehidratación.

Rastogi et al (2000) obtuvieron menores coeficientes de difusión de agua para muestras pretratadas con altas presiones en comparación con muestras sin pretratamiento, lo que atribuyeron a la permeabilidad de las membranas en respuesta a las altas presiones.

Tsami et al. (1999) observaron que geles elaborados a base de azúcares y pectinas presentaban mayor capacidad de absorción cuando eran liofilizados que cuando eran deshidratados con microondas, siendo los geles deshidratados con corriente de aire los que menor capacidad de absorción mostraron. La explicación que ofrecieron fue los distintos grados de porosidad formados atendiendo a las distintas técnicas de secado.

Las condiciones de secado también afectan en gran medida a la capacidad de rehidratación de los distintos productos. Investigaciones realizadas con el fin de

relacionar la duración y la severidad de los tratamientos durante el secado convectivo con el grado y la velocidad de rehidratación, mostraron una mayor velocidad de rehidratación y mayor capacidad de absorción al disminuir el tiempo de secado (McMinn y Magee, 1997). El menor tiempo de tratamiento supone un menor encogimiento de las muestras y por tanto, la presencia de espacios intercelulares que induzcan un aumento en la velocidad de rehidratación.

4.1. Cinética de rehidratación.

El estudio de las cinéticas de rehidratación puede ser muy útil para optimizar esta operación unitaria. Desde el punto de vista del proceso, es interesante no sólo conocer lo rápido que puede absorberse el agua, sino también conocer cómo afecta a la velocidad de rehidratación, las variables de proceso y como predecir el tiempo de rehidratación bajo determinadas condiciones.

El análisis matemático de los datos experimentales ha incrementado el entendimiento de los fenómenos de transporte en los alimentos y por tanto, ha facilitado la optimización de los procesos de rehidratación. Dichos análisis están basados en las leyes difusionales de Fick con sus ecuaciones correspondientes (Crank, 1975). Pero las leyes difusionales son complejas y requieren de técnicas numéricas elaboradas para su resolución. Otra dificultad es la necesidad de numerosas funciones y parámetros que precisan las ecuaciones difusionales. Una forma de simplificar el modelo es considerar que el coeficiente de difusión depende tan sólo de la temperatura o considerar sólo un término del desarrollo en serie (García-Reverter et al., 1994). Sin embargo, en estos casos no siempre se consigue una buena reproducibilidad del proceso.

Entre los modelos empíricos utilizados destaca el modelo de Peleg (1988). Se trata de un modelo matemático aplicable a la mayoría de las curvas de rehidratación publicadas. Este modelo puede utilizarse para predecir con éxito, o al menos estimar, ganancias de humedad en un amplio intervalo, a partir de los datos experimentales obtenidos en ensayos de duración relativamente corta. Debe señalarse, sin embargo, que el modelo es sólo empírico y que no proviene de ningún conjunto de leyes físicas o teóricas sobre la transferencia de materia.

Este modelo ha sido aplicado a la rehidratación distintos productos como arroz (Peleg, 1988), semillas de soja, cacahuets (Sopade y Obekpa, 1990), garbanzos y guisantes (Hung et al, 1993), maíz (Sopade et al., 1992) y avellanas (López et al., 1995)

4.2.Cambios en la estructura durante el proceso de rehidratación.

Diversos autores han documentado los cambios que sufren los tejidos durante el proceso de rehidratación. Así, Jayaraman et al. (1990) observaron daños celulares irreversibles durante el secado lo que supone una pérdida de la integridad del tejido celular y por tanto la formación de una estructura densa, en la que se encogen los poros capilares, con la consiguiente reducción de las propiedades hidrofílicas.

Lewicki et al. (1997) observaron en muestras de manzana deshidratadas con corriente de aire a 70°C y rehidratadas en agua, una plastificación de la matriz vítrea que causó el colapso de la estructura. Al final de la rehidratación, las muestras se hincharon y la estructura se reorganizó.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J. M. y Stanley, D.W. (1990). Microstructural principles of food processing and engineering. London, Eksevier applied Science
- Albors, A., Salvatori, D., Andrés, A., Chiralt, A., Fito, P. (1998) Influence of the osmotic solution concentration on the structural and compositional profiles in dehydrated apple tissue. En: *Drying 98*. C.B. Akkritidis D. Marinos-Kouris y G.D. Saravacos (Eds.), Ziti Editions, Thessloniki. Vol A: 877-885
- Alvare, A.P. 1986. Utilización de aditivos alimentarios en los productos de humedad intermedia. Primer taller sobre productos de humedad intermedia. Instituto de Investigaciones para la industria alimentaria. Cuba
- Alzamora, S.M., Gerchenson, L.N., Vidales, S.L., Nieto, A.B. (1996). Structural changes in the minimal of fruits: some effects of blanching and sugar impregnation. En: *Food Engineering 2000*. P.Fito E. Ortega –Rodriguez y G.V. Barbose –Canovas (Eds) NY: Chapman and Hall. 117-139.
- Andreotti, R., Tomassichino, M., De Giorgi, A., Palamas, D. (1985). Conservazione di pesche parzialmente deshidratate per osmosi diretta. *Industria Conserve*. 60, 96-98.
- Andrés A. (1995). Impregnación a vacío en alimentos poros. Aplicación al salado de queso. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Anuario de comercio. F.A.O. (1998). 52: 154-155.
- Anuario de producción. F.A.O. (1998). 53: 171-172.
- Avilés, E.I. (1989). Steady state drying of granular solids. Masters Thesis. Department of Chemical Engineering. University of Perto Rico. Maygues, Puerto Rico
- Balaban, M., Pigott, G.M. (1988) Mathematical model of simultaneous heat and mass transfer in food with dimensional changes and variable transport parameters. *Journal of Food Science*, 53(3): 935-939,
- Barat, J.M. (1998) Desarrollo de un modelo de la deshidratación osmótica como operación básica. Tesis doctoral, Universidad politécnica de Valencia, España
- Barat, J.M., Alvarruiz, A., Chiralt, A., Fito, P. (1997 a). A mass transfer modelling approach in osmotic dehydration. En: *Engineering and Food at ICEF*. Part 1 (pp.77-80). Sheffield, UK: Academic Press
- Barat, J.M., Chiralt, A., Fito, P. (1997 b). Equilibrium in cellular food osmotic solution systems: the rels of the struture. En *IFT Annual Meeting Abstracts*. Orlando, Florida, 75-2.

- Barat, J.M., Chiralt, A., Fito, P.(1998). Equilibration of apple tissue in osmotic dehydration : microestructural changes. *Drying Technology* , 17 (7-8): 1375-1386.
- Ben-Arie, R., Kislev, N., Frenkek, C. (1979). Ultra structural changes in the cell walls of ripening apple and pear fruit . *Plant Physiology*, 64: 197-202.
- Biswal, R.N., Bozorgmehr, K. (1992). Mass transfer in mixed solute osmotic dehydration of apples rings . *Trans .ASAE*.35 (1):257-265
- Bolin, H.R., Huxson, C.C., Jackson, A., Ng,K.C. (1983). Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science* , 48:202-205
- Bondoux. (1994). Enfermedades de conservación de frutos de pepita, manzanas y peras. Ed. Mundi-Prensa.
- Bongirwar, D.R., Sreenivasan, A. (1977). Studies on osmotic dehydration of banana . *Jouranl of Food Science and Technology (India)*, 14 (3: 104-112)
- Brady, C.J. (1987). Fruit ripening . En: *Annual Review of Plant Physiology*. 38: 155-178.
- Brennan, J.G., Cowell, N.D., Butters, J.R. Y Lilly, A.E.V. (1980). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Ed. Acribia S.A.
- Bruin, S., Luyben, K.Ch.A. (1980). Drying of food materials. En: *Advances in Drying* , Vol. 1. A.S. Mujumadar (Ed.), Hemisphere Publishing, New York.
- Cháfer, M. (2000). Deshidratación osmótica de corteza de naranja (Var. Valencia Late) y mandarina (var. Satsuma) Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Cháfer, M., González-Martínez,C, Ortolá ,M.D., Chiralt, A., Fito, P.(2001). Kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels. *Journal of Food Process Enginerrring*, 24:273-289
- Chen, C.S., Johnson, W.H. (1969). Kienetics of moisture movement in hygroscopic materials. I. Theoretical consideration of drying phenomena. *Trans . ASAE*. 12: 109-113.
- Cheryan, M. (1992). Concentracion of liquid foods by revers osmosis. En: *Handbook of Food Engineein* , D.R. Heldman y D.B.Lund (Eds.), Marcel Derkker, New York.
- Chiralt, A., Fito, P., Andrés, A., Barat, J., Martínez-Monzó, J., Martínez-Navarrete, N. (1999). Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. En: *Processing of Foods: quality optimisation and process assessment*. F.A.R. Oliveria , J.C.Oliverir (Eds). Boca Ratón, Florida: CRC Press. 341-356

- Chirife, J. (1982). Principios de la deshidratación osmótica de frutas .En: *Anales de Asociación Química Argentina*, 70, 913-932
- Colomer, Y., Ibarz, A. (1994). Tecnologías osmóticas: Aplicación en los procesos de deshidratación de frutas. *Alimentación Equipos y Tecnología* Oct. 73-78.
- Contreras, J.E., Smyrl, T.G. (1981). An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solution . *Can .Ins. Sci. Tech. Journal* 14, 310-314
- Crank, J. (1975). The mathematics of diffusion (2nd ed.), Claredon Press: Oxford.
- Darbonne, L., Bain, J. (1991). Process for dehydration of edible plants . Brevet francias.FR.89-08956(890704).
- Dixon ,G.M., Jen, H.L. (1977). Changes of sugars and acids of osmovac-dried apple slice. *J. Food Sci* , 42 (4): 1136-1142.
- Domínguez R.; Quintero-Ramos A.; Bourne M; Barnard J.; Talamás-Abbud R.;Jiménez-Castro J. y anzaldúa-Morales A. Textura of rehydrated dried bell peppers modified by low-temperature blanching and calcium addition . *International Journal of Food Sciences and Technology*, 36,523-527.
- Drouzas, A.E., Tsami, E., Sarvasco, G.D. (1999). Microwave/vacuum drying of model fruti gels . *Journal of Food Engineering* ,39, 117-122
- Farkas, D.D., Lazar, M.E. (1969). Osmotic dehydration of apple pieces . Effect of temperature and syrup concentration on rates. *Food Technol*, 23 :688-690.
- Fisher, R.L., Benner, A.B. (1991). Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. En: *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42: 675-703.
- Fito, P. 1994. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food . *Journal of Food Engineering* , 22, 313-328.
- Fito, P., Andrés, A., Albors, A., Barat, J. (1998). Deshidratación de productos agrícolas: secado por aire caliente. Servicio de Publicaciones, Universidad Politécnica de Valencia.
- Fito, P., Andrés, A., Chiralt,A., Pardo, P.(1996). Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation –relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *J. Food Eng.*,27,229-240
- Fito, P., Andrés, A.M.,Barat, J.M., Albors, A.M. (2001). “Introducción al secado de alimentos por aire caliente”. Ed: Universidad Politécnica de Valencia.
- Fito, P., Chiralt, A. (1995). An update on vacuum osmotic dehydration . En: *food preservation by moisture control : Fundamentals and applications*. G.V. Barbosa-

- anovas and Wektichaves (Eds.), Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster. pp 351-372.
- Fito, P., Chiralt, A. (1997). An approach to the modelling of solid food-liquid operations: application of osmotic dehydration . En: *Food Engineering 2000* P.Fito, E.Ortega, G. Barbosa (Eds.), NY: Chapman and hall. 231-252
- Fito, P., Chiralt, A., Acosta, E., Andrés, A. (1992). Vacuum Osmotic Dehydration of fruits. *ISOPOW-V*. Castellón, España
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Martínez-Monzó, J. (2000). Mass transport and deformation relaxation phenomena in plant tissues. En Proceedings of 8th International Congress on Engineering and Food . ICEF, México.
- Fito, P., Pastor, R. (1994). Non-Diffusional Mechanisms Occuring Vacuum Osmotic Dehydration . *Journal of Food Engineering*, 21, 513-519
- Flink, J.M.(1980). Dehydrated Carrots Slice: Influence of Osmois Concentration on Drying Behaviour and Product Quality. En : *Food Process Engineeing I*. Edited by linko-Maikki-lariñakari. Aplied Sci. Pub. Ltd. London ,England.
- Forni, E.,Torregiani, D., Batiston, P., Polesello, A. (1986). Research into change of pectic substances in apricots and peaches processed by osmotic dehydration . *Carbohydrate Polymers*.(6),367-393
- Fortes, M.Y., Okos, M.R. (1980) Drying theories. En *Advances in drying*, Vol.1, editado por A.s. Mujumdar. Hemisphere Publishing , New York.
- García-Pascual ,P.; SanjuánN.; Benedito JJ., Mateos M. y Muelst A.(2000). Hydration behavior of dehydratied morchella esculenta mushrooms through Peleg'e equation . En : Proceedings of the 12th International Symposium, Noordwikerhut, The Netherlands.
- García –Reverter J., Bourne M.C., Mulet A. (1994). Low temperature blanching affects firmness and rehydration of dried cauliflower florets. *Journal of Food Sciences*, vol. 59, nº 6, 1181-1183
- Giangiacomo, R., Torreggiani, D., ABBO ,E. (1987). Osmotic dehydration on Fruits . Part I. Sugars exchange between fruit and extracting syrups. *Journal of Food Process*, 11: 183-195
- González-Mariño, G. (1999). Viabilidad de la piña colombiana (Var.Cayen lisa) para su industrialización combinado las operaciones de impregnación a vacío,

- deshidratación osmótica y secado por aire caliente Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Hawkes, J., Flink, J.M. (1978). Osmotic concentration of fruit slice prior to freeze dehydration. *J. Food Proc. Pres.*, :265-284
- Henderson, S.M., Pabis, S. (1961). Grain Drying Theory I. *Agric. Eng. Res.* 6 (3): 169-174.
- Henderson, S.M., Pabis, S. (1962). Grain Drying Theory II. *Agric. Eng. Res.* 7 (1): 85-89.
- Hope, G.W., Vitale, D.G. (1972) Osmotic dehydration, a cheap and simple method of preserving mangoes, banana and plantains. *Food Research Institute*, Canada Departament of Agriculture, Ottawa.
- Hung, T.V., Liu, L.H., Black, R.G., Trewhella, M.A. (1993). Water absorption in chickpea and field pea cultivars using the Peleg model. *Journal Food Science*, 58 (4), 848-852
- Islam, M.N., Flink, J.N. (1982). Dehydration of potato. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. *Journal of food Technology*. 17 (3): 387-403
- Jayaraman, K.S., Das Gupta, D.K. (1992). Dehydration of fruit and vegetables recent developments in principles and techniques. *Drying Technol.* 10 (1):1-50
- Jennings, W.G., Tressl, R. (1974). Production of volatile compounds in the ripening barlett pear. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 3: 52.
- Kadam, P., Dhumal, S.A.Y Shinde, N.N. (1995). Fruit Science and Technology. Production, Composition, Storage, and Processing. En: *Pear*. Marcel Dekker (Ed).. New York, Basel, Hong Kong.11:183-202.
- Karel, M. (1973) . Recent reseach and development in the field of low moisture and intermediente-moisture foods. *CRC Critical Review Food Technology*. 3: 329-373
- Karel, M.(1975). Osmotic drying . En: *Principles of food Science Part II.*, M. Dekker (Ed). New York : 348-357
- Krokida,M.K.; Kiranoudis,C. T.;Maroulis,Z.B.;Marinos-kouris,D.(2000).Effect of pretreatment on color of dehydrated products. *Drying Technology*, 18 (6): 1239-1250
- La Font, P.(1988).Application de la deshydrtaion osmtique au kiwi: Influence des variables pour Comprendre les Mecanismes Resgissant les Transfer de Maitere. *Memorie D'Ingenieur*. E.N.S.N.A. Dijon .France.

- Lazárides, H.N (1998). Mass transfer phenomena during osmotic processing of fruits and vegetables. En: *Proceeding of the trrad main meeting of Copernicus project. Process optimisation and minimal processing of foods. Vol.3, Drying..* J.C. Oliveira and F.A.R. Oliveira (Eds.), Leuven, October 23-25, 1997: 43-45
- Lazárides, H.N (2001). Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruit and vegetables .En: *Osmotic dehydration and vacuum impregnation*. Fito, Chiralt, Barat, Spiess and Beshnilian (Eds.), Food Preservation Techology Series. Chapter 4 , 33-42.
- Lazárides, H.N., Fito, P., Chiralt, A, Gekas, V., Lenart ,A. (1999). Advances in osmotic dehydration. En: *Minimal Processing of foods and Process Optimisation* R.P. Singh y F.A.R Oliveria (Eds.), CRC Press, Boca Ratón . 175-200.
- Lazárides, H.N., Niclaidis, A., Katsanidis, E. (1995). Sorption Behaviour changes induced by osmotic preconcentration of apple slices in different osmotic media. *Journal of Food Sciences*, 60(2), 348-350.
- Le Maguer, M. (1998). Osmotic dehydration: review and future directions. En: *Proceeding of the international Symposium of Progrss. Food Preservation Process* , 1, 283-309
- Lenart, A. (1991). Sorption properties of apples and carrot preserved by osmo-convection meted. *Food Technology and Nutrition* , 19,27
- Lenart, A. (1994). Osmotic dehydration of fruits before drying. En: *Minimal Processing and Process Optimisation of Foods: An Interface*. R.P. Singh and F. Oliveris (Eds.), CRC Press .Boca Raton ,FL, 87
- Lenart, A., Cerkowniak, M.(1996). Kinetics of convection drying of osmodehydrated apples .*Polish Journal of food Nutrition and Science*, 5/46(2), 73
- Lenart, A., Flin , J.M. (1984b). Osmotic Concentration of Potatoes II, Spatial Distribution of the osmotic effect. *Journal of Food Technology* 19 : 65-89
- Lenart, A., Flink, J.M. (1984a). Osmotic Concentration of Potatoes I, Spatial Distribution of the osmotic effect.*Journal of Food Technology* 19 : 45-63
- Lenart, A., Iwaniuk, B. (1993). Mass transfer during rehydration of dewatered apple, pumpkin and carrot. *Polish Journal of Food Nutrition and Science* , 2/43,69
- Lenart, A., Lewicki, P.P. (1990). Osmatic dehydration of apples at high temperature ., En: *Drying 89*. A.S. Mujumadar (Ed.), Hemisphere Publishing Corporation :7-14.
- Lerici ,C.R., Mastrocola, D., Pinnavaia, G. (1986). Esperienze de osmosi diretta ad alta tempertatura per tempi brevi. *Industria Conserve*. 61(2),223-225

- Lerici, C.R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M., Bartrucci. (1985). Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. *Journal of food Science*, 50, 1217-1219 y 1226.
- Lerici, C.R., Pepe, M., Pinnavaia, G. (1977). La desidratazione della Fruta mediante Osmosi Dirette I. Risultati di Esperienze effettuate in laboratorio. *Industria conserve*. 52(2):125-129
- Levi, A., Gagel, S., Juven, B. (1983). Intermediate moisture tropical fruit products for developing countries. Technological data on papaya. *Journal of food Technology*. 18(6):667-685.
- Lewicki, P.P., Witrowa-Rajchert D., Mariak J. (1997). Changes of structure during rehydration of dried apples. *Journal of Food Engineering*, 32, 347-350
- Lewicki, P.P. (1998). Some remarks on rehydration of dried food. *Journal of Food Engineering*, 36, 81-87
- Lewis, W.K. (1921). The rate of drying solid materials. *J. Ind. Eng. Chem.* 13 (5): 427-432.
- Lomauro, C.J., Bakshi, A.S., Labuza, T.P. (1985). Moisture transfer properties of dry and semimoist foods. *Journal of Food Science*, 50: 397-400.
- López, A., Pique, M.T., Clop, M. (1995). The hygroscopic behaviour of hazelnut. *Journal Food Engineering*, 25, 197-208
- Luckwill, L.C., Pollard, A. (1963). Perry Pears. University of Bristol Press. Bristol.
- Madarro, A., Carbonell, J.V., Piñaga, F., Peña, J.L. (1981). Deshidratación de frutas y hortalizas con aire ambiente. Ensayos exploratorios con zanahorias. *Rev. Agroquim. Tecnol. Alim.* 21 (4): 525-533.
- Marcote, M., Le Maguer, M. (1992). Mass transfer in cellular tissues. Part 2. Computer simulation vs : experimental data. *Journal of Food Engineering*, 17, 177
- Martínez-Monzó, J. (1998). Cambios físico-químicos en manzana Granny Smith asociados a la impregnación a vacío. Aplicaciones en congelación. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España
- Mastrocola, D., Severini, C., Barbanti, D., Pinnavaia, G. (1989). Essicamento in corrente d'aria della frutta: Effetti di alcuni pretrattamenti. *Industria Alimentari*, 28. 1175-1178 y 1182
- Mavroudis, N.E., Gekas, V., Sjöholm, I. (1998). Osmotic dehydration of apples. Shrinkage phenomena and the significance of initial structure on mass transfer rates. *J. food Eng*, 38: 101-123

- Mazza, G. (1983). Dehydration of Carrots. Effects of pre-treatment on moisture transport and product quality. *J. food Technol .*, 18:113-123
- McMinn, W.A.M Y Magee T.R.A (1997). Physical characteristics of dehydrated potatoes-part I. *Journal of Food Engeering* , 33, 37-48.
- Min, Z. (1997). El almacenamiento de vegetales secadas especiales y la teoría de rehidratación. 209-231.
- Molz, F.J.(1976). Water transport through plant tissue : the apoplasm and symplasm pathways. *J. theor . Bio*, 59, 277-292.
- Moreno, J. (1999). Desarrollo de productos de alta humedad a partir de fresas deshidratadas osmóticamente a vacío por pulsos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Moy, J.H., Lau, N.B.H., Dollar, A.M. (1978). Effects of sucrose and acids on osmovac-dehydration of tropical fruits . *Journal of Food Processing and Preservation*. 2(2) 131-135
- Mujumdar, A.S., Tulasidas, T.N., Raghavan, G.V.S. 1995. Microwave drying of grapes in a single mode cavity at 2450 Mhz. II. Quality and energy aspects. *Drying Technology*, 13(8/9): 1973-1992
- Mulet, A., Berna, A., Rosselló, C. (1989). Drying of carrots I. Drying models. *Drying Technology*, 7(3): 537-557.
- Mulet, A., Berna, A., Barras, M., Piñaga, F. (1987). Effect of air rate on the carrot drying. *Drying Technology*, (5):245-248.
- Ogwal M.O., Davis D.R.(1994). Rapid rehydration methods for dried beans . *Journal of Food Sciences* , vol 59 nº 3, 611-621.
- Ordóñez, J.A., Cambrero, M.I., Fernández, L., García, M.L., García de Fernando, G., De la Hoz, L., Selgas, M.D. (1998). Tecnología de los alimentos. Componentes de los alimentos y procesos. Ed. Síntesis S.A. 11 (1): 246-305.
- Peleg, M.(1988). A empírica model for the description of moisture sorption curves. *Journal Food Science*, 53 (4), 1216-1219
- Pensaben, M. (1994). Deshidratación Osmótica al vacío de piña y mango. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de valencia, España.
- Pitt, R.E. (1992). Viscoelastic properties of fruits and vegetables. En: *Viscoelastic properties of foods*. M:A. Rao y J.F.Steff (Eds) (49-76). London and NY: Elsevier Applied Science.

- Ponting, J.D. (1973). Osmotic dehydration .Recent modifications and applications .
Process Biochemistry, 8(12),18-20
- Ponting, V, Watters, G., Forrey R.R., Jackson, R., Stanley, W.L. (1966). Osmotic Dehydration of Fruit. *Food Techhology*, (20), 125-128
- Raoult-Wack, A L., Guilbert ,S., Le Maguer ,M., Ríos ,G.(1991). Simultaneous water and solute transport in shrinking media –Part 1. Application to dewatering and impregnation soaking process analysis (osmotic dehydration). *Drying Technology* 9 (3): 589-612
- Raoult-Wack, A L., Lafont, F., G., Guilbert, S. (1989). Osmotic dehydration . Study of mass tranfer in terms of engineering properties. En: *Drying ·89*, A .L . Mujumdar y M. Roques (Eds).Hemisphere Publishing, New York
- Rastogi, N.K., Angersbach, A., Niranjan,K., Knorr, D.(2000). Rehydration kinetics of high-pressure pretreated and osmotically dehydrated pineapple. *Journal of Food Sci..* 65(5): 838-841 ,
- Rodríguez-Arce, A.L., Vega-Mercado, H. (1991). Osmotic drying of kinetics of pineapple and papaya . *J. Agric. Uvi. Puerto Rico*.75 (4): 371-382
- Rosselló, C., Cañellas, J., Simal, S., Berna, A. (1992). A simple mathematical model to predict the drying rate of potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 40 (12): 2374-2378.
- Ruiz, G.A. (2002). Deshidratación de Rodajas de Naranja para la obtención de Productos Secos y de Humedad Intermedia. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia
- Salvatori, D. (1997). Deshidratación osmótica de frutas: Cambios composicionales y estructurales a temperatura moderadas. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia .
- Salvatori, D., Andrés, A., Fito, P.(1999 a). Osmotic dehydration progresión in apple tissue I: Spatial distribution of solutes and moisture content. *Journal of Food Engineering*, 42: 125-132
- Salvatori, D., Andrés, A., Fito, P.(1999 b). Osmotic dehydration progresión in apple tissue I: Spatial distribution of solutes and moisture content *Journal of Food Engineering* 42: 133-138
- Sharaf-Eldeen, Y.I., Hamdy, M.Y., Blaisdell, J.L. (1979). Falling rate drying of fully exposed biological materials. A review of mathematical models. *American Soc. of Agric. Eng. Paper No. 79-6522*

- Shi, X.Q.(1994). Vacuum Osmotic Dehydration of Food :some applications in fruit preservations. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia .España.
- Shiota, H. (1990). Changes in the volatile composition of “La France” pear during maturation. *J. Sci. Food Agr.* 52(3): 421.
- Shipman, J.W., Arman, A.R., Segars, R.A., Kapsalis, J.G., Weatcott, D.E. (1972). Improvement of the texture of dehydrated celery by glycerol treatment. *Journal of food Science.* 37: 568-571
- Simal, E., Deyá, M., Frau & C. Roselló (1997). Simple Modelling of air curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apples cubes . *J. Food. Eng.* 139-150
- Sitkiewicz, I., Lenart, A., Levicki P.P.(1996). Mechanical properties of osmotic-convection dried apples. *Polish Journal of Food Nutrition and Science*, 5/46(4), 105
- Sopade, P.A., Ajisegirei E.S., Badau M.H. (1992). The use of Peleg's equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. *Journal of Food Engineering* , 15, 269-283.
- Sopade, P.A., Obekpa, P.A. (1990). Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. *Journal of Food Science*, 55(4): 1084-1087 ,
- Suárez, C. Y Viollaz, P.E. (1982). Effect of pressurized gas freezing pretreatment of carrot dehydration by air flow. *Journal of Food Technology.* 17(5): 607-613.
- Talens, P. (2002). Tratamientos osmóticos en la crioprotección de fresa y kiwi. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Talens, P., Hartong, S., Martínez-Navarrete, N., Chiralt, A., Fito, P. (2000). Kinetics and equilibrium status in osmotic dehydration of strawberry .En: *Proceedings of the 12th International Drying Symposium.* P.J.A.M Kerkhof, W.J. Coumans, G.D. Moolweer. (Eds) Elsevier Science , Amsterdam . Paper N^o 101
- Torreggiani, D., Forni, E., Rizzolo, A. (1987) Osmotic dehydration of fruit II. Influence of osmosis time on the stability of processed cherries. *J. Food Proc. Press*, (12), 27-44
- Treguuno, N.B., Goff , H.D. (1996) Osmodehydrofreezing of apples structural and textural effects . *Food Search International* , 29 (5-6): 471-479.
- Tsami, E. Krokida M.k. y Drouzas A.E (1999). Effect of drying method on the sorption characteristics of model fruit powders. *Journal of Food Engineering*, 38, 381-392
- Tucker, G.A., Grierson, D. (1987). Fruit ripening. En: *The Biochemistry of Plants. A comprehensive treatise* . D.D. Davies (Ed), Academic Press. 265-318.

- Üretir, G., Özilgen, M. Y Katnas, S. (1996). Effects of Velocity and Temperature of Air on the Drying Rate Constants of Apple Cubes. *Journal of Food Engineering* 30: 339-350.
- Vial, C., Guilbert, S y Cuq, J. (1991). Osmotic dehydration of Kiwi fruits : Influence of Process variables on the color and ascorbic acid content . *Science of aliments* ,11, 63-84.
- Videv, K., Tanchev , S., Sharma , R.C., Joshi, V.K. (1990). Effect of sugar sirup concentration and temperature on the rate of dehydration of apples. *Food Science Techonology* , 27 : 307-308.
- Waananen, K.M., Litchfield, J.B., Okos, M.R. (1993). Classification of drying models for porous solids. *Drying Technol.* 11: 1-40.
- Westwood, M.N. (1982). Fruticultura de zonas templadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Wililiams, M.W., Courey, H.M., Moffatt, H., Coyer, D.L., (1978). Pear Production , U.S. Department of Agriculture Handbook 526,
- Zogzas, N.P, Marroulis, Z.D., Marinos-Kouris, D. (1996). Mositure diffusivity data compilation in food stuffs .*Drying Technology* , 14 (10).2225-2253.

CAPÍTULO I: Secado por aire caliente de pera:
influencia de la temperatura

RESUMEN

En este trabajo se analiza la influencia de la temperaturas de secado (35, 45, 55, 65 y 75°C) y velocidad del aire de secado (2.2 y 1.2 m/s) en el secado de rodajas de pera var. *Blanquilla*. Se ha utilizado un equipo de secado con control continuo de peso del producto, temperatura y velocidad del aire para el secado de rodajas de pera. La velocidad de secado en todos experimentos mostró un comportamiento decreciente a lo largo de todo el proceso. Las curvas de secado se han modelizado a través de un modelo difusional, utilizando la solución en serie para láminas de espesor semi-infinito, para tiempos largos. El modelo probado permitió ajustar la curva de secado adecuadamente hasta un nivel de humedad del orden del 10 %. La influencia de la velocidad del aire en la cinética de secado fue muy poco notable. La influencia de la temperatura en los coeficientes de difusividad efectiva se ajustó al modelo de Arrhenius

INTRODUCCIÓN

En algunas regiones la producción de algunas variedades de pera es muy elevada y la conservación en refrigeración es difícil o presenta limitaciones en cuanto al periodo de vida útil. El secado en condiciones que permitan mantener la calidad sensorial y nutricional del producto es una alternativa para diversificar el consumo y abaratar los costos de comercialización, si se utilizan fuentes de energía adecuadas. El secado de pera ha sido poco estudiado, y presenta problemas relacionados con la calidad del producto como el pardeamiento.

El objetivo de este trabajo es analizar la cinética del secado por aire de rodajas de pera en función de la temperatura y velocidad del aire en aras de disponer de datos necesarios para la optimización del proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron rodajas de pera (var. *Blanquilla*) de 10 mm de espesor. Estas muestras se caracterizaron por triplicado en humedad (x_w , b.s.) y sólidos solubles (x_s). La humedad se determinó por secado de las muestras en estufa de vacío a 60°C hasta peso constante (AOAC, 1980). Los sólidos solubles se determinaron por refractometría (Carl Zeiss modelo 89553) a 20°C en muestras de pera previamente trituradas y sometidas a centrifugación.

El proceso de secado se llevó a cabo en un secador por aire caliente (fig. 1). Este equipo permite controlar las variables del proceso: temperatura del bulbo seco, velocidad del aire y humedad relativa. La masa de la muestra es registrada en una balanza (Mettler Toledo modelo PG503-S) de precisión 0,001 g, conectada a un ordenador para la adquisición de datos en tiempo real (Sancho, 1999).

Se realizaron experiencias de secado a diferentes temperaturas (35, 45, 55, 65 y 75°C). Se utilizaron 2 velocidades de secado, 2.2 y 1.2 m/s. Las muestras se secaron en todos los casos hasta peso constante y se realizaron varias repeticiones para cada condición.

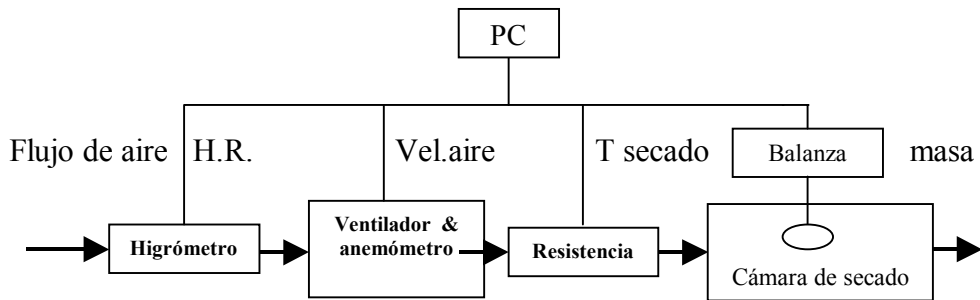


Figura 1. Esquema de las principales partes del secador.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Fig.2 y 3 se observa la evolución de las curvas de secado y de la velocidad de secado (dx_w/dt) de las rodajas para las diferentes temperaturas. En todos los casos, se observa un último período velocidad de secado mucho más decreciente a partir de una humedad que es dependiente de la temperatura. Esto se explica por el incremento progresivo en el grado de compactación celular (desde el exterior al interior de la muestra) que alcanzará un nivel crítico a una humedad determinada dependiendo de la fuerza impulsora del proceso. Los datos experimentales se muestran en el Anexo I.

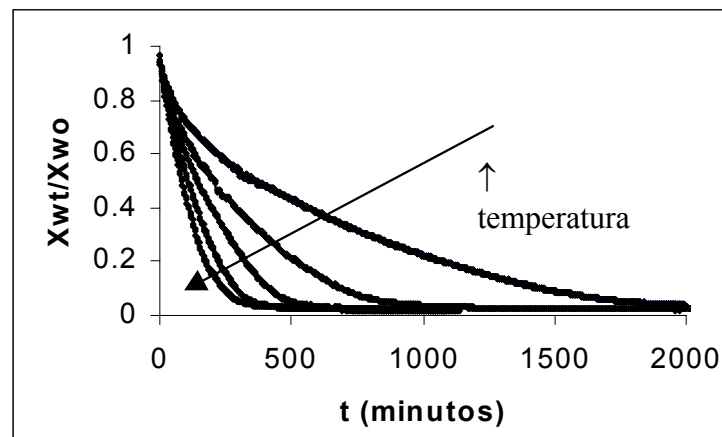


Figura 2. Curva de secado de las muestras a diferentes temperaturas (la temperatura aumenta en la dirección de la flecha).

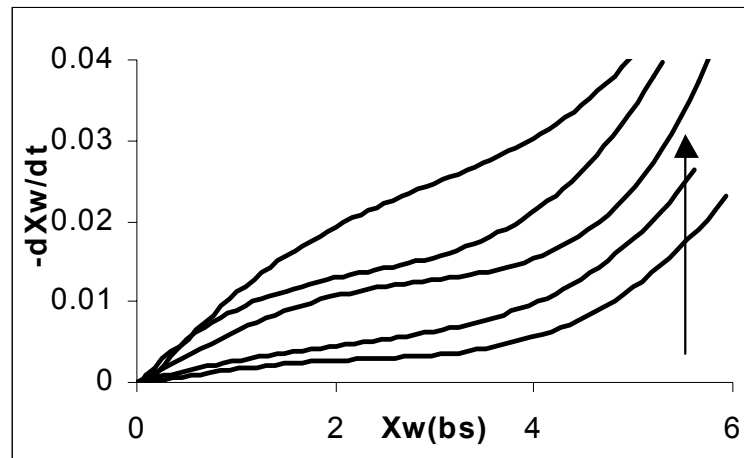


Figura.3. Velocidad de secado de las muestras a diferentes temperaturas (la temperatura aumenta en la dirección de la flecha)

Para la modelización del secado se llevó a cabo un análisis difusional, utilizándose la ecuación integrada de la 2ª ley de Fick (eq. 1) para una lámina infinita y 10 términos de la solución en serie ($n=10$). Para el ajuste de esta ecuación se consideró un valor medio del semiespesor (l) de las rodajas durante el proceso de secado y un contenido inicial en agua de las muestras uniforme (x_{w0}). Para obtener el valor del coeficiente de difusión (D_e) se llevó a cabo una optimización del valor del parámetro, minimizándose la suma de cuadrados de la diferencia entre las humedades (x_{wt}) experimentales y predichas con la ecuación (1). La tabla 1 da los valores de D_e obtenidos para cada condición de secado. Estos son comparables con los publicados para el secado de pera (Park et al., 2003) y otras frutas en condiciones similares (Zogzas et al., 1996).

$$Y_t = \left[\frac{X_{w_t} - X_{w_e}}{X_{w_t} - X_{w_e}} \right] = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp \left[\frac{-D_e t (2n+1)^2 \pi^2}{4l^2} \right] \quad (1)$$

En la Figura 4 se compara la humedad (referida a su humedad inicial) de las rodajas obtenida experimentalmente con las curvas predichas con la ec.1. En esta figura se puede observar la buena correspondencia entre los datos predichos y los experimentales, que probablemente podría mejorarse ajustando la ecuación de forma independiente para cada uno de los dos períodos de secado comentados.

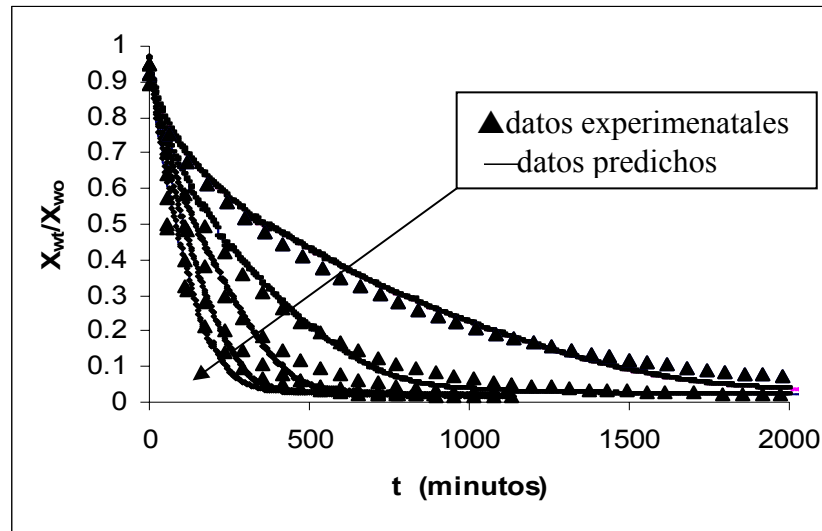


Figura 4. Curvas de secado: puntos experimentales y curvas predichas (la temperatura aumenta en la dirección de la flecha).

En la Tabla 1 se observa que de las variables analizadas (temperatura y velocidad de secado) sólo la temperatura tiene una influencia significativa en la difusividad: a medida que aumenta la temperatura aumentan los valores de difusividad (Park et al., 2003). El efecto de la temperatura sobre la difusividad fue modelizado mediante la ecuación de Arrhenius (ec. 3). La figura 5 muestra el buen ajuste del modelo, independientemente de la velocidad del aire considerada. La energía de activación obtenida fue de 39,34 kJ/mol, similar a la obtenida por Park et al. (2003) en pera en condiciones similares, y el factor pre-exponencial $D_0=7,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. La escasa influencia de la velocidad del aire en la cinética de secado se explica porque las velocidades ensayadas son superiores al valor crítico a partir del cual la resistencia interior controla el proceso de secado. Este valor se ha estimado, en estudios previos para rodajas de zanahoria, para velocidades de flujo aire de 6000 kg/m²h (Mulet et al. 1987). En los experimentos realizados las velocidades de flujo fueron de 190080kg/m²h y 3160080 kg/m²h .

$$D_e = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

Tabla 1. Valores de difusividad (m^2/s) en las diferentes condiciones de secado.

| T (°C) | v=2,2 m/s | | v=1,2 m/s | |
|--------|---------------|-------|---------------|-------|
| | $D_e 10^{10}$ | r^2 | $D_e 10^{10}$ | r^2 |
| 35 | 1,36 | 0,86 | 1,47 | 0,98 |
| 35 | 1,45 | 0,94 | 1,45 | 0,98 |
| 45 | 2,79 | 0,96 | 2,27 | 0,97 |
| 45 | 2,22 | 0,99 | 2,55 | 0,99 |
| 45 | 2,26 | 0,73 | 2,43 | 0,96 |
| 55 | 4,10 | 0,84 | 3,77 | 0,71 |
| 55 | 4,10 | 0,88 | 3,40 | 0,87 |
| 55 | 4,08 | 0,88 | 3,57 | 0,87 |
| 65 | 5,91 | 0,82 | 4,81 | 0,79 |
| 65 | 5,83 | 0,69 | 5,20 | 0,80 |
| 65 | 5,42 | 0,96 | 5,01 | 0,94 |

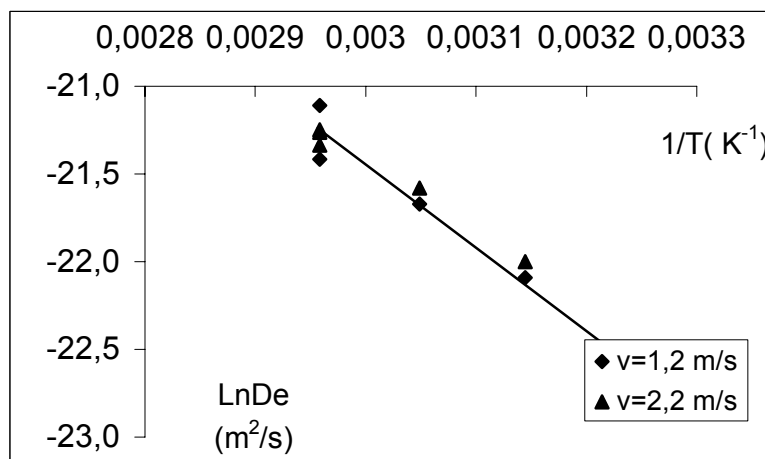


Figura 5. Ajuste del modelo de Arrhenius.

CONCLUSIONES

El modelo probado sólo permite ajustar la curva de secado hasta cierto nivel de humedad (del orden del 10 %). No obstante, se observan dos periodos donde el tejido ofrece una marcada diferencia en su resistencia al transporte de masa.

Entre las variables analizadas (temperatura y velocidad de secado) sólo la temperatura tuvo una influencia significativa en la difusividad efectiva.

NOMENCLATURA

| | |
|----------|---|
| D_e | Coefficiente de difusividad eficaz (m^2/s) |
| D_0 | Factor de pre-exponencial de la ecuación de Arrhenius (m^2/s) |
| E_a | Activación energía (kJ /mol) |
| l | Espesor promedio de la rodaja (m) |
| X_{wo} | Humedad inicial del producto (kg / kg materia seca) |
| X_{we} | Humedad de equilibrio del producto (kg / kg materia seca) |
| X_{wt} | Humedad del producto a tiempo t (kg / kg materia seca) |
| Y_t | Humedad reducida (adimensional) |

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official analytical Chemist, No.934.06 Arligton
- Crank, J. (1975). The mathematics of Diffusion. London: Oxford University Press, pp. 44-68.
- Mulet, A., Berna, A., Barras M., Piñaga, F. (1987). Effect of aire rate on the carrot drying. *Drying Technology* .(5):245-248.
- Park, KJ.; Bin, A.; Brod, FPR. (2003). Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, **56**: 97-103.
- Sancho, C. (1999). Diseño de un secador para la deshidratación de productos a temperaturas moderadas. Proyecto fin de carrera. Universidad Politécnica de Valencia.

CAPÍTULO II: Secado por aire caliente de pera:
influencia del pretratamiento osmótico

RESUMEN

En este trabajo se ha analizado la cinética de secado por aire de rodajas de pera fresca y pretratada osmóticamente. Se aplicaron tratamientos osmóticos con soluciones de sacarosa de 50°Brix a 30°C durante 0.5, 3 y 48 h. El secado por aire se realizó a 45, 55 y 65 °C, y una velocidad del aire de 2.2 m/s. Las curvas de secado se han modelizado a través de un modelo difusional, obteniéndose en cada caso un coeficiente de pseudo-difusión. Se encontró una influencia marcada de la temperatura y pretratamiento osmótico en el coeficiente de pseudo-difusión, que oscila entre $6.5 \cdot 10^{-12}$ y $5.8 \cdot 10^{-10}$ m²/s, y una relación significativa entre este coeficiente y la inversa del contenido inicial de solutos de las muestras. La energía de activación del proceso de secado fue similar entre las muestras frescas y las tratadas osmóticamente durante 0.5 y 3 h, aumentando de forma considerable a mayor tiempo de pretratamiento osmótico. Al realizar pretratamientos osmóticos aumenta el tiempo total de secado pero también el rendimiento del proceso. Estos efectos son más marcados cuando los pretratamientos osmóticos son más largos.

Palabras clave: secado por aire, pretratamiento osmótico, difusión efectiva del agua, pera

INTRODUCCIÓN

El secado es uno de los procesos de conservación de la industria de alimentos más importante para obtener productos estables. El secado por aire reduce, por sí solo, el contenido en agua de los alimentos hasta niveles que le protegen del deterioro. Igualmente, el secado parcial combinado con otros métodos como acidificación, adición de conservantes, refrigeración, envasado en atmósferas modificadas, etc. también pueden ser técnicas que retrasen o prevengan el crecimiento de microorganismos y otras reacciones de deterioro (Alzamora et al., 1998).

La mayoría de los productos secos se emplean como ingredientes en la formulación de alimentos como snacks, mermeladas, productos lácteos, productos de confitería, etc. El aumento del consumo de frutas y verduras secas hace necesario obtener frutas secas de alta calidad que conserven sus características de producto fresco, tanto como sea posible (Nijhuis et al., 1998)

La reducción de la actividad del agua necesaria para asegurar la estabilidad del producto requiere de procesos de secado que, en el caso de utilizar sólo aire caliente, pueden ser muy intensos. Esto puede provocar pérdidas de calidad en los productos en aspectos como el color, sabor y textura, limitando la capacidad de rehidratación del producto. Otros problemas comunes que influyen en la calidad del producto son el encostramiento y encogimiento durante el proceso (Nijhuis et al., 1998).

En los últimos años, se han realizado estudios en los que se combina el secado por aire caliente con la deshidratación osmótica (DO). Esta técnica se utiliza como pretratamiento de frutas y hortalizas, mediante la inmersión de éstas en líquidos con una actividad de agua más baja. Con este pretratamiento, en el que se producen de forma simultánea transferencia de agua y solutos al interior de la materia prima, se pueden conseguir reducciones del contenido en agua de los alimentos entre el 30 y el 70% respecto al contenido inicial (Lenart, 1994). Diferentes estudios que han aplicado la deshidratación osmótica como pretratamiento, reflejan una mejora del rendimiento y calidad en productos secos y de humedad intermedia (Flink, 1980; Levi et al., 1980;

Kim y Toledo, 1987; Nieto et al. 1998). Algunas de las ventajas que se han encontrado al aplicar pre-tratamientos de DO son a) protección del producto frente al colapso y desorganización estructural, b) mejoras en la textura y menor encogimiento de las muestras (Lazarides et al., 1999), c) menos cambios en el color y flavor que cuando se secan las muestras por aire debido a efectos térmicos (Torregiani y Toledo, 1991,; Grabowski y Mujumdar, 1992) d) reducción del tiempo de la segunda fase del secado hasta un 60% con un ahorro energético del 20% (Lenart 1994; Alvarez et al., 1995).

Se han llevado a cabo estudios sobre secado por aire caliente con pretratamiento osmótico en productos como: tomate (Telis et al., 2001), pimiento rojo (Vegas et al., 2001), remolacha (Vaccareza et al., 1974), zanahorias (Flink 1980 y Mazza, 1983), patata (Islam y Flink, 1982), piña (Uddin y Hawlader, 1990), manzana (Simal et al., 1997; Nieto et al. 1998), fresas y cerezas (Lewicki y Lenart, 1997). Los resultados publicados reflejan que el pretratamiento osmótico provoca cambios en las propiedades de transporte de masa del producto durante el secado de aire debido a los cambios estructurales que se han producido en el pretratamiento. En general, se observa una disminución del coeficiente de difusión eficaz (D_e) del agua en los tejidos pretratados osmóticamente: a mayor ganancia de solutos en esta etapa, mayor descenso de la D_e (Lenart, 1994,; Lenart y Cerkowniak, 1996; Alvarez et al., 1995; Nieto et al. 1998).

Los modelos matemáticos utilizados para predecir curvas de secado son muy útiles en el diseño, análisis y optimización de la transferencia de masa durante el proceso de la deshidratación (Wang y Brennan, 1995). Se han propuesto muchos modelos para el secado por aire caliente en materiales biológicos y, en la mayoría de ellos, se consideran un gran número de simplificaciones. En las ecuaciones de estos modelos no se tienen en cuenta factores como el encogimiento de muestra y los cambios de las propiedades físicas y térmicas durante el proceso de secado, lo que complicaría enormemente el análisis (Wang y Brennan, 1995). En la práctica no se utiliza un modelo matemático riguroso debido a la gran complejidad y falta de datos. No obstante, se necesitan parámetros cinéticos que permitan evaluar la eficacia económica del proceso y seleccionar las condiciones de secados más adecuadas en cada caso.

Existen muy pocos datos de secado por aire caliente de pera. Zogzas et al., (1996) aportan datos de D_e en el secado a 65°C de pera fresca. El estudio de secado realizado por Park et al. (2001) en pera var. Barlett a diferentes temperaturas y velocidades de secado, concluyó que el coeficiente de D_e aumentó con la temperatura de secado y velocidad del aire. Park et al. (2003) analizaron la influencia del pretratamiento osmótico en el comportamiento al secado de cubos de pera (var. Anjou) de 1 cm³ a diferentes temperaturas (40-80°C) y velocidades de secado. En este estudio se observó un diferente comportamiento de la D_e de las muestras frescas y tratadas osmóticamente según la velocidad del aire de secado (1 y 2 m/s): a menor velocidad los valores de D_e son mayores en las muestras tratadas osmóticamente mientras que a mayor velocidad son mayores en las muestras frescas. Este diferente comportamiento indica que a bajas velocidades de aire existe una contribución especial de la resistencia externa en los fenómenos de transporte (Park et al., 2003). Además en el trabajo se indica la relación directamente proporcional entre la superficie expuesta de la muestra, y por tanto su geometría, con la magnitud de las difusividades que se obtienen: a mayor superficie mayores valores de D_e .

El objetivo de este trabajo es analizar la cinética de secado de rodajas de la pera con y sin pre-tratamiento de DO en función de la temperatura del aire y el tiempo de pretratamiento de DO.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima.

Se compraron en un mercado local peras var Blanquilla, con las que se prepararon rodajas con piel de 10 mm de espesor para utilizarlas como materia prima de todos los experimentos.

Métodos experimentales

Experiencias de secado. El secado por aire se llevó a cabo en un equipo a escala de laboratorio, con control de la temperatura y velocidad del aire. Se siguió el peso de las muestras durante el secado mediante una balanza digital de 0,001 g de precisión, conectada a un ordenador para la adquisición de datos en tiempo real.

Las experiencias de secado se realizaron, por triplicado, a las temperatura de 45°C (38-53% de H.R.), 55°C (45-53% de H.R.), y 65°C (39-53% de H.R.), y una velocidad del aire de 2.2 m/s.

Deshidratación osmótica. En estas experiencias, se sometieron las muestras a un tratamiento de deshidratación osmótica previo al secado por aire caliente, con una solución de 55°Brix de sacarosa, y 0,5% de ácido cítrico (p/p), a 30°C. La proporción de solución-fruta fue suficientemente elevada (20:1) para evitar cambios significativos en la concentración de la solución a lo largo del proceso. Los tiempos de tratamiento osmótico fueron 0.5, 3 y 48 horas.

Determinaciones analíticas

Se determinó el contenido en humedad por secado de las muestras en estufa de vacío a 60°C hasta peso constante (método 20.013, AOAC, 1980). Los sólidos solubles se determinaron por refractometría (ABBE ATAGO 89553 de Zeiss) a 20°C en

muestras previamente trituradas y centrifugadas. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

Modelos

Se utilizó la solución integrada de la segunda ley de Fick a tiempos largos, considerando una lámina de geometría infinita (ec. 1), y asumiendo que: (1) el contenido de humedad inicial era uniforme en la rodaja de la pera; (2) la geometría de rodaja permanecía constante durante el proceso de secado (Crank, 1975).

$$Y_t = \left[\frac{X_{w_t} - X_{w_e}}{X_{w_0} - X_{w_e}} \right] = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp \left[\frac{-D_{we} (2n+1)^2 \pi^2 t}{4l^2} \right] \quad (1)$$

donde la fuerza impulsora reducida (Y_t) se calculó en función del contenido de humedad (b.s.) de la muestra a tiempo t (x_{wt}), a $t=0$ (x_{w0}) y en el equilibrio (x_{we}). D_e es el coeficiente de difusión aparente del agua (m^2/s) y l es el espesor medio de la lamina (m).

Para determinar el coeficiente de difusión aparente del agua se utilizaron diez términos de la ec.(1). El valor D_e se obtuvo mediante un ajuste no lineal de los puntos experimentales (SOLVER de Excel), minimizando la suma de cuadrados residuales entre el contenido de humedad experimental y predicho.

Se utilizó la relación de Arrhenius (ec. 2) para conocer la influencia de la temperatura en la difusividad del agua, siendo D_0 una constante (m^2/s), E_a la energía de activación (kJ/mol) y R es la constante universal de los gases.

$$D_e = D_0 \exp \left(\frac{E_a}{RT} \right) \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios durante el secado

La Tabla 1 muestra los valores de las fracciones másicas de agua y sólidos solubles y actividad de agua de muestras de pera antes y después de los tratamientos osmóticos. La tabla también refleja la pérdida de agua (ΔM_w) y ganancia de solutos (ΔM_s) de cada tratamiento de DO, expresada por unidad de masa inicial del producto.

Tabla 1. Fracciones másicas de agua y solutos, y actividad de agua de las rodajas de pera frescas y DO, y pérdida de agua y ganancia de solutos en los tratamientos.

| Muestra | X_{w0} (kg agua/ kg muestra) | X_{s0} (kg solutos/ kg muestra) | a_w 25°C | ΔM_w (kg agua /kg peso inicial) | ΔM_s (kg solutos /kg peso inicial) |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------|---|---|
| No tratada | 0,843 ± 0,003 | 0,136 ± 0,009 | 0,986 | - | - |
| DO _{0,5 h} | 0,802 ± 0,014 | 0,167 ± 0,003 | 0,983 | -0,04 ± 0,02 | 0,026 ± 0,017 |
| DO _{3 h} | 0,774 ± 0,008 | 0,187 ± 0,009 | 0,977 | -0,067 ± 0,007 | 0,043 ± 0,012 |
| DO _{48 h} | 0,42 ± 0,02 | 0,56 ± 0,03 | 0,917 | -0,71 ± 0,02 | 0,32 ± 0,04 |

La ganancia de soluto y pérdida de agua aumenta a medida que lo hace el tiempo de proceso. Las muestras deshidratadas osmóticamente durante 48 h estaban prácticamente equilibradas con la solución osmótica utilizada en base a los contenidos en agua y solutos. El valor de actividad de agua de las muestras también está cerca del de la solución osmótica correspondiente. El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio de composición con la solución osmótica del tratamiento es del orden del encontrado en estudios realizados con rodajas de manzana (Barat et al. 1998). En este tratamiento se alcanzaron ganancias de azúcares notables (aproximadamente el 30% respecto al peso inicial de la muestra).

Después del tratamiento de DO, las muestras se secaron por aire caliente a 45, 55, 65 °C. Aunque la humedad relativa no era exactamente la misma en todos los experimentos de secado, las diferencias no provocaron un cambio notable en las curvas de secado obtenidas, y se pudo asumir un valor medio de las curvas de secado a una temperatura determinada. En la Figura 1 se representan las curvas de secado a las diferentes temperaturas del aire. A partir de estos datos se obtuvieron las curvas de velocidad de secado que se muestran en la Figura 2.

Los datos obtenidos experimentales se muestran en las tablas II.1 a II.4 del Anexo II.

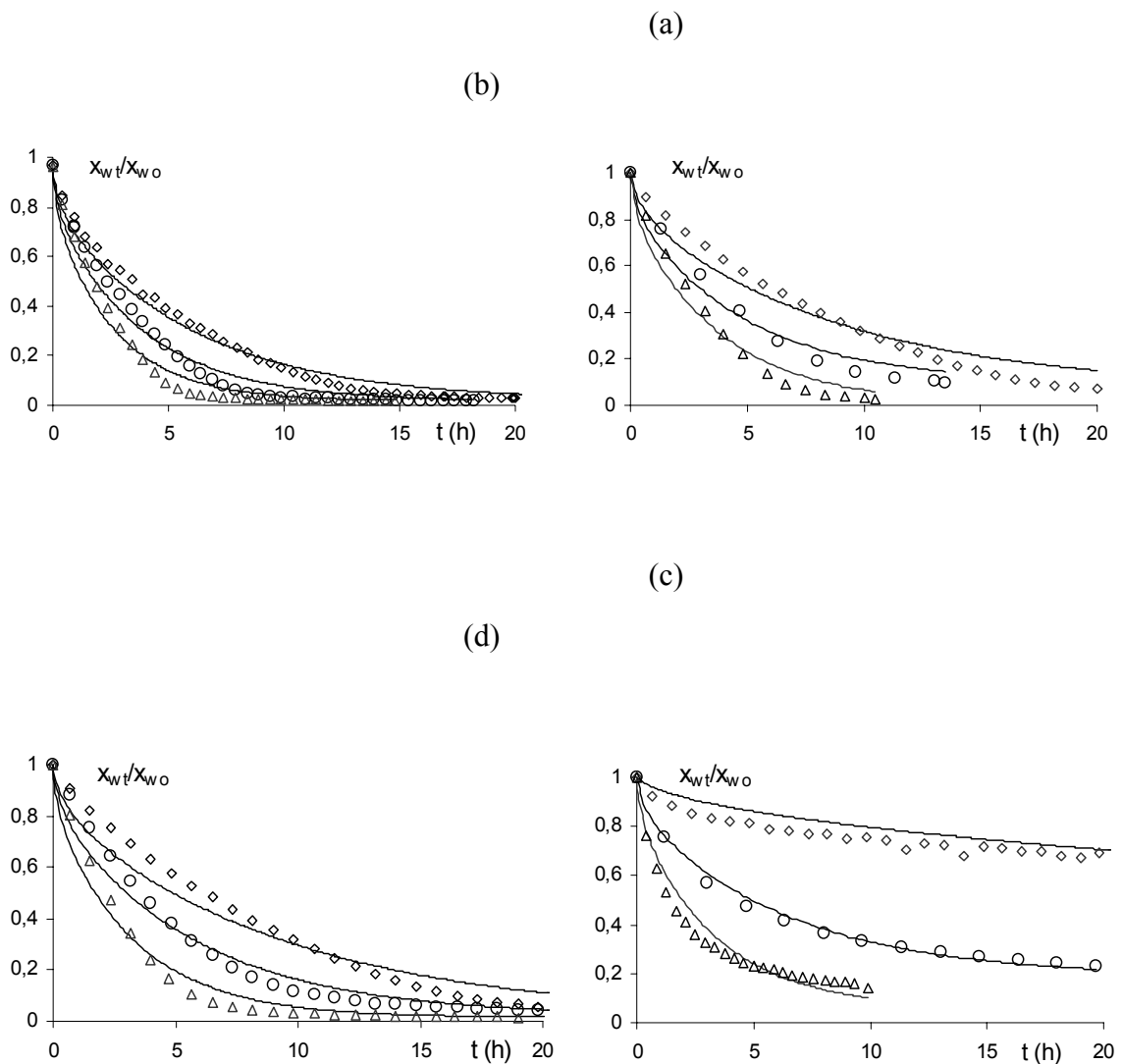


Figura 1. Curvas de secado experimentales (puntos) y predichas (líneas continuas) a las diferentes temperaturas (■ 45°C • 55°C ▲ 65°C) para: (a) muestras no tratadas (b)

muestra DO durante 0,5 horas (c) muestras DO durante 3 horas (d) muestras DO durante 48 horas.

Como puede observarse en la Figura 2, las curvas de velocidad de secado muestran en todos los casos una forma sigmoideal, excepto en las muestras deshidratadas durante 48 h. Estas muestran un único periodo de la velocidad constante y no dos periodos de secado como ocurre en los otros casos y de acuerdo a lo descrito en otras frutas frescas (Lewicki y Lenart, 1997,; Simal et al., 1997). En el primer período, la velocidad de secado disminuye lentamente hasta alcanzar una meseta con un valor prácticamente constante, y en el segundo período, la velocidad de secado disminuye rápidamente a partir de un contenido crítico de humedad. La falta de estabilidad de la velocidad de secado en el primer período, refleja que el proceso de difusión controla el transporte de agua en la interfase de la muestra, donde la fuerza impulsora está disminuyendo progresivamente a medida que se reduce la actividad de agua en las partes externas del tejido. Para un valor determinado del contenido en humedad, cuando un gran número de capas de células del tejido ha perdido una cantidad considerable de agua, las capas de células secas ofrecen una mayor resistencia a la difusión del agua a través de la interfase y la velocidad de secado se reduce rápidamente.

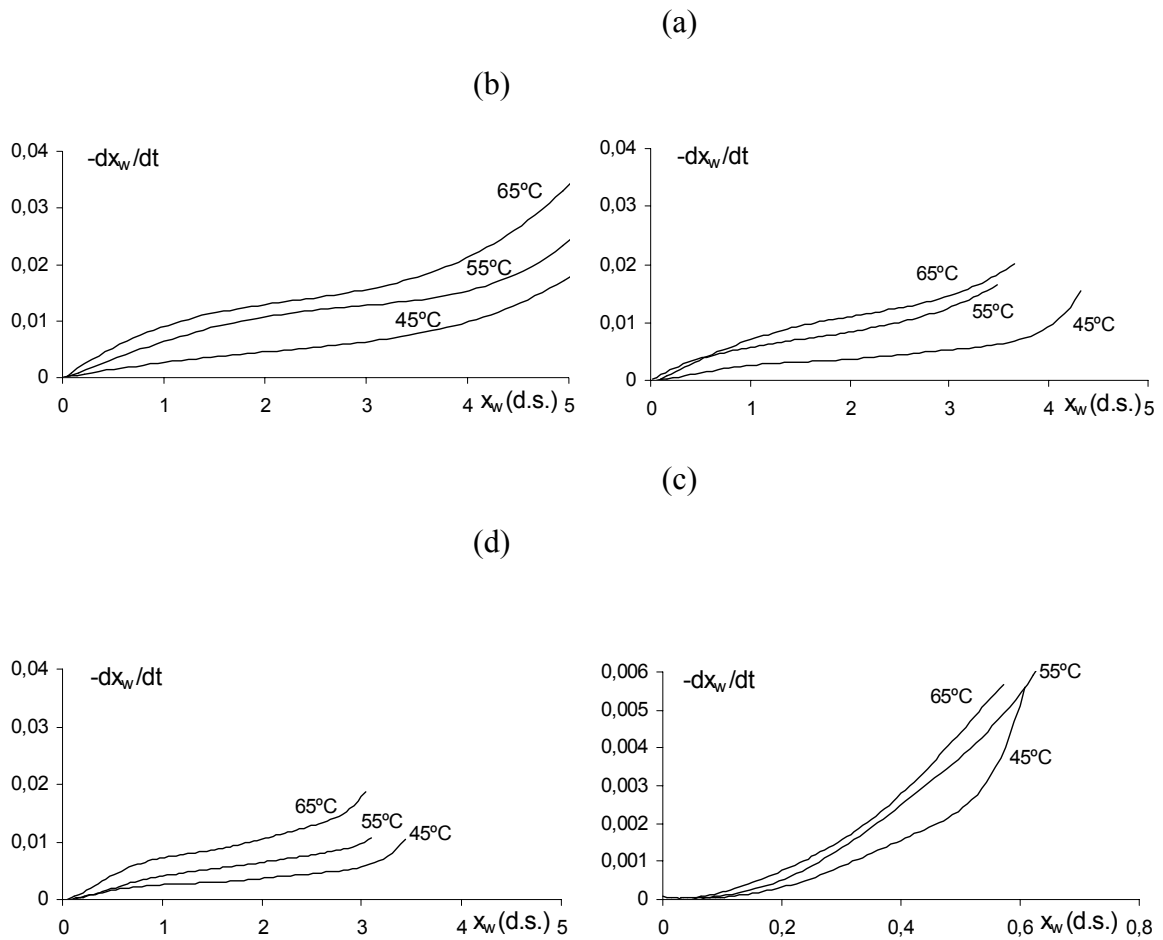


Figura 2. Curvas de velocidad de secado en función del contenido de humedad del producto a las diferentes temperaturas para muestras frescas (a) y para muestras pretratadas osmóticamente durante 0,5 h (b), 3 h (c) y 48 h (d).

En las muestras pretratadas, donde el rango de humedades alcanzadas tras el proceso es pequeño, no son tan marcados los dos períodos de la curva. En el caso del rango más pequeño de humedades el primer período de la curva llega a desaparecer.

La velocidad de secado disminuyó al aplicar pretratamientos de DO, como han descrito otros autores (Lewicki y Lenart, 1997, Lazarides et al., 1999). Esto puede explicarse por la presencia de una capa superficial de células colapsadas por efecto del tratamiento osmótico en la muestra, que contribuirá a aumentar la resistencia al transporte de masa cerca de la interfase en todos los experimentos de secado por aire

caliente. Esta resistencia también puede verse afectada por la entrada de solutos durante el pretratamiento osmótico, principalmente en los espacios intercelulares (Lenart y Cerkowniak, 1996) La reducción de la fuerza impulsora, debido al pretratamiento, contribuirá en la disminución de la velocidad de transporte del agua. Todos estos efectos son más notables a mayores tiempos de DO. Así, el tratamiento de DO durante 48 horas supone las mayores diferencias en el comportamiento al secado por aire caliente. En este caso se obtuvieron los niveles de mayor deshidratación, y de ganancia de solutos y encogimiento de las muestras. El gran cambio estructural que provocan todos estos efectos da lugar a una velocidad de secado por debajo de 0.005 kg /kg b.s., que es mucho menor que en los otros tratamientos.

Cinética de secado

Se calcularon los coeficientes de difusión aparente del agua aplicando la ecuación 2, para los diferentes tratamientos y a cada temperatura de secado. La Tabla 2 muestra los valores de D_e obtenidos, que oscilan entre $6.5 \cdot 10^{-12}$ y $5.8 \cdot 10^{-10}$ m²/s. Estos valores aumentan con la temperatura y disminuyen al aumentar el tiempo del proceso osmótico. Hay que tener en cuenta el sentido empírico de los parámetros de D_e obtenidos, ya que las muestras de DO no poseían una distribución inicial del agua homogénea al principio del proceso de secado, y por tanto no se cumple una de las condiciones de integración de la ley de Fick. No obstante, estos parámetros permiten estimar las diferencias en las propiedades de transporte de agua de las muestras de pera debido al pretratamiento osmótico y el asociado con los cambios estructurales y de composición.

Tabla 2. Valores de los coeficientes de difusión del agua ($D_e \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$) obtenidos para cada una de las temperaturas de los tratamientos de secado.

| T (°C) | No tratada | DO _{0,5h} | DO _{3h} | DO _{48h} |
|--------|------------|--------------------|------------------|-------------------|
| 45 | 2,2 | 1,5 | 1,54 | 0,065 |
| 55 | 4,1 | 2,9 | 2,1 | 0,73 |
| 65 | 5,8 | 3,7 | 3,4 | 0,91 |

Los valores de D_e obtenidos en pera sin tratamientos osmótico fueron del mismo orden que los obtenidos por Zogzas et al. (1996) en pera ($9.6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ a los 65°C) y para otras frutas similares como rodajas de manzana seca en condiciones de secado similares (Simal et al., 1997). También fueron similares a los obtenidos en cubos de pera fresca y tratada osmóticamente por Park et al. (2003), aunque para la misma velocidad del aire de secado, el efecto del tratamiento osmótico fue diferente lo que podría estar relacionado con la diferente geometría y superficie específica de la muestra.

Se encontró una relación lineal entre los valores D_e y la inversa de los sólidos solubles de las muestras, tal y como se muestra en la Figura 3, para cada temperatura. Los valores de D_e de las muestras osmodeshidratadas disminuye alrededor del 30% cuando se emplean tiempos cortos de pretratamiento osmótico, encontrándose valores bastante similares en las muestras deshidratadas osmóticamente durante 0.5 y 3 horas. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Simal et al. (1997) en manzana secada por aire caliente aplicando deshidratación osmótica durante los mismos tiempos. El ligero aumento del tiempo del proceso no provoca, aparentemente, diferencias estructurales en el tejido de la planta que afecten a sus propiedades de transporte de materia.

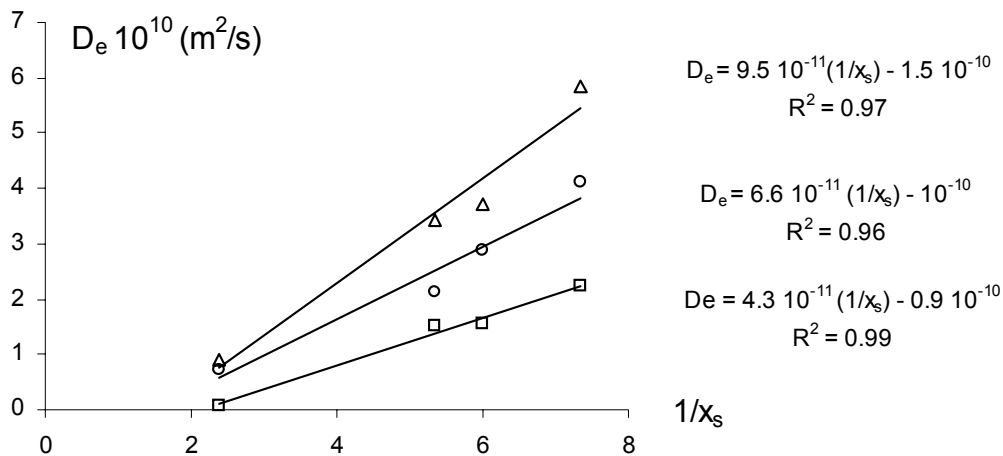


Figura 3. Difusividad efectiva (D_e) vs. Inversa del contenido de sólidos de las muestras ($1/x_s$) a las diferentes temperaturas (■ 45°C ● 55°C ▲ 65°C).

Sin embargo, las muestras deshidratada osmóticamente durante tiempos largos (48 horas) mostraron valores mucho más bajos de D_e , con disminuciones de alrededor del 82-97% con respecto a las muestras no pretratadas. Los profundos cambios en la estructura celular del tejido que ocurren durante los procesos largos de osmo-deshidratación (Barat et al. 1999) serán uno de los principales factores responsables del cambio brusco en las propiedades de transporte de masa del tejido. Otra contribución importante a la reducción de la velocidad de transporte de masa es el gran aumento en la viscosidad de la fase líquida de la fruta durante la pre-concentración osmótica de la muestra.

A partir de los valores de D_e , se calculó el contenido en agua de las muestra a cada tiempo del proceso de secado, utilizando la ecuación 2. La Figura 1 muestra las curvas de secado experimentales y predichas en función del tiempo, representadas como la disminución del contenido de agua respecto a la humedad de las muestras (base seca) al principio del proceso de secado (x_{wt}/x_{wo}). Desde un punto de vista práctico, se necesitan mayores temperaturas para alcanzar velocidades de secado relativamente altas, sobre todo cuando se aplican pretratamientos osmóticos durante tiempos largos de procesado.

Influencia de la temperatura

La influencia de la temperatura en los valores de D_e se modelizó a través de la ec. (2) de Arrhenius. La Figura 4 refleja el modelo ajustado para los diferentes pretratamientos de las muestras. Como puede observarse, la pendiente de la línea ajustada fue muy similar para los tratamientos DO 0.5h y DO 3h, por lo que se obtuvo una misma energía de activación (E_a). Estos valores fueron de 43 y 38 kJ/mol para las muestras no pretratadas y pretratadas a tiempos cortos, respectivamente (los valores de R^2 eran 0.981 y 0.929 respectivamente). Estos valores son similares a los encontrados por otros autores en manzana y pera var. Barlett no pretratada (Park et al., 2001), pera var. Anjou con y sin tratamiento osmótico durante 120 min (Park et al., 2003), y en muestras de manzana pretratadas osmóticamente durante 3 h (Simal et al., 1997).

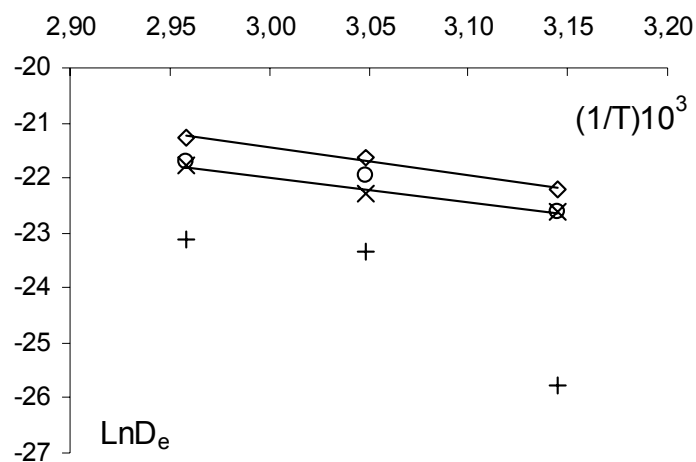


Figura 4. Relación de Arrhenius entre el coeficiente de difusión de agua aparente y la inversa de la temperatura $(1/T)$ para muestras no pretratadas (-) y pretratadas osmóticamente durante 0,5 h (o), 3 h (x) y 48 h (+).

En las muestras DO durante 48 h, la influencia de la temperatura en los coeficientes de D_e se desvía de la marcada por el modelo de Arrhenius. La pendiente es similar entre los tratamientos de 55 y 65°C, pero la D_e a 45°C disminuye mucho más de lo esperado. Esto podría estar relacionado con un efecto de la viscosidad en la fase líquida

concentrada de la fruta, ya que en los sistemas muy concentrados, la viscosidad es mucho más sensible a la temperatura (Rao, 1977; Muller, 1997).

Se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple para encontrar un modelo empírico que relacionara el coeficiente de difusión de agua en función de temperatura y el contenido inicial de sólido solubles de las muestras. En el análisis de la regresión fue considerado el inverso de ambas variables y el producto de éstas. La ecuación 3 refleja el resultado del ajuste del modelo que explica el 97.5% de la variabilidad de los valores de D_e . En el modelo obtenido sólo la inversa del contenido en sólidos (x_s) y el producto de la inversa de los sólidos y la temperatura (K) fue significativo ($p < 0.01$). La Figura 5 muestra los valores de D_e experimentales vs. los predichos, utilizando la ecuación 3, donde se puede observar la bondad del ajuste. La buena predicción conseguida con esta ecuación hace que pueda ser de utilidad para determinaciones prácticas.

$$D_{we} \cdot (10^{10}) = -1.1459 + 7,537 \frac{1}{X_s} - 2248.4 \frac{1}{X_s} \cdot \frac{1}{T}$$

(3)

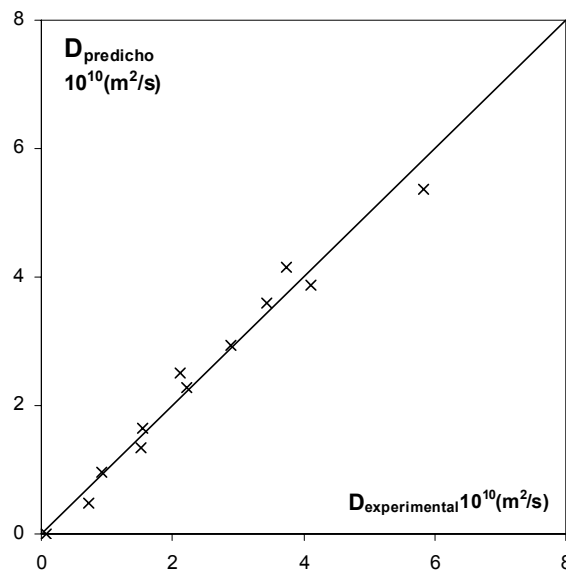


Figura 5. Valores experimentales de D_e vs. Valores predichos de D_e (utilizando la ec. 3) para todas las experiencias.

Rendimiento del proceso

En la Tabla 3 se ha calculado el rendimiento del proceso de secado para muestras con un 40% de humedad (base húmeda) y los tiempos de secado empleados para cada una de las fases del secado (DO + aire caliente (A)) para cada tratamiento, utilizando la ecuación 1 y de los valores de D_e obtenidos (Tabla 2). El rendimiento se ha expresado como las pérdidas totales de masa alcanzadas durante las etapas de tratamiento osmótico y de secado.

Tabla 3. Tiempo total de secado y variación de masa durante la DO y el proceso de secado por aire para los diferentes tratamientos.

| Temperatura | No Tratada | | DO 0.5 h | | DO 3 h | | DO 48 h | |
|-------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | t_{DO+t_A} (h) | ΔM (%) | t_{DO+t_A} (h) | ΔM (%) | t_{DO+t_A} (h) | ΔM (%) | $t_{DO+t_{Ae}}$ (h) | ΔM (%) |
| 45°C | 0+13,5 | 75,8 | 0,5+16,9 | 72,0 | 3+15,4 | 69,5 | 48+5,5 | 23,7 |
| 55°C | 0+7,3 | 74,9 | 0,5+ 9 | 67,0 | 3+11,2 | 70,0 | 48+0,5 | 20,2 |
| 65°C | 0+5,1 | 76,1 | 0,5+ 7 | 73,7 | 3+ 6,9 | 70,9 | 48+0,4 | 25,0 |

El tiempo total de secado (tiempo de DO + tiempo de secado por aire) aumenta en los tratamientos combinados a pesar de la disminución del tiempo de secado por aire al aplicar largos pretratamientos osmóticos: cuanto más largo es el pretratamiento, mayor es el tiempo total de secado. Por otra parte, los pretratamientos osmóticos suponen un aumento en el rendimiento del proceso, ya que la pérdida de peso fue menor en todos los casos. Este efecto es especialmente notable en el pretratamiento osmótico más largo debido a la gran ganancia de azúcar.

CONCLUSIONES

El secado de rodajas de pera con y sin pretratamientos osmóticos pueden ser modelizados mediante la ecuación de Fick.

Los pretratamientos osmóticos provocan una reducción en el coeficiente de difusión del agua; mayor en los pretratamientos osmóticos más largos. Se encontró una relación significativa entre la D_e y la inversa del contenido inicial de solutos de las muestras.

El tiempo total de secado aumentó al aplicar pretratamientos osmóticos en las muestras, pero el rendimiento del proceso, en términos de pérdida de peso de las muestras, aumentó. Estos efectos fueron más marcados en los pretratamientos osmóticos más largos.

NOMENCLATURA

- D_e Coeficiente de difusividad eficaz (m^2/s)
- D_0 Factor pre-exponencial de la ecuación de Arrhenius (m^2/s)
- E_a Energía de activación (kJ /mol)
- l Espesor promedio de la rodaja (m)
- R Constante de los gases (8.314 J/mol k)
- T Temperatura de secado ($^{\circ}C$)
- t Tiempo
- X_{wo} Humedad inicial del producto (kg / kg materia seca)
- X_{we} Humedad de equilibrio del producto (kg / kg materia seca)
- X_{wt} Humedad del producto a tiempo t (kg / kg materia seca)
- X Distancia al centro de la lámina
- Y Humedad reducida (adimensional)
- DO Deshidratación osmotica
- $DO_{0.5h}$ Deshidratación osmotica durante 0.5 horas
- DO_{3h} Deshidratación osmotica durante 3 horas

DO_{48h} Deshidratación osmótica durante 48 horas

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, C.A., Aguerre, R., Gomez, R., Vidales, S. Alzamora, S.M., Gerschenson, L.N. (1995). Air dehydration of strawberries: effects of blanching and osmotic pretreatments on the kinetics of moisture transport. *Journal of Food Engineering*, 25, 167-178.
- Alzamora-SM, Tapia-MS, Welti-Chanes-J. (1998). New strategies for minimally processed foods. The role of multitarget preservation. *Food Science and Technology International*, 4 (5) 353-361.
- AOAC (1990) Official Method of Analysis the Association of Official Analytical Chemists, n° 934-06.
- Barat, J.M., Chiralt, A., Fito, P. (1998). Equilibrium in cellular food osmotic solution systems as related to structure. *Journal of Food Science*, 63, 836-840.
- Barat, J.M., Albors, A., Chiralt, A., Fito, P. (1999). Equilibration of apple tissue in osmotic dehydration: microestructural changes. *Drying Technology*, 17, (7&8), 1375-1386.
- Crank, J. (1975). The mathematics of diffusion (2nd ed.), Clarendon Press: Oxford.
- Flink, J.M. (1980). Dehydrated carrot slices: influence of osmotic concentration on drying behaviour and product quality. En: *Food Process Engineering*, (1). P. Linko et al. (Eds.), Academic Press, London.
- Grabowski, S., Mujumdar, A.S. (1992). Solar assisted osmotic dehydration. En: *Drying of solids*, A.S. Mujumdar (Ed.). Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New York.
- Islam, M.N., Flink, J.N. (1982). Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. *Journal of Food Technology*, 17, 387-403.
- Jayaraman, K.S., Gupta, D.K. (1992). Dehydration of fruits and vegetables: recent developments in principles and techniques. *Drying Technol*, 10(1),1-50.

- Karathanos, V.T., Vilabolos ,G., Saravacos ,G.D. (1990). Comparison of two methods of estimation of the effective moisture diffusivity from drying data. *J.Food .Sci*, 55(1), 218-231.
- Karathanos, V.T., Kostaropuoplos, A.E., Saravacos, G.D. (1990). Air-drying of osmotically dehydrated fruits. *Drying Technology*, 13 (5-7),1503-1521.
- Kim, M.A. and Toledo, R.T. (1987). Effect of osmotic dehydration and high temperature fluidized bed drying on properties of dehydrated rabbiteye blueberries. *Journal of Food Science*, 52, 980-989.
- Lazarides, H.N., Fito, P., Chiralt, A., Gekas, V., Lenart, A. (1999). Advances in osmotic dehydration. En: *Processing Foods. Quality optimization and Process assesment*. Fernanda A.R. Oliveira and Jorge C. Oliveira (Eds.), CRC Press.
- Lenart, A., Lewicki, P.P. (1998). Osmotic preconcentration of accrot tissue followed by convection drying. En: *Preconcentration and Drying of food Material*, S. Bruin (Ed.), Elsevier, Amsterdam.
- Lenart, A. (1994). Osmotic dehydration of fruits before drying. En: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization*. R.P. Singh, F.A.R. Oliveira (Eds.), CRC Press, London, 87-105.
- Lenart, A., Cerkowniak, M. (1996). Kinetics of convection drying of osmodehydrated apples. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 5/46 (2), 73-82.
- Levi, A, Ramirez-Martinez, J.R., Padua H. (1980). The influence of heat and sulphur dioxide treatments on some quality characteristics of intermediate moisture banane. *Journal of Food Technology*, 15, 557-566.
- Lewicki, P., Lenart, A. (1997). Effect of osmotic pre-treatment on convection drying of selected fruits. En: *Osmotic treatments for the food industry*. A. Sereno (Ed.), FEUP edicoes. Porto. 29-40.
- Maroulis, ZB, Saravacos, GD, Panagiotou, NM., Krokida, MK. (2001). Moisture diffusivity data compilation for foodstuffs: effect of material moisture content and temperature. *International Journal of food properties*, 4 (2), 225-237.

- Mazza, G. (1983). Dehydration of carrots. Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. *Journal of Food Technology*, 18, 113-123.
- Muller, H.G. (1997). Introducción a la reología de los alimentos. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Nieto, A., Salvatori, D., Castro, M.A., Alzamora, S.M. (1998). Air drying behaviour of apples as affected by blanching and glucose impregnation. *Journal of Food Engineering*, 36, 63-79.
- Nijhuis, H.H, Torringa, H.M, Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C., Kloek, W. (1998). Approaches to improving the quality of dried fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 13-20.
- Park, KJ., Yado, MKM., Brod, FPR. (2001). Drying studies of sliced pear Barlett (Pyrus sp.). *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 21(3), 288-292.
- Park, KJ.; Bin, A.; Brod, FPR. (2003). Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 56: 97-103.
- Rao, M.A. (1977). Rheology of liquids foods. A review. *Journal of Food Texture Studies*, 8, 135-168.
- Rossen, J.L., Hayakawa, K.I. (1977). Simultaneous heat and moisture transfer in dehydrated food: a review of theoretical methods. *AIChE Symp.Ser.*, 73 (163), 71-81
- Simal, E., Deyá, M., Frau & Rodelló, C. (1997). Simple modelling of air curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apples cubes. *Journal of Food Engineering*, 33, 139-150.
- Telis V.R.N., Murari R.C.B.D.L. Carrizo J.M., Telis-Romero J. (2001). Air –drying kinetics of osmotically pre-treated tomato. (2001). En: *Ingeniería de Alimentos: nuevas fronteras en el siglo XXI*. P. Fito, A. Mulet, A. Chiralt, A. Andrés. (Eds.), SPUPV, Valencia, España.
- Torregiani, D., Toledo, R.T. (1991). Simultaneous puffing and dehydration of osmotically pre-treated apples cubes in a high temperature fluidized bed (HTFB) dried. En: *Drying 91*,. A.S. Mujumdar, I. Filkov. (Eds.) Elsevier, London.

- Vaccarezza, L.M, Lombardi, J.L., Chirife, J. (1974). Kinetics of moisture movement during air drying of sugar beet root. *Journal of Food Technology*, 9, 317-327.
- Uddin, M.S., Hawlader, N.A. (1990). Evaluation of drying characteristics of pineapple in the production of pineapple powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14, 375-391.
- Vegas A., Cortell L., Andrés A., Fito P. (2001). Deshidratación osmótica como pre-tratamiento al secado por aire caliente de cubos de pimiento. En: *Ingeniería de Alimentos: nuevas fronteras en el siglo XXI*. P. Fito, A. Mulet, A. Chiralt, A. Andrés. (Eds.), SPUPV, Valencia, España.
- Wang, N., Brennan, J.G. (1995). A mathematical model of simultaneous heat and moisture transfer during drying of potato. *Journal of Food Engineering*, 24, 47-60.
- Yao, Z., Le Maguer. (1994). M Finite element modelling of osmotic dehydration processes. *Food Research. International*, 27, 211-212.
- Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris,D. (1996). Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. *Drying Technology*, 14 (10), 2225-2253.

**CAPITULO III: Isotermas de sorción y transición vítrea en pera:
efecto plastificante el agua sobre las propiedades mecánicas**

RESUMEN

Con el objetivo de optimizar las condiciones de secado y la calidad final y estabilidad de los productos secos, es importante conocer las isotermas de sorción y el efecto plastificante del agua, pues determinan en gran medida la textura del producto y el progreso de las reacciones deteriorativas durante su almacenamiento a una temperatura dada. En este trabajo se han obtenido las isotermas de sorción, las temperaturas de transición vítrea (T_g) y las propiedades mecánicas de muestras de pera con diferente contenido en humedad. Los experimentos se realizaron a 30°C y las curvas de desorción y adsorción se obtuvieron utilizando muestras secadas con aire caliente y muestras liofilizadas, respectivamente. Las temperaturas de transición vítrea se analizaron en muestras liofilizadas equilibradas a diferentes humedades por medio de la técnica de DSC. Para analizar los datos experimentales se utilizó el modelo de GAB y la ecuación de Gordon y Taylor, para modelizar la disminución de las temperaturas de transición (T_g) en función del contenido en humedad. Las propiedades mecánicas de las muestras se evaluaron a partir de un test de punción a través de la fuerza máxima de la curva fuerza-distancia (F_{max}) y el cociente F_{max}/d .

Los resultados obtenidos muestran que las diferentes fases de la muestra (fase soluble acuosa y la fase insoluble) contribuyen en diferente medida a mantener la calidad del producto, en función del contenido en humedad del mismo. A niveles de humedad mayores del 2%, la plastificación de la fase soluble acuosa puede promover tanto la cristalización como otros procesos deteriorativos. Sin embargo, no se han detectado cambios relevantes en la textura del producto (respuesta mecánica) hasta niveles de humedad del 12%, como consecuencia de la mayor contribución de la matriz insoluble del producto, menos plastificable por el agua, en las propiedades mecánicas.

INTRODUCCION

La producción de pera var. Blanquilla en España es del orden de 252.000 toneladas al año (año 2001), cuya producción se concentra principalmente en los meses de verano. Uno de los problemas de su comercialización es su relativamente alta estacionalidad, que hace que se busquen métodos para mejorar la disponibilidad de esta fruta a lo largo de todo el año. La reducción de su contenido en agua es una alternativa interesante para alargar la vida comercial del producto, como ocurre en otras frutas (Crapiste, 2000; Nieto y col., 1998). En este sentido, la fruta puede ser procesada para ser consumida como un producto seco (tipo snack o en polvo) o como ingrediente de humedad intermedia en platos preparados (en pastelería, por ejemplo).

Las isotermas de sorción, que representan la relación establecida entre la actividad de agua y la humedad de equilibrio de las muestras a una temperatura dada, permiten caracterizar el estado del agua en los alimentos. Dicha información tiene un interés primordial, ya que define el estadio final de un proceso de secado, y se utiliza para predecir la estabilidad del producto y los cambios que puede sufrir durante su envasado y almacenamiento (Mascan y Gögüs, 1998).

La actividad de agua se relaciona comúnmente con la estabilidad del producto, asumiendo un equilibrio termodinámico interno en el producto, que a su vez también está en equilibrio con la atmósfera que le rodea, sin tener en cuenta los aspectos cinéticos. Sin embargo, el estado de equilibrio puede no ser alcanzado en sistemas complejos, como son los productos secos o con humedad intermedia (Goff, 1992). Algunas de las reacciones de deterioro pueden tener lugar antes de alcanzar dicho estado de equilibrio, dependiendo de la movilidad molecular del sistema (Moraga y col., 2004). Roos y Karel (1991a) mostraron que algunas reacciones deteriorativas limitadas por procesos de difusión, están controladas por el estado físico de la fase líquida en la vecindad de su temperatura de transición vítrea.

Las estructuras amorfas o parcialmente amorfas se pueden formar en diferentes tipos de procesos como son horneado, concentración, liofilización, secado y extrusión, siempre y cuando se emplee un tiempo suficientemente corto para eliminación o congelación del agua. Los materiales amorfos existen en un estado de no equilibrio y exhiben cambios dependientes del tiempo, a medida que se aproximan al estado de equilibrio (Roos y col., 1996). El estado físico de la fase amorfa de los materiales

puede pasar de un estado vítreo a uno gomoso cuando se alcanza la temperatura de transición vítrea (T_g). La transición vítrea en materiales amorfos tiene lugar en un intervalo de temperaturas, aunque normalmente sólo se habla de una única temperatura de transición, que hace referencia al punto medio de dicho intervalo. Como la T_g es dependiente del contenido en agua de producto, el cambio de gomoso a vítreo puede tener también lugar como consecuencia de una disminución del contenido en humedad del producto durante su procesado y almacenamiento.

La movilidad molecular y las propiedades fisicoquímicas del producto cambian dramáticamente por encima del intervalo de temperaturas de transición vítrea. Estos cambios afectan a las propiedades mecánicas y a la difusión de componentes. Los cambios asociados a las propiedades mecánicas incluyen diversos fenómenos de colapso, dando lugar a cambios en la estructura o a flujos viscosos y causando la pegajosidad, aglomeramiento en polvos y la pérdida del carácter crujiente en productos con baja humedad (Roos y col., 1996).

Los cambios asociados a la difusión de componentes incluyen la cristalización de azúcares amorfos, liberación de aromas, oxidación de lípidos encapsulados y, reacciones enzimáticas y pardeamiento no enzimático, entre otros (Levine y Slade, 1988).

El carácter crujiente es esencial en la calidad de algunos alimentos tipo cereales de desayuno y snacks. Esta característica está afectada principalmente por el contenido en agua y se puede perder como consecuencia de la plastificación de la estructura física por efecto del agua o la temperatura (Katz y Labuza, 1981, Kärki y col., 1994). Existe para cada producto, una actividad de agua crítica por encima de la cual se pierde el carácter crujiente, siendo este valor característico de cada producto. Normalmente está dentro del intervalo de $a_w \approx 0.35$ a 0.5 (Katz y Labuza, 1981, Hsieh y col., 1990). Cuando la actividad de a_w o el contenido en agua crítico del producto se supera, el carácter crujiente se pierde, ya que la T_g del producto disminuye por debajo de la temperatura ambiente o de almacenamiento.

Roos (1987) estableció una relación lineal entre a_w y la T_g . Esta linealidad se define en un intervalo de a_w de 0.1 a 0.8 , ya que la relación en todo el rango de a_w es de tipo sigmoideal (Roos y Karel, 1991c, Roos, 1993). Esta relación T_g - a_w proporciona un método simple de predicción de los efectos de la humedad relativa sobre la T_g durante el almacenamiento, a una temperatura dada. Esta predicción es muy útil en la evaluación

de la estabilidad de alimentos bajos en humedad (polvos, snacks, cereales de desayuno...).

Los diagramas de estado, que muestran la relación entre el contenido en agua del producto y su estado físico en función de la temperatura, junto con las isothermas de sorción son también herramientas muy útiles en la optimización de procesos y formulación de alimentos, para establecer las variables de procesado y las condiciones de envasado y almacenamiento. Desafortunadamente, los efectos combinados de la transición vítrea, contenido en agua y temperatura en las cinéticas de reacciones químicas y de deterioración no están bien establecidas (Slade y Levine, 1991, Nelson y Labuza, 1994). Existen más de 200 ecuaciones propuestas para modelizar el contenido de humedad de equilibrio del producto a una temperatura dada, que difieren en su carácter empírico o teórico y en el número de parámetros empleados. Entre las más frecuentes en la literatura para frutas y hortalizas es el modelo de GAB, que normalmente cubre todo el intervalo de a_w . Para modelizar el efecto plastificante del agua, Roos (1993) propuso el modelo de Gordon y Taylor.

El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre la actividad de agua-contenido en humedad-transición vítrea-propiedades mecánicas para pera en un nivel de humedades bajo a intermedio. Para la consecución de este objetivo, se realizaron experimentos de adsorción y desorción en muestras secadas ligeramente con aire caliente hasta diferentes contenidos de humedad y en muestras liofilizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material prima y preparación de las muestras.

Se utilizo pera *var* Blanquilla compradas en un mercado local , seleccionadas intentando conseguir una uniformidad en tamaño y grado de madurez.

Para las isothermas de adsorción, cubos de pera (10 x 10 mm) fueron congelados a -40°C y liofilizados (Telstarr Lioalfa-6 lyophiliser) a 10^{-2}Pa . Las muestras liofilizadas fueron colocadas en cámaras de HR controlada hasta su equilibrado.

Las isothermas de desorción se obtuvieron en rodajas de pera con piel (con aproximadamente. 8 cm de diámetro y 10 mm de espesor) parcialmente deshidratadas con aire caliente. El secado por aire se llevó a cabo en un equipo de laboratorio, a una temperatura de 45°C (38-53% de H.R.), y una velocidad de aire de 2.2 m/s. Durante el

secado se siguió el peso de las muestras mediante una balanza digital de 0,001 g de precisión, conectada a un ordenador para la adquisición de datos en tiempo real.. Después del tratamiento de secado, las muestras fueron trasladadas a las cámaras a la temperatura 4°C hasta que alcanzaron el equilibrio. Todas las experiencias se realizaron por triplicado.

Isotermas

La metodología seguida fue la propuesta en el proyecto COST 90. La muestra se dejó equilibrar en un recipiente de vidrio cerrado herméticamente a 30 °C, el cual contenía una disolución saturada de sal de actividad de agua conocida. Las sales utilizadas en la obtención de las isotermas se muestran en la Tabla 2.1. A partir de ese momento se controló el peso de la muestra cada 10 días, hasta alcanzar el equilibrio. El estado de equilibrio se determinó cuando se llegó a peso constante ($\Delta P < \pm 0.0005\text{g}$). Una vez alcanzado el equilibrio se determinó la humedad de la muestra siguiendo la metodología de la AOAC.

Tabla 2.1. Humedad relativa de las sales saturadas utilizadas en la obtención de las isotermas a 30 °C.

| Sal | HR (%) a 30° C |
|-------------------------|-------------------|
| Cloruro de Litio | 11,28 |
| Potasio Acetato de | 21,61 |
| Magnesio Cloruro de | 32,44 |
| Potasio Carbonato de | 43,17 |
| Magnesio Nitrato de | 51,40 |
| Sodio Bromuro de | 56,03 |

| | | |
|---------|----|-------|
| Ioduro | de | 67,89 |
| Potasio | | |
| Cloruro | de | 75,09 |
| Sodio | | |
| Cloruro | de | 83,62 |
| Potasio | | |

En las muestras equilibradas se determinaron posteriormente, la humedad, la actividad de agua y la temperatura de transición vítrea, tras permanecer en bolsas herméticamente cerrada durante 24 horas.

Análisis fisicoquímicos

Determinación de humedad y sólidos solubles.

El contenido en humedad se determinó por secado de las muestras en estufa de vacío a 60°C hasta peso constante (método 20.013, AOAC, 1980), utilizando una balanza analítica METTLER modelo AE 100 (sensibilidad 0.0001g).

Los sólidos solubles se determinaron por refractometría (ABBE ATAGO 89553 de Zeiss) a 20°C en muestras previamente trituradas y centrifugadas.

Todos las determinaciones se realizaron por triplicado.

Determinación de la actividad del agua

El equipo empleado fue un higrómetro de punto de rocío marca Decagon Cx-3 (Aqualab) con sensibilidad de 0.001. El equipo fue calibrado previamente con soluciones salinas saturadas. Las muestras trituradas y homogeneizadas se colocaron en el porta muestra y la actividad del agua se determinó por triplicado en cada muestra por lectura directa a 25-30°C.

Propiedades mecánicas

El análisis de las propiedades mecánicas de las muestras con diferente contenido de humedad se realizó mediante ensayos de punción, empleando una prensa de ensayos mecánicos Stable Micro Systems modelo Texturer Analyser XT2. El ensayo se realizó con un punzón cilíndrico de 2,0 mm de diámetro a una velocidad constante de 1.5

mm/s. La muestra fue colocada sobre un base perforada y se deformó hasta ser totalmente atravesada por el punzón . El ensayo se realizo por quintuplicado.

Análisis calorimétrico.

Se realizaron análisis calorimétricos para determinar la temperatura de transición vítrea de las muestras liofilizadas equilibradas en las cámaras de HR controlada. Para ello se utilizó un calorímetro diferencial de barrido (DSC) (Seiko Instruments modelo DSC52000CO, Chiba , Japan), con una unidad de control automático de temperatura. Alrededor de 10 mg de muestra se colocaron en cápsulas de aluminio selladas dentro de la cámara calorimétrica, junto con otra cápsula con un material de referencia (aire). Los ensayos se realizaron por triplicado, empleando un barrido de temperaturas entre -100 y 80°C y una velocidad de calentamiento de 5°C/min.

El contenido en humedad de cada muestra fue confirmado secando las muestras en las cápsulas (previamente agujereadas) en una estufa a vacío a $60 \pm 1^\circ\text{C}$ a 100 mm Hg de presión hasta peso constante.

RESULTADOS

Isotermas

La figura 1 muestra el contenido en humedad de equilibrio (en base seca) a cada actividad de agua (a_w) para los experimentos de desorción, obtenidos a partir de muestras secadas por aire caliente, y para los experimentos de adsorción, obtenidos a partir de las muestras liofilizadas. Los datos experimentales se muestran en la tabla III del anexo III. Como se puede observar, ambas isotermas presentan una gran similitud y no presentan el fenómeno de histéresis observado en otras frutas como pasas, grosellas, higos, ciruela, albaricoque (Tsami et al., 1990) y fresa (Moraga et. al, 2004), aunque en otras frutas como uva no ha sido observado (Vázquez, y col., 1999). La histéresis es consecuencia de la mayor retención de agua que se produce en la estructura irregular del producto durante el proceso de desorción, debido a impedimentos estericos del vapor de agua para salir. Por otro lado, la cuantificación de este fenómeno es bastante complicada debido a los numerosos factores que le afectan como pueden ser la temperatura, composición, tiempo en almacenamiento y el número de ciclos de adsorción-desorción al que se ha sometido el producto (Benado y Rizvi, 1985).

Al no existir diferencias importantes entre ambos grupos de datos (adsorción y desorción), todos los puntos experimentales fueron ajustados al modelo de GAB (ecuación 1) hasta una actividad de agua de 0.85, donde w_0 representa el contenido en humedad de la monocapa (g agua/ 10g de sólidos secos), C es la constante de Guggenheim relacionada con el calor de sorción de la monocapa y K es una constante relacionada con el calor de sorción de las multicapas.

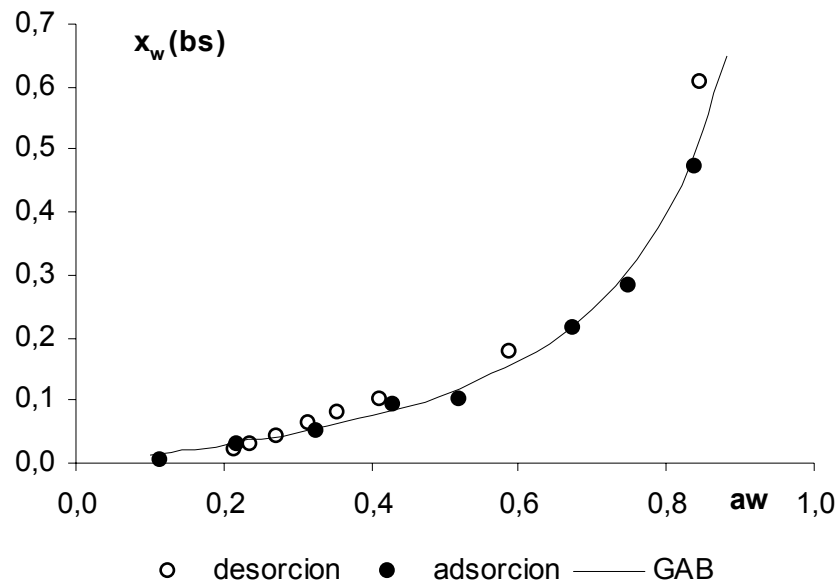


Figura 1. Isotermas de sorción para pera a 30°C. Datos experimentales (puntos) y predichos (línea) con la ecuación de GAB.

$$\frac{a_w}{w_e} = \frac{1}{w_0 \cdot C \cdot K} + \frac{C - 2}{w_0 \cdot C} \cdot a_w + \frac{K(1 - C)}{w_0 \cdot C} \cdot a_w^2 \quad (\text{ec.1})$$

Los valores de las constantes encontrados para este modelo, w_0 , C y K fueron 12.35%, 0.9587 y 0.9558, respectivamente. A partir del valor obtenido de la constante C , podemos clasificar a la isoterma obtenida como de tipo III ($C < 2$), según la clasificación de Brunauer (Brunauer y col., 1940), en concordancia con lo encontrado para otras frutas como moras, uvas, arándanos (Lim y col., 1995, Mascan y Gögüs, 1998, Roos, 1993, Vazquez y col, 1999), aunque frutas tipo manzana, fresa se han clasificado como tipo II (Mascan y Gögüs, 1998, Roos, 1993, Moraga y col., 2004). Se

puede observar el comportamiento típico de alimentos ricos en azúcares: se observa un lento crecimiento en el contenido de humedad de equilibrio a bajos valores de a_w y un aumento pronunciado a valores de a_w intermedios (≈ 0.6), debido a que los efectos de las interacciones soluto-solvente asociados a la disolución de los azúcares prevalecen (Hubinger y col., 1992; Saravacos y col., 1986). Se puede observar en la figura 1, donde se muestra los valores experimentales junto con los valores predichos por el modelo de GAB, la bondad del ajuste obtenido.

En la figura 2 se muestra los termogramas obtenidos mediante la técnica de DSC de las muestras liofilizadas equilibradas con diferentes a_w . Como puede observarse, todos los termogramas presentan una transición vítrea asociada a la fase soluble en estado amorfo con diferente nivel de humedad, que produce un salto en el flujo de calor registrado debido al cambio de la capacidad calorífica de la muestra a la temperatura que ocurre dicha transición. Los sólidos solubles son los principales componentes de la fracción sólida de las frutas, estando en relación a los sólidos insolubles del orden de 10 a 1. Por tanto, la transición vítrea observada debe ser atribuida a estos sólidos homogéneamente distribuidos en la fase líquida inicial de la muestra. En nuestro caso, a temperatura ambiente (25°C) todas las muestras de pera con $a_w \geq 0.112$ están en estado amorfo con T_g menores de 0°C .

Tal y como se observa en la figura 2, la temperatura de transición vítrea va disminuyendo con el aumento en humedad de las muestras, como consecuencia del efecto plastificante del agua.

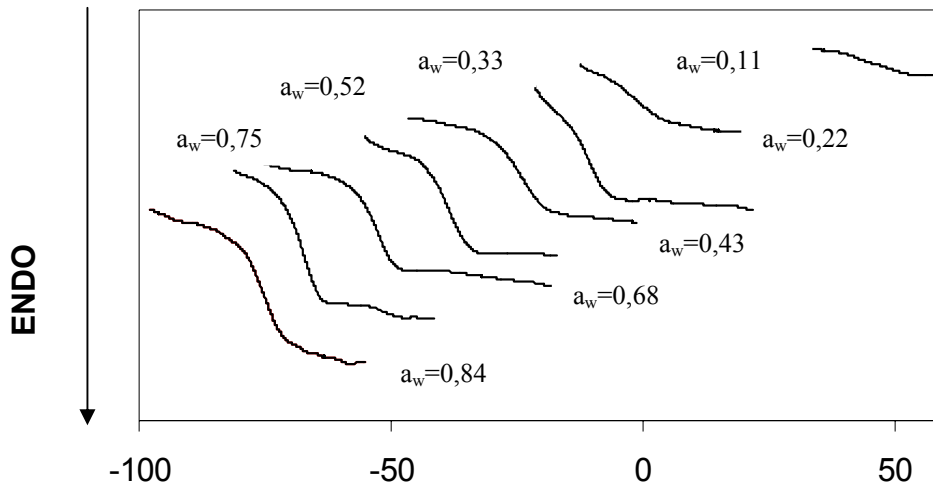


Figura 2. Transiciones vítreas analizadas por DSC en muestras de pera a diferentes niveles de actividad de agua.

No se observó la presencia de endodermos asociados a la fusión de los cristales de hielo en muestras de pera equilibradas con $a_w \leq 0.75$, mostrando la ausencia de agua congelable en este intervalo de humedades. Sin embargo, si que se detectaron en muestras con $a_w = 0.85$. Estos resultados coinciden con trabajos encontrados de diversos autores que ponen de manifiesto que la cristalización del agua en frutas empieza a ser importante a valores de $a_w > 0.80$ (Roos, 1995; Sá y Sereno, 1994; Telis y Sobral, 2001, Welte-Chanes y col., 1999). La Figura 3 muestra la transición vítrea y

el endodermo de cristalización del hielo encontrado para las muestras de pera con $a_w=0.85$.

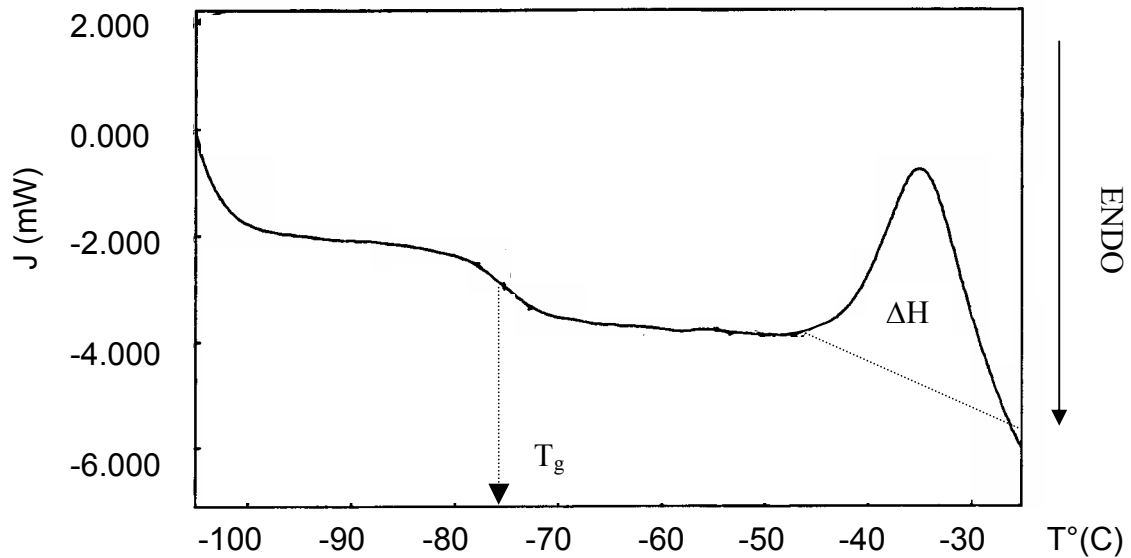


Figura 3. Termograma de muestras de pera con $a_w=0.85$ analizadas por DSC.

Por otro lado, no se detectaron endodermos correspondientes a la recristalización de azúcares, aunque este fenómeno podría estar teniendo lugar a temperaturas mayores que las alcanzadas en el análisis calorimétrico. Puede darse un cambio de estado de los carbohidratos desde un estado amorfo a una estructura cristalina, ya que esta fase soluble amorfa es termodinámicamente metaestable y, por tanto, tendera hacia un estado de equilibrio, como lo es el estado cristalino. Las moléculas de la fase amorfa en estado vítreo no son capaces de cambiar su organización espacial hacia el estado cristalino altamente ordenado, en una escala de tiempo práctica. Cuando la temperatura aumenta por encima de la transición vítrea, la movilidad molecular aumenta, permitiendo la cristalización de azúcares en alimentos con bajo contenido en humedad (Roos, 1995). Esta cristalización de los azúcares en estado amorfo tiene como consecuencia la perdida de moléculas de agua absorbida, si se forman cristales anhidros como en el caso de la sacarosa (Iglesias y col., 1997; Roos, 1993). Las isotermas obtenidas (Figura 1) tampoco muestran la típica discontinuidad asociada a este fenómeno, indicando por tanto, la ausencia de cristalizaciones asociadas a esos azúcares.

La ecuación de Gordon y Taylor (ecuación 2) ha sido ampliamente utilizada para predecir las temperaturas de transición vítrea de soluciones acuosas de azúcares a diferentes concentraciones y también ha sido aplicada a numerosas frutas. Si consideramos a los alimentos como

mezclas binarias de sólidos y agua, podemos utilizar el modelo de Gordon y Taylor para predecir el efecto plastificante del agua. La ecuación linealizada del modelo de Gordon y Taylor (ecuación 2) se utilizó para modelizar los datos experimentales de T_g (punto medio del intervalo) en función del contenido en humedad de las muestras (w , en base húmeda), siendo la T_g del agua pura 138 K ($T_{g(w)}$), $T_{g(sa)}$, la temperatura de transición vítrea de los sólidos anhidros y k , la constante característica del modelo. Los valores obtenidos para las constantes del modelo fueron de 308 K y 5.92, respectivamente, con una constante de correlación R^2 de 0.80. El modelo no permitió predecir adecuadamente la T_g de muestras con $a_w \leq 0.113$, debido a la plastificación tan rápida que sufre el producto.

$$T_g = T_{g(sa)} + k \cdot \frac{w \cdot (T_{g(w)} - T_g)}{(1 - w)} \quad (\text{ecuación 2})$$

La Figura 4 (y la tabla III.2 del anexo III) muestra la relación experimental entre la T_g y el contenido en humedad de las muestras, junto con los datos predichos con el modelo de Gordon y Taylor, donde se puede observar la bondad del ajuste. La grafica muestra el efecto plastificante del agua, especialmente marcado en este intervalo al tratarse de muestras con un bajo nivel de humedad. Los valores obtenidos de la constante k y T_{gas} del modelo son similares a las encontradas por otros autores (Moraga y col., 2004; Roos, 1993).

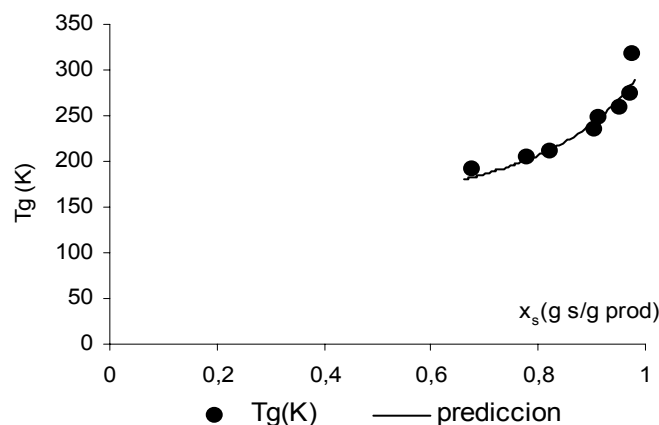


Figura 4. Relación entre T_g y la fracción de sólidos de muestras de pera. Datos experimentales (puntos) y predichos (línea) por el modelo de Gordon y Taylor para muestras con $a_w > 0.113$.

En la figura 5 se han representado los valores de T_g en función de la a_w de cada muestra. La ecuación 3 muestra la relación lineal encontrada entre ambos parámetros para muestras con $a_w > 0.113$, tal y como ha sido descrita para otras frutas en el intervalo de a_w intermedia (Martínez-Navarrete y col., 2004; Roos, 1987, 1995; Moraga y col., 2004). Esta ecuación es muy útil, ya que es un método rápido y preciso para calcular la T_g de pera almacenada a una humedad relativa determinada.

$$T_g = 302.23 - 131.51 \cdot a_w \quad \text{con } R^2 = 0.981 \quad (\text{ecuación 3})$$

Las relaciones T_g - a_w - x_w obtenidas permiten conocer el contenido en humedad crítico (CWC) y la actividad de agua crítica (AWC) del producto, por encima de los cuales tiene lugar la transición vítrea en la fase soluble acuosa, a una determinada temperatura de almacenamiento. Por encima de estos valores, esta fase en la pera deshidratada se vuelve pegajosa y gomosa e incluso puede tener lugar la cristalización de los compuestos amorfos. A 30 °C (temperatura a la que se obtuvieron las isotermas), el CWC es aproximadamente igual al 2% y la AWC de aproximadamente 0.11. Si comparamos el valor de CWC con el valor obtenido para la humedad de la monocapa ($w_0 = 12.35\%$), vemos que este último es mucho mayor, tal y como han encontrado otros autores (Moraga y col., 2004, Roos, 1993). Esto nos indica que el valor de w_0 no es un contenido en humedad que asegure la preservación de la calidad de las muestras de pera secas durante el almacenamiento

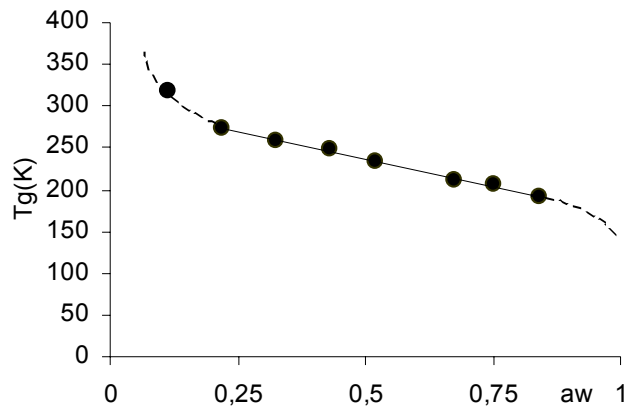


Figura 5. Relación entre T_g y a_w para muestras de pera. Datos experimentales (puntos) y predichos (línea).

Efecto de transición vítrea sobre las propiedades mecánicas.

En las muestras con diferente contenido en humedad, se llevó a cabo un ensayo de punción con una prensa de ensayos mecánicos, tal y como se explicó en el apartado anterior de Materiales y Métodos. La Figura 6 muestra dos curvas típicas obtenidas en los ensayos para muestras con una humedad de 3.63% y 21.32%. Los parámetros obtenidos a partir de estas curvas fueron: fuerza máxima para producir la rotura (F_{max}), la distancia a la que ocurre (d), el área debajo de la curva (A) hasta alcanzar la F_{max} , que cuantifica la energía necesaria para la rotura y el cociente F_{max}/d , relacionado con la resistencia de la muestra a la fractura. En la figura 6 se observa la fuerza máxima y distancia que puede soportar las muestras ensayadas antes de su rotura por el punzón. Estas curvas presentan un único pico de fractura, seguido de una caída abrupta de la fuerza, tanto mayor cuanto menor es el contenido de humedad de las muestras. Esta forma de la curva, a bajo contenido de humedad, es típica de productos quebradizos.

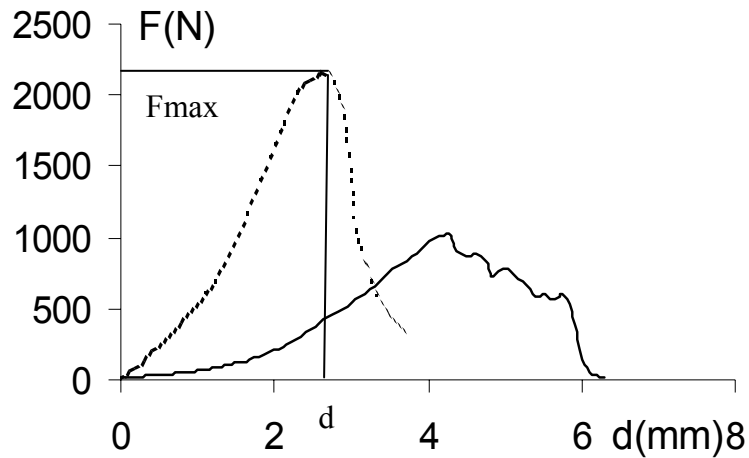


Figura 6. Curvas típicas obtenidas en el ensayo de punción para muestras de pera con diferente humedad.

La influencia del contenido de humedad en el comportamiento mecánico de las muestras se refleja en las figuras 7, 8 y 9, donde se ha representado la F_{max} , distancia de ruptura d y Área (A) vs. el contenido en humedad, en base seca. La tabla III.3 del anexo III muestra los valores obtenidos experimentalmente.

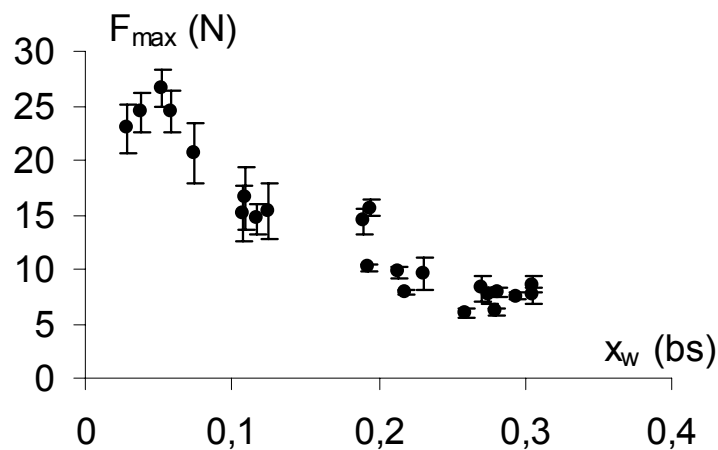


Figura 7. Relación entre fuerza máxima registrada en el ensayo de punción y la humedad de las muestras, en base seca.

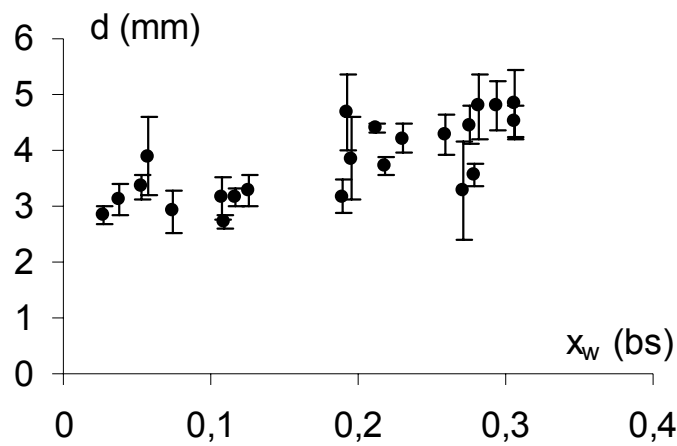


Figura 8. Relación entre la distancia en el pico máximo registrada en el ensayo de punción y la humedad de las muestras, en base seca.

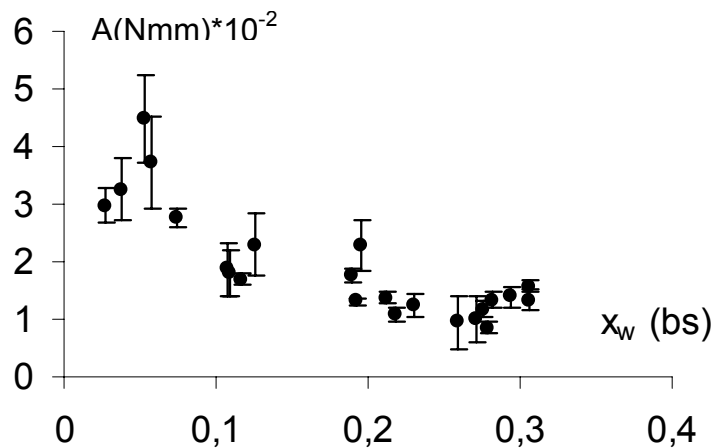


Figura 9. Relación entre área registrada en el ensayo de punción y la humedad de las muestras, en base seca.

Como se puede apreciar en las figuras 7 y 8, ambos parámetros (fuerza y distancia en el punto de rotura) varían según el contenido en humedad de las muestras, ya que a mayor humedad, el producto se vuelve más blando (menor $F_{\text{máxima}}$) y más largo (mayor distancia para su rotura), debido al efecto plastificante del agua. Lo mismo puede ser observado para el área registrada en el ensayo de punción, en la figura 9.

El ligero aumento de las variables $F_{\text{máx}}$ y Area detectado hasta una a_w de 0.05 podría asociarse al efecto endurecedor del agua, observado también por otros autores (Suwonsichon y Peleg, 1998; González-Martínez y col., 2003) para productos con muy

baja humedad. Este fenómeno es el resultado de la manifestación de dos mecanismos que operan simultáneamente en direcciones opuestas. Uno de ellos es el reforzamiento de la estructura que inhibe la propagación de grietas y, el otro, que debilita la estructura, el efecto plastificante del agua.

En la Figura 10 se ha representado el parámetro F_{\max}/d vs. el contenido en humedad de las muestras, que como se puede observar sigue una curva sigmoideal, también característica de productos crujientes (Peleg, 1994). Este comportamiento indica una disminución de la resistencia a la deformación con el aumento en humedad de las muestras, como consecuencia del efecto plastificante del agua, ya comentado.

El cociente F_{\max}/d se ajustó al modelo de Fermi (ec. 4), donde Y es el valor de la propiedad a modelizar, Y_s , el valor de la misma a humedad cero, x_{wc} es la humedad del producto en el punto de inflexión de la curva (cuando el valor de la propiedad decrece un 50%) y b , es una medida del grado de disminución de la propiedad, en este caso F_{\max}/d , en un rango de humedades de transición. El ajuste se realizó utilizando una regresión no lineal, a través del programa Systat v. 9, obteniéndose los valores de $Y_s=10.66$ N/mm, $x_{wc}= 0.12$ g agua/g producto seco y $b=0.089$ y un valor de $R^2=0.984$. Según este modelo, las muestras han perdido alrededor de un 50% de su carácter crujiente para un contenido de humedad del 12%, valor similar al encontrado para la humedad de la monocapa. En la Figura 11 se muestra los datos predichos por la ecuación de Fermi (línea), donde se puede observar la bondad del ajuste obtenido.

$$Y(x_w) = \frac{Y_s}{1 + \exp[(x_w - x_{wc})/b]} \quad (\text{ecuación 4})$$

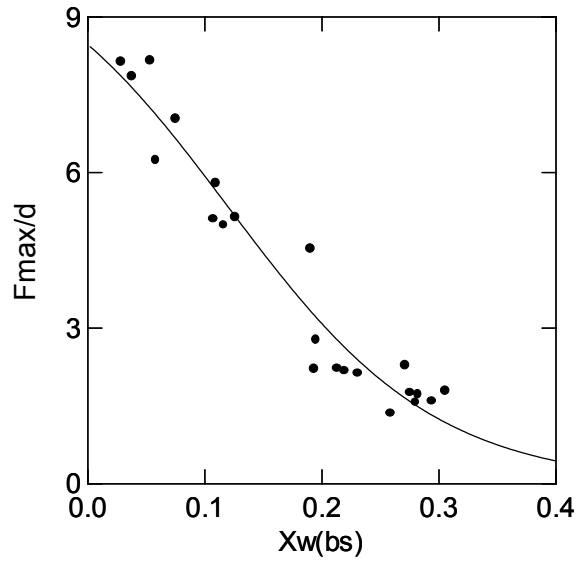


Figura 10. Relación entre el ratio F_{\max}/d y el contenido en humedad de las muestras (base seca). Datos experimentales (puntos) y predichos (línea) con el modelo de Fermi.

CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias en la capacidad de retención de agua en la pera cuando las muestras fueron sometidas a procesos de absorción-desorción y por tanto, las muestras de pera no presentaron el fenómeno de histéresis, indicando que las diferencias estructurales del material seco obtenido en ambos procesos (secado por aire caliente y liofilización) no son relevantes. El efecto plastificante del agua se ha visto reflejado tanto en la evolución de las temperaturas de transición vítrea como en las propiedades mecánicas de las muestras, que se vuelven más frágiles y resistentes a la rotura a medida que disminuye el contenido en humedad.

Los resultados obtenidos muestran que las diferentes fases de la muestra (fase soluble acuosa y la fase insoluble) contribuyen en diferente medida a mantener la calidad del producto, en función del contenido en humedad del mismo. A niveles de humedad mayores del 2%, la plastificación de la fase soluble acuosa puede promover tanto la cristalización como otros procesos deteriorativos. Sin embargo, no se han detectado cambios relevantes en la textura del producto (respuesta mecánica) hasta niveles de humedad del 12%, como consecuencia de la mayor contribución de la matriz insoluble del producto, menos plastificable por el agua, en las propiedades mecánicas.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC (1980). Association of official Analytical Chemist Official Methods of Analysis, 20.013. Washington, DC.
- Benado, A. L., y Rizvi, S. S. H. (1985). Thermodynamic properties of water on rice as calculated from reversible and irreversible isotherms. *Journal of Food Science*, 50(1), 101-105.
- Brunauer, S, Deming, LS, Deming, WE y Teller, E. (1940). On a theory of the Van der Waals adsorption f gases. *Journal of American Chemistry Society*, 62, 129-135.
- Crapiste, G. H (2000). Simulation of drying rates and quality changes during the dehydration of foodstuffs. En J.E. Lozano, CD. Añón, E. Parada-Arias y Barbosa-Goff, H.D. (1992). Low temperature stability and the glassy state in frozen foods. *Food Research International*, 25, 317-325.
- Gonzalez-Martinez, C, Corradini, M y Peleg, M. (2003). Effect of moisture on the mechanical properties of pork rind. *Food Science and Technology International*, 9(4), 249-255.
- Hsieh, F, Hu, L, Huff, HE and Peng, IC. (1990). Effects on water activity on textural characteristics of puffed rice cake. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*, 23, 471-473.
- Hubinger, M, Menegalli, FC, Aguerre, RJ y Suarez, C. (1992). Water vapor adsorption isotherms of guava, mango and pineapple. *Journal of Food Science*, 57, 1405-1407.
- Iglesias, HA, Chirife, J Y Buera, MP. (1997). Adsorption isotherms of amorphous trehalose. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75, 183-186.
- Katz, EE y Labuza, TP (1981). Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *Journal of Food Science*, 46, 403-409.
- Kärki, M, Roos, YH y Tuorila, H. (1994). Water plasticization of crispy snacks foods. Presentado en el Annual Meeting of Institute of Food Technologist, Atlanta, GA, June 25-29.
- Levine, H. y Slade, L. (1988). Collapse phenomena-a unifying concept for interpreting the behaviour of low moisture foods. In Food structure: its creation and evaluation, JMV Blanshard, JR Mitchell (eds), Butterworths, London, 149-180.

- Lim, LT, Tang, J y He, J (1995). Moisture sorption characteristics of freeze dried blueberries. *Journal of Food Science*, 60(4), 810-814.
- Martínez-Navarrete, N., Moraga, G., Talens, P., & Chiralt, A. (2004). Water sorption and the plasticization effect in wafers. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 555-562.
- Mascan, M. y Gögüs, F. (1998). Sorption isotherms and drying characteristics of mulberry (*Morus alba*). *Journal of Food Engineering*, 37, 437-449.
- Moraga, G, Martinez-Navarrete, N y Chiralt, A. (2004). Water isotherms and glass transition in strawberries: influence of pretreatment. *Journal of Food Engineering*, 62, 315-321.
- Nelson, KA y Labuza, TP. (1994). Water activity and food polymer science: implications of state on Arrhenius and WLF models in predicting shelf life. *Journal of Food Engineering*, 22, 271-289.
- Nieto, A., Salvatori, D., Castro, M.A. y Alzamora, S. m. (1988). Air drying behavior of apples as affected by blanching and glucose impregnation. *Journal of food Engineering*, 36, 63-79.
- Peleg, M. (1994). A mathematical model of crunchiness/crispness loss in breakfast cereals. *Journal of Texture Studies*, 25, 403-410.
- Roos, YH. (1987). Effect of moisture on the thermal behavior of strawberries studied using differential scanning calorimetry. *Journal of Food Science*, 52, 146-149.
- Roos, Y. (1993) Water activity and physical state effects on amorphous food stability. *Journal of Food process and preservation*, 16, 433-447.
- Roos, YH. (1995). Phase transitions in food. San Diego, CA: Academic Press.
- Roos, Y.H, Karel, M. y Kokini, J.L. (1996). Glass transition in low moisture and frozen foods: effects on shelf life and quality. *Institute of Food Technologist*, (November), 95-107
- Roos Y.H. y Karel, M. (1991a). Applying state diagrams to food processing and development. *Food Technology*, (December), 66-71.
- Roos Y.H. y Karel, M. (1991b). Plasticizing effect of water on thermal behavior and crystallization of amorphous food models. *Journal of Food Science*, 56, 38-43.
- Roos Y.H. y Karel, M. (1991c). Phase transition of mixtures of amorphous polysaccharides and sugars. *Biotechnology Prog.*, 7, 49-53.
- Sa, MM y Sereno, AM. (1994). Glass transition and state diagrams for typical natural fruits and vegetables. *Thermoquimica Acta*, 246, 285-297.

- Saravacos, GG, Tsiourvas, DA y Tsami, E. (1986). Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. *Journal of Food Science*, 51,381-383.
- Slade, L y Levine, H. (1991). Beyond water activity: recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Critical Review Food Science and nutrition*, 30, 115-360.
- Suwonsichon, T y Peleg, M. (1998). Instrumental and sensory detection of simultaneous brittleness loss and moisture toughening in three puffed cereals. *Journal of Texture Studies*, 29, 255-274.
- Telis, VRN y Sobral, PJA. (2001). Glass transitions and state diagram for freeze-dried pineapple. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*, 34, 199-205.
- Tsami, E., Marinos-Kouris, D., & Maroulis, Z.B. (1990). Water Sorption Isotherms of Raisins, Currants, Figs, Prunes and Apricots, *Journal of Food Science*, 55, 1594-1597; 1625.
- Vazquez, G, Chenlo, F, Moreira, L y Carballo, L. (1999). Desorption isotherms of muscatel and aledo grapes and the influence of pre-treatment on muscatel isotherms. *Journal of Food Engineering*, 39, 409-414.
- Welti-Chanes, J, Guerrero, JA, Barcenas, ME y Aguilera, JM, Vergara, F y Barbosa-Canovas, G.V, (1999). Glass transition temperature and water activity of dehydrated apple products. *Journal of Food Process Engineering*, 22, 91-101.

**CAPITULO IV: Estabilidad del color de muestras de
pera con baja humedad durante su almacenamiento.**

RESUMEN

El color de un producto es uno de los parámetros de calidad mas importantes a tener en cuenta en el desarrollo de un producto, ya que juega un papel decisivo en la aceptación final por parte del consumidor.

En este trabajo se ha analizado el color de muestras de pera seca, sometidas a diferentes pre-tratamientos (deshidratación osmótica, impregnación a vacío y sulfitado), inmediatamente después del secado, así como la evolución de los parámetros de color a lo largo del almacenamiento durante dos meses. Los resultados mostraron que el color de las muestras presentó, en general, una buena estabilidad a lo largo del almacenamiento.

INTRODUCCION

Los cambios físicos y químicos producidos durante una etapa o proceso de secado suponen, en la mayoría de los casos, una pérdida en los nutrientes y en las propiedades organolépticas del producto final, tales como textura, color, sabor y aroma. Las propiedades que se ven mayormente alteradas como consecuencia del secado son la calidad visual (color), así como la textura y estructura de los mismos. Además, estas modificaciones pueden incrementarse durante el almacenamiento de dichos productos.

La textura y estructura deseadas en el producto final dependerán de qué uso se le va a dar al producto seco. Si se va a consumir como “snack” se buscará una textura crujiente, y si se requiere una rehidratación previa a su consumo, se intentará que la estructura del producto quede lo menos alterada posible para que posea una buena capacidad de rehidratación posterior.

Independientemente de la textura final deseada, el color del producto deberá sufrir los mínimos cambios posibles, ya que el color es uno de los principales criterios por los que los consumidores juzgan la frescura y calidad de muchos alimentos. Es totalmente decisivo al comprar un producto. Así, el producto seco puede ser rechazado si la impresión visual que nos produce no coincide con el estándar al que estamos acostumbrados. La cualidad del color acusa especialmente este fenómeno de rechazo (Clydesdale, 1993).

La alteración del color de los productos hortofrutícolas está fundamentalmente relacionada con el pardeamiento. Existen dos tipos de pardeamiento, uno enzimático y otro no enzimático conocido como reacciones de Maillard. La intensidad del pardeamiento dependerá de factores como pH, temperatura, actividad de agua y composición del producto.

Las especies cultivadas comercialmente importantes, como peras y manzanas, así como sus productos tales como zumos o néctares son muy sensibles al pardeamiento enzimático debido a su alta concentración en polifenoles y polifenol-oxidasas. Las polifenol-oxidasas son metaloenzimas que contienen un 0.2% de cobre. Para que la enzima actúe sobre el substrato fenólico, el Cu^{+2} ha de encontrarse reducido a Cu^+ , estado en el que la enzima puede ligar oxígeno (Mayer, 1961; Mayer y Harel, 1979; Dorantes-Álvarez y Chiralt, 2000). El cobre, situado en el centro activo del enzima, es esencial para la actividad de la polifenol-oxidasas y su acomplejamiento da lugar a la inhibición de la misma. Del mismo modo, esta actividad enzimática puede quedar

inhibida si la actividad de agua (a_w) es suficientemente baja, menor de 0.3 y se ve potenciada con el aumento de la a_w .

El pardeamiento no enzimático, conocido también como reacción de Maillard, caramelización o formación de melanoidinas (Primo, 1997), también provoca alteraciones importantes en la tonalidad de derivados de frutas, como se ha comentado anteriormente, sobre todo si se almacenan a temperaturas altas.

La reacción de Maillard ocurre vía una serie de reacciones complejas definidas entre grupos carbonilo, de azúcares reductores principalmente, y grupos amino libres, de aminoácidos y proteínas. Estas reacciones provocan pérdidas en el valor nutritivo al suponer un descenso en la disponibilidad de aminoácidos esenciales como la lisina, formación de pigmentos pardos o negros, así como la formación de sabores extraños. La reacción queda prácticamente inhibida a valores de a_w cercanos al valor de la monocapa y se ve potenciada a valores intermedios de a_w , en el intervalo de humedad baja. Este hecho explica el fácil pardeamiento que se da en alimentos secos y concentrados. Por ejemplo, el intervalo de máxima velocidad en frutas se da para actividades de agua de 0.65 a 0.75.

Los sulfitos han sido ampliamente utilizados para inhibir el pardeamiento (enzimático y no enzimático), al reaccionar con compuestos los sustratos de la reacción (quinonas o grupos carbonilos, respectivamente) e interferir en el transcurso normal de las reacciones, evitando así la formación posterior de compuestos pardos. Normalmente una concentración de 10 ppm es suficiente. Pese a su efectividad, los problemas de toxicidad asociados al uso de sulfitos ha hecho que su uso este muy restringido en la actualidad (Perez, 2003).

Esta parte del trabajo tiene como objetivo analizar los cambios de color de muestras de pera secas sometidas a un pre-tratamiento osmótico almacenadas durante dos meses en refrigeración. En el estudio también se analizan los cambios de color de peras tratadas con anhídrido sulfuroso (denominadas blanqueadas o sulfitadas), por ser uno de los tratamientos más utilizados para la inhibición del pardeamiento en la Industria Alimentaria y también, los cambios de color de la materia fresca sin pretratamiento alguno.

MATERIALES Y METODOS

Materia prima .

Pera variedad Blanquilla de Valencia (España), compradas en un mercado local. Se utilizaron rodajas de pera con piel de 10 mm de espesor. El contenido de la humedad inicial de la muestra se situó entre 6.15kg agua / kg b.s y 5.25 kg agua/kg b.s

Pre-tratamiento de las muestras

Las muestras fueron sometidas a diferentes pretratamientos, tal y como se detalla a continuación:

Deshidratación osmótica sin pulso de vacío: Las muestras fueron sometidas a un pretratamiento de deshidratación osmótica previo al secado por aire caliente, con una solución de 55 °Brix de sacarosa con 0.5% ácido cítrico (p/p) a 30°C. La proporción de solución-fruta fue suficientemente elevada (20:1) para evitar cambios significativos en la concentración de la solución a lo largo del proceso. Los tiempos de tratamiento osmótico fueron 0.5, 3 y 48 horas.

Deshidratación osmótica con pulso de vacío: las experiencias de deshidratación con pulso de vacío se realizaron en un equipo piloto patentado por la Universidad Politécnica de Valencia . Este equipo está construido totalmente de acero inoxidable y consta de tres secciones : deshidratación , equipo de vacío y equipo de refrigeración . Además tiene instalado un panel de control de temperatura y presión. Las muestra fueron sometidas a un pretratamiento de deshidratación con una solución de 55° Brix de sacarosa con 0.5% ácido cítrico (p/p) (proporción de solución-fruta 20:1). Los tiempos de tratamiento fueron 5 minutos de vacío (a 50 mbares) y posteriormente se restauró la presión atmosférica, manteniendo las muestras sumergidas en la solución durante otros 15 minutos.

Muestra sulfitada o blanqueada: las muestras se sumergieron en una solución SO₂ al 10% durante 10 minutos.

Operación de secado

El secado se llevó a cabo en el equipo de secado por aire caliente (SAC) de la planta piloto del departamento de Tecnología de Alimentos (UPV, España) con control de temperatura y de velocidad del aire. La variación de masa de las muestras fue registrada en una balanza digital de 0,001 g de precisión, conectada a un ordenador para la adquisición de datos en tiempo real. Las experiencias de secado se realizaron a la temperatura de 55°C con una velocidad del aire de 2.2 m/s.

Todas las muestras pre-tratadas se secaron en este equipo hasta un contenido en humedad final del 22% . Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento.

Almacenamiento

Se envasaron en bolsas de plástico en condiciones de vacío. Las muestras se conservaron envasadas de este modo en nevera a 4°C durante dos meses.

Análisis fisicoquímicos: determinación del color de las muestras.

Las medidas del color de las muestras se determinaron a través del espectro de reflexión de la superficie de las mismas, utilizando un espectrofotómetro MINOLTA (modelo CM-2002, Japón) en tres zonas diferentes de la muestra . A partir del espectro de reflexión de las muestras, se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L* a* b*, utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador 10° y de éstas, las coordenadas psicométricas tono (h^*_{ab}) y croma (C^*_{ab}) y las diferencias de color (ΔE) respecto a la muestra de referencia (muestra fresca) mediante las siguientes ecuaciones:

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{ec.1})$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{ec.2})$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (\text{ec.3})$$

RESULTADOS

Para evaluar la estabilidad del color de las muestras durante el almacenamiento después del proceso de secado, se midió el color de las mismas a lo largo de dos meses de almacenamiento a 5 °C envasadas a vacío para evitar ganancias de humedad.

Las figuras 1 a 3 muestran la evolución de la luminosidad L^* , de las coordenadas cromáticas tono (h^*_{ab}) y croma (C^*_{ab}) de las muestras secadas con los diferentes tratamientos a lo largo de su almacenamiento. La muestra control hace referencia a la muestra seca que no ha recibido ningún tipo de tratamiento. Además, en los gráficos, se muestra el color inicial de la materia prima fresca (círculo azul), como valor de referencia. Los valores experimentales se muestran en las tablas IV.1 a IV.5 del anexo IV:

Se puede observar que las muestras presentaron diferencias importantes en el color dependiendo del tratamiento recibido. Así, las muestras secadas que no recibieron tratamiento y las muestras secadas con pretratamiento osmóticos de 0,5 y 3 h, presentaron una luminosidad, tono y croma muy similares, significativamente ($p < 0.05$) inferiores al resto de los tratamientos (es decir, las más oscuras y las que mayores coloraciones pardo-rojizas desarrollaron), mostrando la menor eficacia de estos tratamientos para preservar el color de las muestras lo más cercano posible a la muestra fresca (tablas IV.6 y 7 del anexo IV).

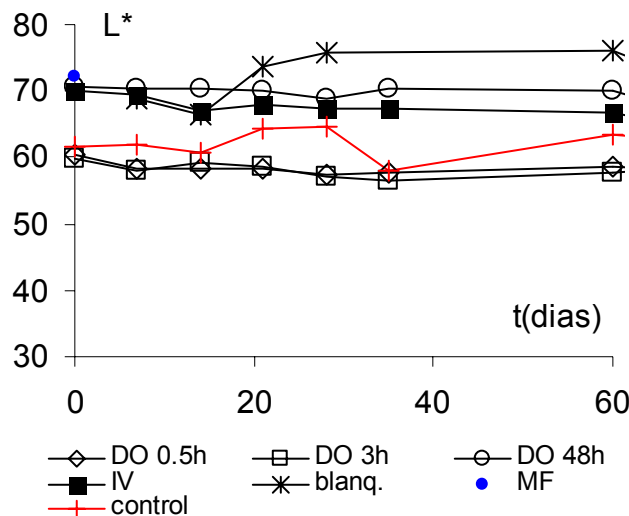


Figura 1. Cambios en la luminosidad de las muestras durante su almacenamiento.

La utilización de tiempos de DO mayores (48 h) y de la impregnación a vacío (IV) como pretratamiento antes del secado de las muestras, también provocó cambios en el color de las muestras muy similares y supuso una mejora en los parámetros de color de las mismas, volviéndose más luminosas y con mayor tono (menor tonalidades pardas) y cromas, aunque sin alcanzar los niveles de las muestras blanqueadas. Estas diferencias fueron siempre significativas ($p < 0.05$) con respecto a las muestras no pretratadas y las deshidratadas con cortos tiempos de procesado y se mantuvieron en el tiempo (tabla IV:6 del anexo IV). La utilización de largos tiempos de DO y la IV puede provocar la disminución de la actividad polifenoloxidasa, principal enzima responsable del pardeamiento de esta fruta, al provocar una disminución considerable de la actividad de agua en el tejido de la misma y a la limitación del oxígeno disponible para la actuación del enzima (Perez, 2003).

Diferentes autores han mostrado en sus trabajos con frutas la ventaja del uso de la DO como pretratamiento antes del secado por aire caliente, al reducirse las pérdidas en el color original de las muestras (Krokida y col., 2000a y b, Ponting, 1973, Maltini y Torreggiani, 1991, Biswal y Le Maguer, 1984). Por otro lado, la utilización de la IV ha sido en algunos casos criticada, ya que confiere a las muestras cierta translucidez y una apariencia húmeda (Arteca, 1982; Drake y Spayd, 1983). El uso de esta técnica como pretratamiento, tiene la ventaja de evitar dicho efecto como consecuencia del secado posterior que reciben las muestras.

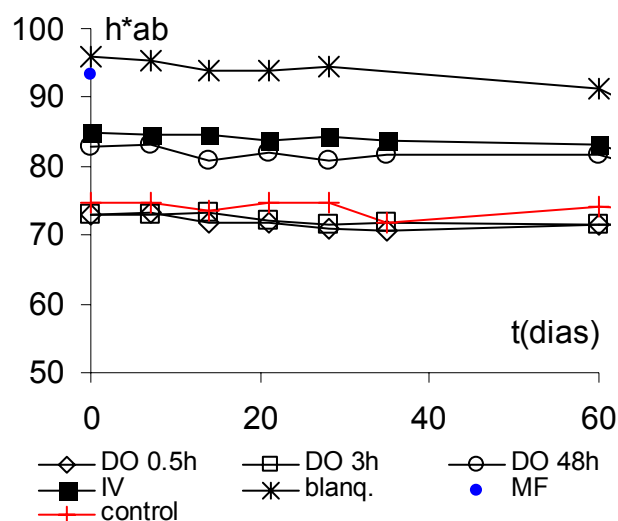


Figura 2. Cambios en el tono de las muestras durante su almacenamiento.

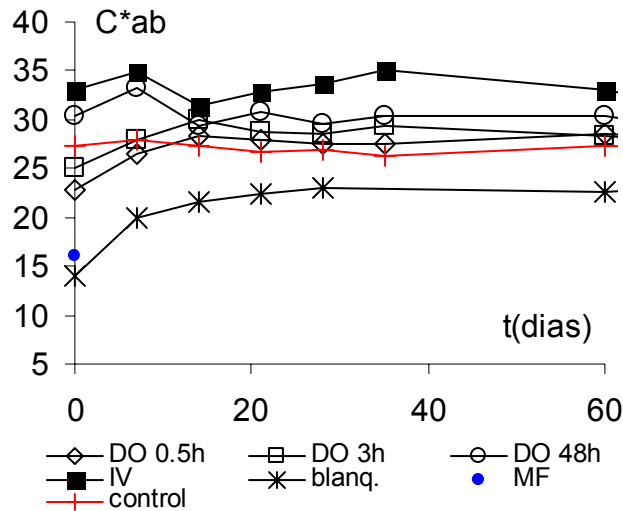


Figura 3. Cambios en el croma de las muestras durante su almacenamiento.

Por otro lado, las muestras blanqueadas fueron las más luminosas y presentaron mayor tono (mostrando un menor desarrollo de coloraciones pardo rojizas) y menor croma (color menos saturado) que el resto. Estas diferencias fueron significativas al 95% a cualquier tiempo de almacenamiento (tabla IV.7 del anexo IV). Además, estas muestras preservaron mejor el color inicial de la pera fresca (marcada en el gráfico con un círculo azul en el eje de abscisas) tras el secado, al tratarse de un método mucho más efectivo de inhibición del pardeamiento. El dióxido de azufre actúa inhibiendo las reacciones de pardeamiento (enzimático y no enzimático) al formar compuestos intermedios que retrasan o interfieren en las rutas de producción de pigmentos coloreados (Fennema, 2000).

La figura 4 representa la diferencia de color de las muestras a cada tiempo, con respecto a la materia prima fresca, ya que representa el color ideal a mantener en la muestra procesada. Como se puede observar, la menor diferencia de color corresponde a las muestras blanqueadas (del orden de 7 unidades), tal y como se había comentado anteriormente, frente a las 20 unidades que dan el resto de tratamientos (sin tratamiento, DO e IV).

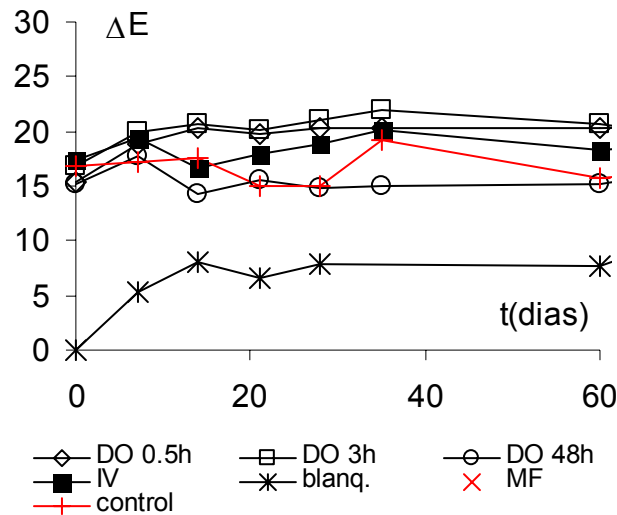


Figura 4. Cambios en el croma de las muestras durante su almacenamiento

Como puede observarse en las figuras 1 a 3, los parámetros de color permanecieron prácticamente invariables a lo largo del tiempo. En general, los resultados del ANOVA no mostraron como significativo ($p > 0.05$) el factor tiempo (tabla IV.6 del anexo IV). Sólo en las muestras blanqueadas se encontraron cambios significativos en los parámetros de color. Las muestras blanqueadas presentaron una mayor luminosidad y croma durante su almacenamiento. El tono disminuyó significativamente sólo a partir del primer mes de almacenamiento, hacia colores ligeramente más pardos, sin alcanzar en ningún momento las tonalidades adquiridas por el resto de los tratamientos.

CONCLUSIONES

El tratamiento que mejor mantuvo el color de las muestras fue el tratamiento de blanqueado, ya que mantuvo el color de las muestras lo más próximo a la materia prima fresca. Entre los tratamientos donde se aplicó DO/IV, se recomienda utilizar la impregnación a vacío o tratamientos osmóticos largos, para un mejor mantenimiento del color. A lo largo del almacenamiento, las muestras no presentaron cambios significativos en los parámetros de color evaluados, excepto en las muestras previamente blanqueadas, donde la estabilidad fue menor.

BIBLIOGRAFIA

- Arteca, R. N. (1982) Infiltration and movement of calcium into potatoes. *HortScience*, 17: 757.
- Biswal, R. N.; Le-Maguer, M. (1989) Mass transfer in plant materials in contact with aqueous solutions of ethanol and sodium chloride: equilibrium data. *Journal of Food Processing and Engineering*, 11(3): 159-176.
- Clydesdale, F. M. (1993) Color as a Factor in Food Choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33 (1): 83-101.
- Dorantes-Álvarez, L.; Chiralt, A. (2000) Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes. En Alzamora, S.M.; Tapia, M.S.; López-Malo, A. (Eds): *Minimally processed fruits and vegetables*. Aspen Publication: Gaithersburg, Maryland. 111-126.
- Drake, S. R.; Spayd, S. E. (1983) Calcium infiltration of Golden delicious apples quality. *Journal of Food Science*, 48: 403.
- Fennema, O.R. (2000). Química de los alimentos. Owen R. Fennema. (ed), Acribia, Zaragoza.
- Krokida, M. K.; Karathanos, V. T.; Maroulis, Z. B. (2000a) Effect of osmotic dehydration on colour and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*, 18(4/5): 937-950.
- Krokida, M. K.; Kiranoudis, C. T.; Maroulis, Z. B.; Marinos-Kouris, D. (2000b) Effect of pretreatment on color of dehydrated products. *Drying-Technology*, 18 (6): 1239-1250.
- Maltini, E.; Torregginai, D. (1981) A new application of osmosis: the production of shelf-stable fruits by osmosis. *Progress in Food Engineering*, 246.
- Mayer, A. M. (1961) Subcellular location of sulphite reductase in plant tissues. *Plant Physiology*, 42(3): 324-326.
- Mayer, A. M.; Harel, E. (1979) Polyphenol oxidase in plants. *Phytochemistry*, 26(11): 193.
- Perez, L. (2003). Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera mínimamente procesada. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Ponting, J. D. (1973) Preservation of apple slices with a solution consisting of ascorbic acid, calcium chloride and sodium bicarbonate United States Patent, 3,754,938.
- Primo-Yúfera, E. (1997) Química de los alimentos. Editorial Síntesis. Madrid, España.

**CAPÍTULO V: Rehidratación de pera: influencia de la
temperatura y pretratamientos osmóticos**

RESUMEN

En este trabajo se analiza la influencia del pretratamiento osmótico a distintos tiempos de deshidratación osmótica (0.5, 3 y 48 h) y la temperaturas de secado (45 y 65°C) en la rehidratación de rodajas de pera var. *Blanquilla* a diferentes temperaturas de rehidratación (45, 55 y 65°C). Las rodajas de pera se secaron por igual hasta niveles entorno al 10% de contenido en agua y posteriormente se rehidrataron con agua (relación 1:20) en un baño termostatado a las temperaturas correspondientes. Para analizar el proceso de rehidratación se controló el peso de las muestras hasta peso constante, caracterizándose antes y después del proceso el contenido en agua y sólidos solubles de las rodajas. A lo largo del proceso de rehidratación se siguió el peso y sólidos solubles de la solución de rehidratación para así poder determinar los cambios del contenido en agua y sólidos solubles de las rodajas de pera. También se estimaron las variaciones de volumen de las muestras por picnometría. El análisis cinético se completó a través del modelo de Peleg.

La influencia de la temperatura de rehidratación es diferente según la temperatura utilizada en el secado de las muestras: las muestras secadas y rehidratadas a 45°C presentan una mayor capacidad de rehidratación que las secadas a 65°C. El transporte de masa de agua y solutos apenas se vió afectado por el pretratamiento osmótico, alcanzándose contenidos más altos de solutos en los pretratamientos más largos lo que puede ser debido a las fuertes interacciones de los azúcares con la matriz celular. Los valores de D_e calculados disminuyen en las muestras pretratadas osmóticamente, en coherencia con la disminución de la capacidad de hidratación por efecto de la impregnación superficial de las muestras con el pretratamiento osmótico.

Palabras clave: pera, secado, rehidratación, deshidratación osmótica, temperatura

INTRODUCCIÓN

En el proceso de secado tradicional, las frutas frescas son deshidratadas hasta contenidos muy bajos de agua que garantizan su estabilidad microbiológica, reduciendo a la vez los costes relacionados con su almacenamiento y/o transporte posteriores. Para su consumo, estas frutas son rehidratadas hasta niveles adecuados para su aceptación sensorial por los consumidores. En la calidad del producto final influyen muchos factores entre los que destacan la materia prima, la temperatura de secado y la temperatura de rehidratación (McMinn y Magee, 1997).

El secado de las frutas a temperaturas elevadas o tiempos muy prolongados puede provocar cambios irreversibles en la estructura y composición del tejido vegetal (McMinn y Magee, 1996; Lewicki, 1998) e incluso reducir la capacidad de rehidratación del producto seco (Lin *et al.*, 1998; Drouzas *et al.*, 1999; Krokida *et al.*, 2000).

En la rehidratación posterior de estas frutas, el agua que entra en contacto con el producto seco provoca una reacción compleja en la que tienen lugar tres procesos simultáneos: la absorción de agua por parte del alimento seco, la hinchazón y la lixiviación de sólidos solubles (McMinn y Magee, 1997; Lewicki, 1998). En este proceso, la temperatura de rehidratación juega un papel muy importante en la capacidad de absorción del agua por parte del producto (Abdel-Kader, 1995). Algunos estudios reflejan que las altas temperaturas de rehidratación disminuyen el tiempo necesario para alcanzar la máxima capacidad de absorción de agua (Abu-Ghannam y McKenna, 1997). Esta absorción ocurre mayoritariamente en las primeras etapas, disminuyendo gradualmente a medida que el contenido en humedad se aproxima al equilibrio.

Estudios previos han puesto de manifiesto la influencia de la estructura y composición de la materia prima en la rehidratación. Los daños que se producen a nivel estructural durante el secado son fundamentales en la posterior rehidratación (Lewicki *et al.*, 1997; Krokida *et al.*, 1999). Estudios histológicos señalan la pérdida de la semipermeabilidad selectiva de las membranas citoplasmáticas como causa de la deformación y colapso estructural (Pendington y Ward, 1965). Por otra parte, la funcionalidad de los distintos componentes influirá en diferente medida (Sopade *et al.*, 1992) y a su vez estará afectada por otros factores como la temperatura (Sopade y Obekpa, 1990). El contenido total de pectinas influirá en la capacidad de rehidratación de los productos deshidratados, por lo que la degradación de esta fracción modificará el

comportamiento posterior del tejido durante la rehidratación (Femenia et al., 2000). Además los cambios en la fracción péctica pueden influir en la solubilidad de los polímeros pecticos (Femenia et al., 2000). En este sentido la temperatura juega un papel decisivo por su influencia en la actividad enzimática.

En la actualidad, previo al secado por aire caliente, la fruta se puede someter a un pretratamiento de deshidratación osmótica para favorecer la retención del sabor, mejorar la textura y minimizar las pérdidas que se producen en la operación de secado posterior. No obstante, este pretratamiento puede afectar negativamente al proceso de rehidratación por: la no aceptación de los consumidores y la disminución de la velocidad de rehidratación de la fruta impregnada (Lenart, 1991; Lenart y Iwaniuk, 1993), entre otros.

Numerosos estudios han evaluado la cinética de rehidratación de frutas secas en base a diferentes modelos como el de Peleg (Maharaj y Sankat, 2000) o a través de modelos fickianos con los que se obtienen constantes y parámetros cinéticos (Sanjuan *et al.* 1999 y 2001). Muchos autores han estudiado la influencia de la temperatura de rehidratación en alimentos con bajos contenidos en humedad como el arroz (Zhang, *et al.*, 1984), soja (Singh y Kulshrestha, 1987) y maíz (Haros *et al.*, 1995) y en frutas deshidratadas como rodajas de naranja (Ruiz *et al.*, 2003), kiwis (Maskan, 2001) y ciruelas (Chafer *et al.*, 2003), pero existen pocos estudios sobre la rehidratación de la pera seca. Desde un punto de vista industrial e ingenieril, resulta interesante conocer la rapidez con la que se va a producir la absorción de agua y cómo se va a predecir el tiempo de rehidratación bajo una condición dada (Hsu *et al.*, 1983). El estudio de la cinética de rehidratación tiene un gran interés para predecir este proceso y conocer cómo van a afectar las diferentes variables

El objetivo del trabajo consiste en analizar el efecto de las temperaturas de secado y rehidratación, y el pretratamiento osmótico en la rehidratación de rodajas de pera var. *Blanquilla*. Las cinéticas se modelizan a través del la ecuación de Peleg y de un coeficiente de pseudo-difusión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

La materia prima utilizada para la experimentación fueron rodajas de pera con piel (var. *Blanquilla*) de unos 10 mm de espesor procedentes de un mercado local de la ciudad de Valencia. Las muestras presentaban un contenido en humedad inicial que oscilaba entre 0.84-0.86 kg agua/kg muestra (b.h.) y un contenido en solubles entorno a 0.13 kg sólidos solubles/kg muestra (b.h.).

Métodos experimentales

Las rodajas de pera fueron sometidas a los siguientes tratamientos, según se indica en la Figura 1.

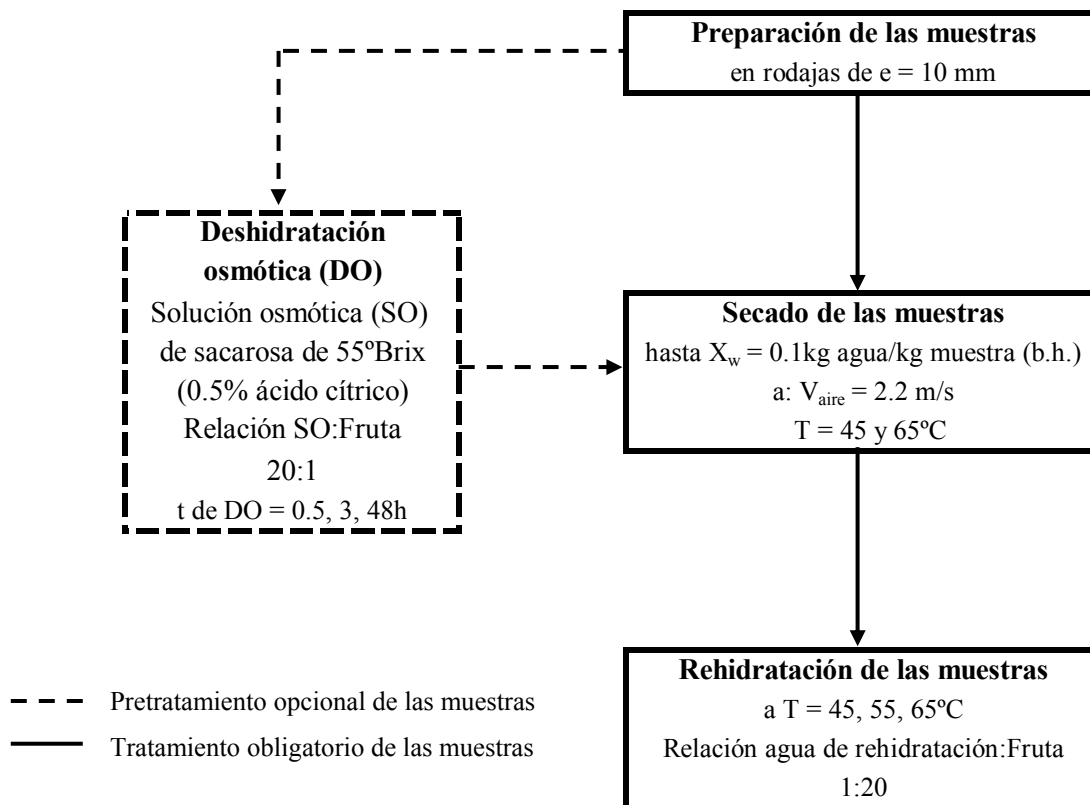


Figura 1.- Esquema del diseño experimental seguido en las experiencias.

Deshidratación osmótica. Se sumergieron rodajas de pera en una solución de sacarosa de 55° Brix (99.5% sacarosa y 0.5% ácido cítrico) a temperatura constante (30°C), presión atmosférica y agitación constante durante 0.5, 3 y 48 h. La relación solución osmótica-fruta fue de 20:1 para evitar cambios en la concentración de la

disolución a lo largo del proceso. Para prevenir la evaporación del agua, la solución se mantuvo en todo momento herméticamente cerrada.

Secado. El proceso de secado se llevó a cabo en un equipo diseñado en la planta piloto del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia, que permite controlar tanto la temperatura como la velocidad del aire (Sancho *et al.*, 1999). La variación de masa de las muestras fue registrada en una balanza digital Mettler Toledo, modelo PG503-S, de 0.001 g de precisión conectada a un ordenador para la adquisición de datos en tiempo real.

El secado se realizó a dos temperaturas (45 y 65°C) y a una velocidad del aire de 2.2 m/s. En ambos tratamientos, las muestras se secaron hasta que alcanzaron un contenido de humedad predeterminado (0.1 kg agua/kg muestra en b.h.) y siempre se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento.

Rehidratación. Las muestras secas, con o sin pretratamiento osmótico, se rehidrataron por inmersión en un baño con una relación agua-fruta de 1:20 a temperatura controlada ($\pm 1^\circ\text{C}$): 45, 55 y 65°C. A diferentes tiempos de rehidratación (entre 0 y 30 h), se controló el peso de las muestras y el peso y °Brix de la solución de rehidratación. Las muestras que no fueron pretratadas osmóticamente se secaron a dos temperaturas (45 y 65°C) y las pretratadas sólo a 45°C. Los experimentos de rehidratación fueron diseñados para poder calcular el contenido en agua y sólidos solubles de las muestras teniendo en cuenta las ecuaciones (1) a (8) (Ruiz *et al.*, 2003).

Durante la rehidratación, aplicando balances de ganancias de agua (ec. 1) y solutos (ec. 2) en el sistema solución-producto, es posible determinar la ganancia de agua (ΔM_w) (ec. 3) y pérdida de solutos (ΔM_s) (ec. 4) de las rodajas de pera a cada tiempo de proceso, referidos respecto al peso inicial de sólidos secos iniciales (antes del pretratamiento osmótico), según las ecuaciones (3 - 8) a partir del contenido en solubles de la solución (con el subíndice SR), la pérdida de líquido durante el proceso (con el subíndice L) y los datos de peso de la muestra (sin subíndice). Al final, se analizaron las muestras para comprobar los balances. Todos los experimentos se realizaron por triplicado, y en los resultados se indican los valores medios.

$$\Delta M_{w,SR} = \Delta M_w + \Delta M_{w,L} \quad (1)$$

$$\Delta M_{s,SR} = \Delta M_s + \Delta M_{s,L} \quad (2)$$

siendo,

$$\Delta M_w = \frac{m^t x_w^t - m^0 x_w^0}{m^F (1 - x_w^F)} \quad (3)$$

$$\Delta M_s = \frac{m^t x_s^t - m^0 x_s^0}{m^F (1 - x_s^F)} \quad (4)$$

$$\Delta M_{w,SR} = \frac{m_{SR}^t (1 - y_s^t) - m_{SR}^0 (1 - y_s^0)}{m^F (1 - x_w^F)} \quad (5)$$

$$\Delta M_{s,SR} = \frac{m_{SR}^t y_s^t - m_{SR}^0 y_s^0}{m^F (1 - x_w^F)} \quad (6)$$

$$\Delta M_{w,L} = \frac{\Delta m^t (1 - y_s^t)}{m^F (1 - x_w^F)} \quad (7)$$

$$\Delta M_{s,L} = \frac{\Delta m^t y_s^t}{m^F (1 - x_w^F)} \quad (8)$$

donde:

ΔM : variación de masa

m: masa (g)

x: fracción másica de componente (agua o solutos) en la muestra

y: fracción másica de componente (agua o solutos) en la solución de rehidratación

Δm^t : variación entre la masa total (muestra más solución) a tiempo t y la masa total al tiempo de control previo, el cual corresponde a la pérdida de líquido de rehidratación entre dos controles sucesivos.

Subíndices: s: sólidos solubles, w: agua, SR: solución de rehidratación, L: líquido de rehidratación perdido durante el proceso

Superíndices: t y 0: a tiempo t y: tiempo inicial del proceso de rehidratación, respectivamente, F: tiempo inicial del proceso de secado (materia prima fresca)

Análisis fisicoquímicos

Humedad y contenido en sólidos. La humedad se determinó según el método 20.013 (AOAC, 1990), que consiste en secar las muestras en una estufa a vacío a 60°C hasta obtener peso constante. Los sólidos solubles se determinaron por refractometría (ABBE ATAGO 89553 de Zeiss) a 20°C en muestras previamente trituradas y

centrifugadas. Las muestras se caracterizaron antes y después del secado y de la rehidratación por triplicado.

Volumen. El volumen de las rodajas de pera se determinó por el método de desplazamiento de volumen en un picnómetro usando como líquido de referencia la solución de sacarosa anteriormente citada.

Modelos cinéticos

Según el modelo de Peleg (1988) al ajustar linealmente la ecuación (9) se obtienen los valores de las constantes k_1 y k_2 ,

$$\frac{t}{M_t - M_0} = k_1 + k_2 t \quad (9)$$

donde:

M_0 : valor de la variación de masa (agua o solutos) ($\Delta M / \Delta M_w / \Delta M_s$) o sólidos solubles de la fracción líquida de la fruta (z_s) a tiempo 0

M_t : valor de la variación de masa (agua o solutos) ($\Delta M / \Delta M_w / \Delta M_s$) o sólidos solubles de la fracción líquida de la fruta (z_s) a tiempo t

k_1 : constante relacionada con la inversa de la transferencia de masa (agua o solutos) (s^{-1})

k_2 : constante relacionada con la inversa de los valores asintóticos de las curvas

A partir de la constante k_2 y M_0 , se obtiene el valor de equilibrio (VE) según la ecuación (10) (Abu-Ghannam y McKenna, 1997).

$$VE = M_0 + \frac{1}{k_2} \quad (10)$$

Las constantes k_1 y k_2 del modelo de Peleg y el valor de equilibrio (VE) fueron obtenidas por regresión lineal utilizando la aplicación SOLVER del programa EXCEL'97.

A partir de la composición en agua y solutos de las rodajas de pera durante la rehidratación se obtuvo un coeficiente de pseudo-difusión. Para identificar el valor del coeficiente de difusión se llevó a cabo un análisis difusional, utilizándose la ecuación integrada de la 2ª ley de Fick (ec.11) para una lámina infinita y 10 términos de la solución en serie ($n = 10$). Para el cálculo de esta ecuación se consideró un valor medio del espesor ($l = 0,38$ cm) de las rodajas durante el proceso de rehidratación y un contenido inicial en agua de las muestras (x_{w0}). Este valor fue el correspondiente al contenido en agua de las muestras antes del proceso de rehidratación, siendo uniforme para las muestras no pretatadas y las pretratadas osmóticamente.

$$Y_t = \left[\frac{X_{wt} - X_{w0}}{X_{we} - X_{w0}} \right] = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n + 1)^2 \pi^2} \exp \left[- D_e t (2n + 1)^2 \pi^2 / 4l^2 \right] \quad (11)$$

Para identificar el valor del coeficiente de difusión (D_e) se llevó a cabo una optimización, minimizándose la suma de cuadrados de la diferencia entre las humedades (x_{wt}) experimentales y predichas de las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Anexo V se resumen las principales datos experimentales obtenidos en la rehidratación de las muestras

Influencia de la temperatura

La tabla 1 muestra los valores medios del contenido en humedad (x_w) y sólidos solubles (x_s), pérdida de solutos (ΔM_s), ganancia de agua (ΔM_w) y variación de masa (ΔM) de las rodajas de pera no pretratadas osmóticamente al final del proceso de rehidratación. En esta tabla también se indica el valor de estas variables en las muestras secas antes de la rehidratación. Los valores que se indican son resultado del ANOVA realizado para las diferentes repeticiones y temperaturas de secado y rehidratación, en las que no se encontraron diferencias significativas entre las muestras por lo que se consideran los valores medios y desviaciones.

Tabla 1.- Características de las rodajas de pera secas y rehidratadas.

| Muestra | x_w ⁽¹⁾ | x_s ⁽¹⁾ | ΔM_w ⁽²⁾ | ΔM_s ⁽²⁾ | ΔM ⁽²⁾ |
|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Seca | 0.089 ± 0.003 | 0.739 ± 0.003 | - | - | - |
| Rehidratada | 0.9292 ± 0.0102 | 0.039 ± 0.009 | 4.3 ± 0.3 | -0.68 ± 0.03 | 3.6 ± 0.3 |

⁽¹⁾ Referidos a b.h.

⁽²⁾ Referidos respecto al peso inicial de sólidos

Con los valores de estas variables a lo largo del proceso de rehidratación, al ajustar la ecuación de Peleg (1988) (ec.9) se obtienen los valores de las constantes k_1 y k_2 para cada uno de los ensayos realizados. En la figura 2 se puede observar un ejemplo de los resultados obtenidos del ajuste lineal para una de las experiencias de rehidratación de las muestras secadas a 65°C. En este ejemplo se indican además los coeficientes de correlación obtenidos para dos de las repeticiones a cada temperatura de rehidratación. En general los coeficientes de correlación, cercanos a 1 en la mayoría de los casos, demuestran el buen ajuste del modelo.

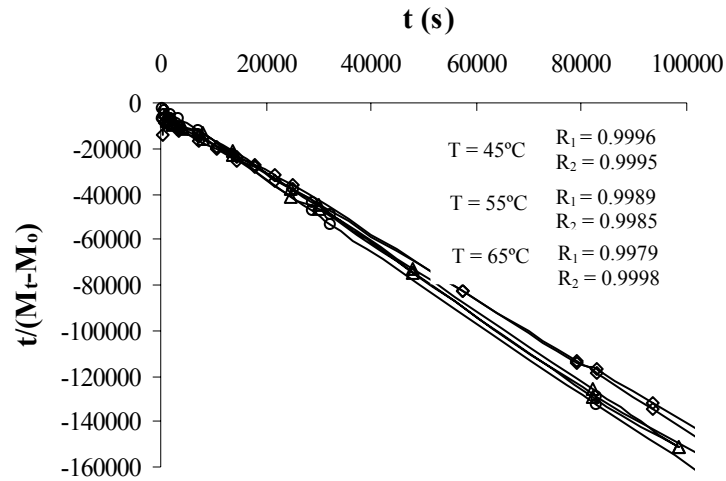
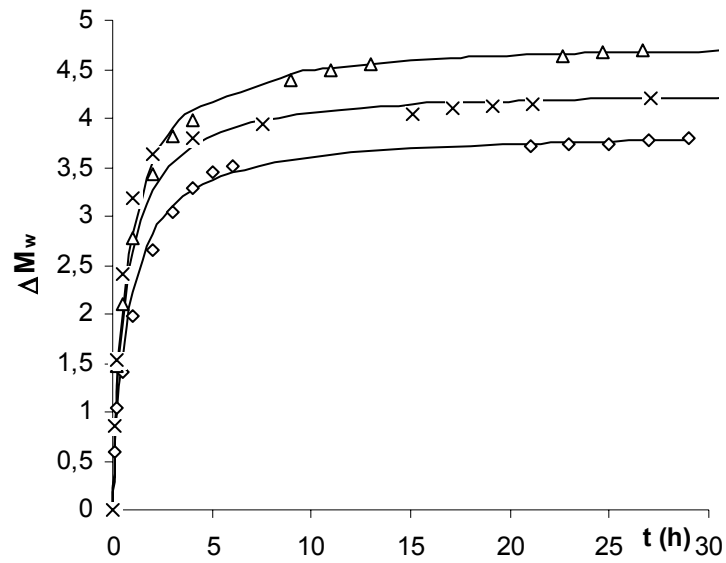


Figura 2.- Ejemplo de los valores del coeficiente de correlación (R_1 y R_2) obtenidos en el ajuste lineal para las diferentes temperaturas de rehidratación: 45°C (◇), 55°C (Δ) y 65°C (○).

Los resultados del ajuste sirvieron para obtener ecuaciones de predicción para cada una de las variables. En las figuras 3 a 6 se comparan los valores predichos por estas ecuaciones con los experimentales para las ganancias de agua (ΔM_w), pérdidas de solutos (ΔM_s), variación de masa (ΔM) y sólidos solubles de la fracción líquida (FL) de la fruta (z_s), respectivamente. En todos los casos se puede observar un buen nivel de correspondencia entre los valores experimentales y predichos con el modelo de Peleg.

Los datos experimentales se muestra en la tabla V.1 a V.6 del nexo V

(a)



(b)

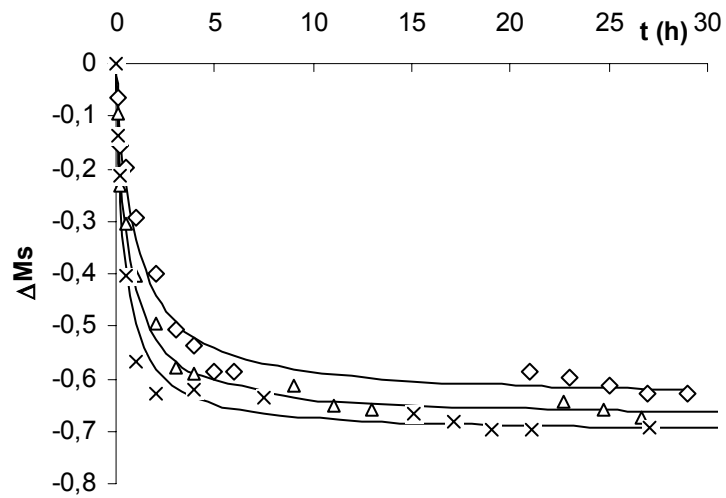
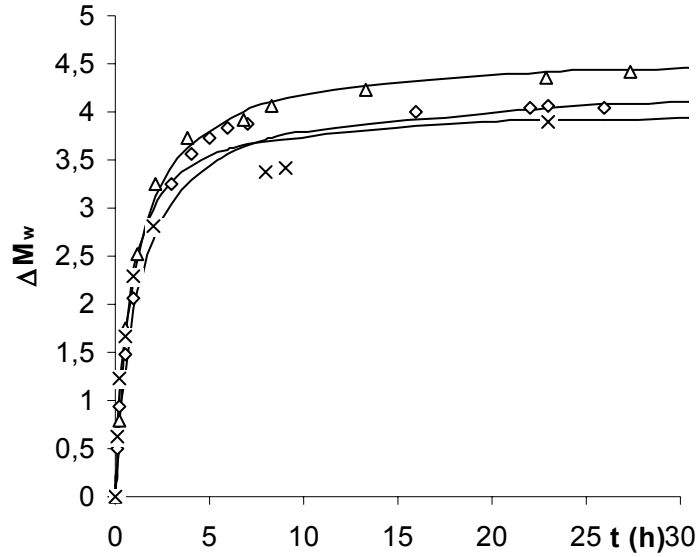


Figura 3.- Evolución de ΔM_w y ΔM_s respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras secadas a 45°C durante la rehidratación a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

(a)



(b)

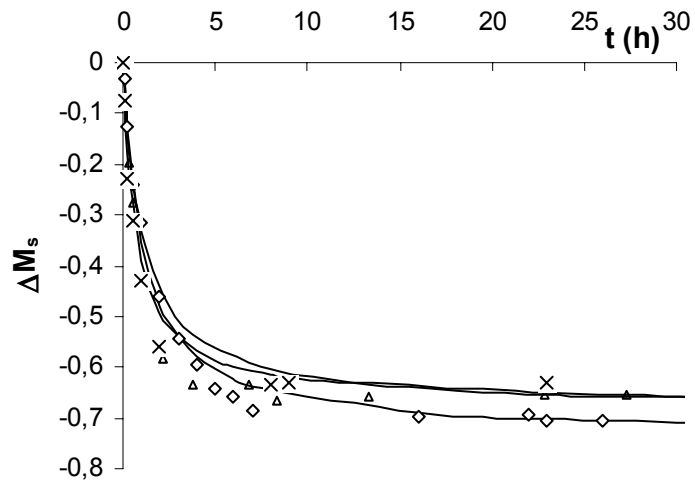
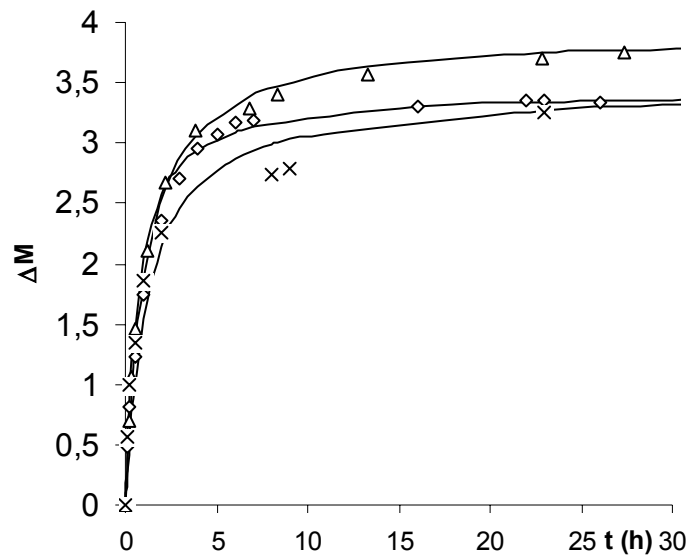


Figura 4.- Evolución de ΔM_w y ΔM_s respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras secadas a 65°C durante la rehidratación a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

(a)



(b)

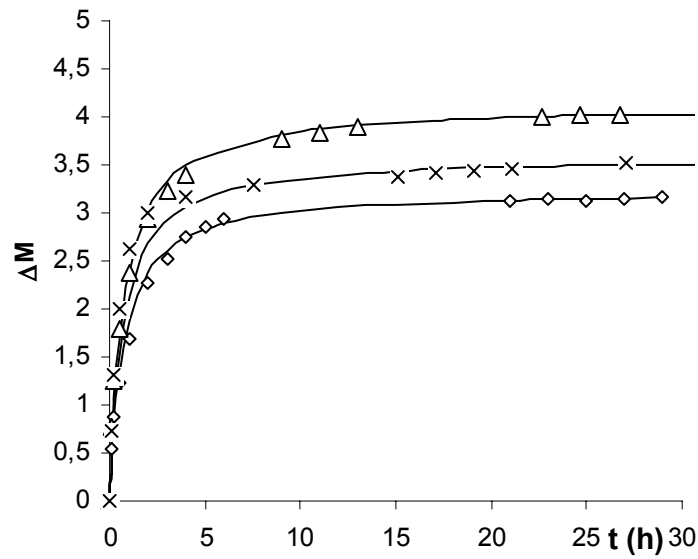


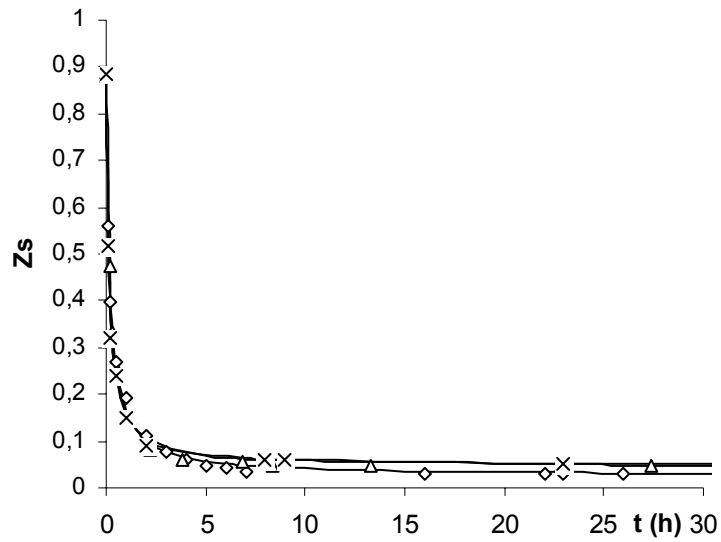
Figura 5.- Evolución de ΔM respecto al peso de los sólidos secos iniciales de la muestra seca a 45°C (a) y 65°C (b) durante la rehidratación a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

En general las temperaturas utilizadas en el secado y rehidratación influyen de forma diferente en la rehidratación posterior de las rodajas de pera, observándose una

capacidad de rehidratación ligeramente mayor en las que fueron secadas previamente a menor temperatura (45°C). En estas experiencias al aumentar la temperatura de rehidratación hasta 55°C aumenta tanto la ganancia de agua como la pérdida de solutos. Este hecho, es menos marcado en las muestras secadas a 65°C lo que podría estar relacionado con fenómenos de encostramiento superficial que dificultan la rehidratación posterior de las rodajas a altas temperaturas. En todos los casos se observan grandes ganancias de peso durante el proceso de rehidratación con una mayor ganancia de agua que pérdida de solutos de las muestras, que alcanzan al final del proceso (Tabla 1) contenidos en agua y solutos similares a los de las muestras frescas.

La fracción másica de solubles en la fracción líquida de la fruta (Figura 6) evoluciona en dos etapas: en una primera etapa (entorno a la hora de rehidratación) las muestras pierden la mayor parte de los sólidos solubles del proceso, con independencia de las temperaturas previas de secado y de rehidratación. A partir de este momento las muestras apenas sufren cambios hasta alcanzar su valor de equilibrio composicional, que en todos los casos es inferior a 0.1 g s.s./g FL.

(a)



(b)

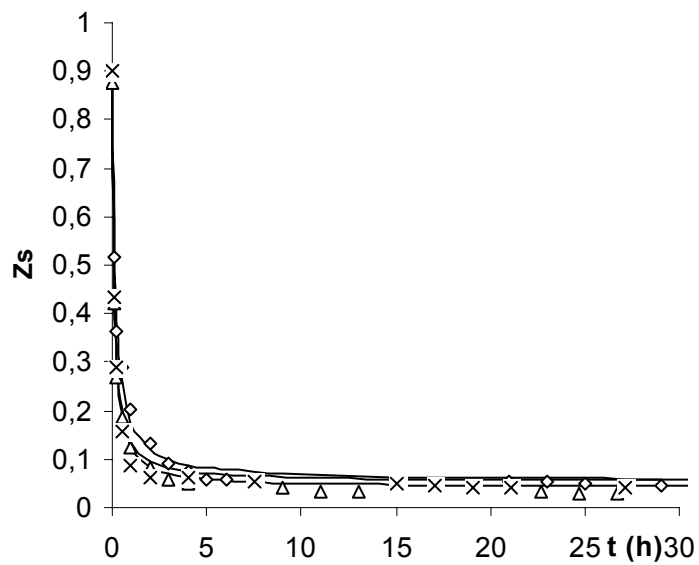


Figura 6.- Cambios de la z_s respecto a los sólidos solubles iniciales de la FL de las muestras secadas a 45°C (a) y 65°C (b) durante la rehidratación a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

En las tablas 2 a 5 se muestran los resultados del ANOVA y también se indican los grupos homogéneos según un *Multiple Range Test* para los valores medios y desviaciones de los parámetros del modelo de Peleg ajustados a ΔM_w , ΔM_s , ΔM y z_s , respectivamente, para los diferentes tratamientos de rehidratación.

Tabla 2.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la ΔM_w para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras secadas a 45 y 65°C.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | $K_2 \cdot 10^2$ | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | 45°C | 65°C | 45°C | 65°C |
| 45 | 6.92 ± 0.12 | 6.3 ± 0.5 ^a | 25.9 ± 0.4 ^a | 24.05 ± 0.13 ^b |
| 55 | 5.3 ± 0.3 | 8.7 ± 0.9 ^{ab} | 20.810 ± 0.014 ^b | 21.5 ± 0.2 ^a |
| 65 | 5.4 ± 1.2 | 10.0 ± 0.9 ^b | 23.2 ± 0.2 ^c | 23.5 ± 0.5 ^b |
| Dif. entre muestras | n.s. | (*) | (*) | (*) |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 3.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la ΔM_s para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras secadas a 45 y 65°C.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | $K_2 \cdot 10^2$ | |
|----------------------------|-----------------------|----------|---------------------------|----------------|
| | 45°C | 65°C | 45°C | 65°C |
| 45 | -51 ± 4 ^a | -53 ± 6 | -157 ± 3 ^a | -136.47 ± 0.07 |
| 55 | -30 ± 10 ^b | -71 ± 12 | -148 ± 6 ^{ab} | -146.0 ± 5 |
| 65 | -24 ± 2 ^b | -38 ± 8 | -139.8 ± 0.6 ^b | -148 ± 8 |
| Dif. entre muestras | (*) | n.s. | (*) | n.s. |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 4.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la ΔM para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras secadas a 45 y 65°C.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | $K_2 \cdot 10^2$ | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | 45°C | 65°C | 45°C | 65°C |
| 45 | 8.03 ± 0.12 | 7.1 ± 0.3 ^c | 31.0 ± 0.4 ^a | 29.2 ± 0.2 ^b |
| 55 | 6.3 ± 0.7 | 10.6 ± 0.9 ^a | 24.120 ± 0.014 ^b | 25.2 ± 0.3 ^a |
| 65 | 7 ± 2 | 13.1 ± 0.8 ^b | 27.8 ± 0.3 ^c | 28.0150 ± 1.0112 ^b |
| Dif. entre muestras | n.s. | (*) | (*) | (*) |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 5.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la z_s para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos solubles iniciales de la FL de las muestras secadas a 45 y 65°C.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | $K_2 \cdot 10^2$ | |
|----------------------------|---------------------|------------|------------------|--------------|
| | 45°C | 65°C | 45°C | 65°C |
| 45 | -7.31 ± 0.07 | -7.9 ± 1.5 | -117.72 ± 0.03 | -117.2 ± 0.7 |
| 55 | -4.6 ± 0.9 | -7.8 ± 1.4 | -118.3 ± 0.9 | -119.3 ± 0.2 |
| 65 | -4.7 ± 0.9 | -7.6 ± 0.9 | -119 ± 3 | -118 ± 2 |
| Dif. entre muestras | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

El análisis estadístico permite detectar las diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de rehidratación para las variables analizadas. En general la capacidad de hidratación es similar en ambos tipos de muestras, aunque las muestras secadas y rehidratadas a 45°C presentan una mayor capacidad de rehidratación que las secadas a 65°C. Las muestras secadas a 45°C se rehidratan a mayor velocidad a medida que aumenta la temperatura de rehidratación, mientras que en las muestras secadas a 65°C la velocidad disminuye con la temperatura de rehidratación por el posible efecto de encostramiento de las muestras ya comentado. En cuanto a las pérdidas de solutos, son ligeramente menores en las muestras secadas a mayor temperatura (65°C) debido probablemente a las dificultades causadas por la formación de la costra en las muestras, existiendo un efecto poco marcado de la temperatura en la velocidad de pérdida de

solutos. Sólo destacar que en las muestras secadas a 65°C al aumentar la temperatura de rehidratación a 65°C se reduce la pérdida de solutos en comparación con las muestras secadas a 45°C.

Investigaciones realizadas en brócoli demuestran que la capacidad de absorción de agua está relacionada con el contenido total de polisacáridos pécticos presentes en la pared celular de los tejidos, en concreto con las cadenas de pectina formadas por arabinosa, y en el efecto de la temperatura de rehidratación sobre la actividad de los enzimas pécticos (Femenia et al., 2000). Esto explicaría los resultados obtenidos en esta investigación en los que para un intervalo de temperaturas de rehidratación entre 20-80°C se observa una mayor capacidad de rehidratación de muestras de brócoli a temperaturas bajas.

En las peras el contenido péctico está relacionado tanto con la variedad como con el grado de madurez. Las peras de variedad Blanquilla tienen contenidos pécticos que oscilan entorno al 0.07-0.8 % en función de la madurez (Kadam et al., 1995) y las muestras de las experiencias tienen una fracción de insolubles que oscila entre el 1-3%. La mayor capacidad de hidratación de las muestras secadas a 45°C que a 65°C podría estar relacionada con la combinación de dos factores que ocurren en diferente medida a altas temperaturas: encostramiento superficial de las muestras y menor grado de degradación péctica por la mayor inactivación de los enzimas pécticos. Esto afectaría tanto a la capacidad de retención de agua como en la pérdida de solutos de las muestras en la rehidratación posterior que serán menores a altas temperaturas de secado y rehidratación. Sin embargo, estos fenómenos no ocurren en igual medida en las muestras previamente secadas a menor temperatura (45°C) en las que pueden existir, por acción enzimática, cambios estructurales en la fracción péctica de la pared celular, que además de aumentar su capacidad de absorción de agua, hacen que el aumento de la temperatura de rehidratación aumente su capacidad de hidratación.

Tal y como se indica en materiales y métodos, se determinó un coeficiente de pseudo-difusividad aplicando la ec. (11) tanto a los valores de fracción másica de agua (Tabla 6) como de los solutos (Tabla 7). En estas tablas se indican los resultados del ANOVA multifactorial realizado para analizar el efecto de las variables temperatura de secado y rehidratación.

En general se observan pocas diferencias de los valores de D_e por efecto de las diferentes temperaturas de secado de las muestras. En las muestras secadas a 45°C tanto la D_{we} como D_{se} aumentan ligeramente con la temperatura de rehidratación, mientras

que en las muestras secadas a 65°C ambas difusividades disminuyen ligeramente con la temperatura de rehidratación. Las tendencias en los valores de difusividad son coherentes con lo comentado anteriormente para la cinética de transferencia de agua y solutos, en las que se había observado una mayor capacidad de retención de agua en las muestras secadas a 45°C que en las secadas a 65°C.

Los valores de D_{we} obtenidos en las experiencias de rehidratación oscilaron entre $2.2-5.8 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, y fueron del mismo orden que los obtenidos en el secado de las peras (Capítulo II. Tabla 2) y que los obtenidos por otros autores en pera seca (Zogzas et al., 1996 y Park et al., 2001 y 2003) y en rodajas de manzana seca (Simal et al., 1997).

Tabla 6.- Valores del coeficiente de difusión para la fracción másica de agua ($D_{we} \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$) y resultados del ANOVA en función de la temperatura de rehidratación y secado.

| T rehidratación (°C) | T secado (°C) | | Dif. entre muestras |
|----------------------------|---------------|-----------------|---------------------|
| | 45 | 65 | |
| 45 | 3.7 ± 0.2 | 3.4 ± 0.4^a | n.s. |
| 55 | 3.5 ± 0.9 | 3.7 ± 0.2^a | n.s. |
| 65 | 5.6 ± 1.5 | 1.5 ± 0.3^b | n.s. |
| Dif. entre muestras | n.s. | (*) | |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos para la temperatura de rehidratación

Tabla 7.- Valores del coeficiente de difusión para la fracción másica de los solutos ($D_{se} \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$) y resultados del ANOVA en función de la temperatura de rehidratación y secado.

| T rehidratación (°C) | T secado (°C) | | Dif. entre muestras |
|----------------------------|---------------|------------|---------------------|
| | 45 | 65 | |
| 45 | 3.5 ± 0.2 | 3.2 ± 0.2 | n.s. |
| 55 | 4.1 ± 1.7 | 5.2 ± 0.16 | n.s. |
| 65 | 6.9 ± 3 | 1.6 ± 1.3 | n.s. |
| Dif. entre muestras | n.s. | n.s. | |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos para la temperatura de rehidratación

Influencia de la deshidratación osmótica (DO)

La tabla 8 muestra los valores en el equilibrio del contenido en humedad (x_w) y sólidos solubles (x_s), pérdida de solutos (ΔM_s), ganancia de agua (ΔM_w) y variación de masa (ΔM) de las rodajas de pera al final del proceso de rehidratación. Estos valores son el resultado del ANOVA realizado para las diferentes pretratamientos, en el que no se encontraron diferencias significativas al final del proceso de rehidratación por lo que se consideraron los valores medios. En esta tabla también se indica el valor medio y desviación de estas variables en las muestras secas antes de la rehidratación.

Tabla 8.- Características de las rodajas de pera, pretratadas osmóticamente, antes y después del proceso de rehidratación.

| Muestra | $X_w^{(1)}$ | $X_s^{(1)}$ | $\Delta M_w^{(2)}$ | $\Delta M_s^{(2)}$ | $\Delta M^{(2)}$ |
|-------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Seca | 0.14 ± 0.04 | 0.77 ± 0.05 | - | - | - |
| Rehidratada | 0.91 ± 0.02 | 0.04 ± 0.02 | 3.7 ± 0.4 | -0.82 ± 0.08 | 2.9 ± 0.4 |

⁽¹⁾ Referidos a b.h.

⁽²⁾ Referidos respecto al peso inicial de sólidos

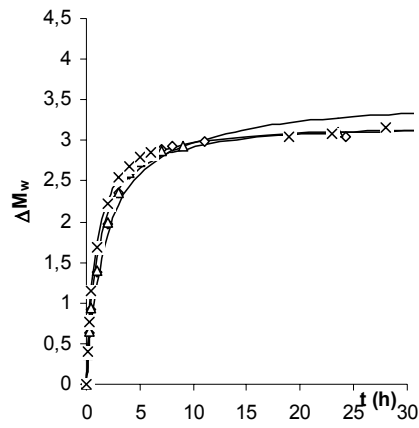
Con los valores de las diferentes variables obtenidas (z_s , ΔM_s , ΔM_w , ΔM), y al igual que en el apartado anterior, al ajustar la ecuación de Peleg (1988) (ec.9) se obtienen los valores de las constantes k_1 y k_2 . En este caso también se obtienen unos coeficientes de correlación cercanos a 1, lo que demuestra el buen ajuste del modelo.

Las figuras 7, 8, 9 y 10 presentan la evolución de ΔM_w , ΔM_s , ΔM , y z_s respectivamente, respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras pretratadas osmóticamente.

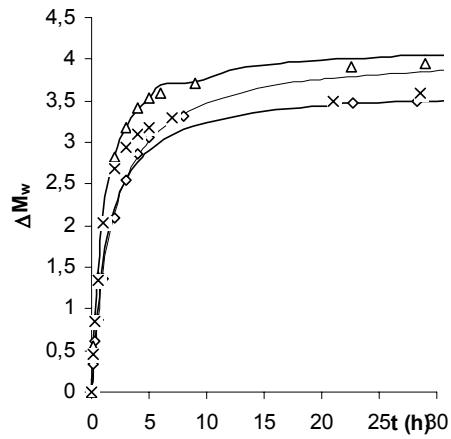
Los datos experimentales se muestran en la tabla V.7 a v15 del anexo V.

En general las figuras muestran pocas diferencias por efecto del pretratamiento osmótico, con ligeros aumentos de la retención de peso (figura 9) al aumentar el tiempo de pretratamiento osmótico debido a la mayor retención de agua y de solutos. Existe un efecto marcado de la temperatura de rehidratación, más acusado en las muestras pretratadas más tiempo, donde se observa una mayor retención de agua (figura 7) a 55°C de rehidratación y de solutos a 45°C (figura 8).

(a)



(b)



(c)

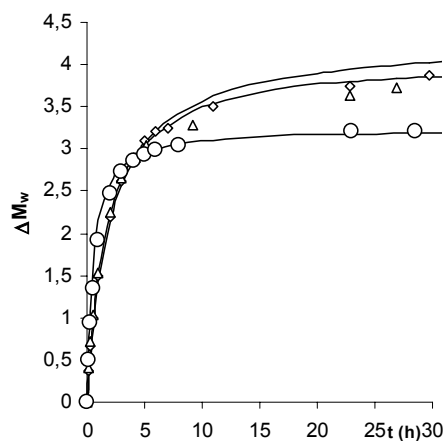
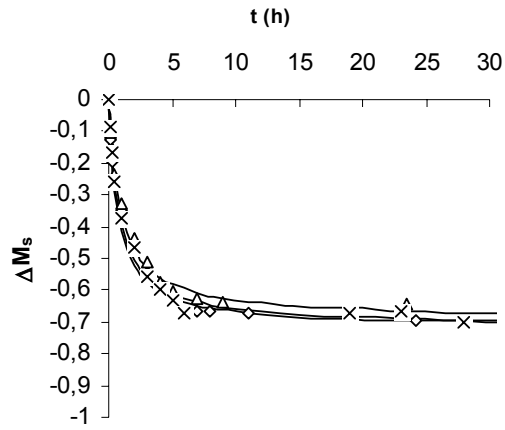
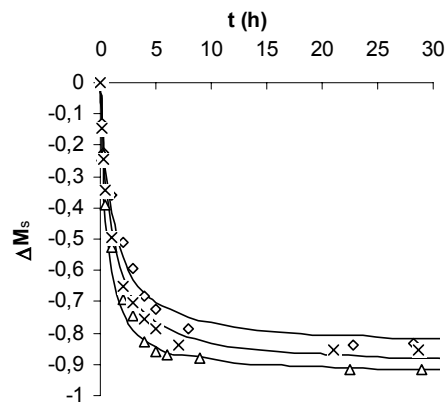


Figura 7.- Evolución de ΔM_w respecto al peso de los sólidos secos iniciales de la muestras pretratadas osmóticamente 0.5 h (a), 3 h (b) y 48 h (c) y rehidratadas a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

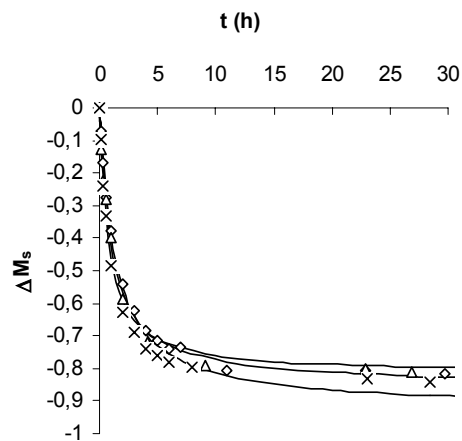
(a)



(b)

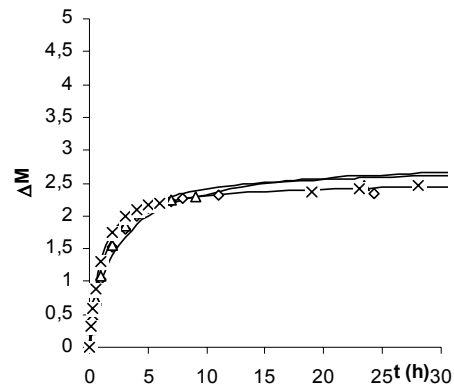


(c)

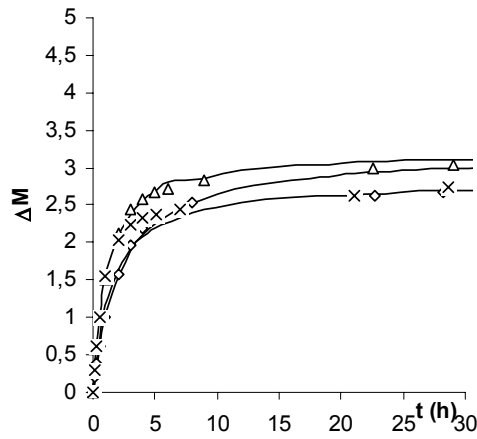


(a)

Figura 8.- Evolución de ΔM_s respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras pretratadas osmóticamente 0.5 h (a), 3 h (b) y 48 h (c) y rehidratadas a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).



(b)



(c)

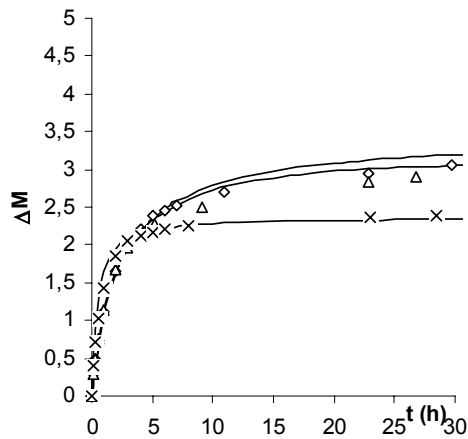
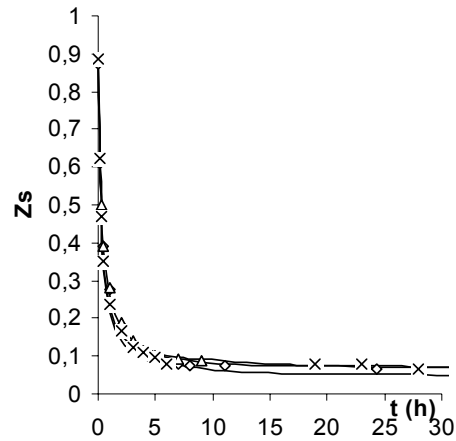
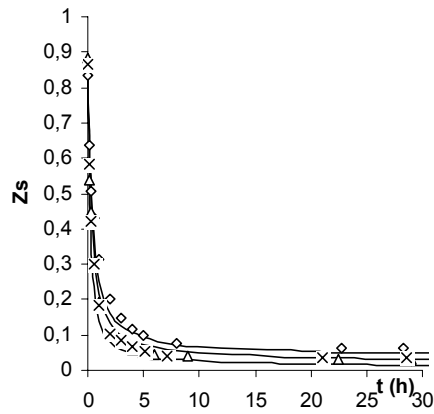


Figura 9.- Evolución de ΔM respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras pretratadas osmóticamente 0.5 h (a), 3 h (b) y 48 h (c) y rehidratadas a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

(a)



(b)



(c)

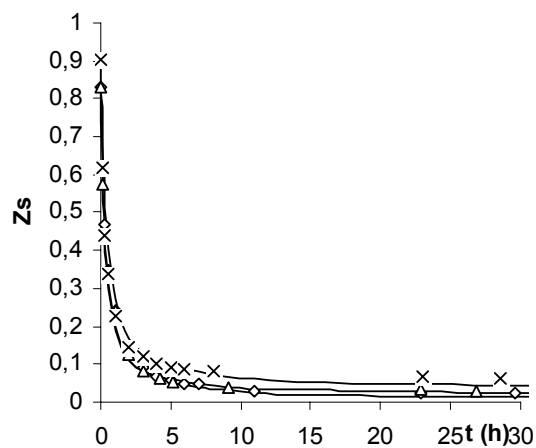


Figura 10.- Evolución de z_s respecto al peso de los sólidos solubles iniciales de la FL de las muestras pretratadas osmóticamente 0.5 h (a), 3 h (b) y 48 h (c) y rehidratadas a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

Al igual que en el apartado anterior, las muestras pierden la mayor parte de los sólidos solubles en la primera etapa del proceso (1 hora aprox.) hasta alcanzar niveles que oscilan entorno a 0.03 g s.s./g FL en los pretratamientos más largos y 0.06 g s.s./g FL en el tiempo más corto, con pocas diferencias para las distintas temperaturas de rehidratación (Figura 10).

En las tablas 9 a 12 se muestran los resultados del ANOVA y también se indican los grupos homogéneos según un *Multiple Range Test* para los valores medios y desviaciones de los parámetros del modelo de Peleg ajustados a ΔM_w , ΔM_s , ΔM y z_s para los diferentes tratamientos de rehidratación.

En la tabla 9 se observa que para la ganancia de agua ni la temperatura ni el tiempo de rehidratación tuvieron una influencia significativa en la constante de transporte k_1 , sin embargo ambos factores y sus interacciones afectaron significativamente a los valores de k_2 . La ganancia asintótica de agua aumenta con la temperatura de rehidratación pero en las muestras pretratadas osmóticamente durante 48 h disminuye entre 55 y 65°C. Estos resultados sugieren que el transporte de masa de agua y solutos es similar para todas las condiciones ensayadas, pero el contenido final de agua y solutos de las muestras depende de la temperatura. El tratamiento a una temperatura de rehidratación de 55°C implica una mayor capacidad de retención de agua y solutos, expresada por unidad de masa de sólidos secos en las muestras iniciales, no observándose apenas influencia del pretratamiento osmótico. En este sentido, se observan pocas pérdidas de solutos durante la rehidratación alcanzándose contenidos más altos de solutos en los pretratamientos más largos. Esto puede ser debido a las fuertes interacciones de los azúcares con la matriz celular en estos pretratamientos.

La variación de masa total de las muestras, analizada a través de las constantes k_1 y k_2 (tabla 11), indica una mayor pérdida de masa en las muestras pretratadas durante 48 h y rehidratadas a 65°C lo que parece estar relacionado con la menor retención de agua y solutos de estas muestras, especialmente de agua. En el equilibrio la retención de peso aumenta de 45 a 55°C, disminuyendo a 65°C en las muestras pretratadas osmóticamente durante 48 h.

Tabla 9.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la ΔM_w para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | | $K_2 \cdot 10^2$ | | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------|
| | 0.5h | 3h | 48h | 0.5h | 3h | 48h |
| 45 | 11.9 ± 0.4 | 12. ± 2.4 ^a | 16.8 ± 2.5 ^a | 30.9 ± 0.3 | 27.4 ± 0.3 ^a | 23.4 ± 0.5 |
| 55 | 18.5 ± 1.4 | 8.0 ± 0.3 ^{ab} | 14.7 ± 3.5 ^b | 28.5 ± 0.6 | 24.1 ± 0.5 ^a | 24.8 ± 0.5 |
| 65 | 9.58 ± 5.4 | 15.9 ± 1.6 ^b | 5.6 ± 2 ^b | 31.1 ± 0.09 | 24.2 ± 0.5 ^b | 30.9 ± 1.2 |
| Dif. entre muestras | n.s. | (*) | (*) | n.s. | (*) | n.s. |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 10.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la ΔM_s para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | | $K_2 \cdot 10^2$ | | |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|------------------|----------|---------------------------|
| | 0.5h | 3h | 48h | 0.5h | 3h | 48h |
| 45 | -37.5 ± 0.6 | 43.3 ± 12 | - 42.7 ± 4 ^a | -140 ± 6 | -116 ± 2 | - 117 ± 3 ^a |
| 55 | - 48 ± 6 | -21 ± 2 | - 29.3 ± 0.6 ^b | -145 ± 3 | -107 ± 5 | -120 ± 2 ^a |
| 65 | - 42 ± 7.8 | -37.3 ± 18.2 | - 52.5 ± 0.4 ^c | -140 ± 3 | 115 ± 6 | -109.0 ± 0.3 ^b |
| Dif. entre muestras | n.s. | n.s. | (*) | n.s. | n.s. | (*) |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 11.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la ΔM para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos secos iniciales de las muestras.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | | $K_2 \cdot 10^2$ | | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0.5h | 3h | 48h | 0.5h | 3h | 48h |
| 45 | 16.9 ± 0.6 | 17.4 ± 3 ^a | 24.1 ± 4.1 ^a | 39.69 ± 0.04 ^a | 35.8 ± 0.6 ^a | 29.1 ± 1.0 ^a |
| 55 | 26 ± 3 | 11.8 ± 0.9 ^a | 22.2 ± 5.6 ^b | 35.5 ± 0.7 ^b | 31.1 ± 1.3 ^a | 30.1 ± 1.2 ^a |
| 65 | 12 ± 8.3 | 24 ± 0.9 ^b | 6 ± 0.4 ^b | 40 ± 0.4 ^b | 31.2 ± 0.6 ^b | 43 ± 2 ^b |
| Dif. entre muestras | n.s. | (*) | (*) | (*) | (*) | (*) |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 12.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados a la z_s para los diferentes tratamientos de rehidratación respecto al peso de los sólidos solubles iniciales de la FL de las muestras.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | | | $K_2 \cdot 10^2$ | | |
|----------------------------|---------------------|-------------|--------------|------------------|---------------------------|----------------|
| | 0.5h | 3h | 48h | 0.5h | 3h | 48h |
| 45 | - 11.7 ± 0.7 | -17.3 ± 3.4 | - 13.5 ± 1.2 | -122.4 ± 1.4 | -128.5 ± 2.8 ^a | - 122.21 ± 0.6 |
| 55 | - 14.5 ± 1.2 | -7.5 ± 0.2 | - 6.4 ± 9 | -121 ± 0.7 | -116.5 ± 0.8 ^b | - 123.8 ± 1.7 |
| 65 | - 10.8 ± 3.5 | -12.3 ± 4.5 | - 15.8 ± 0.3 | -121.2 ± 1.06 | -118 ± 2.5 ^b | - 116.4 ± 1.14 |
| Dif. entre muestras | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | (*) | n.s. |

n.s.: $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

En las Tablas 13 y 14 se muestran los coeficientes de pseudo-difusividad obtenidos (ec. 11) para la fracción másica de agua y solutos, respectivamente. En estas tablas se indican los resultados del ANOVA multifactorial realizado para analizar el efecto de las variables temperatura de secado y rehidratación.

En general se observan pocas diferencias de los valores de D_e por efecto de los diferentes pretratamientos osmóticos realizados a las muestras, que no fueron significativos en las D_e calculadas para la fracción másica de agua. El valor más bajo de D_e se observa en las muestras pretratadas más tiempo y rehidratadas a más temperatura. En cuanto a la temperatura de rehidratación en general parecen observarse valores de D_e ligeramente mayores a 55°C tanto para el agua como para los solutos, lo que es coherente con lo comentado anteriormente para la cinética de transferencia de agua y solutos.

Los valores de D_{we} obtenidos en las experiencias de rehidratación fueron del mismo orden que los obtenidos en el secado de las peras (Capítulo II. Tabla 2) que los obtenidos por otros autores en pera seca (Zogzas et al., 1996 y Park et al., 2001 y 2003) y en rodajas de manzana seca (Simal et al., 1997).

Tabla 13.- Valores del coeficiente de difusión para la fracción másica del agua ($D_{we} \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$) de las muestras pretratadas osmóticamente. Resultados del ANOVA para las diferentes temperaturas de rehidratación.

| T rehidratación (°C) | t deshidratación (h) | | |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|-------------|
| | 0.5 h | 3 h | 48 h |
| 45 | 3.4 ± 0.0.12 | 2.3 ± 0.3 | 2.6 ± 1.2 |
| 55 | 2.6 ± 0.12 | 3 ± 0.2 | 2.4 ± 0.04 |
| 65 | 3.7 ± 0.9 | 2,4 ± 0.12 | 0.68 ± 0.02 |
| Dif. entre muestras | n.s. | n.s. | n.s. |

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 14.- Valores del coeficiente de difusión para la fracción másica de los solutos ($D_{se} \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$) de las muestras pretratadas osmóticamente. Resultados del ANOVA para las diferentes temperaturas de rehidratación.

| T rehidratación (°C) | t deshidratación (h) | | |
|----------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
| | 0.5 h | 3 h | 48 h |
| 45 | 3.7 ± 0.2 ^a | 1.8 ± 0.1 | 3.8 ± 0.4 ^a |
| 55 | 3.1 ± 0.1 ^{ab} | 3.5 ± 0.1 | 4.3 ± 1.3 ^b |
| 65 | 3.5 ± 0.1 ^b | 2.3 ± 1.7 | 0.5 ± 0.2 ^b |
| Dif. entre muestras | (*) | n.s. | (*) |

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

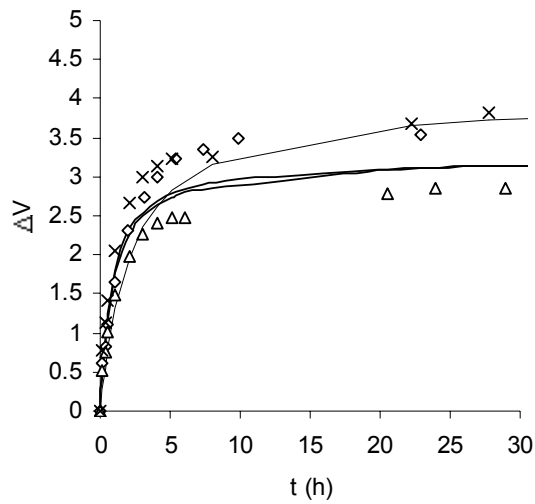
Por último, al comparar los resultados de rehidratación obtenidos entre las muestras pretratadas y no pretratadas, se observa que, en general, el aumento de peso es mayor en las muestras no pretratadas que en las pretratadas ya que el pretratamiento osmótico dificulta la rehidratación posterior por la impregnación superficial de las muestras con los azúcares de la solución con la que se ha realizado el tratamiento osmótico, de acuerdo con estudios anteriores (Lazárides et al., 1999). Esto hace que en la rehidratación disminuya la capacidad de absorción de agua y aumenta la pérdida de solutos de las muestras, siendo este efecto mayor a medida que aumentan los tiempos del pretratamiento osmótico (Lazárides et al., 1999).

Cambios de volumen durante la rehidratación

La absorción de agua por polímeros y la movilización de otros componentes materiales provocan el hinchazón de la matriz del tejido vegetal. Algunos estudios demuestran que el cambio de volumen de la materia prima siempre es proporcional a la cantidad de agua absorbida (McMinn y Magee, 1997; Lewicki, 1998). La variación de volumen es uno de los factores más importantes para determinar la calidad de un producto. Estudios sobre el aumento de volumen realizados en sémola y soja (Sila-Bhattacharya, 1995) reflejan que la temperatura de rehidratación ejerce una influencia notable sobre el volumen.

En las figuras 11 y 12 se muestran las variaciones de volumen respecto al volumen inicial de las muestras secadas (ΔV) a 45°C (Fig. 11.a) y 65°C (Fig. 11.b), y respecto al volumen inicial de las correspondientes muestras frescas (ΔV_{nr}) (Fig.12), respectivamente. En general se observan variaciones de volumen mayores a temperaturas de secado y rehidratación más altas.

(a)



(b)

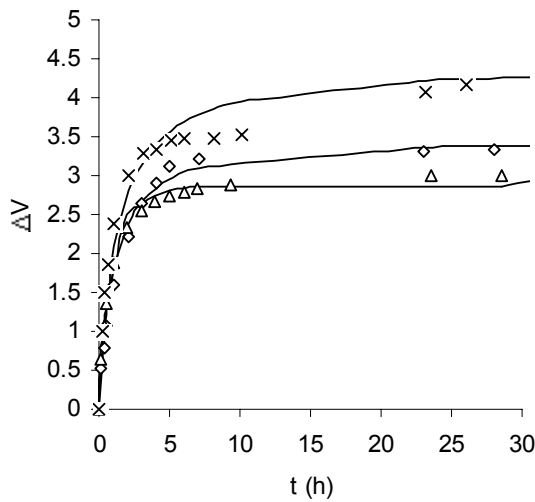


Figura 11.- Cambios del volumen respecto al peso inicial de las muestras secadas a 45 (a) y 65°C (b) durante la rehidratación a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times): comparación entre los valores predichos (línea continua) y experimentales (puntos).

Para modelizar los resultados de la variación del volumen ΔV se aplicó la ecuación de Peleg. En la figura 11 se comparan los valores predichos por el modelo y los experimentales. En todos los casos se puede observar un buen nivel de correspondencia entre ambos valores lo que demuestra la buena predicción del comportamiento del volumen con este modelo.

En las tablas 17 y 18 se muestran los resultados del ANOVA y también se indican los grupos homogéneos según un *Multiple Range Test* para los valores medios y desviaciones de los parámetros del modelo de Peleg ajustados al volumen para los diferentes tratamientos de rehidratación.

En general las variaciones de volumen reflejan un efecto poco marcado de las diferentes temperaturas de secado de las muestras, disminuyendo la velocidad de hidratación (aumento k_1) y aumentando el valor en el equilibrio (disminución k_2) a medida que aumenta la temperatura de rehidratación con diferencias significativas entre dichas temperaturas. Las variaciones de las constantes con la temperatura de rehidratación son mayores a 45°C de temperatura de secado que a 65°C en coherencia con lo descrito para la transferencia de agua y solutos.

Tabla 17.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados al volumen para las muestra secadas a 45°C en función de la temperatura de rehidratación.

| T rehidratación (°C) | $K_1 \cdot 10^{-2}$ | $K_2 \cdot 10^2$ |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 45 | 3.2 ± 0.7^a | 12 ± 2^b |
| 55 | 3.7 ± 0.2^a | 9.1 ± 0.8^{ab} |
| 65 | 5.5 ± 0.2^b | 8.25 ± 0.15^a |
| Dif. entre muestras | (*) | (*) |

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Tabla 18.- Valores de los parámetros del Modelo de Peleg ajustados al volumen para las muestras secadas a 65°C en función de la temperatura de rehidratación.

| T rehidratación (°C) | K₁·10⁻² | K₂·10² |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 45 | 2.984 ± 0.099 ^{ab} | 9.3 ± 0.4 |
| 55 | 2.4 ± 0.5 ^a | 9.825 ± 0.106 |
| 65 | 3.6 ± 0.2 ^b | 9.2 ± 0.7 |
| Dif. entre muestras | (*) | n.s. |

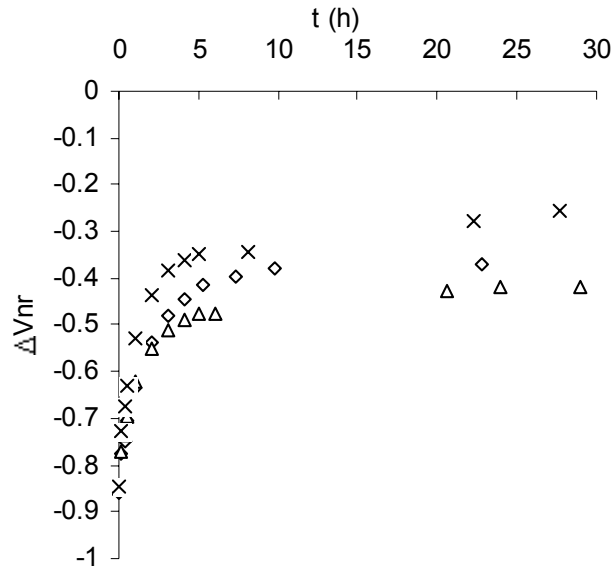
(n.s): $\alpha > 0.05$, no existen diferencias significativas entre las muestras comparadas

(*): $\alpha < 0.05$, existen diferencias significativas entre las muestras para un nivel de significación del 95%

a,b,c: grupos homogéneos

Para entender mejor el comportamiento de las muestras durante la rehidratación, y teniendo en cuenta la variación de volumen durante el secado, se calcularon las variaciones de volumen ΔV_{nr} (Figura 12). Este indica el volumen que van recuperando las muestras respecto al que tenían inicialmente y por tanto es un buen indicador de cuanto se ven afectadas las muestras por los tratamientos previos a su hidratación.

(a)



(b)

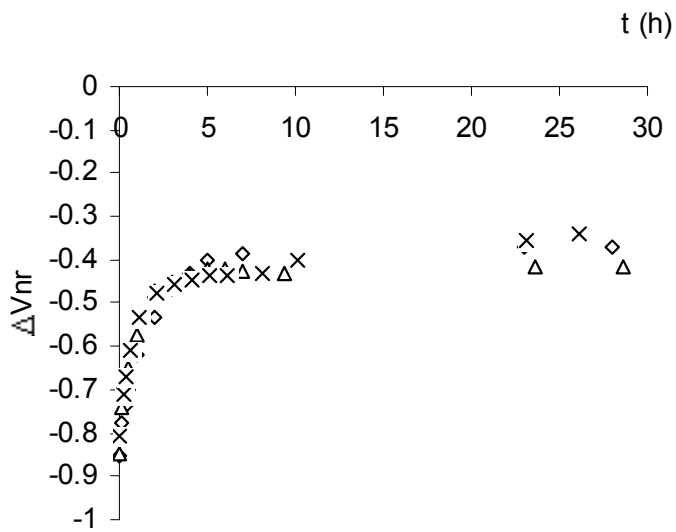


Figura 12.- Cambios del volumen respecto al peso inicial de las muestra frescas correspondientes a las experiencias de secado a 45 (a) y 65°C (b) durante la rehidratación a 45°C (\diamond), 55°C (Δ) y 65°C (\times).

En la figura 12 se puede observar como al final del proceso en ningún caso las muestras han sido capaces de recuperar totalmente su volumen inicial. Esta recuperación del volumen oscila entre 30-50% según las temperaturas de secado y rehidratación de las muestras, aunque sin grandes diferencias entre ellas.

CONCLUSIONES

El modelo de Peleg permite predecir el comportamiento de las variables analizadas durante la rehidratación tanto en las muestras pretratadas como no pretratadas osmóticamente.

La influencia de la temperatura de rehidratación es diferente según la temperatura utilizada en el secado de las muestras: hidratación ligeramente mayor en las muestras secadas y rehidratadas a menor temperatura. En estos casos pueden existir, por acción enzimática, cambios estructurales en la fracción péctica de la pared celular que aumenten su habilidad para la retención de agua.

El transporte de masa de agua y solutos apenas se vió afectado por el pretratamiento osmótico, alcanzándose contenidos más altos de solutos en los pretratamientos más largos lo que puede ser debido a las fuertes interacciones de los azúcares con la matriz celular.

El análisis de la cinética del proceso a través del coeficiente de difusividad efectiva refleja un comportamiento similar de la difusión del agua durante la rehidratación y el secado ya que los valores de D_{we} en la rehidratación son similares a los obtenidos en el secado de las peras. En general, los valores de D_e disminuyen en las muestras pretratadas osmóticamente, en coherencia con la disminución de la capacidad de hidratación por efecto de la impregnación superficial de las muestras con el pretratamiento osmótico.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Kader Z.M. (1995). Study of some factors affecting water absorption by faba beans during soaking. *Food Chemistry*, 53 (3), 235-238.
- Abu-Ghannam, N., McKenna, B. (1997). Hydration kinetics of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 62 (3), 520-523.
- AOAC Official Method of Analysis the Association of Official Analytical Chemists (1990), n° 934-06.
- Chafer, M., Sanchis, R., González-Martínez, C., Chiralt, A., Fito, P. (2003). Cinética de rehidratación de ciruelas pasas. En: *Ingeniería de Alimentos: Nuevas fronteras en el siglo XXI. Tomo II: Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas*, P. Fito, A. Mulet, A. Chiralt, A. Andrés. (Eds.), SPUPV, Valencia, España.
- Drouzas, A.E., Tsami, E., Saravacos, G.D. (1999). Microwave/vacuum drying of model fruit gels. *Journal of Food Engineering*, 39 (2), 117-122.
- Femenia, A., Bestard, M.J., Sanjuan, N., Rosselló, C., Mulet, A. (2000). Effect of rehydration temperature on the cell wall components of broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. Italica) plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 46, 157-163.
- Haros, M., Viollaz, P.E., Suarez, C. (1995). Effect of temperature and SO₂ on the rates of water absorption of three Maite hybrids. *Journal of Food Engineering*, 25 (4), 473-482.
- Hsu, K.H., Kim, C.J., Wilson, L.A. (1983). Factors affecting water uptake of soybeans during soaking. *Cereal Chemistry*, 60 (3), 208-211.
- Kadam, P., Dhumal, S.A.Y Shinde, N.N. (1995). *Fruit Science and Technology. Production, Composition, Storage, and Processing*. En: *Pear*. Marcel Dekker (Ed).. New York, Basel, Hong Kong. 11:183-202.
- Krokida, M.K., Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B. (1999). Viscoelastic behaviour of dehydrated products during rehydration. *Journal of Food Engineering*, 40, 269-277.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. (2000). Effect of frying conditions on shrinkage and porosity of fried potatoes. *Journal of Food Engineering*, 43 (3), 147-154.
- Lazárides, H.N., Fito, P., Chiralt, A., Gekas, V., Lenart, A. (1999). Advances in osmotic dehydration. En: *Minimal Processing of Food and Process Optimization*. Singh, R.P. y Oliveira, F.A.R. (Eds.), CRC Press, Boca-Ratón, 175-200.

- Lenart, A. 1991. Sorption properties of apple and carrot preserved by osmo-convection method. *Food Tecnology and Nutrition*, 19, 27.
- Lenart, A., Iwaniuk, B. (1993). Mass transfer during rehydration of dewatered apple, pumpkin and carrot. *Polish Journal of Food Nutrition and Science*, 2/43 (4), 69.
- Lewicki, P.P. (1998). Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration o plant tissue properties: a review. *International Journal o f Food Properties*, 1 (1), 1-22.
- Lewicki, P.P., Witrowa-Rajchert, D., Mariak, J. (1997). Changes of structure during rehydration of apples. *Journal of Food Engineering*, 32, 347-350.
- Lin, T.M., Durance, T.D., Scaman, C.H. (1998). Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31 (2), 111-117.
- Maharaj, V., Sankat, C.K. (2000). The rehydration characteristics and the quality of the dehydrated dasheen leaves. *Canadian Agriculture Engineering*, 42 (2), 81-85
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48 (2), 177-182.
- McMinn, W.A.M., Magee, T.R.A. (1996). Air drying kinetics of potato cylinders. *Drying Technology*, 14 (9), 2025-2040.
- McMinn, W.A.M., Magee, T.R.A. (1997). Quality and physical structure of dehydrated starch based system. *Drying Technology*, 15 (6/8), 1961-1971.
- Park, K.J., Yado, MKM., Brod, FPR. (2001). Drying studies of sliced pear Barlett (Pyrus sp.). *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 21(3), 288-292.
- Park, K.J.; Bin, A.; Brod, FPR. (2003). Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 56: 97-103.
- Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53(4):1216-1219.
- Pendington, S., Ward, J.P. (1965). Histological examination of some dried and freeze dried vegetables. *Proceeding of the First International Congress on Food Science and Technology*, 55-64.
- Ruiz, G., Martínez-Monzó, J., Fito, P., Chiralt, A. (2003). Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4, 203-209.
- Sancho C., Andrés A., Albors A. (1999). Diseño de un secador para la deshidratación de productos a temperaturas moderadas. Proyecto Final de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia.

- Sanjuan, N., Cárcel, J.A., Clemente, G. Mulet, A. (2001). Modelling of the rehydration process of broccolli florets. *Europe Food Research Technology*, 212, 449-453.
- Sanjuan, N., Simal, S., Bon, J., Mulet, A. (1999). Modelling of broccolli stems rehydration process. *Journal of Food Engineering*, 42, 27-31.
- Sila-Bhattacharya. (1995). Kinetics of hydration of raw and roasted corn semolina. *Journal of Food Engineering*, 25(1): 21-30
- Simal, E.; Deyá, M., Frau & Rodelló, C. (1997). Simple modelling of air curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apples cubes . *Journal of Food Engineering*, 33, 139-150.
- Singh, B.P.N., Kulshrestha, S.P. (1987). Kinetics of water sorption by soybean and pigeon pea grains. *Journal of Food Science*, 52 (6), 1538-1541.
- Sopade, P.A., Ajisegiri, E.S., Badau, M.H. (1992). The use of Peleg's equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. *Journal of Food Engineering*, 15:269-283.
- Sopade, P.A., Obepka, J.A. (1990). Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. *Journal of Food Science*, 55(4): 1084-1087.
- Zhang, T., Bakshi, A.S, Gustafson, R.J., Lund, D.B. (1984). Finite elements analysis of nonlinear water diffusion during rice soaking (Mathematical models). *Journal of Food Science*, 49, 246-250.
- Zogzas, N.P.; Maroulis, Z.B. ;Marinos-Kouris,D. (1996). Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. *Drying Technology*, 14 (10), 2225-2253.

Anexo I

Tabla I.1 Contenido en humedad (g/g b.s) de muestras de pera durante el SAC a diferentes temperaturas

| | T =35°C | T =45°C | T =55°C | T =65°C | T =75°C |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tiempo(min) | Xw(bs) | Xw(bs) | Xw(bs) | Xw(bs) | Xw(bs) |
| 0,00 | 4,8534 | 5,7238 | 5,4764 | 5,5239 | 5,4564 |
| 3,00 | 4,8382 | 5,6522 | 5,3817 | 5,3951 | 5,3092 |
| 6,00 | 4,8136 | 5,5784 | 5,2631 | 5,2841 | 5,1892 |
| 9,00 | 4,6425 | 5,5055 | 5,1663 | 5,1783 | 5,0487 |
| 12,00 | 4,4940 | 5,4243 | 5,0782 | 5,0747 | 4,9333 |
| 15,00 | 4,6454 | 5,3595 | 4,9833 | 4,9883 | 4,8130 |
| 18,00 | 4,6367 | 5,2882 | 4,8963 | 4,8962 | 4,7296 |
| 21,00 | 4,6197 | 5,2214 | 4,8267 | 4,8095 | 4,5919 |
| 24,00 | 4,5922 | 5,1607 | 4,7472 | 4,7333 | 4,4937 |
| 27,00 | 4,4727 | 5,0919 | 4,6836 | 4,6549 | 4,3757 |
| 30,00 | 4,4855 | 5,0404 | 4,6146 | 4,5762 | 4,2811 |
| 33,00 | 4,4157 | 4,9856 | 4,5473 | 4,5086 | 4,1858 |
| 36,00 | 4,3268 | 4,9280 | 4,4808 | 4,4353 | 4,0991 |
| 39,00 | 4,3436 | 4,8797 | 4,4241 | 4,3652 | 4,0229 |
| 42,00 | 4,3430 | 4,8310 | 4,3608 | 4,3003 | 3,9122 |
| 45,00 | 4,3463 | 4,7815 | 4,3096 | 4,2327 | 3,8546 |
| 48,00 | 4,2865 | 4,7366 | 4,2482 | 4,1686 | 3,7339 |
| 51,00 | 4,2042 | 4,6908 | 4,1931 | 4,1067 | 3,6491 |
| 54,00 | 4,1460 | 4,6549 | 4,1412 | 4,0402 | 3,5691 |
| 57,00 | 4,0974 | 4,6125 | 4,0826 | 3,9770 | 3,4829 |
| 60,00 | 4,1276 | 4,5624 | 4,0354 | 3,9233 | 3,3973 |
| 63,00 | 4,2038 | 4,5272 | 3,9867 | 3,8564 | 3,3228 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 66,00 | 4,1034 | 4,4861 | 3,9265 | 3,8027 | 3,2301 |
| 69,00 | 4,0441 | 4,4496 | 3,8756 | 3,7490 | 3,1571 |
| 72,00 | 3,9656 | 4,4175 | 3,8365 | 3,6876 | 3,0800 |
| 75,00 | 4,1174 | 4,3697 | 3,7748 | 3,6326 | 3,0135 |
| 78,00 | 3,9254 | 4,3412 | 3,7413 | 3,5798 | 2,9445 |
| 81,00 | 4,0305 | 4,3105 | 3,6976 | 3,5219 | 2,8708 |
| 84,00 | 3,9948 | 4,2677 | 3,6411 | 3,4744 | 2,7932 |
| 87,00 | 3,8592 | 4,2399 | 3,6050 | 3,4220 | 2,7222 |
| 90,00 | 3,9528 | 4,2097 | 3,5585 | 3,3657 | 2,6483 |
| 93,00 | 3,9229 | 4,1785 | 3,5243 | 3,3155 | 2,5785 |
| 96,00 | 3,9836 | 4,1494 | 3,4766 | 3,2691 | 2,5136 |
| 99,00 | 3,9051 | 4,1174 | 3,4324 | 3,2145 | 2,4774 |
| 102,00 | 3,8111 | 4,0853 | 3,3966 | 3,1617 | 2,4232 |
| 105,00 | 3,9254 | 4,0564 | 3,3578 | 3,1206 | 2,3519 |
| 108,00 | 3,8428 | 4,0147 | 3,3057 | 3,0696 | 2,2887 |
| 111,00 | 3,8529 | 3,9912 | 3,2673 | 3,0234 | 2,2360 |
| 114,00 | 3,7020 | 3,9731 | 3,2387 | 2,9779 | 2,1690 |
| 117,00 | 3,7483 | 3,9393 | 3,1973 | 2,9266 | 2,1061 |
| 120,00 | 3,7357 | 3,9054 | 3,1577 | 2,8864 | 2,0509 |
| 123,00 | 3,6860 | 3,8820 | 3,1231 | 2,8425 | 2,0120 |
| 126,00 | 3,5536 | 3,8260 | 3,0784 | 2,7908 | 1,9252 |
| 129,00 | 3,6431 | 3,8213 | 3,0319 | 2,7466 | 1,8632 |
| 132,00 | 3,6118 | 3,8043 | 3,0023 | 2,7072 | 1,8115 |
| 135,00 | 3,5810 | 3,7786 | 2,9719 | 2,6600 | 1,7553 |
| 138,00 | 3,5779 | 3,7515 | 2,9291 | 2,6167 | 1,6923 |
| 141,00 | 3,6228 | 3,7262 | 2,8965 | 2,5784 | 1,6380 |
| 144,00 | 3,6218 | 3,6947 | 2,8644 | 2,5312 | 1,5979 |
| 147,00 | 3,4785 | 3,6734 | 2,8311 | 2,4885 | 1,5479 |
| 150,00 | 3,5563 | 3,6482 | 2,7886 | 2,4496 | 1,5037 |
| 153,00 | 3,4720 | 3,6515 | 2,7551 | 2,4083 | 1,4483 |
| 156,00 | 3,4215 | 3,5922 | 2,7292 | 2,3707 | 1,3943 |
| 159,00 | 3,4317 | 3,5787 | 2,6941 | 2,3274 | 1,3424 |
| 162,00 | 3,4528 | 3,5439 | 2,6639 | 2,2839 | 1,2874 |
| 165,00 | 3,4277 | 3,5310 | 2,6306 | 2,2455 | 1,2468 |
| 168,00 | 3,4039 | 3,5078 | 2,5985 | 2,2099 | 1,1965 |
| 171,00 | 3,4397 | 3,4863 | 2,5641 | 2,1703 | 1,1657 |
| 174,00 | 3,3739 | 3,4473 | 2,5345 | 2,1286 | 1,1257 |
| 177,00 | 3,3337 | 3,4292 | 2,5029 | 2,0957 | 1,0994 |
| 180,00 | 3,3716 | 3,4076 | 2,4764 | 2,0548 | 1,0610 |
| 183,00 | 3,3459 | 3,3895 | 2,4387 | 2,0205 | 1,0116 |
| 186,00 | 3,3368 | 3,3708 | 2,4054 | 1,9828 | 0,9766 |
| 189,00 | 3,3096 | 3,3498 | 2,3808 | 1,9414 | 0,9358 |
| 192,00 | 3,3090 | 3,3284 | 2,3415 | 1,9057 | 0,8958 |
| 195,00 | 3,2664 | 3,3123 | 2,3089 | 1,8732 | 0,8718 |
| 198,00 | 3,2680 | 3,2801 | 2,2924 | 1,8358 | 0,9367 |
| 201,00 | 3,3039 | 3,2654 | 2,2584 | 1,8016 | 0,9043 |
| 204,00 | 3,2347 | 3,2435 | 2,2321 | 1,7667 | 0,8720 |
| 207,00 | 3,1353 | 3,2241 | 2,2024 | 1,7276 | 0,8379 |
| 210,00 | 3,2137 | 3,2067 | 2,1707 | 1,7002 | 0,8173 |
| 213,00 | 3,1957 | 3,1826 | 2,1463 | 1,6637 | 0,7866 |
| 216,00 | 3,1404 | 3,1641 | 2,1096 | 1,6284 | 0,7596 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 219,00 | 3,1551 | 3,1435 | 2,0840 | 1,6025 | 0,7311 |
| 222,00 | 3,1379 | 3,1124 | 2,0579 | 1,5658 | 0,7040 |
| 225,00 | 3,1201 | 3,1088 | 2,0244 | 1,5334 | 0,6902 |
| 228,00 | 3,1410 | 3,0903 | 2,0063 | 1,5033 | 0,6686 |
| 231,00 | 3,1601 | 3,0661 | 1,9735 | 1,4658 | 0,6386 |
| 234,00 | 3,1288 | 3,0467 | 1,9435 | 1,4335 | 0,6160 |
| 237,00 | 3,1189 | 3,0176 | 1,9258 | 1,4087 | 0,5884 |
| 240,00 | 3,1005 | 3,0061 | 1,8974 | 1,3778 | 0,5728 |
| 243,00 | 3,0342 | 2,9889 | 1,8709 | 1,3498 | 0,5492 |
| 246,00 | 2,9797 | 2,9700 | 1,8474 | 1,3195 | 0,5326 |
| 249,00 | 3,0182 | 2,9524 | 1,8100 | 1,2872 | 0,5063 |
| 252,00 | 3,0321 | 2,9276 | 1,7925 | 1,2589 | 0,4835 |
| 255,00 | 3,0621 | 2,9151 | 1,7651 | 1,2316 | 0,4794 |
| 258,00 | 2,9932 | 2,8948 | 1,7299 | 1,2000 | 0,4558 |
| 261,00 | 3,0052 | 2,8689 | 1,7148 | 1,1765 | 0,4466 |
| 264,00 | 2,9841 | 2,8553 | 1,6946 | 1,1494 | 0,4197 |
| 267,00 | 2,9584 | 2,8411 | 1,6602 | 1,1136 | 0,4164 |
| 270,00 | 3,0012 | 2,8222 | 1,6381 | 1,0915 | 0,4127 |
| 273,00 | 2,9433 | 2,8019 | 1,6194 | 1,0643 | 0,3845 |
| 276,00 | 2,9435 | 2,7838 | 1,5883 | 1,0351 | 0,3745 |
| 279,00 | 2,9122 | 2,7657 | 1,5639 | 1,0126 | 0,3693 |
| 282,00 | 2,9435 | 2,7475 | 1,5415 | 0,9878 | 0,3552 |
| 285,00 | 2,9497 | 2,7281 | 1,5071 | 0,9585 | 0,3482 |
| 288,00 | 2,8741 | 2,7183 | 1,4857 | 0,9348 | 0,3324 |
| 291,00 | 2,8859 | 2,6987 | 1,4687 | 0,9092 | 0,3230 |
| 294,00 | 2,8677 | 2,6748 | 1,4396 | 0,8853 | 0,3241 |
| 297,00 | 2,8227 | 2,6545 | 1,4180 | 0,8604 | 0,3035 |
| 300,00 | 2,8560 | 2,6473 | 1,3957 | 0,8327 | 0,3025 |
| 303,00 | 2,8438 | 2,6274 | 1,3566 | 0,8137 | 0,2954 |
| 306,00 | 2,8016 | 2,5963 | 1,3512 | 0,7910 | 0,2861 |
| 309,00 | 2,8395 | 2,5944 | 1,3208 | 0,7691 | 0,2822 |
| 312,00 | 2,8345 | 2,5847 | 1,2989 | 0,7452 | 0,2754 |
| 315,00 | 2,7937 | 2,5579 | 1,2833 | 0,7360 | 0,2726 |
| 318,00 | 2,7142 | 2,5464 | 1,2538 | 0,7130 | 0,2666 |
| 321,00 | 2,7867 | 2,5270 | 1,2387 | 0,6933 | 0,2590 |
| 324,00 | 2,7800 | 2,5134 | 1,2203 | 0,6737 | 0,2628 |
| 327,00 | 2,6823 | 2,5103 | 1,1924 | 0,6436 | 0,2458 |
| 330,00 | 2,6839 | 2,4841 | 1,1738 | 0,6244 | 0,2517 |
| 333,00 | 2,8026 | 2,4636 | 1,1528 | 0,6083 | 0,2392 |
| 336,00 | 2,7527 | 2,4509 | 1,1296 | 0,5771 | 0,2415 |
| 339,00 | 2,7115 | 2,4333 | 1,1070 | 0,5632 | 0,2281 |
| 342,00 | 2,6535 | 2,4189 | 1,0916 | 0,5446 | 0,2261 |
| 345,00 | 2,6690 | 2,3968 | 1,0672 | 0,5312 | 0,2181 |
| 348,00 | 2,7059 | 2,3850 | 1,0472 | 0,5046 | 0,2183 |
| 351,00 | 2,6951 | 2,3717 | 1,0223 | 0,4848 | 0,2156 |
| 354,00 | 2,5033 | 2,3652 | 1,0014 | 0,4819 | 0,2158 |
| 357,00 | 2,6556 | 2,3381 | 0,9851 | 0,4582 | 0,2091 |
| 360,00 | 2,6367 | 2,3324 | 0,9537 | 0,4450 | 0,2036 |
| 363,00 | 2,6363 | 2,3040 | 0,9423 | 0,4253 | 0,2108 |
| 366,00 | 2,6417 | 2,2981 | 0,9307 | 0,4118 | 0,2050 |
| 369,00 | 2,6187 | 2,2837 | 0,9067 | 0,4070 | 0,1983 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 372,00 | 2,5692 | 2,2715 | 0,8811 | 0,3902 | 0,2018 |
| 375,00 | 2,5951 | 2,2613 | 0,8679 | 0,3745 | 0,1973 |
| 378,00 | 2,6286 | 2,2424 | 0,8444 | 0,3564 | 0,1958 |
| 381,00 | 2,5694 | 2,2264 | 0,8307 | 0,3456 | 0,1927 |
| 384,00 | 2,5686 | 2,2155 | 0,8125 | 0,3283 | 0,1903 |
| 387,00 | 2,5213 | 2,1961 | 0,7909 | 0,3250 | 0,1887 |
| 390,00 | 2,5422 | 2,1814 | 0,7804 | 0,3062 | 0,1887 |
| 393,00 | 2,5246 | 2,1758 | 0,7585 | 0,2967 | 0,1941 |
| 396,00 | 2,5313 | 2,1618 | 0,7420 | 0,2936 | 0,1900 |
| 399,00 | 2,5841 | 2,1431 | 0,7244 | 0,2788 | 0,1858 |
| 402,00 | 2,5305 | 2,1237 | 0,7083 | 0,2696 | 0,1780 |
| 405,00 | 2,4936 | 2,1099 | 0,6943 | 0,2605 | 0,1789 |
| 408,00 | 2,4915 | 2,1029 | 0,6734 | 0,2494 | 0,1775 |
| 411,00 | 2,4588 | 2,0840 | 0,6620 | 0,2446 | 0,1817 |
| 414,00 | 2,4379 | 2,0761 | 0,6518 | 0,2357 | 0,1740 |
| 417,00 | 2,4227 | 2,0555 | 0,6304 | 0,2287 | 0,1769 |
| 420,00 | 2,4623 | 2,0415 | 0,6169 | 0,2223 | 0,1710 |
| 423,00 | 2,4432 | 2,0399 | 0,6057 | 0,2139 | 0,1697 |
| 426,00 | 2,4234 | 2,0122 | 0,5890 | 0,2103 | 0,1717 |
| 429,00 | 2,3794 | 2,0077 | 0,5748 | 0,2037 | 0,1705 |
| 432,00 | 2,4122 | 1,9948 | 0,5594 | 0,1989 | 0,1671 |
| 435,00 | 2,4066 | 1,9695 | 0,5390 | 0,1918 | 0,1689 |
| 438,00 | 2,3869 | 1,9666 | 0,5364 | 0,1931 | 0,1719 |
| 441,00 | 2,2858 | 1,9558 | 0,5264 | 0,1825 | 0,1744 |
| 444,00 | 2,3648 | 1,9443 | 0,5038 | 0,1781 | 0,1687 |
| 447,00 | 2,3619 | 1,9219 | 0,4936 | 0,1750 | 0,1709 |
| 450,00 | 2,2935 | 1,9255 | 0,4873 | 0,1699 | 0,1616 |
| 453,00 | 2,3608 | 1,8973 | 0,4701 | 0,1670 | 0,1700 |
| 456,00 | 2,3233 | 1,8854 | 0,4489 | 0,1655 | 0,1647 |
| 459,00 | 2,3316 | 1,8793 | 0,4480 | 0,1586 | 0,1662 |
| 462,00 | 2,3318 | 1,8628 | 0,4341 | 0,1575 | 0,1548 |
| 465,00 | 2,2879 | 1,8522 | 0,4261 | 0,1540 | 0,1641 |
| 468,00 | 2,3001 | 1,8425 | 0,4224 | 0,1491 | 0,1597 |
| 471,00 | 2,3204 | 1,8271 | 0,4075 | 0,1491 | 0,1612 |
| 474,00 | 2,2757 | 1,8138 | 0,3996 | 0,1485 | 0,1684 |
| 477,00 | 2,2457 | 1,8034 | 0,3938 | 0,1410 | 0,1549 |
| 480,00 | 2,3049 | 1,7949 | 0,3831 | 0,1403 | 0,1566 |
| 483,00 | 2,2773 | 1,7788 | 0,3740 | 0,1383 | 0,1606 |
| 486,00 | 2,1740 | 1,7698 | 0,3689 | 0,1374 | 0,1524 |
| 489,00 | 2,2498 | 1,7524 | 0,3629 | 0,1323 | 0,1576 |
| 492,00 | 2,2291 | 1,7420 | 0,3498 | 0,1319 | 0,1508 |
| 495,00 | 2,2204 | 1,7287 | 0,3429 | 0,1264 | 0,1526 |
| 498,00 | 2,1435 | 1,7195 | 0,3364 | 0,1293 | 0,1503 |
| 501,00 | 2,1908 | 1,6935 | 0,3368 | 0,1275 | 0,1561 |
| 504,00 | 2,0582 | 1,6877 | 0,3359 | 0,1237 | 0,1538 |
| 507,00 | 2,1640 | 1,6816 | 0,3187 | 0,1211 | 0,1541 |
| 510,00 | 2,1756 | 1,6714 | 0,3110 | 0,1246 | 0,1506 |
| 513,00 | 2,1922 | 1,6599 | 0,3026 | 0,1173 | 0,1506 |
| 516,00 | 2,1259 | 1,6391 | 0,3022 | 0,1127 | 0,1564 |
| 519,00 | 2,1595 | 1,6394 | 0,2961 | 0,1220 | 0,1528 |
| 522,00 | 2,1437 | 1,6272 | 0,2859 | 0,1109 | 0,1459 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 525,00 | 2,1127 | 1,6143 | 0,2847 | 0,1142 | 0,1513 |
| 528,00 | 2,1336 | 1,6021 | 0,2775 | 0,1151 | 0,1476 |
| 531,00 | 2,0974 | 1,5906 | 0,2698 | 0,1111 | 0,1491 |
| 534,00 | 2,1311 | 1,5818 | 0,2703 | 0,1098 | 0,1443 |
| 537,00 | 2,1353 | 1,5703 | 0,2687 | 0,1094 | 0,1451 |
| 540,00 | 2,1272 | 1,5547 | 0,2545 | 0,1036 | 0,1508 |
| 543,00 | 2,1164 | 1,5405 | 0,2582 | 0,1052 | 0,1416 |
| 546,00 | 2,0719 | 1,5387 | 0,2545 | 0,1091 | 0,1463 |
| 549,00 | 2,0727 | 1,5274 | 0,2435 | 0,1038 | 0,1436 |
| 552,00 | 2,1301 | 1,5175 | 0,2375 | 0,1023 | 0,1523 |
| 555,00 | 2,0872 | 1,4929 | 0,2410 | 0,1058 | 0,1430 |
| 558,00 | 2,0452 | 1,4915 | 0,2335 | 0,1038 | 0,1488 |
| 561,00 | 2,0410 | 1,4694 | 0,2261 | 0,1010 | 0,1461 |
| 564,00 | 2,0872 | 1,4726 | 0,2291 | 0,0996 | 0,1471 |
| 567,00 | 2,0400 | 1,4606 | 0,2203 | 0,1021 | 0,1425 |
| 570,00 | 2,0255 | 1,4541 | 0,2221 | 0,0983 | 0,1451 |
| 573,00 | 2,1019 | 1,4394 | 0,2252 | 0,0959 | 0,1479 |
| 576,00 | 1,9596 | 1,4329 | 0,2070 | 0,1032 | 0,1416 |
| 579,00 | 2,0104 | 1,4195 | 0,2096 | 0,0935 | 0,1486 |
| 582,00 | 1,9575 | 1,4135 | 0,2131 | 0,0937 | 0,1391 |
| 585,00 | 1,9809 | 1,4019 | 0,1998 | 0,0966 | 0,1421 |
| 588,00 | 2,0004 | 1,3916 | 0,2073 | 0,0948 | 0,1378 |
| 591,00 | 1,9743 | 1,3767 | 0,2066 | 0,0930 | 0,1375 |
| 594,00 | 1,9708 | 1,3728 | 0,1959 | 0,0913 | 0,1415 |
| 597,00 | 1,9435 | 1,3552 | 0,1980 | 0,0888 | 0,1378 |
| 600,00 | 1,9468 | 1,3478 | 0,1987 | 0,0895 | 0,1395 |
| 603,00 | 1,9176 | 1,3336 | 0,1870 | 0,0868 | 0,1378 |
| 606,00 | 1,9267 | 1,3218 | 0,1852 | 0,0893 | 0,1376 |
| 609,00 | 1,9263 | 1,3139 | 0,1919 | 0,0915 | 0,1420 |
| 612,00 | 1,9113 | 1,3013 | 0,1798 | 0,0884 | 0,1411 |
| 615,00 | 1,8780 | 1,2929 | 0,1761 | 0,0899 | 0,1431 |
| 618,00 | 1,8788 | 1,2796 | 0,1840 | 0,0875 | 0,1398 |
| 621,00 | 1,8515 | 1,2756 | 0,1826 | 0,0866 | 0,1340 |
| 624,00 | 1,8672 | 1,2701 | 0,1759 | 0,0882 | 0,1330 |
| 627,00 | 1,8536 | 1,2543 | 0,1803 | 0,0853 | 0,1371 |
| 630,00 | 1,8761 | 1,2458 | 0,1696 | 0,0815 | 0,1325 |
| 633,00 | 1,8521 | 1,2376 | 0,1696 | 0,0871 | 0,1401 |
| 636,00 | 1,8722 | 1,2241 | 0,1703 | 0,0820 | 0,1385 |
| 639,00 | 1,8602 | 1,2178 | 0,1647 | 0,0833 | 0,1312 |
| 642,00 | 1,8184 | 1,2128 | 0,1710 | 0,0829 | 0,1365 |
| 645,00 | 1,8082 | 1,1966 | 0,1642 | 0,0815 | 0,1380 |
| 648,00 | 1,8285 | 1,1887 | 0,1638 | 0,0787 | 0,1358 |
| 651,00 | 1,8277 | 1,1778 | 0,1598 | 0,0806 | 0,1375 |
| 654,00 | 1,7608 | 1,1693 | 0,1593 | 0,0829 | 0,1320 |
| 657,00 | 1,7978 | 1,1659 | 0,1563 | 0,0820 | 0,1298 |
| 660,00 | 1,7805 | 1,1519 | 0,1554 | 0,0784 | 0,1368 |
| 663,00 | 1,7705 | 1,1395 | 0,1559 | 0,0795 | 0,1280 |
| 666,00 | 1,7728 | 1,1255 | 0,1591 | 0,0789 | 0,1336 |
| 669,00 | 1,7738 | 1,1268 | 0,1533 | 0,0809 | 0,1336 |
| 672,00 | 1,6991 | 1,1137 | 0,1500 | 0,0769 | 0,1373 |
| 675,00 | 1,7589 | 1,1018 | 0,1547 | 0,0767 | 0,1258 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 678,00 | 1,7295 | 1,0984 | 0,1298 | 0,0773 | 0,1328 |
| 681,00 | 1,7123 | 1,0882 | 0,1452 | 0,0745 | 0,1305 |
| 684,00 | 1,6817 | 1,0781 | 0,1489 | 0,0778 | 0,1348 |
| 687,00 | 1,7365 | 1,0695 | 0,1426 | 0,0745 | 0,1323 |
| 690,00 | 1,6812 | 1,0614 | 0,1582 | 0,0756 | 0,1248 |
| 693,00 | 1,6939 | 1,0501 | 0,1447 | 0,0742 | 0,1358 |
| 696,00 | 1,7210 | 1,0395 | 0,1412 | 0,0773 | 0,1361 |
| 699,00 | 1,6719 | 1,0323 | 0,1531 | 0,0769 | 0,1351 |
| 702,00 | 1,7196 | 1,0237 | 0,1456 | 0,0793 | 0,1385 |
| 705,00 | 1,6556 | 1,0117 | 0,1344 | 0,0742 | 0,1253 |
| 708,00 | 1,6502 | 1,0068 | 0,1389 | 0,0806 | 0,1351 |
| 711,00 | 1,6630 | 0,9959 | 0,1412 | 0,0760 | 0,1272 |
| 714,00 | 1,6423 | 0,9910 | 0,1368 | 0,0729 | 0,1361 |
| 717,00 | 1,6524 | 0,9740 | 0,1333 | 0,0681 | 0,1277 |
| 720,00 | 1,6595 | 0,9650 | 0,1412 | 0,0731 | 0,1338 |
| 723,00 | 1,6278 | 0,9621 | 0,1365 | 0,0687 | 0,1272 |
| 726,00 | 1,6274 | 0,9515 | 0,1384 | 0,0700 | 0,1260 |
| 729,00 | 1,6247 | 0,9472 | 0,1331 | 0,0729 | 0,1252 |
| 732,00 | 1,6193 | 0,9418 | 0,1300 | 0,0683 | 0,1272 |
| 735,00 | 1,5996 | 0,9325 | 0,1265 | 0,0700 | 0,1285 |
| 738,00 | 1,4948 | 0,9237 | 0,1354 | 0,0694 | 0,1293 |
| 741,00 | 1,5735 | 0,9050 | 0,1324 | 0,0696 | 0,1265 |
| 744,00 | 1,5468 | 0,9068 | 0,1244 | 0,0674 | 0,1257 |
| 747,00 | 1,5918 | 0,8930 | 0,1298 | 0,0696 | 0,1223 |
| 750,00 | 1,5684 | 0,8883 | 0,1275 | 0,0663 | 0,1302 |
| 753,00 | 1,5108 | 0,8781 | 0,1275 | 0,0683 | 0,1243 |
| 756,00 | 1,5752 | 0,8781 | 0,1324 | 0,0694 | 0,1230 |
| 759,00 | 1,5497 | 0,8682 | 0,1207 | 0,0667 | 0,1240 |
| 762,00 | 1,4656 | 0,8535 | 0,1258 | 0,0658 | 0,1282 |
| 765,00 | 1,4894 | 0,8474 | 0,1291 | 0,0738 | 0,1285 |
| 768,00 | 1,5365 | 0,8416 | 0,1200 | 0,0656 | 0,1346 |
| 771,00 | 1,5087 | 0,8265 | 0,1207 | 0,0665 | 0,1235 |
| 774,00 | 1,4994 | 0,8228 | 0,1293 | 0,0654 | 0,1307 |
| 777,00 | 1,4451 | 0,8174 | 0,1228 | 0,0645 | 0,1227 |
| 780,00 | 1,4988 | 0,8030 | 0,1244 | 0,0647 | 0,1280 |
| 783,00 | 1,4637 | 0,8007 | 0,1296 | 0,0689 | 0,1213 |
| 786,00 | 1,4532 | 0,7969 | 0,1189 | 0,0669 | 0,1348 |
| 789,00 | 1,5122 | 0,7800 | 0,1237 | 0,0632 | 0,1320 |
| 792,00 | 1,4323 | 0,7813 | 0,1130 | 0,0687 | 0,1348 |
| 795,00 | 1,4281 | 0,7743 | 0,1277 | 0,0645 | 0,1320 |
| 798,00 | 1,4540 | 0,7657 | 0,1251 | 0,0614 | 0,1262 |
| 801,00 | 1,4768 | 0,7524 | 0,1224 | 0,0650 | 0,1203 |
| 804,00 | 1,4339 | 0,7497 | 0,1235 | 0,0625 | 0,1228 |
| 807,00 | 1,4221 | 0,7479 | 0,1261 | 0,0636 | 0,1240 |
| 810,00 | 1,3179 | 0,7366 | 0,1198 | 0,0683 | 0,1215 |
| 813,00 | 1,3442 | 0,7274 | 0,1333 | 0,0641 | 0,1250 |
| 816,00 | 1,4082 | 0,7242 | 0,1254 | 0,0603 | 0,1277 |
| 819,00 | 1,4111 | 0,7238 | 0,1172 | 0,0630 | 0,1285 |
| 822,00 | 1,3743 | 0,7107 | 0,1251 | 0,0656 | 0,1263 |
| 825,00 | 1,3850 | 0,6980 | 0,1214 | 0,0616 | 0,1212 |
| 828,00 | 1,4186 | 0,6985 | 0,1156 | 0,0619 | 0,1242 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 831,00 | 1,3656 | 0,6940 | 0,1221 | 0,0614 | 0,1285 |
| 834,00 | 1,3563 | 0,6856 | 0,1237 | 0,0621 | 0,1208 |
| 837,00 | 1,3569 | 0,6719 | 0,1154 | 0,0650 | 0,1210 |
| 840,00 | 1,3287 | 0,6714 | 0,1177 | 0,0656 | 0,1238 |
| 843,00 | 1,3786 | 0,6608 | 0,1182 | 0,0603 | 0,1222 |
| 846,00 | 1,3538 | 0,6529 | 0,1189 | 0,0605 | 0,1160 |
| 849,00 | 1,3146 | 0,6495 | 0,1114 | 0,0643 | 0,1127 |
| 852,00 | 1,2529 | 0,6398 | 0,1198 | 0,0586 | 0,1212 |
| 855,00 | 1,3132 | 0,6357 | 0,1210 | 0,0597 | 0,1258 |
| 858,00 | 1,2544 | 0,6373 | 0,1126 | 0,0603 | 0,1164 |
| 861,00 | 1,3043 | 0,6236 | 0,1203 | 0,0597 | 0,1228 |
| 864,00 | 1,2927 | 0,6148 | 0,1151 | 0,0599 | 0,1197 |
| 867,00 | 1,2775 | 0,6087 | 0,1121 | 0,0643 | 0,1240 |
| 870,00 | 1,2137 | 0,6107 | 0,1158 | 0,0588 | 0,1144 |
| 873,00 | 1,2966 | 0,5996 | 0,1091 | 0,0601 | 0,1159 |
| 876,00 | 1,3038 | 0,5965 | 0,1049 | 0,0601 | 0,1227 |
| 879,00 | 1,2558 | 0,5902 | 0,1124 | 0,0610 | 0,1193 |
| 882,00 | 1,2659 | 0,5854 | 0,1105 | 0,0566 | 0,1200 |
| 885,00 | 1,3299 | 0,5755 | 0,1135 | 0,0588 | 0,1223 |
| 888,00 | 1,2450 | 0,5703 | 0,1144 | 0,0570 | 0,1243 |
| 891,00 | 1,2019 | 0,5629 | 0,1156 | 0,0586 | 0,1267 |
| 894,00 | 1,2659 | 0,5586 | 0,1072 | 0,0594 | 0,1235 |
| 897,00 | 1,2566 | 0,5534 | 0,1147 | 0,0559 | 0,1220 |
| 900,00 | 1,2241 | 0,5466 | 0,1058 | 0,0559 | 0,1177 |
| 903,00 | 1,1460 | 0,5441 | 0,1112 | 0,0590 | 0,1162 |
| 906,00 | 1,2036 | 0,5328 | 0,1103 | 0,0581 | 0,1188 |
| 909,00 | 1,2042 | 0,5353 | 0,1086 | 0,0557 | 0,1220 |
| 912,00 | 1,1993 | 0,5267 | 0,1040 | 0,0572 | 0,1184 |
| 915,00 | 1,1804 | 0,5216 | 0,1114 | 0,0586 | 0,1212 |
| 918,00 | 1,1274 | 0,5166 | 0,1061 | 0,0555 | 0,1127 |
| 921,00 | 1,1678 | 0,5076 | 0,1096 | 0,0572 | 0,1207 |
| 924,00 | 1,1379 | 0,5062 | 0,1077 | 0,0577 | 0,1162 |
| 927,00 | 1,1009 | 0,4992 | 0,1044 | 0,0566 | 0,1139 |
| 930,00 | 1,1139 | 0,4956 | 0,1040 | 0,0572 | 0,1202 |
| 933,00 | 1,2200 | 0,4879 | 0,1093 | 0,0588 | 0,1203 |
| 936,00 | 1,1742 | 0,4827 | 0,0998 | 0,0586 | 0,1184 |
| 939,00 | 1,0965 | 0,4805 | 0,1079 | 0,0550 | 0,1303 |
| 942,00 | 1,0495 | 0,4710 | 0,1033 | 0,0544 | 0,1139 |
| 945,00 | 1,1464 | 0,4690 | 0,0954 | 0,0550 | 0,1182 |
| 948,00 | 1,1365 | 0,4631 | 0,1056 | 0,0544 | 0,1175 |
| 951,00 | 1,1527 | 0,4572 | 0,1047 | 0,0526 | 0,1184 |
| 954,00 | 1,1301 | 0,4469 | 0,0968 | 0,0586 | 0,1227 |
| 957,00 | 1,1568 | 0,4475 | 0,1056 | 0,0572 | 0,1278 |
| 960,00 | 1,1263 | 0,4509 | 0,1019 | 0,0570 | 0,1139 |
| 963,00 | 1,0497 | 0,4403 | 0,1040 | 0,0561 | 0,1177 |
| 966,00 | 1,0913 | 0,4376 | 0,1065 | 0,0548 | 0,1170 |
| 969,00 | 1,0884 | 0,4333 | 0,1151 | 0,0524 | 0,1187 |
| 972,00 | 1,1340 | 0,4279 | 0,1047 | 0,0568 | 0,1175 |
| 975,00 | 1,0945 | 0,4223 | 0,1047 | 0,0528 | 0,1260 |
| 978,00 | 1,0820 | 0,4198 | 0,1023 | 0,0517 | 0,1124 |
| 981,00 | 1,0557 | 0,4150 | 0,1044 | 0,0526 | 0,1137 |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 984,00 | 1,1046 | 0,4098 | 0,1005 | 0,0521 | 0,1099 |
| 987,00 | 1,0228 | 0,4024 | 0,1021 | 0,0539 | 0,1110 |
| 990,00 | 1,0425 | 0,4015 | 0,1000 | 0,0588 | 0,1157 |
| 993,00 | 1,0777 | 0,3990 | 0,1058 | 0,0552 | 0,1120 |
| 996,00 | 1,0748 | 0,3934 | 0,1021 | 0,0541 | 0,1193 |
| 999,00 | 1,0363 | 0,3958 | 0,1037 | 0,0581 | 0,1109 |
| 1002,00 | 1,0083 | 0,3821 | 0,1035 | 0,0499 | 0,1129 |
| 1005,00 | 1,0141 | 0,3925 | 0,0947 | 0,0493 | 0,1230 |
| 1008,00 | 1,0524 | 0,3803 | 0,0944 | 0,0555 | 0,1099 |
| 1011,00 | 1,0037 | 0,3742 | 0,1010 | 0,0502 | 0,1109 |
| 1014,00 | 1,0025 | 0,3722 | 0,1030 | 0,0526 | 0,1130 |
| 1017,00 | 1,0000 | 0,3672 | 0,0961 | 0,0616 | 0,1084 |
| 1020,00 | 0,9853 | 0,3636 | 0,0977 | 0,0519 | 0,1135 |
| 1023,00 | 0,9824 | 0,3588 | 0,0970 | 0,0552 | 0,1170 |
| 1026,00 | 0,9615 | 0,3568 | 0,0958 | 0,0541 | 0,1077 |
| 1029,00 | 0,9664 | 0,3530 | 0,0982 | 0,0499 | 0,1117 |
| 1032,00 | 0,9530 | 0,3512 | 0,0972 | 0,0535 | 0,1160 |
| 1035,00 | 0,9952 | 0,3372 | 0,0940 | 0,0486 | 0,1122 |
| 1038,00 | 0,9530 | 0,3421 | 0,0977 | 0,0510 | 0,1130 |
| 1041,00 | 0,9482 | 0,3437 | 0,0944 | 0,0510 | 0,1130 |
| 1044,00 | 0,9890 | 0,3322 | 0,0942 | 0,0508 | 0,1139 |
| 1047,00 | 0,9449 | 0,3309 | 0,0993 | 0,0506 | 0,1119 |
| 1050,00 | 0,9169 | 0,3318 | 0,0947 | 0,0502 | 0,1125 |
| 1053,00 | 0,9070 | 0,3290 | 0,0949 | 0,0497 | 0,1137 |
| 1056,00 | 0,9130 | 0,3191 | 0,1010 | 0,0495 | 0,1104 |
| 1059,00 | 0,8838 | 0,3083 | 0,0963 | 0,0502 | 0,1061 |
| 1062,00 | 0,8003 | 0,3214 | 0,0958 | 0,0484 | 0,1107 |
| 1065,00 | 0,9370 | 0,3135 | 0,0998 | 0,0499 | 0,1087 |
| 1068,00 | 0,9091 | 0,3072 | 0,0912 | 0,0497 | 0,1062 |
| 1071,00 | 0,8426 | 0,3044 | 0,0910 | 0,0468 | 0,1085 |
| 1074,00 | 0,8658 | 0,3024 | 0,0951 | 0,0517 | 0,1102 |
| 1077,00 | 0,9167 | 0,2981 | 0,0977 | 0,0510 | 0,1072 |
| 1080,00 | 0,8155 | 0,2995 | 0,0991 | 0,0468 | 0,1087 |
| 1083,00 | 0,8743 | 0,2970 | 0,0965 | 0,0475 | 0,1142 |
| 1086,00 | 0,8911 | 0,2873 | 0,0916 | 0,0513 | 0,1057 |
| 1089,00 | 0,8877 | 0,2877 | 0,0907 | 0,0477 | 0,1064 |
| 1092,00 | 0,8846 | 0,2862 | 0,0979 | 0,0479 | 0,1110 |
| 1095,00 | 0,9323 | 0,2875 | 0,0982 | 0,0495 | 0,1075 |
| 1098,00 | 0,8975 | 0,2758 | 0,0886 | 0,0433 | 0,1049 |
| 1101,00 | 0,8979 | 0,2778 | 0,0977 | 0,0502 | 0,1119 |
| 1104,00 | 0,8654 | 0,2787 | 0,0877 | 0,0466 | 0,1059 |
| 1107,00 | 0,8320 | 0,2758 | 0,0891 | 0,0466 | 0,1090 |
| 1110,00 | 0,8853 | 0,2713 | 0,0956 | 0,0524 | 0,1051 |
| 1113,00 | 0,8432 | 0,2699 | 0,0903 | 0,0466 | 0,1087 |
| 1116,00 | 0,8387 | 0,2742 | 0,0910 | 0,0473 | 0,1067 |
| 1119,00 | 0,8656 | 0,2647 | 0,0942 | 0,0471 | 0,1137 |
| 1122,00 | 0,8629 | 0,2663 | 0,0940 | 0,0471 | 0,1092 |
| 1125,00 | 0,9070 | 0,2622 | 0,0914 | 0,0484 | 0,1132 |
| 1128,00 | 0,8546 | 0,2627 | 0,0984 | 0,0486 | 0,1094 |
| 1131,00 | 0,8581 | 0,2539 | 0,0912 | 0,0493 | 0,1109 |
| 1134,00 | 0,8581 | 0,2584 | 0,0963 | 0,0479 | 0,1067 |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1137,00 | 0,8523 | 0,2573 | 0,0989 | 0,0479 | 0,1079 |
| 1140,00 | 0,8500 | 0,2444 | 0,0870 | 0,0484 | |
| 1143,00 | 0,8503 | 0,2496 | 0,0893 | 0,0486 | |
| 1146,00 | 0,8515 | 0,2485 | 0,0930 | 0,0466 | |
| 1149,00 | 0,8140 | 0,2446 | 0,0933 | 0,0460 | |
| 1152,00 | 0,7904 | 0,2426 | 0,0877 | 0,0506 | |
| 1155,00 | 0,8289 | 0,2440 | 0,0935 | 0,0466 | |
| 1158,00 | 0,8382 | 0,2401 | 0,0900 | 0,0442 | |
| 1161,00 | 0,7850 | 0,2372 | 0,0791 | 0,0422 | |
| 1164,00 | 0,8173 | 0,2343 | 0,0923 | 0,0460 | |
| 1167,00 | 0,7902 | 0,2376 | 0,0912 | 0,0424 | |
| 1170,00 | 0,8268 | 0,2336 | 0,0884 | 0,0464 | |
| 1173,00 | 0,8154 | 0,2295 | 0,0921 | 0,0453 | |
| 1176,00 | 0,8097 | 0,2349 | 0,0891 | 0,0466 | |
| 1179,00 | 0,7958 | 0,2279 | 0,0882 | 0,0475 | |
| 1182,00 | 0,7858 | 0,2291 | 0,0912 | 0,0455 | |
| 1185,00 | 0,7869 | 0,2218 | 0,0923 | 0,0446 | |
| 1188,00 | 0,7811 | 0,2259 | 0,0826 | 0,0482 | |
| 1191,00 | 0,7697 | 0,2205 | 0,0877 | 0,0460 | |
| 1194,00 | 0,7703 | 0,2171 | 0,0882 | 0,0453 | |
| 1197,00 | 0,7684 | 0,2160 | 0,0872 | 0,0422 | |
| 1200,00 | 0,7543 | 0,2214 | 0,0882 | 0,0437 | |
| 1203,00 | 0,7488 | 0,2185 | 0,0912 | 0,0488 | |
| 1206,00 | 0,7854 | 0,2112 | 0,0816 | | |
| 1209,00 | 0,7430 | 0,2169 | 0,0912 | | |
| 1212,00 | 0,7456 | 0,2137 | 0,0893 | | |
| 1215,00 | 0,7604 | 0,2117 | 0,0858 | | |
| 1218,00 | 0,7338 | 0,2108 | 0,0868 | | |
| 1221,00 | 0,7289 | 0,2088 | 0,0912 | | |
| 1224,00 | 0,7237 | 0,2099 | 0,0875 | | |
| 1227,00 | 0,7367 | 0,2018 | 0,0872 | | |
| 1230,00 | 0,5783 | 0,2074 | 0,0912 | | |
| 1233,00 | 0,6464 | 0,2049 | 0,0849 | | |
| 1236,00 | 0,5391 | 0,1975 | 0,0903 | | |
| 1239,00 | 0,6369 | 0,2042 | 0,0921 | | |
| 1242,00 | 0,6450 | 0,1984 | 0,0861 | | |
| 1245,00 | 0,6578 | 0,1957 | 0,0942 | | |
| 1248,00 | 0,6303 | 0,2011 | 0,0891 | | |
| 1251,00 | 0,6311 | 0,1984 | 0,0865 | | |
| 1254,00 | 0,6232 | 0,1939 | 0,0916 | | |
| 1257,00 | 0,6177 | 0,1948 | 0,0872 | | |
| 1260,00 | 0,6206 | 0,1950 | 0,0875 | | |
| 1263,00 | 0,6278 | 0,1950 | 0,0914 | | |
| 1266,00 | 0,6232 | 0,1939 | 0,0900 | | |
| 1269,00 | 0,6176 | 0,1893 | 0,0858 | | |
| 1272,00 | 0,6143 | 0,1909 | 0,0884 | | |
| 1275,00 | 0,6162 | 0,1882 | 0,0856 | | |
| 1278,00 | 0,6230 | 0,1887 | 0,0898 | | |
| 1281,00 | 0,6089 | 0,1853 | 0,0793 | | |
| 1284,00 | 0,6226 | 0,1848 | 0,0849 | | |
| 1287,00 | 0,5909 | 0,1851 | 0,0858 | | |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--|--|
| 1290,00 | 0,5880 | 0,1837 | 0,0863 | | |
| 1293,00 | 0,5584 | 0,1805 | 0,0879 | | |
| 1296,00 | 0,5860 | 0,1837 | 0,0868 | | |
| 1299,00 | 0,5833 | 0,1783 | 0,0854 | | |
| 1302,00 | 0,5756 | 0,1801 | 0,0826 | | |
| 1305,00 | 0,6089 | 0,1772 | 0,0868 | | |
| 1308,00 | 0,5891 | 0,1790 | 0,0861 | | |
| 1311,00 | 0,5621 | 0,1747 | 0,0861 | | |
| 1314,00 | 0,5723 | 0,1774 | 0,0861 | | |
| 1317,00 | 0,5909 | 0,1769 | 0,0868 | | |
| 1320,00 | 0,5947 | 0,1745 | 0,0863 | | |
| 1323,00 | 0,5485 | 0,1751 | 0,0809 | | |
| 1326,00 | 0,5280 | 0,1758 | 0,0844 | | |
| 1329,00 | 0,5265 | 0,1724 | 0,0844 | | |
| 1332,00 | 0,5481 | 0,1686 | 0,0844 | | |
| 1335,00 | 0,5565 | 0,1735 | 0,0830 | | |
| 1338,00 | 0,5259 | 0,1711 | 0,0837 | | |
| 1341,00 | 0,5336 | 0,1681 | 0,0835 | | |
| 1344,00 | 0,5356 | 0,1690 | 0,0844 | | |
| 1347,00 | 0,5068 | 0,1666 | 0,0837 | | |
| 1350,00 | 0,5423 | 0,1677 | 0,0798 | | |
| 1353,00 | 0,5304 | 0,1598 | 0,0847 | | |
| 1356,00 | 0,4648 | 0,1686 | 0,0868 | | |
| 1359,00 | 0,5350 | 0,1614 | 0,0775 | | |
| 1362,00 | 0,5379 | 0,1647 | 0,0830 | | |
| 1365,00 | 0,5191 | 0,1641 | 0,0863 | | |
| 1368,00 | 0,5605 | 0,1618 | 0,0833 | | |
| 1371,00 | 0,5812 | 0,1620 | 0,0793 | | |
| 1374,00 | 0,5311 | 0,1623 | 0,0840 | | |
| 1377,00 | 0,5172 | 0,1652 | 0,0819 | | |
| 1380,00 | 0,5172 | 0,1605 | 0,0800 | | |
| 1383,00 | 0,5474 | 0,1598 | 0,0842 | | |
| 1386,00 | 0,5346 | 0,1607 | 0,0765 | | |
| 1389,00 | 0,5327 | 0,1587 | 0,0837 | | |
| 1392,00 | 0,5451 | 0,1591 | 0,0840 | | |
| 1395,00 | 0,5387 | 0,1589 | 0,0833 | | |
| 1398,00 | 0,5305 | 0,1568 | 0,0807 | | |
| 1401,00 | 0,5321 | 0,1575 | 0,0837 | | |
| 1404,00 | 0,5116 | 0,1584 | 0,0800 | | |
| 1407,00 | 0,5263 | 0,1568 | 0,0847 | | |
| 1410,00 | 0,5176 | 0,1526 | 0,0842 | | |
| 1413,00 | 0,5141 | 0,1564 | 0,0782 | | |
| 1416,00 | 0,5218 | 0,1573 | 0,0803 | | |
| 1419,00 | 0,5089 | 0,1559 | 0,0823 | | |
| 1422,00 | 0,5081 | 0,1544 | 0,0809 | | |
| 1425,00 | 0,5155 | 0,1571 | 0,0814 | | |
| 1428,00 | 0,5102 | 0,1539 | 0,0828 | | |
| 1431,00 | 0,4928 | 0,1523 | 0,0763 | | |
| 1434,00 | 0,4907 | 0,1485 | 0,0789 | | |
| 1437,00 | 0,4979 | 0,1537 | 0,0789 | | |
| 1440,00 | 0,4911 | 0,1505 | 0,0805 | | |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--|--|
| 1443,00 | 0,4971 | 0,1496 | 0,0796 | | |
| 1446,00 | 0,5008 | 0,1541 | 0,0770 | | |
| 1449,00 | 0,4901 | 0,1503 | 0,0747 | | |
| 1452,00 | 0,4857 | 0,1465 | 0,0844 | | |
| 1455,00 | 0,4845 | 0,1521 | 0,0807 | | |
| 1458,00 | 0,4820 | 0,1460 | 0,0807 | | |
| 1461,00 | 0,4633 | 0,1467 | 0,0812 | | |
| 1464,00 | 0,4722 | 0,1530 | 0,0835 | | |
| 1467,00 | 0,4381 | 0,1521 | 0,0840 | | |
| 1470,00 | 0,4528 | 0,1467 | 0,0833 | | |
| 1473,00 | 0,4640 | 0,1499 | 0,0828 | | |
| 1476,00 | 0,4650 | 0,1485 | 0,0800 | | |
| 1479,00 | 0,4478 | 0,1458 | 0,0823 | | |
| 1482,00 | 0,4606 | 0,1431 | 0,0800 | | |
| 1485,00 | 0,4370 | 0,1453 | 0,0782 | | |
| 1488,00 | 0,4474 | 0,1444 | 0,0812 | | |
| 1491,00 | 0,4540 | 0,1449 | 0,0851 | | |
| 1494,00 | 0,4331 | 0,1469 | 0,0814 | | |
| 1497,00 | 0,4317 | 0,1429 | 0,0791 | | |
| 1500,00 | 0,4391 | 0,1415 | 0,0833 | | |
| 1503,00 | 0,4370 | 0,1429 | 0,0723 | | |
| 1506,00 | 0,4374 | 0,1401 | 0,0779 | | |
| 1509,00 | 0,4140 | 0,1381 | 0,0803 | | |
| 1512,00 | 0,4281 | 0,1420 | 0,0800 | | |
| 1515,00 | 0,4250 | 0,1406 | 0,0789 | | |
| 1518,00 | 0,4250 | 0,1370 | 0,0723 | | |
| 1521,00 | 0,4099 | 0,1388 | 0,0823 | | |
| 1524,00 | 0,4072 | 0,1417 | 0,0814 | | |
| 1527,00 | 0,4227 | 0,1401 | 0,0805 | | |
| 1530,00 | 0,4184 | 0,1395 | 0,0844 | | |
| 1533,00 | 0,4016 | 0,1413 | 0,0770 | | |
| 1536,00 | 0,4072 | 0,1372 | 0,0775 | | |
| 1539,00 | 0,4089 | 0,1352 | 0,0823 | | |
| 1542,00 | 0,3964 | 0,1397 | 0,0821 | | |
| 1545,00 | 0,4006 | 0,1381 | 0,0789 | | |
| 1548,00 | 0,4029 | 0,1381 | 0,0826 | | |
| 1551,00 | 0,3917 | 0,1350 | 0,0793 | | |
| 1554,00 | 0,3997 | 0,1381 | 0,0789 | | |
| 1557,00 | 0,3940 | 0,1365 | 0,0807 | | |
| 1560,00 | 0,3834 | 0,1372 | 0,0777 | | |
| 1563,00 | 0,3844 | 0,1399 | 0,0754 | | |
| 1566,00 | 0,3805 | 0,1345 | 0,0730 | | |
| 1569,00 | 0,3813 | 0,1271 | 0,0772 | | |
| 1572,00 | 0,3803 | 0,1584 | 0,0779 | | |
| 1575,00 | 0,3743 | 0,1401 | 0,0782 | | |
| 1578,00 | 0,3751 | 0,1338 | 0,0786 | | |
| 1581,00 | 0,3683 | 0,1370 | 0,0782 | | |
| 1584,00 | 0,3606 | 0,1332 | 0,0812 | | |
| 1587,00 | 0,3776 | 0,1336 | 0,0784 | | |
| 1590,00 | 0,3714 | 0,1343 | 0,0663 | | |
| 1593,00 | 0,3712 | 0,1302 | 0,0791 | | |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--|--|
| 1596,00 | 0,3672 | 0,1336 | 0,0786 | | |
| 1599,00 | 0,3660 | 0,1304 | 0,0772 | | |
| 1602,00 | 0,3635 | 0,1289 | 0,0712 | | |
| 1605,00 | 0,3440 | 0,1325 | 0,0793 | | |
| 1608,00 | 0,3618 | 0,1325 | 0,0768 | | |
| 1611,00 | 0,3505 | 0,1345 | 0,0777 | | |
| 1614,00 | 0,3474 | 0,1325 | 0,0784 | | |
| 1617,00 | 0,3391 | 0,1268 | 0,0777 | | |
| 1620,00 | 0,3515 | 0,1298 | 0,0714 | | |
| 1623,00 | 0,3291 | 0,1311 | 0,0786 | | |
| 1626,00 | 0,3401 | 0,1329 | 0,0784 | | |
| 1629,00 | 0,3457 | 0,1341 | 0,0756 | | |
| 1632,00 | 0,3401 | 0,1271 | 0,0809 | | |
| 1635,00 | 0,3428 | 0,1307 | 0,0833 | | |
| 1638,00 | 0,3478 | 0,1307 | 0,0786 | | |
| 1641,00 | 0,3376 | 0,1221 | 0,0733 | | |
| 1644,00 | 0,3364 | 0,1275 | 0,0786 | | |
| 1647,00 | 0,3409 | 0,1311 | 0,0751 | | |
| 1650,00 | 0,3190 | 0,1282 | 0,0723 | | |
| 1653,00 | 0,3384 | 0,1313 | 0,0782 | | |
| 1656,00 | 0,3329 | 0,1320 | 0,0765 | | |
| 1659,00 | 0,3287 | 0,1293 | 0,0779 | | |
| 1662,00 | 0,3212 | 0,1291 | 0,0761 | | |
| 1665,00 | 0,3090 | 0,1273 | 0,0758 | | |
| 1668,00 | 0,3285 | 0,1246 | 0,0740 | | |
| 1671,00 | 0,3333 | 0,1268 | 0,0775 | | |
| 1674,00 | 0,3190 | 0,1286 | 0,0791 | | |
| 1677,00 | 0,3157 | 0,1250 | 0,0763 | | |
| 1680,00 | 0,3138 | 0,1264 | 0,0784 | | |
| 1683,00 | 0,3016 | 0,1259 | 0,0791 | | |
| 1686,00 | 0,3072 | 0,1262 | 0,0740 | | |
| 1689,00 | 0,3074 | 0,1178 | 0,0707 | | |
| 1692,00 | 0,3012 | 0,1259 | 0,0782 | | |
| 1695,00 | 0,2939 | 0,1228 | 0,0756 | | |
| 1698,00 | 0,2997 | 0,1244 | 0,0835 | | |
| 1701,00 | 0,3084 | 0,1241 | 0,0796 | | |
| 1704,00 | 0,3126 | 0,1259 | 0,0798 | | |
| 1707,00 | 0,3061 | 0,1198 | 0,0728 | | |
| 1710,00 | 0,2927 | 0,1225 | 0,0758 | | |
| 1713,00 | 0,3003 | 0,1284 | 0,0775 | | |
| 1716,00 | 0,3111 | 0,1239 | 0,0705 | | |
| 1719,00 | 0,2804 | 0,1246 | 0,0772 | | |
| 1722,00 | 0,2902 | 0,1268 | 0,0777 | | |
| 1725,00 | 0,2906 | 0,1221 | 0,0768 | | |
| 1728,00 | 0,2900 | 0,1234 | 0,0916 | | |
| 1731,00 | 0,2937 | 0,1237 | 0,0893 | | |
| 1734,00 | 0,2995 | 0,1192 | 0,0893 | | |
| 1737,00 | 0,2995 | 0,1194 | 0,0877 | | |
| 1740,00 | 0,2846 | 0,1219 | 0,0903 | | |
| 1743,00 | 0,2871 | 0,1207 | 0,0903 | | |
| 1746,00 | 0,2898 | 0,1187 | 0,0884 | | |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--|--|
| 1749,00 | 0,2881 | 0,1239 | 0,0889 | | |
| 1752,00 | 0,2823 | 0,1216 | 0,0877 | | |
| 1755,00 | 0,3007 | 0,1203 | 0,0884 | | |
| 1758,00 | 0,2846 | 0,1223 | 0,0896 | | |
| 1761,00 | 0,2815 | 0,1239 | 0,0896 | | |
| 1764,00 | 0,2900 | 0,1192 | 0,0919 | | |
| 1767,00 | 0,2906 | 0,1237 | 0,0889 | | |
| 1770,00 | 0,2804 | 0,1194 | 0,0903 | | |
| 1773,00 | 0,2834 | 0,1221 | 0,0910 | | |
| 1776,00 | 0,2757 | 0,1232 | 0,0882 | | |
| 1779,00 | 0,2740 | 0,1205 | 0,0896 | | |
| 1782,00 | 0,2825 | 0,1205 | 0,0870 | | |
| 1785,00 | 0,2811 | 0,1198 | 0,0886 | | |
| 1788,00 | 0,2821 | 0,1212 | 0,0891 | | |
| 1791,00 | 0,2747 | 0,1194 | 0,0875 | | |
| 1794,00 | 0,2761 | 0,1183 | 0,0898 | | |
| 1797,00 | 0,2790 | 0,1126 | 0,0861 | | |
| 1800,00 | 0,2544 | 0,1216 | 0,0865 | | |
| 1803,00 | 0,2674 | 0,1185 | 0,0882 | | |
| 1806,00 | 0,2728 | 0,1178 | 0,0877 | | |
| 1809,00 | 0,2728 | 0,1216 | 0,0896 | | |
| 1812,00 | 0,2659 | 0,1216 | 0,0907 | | |
| 1815,00 | 0,2703 | 0,1219 | 0,0937 | | |
| 1818,00 | 0,2726 | 0,1185 | 0,0879 | | |
| 1821,00 | 0,2635 | 0,1151 | 0,0868 | | |
| 1824,00 | 0,2564 | 0,1196 | 0,0835 | | |
| 1827,00 | 0,2573 | 0,1183 | 0,0877 | | |
| 1830,00 | 0,2546 | 0,1196 | 0,0856 | | |
| 1833,00 | 0,2508 | 0,1133 | 0,0803 | | |
| 1836,00 | 0,2560 | 0,1158 | 0,0893 | | |
| 1839,00 | 0,2579 | 0,1178 | 0,0886 | | |
| 1842,00 | 0,2608 | 0,1151 | 0,0830 | | |
| 1845,00 | 0,2591 | 0,1137 | 0,0868 | | |
| 1848,00 | 0,2577 | 0,1180 | 0,0879 | | |
| 1851,00 | 0,2579 | 0,1149 | 0,0870 | | |
| 1854,00 | 0,2599 | 0,1167 | 0,0861 | | |
| 1857,00 | 0,2456 | 0,1128 | 0,0870 | | |
| 1860,00 | 0,2554 | 0,1183 | 0,0816 | | |
| 1863,00 | 0,2566 | 0,1135 | 0,0765 | | |
| 1866,00 | 0,2519 | 0,1171 | 0,0870 | | |
| 1869,00 | 0,2519 | 0,1185 | 0,0830 | | |
| 1872,00 | 0,2486 | 0,1115 | 0,0884 | | |
| 1875,00 | 0,2390 | 0,1144 | 0,0863 | | |
| 1878,00 | 0,2407 | 0,1180 | 0,0830 | | |
| 1881,00 | 0,2490 | 0,1104 | 0,0803 | | |
| 1884,00 | 0,2421 | 0,1124 | 0,0884 | | |
| 1887,00 | 0,2369 | 0,1151 | 0,0889 | | |
| 1890,00 | 0,2427 | 0,1108 | 0,0863 | | |
| 1893,00 | 0,2370 | 0,1133 | 0,0814 | | |
| 1896,00 | 0,2322 | 0,1146 | 0,0844 | | |
| 1899,00 | 0,2249 | 0,1099 | 0,0849 | | |

| | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--|--|
| 1902,00 | 0,2351 | 0,1137 | 0,0916 | | |
| 1905,00 | 0,2338 | 0,1128 | 0,0875 | | |
| 1908,00 | 0,2309 | 0,1151 | 0,0814 | | |
| 1911,00 | 0,2280 | 0,1090 | 0,0816 | | |
| 1914,00 | 0,2359 | 0,1133 | 0,0863 | | |
| 1917,00 | 0,2372 | 0,1160 | 0,0835 | | |
| 1920,00 | 0,2287 | 0,1115 | 0,0851 | | |
| 1923,00 | 0,2133 | 0,1151 | 0,0854 | | |
| 1926,00 | 0,2328 | 0,1155 | 0,0835 | | |
| 1929,00 | 0,2140 | 0,1137 | 0,0842 | | |
| 1932,00 | 0,2218 | 0,1099 | 0,0847 | | |
| 1935,00 | 0,2229 | 0,1104 | 0,0861 | | |
| 1938,00 | 0,2224 | 0,1135 | 0,0868 | | |
| 1941,00 | 0,2173 | 0,1113 | 0,0828 | | |
| 1944,00 | 0,2183 | 0,1081 | 0,0858 | | |
| 1947,00 | 0,2208 | 0,1095 | 0,0823 | | |
| 1950,00 | 0,2187 | 0,1135 | 0,0828 | | |
| 1953,00 | 0,2206 | 0,1083 | 0,0833 | | |
| 1956,00 | 0,2158 | 0,1117 | 0,0789 | | |
| 1959,00 | 0,2092 | 0,1113 | 0,0793 | | |
| 1962,00 | 0,2088 | 0,1101 | 0,0837 | | |
| 1965,00 | 0,2156 | 0,1090 | 0,0830 | | |
| 1968,00 | 0,2164 | 0,1113 | 0,0826 | | |
| 1971,00 | 0,1995 | 0,1077 | 0,0782 | | |
| 1974,00 | 0,2133 | 0,1077 | 0,0814 | | |
| 1977,00 | 0,2133 | 0,1108 | 0,0796 | | |
| 1980,00 | 0,2015 | 0,1131 | 0,0837 | | |
| 1983,00 | 0,2044 | 0,1104 | 0,0796 | | |
| 1986,00 | 0,2086 | 0,1097 | 0,0726 | | |
| 1989,00 | 0,2144 | 0,1061 | 0,0814 | | |
| 1992,00 | 0,2003 | 0,1092 | 0,0835 | | |
| 1995,00 | 0,2108 | 0,1070 | 0,0828 | | |
| 1998,00 | 0,2042 | 0,1081 | 0,0828 | | |
| 2001,00 | 0,1910 | 0,1090 | 0,0809 | | |

Anexo II

Tabla II. 1 Evolución del contenido en humedad durante el secado de muestra fresca a diferentes temperatura de secado

| | T=45°C | T=55°C | T=65°C |
|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Xw(g agua/ g base seca) | Xw(g agua/ g base seca) |
| 0,00 | 5,4355 | 6,1558 | 5,6431 |
| 0,05 | 5,2658 | 6,0073 | 5,4771 |
| 0,10 | 5,1245 | 5,8422 | 5,3496 |
| 0,15 | 5,0730 | 5,7304 | 5,2327 |
| 0,20 | 5,0990 | 5,6443 | 5,1296 |
| 0,25 | 4,9762 | 5,5465 | 5,0652 |
| 0,30 | 4,8970 | 5,4296 | 4,9172 |
| 0,35 | 4,7810 | 5,3528 | 4,8393 |
| 0,40 | 4,7522 | 5,2625 | 4,7404 |
| 0,45 | 4,6023 | 5,1793 | 4,6691 |
| 0,50 | 4,5461 | 5,0981 | 4,5758 |
| 0,55 | 4,5178 | 5,0184 | 4,5185 |
| 0,60 | 4,4937 | 4,9358 | 4,4399 |
| 0,65 | 4,3792 | 4,9064 | 4,3620 |
| 0,70 | 4,4036 | 4,8212 | 4,2823 |
| 0,75 | 4,3890 | 4,7758 | 4,2320 |
| 0,80 | 4,3117 | 4,6988 | 4,1457 |
| 0,85 | 4,3252 | 4,6370 | 4,0638 |
| 0,90 | 4,2936 | 4,5839 | 3,9977 |
| 0,95 | 4,2242 | 4,5376 | 3,9312 |
| 1,00 | 4,1102 | 4,4805 | 3,8379 |
| 1,05 | 4,1109 | 4,4099 | 3,7855 |
| 1,10 | 4,0508 | 4,3606 | 3,7240 |
| 1,15 | 4,0429 | 4,2948 | 3,6754 |
| 1,20 | 4,0279 | 4,2382 | 3,6361 |

| | | | |
|------|--------|--------|--------|
| 1,25 | 3,9355 | 4,2069 | 3,5512 |
| 1,30 | 3,9564 | 4,1417 | 3,4799 |
| 1,35 | 3,8967 | 4,1082 | 3,4369 |
| 1,40 | 3,8278 | 4,0387 | 3,3817 |
| 1,45 | 3,8461 | 3,9814 | 3,3054 |
| 1,50 | 3,8197 | 3,9340 | 3,2591 |
| 1,55 | 3,7598 | 3,9126 | 3,2014 |
| 1,60 | 3,7143 | 3,8690 | 3,1536 |
| 1,65 | 3,6899 | 3,8019 | 3,0648 |
| 1,70 | 3,6535 | 3,7729 | 3,0461 |
| 1,75 | 3,6920 | 3,7120 | 2,9705 |
| 1,80 | 3,6015 | 3,6501 | 2,8938 |
| 1,85 | 3,5899 | 3,6585 | 2,8260 |
| 1,90 | 3,5964 | 3,5635 | 2,8068 |
| 1,95 | 3,5481 | 3,5514 | 2,7383 |
| 2,00 | 3,4943 | 3,4931 | 2,7058 |
| 2,05 | 3,4857 | 3,4591 | 2,6501 |
| 2,10 | 3,3302 | 3,4208 | 2,5914 |
| 2,15 | 3,4116 | 3,3776 | 2,5440 |
| 2,20 | 3,3771 | 3,3373 | 2,4958 |
| 2,25 | 3,3299 | 3,2838 | 2,4357 |
| 2,30 | 3,2803 | 3,2353 | 2,3936 |
| 2,35 | 3,2891 | 3,2114 | 2,3503 |
| 2,40 | 3,2188 | 3,1653 | 2,3047 |
| 2,45 | 3,2325 | 3,1344 | 2,2666 |
| 2,50 | 3,1793 | 3,0788 | 2,2163 |
| 2,55 | 3,1619 | 3,0748 | 2,1420 |
| 2,60 | 3,1343 | 3,0100 | 2,0844 |
| 2,65 | 3,1208 | 2,9761 | 2,0449 |
| 2,70 | 3,1102 | 2,9290 | 1,9911 |
| 2,75 | 3,1245 | 2,9086 | 1,9670 |
| 2,80 | 3,0326 | 2,8931 | 1,8931 |
| 2,85 | 3,1023 | 2,8597 | 1,8501 |
| 2,90 | 3,0781 | 2,8236 | 1,8223 |
| 2,95 | 3,0322 | 2,7479 | 1,7748 |
| 3,00 | 3,0194 | 2,7543 | 1,7325 |
| 3,05 | 3,0062 | 2,6892 | 1,6929 |
| 3,10 | 2,9628 | 2,6629 | 1,6441 |
| 3,15 | 2,9479 | 2,6277 | 1,5889 |
| 3,20 | 2,9136 | 2,6018 | 1,5814 |
| 3,25 | 2,8920 | 2,5748 | 1,5180 |
| 3,30 | 2,8704 | 2,5409 | 1,4778 |
| 3,35 | 2,8488 | 2,5069 | 1,4722 |
| 3,40 | 2,8497 | 2,4695 | 1,4238 |
| 3,45 | 2,8063 | 2,4433 | 1,3599 |
| 3,50 | 2,7892 | 2,4219 | 1,3330 |
| 3,55 | 2,7532 | 2,3650 | 1,3033 |
| 3,60 | 2,6207 | 2,3424 | 1,2820 |
| 3,65 | 2,6348 | 2,3023 | 1,2170 |
| 3,70 | 2,5847 | 2,3015 | 1,1927 |
| 3,75 | 2,5972 | 2,2242 | 1,1724 |

| | | | |
|------|--------|--------|--------|
| 3,80 | 2,6109 | 2,1974 | 1,1354 |
| 3,85 | 2,5903 | 2,1886 | 1,1029 |
| 3,90 | 2,5267 | 2,1456 | 1,0655 |
| 3,95 | 2,4561 | 2,1695 | 1,0187 |
| 4,00 | 2,5274 | 2,0837 | 0,9935 |
| 4,05 | 2,4733 | 2,0447 | 0,9790 |
| 4,10 | 2,4591 | 2,0232 | 0,9659 |
| 4,15 | 2,4109 | 2,0142 | 0,9556 |
| 4,20 | 2,4471 | 1,9593 | 0,8880 |
| 4,25 | 2,4591 | 1,9245 | 0,8997 |
| 4,30 | 2,4617 | 1,9168 | 0,8524 |
| 4,35 | 2,4415 | 1,8763 | 0,8293 |
| 4,40 | 2,4320 | 1,8369 | 0,8014 |
| 4,45 | 2,3895 | 1,8238 | 0,7746 |
| 4,50 | 2,3705 | 1,7939 | 0,7479 |
| 4,55 | 2,3600 | 1,7388 | 0,7088 |
| 4,60 | 2,3305 | 1,7094 | 0,6939 |
| 4,65 | 2,3189 | 1,7063 | 0,6822 |
| 4,70 | 2,2876 | 1,6616 | 0,6473 |
| 4,75 | 2,2818 | 1,6627 | 0,6384 |
| 4,80 | 2,2516 | 1,6076 | 0,6228 |
| 4,85 | 2,2270 | 1,5976 | 0,5877 |
| 4,90 | 2,1987 | 1,5671 | 0,5486 |
| 4,95 | 2,2122 | 1,5268 | 0,5353 |
| 5,00 | 2,1873 | 1,4965 | 0,5157 |
| 5,05 | 2,1922 | 1,4703 | 0,5030 |
| 5,10 | 2,1516 | 1,4544 | 0,4797 |
| 5,15 | 2,1337 | 1,4369 | 0,4680 |
| 5,20 | 2,1254 | 1,3924 | 0,4294 |
| 5,25 | 2,0959 | 1,3568 | 0,4488 |
| 5,30 | 2,0817 | 1,3324 | 0,4107 |
| 5,35 | 2,0875 | 1,3395 | 0,4015 |
| 5,40 | 2,0534 | 1,2652 | 0,3955 |
| 5,45 | 2,0342 | 1,2406 | 0,3732 |
| 5,50 | 2,0068 | 1,2313 | 0,3707 |
| 5,55 | 1,9994 | 1,2087 | 0,3676 |
| 5,60 | 2,0012 | 1,1749 | 0,3389 |
| 5,65 | 1,9685 | 1,1417 | 0,3379 |
| 5,70 | 1,9439 | 1,1288 | 0,3260 |
| 5,75 | 1,9474 | 1,0892 | 0,3176 |
| 5,80 | 1,9455 | 1,0890 | 0,3122 |
| 5,85 | 1,9002 | 1,0553 | 0,3052 |
| 5,90 | 1,8529 | 1,0077 | 0,2891 |
| 5,95 | 1,8740 | 1,0091 | 0,2914 |
| 6,00 | 1,8367 | 1,0077 | 0,2867 |
| 6,05 | 1,8464 | 0,9495 | 0,2858 |
| 6,10 | 1,8327 | 0,9555 | 0,2809 |
| 6,15 | 1,8211 | 0,9314 | 0,2682 |
| 6,20 | 1,8018 | 0,8898 | 0,2605 |
| 6,25 | 1,7684 | 0,8723 | 0,2523 |
| 6,30 | 1,7816 | 0,8674 | 0,2563 |

| | | | |
|------|--------|--------|--------|
| 6,35 | 1,7842 | 0,8444 | 0,2540 |
| 6,40 | 1,7691 | 0,8269 | 0,2544 |
| 6,45 | 1,7190 | 0,8097 | 0,2442 |
| 6,50 | 1,7164 | 0,7742 | 0,2313 |
| 6,55 | 1,7190 | 0,7503 | 0,2357 |
| 6,60 | 1,6805 | 0,7304 | 0,2381 |
| 6,65 | 1,6779 | 0,7205 | 0,2329 |
| 6,70 | 1,6424 | 0,7081 | 0,2238 |
| 6,75 | 1,6391 | 0,6888 | 0,2212 |
| 6,80 | 1,6136 | 0,6848 | 0,2156 |
| 6,85 | 1,5872 | 0,6638 | 0,2191 |
| 6,90 | 1,6118 | 0,6600 | 0,2168 |
| 6,95 | 1,5623 | 0,6408 | 0,2070 |
| 7,00 | 1,5681 | 0,6386 | 0,2049 |
| 7,05 | 1,5412 | 0,5936 | 0,2053 |
| 7,10 | 1,5389 | 0,5764 | 0,1969 |
| 7,15 | 1,5096 | 0,5753 | 0,1946 |
| 7,20 | 1,5094 | 0,5494 | 0,1887 |
| 7,25 | 1,4955 | 0,5228 | 0,1887 |
| 7,30 | 1,4660 | 0,5188 | 0,1871 |
| 7,35 | 1,4667 | 0,5000 | 0,1850 |
| 7,40 | 1,4639 | 0,4978 | 0,1857 |
| 7,45 | 1,4381 | 0,4883 | 0,1859 |
| 7,50 | 1,4138 | 0,4675 | 0,1766 |
| 7,55 | 1,3894 | 0,4447 | 0,1880 |
| 7,60 | 1,3945 | 0,4318 | 0,1843 |
| 7,65 | 1,3660 | 0,4263 | 0,1768 |
| 7,70 | 1,3567 | 0,4247 | 0,1803 |
| 7,75 | 1,3469 | 0,4157 | 0,1728 |
| 7,80 | 1,3316 | 0,3966 | 0,1735 |
| 7,85 | 1,2966 | 0,4053 | 0,1670 |
| 7,90 | 1,3077 | 0,3904 | 0,1698 |
| 7,95 | 1,3024 | 0,3685 | 0,1726 |
| 8,00 | 1,2613 | 0,3579 | 0,1742 |
| 8,05 | 1,2534 | 0,3490 | 0,1693 |
| 8,10 | 1,2360 | 0,3513 | 0,1602 |
| 8,15 | 1,2553 | 0,3409 | 0,1628 |
| 8,20 | 1,2309 | 0,3475 | 0,1602 |
| 8,25 | 1,2128 | 0,3371 | 0,1642 |
| 8,30 | 1,1907 | 0,3263 | 0,1597 |
| 8,35 | 1,1854 | 0,3114 | 0,1649 |
| 8,40 | 1,2116 | 0,3298 | 0,1611 |
| 8,45 | 1,1759 | 0,3026 | 0,1586 |
| 8,50 | 1,1508 | 0,3090 | 0,1539 |
| 8,55 | 1,1861 | 0,2917 | 0,1609 |
| 8,60 | 1,1401 | 0,3019 | 0,1588 |
| 8,65 | 1,1631 | 0,2893 | 0,1548 |
| 8,70 | 1,1346 | 0,2904 | 0,1572 |
| 8,75 | 1,1104 | 0,2672 | 0,1543 |
| 8,80 | 1,1056 | 0,2725 | 0,1579 |
| 8,85 | 1,0789 | 0,2691 | 0,1420 |

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| 8,90 | 1,0489 | 0,2579 | 0,1506 |
| 8,95 | 1,0670 | 0,2592 | 0,1473 |
| 9,00 | 1,0580 | 0,2627 | 0,1567 |
| 9,05 | 1,0359 | 0,2457 | 0,1497 |
| 9,10 | 1,0046 | 0,2494 | 0,1462 |
| 9,15 | 1,0213 | 0,2415 | 0,1511 |
| 9,20 | 1,0051 | 0,2304 | 0,1497 |
| 9,25 | 0,9874 | 0,2521 | 0,1476 |
| 9,30 | 0,9939 | 0,2472 | 0,1508 |
| 9,35 | 0,9593 | 0,2193 | 0,1511 |
| 9,40 | 0,9521 | 0,2395 | 0,1415 |
| 9,45 | 0,9519 | 0,2089 | 0,1469 |
| 9,50 | 0,9575 | 0,2373 | 0,1452 |
| 9,55 | 0,9303 | 0,2231 | 0,1443 |
| 9,60 | 0,9361 | 0,2426 | 0,1424 |
| 9,65 | 0,9099 | 0,2233 | 0,1457 |
| 9,70 | 0,9055 | 0,2284 | 0,1403 |
| 9,75 | 0,9027 | 0,2342 | 0,1431 |
| 9,80 | 0,8614 | 0,2081 | 0,1373 |
| 9,85 | 0,8867 | 0,2129 | 0,1389 |
| 9,90 | 0,8707 | 0,1899 | 0,1403 |
| 9,95 | 0,8345 | 0,1999 | 0,1436 |
| 10,00 | 0,8528 | 0,2182 | 0,1445 |
| 10,05 | 0,8386 | 0,2069 | 0,1387 |
| 10,10 | 0,8326 | 0,1899 | 0,1352 |
| 10,15 | 0,8154 | 0,2094 | 0,1399 |
| 10,20 | 0,8045 | 0,2209 | 0,1417 |
| 10,25 | 0,7776 | 0,1844 | 0,1366 |
| 10,30 | 0,7625 | 0,1857 | 0,1391 |
| 10,35 | 0,7453 | 0,1824 | 0,1380 |
| 10,40 | 0,7570 | 0,2213 | 0,1321 |
| 10,45 | 0,7521 | 0,1959 | 0,1359 |
| 10,50 | 0,7502 | 0,1822 | 0,1359 |
| 10,55 | 0,7057 | 0,1952 | 0,1373 |
| 10,60 | 0,7363 | 0,2063 | 0,1310 |
| 10,65 | 0,6982 | 0,1726 | 0,1321 |
| 10,70 | 0,7019 | 0,2087 | 0,1331 |
| 10,75 | 0,6938 | 0,1985 | 0,1298 |
| 10,80 | 0,6855 | 0,1879 | 0,1268 |
| 10,85 | 0,6597 | 0,1689 | 0,1312 |
| 10,90 | 0,6567 | 0,1545 | 0,1321 |
| 10,95 | 0,6384 | 0,1760 | 0,1258 |
| 11,00 | 0,6388 | 0,1472 | 0,1291 |
| 11,05 | 0,6467 | 0,1536 | 0,1317 |
| 11,10 | 0,6400 | 0,1939 | 0,1249 |
| 11,15 | 0,6267 | 0,1908 | 0,1279 |
| 11,20 | 0,6147 | 0,1811 | 0,1282 |
| 11,25 | 0,5938 | 0,1890 | 0,1263 |
| 11,30 | 0,6012 | 0,1673 | 0,1298 |
| 11,35 | 0,5845 | 0,1903 | 0,1254 |
| 11,40 | 0,5871 | 0,1797 | 0,1305 |

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| 11,45 | 0,5676 | 0,1824 | 0,1246 |
| 11,50 | 0,5499 | 0,1676 | 0,1272 |
| 11,55 | 0,5587 | 0,1684 | 0,1254 |
| 11,60 | 0,5520 | 0,1611 | 0,1214 |
| 11,65 | 0,5446 | 0,1565 | 0,1277 |
| 11,70 | 0,5376 | 0,1660 | 0,1286 |
| 11,75 | 0,5311 | 0,1693 | 0,1230 |
| 11,80 | 0,5081 | 0,1855 | 0,1254 |
| 11,85 | 0,5139 | 0,1704 | 0,1207 |
| 11,90 | 0,5056 | 0,1839 | 0,1237 |
| 11,95 | 0,4891 | 0,1556 | 0,1254 |
| 12,00 | 0,4905 | 0,1726 | 0,1242 |
| 12,05 | 0,4856 | 0,1691 | 0,1204 |
| 12,10 | 0,4805 | 0,1682 | 0,1254 |
| 12,15 | 0,4715 | 0,1676 | 0,1242 |
| 12,20 | 0,4710 | 0,1498 | 0,1216 |
| 12,25 | 0,4571 | 0,1565 | 0,1228 |
| 12,30 | 0,4529 | 0,1492 | 0,1207 |
| 12,35 | 0,4497 | 0,1611 | 0,1228 |
| 12,40 | 0,4397 | 0,1598 | 0,1200 |
| 12,45 | 0,4295 | 0,1629 | 0,1237 |
| 12,50 | 0,4355 | 0,1642 | 0,1216 |
| 12,55 | 0,4339 | 0,1819 | 0,1225 |
| 12,60 | 0,4195 | 0,1461 | 0,1204 |
| 12,65 | 0,4139 | 0,1501 | 0,1216 |
| 12,70 | 0,4046 | 0,1534 | 0,1204 |
| 12,75 | 0,4035 | 0,1448 | 0,1183 |
| 12,80 | 0,4002 | 0,1536 | 0,1130 |
| 12,85 | 0,3937 | 0,1516 | 0,1200 |
| 12,90 | 0,3833 | 0,1472 | 0,1218 |
| 12,95 | 0,3791 | 0,1591 | 0,1167 |
| 13,00 | 0,3745 | 0,1436 | 0,1132 |
| 13,05 | 0,3738 | 0,1640 | 0,1193 |
| 13,10 | 0,3752 | 0,1580 | 0,1176 |
| 13,15 | 0,3675 | 0,1585 | 0,1118 |
| 13,20 | 0,3594 | 0,1514 | 0,1183 |
| 13,25 | 0,3487 | 0,1421 | 0,1160 |
| 13,30 | 0,3649 | 0,1434 | 0,1153 |
| 13,35 | 0,3408 | 0,1386 | 0,1153 |
| 13,40 | 0,3369 | 0,1428 | 0,1148 |
| 13,45 | 0,3422 | 0,1563 | 0,1104 |
| 13,50 | 0,3380 | 0,1459 | 0,1130 |
| 13,55 | 0,3401 | 0,1452 | 0,1144 |
| 13,60 | 0,3264 | 0,1532 | 0,1183 |
| 13,65 | 0,3285 | 0,1671 | 0,1169 |
| 13,70 | 0,3262 | 0,1197 | 0,1151 |
| 13,75 | 0,3222 | 0,1496 | 0,1167 |
| 13,80 | 0,3134 | 0,1521 | 0,1153 |
| 13,85 | 0,3113 | 0,1507 | 0,1176 |
| 13,90 | 0,3095 | 0,1441 | 0,1141 |
| 13,95 | 0,3027 | 0,1299 | 0,1099 |

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| 14,00 | 0,3025 | 0,1443 | 0,1146 |
| 14,05 | 0,3014 | 0,1516 | 0,1130 |
| 14,10 | 0,2962 | 0,1297 | 0,1167 |
| 14,15 | 0,2923 | 0,1361 | 0,1137 |
| 14,20 | 0,2893 | 0,1390 | 0,1127 |
| 14,25 | 0,2921 | 0,1487 | 0,1090 |
| 14,30 | 0,2879 | 0,1565 | 0,1130 |
| 14,35 | 0,2886 | 0,1244 | 0,1111 |
| 14,40 | 0,2856 | 0,1470 | 0,1132 |
| 14,45 | 0,2812 | 0,1388 | 0,1050 |
| 14,50 | 0,2828 | 0,1301 | 0,1139 |
| 14,55 | 0,2770 | 0,1359 | 0,1099 |
| 14,60 | 0,2823 | 0,1277 | 0,1104 |
| 14,65 | 0,2735 | 0,1337 | 0,1125 |
| 14,70 | 0,2584 | 0,1432 | 0,1104 |
| 14,75 | 0,2644 | 0,1370 | 0,1080 |
| 14,80 | 0,2621 | 0,1344 | 0,1132 |
| 14,85 | 0,2658 | 0,1284 | |
| 14,90 | 0,2600 | 0,1237 | |
| 14,95 | 0,2591 | 0,1324 | |
| 15,00 | 0,2582 | 0,1319 | |
| 15,05 | 0,2521 | 0,1295 | |
| 15,10 | 0,2559 | 0,1257 | |
| 15,15 | 0,2540 | 0,1425 | |
| 15,20 | 0,2443 | 0,1306 | |
| 15,25 | 0,2480 | 0,1253 | |
| 15,30 | 0,2489 | 0,1277 | |
| 15,35 | 0,2431 | 0,1308 | |
| 15,40 | 0,2408 | 0,1204 | |
| 15,45 | 0,2405 | 0,1467 | |
| 15,50 | 0,2347 | 0,1282 | |
| 15,55 | 0,2373 | 0,1399 | |
| 15,60 | 0,2359 | 0,1253 | |
| 15,65 | 0,2338 | 0,1304 | |
| 15,70 | 0,2306 | 0,1244 | |
| 15,75 | 0,2296 | 0,1282 | |
| 15,80 | 0,2245 | 0,1452 | |
| 15,85 | 0,2275 | 0,1346 | |
| 15,90 | 0,2275 | 0,1220 | |
| 15,95 | 0,2259 | 0,1328 | |
| 16,00 | 0,2271 | 0,1370 | |
| 16,05 | 0,2215 | 0,1228 | |
| 16,10 | 0,2234 | 0,1370 | |
| 16,15 | 0,2229 | 0,1244 | |
| 16,20 | 0,2220 | 0,1313 | |
| 16,25 | 0,2185 | 0,1279 | |
| 16,30 | 0,2192 | 0,1390 | |
| 16,35 | 0,2166 | 0,1264 | |
| 16,40 | 0,2183 | 0,1222 | |
| 16,45 | 0,2139 | 0,1080 | |
| 16,50 | 0,2122 | 0,1355 | |

| | | | |
|-------|--------|--------|--|
| 16,55 | 0,2101 | 0,1204 | |
| 16,60 | 0,2090 | 0,1186 | |
| 16,65 | 0,2074 | 0,1375 | |
| 16,70 | 0,2106 | 0,1155 | |
| 16,75 | 0,2076 | 0,1375 | |
| 16,80 | 0,2085 | 0,1290 | |
| 16,85 | 0,2034 | 0,1253 | |
| 16,90 | 0,2092 | 0,1169 | |
| 16,95 | 0,2043 | 0,1191 | |
| 17,00 | 0,2013 | 0,1344 | |
| 17,05 | 0,2013 | 0,1135 | |
| 17,10 | 0,2009 | 0,1220 | |
| 17,15 | 0,1999 | 0,1324 | |
| 17,20 | 0,1981 | 0,1120 | |
| 17,25 | 0,1957 | 0,1237 | |
| 17,30 | 0,1953 | 0,1189 | |
| 17,35 | 0,1953 | 0,1275 | |
| 17,40 | 0,1953 | 0,1109 | |
| 17,45 | 0,1951 | 0,1173 | |
| 17,50 | 0,1930 | 0,1202 | |
| 17,55 | 0,1920 | 0,1204 | |
| 17,60 | 0,1913 | 0,1098 | |
| 17,65 | 0,1923 | 0,1222 | |
| 17,70 | 0,1865 | 0,1155 | |
| 17,75 | 0,1927 | 0,1266 | |
| 17,80 | 0,1892 | 0,1158 | |
| 17,85 | 0,1888 | 0,1341 | |
| 17,90 | 0,1860 | 0,1149 | |
| 17,95 | 0,1867 | 0,1193 | |
| 18,00 | 0,1876 | 0,1107 | |
| 18,05 | 0,1858 | 0,1175 | |
| 18,10 | 0,1832 | 0,1184 | |
| 18,15 | 0,1851 | 0,1372 | |
| 18,20 | 0,1855 | 0,1195 | |
| 18,25 | 0,1797 | | |
| 18,30 | 0,1802 | | |
| 18,35 | 0,1853 | | |
| 18,40 | 0,1760 | | |
| 18,45 | 0,1793 | | |
| 18,50 | 0,1765 | | |
| 18,55 | 0,1737 | | |
| 18,60 | 0,1811 | | |
| 18,65 | 0,1735 | | |
| 18,70 | 0,1781 | | |
| 18,75 | 0,1763 | | |
| 18,80 | 0,1730 | | |
| 18,85 | 0,1753 | | |
| 18,90 | 0,1749 | | |
| 18,95 | 0,1765 | | |
| 19,00 | 0,1711 | | |
| 19,05 | 0,1723 | | |

| | | | |
|-------|--------|--|--|
| 19,10 | 0,1695 | | |
| 19,15 | 0,1704 | | |
| 19,20 | 0,1693 | | |
| 19,25 | 0,1709 | | |
| 19,30 | 0,1702 | | |
| 19,35 | 0,1709 | | |
| 19,40 | 0,1700 | | |
| 19,45 | 0,1686 | | |
| 19,50 | 0,1735 | | |
| 19,55 | 0,1593 | | |
| 19,60 | 0,1658 | | |
| 19,65 | 0,1674 | | |
| 19,70 | 0,1660 | | |
| 19,75 | 0,1691 | | |
| 19,80 | 0,1677 | | |
| 19,85 | 0,1665 | | |
| 19,90 | 0,1660 | | |
| 19,95 | 0,1633 | | |
| 20,00 | 0,1609 | | |

Tabla II. 2 Evolución del contenido en humedad durante el secado de muestra DO por 0.5h a diferentes temperatura de secado.

| Tiempo (hora) | T=45°C | | T=55°C | | T=65°C | |
|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) |
| 0,00 | 4,3661 | 0,00 | 3,5591 | 0,00 | 3,9621 | |
| 0,17 | 4,2061 | 0,17 | 3,3902 | 0,17 | 3,7386 | |
| 0,33 | 4,1161 | 0,33 | 3,2476 | 0,33 | 3,5564 | |
| 0,50 | 4,0183 | 0,50 | 3,1128 | 0,50 | 3,3901 | |
| 0,67 | 3,9169 | 0,67 | 2,9837 | 0,67 | 3,2362 | |
| 0,83 | 3,8347 | 0,83 | 2,8635 | 0,83 | 3,0950 | |
| 1,00 | 3,7525 | 1,00 | 2,7438 | 1,00 | 2,9621 | |
| 1,17 | 3,6906 | 1,17 | 2,6357 | 1,17 | 2,8341 | |
| 1,33 | 3,6330 | 1,33 | 2,5305 | 1,33 | 2,7128 | |
| 1,50 | 3,5579 | 1,50 | 2,4306 | 1,50 | 2,5975 | |
| 1,58 | 3,5271 | 1,67 | 2,3338 | 1,67 | 2,4855 | |
| 1,67 | 3,4936 | 1,83 | 2,2418 | 1,83 | 2,3759 | |
| 1,75 | 3,4516 | 2,00 | 2,1534 | 2,00 | 2,2696 | |
| 1,83 | 3,4322 | 2,17 | 2,0664 | 2,17 | 2,1680 | |
| 1,92 | 3,4001 | 2,33 | 1,9829 | 2,33 | 2,0665 | |
| 2,00 | 3,3712 | 2,50 | 1,8996 | 2,50 | 1,9697 | |
| 2,08 | 3,3336 | 2,67 | 1,8200 | 2,67 | 1,8753 | |
| 2,17 | 3,3069 | 2,83 | 1,7449 | 2,83 | 1,7831 | |
| 2,25 | 3,2776 | 3,00 | 1,6695 | 3,00 | 1,6942 | |
| 2,42 | 3,2232 | 3,17 | 1,5945 | 3,17 | 1,6066 | |
| 2,58 | 3,1667 | 3,33 | 1,5244 | 3,33 | 1,5213 | |
| 2,75 | 3,1070 | 3,50 | 1,4544 | 3,50 | 1,4389 | |
| 2,92 | 3,0654 | 3,67 | 1,3860 | 3,67 | 1,3572 | |

| | | | | | |
|------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 3,08 | 3,0055 | 3,83 | 1,3192 | 3,83 | 1,2811 |
| 3,25 | 2,9670 | 4,00 | 1,2547 | 4,00 | 1,2063 |
| 3,42 | 2,9092 | 4,17 | 1,1910 | 4,17 | 1,1346 |
| 3,58 | 2,8616 | 4,33 | 1,1299 | 4,33 | 1,0650 |
| 3,75 | 2,8083 | 4,50 | 1,0689 | 4,50 | 0,9975 |
| 3,92 | 2,7712 | 4,67 | 1,0104 | 4,67 | 0,9346 |
| 4,08 | 2,7204 | 4,83 | 0,9533 | 4,83 | 0,8717 |
| 4,25 | 2,6765 | 5,00 | 0,8987 | 5,00 | 0,8121 |
| 4,42 | 2,6109 | 5,17 | 0,8455 | 5,17 | 0,7553 |
| 4,58 | 2,5813 | 5,33 | 0,7936 | 5,33 | 0,7012 |
| 4,75 | 2,5317 | 5,50 | 0,7439 | 5,50 | 0,6504 |
| 4,92 | 2,4836 | 5,67 | 0,6957 | 5,67 | 0,6023 |
| 5,08 | 2,4388 | 5,83 | 0,6494 | 5,83 | 0,5564 |
| 5,25 | 2,3944 | 6,00 | 0,6052 | 6,00 | 0,5134 |
| 5,42 | 2,3539 | 6,17 | 0,5631 | 6,17 | 0,4739 |
| 5,58 | 2,3272 | 6,33 | 0,5229 | 6,33 | 0,4372 |
| 5,75 | 2,2707 | 6,50 | 0,4843 | 6,50 | 0,4036 |
| 5,92 | 2,2341 | 6,67 | 0,4482 | 6,67 | 0,3729 |
| 6,08 | 2,1924 | 6,83 | 0,4141 | 6,83 | 0,3450 |
| 6,25 | 2,1558 | 7,00 | 0,3829 | 7,00 | 0,3192 |
| 6,42 | 2,1207 | 7,17 | 0,3518 | 7,17 | 0,2961 |
| 6,58 | 2,0813 | 7,33 | 0,3243 | 7,33 | 0,2756 |
| 6,75 | 2,0401 | 7,50 | 0,2985 | 7,50 | 0,2571 |
| 6,92 | 2,0039 | 7,67 | 0,2746 | 7,67 | 0,2408 |
| 7,08 | 1,9627 | 7,83 | 0,2521 | 7,83 | 0,2262 |
| 7,25 | 1,9267 | 8,00 | 0,2307 | 8,00 | 0,2116 |
| 7,33 | 1,9124 | 8,17 | 0,2089 | 8,17 | 0,1992 |
| 7,42 | 1,8900 | 8,33 | 0,1943 | 8,33 | 0,1884 |
| 7,50 | 1,8728 | 8,50 | 0,1779 | 8,50 | 0,1784 |
| 7,58 | 1,8605 | 8,67 | 0,1629 | 8,67 | 0,1691 |
| 7,67 | 1,8368 | 8,83 | 0,1485 | 8,83 | 0,1613 |
| 7,75 | 1,8195 | 9,00 | 0,1365 | 9,00 | 0,1543 |
| 7,83 | 1,8008 | 9,17 | 0,1243 | 9,17 | 0,1477 |
| 7,92 | 1,7848 | 9,33 | 0,1142 | 9,33 | 0,1418 |
| 8,00 | 1,7639 | 9,50 | 0,1038 | 9,50 | 0,1363 |
| 8,08 | 1,7478 | 9,67 | 0,0938 | 9,67 | 0,1304 |
| 8,17 | 1,7300 | 9,83 | 0,0863 | 9,83 | 0,1259 |
| 8,25 | 1,7184 | 10,00 | 0,0783 | 10,00 | 0,1215 |
| 8,33 | 1,6979 | 10,17 | 0,0706 | 10,17 | 0,1168 |
| 8,42 | 1,6860 | 10,33 | 0,0641 | | |
| 8,50 | 1,6660 | 10,50 | 0,0580 | | |
| 8,58 | 1,6453 | 10,67 | 0,0517 | | |
| 8,67 | 1,6335 | 10,83 | 0,0471 | | |
| 8,75 | 1,6113 | 11,00 | 0,0416 | | |
| 8,83 | 1,6041 | 11,17 | 0,0368 | | |
| 8,92 | 1,5847 | 11,33 | 0,0318 | | |
| 9,00 | 1,5626 | 11,50 | 0,0270 | | |
| 9,08 | 1,5476 | 11,67 | 0,0239 | | |
| 9,17 | 1,5344 | 11,83 | 0,0200 | | |
| 9,25 | 1,5205 | 12,00 | 0,0165 | | |
| 9,33 | 1,5037 | 12,17 | 0,0135 | | |

| | | | | |
|-------|--------|--|--|--|
| 9,42 | 1,4829 | | | |
| 9,50 | 1,4698 | | | |
| 9,58 | 1,4540 | | | |
| 9,67 | 1,4399 | | | |
| 9,75 | 1,4304 | | | |
| 9,92 | 1,3909 | | | |
| 10,08 | 1,3671 | | | |
| 10,25 | 1,3372 | | | |
| 10,42 | 1,3008 | | | |
| 10,58 | 1,2687 | | | |
| 10,75 | 1,2500 | | | |
| 10,92 | 1,2115 | | | |
| 11,08 | 1,1828 | | | |
| 11,25 | 1,1517 | | | |
| 11,42 | 1,1339 | | | |
| 11,58 | 1,1102 | | | |
| 11,75 | 1,0742 | | | |
| 11,92 | 1,0531 | | | |
| 12,08 | 1,0298 | | | |
| 12,25 | 1,0057 | | | |
| 12,42 | 0,9707 | | | |
| 12,58 | 0,9485 | | | |
| 12,75 | 0,9249 | | | |
| 12,92 | 0,9017 | | | |
| 13,08 | 0,8750 | | | |
| 13,25 | 0,8532 | | | |
| 13,42 | 0,8343 | | | |
| 13,58 | 0,8056 | | | |
| 13,75 | 0,7883 | | | |
| 13,92 | 0,7644 | | | |
| 14,08 | 0,7416 | | | |
| 14,25 | 0,7245 | | | |
| 14,42 | 0,7052 | | | |
| 14,58 | 0,6865 | | | |
| 14,67 | 0,6767 | | | |
| 14,75 | 0,6658 | | | |
| 14,83 | 0,6562 | | | |
| 14,92 | 0,6416 | | | |
| 15,00 | 0,6409 | | | |
| 15,08 | 0,6323 | | | |
| 15,17 | 0,6189 | | | |
| 15,25 | 0,6105 | | | |
| 15,33 | 0,5943 | | | |
| 15,42 | 0,5932 | | | |
| 15,50 | 0,5815 | | | |
| 15,58 | 0,5758 | | | |
| 15,67 | 0,5708 | | | |
| 15,75 | 0,5579 | | | |
| 15,83 | 0,5546 | | | |
| 15,92 | 0,5455 | | | |
| 16,00 | 0,5396 | | | |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|--|--|
| 16,08 | 0,5308 | | | | |
| 16,17 | 0,5244 | | | | |
| 16,25 | 0,5166 | | | | |
| 16,33 | 0,5025 | | | | |
| 16,42 | 0,5023 | | | | |
| 16,50 | 0,4904 | | | | |
| 16,58 | 0,4845 | | | | |
| 16,67 | 0,4839 | | | | |
| 16,75 | 0,4732 | | | | |
| 16,83 | 0,4636 | | | | |
| 16,92 | 0,4643 | | | | |
| 17,00 | 0,4440 | | | | |
| 17,17 | 0,4422 | | | | |
| 17,25 | 0,4392 | | | | |
| 17,42 | 0,4253 | | | | |
| 17,58 | 0,4164 | | | | |
| 17,75 | 0,3994 | | | | |
| 17,92 | 0,3928 | | | | |
| 18,08 | 0,3818 | | | | |
| 18,25 | 0,3770 | | | | |
| 18,42 | 0,3695 | | | | |
| 18,58 | 0,3582 | | | | |
| 18,75 | 0,3516 | | | | |
| 18,92 | 0,3465 | | | | |
| 19,08 | 0,3354 | | | | |
| 19,25 | 0,3333 | | | | |
| 19,42 | 0,3220 | | | | |
| 19,58 | 0,3165 | | | | |
| 19,75 | 0,3099 | | | | |

Tabla II. 3 Evolución del contenido en humedad durante el secado de muestra DO por 3h a diferentes temperatura de secado.

| | T=45°C | | T=55°C | | T=65°C | |
|------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) |
| 0,00 | 3,4690 | 0,00 | 3,1290 | 0,00 | 3,1179 | |
| 0,08 | 3,4075 | 0,08 | 3,0787 | 0,05 | 2,9263 | |
| 0,17 | 3,3671 | 0,17 | 3,0216 | 0,10 | 2,8743 | |
| 0,25 | 3,3315 | 0,25 | 2,9796 | 0,15 | 2,8178 | |
| 0,33 | 3,2871 | 0,33 | 2,9240 | 0,20 | 2,7768 | |
| 0,42 | 3,2509 | 0,42 | 2,8841 | 0,25 | 2,7337 | |
| 0,50 | 3,2133 | 0,50 | 2,8361 | 0,30 | 2,6910 | |
| 0,58 | 3,1828 | 0,58 | 2,7975 | 0,35 | 2,6518 | |
| 0,67 | 3,1529 | 0,67 | 2,7574 | 0,40 | 2,6123 | |
| 0,75 | 3,1224 | 0,75 | 2,7085 | 0,45 | 2,5664 | |
| 0,83 | 3,0831 | 0,83 | 2,6719 | 0,50 | 2,5306 | |
| 0,92 | 3,0645 | 0,92 | 2,6241 | 0,55 | 2,4890 | |
| 1,00 | 3,0259 | 1,00 | 2,5890 | 0,60 | 2,4494 | |
| 1,08 | 2,9886 | 1,08 | 2,5531 | 0,65 | 2,4115 | |
| 1,17 | 2,9629 | 1,17 | 2,5084 | 0,70 | 2,3723 | |
| 1,25 | 2,9416 | 1,25 | 2,4750 | 0,75 | 2,3307 | |
| 1,33 | 2,9140 | 1,33 | 2,4357 | 0,80 | 2,2928 | |
| 1,42 | 2,8843 | 1,42 | 2,3951 | 0,85 | 2,2553 | |
| 1,50 | 2,8616 | 1,50 | 2,3590 | 0,90 | 2,2072 | |
| 1,58 | 2,8324 | 1,58 | 2,3222 | 0,95 | 2,1701 | |
| 1,67 | 2,8034 | 1,67 | 2,2872 | 1,00 | 2,1361 | |
| 1,75 | 2,7900 | 1,75 | 2,2546 | 1,08 | 2,0653 | |
| 1,83 | 2,7617 | 1,83 | 2,2200 | 1,17 | 2,0026 | |
| 1,92 | 2,7335 | 1,92 | 2,1819 | 1,25 | 1,9658 | |
| 2,00 | 2,7158 | 2,00 | 2,1445 | 1,33 | 1,8996 | |
| 2,08 | 2,6883 | 2,08 | 2,1176 | 1,42 | 1,8321 | |
| 2,17 | 2,6519 | 2,17 | 2,0832 | 1,50 | 1,8023 | |
| 2,25 | 2,6460 | 2,25 | 2,0392 | 1,58 | 1,7494 | |
| 2,33 | 2,6154 | 2,33 | 2,0199 | 1,67 | 1,6854 | |
| 2,42 | 2,5940 | 2,42 | 1,9863 | 1,75 | 1,6340 | |
| 2,50 | 2,5703 | 2,50 | 1,9539 | 1,83 | 1,5840 | |
| 2,58 | 2,5508 | 2,58 | 1,9229 | 1,92 | 1,5392 | |
| 2,67 | 2,5223 | 2,67 | 1,8888 | 2,00 | 1,4997 | |
| 2,75 | 2,5053 | 2,75 | 1,8569 | 2,17 | 1,4005 | |
| 2,83 | 2,4775 | 2,83 | 1,8304 | 2,33 | 0,6116 | |
| 2,92 | 2,4572 | 2,92 | 1,8019 | 2,50 | 1,3110 | |
| 3,00 | 2,4363 | 3,00 | 1,7732 | 2,67 | 1,2223 | |
| 3,08 | 2,4169 | 3,08 | 1,7399 | 2,83 | 1,1423 | |
| 3,17 | 2,3966 | 3,17 | 1,7144 | 3,00 | 1,0631 | |
| 3,25 | 2,3863 | 3,25 | 1,6860 | 3,17 | 0,9871 | |
| 3,33 | 2,3608 | 3,33 | 1,6555 | 3,33 | 0,9128 | |
| 3,42 | 2,3341 | 3,42 | 1,6300 | 3,50 | 0,8392 | |
| 3,50 | 2,3165 | 3,50 | 1,6021 | 3,67 | 0,7847 | |

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|--------|
| 3,58 | 2,2945 | 3,58 | 1,5742 | 3,83 | 0,7255 |
| 3,67 | 2,2770 | 3,67 | 1,5445 | 4,00 | 0,6691 |
| 3,75 | 2,2390 | 3,75 | 1,5172 | 4,17 | 0,6158 |
| 3,83 | 2,2383 | 3,83 | 1,4916 | 4,33 | 0,5627 |
| 3,92 | 2,2168 | 3,92 | 1,4653 | 4,50 | 0,5160 |
| 4,00 | 2,1839 | 4,00 | 1,4421 | 4,67 | 0,4804 |
| 4,08 | 2,1727 | 4,08 | 1,4158 | 4,83 | 0,4666 |
| 4,17 | 2,1523 | 4,17 | 1,3889 | 5,00 | 0,4081 |
| 4,25 | 2,1415 | 4,25 | 1,3649 | 5,17 | 0,3677 |
| 4,33 | 2,1219 | 4,33 | 1,3394 | 5,33 | 0,3294 |
| 4,42 | 2,1057 | 4,42 | 1,3145 | 5,83 | 0,2969 |
| 4,50 | 2,0733 | 4,50 | 1,2894 | 6,00 | 0,2505 |
| 4,58 | 2,0643 | 4,58 | 1,2662 | 6,17 | 0,2290 |
| 4,67 | 2,0421 | 4,67 | 1,2444 | 6,33 | 0,2132 |
| 4,75 | 2,0210 | 4,75 | 1,2189 | 6,50 | 0,1942 |
| 4,83 | 2,0075 | 4,83 | 1,1979 | 6,67 | 0,1778 |
| 4,92 | 1,9938 | 4,92 | 1,1735 | 6,83 | 0,1632 |
| 5,00 | 1,9751 | 5,00 | 1,1510 | 7,00 | 0,1492 |
| 5,08 | 1,9546 | 5,08 | 1,1324 | 7,33 | 0,1380 |
| 5,17 | 1,9396 | 5,17 | 1,1067 | 7,67 | 0,1205 |
| 5,25 | 1,9185 | 5,25 | 1,0859 | 8,00 | 0,1032 |
| 5,33 | 1,9051 | 5,33 | 1,0639 | 8,33 | 0,0928 |
| 5,42 | 1,8856 | 5,42 | 1,0471 | 8,67 | 0,0807 |
| 5,50 | 1,8710 | 5,50 | 1,0243 | 9,00 | 0,0699 |
| 5,58 | 1,8547 | 5,58 | 1,0058 | 9,33 | 0,0586 |
| 5,67 | 1,8323 | 5,67 | 0,9869 | 9,67 | 0,0530 |
| 5,75 | 1,8212 | 5,75 | 0,9659 | 10,00 | 0,0478 |
| 5,83 | 1,7981 | 5,83 | 0,9452 | 10,33 | 0,0416 |
| 5,92 | 1,7849 | 5,92 | 0,9278 | 10,67 | 0,0332 |
| 6,00 | 1,7748 | 6,00 | 0,9085 | 11,00 | 0,0320 |
| 6,08 | 1,7595 | 6,08 | 0,8902 | 11,33 | 0,0282 |
| 6,17 | 1,7301 | 6,17 | 0,8697 | 11,67 | 0,0239 |
| 6,25 | 1,7167 | 6,25 | 0,8541 | 12,00 | 0,0203 |
| 6,33 | 1,7040 | 6,33 | 0,8386 | 12,33 | 0,0172 |
| 6,42 | 1,6807 | 6,42 | 0,8173 | 12,67 | 0,0139 |
| 6,50 | 1,6731 | 6,50 | 0,8066 | 13,00 | 0,0099 |
| 6,58 | 1,6564 | 6,58 | 0,7869 | 13,33 | 0,0084 |
| 6,67 | 1,6400 | 6,67 | 0,7678 | 13,67 | 0,0041 |
| 6,75 | 1,6303 | 6,75 | 0,7571 | 14,00 | 0,0020 |
| 6,83 | 1,6134 | 6,83 | 0,7426 | | |
| 6,92 | 1,5973 | 6,92 | 0,7258 | | |
| 7,00 | 1,5807 | 7,00 | 0,7129 | | |
| 7,08 | 1,5613 | 7,08 | 0,6934 | | |
| 7,17 | 1,5445 | 7,17 | 0,6822 | | |
| 7,25 | 1,5325 | 7,25 | 0,6662 | | |
| 7,33 | 1,5158 | 7,33 | 0,6548 | | |
| 7,42 | 1,5005 | 7,42 | 0,6441 | | |
| 7,50 | 1,4845 | 7,50 | 0,6317 | | |
| 7,58 | 1,4679 | 7,58 | 0,6192 | | |
| 7,67 | 1,4505 | 7,67 | 0,6050 | | |
| 7,75 | 1,4397 | 7,75 | 0,5944 | | |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|--|--|
| 7,83 | 1,4245 | 7,83 | 0,5811 | | |
| 7,92 | 1,4070 | 7,92 | 0,5702 | | |
| 8,00 | 1,3943 | 8,00 | 0,5573 | | |
| 8,08 | 1,3807 | 8,08 | 0,5467 | | |
| 8,17 | 1,3632 | 8,17 | 0,5373 | | |
| 8,25 | 1,3608 | 8,25 | 0,5261 | | |
| 8,33 | 1,3407 | 8,33 | 0,5160 | | |
| 8,42 | 1,3331 | 8,42 | 0,5059 | | |
| 8,50 | 1,3146 | 8,50 | 0,4975 | | |
| 8,58 | 1,3022 | 8,58 | 0,4898 | | |
| 8,67 | 1,2894 | 8,67 | 0,4806 | | |
| 8,75 | 1,2776 | 8,75 | 0,4700 | | |
| 8,83 | 1,2507 | 8,83 | 0,4623 | | |
| 8,92 | 1,2386 | 8,92 | 0,4532 | | |
| 9,00 | 1,2245 | 9,00 | 0,4452 | | |
| 9,08 | 1,2198 | 9,08 | 0,4378 | | |
| 9,17 | 1,2097 | 9,17 | 0,4280 | | |
| 9,25 | 1,1868 | 9,25 | 0,4210 | | |
| 9,33 | 1,1783 | 9,33 | 0,4102 | | |
| 9,42 | 1,1660 | 9,42 | 0,4061 | | |
| 9,50 | 1,1529 | 9,50 | 0,3978 | | |
| 9,58 | 1,1306 | 9,58 | 0,3923 | | |
| 9,67 | 1,1220 | 9,67 | 0,3841 | | |
| 9,75 | 1,1112 | 9,75 | 0,3792 | | |
| 9,83 | 1,0966 | 9,83 | 0,3700 | | |
| 9,92 | 1,0899 | 9,92 | 0,3681 | | |
| 10,00 | 1,0743 | 10,00 | 0,3643 | | |
| 10,08 | 1,0658 | 10,08 | 0,3545 | | |
| 10,17 | 1,0407 | 10,17 | 0,3471 | | |
| 10,25 | 1,0373 | 10,25 | 0,3444 | | |
| 10,33 | 1,0216 | 10,33 | 0,3362 | | |
| 10,42 | 1,0149 | 10,42 | 0,3339 | | |
| 10,50 | 0,9928 | 10,50 | 0,3265 | | |
| 10,58 | 0,9854 | 10,58 | 0,3164 | | |
| 10,67 | 0,9720 | 10,67 | 0,3184 | | |
| 10,75 | 0,9598 | 10,75 | 0,3127 | | |
| 10,83 | 0,9502 | 10,83 | 0,3099 | | |
| 10,92 | 0,9363 | 10,92 | 0,3045 | | |
| 11,00 | 0,9279 | 11,00 | 0,3031 | | |
| 11,08 | 0,9098 | 11,08 | 0,2979 | | |
| 11,17 | 0,8973 | 11,17 | 0,2937 | | |
| 11,25 | 0,8882 | 11,25 | 0,2854 | | |
| 11,33 | 0,8837 | 11,33 | 0,2837 | | |
| 11,42 | 0,8627 | 11,42 | 0,2795 | | |
| 11,50 | 0,8587 | 11,50 | 0,2791 | | |
| 11,58 | 0,8474 | 11,58 | 0,2721 | | |
| 11,67 | 0,8345 | 11,67 | 0,2691 | | |
| 11,75 | 0,8238 | 11,75 | 0,2669 | | |
| 11,83 | 0,8112 | 11,83 | 0,2634 | | |
| 11,92 | 0,7988 | 11,92 | 0,2602 | | |
| 12,00 | 0,7877 | 12,00 | 0,2595 | | |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|--|--|
| 12,08 | 0,7786 | 12,08 | 0,2543 | | |
| 12,17 | 0,7671 | 12,17 | 0,2508 | | |
| 12,25 | 0,7502 | 12,25 | 0,2486 | | |
| 12,33 | 0,7442 | 12,33 | 0,2447 | | |
| 12,42 | 0,7354 | 12,42 | 0,2447 | | |
| 12,50 | 0,7269 | 12,50 | 0,2384 | | |
| 12,58 | 0,7126 | 12,58 | 0,2380 | | |
| 12,67 | 0,7014 | 12,67 | 0,2343 | | |
| 12,75 | 0,6900 | 12,75 | 0,2333 | | |
| 12,83 | 0,6807 | 12,83 | 0,2311 | | |
| 12,92 | 0,6722 | 12,92 | 0,2303 | | |
| 13,00 | 0,6604 | 13,00 | 0,2283 | | |
| 13,08 | 0,6486 | 13,08 | 0,2234 | | |
| 13,17 | 0,6453 | 13,17 | 0,2197 | | |
| 13,25 | 0,6330 | 13,25 | 0,2222 | | |
| 13,33 | 0,6234 | 13,33 | 0,2189 | | |
| 13,42 | 0,6163 | 13,42 | 0,2149 | | |
| 13,50 | 0,6047 | 13,50 | 0,2135 | | |
| 13,58 | 0,5990 | 13,58 | 0,2123 | | |
| 13,67 | 0,5914 | 13,67 | 0,2105 | | |
| 13,75 | 0,5753 | 13,75 | 0,2105 | | |
| 13,83 | 0,5671 | 13,83 | 0,2083 | | |
| 13,92 | 0,5619 | 13,92 | 0,2041 | | |
| 14,00 | 0,5512 | 14,00 | 0,2054 | | |
| 14,08 | 0,5434 | 14,08 | 0,1994 | | |
| 14,17 | 0,5331 | 14,17 | 0,1982 | | |
| 14,25 | 0,5237 | 14,25 | 0,1991 | | |
| 14,33 | 0,5187 | 14,33 | 0,1944 | | |
| 14,42 | 0,5118 | 14,42 | 0,1925 | | |
| 14,50 | 0,5033 | 14,50 | 0,1922 | | |
| 14,58 | 0,4938 | 14,58 | 0,1925 | | |
| 14,67 | 0,4855 | 14,67 | 0,1880 | | |
| 14,75 | 0,4772 | 14,75 | 0,1880 | | |
| 14,83 | 0,4715 | 14,83 | 0,1895 | | |
| 14,92 | 0,4584 | 14,92 | 0,1868 | | |
| 15,00 | 0,4571 | 15,00 | 0,1845 | | |
| 15,08 | 0,4507 | 15,08 | 0,1813 | | |
| 15,17 | 0,4441 | 15,17 | 0,1830 | | |
| 15,25 | 0,4342 | 15,25 | 0,1809 | | |
| 15,33 | 0,4283 | 15,33 | 0,1801 | | |
| 15,42 | 0,4202 | 15,42 | 0,1789 | | |
| 15,50 | 0,4150 | 15,50 | 0,1774 | | |
| 15,58 | 0,4026 | 15,58 | 0,1767 | | |
| 15,67 | 0,4046 | 15,67 | 0,1747 | | |
| 15,75 | 0,3951 | 15,75 | 0,1736 | | |
| 15,83 | 0,3875 | 15,83 | 0,1731 | | |
| 15,92 | 0,3813 | 15,92 | 0,1692 | | |
| 16,00 | 0,3802 | 16,00 | 0,1700 | | |
| 16,08 | 0,3709 | 16,08 | 0,1680 | | |
| 16,17 | 0,3667 | 16,17 | 0,1663 | | |
| 16,25 | 0,3598 | 16,25 | 0,1678 | | |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|--|--|
| 16,33 | 0,3524 | 16,33 | 0,1658 | | |
| 16,42 | 0,3504 | 16,42 | 0,1637 | | |
| 16,50 | 0,3453 | 16,50 | 0,1633 | | |
| 16,58 | 0,3417 | 16,58 | 0,1620 | | |
| 16,67 | 0,3368 | 16,67 | 0,1638 | | |
| 16,75 | 0,3222 | 16,75 | 0,1601 | | |
| 16,83 | 0,3188 | 16,83 | 0,1638 | | |
| 16,92 | 0,3194 | 16,92 | 0,1581 | | |
| 17,00 | 0,3125 | 17,00 | 0,1553 | | |
| 17,08 | 0,3076 | 17,08 | 0,1586 | | |
| 17,17 | 0,3038 | 17,17 | 0,1509 | | |
| 17,25 | 0,3012 | 17,25 | 0,1544 | | |
| 17,33 | 0,2967 | 17,33 | 0,1536 | | |
| 17,42 | 0,2935 | 17,42 | 0,1549 | | |
| 17,50 | 0,2886 | 17,50 | 0,1499 | | |
| 17,58 | 0,2852 | 17,58 | 0,1532 | | |
| 17,67 | 0,2798 | 17,67 | 0,1551 | | |
| 17,75 | 0,2748 | 17,75 | 0,1506 | | |
| 17,83 | 0,2699 | 17,83 | 0,1494 | | |
| 17,92 | 0,2702 | 17,92 | 0,1454 | | |
| 18,00 | 0,2623 | 18,00 | 0,1475 | | |
| 18,08 | 0,2636 | 18,08 | 0,1469 | | |
| 18,17 | 0,2576 | 18,17 | 0,1469 | | |
| 18,25 | 0,2563 | 18,25 | 0,1474 | | |
| 18,33 | 0,2491 | 18,33 | 0,1450 | | |
| 18,42 | 0,2511 | 18,42 | 0,1423 | | |
| 18,50 | 0,2445 | 18,50 | 0,1423 | | |
| 18,58 | 0,2394 | 18,58 | 0,1396 | | |
| 18,67 | 0,2342 | 18,67 | 0,1378 | | |
| 18,75 | 0,2347 | 18,75 | 0,1410 | | |
| 18,83 | 0,2328 | 18,83 | 0,1390 | | |
| 18,92 | 0,2298 | 18,92 | 0,1390 | | |
| 19,00 | 0,2246 | 19,00 | 0,1386 | | |
| 19,08 | 0,2187 | 19,08 | 0,1381 | | |
| 19,17 | 0,2189 | 19,17 | 0,1363 | | |
| 19,25 | 0,2153 | 19,25 | 0,1301 | | |
| 19,33 | 0,2129 | 19,33 | 0,1376 | | |
| 19,42 | 0,2119 | 19,42 | 0,1356 | | |
| 19,50 | 0,2090 | 19,50 | 0,1346 | | |
| 19,58 | 0,2057 | 19,58 | 0,1344 | | |
| 19,67 | 0,2018 | 19,67 | 0,1348 | | |
| 19,75 | 0,2045 | 19,75 | 0,1329 | | |
| 19,83 | 0,2012 | 19,83 | 0,1341 | | |
| 19,92 | 0,1996 | 19,92 | 0,1348 | | |
| 20,00 | 0,1955 | 20,00 | 0,1348 | | |
| 20,08 | 0,1962 | 20,08 | 0,1302 | | |
| 20,17 | 0,1932 | 20,17 | 0,1291 | | |
| 20,25 | 0,1931 | 20,25 | 0,1314 | | |
| 20,33 | 0,1907 | 20,33 | 0,1299 | | |
| 20,42 | 0,1879 | 20,42 | 0,1297 | | |
| 20,50 | 0,1837 | 20,50 | 0,1296 | | |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|--|--|
| 20,58 | 0,1837 | 20,58 | 0,1271 | | |
| 20,67 | 0,1802 | 20,67 | 0,1277 | | |
| 20,75 | 0,1823 | 20,75 | 0,1267 | | |
| 20,83 | 0,1769 | 20,83 | 0,1266 | | |
| 20,92 | 0,1793 | 20,92 | 0,1276 | | |
| 21,00 | 0,1758 | 21,00 | 0,1200 | | |
| 21,08 | 0,1730 | 21,08 | 0,1249 | | |
| 21,17 | 0,1710 | 21,17 | 0,1235 | | |
| 21,25 | 0,1684 | 21,25 | 0,1237 | | |
| 21,33 | 0,1692 | 21,33 | 0,1240 | | |
| 21,42 | 0,1661 | 21,42 | 0,1227 | | |
| 21,50 | 0,1671 | 21,50 | 0,1217 | | |
| 21,58 | 0,1591 | 21,58 | 0,1227 | | |
| 21,67 | 0,1611 | 21,67 | 0,1219 | | |
| 21,75 | 0,1590 | 21,75 | 0,1210 | | |
| 21,83 | 0,1598 | 21,83 | 0,1200 | | |
| 21,92 | 0,1566 | 21,92 | 0,1224 | | |
| 22,00 | 0,1578 | 22,00 | 0,1190 | | |
| 22,08 | 0,1569 | 22,08 | 0,1207 | | |
| 22,17 | 0,1564 | 22,17 | 0,1200 | | |
| 22,25 | 0,1534 | 22,25 | 0,1177 | | |
| 22,33 | 0,1518 | 22,33 | 0,1192 | | |
| 22,42 | 0,1510 | 22,42 | 0,1183 | | |
| 22,50 | 0,1467 | 22,50 | 0,1193 | | |
| 22,58 | 0,1487 | 22,58 | 0,1165 | | |
| 22,67 | 0,1441 | 22,67 | 0,1175 | | |
| 22,75 | 0,1473 | 22,75 | 0,1148 | | |
| 22,83 | 0,1456 | 22,83 | 0,1156 | | |
| 22,92 | 0,1439 | 22,92 | 0,1153 | | |
| 23,00 | 0,1452 | 23,00 | 0,1138 | | |
| 23,08 | 0,1416 | 23,08 | 0,1136 | | |
| 23,17 | 0,1413 | 23,17 | 0,1131 | | |
| 23,25 | 0,1378 | 23,25 | 0,1128 | | |
| 23,33 | 0,1435 | 23,33 | 0,1128 | | |
| 23,42 | 0,1396 | 23,42 | 0,1141 | | |
| 23,50 | 0,1342 | 23,50 | 0,1119 | | |
| 23,58 | 0,1352 | 23,58 | 0,1104 | | |
| 23,67 | 0,1345 | 23,67 | 0,1109 | | |
| 23,75 | 0,1351 | 23,75 | 0,1098 | | |
| 23,83 | 0,1324 | 23,83 | 0,1138 | | |
| 23,92 | 0,1327 | 23,92 | 0,1116 | | |
| 24,00 | 0,1320 | 24,00 | 0,1099 | | |
| 24,08 | 0,1302 | 24,08 | 0,1098 | | |
| 24,17 | 0,1292 | 24,17 | 0,1133 | | |
| 24,25 | 0,1275 | 24,25 | 0,1104 | | |
| 24,33 | 0,1286 | 24,33 | 0,1081 | | |
| 24,42 | 0,1258 | 24,42 | 0,1096 | | |
| 24,50 | 0,1225 | 24,50 | 0,1079 | | |
| 24,58 | 0,1234 | 24,58 | 0,1099 | | |
| 24,67 | 0,1253 | 24,67 | 0,1064 | | |
| 24,75 | 0,1220 | 24,75 | 0,1062 | | |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|--|--|
| 24,83 | 0,1213 | 24,83 | 0,1071 | | |
| 24,92 | 0,1223 | 24,92 | 0,1052 | | |
| 25,00 | 0,1227 | 25,00 | 0,1072 | | |
| 25,08 | 0,1198 | 25,08 | 0,1072 | | |
| 25,17 | 0,1192 | 25,17 | 0,1062 | | |
| 25,25 | 0,1189 | 25,25 | 0,1042 | | |
| 25,33 | 0,1175 | 25,33 | 0,1052 | | |
| 25,42 | 0,1149 | 25,42 | 0,1046 | | |
| 25,50 | 0,1130 | 25,50 | 0,1064 | | |
| 25,58 | 0,1178 | 25,58 | 0,1041 | | |
| 25,67 | 0,1164 | 25,67 | 0,1042 | | |
| 25,75 | 0,1129 | 25,75 | 0,1005 | | |
| 25,83 | 0,1140 | 25,83 | 0,1029 | | |
| 25,92 | 0,1146 | 25,92 | 0,1031 | | |
| 26,00 | 0,1132 | 26,00 | 0,1020 | | |
| 26,08 | 0,1116 | 26,08 | 0,1020 | | |
| 26,17 | 0,1114 | 26,17 | 0,1015 | | |
| 26,25 | 0,1092 | 26,25 | 0,1004 | | |
| 26,33 | 0,1116 | 26,33 | 0,0997 | | |

Tabla II. 4 Evolución del contenido en humedad durante el secado de muestra DO por 48h a diferentes temperatura de secado.

| | T=45°C | | T=55°C | | T=65°C | |
|------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) | Xw(g agua/ g base seca) | Tiempo (hora) |
| 0,00 | 0,6837 | 0,00 | 0,4790 | 0,00 | 0,7655 | |
| 0,08 | 0,6805 | 0,17 | 0,4515 | 0,08 | 0,7125 | |
| 0,17 | 0,6684 | 0,33 | 0,4281 | 0,17 | 0,6724 | |
| 0,25 | 0,6502 | 0,50 | 0,4108 | 0,25 | 0,6418 | |
| 0,33 | 0,6546 | 0,67 | 0,3976 | 0,33 | 0,6090 | |
| 0,42 | 0,6459 | 0,83 | 0,3837 | 0,42 | 0,5821 | |
| 0,50 | 0,6451 | 1,00 | 0,3710 | 0,50 | 0,5585 | |
| 0,58 | 0,6350 | 1,17 | 0,3618 | 0,58 | 0,5406 | |
| 0,67 | 0,6330 | 1,33 | 0,3506 | 0,67 | 0,5143 | |
| 0,75 | 0,6293 | 1,50 | 0,3402 | 0,75 | 0,4976 | |
| 0,83 | 0,6250 | 1,67 | 0,3316 | 0,83 | 0,4821 | |
| 0,92 | 0,6191 | 1,83 | 0,3227 | 0,92 | 0,4626 | |
| 1,00 | 0,6203 | 2,00 | 0,3137 | 1,00 | 0,4478 | |
| 1,08 | 0,6171 | 2,17 | 0,3063 | 1,08 | 0,4348 | |
| 1,17 | 0,6096 | 2,33 | 0,2995 | 1,17 | 0,4176 | |
| 1,25 | 0,6145 | 2,50 | 0,2921 | 1,25 | 0,4079 | |
| 1,33 | 0,6031 | 2,67 | 0,2855 | 1,33 | 0,3950 | |
| 1,42 | 0,6013 | 2,83 | 0,2798 | 1,42 | 0,3831 | |
| 1,50 | 0,6036 | 3,00 | 0,2742 | 1,50 | 0,3706 | |
| 1,58 | 0,6054 | 3,17 | 0,2684 | 1,58 | 0,3605 | |
| 1,67 | 0,6004 | 3,33 | 0,2622 | 1,67 | 0,3498 | |
| 1,75 | 0,5901 | 3,50 | 0,2578 | 1,75 | 0,3401 | |
| 1,83 | 0,5937 | 3,67 | 0,2536 | 1,83 | 0,3327 | |
| 1,92 | 0,5923 | 3,83 | 0,2479 | 1,92 | 0,3267 | |
| 2,00 | 0,5934 | 4,00 | 0,2446 | 2,00 | 0,3155 | |
| 2,08 | 0,5864 | 4,17 | 0,2404 | 2,08 | 0,3139 | |
| 2,17 | 0,5903 | 4,33 | 0,2356 | 2,17 | 0,2995 | |
| 2,25 | 0,5849 | 4,50 | 0,2323 | 2,25 | 0,2952 | |
| 2,33 | 0,5824 | 4,67 | 0,2280 | 2,33 | 0,2949 | |
| 2,42 | 0,5800 | 4,83 | 0,2250 | 2,42 | 0,2824 | |
| 2,50 | 0,5867 | 5,00 | 0,2227 | 2,50 | 0,2732 | |
| 2,58 | 0,5838 | 5,17 | 0,2173 | 2,58 | 0,2696 | |
| 2,67 | 0,5764 | 5,33 | 0,2155 | 2,67 | 0,2696 | |
| 2,75 | 0,5744 | 5,50 | 0,2129 | 2,75 | 0,2613 | |
| 2,83 | 0,5736 | 5,67 | 0,2102 | 2,83 | 0,2604 | |
| 2,92 | 0,5743 | 5,83 | 0,2064 | 2,92 | 0,2523 | |
| 3,00 | 0,5741 | 6,00 | 0,2034 | 3,00 | 0,2514 | |
| 3,08 | 0,5721 | 6,17 | 0,2010 | 3,08 | 0,2453 | |
| 3,17 | 0,5715 | 6,33 | 0,1987 | 3,17 | 0,2366 | |
| 3,25 | 0,5692 | 6,50 | 0,1972 | 3,25 | 0,2361 | |
| 3,33 | 0,5703 | 6,67 | 0,1927 | 3,33 | 0,2347 | |
| 3,42 | 0,5597 | 6,83 | 0,1914 | 3,42 | 0,2252 | |
| 3,50 | 0,5644 | 7,00 | 0,1906 | 3,50 | 0,2252 | |

| | | | | | |
|------|--------|-------|--------|------|--------|
| 3,58 | 0,5648 | 7,17 | 0,1867 | 3,58 | 0,2238 |
| 3,67 | 0,5600 | 7,33 | 0,1851 | 3,67 | 0,2219 |
| 3,75 | 0,5610 | 7,50 | 0,1823 | 3,75 | 0,2146 |
| 3,83 | 0,5640 | 7,67 | 0,1811 | 3,83 | 0,2109 |
| 3,92 | 0,5550 | 7,83 | 0,1780 | 3,92 | 0,2076 |
| 4,00 | 0,5590 | 8,00 | 0,1757 | 4,00 | 0,2055 |
| 4,08 | 0,5579 | 8,17 | 0,1751 | 4,08 | 0,2021 |
| 4,17 | 0,5550 | 8,33 | 0,1726 | 4,17 | 0,2006 |
| 4,25 | 0,5556 | 8,50 | 0,1713 | 4,25 | 0,2000 |
| 4,33 | 0,5530 | 8,67 | 0,1706 | 4,33 | 0,1976 |
| 4,42 | 0,5514 | 8,83 | 0,1688 | 4,42 | 0,1946 |
| 4,50 | 0,5525 | 9,00 | 0,1671 | 4,50 | 0,1897 |
| 4,58 | 0,5545 | 9,17 | 0,1665 | 4,58 | 0,1867 |
| 4,67 | 0,5518 | 9,33 | 0,1638 | 4,67 | 0,1858 |
| 4,75 | 0,5522 | 9,50 | 0,1624 | 4,75 | 0,1800 |
| 4,83 | 0,5546 | 9,67 | 0,1612 | 4,83 | 0,1840 |
| 4,92 | 0,5484 | 9,83 | 0,1586 | 4,92 | 0,1828 |
| 5,00 | 0,5383 | 10,00 | 0,1589 | 5,00 | 0,1759 |
| 5,08 | 0,5499 | 10,17 | 0,1567 | 5,08 | 0,1765 |
| 5,17 | 0,5476 | 10,33 | 0,1549 | 5,17 | 0,1726 |
| 5,25 | 0,5496 | 10,50 | 0,1542 | 5,25 | 0,1726 |
| 5,33 | 0,5420 | 10,67 | 0,1517 | 5,33 | 0,1717 |
| 5,42 | 0,5425 | 10,83 | 0,1524 | 5,42 | 0,1694 |
| 5,50 | 0,5402 | 11,00 | 0,1515 | 5,50 | 0,1666 |
| 5,58 | 0,5432 | 11,17 | 0,1501 | 5,58 | 0,1662 |
| 5,67 | 0,5407 | 11,33 | 0,1480 | 5,67 | 0,1652 |
| 5,75 | 0,5409 | 11,50 | 0,1470 | 5,75 | 0,1636 |
| 5,83 | 0,5379 | 11,67 | 0,1464 | 5,83 | 0,1647 |
| 5,92 | 0,5208 | 11,83 | 0,1452 | 5,92 | 0,1645 |
| 6,00 | 0,5356 | 12,00 | 0,1430 | 6,00 | 0,1574 |
| 6,08 | 0,5370 | 12,17 | 0,1436 | 6,08 | 0,1578 |
| 6,17 | 0,5343 | 12,33 | 0,1425 | 6,17 | 0,1585 |
| 6,25 | 0,5353 | 12,50 | 0,1411 | 6,25 | 0,1562 |
| 6,33 | 0,5352 | 12,67 | 0,1422 | 6,33 | 0,1548 |
| 6,42 | 0,5317 | 12,83 | 0,1391 | 6,42 | 0,1506 |
| 6,50 | 0,5347 | 13,00 | 0,1388 | 6,50 | 0,1478 |
| 6,58 | 0,5332 | 13,17 | 0,1367 | 6,58 | 0,1527 |
| 6,67 | 0,5332 | 13,33 | 0,1362 | 6,67 | 0,1455 |
| 6,75 | 0,5383 | 13,50 | 0,1353 | 6,75 | 0,1458 |
| 6,83 | 0,5291 | 13,67 | 0,1347 | 6,83 | 0,1506 |
| 6,92 | 0,5314 | 13,83 | 0,1344 | 6,92 | 0,1402 |
| 7,00 | 0,5337 | 14,00 | 0,1344 | 7,00 | 0,1413 |
| 7,08 | 0,5329 | 14,17 | 0,1331 | 7,08 | 0,1409 |
| 7,17 | 0,5316 | 14,33 | 0,1315 | 7,17 | 0,1416 |
| 7,25 | 0,5314 | 14,50 | 0,1315 | 7,25 | 0,1411 |
| 7,33 | 0,5278 | 14,67 | 0,1296 | 7,33 | 0,1386 |
| 7,42 | 0,5306 | 14,83 | 0,1283 | 7,42 | 0,1399 |
| 7,50 | 0,5273 | 15,00 | 0,1288 | 7,50 | 0,1393 |
| 7,58 | 0,5250 | 15,17 | 0,1275 | 7,58 | 0,1383 |
| 7,67 | 0,5232 | 15,33 | 0,1272 | 7,67 | 0,1374 |
| 7,75 | 0,5312 | 15,50 | 0,1261 | 7,75 | 0,1337 |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 7,83 | 0,5273 | 15,67 | 0,1262 | 7,83 | 0,1330 |
| 7,92 | 0,5216 | 15,83 | 0,1253 | 7,92 | 0,1312 |
| 8,00 | 0,5239 | 16,00 | 0,1242 | 8,00 | 0,1318 |
| 8,08 | 0,5291 | 16,17 | 0,1240 | 8,08 | 0,1325 |
| 8,17 | 0,5244 | 16,33 | 0,1233 | 8,17 | 0,1267 |
| 8,25 | 0,5275 | 16,50 | 0,1217 | 8,25 | 0,1339 |
| 8,33 | 0,5060 | 16,67 | 0,1206 | 8,33 | 0,1279 |
| 8,42 | 0,5244 | 16,83 | 0,1212 | 8,42 | 0,1291 |
| 8,50 | 0,5134 | 17,00 | 0,1195 | 8,50 | 0,1298 |
| 8,58 | 0,5217 | 17,17 | 0,1196 | 8,58 | 0,1291 |
| 8,67 | 0,5217 | 17,33 | 0,1187 | 8,67 | 0,1277 |
| 8,75 | 0,5155 | 17,50 | 0,1193 | 8,75 | 0,1261 |
| 8,83 | 0,5124 | 17,67 | 0,1171 | 8,83 | 0,1268 |
| 8,92 | 0,5129 | 17,83 | 0,1173 | 8,92 | 0,1286 |
| 9,00 | 0,5134 | 18,00 | 0,1173 | 9,00 | 0,1259 |
| 9,08 | 0,5163 | 18,17 | 0,1157 | 9,08 | 0,1210 |
| 9,17 | 0,5124 | 18,33 | 0,1164 | 9,17 | 0,1238 |
| 9,25 | 0,5198 | 18,50 | 0,1165 | 9,25 | 0,1261 |
| 9,33 | 0,5168 | 18,67 | 0,1158 | 9,33 | 0,1205 |
| 9,42 | 0,5180 | 18,83 | 0,1136 | 9,42 | 0,1223 |
| 9,50 | 0,5122 | 19,00 | 0,1146 | 9,50 | 0,1235 |
| 9,58 | 0,4988 | 19,17 | 0,1130 | 9,58 | 0,1208 |
| 9,67 | 0,5096 | 19,33 | 0,1117 | 9,67 | 0,1193 |
| 9,75 | 0,5131 | 19,50 | 0,1113 | 9,75 | 0,1217 |
| 9,83 | 0,5163 | 19,67 | 0,1107 | 9,83 | 0,1223 |
| 9,92 | 0,5106 | 19,83 | 0,1101 | 9,92 | 0,1059 |
| 10,00 | 0,5064 | 20,00 | 0,1092 | 10,00 | 0,1018 |
| 10,08 | 0,5165 | 20,17 | 0,1114 | 10,08 | 0,1038 |
| 10,17 | 0,5152 | 20,33 | 0,1085 | 10,17 | 0,1031 |
| 10,25 | 0,5134 | 20,50 | 0,1094 | 10,25 | 0,1045 |
| 10,33 | 0,5129 | 20,67 | 0,1082 | 10,33 | 0,1015 |
| 10,42 | 0,5093 | 20,83 | 0,1076 | 10,42 | 0,0992 |
| 10,50 | 0,5100 | 21,00 | 0,1063 | 10,50 | 0,1006 |
| 10,58 | 0,5023 | 21,17 | 0,1064 | 10,58 | 0,1015 |
| 10,67 | 0,5070 | 21,33 | 0,1057 | 10,67 | 0,0976 |
| 10,75 | 0,5010 | 21,50 | 0,1063 | 10,75 | 0,0976 |
| 10,83 | 0,5041 | 21,67 | 0,1057 | 10,83 | 0,0937 |
| 10,92 | 0,5096 | 21,83 | 0,1045 | 10,92 | 0,0967 |
| 11,00 | 0,5059 | 22,00 | 0,1038 | 11,00 | 0,0981 |
| 11,08 | 0,4978 | 22,17 | 0,1067 | 11,08 | 0,0960 |
| 11,17 | 0,5000 | 22,33 | 0,1044 | 11,17 | 0,0967 |
| 11,25 | 0,5057 | 22,50 | 0,1051 | 11,25 | 0,0962 |
| 11,33 | 0,4959 | 22,67 | 0,1041 | 11,33 | 0,0953 |
| 11,42 | 0,5019 | 22,83 | 0,1037 | 11,42 | 0,0971 |
| 11,50 | 0,4818 | 23,00 | 0,1029 | 11,50 | 0,0936 |
| 11,58 | 0,5054 | 23,17 | 0,1018 | 11,58 | 0,0981 |
| 11,67 | 0,5024 | 23,33 | 0,1019 | 11,67 | 0,0955 |
| 11,75 | 0,4998 | 23,50 | 0,1016 | 11,75 | 0,0952 |
| 11,83 | 0,4833 | 23,67 | 0,1003 | 11,83 | 0,1004 |
| 11,92 | 0,4951 | 23,83 | 0,0991 | 11,92 | 0,0948 |
| 12,00 | 0,5032 | 24,00 | 0,1003 | 12,00 | 0,0930 |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|----------|-------|--------|
| 12,08 | 0,5039 | 24,17 | 0,1004 | 12,08 | 0,0909 |
| 12,17 | 0,4993 | 24,33 | 0,0997 | 12,17 | 0,0941 |
| 12,25 | 0,4967 | 24,50 | 0,0982 | 12,25 | 0,0906 |
| 12,33 | 0,4993 | 24,67 | 0,0980 | 12,33 | 0,0941 |
| 12,42 | 0,5006 | 24,83 | 0,0987 | 12,42 | 0,0844 |
| 12,50 | 0,4944 | 25,00 | 0,0985 | 12,50 | 0,0911 |
| 12,58 | 0,4970 | 25,17 | 0,0978 | 12,58 | 0,0888 |
| 12,67 | 0,4993 | 25,33 | 0,0974 | 12,67 | 0,0906 |
| 12,75 | 0,4951 | 25,50 | 0,0975 | 12,75 | 0,0888 |
| 12,83 | 0,4996 | 25,67 | 0,0962 | 12,83 | 0,0888 |
| 12,92 | 0,4938 | 25,83 | 0,0968 | 12,92 | 0,0906 |
| 13,00 | 0,4898 | 26,00 | 0,0959 | 13,00 | 0,0885 |
| 13,08 | 0,4951 | 26,17 | 0,0952 | 13,08 | 0,0888 |
| 13,17 | 0,4954 | 26,33 | 0,0966 | 13,17 | 0,0878 |
| 13,25 | 0,4923 | 26,50 | 0,0950 | 13,25 | 0,0911 |
| 13,33 | 0,4933 | 26,67 | 0,0936 | 13,33 | 0,0849 |
| 13,42 | 0,4941 | 26,83 | 0,0952 | 13,42 | 0,0851 |
| 13,50 | 0,4933 | 27,00 | # VALOR! | 13,50 | 0,0872 |
| 13,58 | 0,4933 | 27,17 | 0,0933 | 13,58 | 0,0862 |
| 13,67 | 0,4911 | 27,33 | 0,0922 | 13,67 | 0,0874 |
| 13,75 | 0,4905 | 27,50 | 0,0921 | 13,75 | 0,0855 |
| 13,83 | 0,4910 | 27,67 | 0,0914 | 13,83 | 0,0851 |
| 13,92 | 0,4872 | 27,83 | 0,0906 | 13,92 | 0,0832 |
| 14,00 | 0,4651 | 28,00 | 0,0908 | 14,00 | 0,0855 |
| 14,08 | 0,4851 | 28,17 | 0,0909 | 14,08 | 0,0839 |
| 14,17 | 0,4926 | 28,33 | 0,0909 | 14,17 | 0,0834 |
| 14,25 | 0,4843 | 28,50 | 0,0900 | 14,25 | 0,0821 |
| 14,33 | 0,4852 | 28,67 | 0,0893 | 14,33 | 0,0842 |
| 14,42 | 0,4663 | 28,83 | 0,0893 | 14,42 | 0,0828 |
| 14,50 | 0,4733 | 29,00 | 0,0879 | 14,50 | 0,0818 |
| 14,58 | 0,4805 | | | 14,58 | 0,0839 |
| 14,67 | 0,4861 | | | 14,67 | 0,0837 |
| 14,75 | 0,4864 | | | 14,75 | 0,0860 |
| 14,83 | 0,4892 | | | 14,83 | 0,0848 |
| 14,92 | 0,4834 | | | 14,92 | 0,0844 |
| 15,00 | 0,4792 | | | 15,00 | 0,0844 |
| 15,08 | 0,4856 | | | 15,08 | 0,0821 |
| 15,17 | 0,4864 | | | 15,17 | 0,0798 |
| 15,25 | 0,4812 | | | 15,25 | 0,0791 |
| 15,33 | 0,4808 | | | 15,33 | 0,0800 |
| 15,42 | 0,4756 | | | 15,42 | 0,0828 |
| 15,50 | 0,4772 | | | 15,50 | 0,0800 |
| 15,58 | 0,4821 | | | 15,58 | 0,0777 |
| 15,67 | 0,4885 | | | 15,67 | 0,0779 |
| 15,75 | 0,4794 | | | 15,75 | 0,0816 |
| 15,83 | 0,4815 | | | 15,83 | 0,0832 |
| 15,92 | 0,4784 | | | 15,92 | 0,0784 |
| 16,00 | 0,4880 | | | 16,00 | 0,0783 |
| 16,08 | 0,4751 | | | 16,08 | 0,0777 |
| 16,17 | 0,4723 | | | 16,17 | 0,0802 |
| 16,25 | 0,4784 | | | 16,25 | 0,0805 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 16,33 | 0,4771 | | | 16,33 | 0,0788 |
| 16,42 | 0,4756 | | | 16,42 | 0,0767 |
| 16,50 | 0,4764 | | | 16,50 | 0,0779 |
| 16,58 | 0,4754 | | | 16,58 | 0,0795 |
| 16,67 | 0,4653 | | | 16,67 | 0,0746 |
| 16,75 | 0,4731 | | | 16,75 | 0,0770 |
| 16,83 | 0,4813 | | | 16,83 | 0,0746 |
| 16,92 | 0,4684 | | | 16,92 | 0,0739 |
| 17,00 | 0,4615 | | | 17,00 | 0,0719 |
| 17,08 | 0,4733 | | | 17,08 | 0,0763 |
| 17,17 | 0,4784 | | | 17,17 | 0,0746 |
| 17,25 | 0,4749 | | | 17,25 | 0,0737 |
| 17,33 | 0,4792 | | | 17,33 | 0,0767 |
| 17,42 | 0,4787 | | | 17,42 | 0,0756 |
| 17,50 | 0,4671 | | | 17,50 | 0,0788 |
| 17,58 | 0,4656 | | | 17,58 | 0,0723 |
| 17,67 | 0,4708 | | | 17,67 | 0,0730 |
| 17,75 | 0,4725 | | | 17,75 | 0,0749 |
| 17,83 | 0,4717 | | | 17,83 | 0,0746 |
| 17,92 | 0,4756 | | | 17,92 | 0,0740 |
| 18,00 | 0,4677 | | | 18,00 | 0,0744 |
| 18,08 | 0,4751 | | | 18,08 | 0,0777 |
| 18,17 | 0,4628 | | | 18,17 | 0,0726 |
| 18,25 | 0,4527 | | | 18,25 | 0,0747 |
| 18,33 | 0,4705 | | | 18,33 | 0,0730 |
| 18,42 | 0,4713 | | | 18,42 | 0,0744 |
| 18,50 | 0,4692 | | | 18,50 | 0,0696 |
| 18,58 | 0,4695 | | | 18,58 | 0,0709 |
| 18,67 | 0,4671 | | | 18,67 | 0,0728 |
| 18,75 | 0,4581 | | | 18,75 | 0,0698 |
| 18,83 | 0,4661 | | | 18,83 | 0,0721 |
| 18,92 | 0,4682 | | | 18,92 | 0,0700 |
| 19,00 | 0,4614 | | | 19,00 | 0,0680 |
| 19,08 | 0,4674 | | | 19,08 | 0,0728 |
| 19,17 | 0,4609 | | | 19,17 | 0,0714 |
| 19,25 | 0,4715 | | | 19,25 | 0,0717 |
| 19,33 | 0,4656 | | | 19,33 | 0,0858 |
| 19,42 | 0,4622 | | | 19,42 | 0,0732 |
| 19,50 | 0,4672 | | | 19,50 | 0,0680 |
| 19,58 | 0,4636 | | | 19,58 | 0,0709 |
| 19,67 | 0,4650 | | | 19,67 | 0,0700 |
| 19,75 | 0,4602 | | | 19,75 | 0,0702 |
| 19,83 | 0,4715 | | | 19,83 | 0,0702 |
| 19,92 | 0,4623 | | | 19,92 | 0,0638 |
| 20,00 | 0,4636 | | | 20,00 | 0,0702 |
| 20,08 | 0,4615 | | | 20,08 | 0,0746 |
| 20,17 | 0,4597 | | | 20,17 | 0,0682 |
| 20,25 | 0,4605 | | | 20,25 | 0,0642 |
| 20,33 | 0,4643 | | | 20,33 | 0,0688 |
| 20,42 | 0,4591 | | | 20,42 | 0,0686 |
| 20,50 | 0,4677 | | | 20,50 | 0,0698 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 20,58 | 0,4669 | | | 20,58 | 0,0661 |
| 20,67 | 0,4517 | | | 20,67 | 0,0703 |
| 20,75 | 0,4612 | | | 20,75 | 0,0696 |
| 20,83 | 0,4600 | | | 20,83 | 0,0680 |
| 20,92 | 0,4607 | | | 20,92 | 0,0672 |
| 21,00 | 0,4592 | | | 21,00 | 0,0688 |
| 21,08 | 0,4569 | | | 21,08 | 0,0702 |
| 21,17 | 0,4484 | | | 21,17 | 0,0703 |
| 21,25 | 0,4543 | | | 21,25 | 0,0626 |
| 21,33 | 0,4530 | | | 21,33 | 0,0670 |
| 21,42 | 0,4594 | | | 21,42 | 0,0675 |
| 21,50 | 0,4571 | | | 21,50 | 0,0665 |
| 21,58 | 0,4568 | | | 21,58 | 0,0656 |
| 21,67 | 0,4628 | | | 21,67 | 0,0695 |
| 21,75 | 0,4563 | | | 21,75 | 0,0670 |
| 21,83 | 0,4617 | | | 21,83 | 0,0682 |
| 21,92 | 0,4573 | | | 21,92 | 0,0645 |
| 22,00 | 0,4543 | | | 22,00 | 0,0629 |
| 22,08 | 0,4555 | | | 22,08 | 0,0651 |
| 22,17 | 0,4556 | | | 22,17 | 0,0700 |
| 22,25 | 0,4602 | | | 22,25 | 0,0663 |
| 22,33 | 0,4447 | | | 22,33 | 0,0649 |
| 22,42 | 0,4532 | | | 22,42 | 0,0638 |
| 22,50 | 0,4558 | | | 22,50 | 0,0668 |
| 22,58 | 0,4496 | | | 22,58 | 0,0644 |
| 22,67 | 0,4532 | | | 22,67 | 0,0647 |
| 22,75 | 0,4510 | | | 22,75 | 0,0607 |
| 22,83 | 0,4563 | | | 22,83 | 0,0656 |
| 22,92 | 0,4587 | | | 22,92 | 0,0619 |
| 23,00 | 0,4507 | | | 23,00 | 0,0628 |
| 23,08 | 0,4548 | | | 23,08 | 0,0638 |
| 23,17 | 0,4484 | | | 23,17 | 0,0658 |
| 23,25 | 0,4506 | | | 23,25 | 0,0607 |
| 23,33 | 0,4429 | | | 23,33 | 0,0658 |
| 23,42 | 0,4551 | | | 23,42 | 0,0631 |
| 23,50 | 0,4492 | | | 23,50 | 0,0621 |
| 23,58 | 0,4465 | | | 23,58 | 0,0633 |
| 23,67 | 0,4509 | | | 23,67 | 0,0668 |
| 23,75 | 0,4506 | | | 23,75 | 0,0633 |
| 23,83 | 0,4478 | | | 23,83 | 0,0659 |
| 23,92 | 0,4501 | | | 23,92 | 0,0654 |
| 24,00 | 0,4478 | | | 24,00 | 0,0578 |
| 24,08 | 0,4546 | | | 24,08 | 0,0626 |
| 24,17 | 0,4360 | | | 24,17 | 0,0631 |
| 24,25 | 0,4435 | | | 24,25 | 0,0589 |
| 24,33 | 0,4427 | | | 24,33 | 0,0642 |
| 24,42 | 0,4494 | | | 24,42 | 0,0637 |
| 24,50 | 0,4430 | | | 24,50 | 0,0654 |
| 24,58 | 0,4491 | | | 24,58 | 0,0614 |
| 24,67 | 0,4445 | | | 24,67 | 0,0582 |
| 24,75 | 0,4484 | | | 24,75 | 0,0633 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 24,83 | 0,4533 | | | 24,83 | 0,0637 |
| 24,92 | 0,4411 | | | 24,92 | 0,0642 |
| 25,00 | 0,4186 | | | 25,00 | 0,0615 |
| 25,08 | 0,4450 | | | 25,08 | 0,0622 |
| 25,17 | 0,4504 | | | 25,17 | 0,0575 |
| 25,25 | 0,4484 | | | 25,25 | 0,0668 |
| 25,33 | 0,4460 | | | 25,33 | 0,0615 |
| 25,42 | 0,4442 | | | 25,42 | 0,0617 |
| 25,50 | 0,4448 | | | 25,50 | 0,0622 |
| 25,58 | 0,4465 | | | 25,58 | 0,0621 |
| 25,67 | 0,4476 | | | 25,67 | 0,0615 |
| 25,75 | 0,4415 | | | 25,75 | 0,0591 |
| 25,83 | 0,4414 | | | 25,83 | 0,0617 |
| 25,92 | 0,4442 | | | 25,92 | 0,0598 |
| 26,00 | 0,4411 | | | 26,00 | 0,0624 |
| 26,08 | 0,4329 | | | 26,08 | 0,0600 |
| 26,17 | 0,4532 | | | 26,17 | 0,0582 |
| 26,25 | 0,4409 | | | 26,25 | 0,0596 |
| 26,33 | 0,4438 | | | 26,33 | 0,0568 |
| 26,42 | 0,4474 | | | 26,42 | 0,0585 |
| 26,50 | 0,4425 | | | 26,50 | 0,0573 |
| 26,58 | 0,4407 | | | 26,58 | 0,0598 |
| 26,67 | 0,4440 | | | 26,67 | 0,0603 |
| 26,75 | 0,4437 | | | 26,75 | 0,0547 |
| 26,83 | 0,4365 | | | 26,83 | 0,0573 |
| 26,92 | 0,4419 | | | 26,92 | 0,0566 |
| 27,00 | 0,4399 | | | 27,00 | 0,0619 |
| 27,08 | 0,4376 | | | 27,08 | 0,0593 |
| 27,17 | 0,4453 | | | 27,17 | 0,0614 |
| 27,25 | 0,4425 | | | 27,25 | 0,0573 |
| 27,33 | 0,4345 | | | 27,33 | 0,0585 |
| 27,42 | 0,4443 | | | 27,42 | 0,0585 |
| 27,50 | 0,4388 | | | 27,50 | 0,0601 |
| 27,58 | 0,4415 | | | 27,58 | 0,0571 |
| 27,67 | 0,4355 | | | 27,67 | 0,0584 |
| 27,75 | 0,4397 | | | 27,75 | 0,0605 |
| 27,83 | 0,4447 | | | 27,83 | 0,0600 |
| 27,92 | 0,4355 | | | 27,92 | 0,0594 |
| 28,00 | 0,4447 | | | 28,00 | 0,0580 |
| 28,08 | 0,4350 | | | 28,08 | 0,0578 |
| 28,17 | 0,4407 | | | 28,17 | 0,0585 |
| 28,25 | 0,4373 | | | 28,25 | 0,0589 |
| 28,33 | 0,4375 | | | 28,33 | 0,0570 |
| 28,42 | 0,4391 | | | 28,42 | 0,0577 |
| 28,50 | 0,4455 | | | 28,50 | 0,0559 |
| 28,58 | 0,4312 | | | 28,58 | 0,0585 |
| 28,67 | 0,4409 | | | 28,67 | 0,0585 |
| 28,75 | 0,4409 | | | 28,75 | 0,0563 |
| 28,83 | 0,4335 | | | 28,83 | 0,0589 |
| 28,92 | 0,4378 | | | 28,92 | 0,0573 |
| 29,00 | 0,4384 | | | 29,00 | 0,0557 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 29,08 | 0,4399 | | | 29,08 | 0,0543 |
| 29,17 | 0,4360 | | | 29,17 | 0,0584 |
| 29,25 | 0,4375 | | | 29,25 | 0,0554 |
| 29,33 | 0,4224 | | | 29,33 | 0,0575 |
| 29,42 | 0,4299 | | | 29,42 | 0,0554 |
| 29,50 | 0,4358 | | | 29,50 | 0,0564 |
| 29,58 | 0,4396 | | | 29,58 | 0,0570 |
| 29,67 | 0,4257 | | | 29,67 | 0,0554 |
| 29,75 | 0,4299 | | | 29,75 | 0,0547 |
| 29,83 | 0,4394 | | | 29,83 | 0,0578 |
| 29,92 | 0,4393 | | | 29,92 | 0,0575 |
| 30,00 | 0,4321 | | | 30,00 | 0,0534 |
| 30,08 | 0,4379 | | | 30,08 | 0,0584 |
| 30,17 | 0,4321 | | | 30,17 | 0,0531 |
| 30,25 | 0,4350 | | | 30,25 | 0,0564 |
| 30,33 | 0,4325 | | | 30,33 | 0,0554 |
| 30,42 | 0,4301 | | | 30,42 | 0,0587 |
| 30,50 | 0,4286 | | | 30,50 | 0,0559 |
| 30,58 | 0,4350 | | | 30,58 | 0,0596 |
| 30,67 | 0,4376 | | | 30,67 | 0,0533 |
| 30,75 | 0,4250 | | | 30,75 | 0,0573 |
| 30,83 | 0,4280 | | | 30,83 | 0,0559 |
| 30,92 | 0,4255 | | | 30,92 | 0,0524 |
| 31,00 | 0,4329 | | | 31,00 | 0,0552 |
| 31,08 | 0,4280 | | | 31,08 | 0,0506 |
| 31,17 | 0,4242 | | | 31,17 | 0,0563 |
| 31,25 | 0,4339 | | | 31,25 | 0,0585 |
| 31,33 | 0,4322 | | | 31,33 | 0,0545 |
| 31,42 | 0,4265 | | | 31,42 | 0,0536 |
| 31,50 | 0,4312 | | | 31,50 | 0,0561 |
| 31,58 | 0,4299 | | | 31,58 | 0,0536 |
| 31,67 | 0,4281 | | | 31,67 | 0,0531 |
| 31,75 | 0,4267 | | | 31,75 | 0,0552 |
| 31,83 | 0,4262 | | | 31,83 | 0,0533 |
| 31,92 | 0,4304 | | | 31,92 | 0,0540 |
| 32,00 | 0,4329 | | | 32,00 | 0,0538 |
| 32,08 | 0,4273 | | | 32,08 | 0,0550 |
| 32,17 | 0,4267 | | | 32,17 | 0,0540 |
| 32,25 | 0,4335 | | | 32,25 | 0,0566 |
| 32,33 | 0,4294 | | | 32,33 | 0,0564 |
| 32,42 | 0,4289 | | | 32,42 | 0,0561 |
| 32,50 | 0,4285 | | | 32,50 | 0,0585 |
| 32,58 | 0,4289 | | | 32,58 | 0,0517 |
| 32,67 | 0,4258 | | | 32,67 | 0,0520 |
| 32,75 | 0,4358 | | | 32,75 | 0,0538 |
| 32,83 | 0,4260 | | | 32,83 | 0,0531 |
| 32,92 | 0,4301 | | | 32,92 | 0,0547 |
| 33,00 | 0,4253 | | | 33,00 | 0,0556 |
| 33,08 | 0,4235 | | | 33,08 | 0,0566 |
| 33,17 | 0,4278 | | | 33,17 | 0,0557 |
| 33,25 | 0,4250 | | | 33,25 | 0,0554 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 33,33 | 0,4275 | | | 33,33 | 0,0570 |
| 33,42 | 0,4283 | | | 33,42 | 0,0508 |
| 33,50 | 0,4268 | | | 33,50 | 0,0529 |
| 33,58 | 0,4273 | | | 33,58 | 0,0517 |
| 33,67 | 0,4245 | | | 33,67 | 0,0534 |
| 33,75 | 0,4221 | | | 33,75 | 0,0510 |
| 33,83 | 0,4296 | | | 33,83 | 0,0541 |
| 33,92 | 0,4188 | | | 33,92 | 0,0531 |
| 34,00 | 0,4242 | | | 34,00 | 0,0533 |
| 34,08 | 0,4296 | | | 34,08 | 0,0515 |
| 34,17 | 0,4245 | | | 34,17 | 0,0524 |
| 34,25 | 0,4221 | | | 34,25 | 0,0512 |
| 34,33 | 0,4157 | | | 34,33 | 0,0515 |
| 34,42 | 0,4201 | | | 34,42 | 0,0490 |
| 34,50 | 0,4208 | | | 34,50 | 0,0527 |
| 34,58 | 0,4250 | | | 34,58 | 0,0527 |
| 34,67 | 0,4286 | | | 34,67 | 0,0482 |
| 34,75 | 0,4260 | | | 34,75 | 0,0520 |
| 34,83 | 0,4237 | | | 34,83 | 0,0529 |
| 34,92 | 0,4250 | | | 34,92 | 0,0473 |
| 35,00 | 0,4147 | | | 35,00 | 0,0556 |
| 35,08 | 0,4258 | | | 35,08 | 0,0547 |
| 35,17 | 0,4201 | | | 35,17 | 0,0503 |
| 35,25 | 0,4172 | | | 35,25 | 0,0527 |
| 35,33 | 0,4257 | | | 35,33 | 0,0524 |
| 35,42 | 0,4276 | | | 35,42 | 0,0522 |
| 35,50 | 0,4208 | | | 35,50 | 0,0552 |
| 35,58 | 0,4168 | | | 35,58 | 0,0512 |
| 35,67 | 0,4157 | | | 35,67 | 0,0513 |
| 35,75 | 0,4201 | | | 35,75 | 0,0543 |
| 35,83 | 0,4204 | | | 35,83 | 0,0557 |
| 35,92 | 0,4201 | | | 35,92 | 0,0462 |
| 36,00 | 0,4134 | | | 36,00 | 0,0517 |
| 36,08 | 0,4201 | | | 36,08 | 0,0515 |
| 36,17 | 0,4206 | | | 36,17 | 0,0552 |
| 36,25 | 0,4226 | | | 36,25 | 0,0505 |
| 36,33 | 0,4235 | | | 36,33 | 0,0533 |
| 36,42 | 0,4211 | | | 36,42 | 0,0503 |
| 36,50 | 0,4235 | | | 36,50 | 0,0510 |
| 36,58 | 0,4216 | | | 36,58 | 0,0522 |
| 36,67 | 0,4201 | | | 36,67 | 0,0522 |
| 36,75 | 0,4260 | | | 36,75 | 0,0503 |
| 36,83 | 0,4235 | | | 36,83 | 0,0515 |
| 36,92 | 0,4185 | | | 36,92 | 0,0517 |
| 37,00 | 0,4162 | | | 37,00 | 0,0519 |
| 37,08 | 0,4191 | | | 37,08 | 0,0529 |
| 37,17 | 0,4172 | | | 37,17 | 0,0490 |
| 37,25 | 0,4177 | | | 37,25 | 0,0519 |
| 37,33 | 0,4213 | | | 37,33 | 0,0499 |
| 37,42 | 0,4216 | | | 37,42 | 0,0459 |
| 37,50 | 0,4106 | | | 37,50 | 0,0471 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 37,58 | 0,4199 | | | 37,58 | 0,0505 |
| 37,67 | 0,4149 | | | 37,67 | 0,0515 |
| 37,75 | 0,4163 | | | 37,75 | 0,0482 |
| 37,83 | 0,4145 | | | 37,83 | 0,0505 |
| 37,92 | 0,4175 | | | 37,92 | 0,0469 |
| 38,00 | 0,4155 | | | 38,00 | 0,0508 |
| 38,08 | 0,4234 | | | 38,08 | 0,0499 |
| 38,17 | 0,4168 | | | 38,17 | 0,0478 |
| 38,25 | 0,4196 | | | 38,25 | 0,0503 |
| 38,33 | 0,4185 | | | 38,33 | 0,0499 |
| 38,42 | 0,4186 | | | 38,42 | 0,0476 |
| 38,50 | 0,4142 | | | 38,50 | 0,0453 |
| 38,58 | 0,4156 | | | 38,58 | 0,0517 |
| 38,67 | 0,4175 | | | 38,67 | 0,0476 |
| 38,75 | 0,4109 | | | 38,75 | 0,0485 |
| 38,83 | 0,4149 | | | 38,83 | 0,0468 |
| 38,92 | 0,4144 | | | 38,92 | 0,0478 |
| 39,00 | 0,4186 | | | 39,00 | 0,0429 |
| 39,08 | 0,4136 | | | 39,08 | 0,0438 |
| 39,17 | 0,4170 | | | 39,17 | 0,0497 |
| 39,25 | 0,4083 | | | 39,25 | 0,0513 |
| 39,33 | 0,4149 | | | 39,33 | 0,0496 |
| 39,42 | 0,4139 | | | 39,42 | 0,0464 |
| 39,50 | 0,4150 | | | 39,50 | 0,0445 |
| 39,58 | 0,4069 | | | 39,58 | 0,0515 |
| 39,67 | 0,4134 | | | 39,67 | 0,0441 |
| 39,75 | 0,4136 | | | 39,75 | 0,0478 |
| 39,83 | 0,4129 | | | 39,83 | 0,0517 |
| 39,92 | 0,4077 | | | 39,92 | 0,0515 |
| 40,00 | 0,4137 | | | 40,00 | 0,0503 |
| 40,08 | 0,4119 | | | 40,08 | 0,0517 |
| 40,17 | 0,4096 | | | 40,17 | 0,0494 |
| 40,25 | 0,4113 | | | 40,25 | 0,0489 |
| 40,33 | 0,4096 | | | 40,33 | 0,0506 |
| 40,42 | 0,4060 | | | 40,42 | 0,0476 |
| 40,50 | 0,4033 | | | 40,50 | 0,0487 |
| 40,58 | 0,4095 | | | 40,58 | 0,0496 |
| 40,67 | 0,4083 | | | 40,67 | 0,0487 |
| 40,75 | 0,4062 | | | 40,75 | 0,0480 |
| 40,83 | 0,4083 | | | 40,83 | 0,0478 |
| 40,92 | 0,4078 | | | 40,92 | 0,0485 |
| 41,00 | 0,4021 | | | 41,00 | 0,0469 |
| 41,08 | 0,4085 | | | 41,08 | 0,0475 |
| 41,17 | 0,4087 | | | 41,17 | 0,0466 |
| 41,25 | 0,4044 | | | 41,25 | 0,0506 |
| 41,33 | 0,4041 | | | 41,33 | 0,0483 |
| 41,42 | 0,4013 | | | 41,42 | 0,0487 |
| 41,50 | 0,4041 | | | 41,50 | 0,0483 |
| 41,58 | 0,4087 | | | 41,58 | 0,0478 |
| 41,67 | 0,3985 | | | 41,67 | 0,0490 |
| 41,75 | 0,4054 | | | 41,75 | 0,0515 |

| | | | | | |
|-------|--------|--|--|-------|--------|
| 41,83 | 0,4091 | | | 41,83 | 0,0482 |
| 41,92 | 0,3934 | | | 41,92 | 0,0473 |
| 42,00 | 0,4016 | | | 42,00 | 0,0461 |
| 42,08 | 0,3990 | | | 42,08 | 0,0466 |
| 42,17 | 0,4057 | | | 42,17 | 0,0457 |
| 42,25 | 0,4021 | | | 42,25 | 0,0466 |
| 42,33 | 0,4018 | | | 42,33 | 0,0455 |
| 42,42 | 0,4003 | | | 42,42 | 0,0483 |
| 42,50 | 0,4006 | | | 42,50 | 0,0473 |
| 42,58 | 0,3980 | | | 42,58 | 0,0429 |
| 42,67 | 0,4041 | | | 42,67 | 0,0445 |
| 42,75 | 0,4054 | | | | |
| 42,83 | 0,3982 | | | | |

Anexo III

Tabla 3.1 a) Valores experimentales de la isoterma de desorción para pera

| aw | xw(bs) |
|-------|--------|
| 0,951 | 0,965 |
| 0,906 | 0,819 |
| 0,847 | 0,605 |
| 0,587 | 0,179 |
| 0,411 | 0,099 |
| 0,355 | 0,078 |
| 0,315 | 0,061 |
| 0,272 | 0,042 |
| 0,238 | 0,029 |
| 0,215 | 0,021 |

Tabla 3.1 b) Valores experimentales de la isoterma de adsorción para pera

| aw | xw(bs) |
|------|--------|
| 0,84 | 0,474 |
| 0,75 | 0,282 |
| 0,68 | 0,214 |
| 0,52 | 0,103 |
| 0,43 | 0,095 |
| 0,33 | 0,050 |
| 0,22 | 0,029 |
| 0,11 | 0,022 |

Tabla 3.2 Temperatura de transiciones vítreas analizadas por DSC en muestra de pera a diferentes humedad

| Xw (bh) | Tg (°C) |
|---------|---------|
| 0,322 | -82,1 |
| 0,220 | -67,9 |
| 0,177 | -61,2 |
| 0,093 | -38,3 |
| 0,087 | -25,7 |
| 0,047 | -14,6 |
| 0,028 | -0,1 |
| 0,022 | 44,4 |

Tabla 3.3 Propiedad mecánica de las muestras a diferentes contenido de humeda

| | num de muestra | humedad (b.s) | F (N) | desviación | distancia(cm) | desviación | area (cm2) | desviación | F/d (N/cm) | desviación |
|----|----------------|---------------|---------|------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 061 | 0,0277 | 22,8966 | 2,2349 | 2,8370 | 0,1432 | 2,9699 | 0,3052 | 8,7075 | 1,4201 |
| 2 | 011 | 0,0377 | 24,4050 | 1,8613 | 3,1050 | 0,2754 | 3,2553 | 0,5492 | 8,1021 | 0,4788 |
| 3 | 021 | 0,0527 | 26,5704 | 1,7278 | 3,3530 | 0,2180 | 4,4846 | 0,7745 | 8,8459 | 1,7979 |
| 4 | 031 | 0,0583 | 24,4558 | 2,0064 | 3,8930 | 0,7066 | 3,7103 | 0,7963 | 6,5894 | 0,7411 |
| 5 | 041 | 0,0749 | 20,6930 | 2,7943 | 2,9090 | 0,3809 | 2,7467 | 0,1632 | 7,0425 | 1,7476 |
| 6 | 091 | 0,1073 | 15,1408 | 2,5743 | 3,1450 | 0,3938 | 1,8724 | 0,4555 | 5,1081 | 0,7902 |
| 7 | 071 | 0,1094 | 16,4925 | 2,9635 | 2,7170 | 0,1301 | 1,8057 | 0,4112 | 6,0436 | 0,7614 |
| 8 | 101 | 0,1164 | 14,5872 | 1,3348 | 3,1610 | 0,1621 | 1,6968 | 0,1092 | 4,9890 | 0,3088 |
| 9 | 081 | 0,1256 | 15,2668 | 2,5307 | 3,2690 | 0,2801 | 2,2972 | 0,5460 | 5,1393 | 0,7506 |
| 10 | 111 | 0,1899 | 14,3640 | 1,2046 | 3,1730 | 0,3100 | 1,7646 | 0,1236 | 4,7473 | 0,3983 |
| 11 | 141 | 0,1932 | 10,1822 | 0,3445 | 4,6940 | 0,6751 | 1,3043 | 0,0655 | 2,3004 | 0,2635 |
| 12 | 121 | 0,1947 | 15,6270 | 0,7556 | 3,8570 | 0,7267 | 2,2732 | 0,4336 | 4,3559 | 0,5994 |
| 13 | 201 | 0,2129 | 9,7628 | 0,5542 | 4,3910 | 0,0747 | 1,3720 | 0,1116 | 2,2237 | 0,1272 |
| 14 | 191 | 0,2186 | 7,8773 | 0,1684 | 3,7250 | 0,1749 | 1,0818 | 0,1332 | 2,1817 | 0,1997 |
| 15 | 131 | 0,2308 | 9,5762 | 1,3976 | 4,2165 | 0,2717 | 1,2408 | 0,1887 | 2,2752 | 0,3791 |
| 16 | 151 | 0,2594 | 5,9664 | 0,5131 | 4,2908 | 0,3531 | 0,9464 | 0,4577 | 1,3625 | 0,1326 |
| 17 | 231 | 0,2710 | 8,1946 | 1,0730 | 3,2810 | 0,8926 | 0,9918 | 0,4097 | 2,2832 | 0,5527 |
| 18 | 241 | 0,2750 | 7,5788 | 0,8083 | 4,4600 | 0,3442 | 1,1733 | 0,1333 | 1,7588 | 0,3462 |
| 19 | 161 | 0,2793 | 6,1016 | 0,2851 | 3,5560 | 0,1890 | 0,8553 | 0,1123 | 1,5714 | 0,2889 |
| 20 | 181 | 0,2817 | 7,9690 | 0,4307 | 4,7810 | 0,5857 | 1,3279 | 0,1391 | 1,7216 | 0,1624 |
| 21 | 211 | 0,2937 | 7,5128 | 0,2897 | 4,7990 | 0,4224 | 1,3802 | 0,1680 | 1,5988 | 0,3859 |
| 22 | 171 | 0,3053 | 7,5918 | 0,7444 | 4,5050 | 0,3000 | 1,3378 | 0,1753 | 1,6568 | 0,1686 |
| 23 | 221 | 0,3055 | 8,5785 | 0,7838 | 4,8500 | 0,6087 | 1,5746 | 0,1116 | 1,9843 | 0,3662 |

Anexo IV

Tabla IV.1, Evolución de los parámetros de color L*,a*,b*, Tono (h*_{ab}) y Cromo (C*_{ab}) durante el almacenamiento de muestra seca de pera

| Tiempo | L* | a | b | C* _{ab} | h* _{ab} |
|--------|------------|-----------|------------|------------------|------------------|
| 0 | 61,71±4,23 | 7,23±1,28 | 26,28±2,41 | 27,28±2,43 | 74,60±2,65 |
| 7 | 61,82±5,06 | 7,36±1,52 | 26,93±2,41 | 27,95±2,43 | 74,69±3,02 |
| 14 | 60,73±6,18 | 7,60±1,34 | 26,13±2,63 | 27,26±2,48 | 73,66±3,39 |
| 21 | 64,23±4,79 | 7,14±1,26 | 25,79±1,90 | 26,78±2,05 | 74,58±2,12 |
| 28 | 64,60±4,68 | 7,16±1,28 | 25,96±2,45 | 26,94±2,57 | 74,62±2,14 |
| 35 | 57,94±4,62 | 8,22±0,98 | 24,93±2,75 | 26,27±2,78 | 71,70±1,89 |
| 60 | 63,56±5,90 | 7,46±1,46 | 26,15±2,73 | 27,22±2,76 | 74,06±2,98 |

Tabla IV.2, Evolución de los parámetros de color L*,a*,b*, Tono (h*_{ab}) y Cromo (C*_{ab}) durante el almacenamiento de muestra seca previamente deshidratada 0,5 h de pera .

| Tiempo | L* | a | b | C* _{ab} | h* _{ab} |
|--------|------------|-----------|------------|------------------|------------------|
| 0 | 60,33±4,83 | 6,79±2,61 | 21,72±5,59 | 22,81±5,98 | 73,02±3,76 |
| 7 | 58,35±4,95 | 7,68±1,87 | 25,39±4,24 | 26,55±4,49 | 73,31±2,52 |
| 14 | 58,17±4,71 | 8,85±1,31 | 26,80±1,43 | 28,25±1,44 | 71,74±2,64 |
| 21 | 58,42±3,81 | 8,65±1,08 | 26,45±1,10 | 27,84±1,07 | 71,89±2,28 |
| 28 | 57,55±4,32 | 8,96±1,23 | 25,99±1,85 | 27,53±1,65 | 70,90±3,09 |
| 35 | 57,57±5,69 | 9,00±1,34 | 25,95±2,08 | 27,52±1,77 | 70,76±3,78 |
| 60 | 58,50±3,31 | 9,06±1,34 | 26,96±1,44 | 28,48±1,30 | 71,39±2,97 |

Tabla IV.3, Evolución de los parámetros de color L*,a*,b*, Tono (h*_{ab}) y Cromo (C*_{ab}) durante el almacenamiento de muestra seca previamente deshidratada 3 h de pera .

| Tiempo | L* | a | b | C* _{ab} | h* _{ab} |
|--------|------------|-----------|------------|------------------|------------------|
| 0 | 59,95±4.30 | 7,53±4.30 | 23,91±7.39 | 25,08±7.79 | 72,87±2.38 |
| 7 | 58,02±4.52 | 8,26±4.52 | 26,62±5.98 | 27,89±6.30 | 72,89±2.32 |
| 14 | 59,15±4.06 | 8,67±4.06 | 28,70±2.64 | 30,01±2.64 | 73,13±2.88 |
| 21 | 58,58±4.83 | 8,65±4.83 | 27,29±3.02 | 28,68±2.85 | 72,21±3.46 |
| 28 | 57,26±4.39 | 8,92±4.39 | 27,10±3.48 | 28,59±3.37 | 71,58±3.71 |
| 35 | 56,65±5.63 | 9,06±5.63 | 27,77±3.79 | 29,28±3.68 | 71,71±4.11 |
| 60 | 57,72±5.00 | 8,83±5.00 | 26,87±3.63 | 28,33±3.44 | 71,53±3.59 |

Tabla IV.4, Evolución de los parámetros de color L*,a*,b*, Tono (h*_{ab}) y Cromo (C*_{ab}) durante el almacenamiento de muestra seca previamente deshidratada 48 h de pera.

| Tiempo | L* | a | b | C* _{ab} | h* _{ab} |
|--------|------------|-----------|------------|------------------|------------------|
| 0 | 70,61±2.91 | 3,81±1.36 | 30,20±2.98 | 30,47±2.97 | 82,79±2.65 |
| 7 | 70,38±1.82 | 3,92±0.96 | 32,90±3.19 | 33,15±3.18 | 83,18±1.74 |
| 14 | 70,44±3.35 | 4,65±1.54 | 28,97±1.42 | 29,37±1.47 | 80,91±2.92 |
| 21 | 69,99±3.39 | 4,26±1.63 | 30,36±2.66 | 30,70±2.67 | 82,00±3.02 |
| 28 | 68,75±3.56 | 4,63±1.28 | 29,16±3.05 | 29,56±3.00 | 80,88±2.70 |
| 35 | 70,49±2.83 | 4,28±1.86 | 29,91±2.67 | 30,28±2.49 | 81,72±4.12 |
| 60 | 70,13±3.35 | 4,38±2.04 | 29,92±2.99 | 30,31±2.95 | 81,61±3.96 |

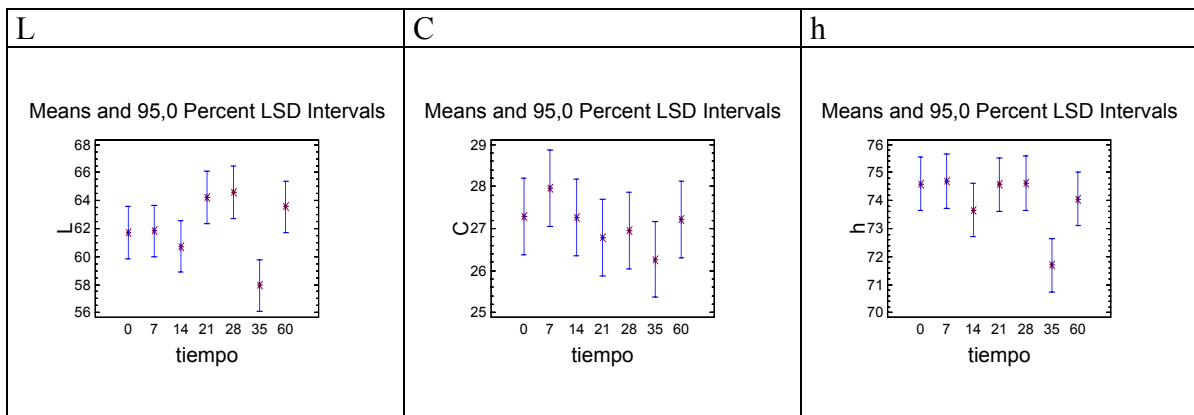
Tabla IV.5, Evolución de los parámetros de color L*,a*,b*, Tono (h*_{ab}) y Cromo (C*_{ab}) durante el almacenamiento de muestra seca previamente deshidratada a vacío de pera

| Tiempo | L* | a | b | C* _{ab} | h* _{ab} |
|--------|------------|-----------|------------|------------------|------------------|
| 0 | 70,16±4.94 | 2,89±1.38 | 32,82±3.2 | 32,97±3.22 | 84,98±2.37 |
| 7 | 69,60±3.55 | 3,31±0.95 | 34,63±3.41 | 34,80±3.40 | 84,48±1.65 |
| 14 | 67,00±7.58 | 2,94±1.33 | 31,31±3.52 | 31,48±3.46 | 84,53±2.96 |
| 21 | 67,95±3.16 | 2,42±1.17 | 32,21±2.42 | 32,88±2.34 | 83,71±1.70 |
| 28 | 67,25±4.38 | 3,46±1.27 | 33,52±3.78 | 33,71±3.85 | 84,17±1.81 |
| 35 | 67,22±3.56 | 3,77±0.92 | 34,89±2.94 | 35,10±2.96 | 83,83±1.48 |
| 60 | 66,64±5.93 | 3,83±1.41 | 32,68±3.96 | 32,95±3.78 | 83,08±3.64 |

Tabla IV.6. Anova de los parámetro L*,c,h para tratamiento en función de tiempo de almacenamiento.

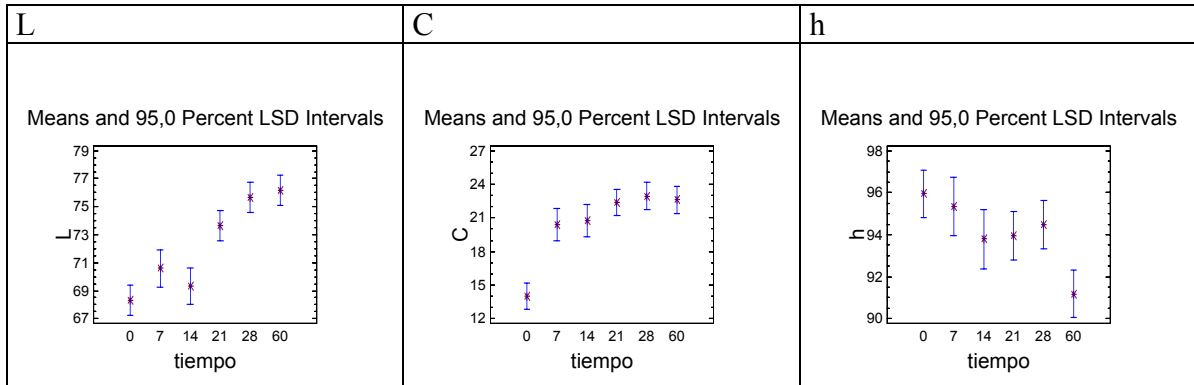
MF

| Tiempo | L* | C | h |
|-------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| 0 | 61.71±4.23 ^{bc} | 27,28±2.43 | 74,60±2.65 ^b |
| 7 | 61.82±5.06 ^{bc} | 27,95±2.43 | 74,69±3.02 ^b |
| 14 | 60.73±6.18 ^{ab} | 27,26±2.48 | 73,66±3.39 ^b |
| 21 | 64.23±4.79 ^{bc} | 26,78±2.05 | 74,58±2.12 ^b |
| 28 | 64.60±4.68 ^c | 26,94±2.57 | 74,62±2.14 ^b |
| 35 | 57,94±4.62 ^a | 26,27±2.78 | 71,70±1.89 ^a |
| 60 | 63,56±5.90 ^{bc} | 27,22±2.76 | 74,06±2.98 ^b |
| Dif.entre muestra | (*) | n.s | (*) |



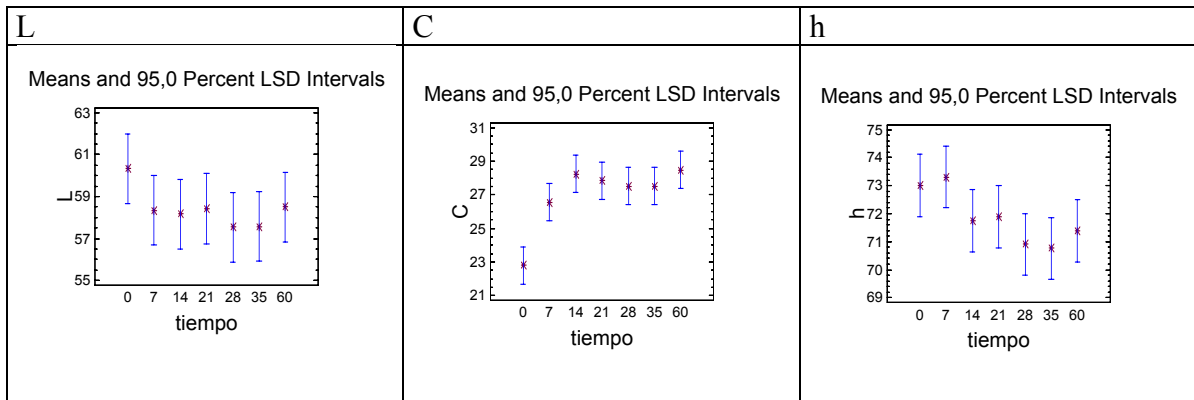
Muestra Blanqueada

| Tiempo | L* | C | h |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0 | 68,29±0.16 ^a | 13,99±0.72 ^a | 95,95±0.56 ^b |
| 7 | 70,59±1.41 ^b | 20,04±1.54 ^b | 95,30±1.62 ^b |
| 14 | 69,31±0.32 ^c | 20,77±0.27 ^b | 93,79±0.88 ^b |
| 21 | 73,66±1.43 ^b | 22,41±1.78 ^b | 93,94±2.06 ^b |
| 28 | 75,66±0.46 ^{bc} | 22,96±0.17 ^b | 94,48±0.44 ^b |
| 60 | 76,17±1.91 ^c | 22,62±1.67 ^b | 91,19±0.30 ^a |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |



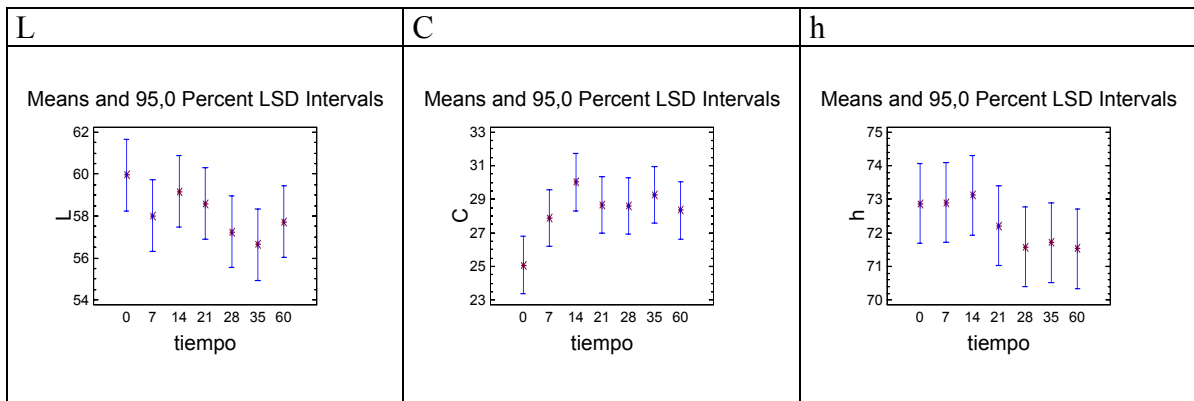
DO 0.5h

| Tiempo | L* | C | h |
|-------------------|------------|-------------------------|---------------------------|
| 0 | 60,33±4.83 | 22,81±5.98 ^a | 73,02±3.76 ^{bc} |
| 7 | 58,35±4.95 | 26,55±4.49 ^b | 73,31±2.52 ^c |
| 14 | 58,17±4.71 | 28,25±1.44 ^b | 71,74±2.64 ^{abc} |
| 21 | 58,42±3.81 | 27,84±1.07 ^b | 71,89±2.28 ^{abc} |
| 28 | 57,55±4.32 | 27,53±1.65 ^b | 70,90±3.09 ^{ab} |
| 35 | 57,57±5.69 | 27,52±1.77 ^b | 70,76±3.78 ^a |
| 60 | 58,50±3.31 | 28,48±1.30 ^b | 71,39±2.97 ^{abc} |
| Dif.entre muestra | n.s | (*) | n.s |



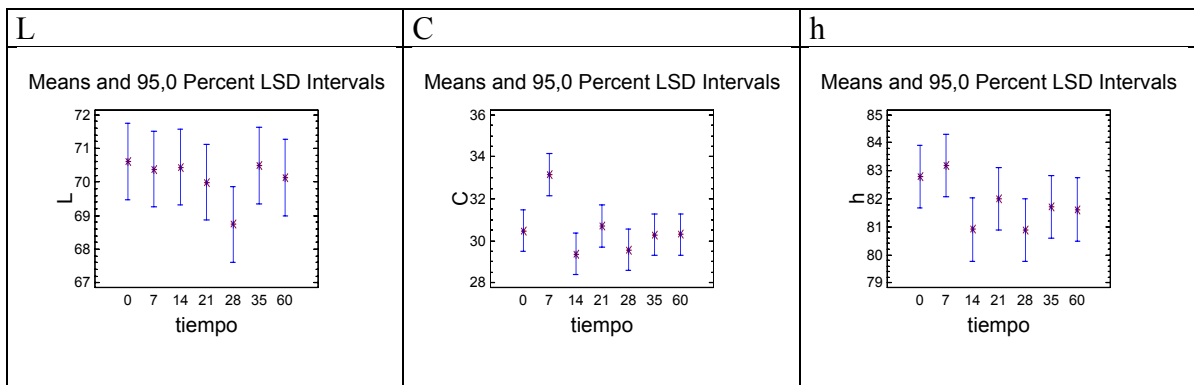
DO 3 h

| Tiempo | L* | C | h |
|-------------------|------------|--------------------------|------------|
| 0 | 59,95±4.30 | 25,08±7.79 ^a | 72,87±2.38 |
| 7 | 58,02±4.52 | 27,89±6.30 ^{ab} | 72,89±2.32 |
| 14 | 59,15±4.06 | 30,01±2.64 ^b | 73,13±2.88 |
| 21 | 58,58±4.83 | 28,68±2.85 ^b | 72,21±3.46 |
| 28 | 57,26±4.39 | 28,59±3.37 ^b | 71,58±3.71 |
| 35 | 56,65±5.63 | 29,28±3.68 ^b | 71,71±4.11 |
| 60 | 57,72±5.00 | 28,33±3.44 ^b | 71,53±3.59 |
| Dif.entre muestra | n.s | n.s | n.s |



DO 48 h

| Tiempo | L* | C | h |
|-------------------|------------|-------------------------|--------------------------|
| 0 | 70,61±2.91 | 30,47±2.97 ^a | 82,79±2.65 ^{ab} |
| 7 | 70,38±1.82 | 33,15±3.18 ^b | 83,18±1.74 ^b |
| 14 | 70,44±3.35 | 29,37±1.47 ^a | 80,91±2.92 ^a |
| 21 | 69,99±3.39 | 30,70±2.67 ^a | 82,00±3.02 ^{ab} |
| 28 | 68,75±3.56 | 29,56±3.00 ^a | 80,88±2.70 ^a |
| 35 | 70,49±2.83 | 30,28±2.49 ^a | 81,72±4.12 ^{ab} |
| 60 | 70,13±3.35 | 30,31±2.95 ^a | 81,61±3.96 ^{ab} |
| Dif.entre muestra | n.s | (*) | (*) |



DO a vacío

| Tiempo | L* | C | h |
|-------------------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 70,16±4.94 | 32,97±3.22 ^{ab} | 84,98±2.37 ^b |
| 7 | 69,60±3.55 | 34,80±3.40 ^b | 84,48±1.65 ^{ab} |
| 14 | 67,00±7.58 | 31,48±3.46 ^a | 84,53±2.96 ^{ab} |
| 21 | 67,95±3.16 | 32,88±2.34 ^{ab} | 83,71±1.70 ^{bc} |
| 28 | 67,25±4.38 | 33,71±3.85 ^{ab} | 84,17±1.81 ^{ab} |
| 35 | 67,22±3.56 | 35,10±2.96 ^b | 83,83±1.48 ^{ab} |
| 60 | 66,64±5.93 | 32,95±3.78 ^{ab} | 83,08±3.64 ^a |
| Dif.entre muestra | n.s | (*) | (*) |

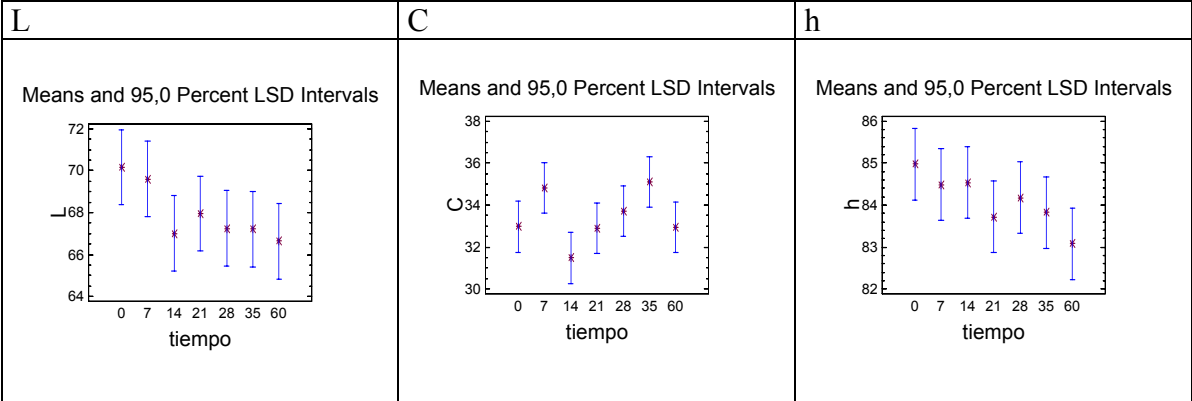
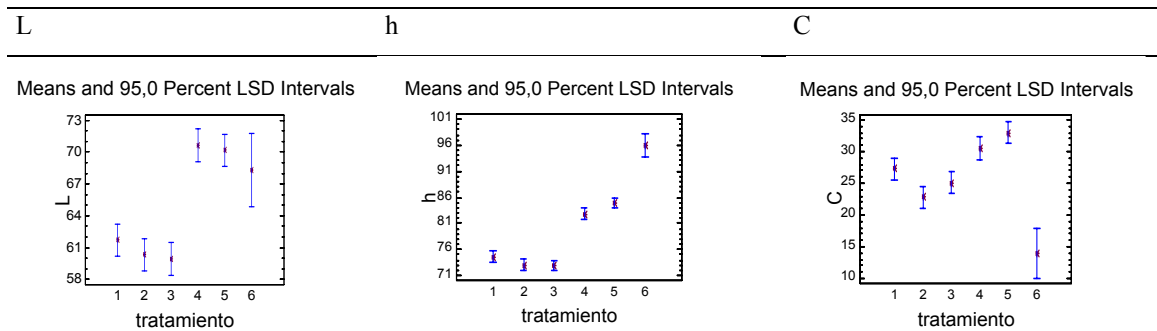


Tabla IV.7. Anova de los parámetro L*,c,h para compara los diferentes tratamientos a cada tiempo de almacenamiento.

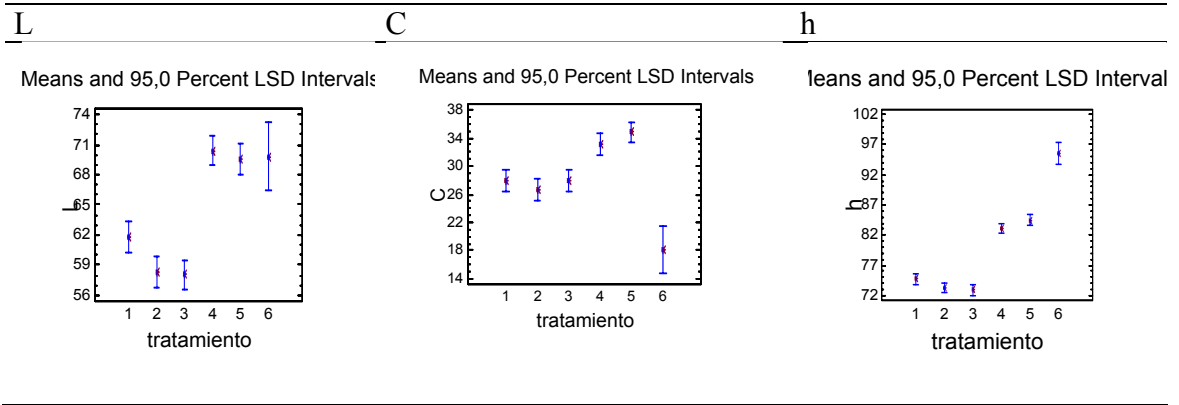
0 días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Muestra sin DO | 61,71±4.23 ^a | 27,28±2.43 ^{cd} | 74,60±2.65 ^a |
| Muestra con DO 0.5 | 60,33±4.83 ^a | 22,81±5.98 ^b | 73,02±3.76 ^a |
| Muestra con DO 3 | 59,95±4.30 ^a | 25,08±7.79 ^{bc} | 72,87±2.38 ^a |
| Muestra con DO 48 | 70,61±2.91 ^b | 30,47±2.97 ^{ef} | 82,79±2.65 ^b |
| Muestra con DO a vacío | 70,16±4.94 ^b | 32,97±3.22 ^f | 84,98±2.37 ^c |
| Muestra blanqueada | 68,29±0.16 ^b | 13,99±0.72 ^a | 95,95±0.56 ^d |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |



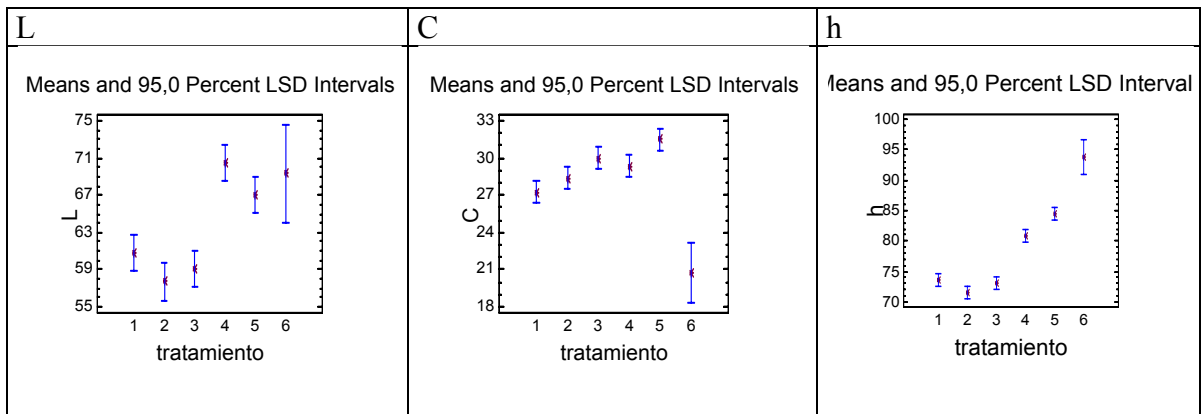
7 días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Muestra sin DO | 61,82±5.06 ^b | 27,95±2.43 ^b | 74,69±3.02 ^b |
| Muestra con DO 0.5 | 58,35±4.95 ^a | 26,55±4.49 ^b | 73,31±2.52 ^{ab} |
| Muestra con DO 3 | 58,02±4.52 ^a | 27,89±6.30 ^b | 72,89±2.32 ^a |
| Muestra con DO 48 | 70,38±1.82 ^c | 33,15±3.18 ^c | 83,18±1.74 ^c |
| Muestra con DO a vacío | 69,60±3.55 ^c | 34,80±3.40 ^c | 84,48±1.65 ^c |
| Muestra blanqueada | 70,59±1.41 ^c | 20,04±1.54 ^a | 95,30±1.62 ^d |
| Dif.entre muestra | (*): | (*): | (*): |



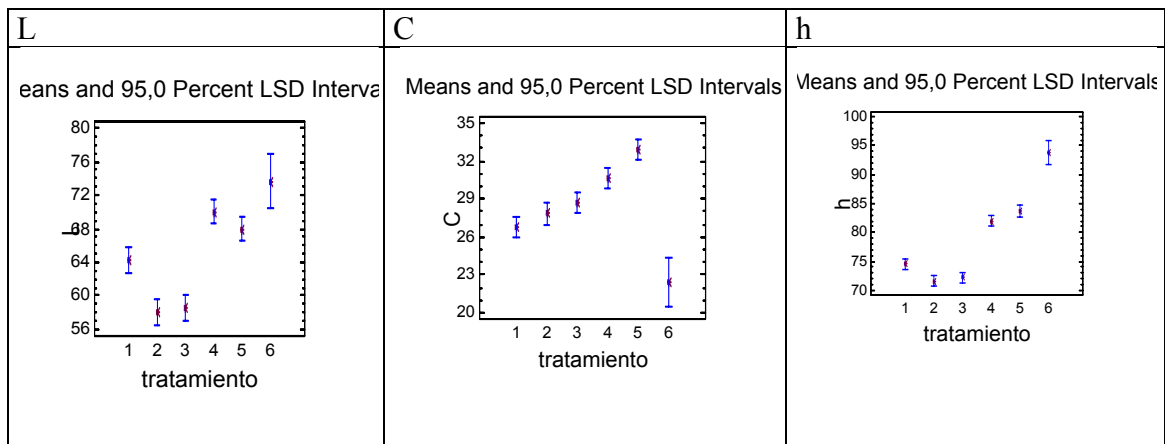
14 días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Muestra sin DO | 60,73±6.18 ^a | 27,26±2.48 | 73,66±3.39 ^a |
| Muestra con DO 0.5 | 58,17±4.71 ^a | 28,25±1.44 ^b | 71,74±2.64 ^a |
| Muestra con DO 3 | 59,15±4.06 ^a | 30,01±2.64 ^{bc} | 73,13±2.88 ^a |
| Muestra con DO 48 | 70,44±3.35 ^b | 29,37±1.47 ^{cd} | 80,91±2.92 ^b |
| Muestra con DO a vacío | 67,00±7.58 ^b | 31,48±3.46 ^d | 84,53±2.96 ^c |
| Muestra blanqueada | 70,59±1.41 ^b | 20,04±1.54 ^a | 95,30±1.62 ^d |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |



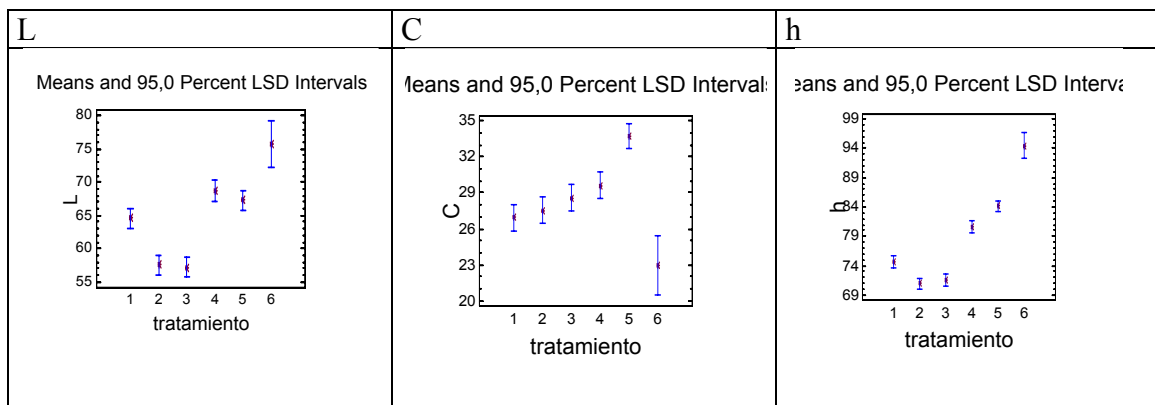
21 días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Muestra sin DO | 64.23±4.79 ^b | 26,78±2.05 ^b | 74,58±2.12 ^b |
| Muestra con DO 0.5 | 58,42±3.81 ^a | 27,84±1.07 ^{bc} | 71,89±2.28 ^a |
| Muestra con DO 3 | 58,58±4.83 ^a | 28,68±2.85 ^c | 72,21±3.46 ^a |
| Muestra con DO 48 | 69,99±3.39 ^{cd} | 30,70±2.67 ^d | 82,00±3.02 ^c |
| Muestra con DO a vacío | 67,95±3.16 ^c | 32,88±2.34 ^e | 83,71±1.70 ^c |
| Muestra blanqueada | 73,66±1.43 ^d | 22,41±1.78 ^a | 93,94±2.06 ^d |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |



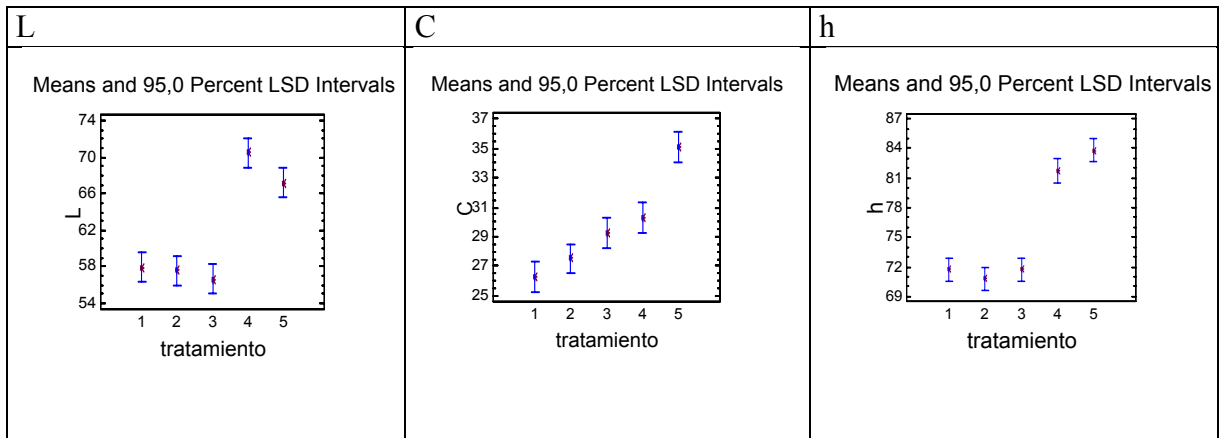
28 días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Muestra sin DO | 64.60±4.68 ^b | 26,94±2.57 ^b | 74,62±2.14 ^b |
| Muestra con DO 0.5 | 57,55±4.32 ^a | 27,53±1.65 ^{bc} | 70,90±3.09 ^a |
| Muestra con DO 3 | 57,26±4.39 ^a | 28,59±3.37 ^{bc} | 71,58±3.71 ^a |
| Muestra con DO 48 | 68,75±3.56 ^c | 29,56±3.00 ^c | 80,88±2.70 ^c |
| Muestra con DO a vacío | 67,25±4.38 ^{bc} | 33,71±3.85 ^d | 84,17±1.81 ^d |
| Muestra blanqueada | 75,66±0.46 ^d | 22,96±0.17 ^a | 94,48±0.44 ^f |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |



35 días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Muestra sin DO | 57,94±4.62 ^a | 26,27±2.78 ^a | 71,70±1.89 ^a |
| Muestra con DO 0.5 | 57,57±5.69 ^a | 27,52±1.77 ^{ab} | 70,76±3.78 ^a |
| Muestra con DO 3 | 56,65±5.63 ^a | 29,28±3.68 ^{bc} | 71,71±4.11 ^a |
| Muestra con DO 48 | 70,49±2.83 ^b | 30,28±2.49 ^c | 81,72±4.12 ^b |
| Muestra con DO a vació | 67,22±3.56 ^b | 35,10±2.96 ^d | 83,83±1.48 |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |



60días

| Tratamiento | L* | C | h |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Muestra sin DO | 63,56±5.90 ^b | 27,22±2.76 ^b | 74,06±2.98 ^b |
| Muestra con DO 0.5 | 58,50±3.31 ^a | 28,48±1.30 ^b | 71,39±2.97 ^a |
| Muestra con DO 3 | 57,72±5.00 ^a | 28,33±3.44 ^{bc} | 71,53±3.59 ^a |
| Muestra con DO 48 | 70,13±3.35 ^{cd} | 30,31±2.95 ^c | 81,61±3.96 ^c |
| Muestra con DO a vació | 66,64±5.93 ^{bc} | 32,95±3.78 ^d | 83,08±3.64 ^c |
| Muestra blanqueada | 76,17±1.91 ^d | 22,62±1.67 ^a | 91,19±0.30 ^d |
| Dif.entre muestra | (*) | (*) | (*) |

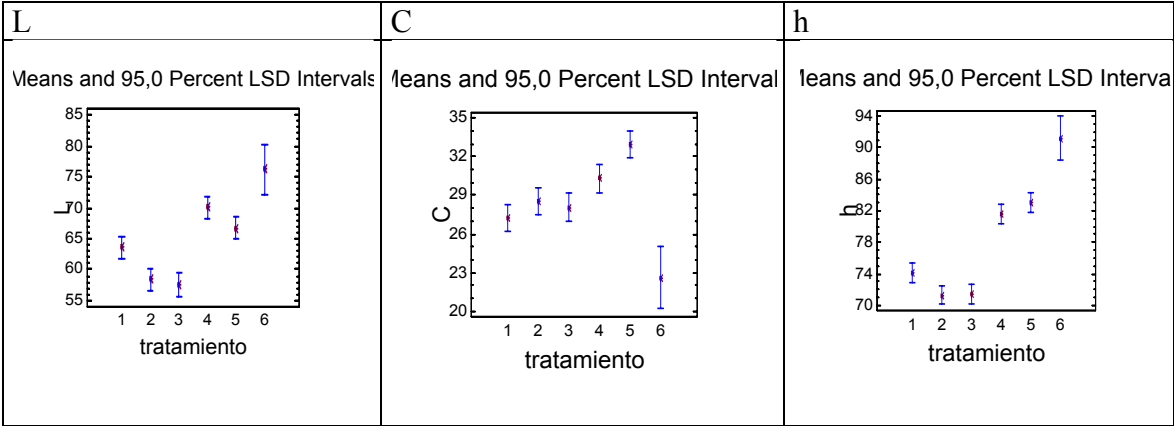


Tabla V.1 Datos de las muestras secadas a 45°C durante la rehidratación a 45°C .(* g agua o sólidos solubles/ g muestra fresca en base seca hasta Tabla V.6)

| Fresca | Xwo | 0,847 | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | | |
|-----------|-----------|---------|---------------|------------------|-----------------|----------|---------|-----------------|---------|----------|---------------|----------------------|--------------------|-----------------------|---------|---------|---------|
| | Xsso | 0,12433 | | | | Mo (g) | Ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | 112,519 | 0,524 | 54,526 | | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,128 | | | | 16,174 | 2,725 | 0,091882 | 0,10118 | 0,83152 | 0,73795 | | | | | | |
| | | | | | | Pérdidas | | Disolución | | Muestras | | | | | | | |
| | | | | | | Solutos | Agua | Solutos | Agua | Solutos | Agua | | | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total | masa solución | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) mue+alambre | Muestra(g) | | | | |
| 0 | 0 | 0,004 | 170,294 | 54,526 | 57,251 | | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3,249 | 2,725 | 0,7380 | 0,0919 | 0,8126 | 0,1012 |
| 5 | 300 | 0,008 | 170,015 | 52,923 | 56,972 | -0,0005 | -0,1123 | 0,0855 | -0,7333 | -0,0860 | 0,6210 | 4,573 | 4,049 | 0,4441 | 0,4414 | 0,7950 | 0,7902 |
| 15 | 900 | 0,01 | 169,69 | 51,704 | 56,647 | -0,0015 | -0,2426 | 0,1671 | -1,3075 | -0,1687 | 1,0649 | 5,467 | 4,943 | 0,3224 | 0,5838 | 0,7746 | 1,4027 |
| 30 | 1800 | 0,015 | 169,443 | 50,703 | 56,4 | -0,0025 | -0,3414 | 0,2049 | -1,7498 | -0,2074 | 1,4084 | 6,221 | 5,697 | 0,2629 | 0,6557 | 0,7636 | 1,9045 |
| 60 | 3600 | 0,02 | 169,14 | 49,181 | 56,097 | -0,0043 | -0,4620 | 0,2981 | -2,4580 | -0,3024 | 1,9960 | 7,44 | 6,916 | 0,1825 | 0,7504 | 0,7314 | 3,0065 |
| 120 | 7200 | 0,026 | 168,666 | 47,292 | 55,623 | -0,0082 | -0,6497 | 0,3822 | -3,3055 | -0,3904 | 2,6558 | 8,855 | 8,331 | 0,1254 | 0,8189 | 0,6926 | 4,5224 |
| 180 | 10800 | 0,029 | 168,128 | 45,984 | 55,085 | -0,0138 | -0,8615 | 0,4831 | -3,9350 | -0,4970 | 3,0735 | 9,625 | 9,101 | 0,0858 | 0,8632 | 0,6275 | 6,3110 |
| 240 | 14400 | 0,032 | 168,011 | 45,325 | 54,968 | -0,0152 | -0,9074 | 0,5312 | -4,2493 | -0,5464 | 3,3419 | 10,167 | 9,643 | 0,0683 | 0,8836 | 0,5869 | 7,5898 |
| 300 | 18000 | 0,032 | 167,637 | 44,675 | 54,594 | -0,0200 | -1,0537 | 0,5777 | -4,5585 | -0,5977 | 3,5048 | 10,443 | 9,919 | 0,0536 | 0,8996 | 0,5342 | 8,9642 |
| 360 | 21600 | 0,032 | 167,178 | 44,068 | 54,135 | -0,0260 | -1,2332 | 0,5699 | -4,7960 | -0,5958 | 3,5627 | 10,591 | 10,067 | 0,0533 | 0,9006 | 0,5364 | 9,0650 |
| 1260 | 75600 | 0,033 | 166,743 | 43,189 | 53,7 | -0,0316 | -1,4034 | 0,5585 | -5,1398 | -0,5901 | 3,7364 | 11,035 | 10,511 | 0,0524 | 0,9035 | 0,5429 | 9,3617 |
| 1380 | 82800 | 0,034 | 166,063 | 42,461 | 53,02 | -0,0407 | -1,6691 | 0,5662 | -5,4417 | -0,6069 | 3,7726 | 11,083 | 10,559 | 0,0482 | 0,9079 | 0,5233 | 9,8542 |
| 1500 | 90000 | 0,035 | 165,678 | 42,139 | 52,635 | -0,0459 | -1,8194 | 0,5790 | -5,5846 | -0,6249 | 3,7652 | 11,02 | 10,496 | 0,0443 | 0,9116 | 0,5004 | 10,3079 |
| 1620 | 97200 | 0,035 | 165,212 | 41,625 | 52,169 | -0,0525 | -2,0011 | 0,5887 | -5,8020 | -0,6413 | 3,8009 | 11,068 | 10,544 | 0,0402 | 0,9158 | 0,4777 | 10,8774 |
| 1740 | 104400 | | 164,774 | 41,055 | 51,731 | -0,0587 | -2,1719 | 0,5807 | -6,0243 | -0,6394 | 3,8524 | 11,2 | 10,676 | 0,0402 | 0,9164 | 0,4804 | 10,9638 |

Tabla V.2 Datos de las muestras secadas a 45°C durante la rehidratación a 55°C

| Fresca | Xwo | 0,862 | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|----------------------|-------------------------|--------------------|----------|---------|-----------------|---------|----------|------------|----------------------|------------|------------------|--------------------|--------------------|---------|--|
| | Xsso | 0,112 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,115 | | | | 15,553 | 2,392 | 0,1027 | 0,1145 | 0,8462 | 0,728 | 0,16898 | | 112,5 | 47,676 | 0,526 | | |
| | | | | | | Pérdidas | | Disolución | | Muestras | | Para cada muestra | | | | | | |
| | | ys | | | | Solutos | Agua | Solutos | Agua | Solutos | Agua | | | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps * | DMpw * | DMss * | DMsw * | DMss * | DMmw * | M (g) | | | | | | |
| | | 0 | | | | | | | | | | mue+alambre | Muestra(g) | | | | | |
| 30 | 1800 | 0,015 | 161,7 | 42,3 | 48,7 | -0,0071 | -0,6317 | 0,2954 | -2,8164 | -0,3025 | 2,1848 | 6,9580 | 6,432 | 0,1699 | 0,7672 | 0,7300 | 3,2962 | |
| 60 | 3600 | 0,022 | 160,9 | 40,3 | 47,86 | -0,0156 | -1,0117 | 0,4126 | -3,8720 | -0,4282 | 2,8603 | 8,1380 | 7,612 | 0,1081 | 0,8388 | 0,6706 | 5,2025 | |
| 120 | 7200 | 0,026 | 160,2 | 38,4 | 47,21 | -0,0236 | -1,3103 | 0,4650 | -4,7934 | -0,4886 | 3,4830 | 9,3450 | 8,819 | 0,0786 | 0,8755 | 0,6318 | 7,0346 | |
| 180 | 10800 | 0,032 | 159,7 | 37,2 | 46,63 | -0,0322 | -1,5715 | 0,5548 | -5,4301 | -0,5870 | 3,8587 | 9,9400 | 9,414 | 0,0512 | 0,9058 | 0,5440 | 9,6210 | |
| 240 | 14400 | 0,032 | 158,6 | 35,8 | 45,56 | -0,0481 | -2,0509 | 0,5342 | -6,0530 | -0,5823 | 4,0021 | 10,2580 | 9,732 | 0,0506 | 0,9079 | 0,5492 | 9,8551 | |
| 540 | 32400 | 0,035 | 157,9 | 34,3 | 44,81 | -0,0604 | -2,3899 | 0,5596 | -6,7847 | -0,6199 | 4,3948 | 11,0200 | 10,494 | 0,0392 | 0,9223 | 0,5045 | 11,8649 | |
| 660 | 39600 | 0,036 | 157,3 | 33,6 | 44,25 | -0,0697 | -2,6409 | 0,5629 | -7,1389 | -0,6327 | 4,4979 | 11,2140 | 10,688 | 0,0359 | 0,9262 | 0,4873 | 12,5569 | |
| 780 | 46800 | 0,037 | 156,5 | 32,7 | 43,42 | -0,0841 | -3,0151 | 0,5631 | -7,5579 | -0,6472 | 4,5427 | 11,2790 | 10,753 | 0,0328 | 0,9296 | 0,4662 | 13,2006 | |
| 1362 | 81720 | 0,037 | 156 | 32 | 42,92 | -0,0927 | -3,2381 | 0,5520 | -7,8473 | -0,6446 | 4,6091 | 11,4270 | 10,901 | 0,0329 | 0,9300 | 0,4700 | 13,2927 | |
| 1482 | 88920 | 0,04 | 155,4 | 31,4 | 42,36 | -0,1030 | -3,4864 | 0,5847 | -8,1801 | -0,6877 | 4,6937 | 11,5160 | 10,99 | 0,0242 | 0,9390 | 0,3969 | 15,3980 | |
| 1602 | 96120 | 0,04 | 154,9 | 30,9 | 41,88 | -0,1120 | -3,7020 | 0,5755 | -8,4006 | -0,6875 | 4,6986 | 11,5270 | 11,001 | 0,0242 | 0,9390 | 0,3973 | 15,4036 | |
| 2876 | 172560 | 0,04 | 154,9 | 30,7 | 41,84 | -0,1128 | -3,7203 | 0,5724 | -8,4748 | -0,6852 | 4,7545 | 11,6520 | 11,126 | 0,0244 | 0,9393 | 0,4018 | 15,4672 | |

Tabla V.3 Datos de las muestras secadas a 45°C durante la rehidratación a 65°C

| | | | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | | | | | |
|----------|--------|------|------------|------------------|-----------------|----------|---------|-----------------|---------|--------------|---------------|--------------------------|----------------|------------------|------------------------|--------------------|---------|--|
| Fresca | Xwo | 0,85 | | 1:20 | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | | | | | |
| | Xsso | 0,14 | | | | 11,65 | 1,992 | 0,0935 | 0,1031 | 0,8290 | 0,7912 | 0,11534 | | Masa pote (g) | Masa alambre (g) | Mass de agua(g) | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,14 | | | | | | | | | | | | 110,675 | 0,526 | 39,876 | | |
| | | | | | | Pérdidas | | Disoluci ón | | Muestra s | | Para cada muestra | | | | | | |
| | | | | | | Solutos | Agua | Solutos | Agua | Solutos | Agua | | | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| | | | masa total | masa solución | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) mue+alamb re | Muestra (g) | | | | | |
| 30 | 1800 | 0,02 | 151,655 | 34,827 | 40,454 | -0,0090 | -0,6555 | 0,3857 | -3,0644 | -0,3948 | 2,4089 | 6,153 | 5,627 | 0,1534 | 0,806 | 0,791 | 4,158 | |
| 60 | 3600 | 0,03 | 150,982 | 33,022 | 39,781 | -0,0202 | -1,0170 | 0,5486 | -4,2269 | -0,5688 | 3,2098 | 7,285 | 6,759 | 0,0812 | 0,885 | 0,707 | 7,703 | |
| 120 | 7200 | 0,03 | 150,311 | 31,626 | 39,11 | -0,0328 | -1,3760 | 0,5955 | -5,0468 | -0,6283 | 3,6708 | 8,01 | 7,484 | 0,05898 | 0,911 | 0,660 | 10,184 | |
| 240 | 14400 | 0,03 | 149,756 | 30,778 | 38,555 | -0,0433 | -1,6729 | 0,5795 | -5,5005 | -0,6228 | 3,8276 | 8,303 | 7,777 | 0,05804 | 0,913 | 0,665 | 10,451 | |
| 450 | 27000 | 0,04 | 148,926 | 29,692 | 37,725 | -0,0594 | -2,1165 | 0,5755 | -6,0979 | -0,6349 | 3,9814 | 8,559 | 8,033 | 0,05347 | 0,918 | 0,654 | 11,221 | |
| 906 | 54360 | 0,04 | 148,334 | 28,997 | 37,133 | -0,0715 | -2,4322 | 0,5942 | -6,5014 | -0,6657 | 4,0692 | 8,662 | 8,136 | 0,04597 | 0,926 | 0,622 | 12,521 | |
| 1026 | 61560 | 0,04 | 147,318 | 27,891 | 36,117 | -0,0934 | -2,9729 | 0,6024 | -7,1221 | -0,6958 | 4,1492 | 8,752 | 8,226 | 0,03884 | 0,933 | 0,584 | 14,031 | |
| 1146 | 68760 | 0,04 | 146,529 | 27,086 | 35,328 | -0,1109 | -3,3923 | 0,6000 | -7,5655 | -0,7109 | 4,1732 | 8,768 | 8,242 | 0,03546 | 0,937 | 0,562 | 14,850 | |
| 1266 | 75960 | 0,04 | 146,222 | 26,74 | 35,021 | -0,1177 | -3,5555 | 0,5923 | -7,7495 | -0,7101 | 4,1939 | 8,807 | 8,281 | 0,03548 | 0,937 | 0,563 | 14,877 | |
| 1626 | 97560 | 0,04 | 145,301 | 25,776 | 34,1 | -0,1381 | -4,0452 | 0,5710 | -8,2620 | -0,7091 | 4,2168 | 8,85 | 8,324 | 0,0355 | 0,937 | 0,565 | 14,907 | |
| 3042 | 182520 | 0,04 | 144,715 | 24,983 | 33,514 | -0,1511 | -4,3567 | 0,5534 | -8,6835 | -0,7045 | 4,3268 | 9,057 | 8,531 | 0,03561 | 0,938 | 0,572 | 15,049 | |

Tabla V.4 Datos de las muestras secadas a 65°C durante la rehidratación a 45°C

| | | | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | | | | | |
|----------|--------|-------|-------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------|-----------------------|---------|---------------------|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|
| Fresca | Xwo | 0,846 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | |
| | Xsso | 0,128 | | | | 23,996 | 4,115 | 0,10197 | 0,11355 | 0,8285 | 0,743688 | 0,15434 | | 112,979 | 0,9710 | 82,5120 | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,131 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | Pérdidas Solutos | Agua | Disolución Solutos | Agua | Muestras Solutos | Agua | | Para cada muestra | | | | | |
| | | ys | | | | | | | | | | | | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| 0 | 0 | 0 | 200,577 | 82,512 | 86,627 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,086 | | 4,115 | 0,7437 | 0,1020 | 0,8281 | 0,1136 |
| 5 | 300 | 0,002 | 199,838 | 80,201 | 85,888 | -0,0004 | -0,1996 | 0,0434 | -0,6688 | -0,0438 | 0,4692 | 6,658 | 5,687 | 0,5097 | 0,3787 | 0,8203 | 0,6095 | |
| 15 | 900 | 0,005 | 199,457 | 78,667 | 85,507 | -0,0009 | -0,3022 | 0,1064 | -1,1469 | -0,1074 | 0,8448 | 7,811 | 6,84 | 0,3894 | 0,5177 | 0,8075 | 1,0736 | |
| 30 | 1800 | 0,011 | 199,107 | 76,625 | 85,157 | -0,0020 | -0,3958 | 0,2281 | -1,8212 | -0,2300 | 1,4253 | 9,503 | 8,532 | 0,2590 | 0,6665 | 0,7768 | 1,9987 | |
| 60 | 3600 | 0,016 | 198,6 | 74,256 | 84,65 | -0,0042 | -0,5308 | 0,3215 | -2,5556 | -0,3257 | 2,0248 | 11,365 | 10,394 | 0,1786 | 0,7603 | 0,7451 | 3,1710 | |
| 120 | 7200 | 0,022 | 198,108 | 71,601 | 84,158 | -0,0071 | -0,6610 | 0,4263 | -3,3789 | -0,4333 | 2,7178 | 13,528 | 12,557 | 0,1162 | 0,8332 | 0,6967 | 4,9967 | |
| 180 | 10800 | 0,028 | 197,631 | 69,778 | 83,681 | -0,0107 | -0,7865 | 0,5287 | -3,9746 | -0,5394 | 3,1881 | 14,874 | 13,903 | 0,0767 | 0,8776 | 0,6269 | 7,1683 | |
| 240 | 14400 | 0,03 | 197,029 | 68,155 | 83,079 | -0,0156 | -0,9445 | 0,5533 | -4,4384 | -0,5689 | 3,4939 | 15,895 | 14,924 | 0,0642 | 0,8932 | 0,6014 | 8,3676 | |
| 300 | 18000 | 0,034 | 196,435 | 67,014 | 82,485 | -0,0210 | -1,0998 | 0,6166 | -4,8105 | -0,6376 | 3,7106 | 16,442 | 15,471 | 0,0455 | 0,9134 | 0,5257 | 10,5530 | |
| 360 | 21600 | 0,034 | 195,239 | 65,505 | 81,289 | -0,0321 | -1,4125 | 0,6027 | -5,2049 | -0,6347 | 3,7925 | 16,755 | 15,784 | 0,0453 | 0,9145 | 0,5295 | 10,6939 | |
| 420 | 25200 | 0,036 | 195 | 65,221 | 81,05 | -0,0344 | -1,4748 | 0,6354 | -5,3145 | -0,6698 | 3,8397 | 16,8 | 15,829 | 0,0370 | 0,9229 | 0,4796 | 11,9706 | |
| 960 | 57600 | 0,038 | 194,299 | 63,904 | 80,349 | -0,0416 | -1,6573 | 0,6571 | -5,6926 | -0,6987 | 4,0353 | 17,416 | 16,445 | 0,0291 | 0,9323 | 0,4296 | 13,7708 | |
| 1320 | 79200 | 0,038 | 193,453 | 62,917 | 79,503 | -0,0503 | -1,8775 | 0,6470 | -5,9495 | -0,6973 | 4,0720 | 17,557 | 16,586 | 0,0292 | 0,9326 | 0,4323 | 13,8261 | |
| 1380 | 82800 | 0,038 | 192,72 | 62,128 | 78,77 | -0,0578 | -2,0683 | 0,6389 | -6,1549 | -0,6967 | 4,0866 | 17,613 | 16,642 | 0,0292 | 0,9327 | 0,4334 | 13,8479 | |
| 1560 | 93600 | 0,038 | 191,628 | 61,136 | 77,678 | -0,0691 | -2,3526 | 0,6287 | -6,4132 | -0,6977 | 4,0606 | 17,513 | 16,542 | 0,0291 | 0,9325 | 0,4314 | 13,8089 | |
| 3000 | 180000 | 0,038 | 191,108 | 60,39 | 77,158 | -0,0744 | -2,4880 | 0,6210 | -6,6074 | -0,6954 | 4,1194 | 17,739 | 16,768 | 0,0293 | 0,9329 | 0,4358 | 13,8967 | |
| 5880 | 352800 | 0,04 | 190,324 | 59,675 | 76,374 | -0,0829 | -2,6917 | 0,6459 | -6,8258 | -0,7288 | 4,1342 | 17,67 | 16,699 | 0,0220 | 0,9400 | 0,3662 | 15,6644 | |

Tabla V.5 Datos de las muestras secadas a 65°C durante la rehidratación a 55°C

| | | | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------------------|-------------------------|-----------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|------------|-------|------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|
| Fresca | Xwo | 0,838 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | |
| | Xsso | 0,142 | | | | 11,485 | 2,078 | 0,104634 | 0,11686 | 0,8191 | 0,7855 | | 112,94 | 0,464 | 40,183 | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,145 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ys | | | | Solutos | Agua | Solutos | Agua | Solutos | Agua | | | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) | Muestra(g) | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 155,62 | 40,14 | 42,214 | | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2,54 | 2,076 | 0,7862 | 0,1047 | 0,8782 | 0,1170 |
| 10 | 600 | 0,007 | 155,35 | 38,28 | 41,948 | -0,0010 | -0,1420 | 0,1440 | -1,1432 | -0,1450 | 1,0012 | 4,133 | 3,669 | 0,3713 | 0,5670 | 0,8575 | 1,3094 |
| 20 | 1200 | 0,011 | 154,85 | 37,05 | 41,447 | -0,0040 | -0,4083 | 0,2190 | -1,8793 | -0,2230 | 1,4710 | 4,862 | 4,398 | 0,2768 | 0,6717 | 0,8432 | 2,0464 |
| 35 | 2100 | 0,016 | 154,36 | 35,88 | 40,96 | -0,0082 | -0,6658 | 0,3085 | -2,5992 | -0,3167 | 1,9334 | 5,548 | 5,084 | 0,2052 | 0,7503 | 0,8217 | 3,0051 |
| 70 | 4200 | 0,023 | 153,87 | 34,36 | 40,466 | -0,0143 | -0,9252 | 0,4247 | -3,5318 | -0,4390 | 2,6066 | 6,573 | 6,109 | 0,1335 | 0,8295 | 0,7827 | 4,8637 |
| 130 | 7800 | 0,032 | 153,35 | 32,93 | 39,949 | -0,0231 | -1,1942 | 0,5663 | -4,4430 | -0,5894 | 3,2488 | 7,488 | 7,024 | 0,0762 | 0,8915 | 0,7029 | 8,2191 |
| 230 | 13800 | 0,034 | 152,72 | 31,59 | 39,316 | -0,0347 | -1,5229 | 0,5773 | -5,1705 | -0,6120 | 3,6477 | 8,188 | 7,724 | 0,0639 | 0,9068 | 0,6855 | 9,7300 |
| 410 | 24600 | 0,035 | 152,09 | 30,55 | 38,69 | -0,0465 | -1,8476 | 0,5747 | -5,7279 | -0,6212 | 3,8804 | 8,604 | 8,14 | 0,0585 | 0,9137 | 0,6779 | 10,5820 |
| 500 | 30000 | 0,038 | 151,48 | 29,8 | 38,075 | -0,0591 | -2,1655 | 0,6086 | -6,1650 | -0,6677 | 3,9995 | 8,739 | 8,275 | 0,0471 | 0,9255 | 0,6327 | 12,4270 |
| 800 | 48000 | 0,038 | 150,75 | 28,83 | 37,352 | -0,0738 | -2,5394 | 0,5887 | -6,6691 | -0,6625 | 4,1298 | 8,991 | 8,527 | 0,0469 | 0,9266 | 0,6383 | 12,6242 |
| 1370 | 82200 | 0,038 | 150,02 | 27,74 | 36,615 | -0,0889 | -2,9204 | 0,5665 | -7,2317 | -0,6554 | 4,3112 | 9,342 | 8,878 | 0,0465 | 0,9280 | 0,6459 | 12,8890 |
| 1640 | 98400 | 0,038 | 149,51 | 27,12 | 36,105 | -0,0993 | -3,1841 | 0,5540 | -7,5486 | -0,6533 | 4,3645 | 9,445 | 8,981 | 0,0464 | 0,9284 | 0,6480 | 12,9646 |
| 2000 | 1E+05 | 0,039 | 149,02 | 26,63 | 35,613 | -0,1096 | -3,4382 | 0,5581 | -7,8209 | -0,6677 | 4,3827 | 9,452 | 8,988 | 0,0434 | 0,9314 | 0,6327 | 13,5844 |

Tabla V.6 Datos de las muestras secadas a 65°C durante la rehidratación a 65°C

| | | | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------------------|-------------------------|-----------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|------------|-------|------------------|--------------------|-----------------------|---------|---------|--|
| Fresca | Xwo | 0,833 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | | |
| | Xsso | 0,142 | | | | 11,234 | 2,075 | 0,096 | 0,106 | 0,8153 | 0,771 | | 112,938 | 0,464 | 40,183 | | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,146 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ys | | | | Solutos | Agua | Solutos | Agua | Solutos | Agua | | | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) | Muestra(g) | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 156,547 | 41,45 | 43,525 | | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2,538 | 2,075 | 0,7710 | 0,0959 | 0,8528 | 0,1060 | |
| 5 | 300 | 0,005 | 156,179 | 39,75 | 43,157 | -0,0010 | -0,1952 | 0,1059 | -1,0100 | -0,1069 | 0,8148 | 3,866 | 3,403 | 0,4112 | 0,5076 | 0,8351 | 1,0311 | |
| 15 | 900 | 0,013 | 155,723 | 38,46 | 42,701 | -0,0041 | -0,4351 | 0,2665 | -1,8629 | -0,2706 | 1,4278 | 4,709 | 4,246 | 0,2572 | 0,6777 | 0,7981 | 2,1029 | |
| 30 | 1800 | 0,018 | 155,142 | 37,09 | 42,12 | -0,0097 | -0,7392 | 0,3558 | -2,6825 | -0,3655 | 1,9433 | 5,498 | 5,035 | 0,1815 | 0,7636 | 0,7679 | 3,2299 | |
| 60 | 3600 | 0,026 | 154,395 | 35,57 | 41,373 | -0,0201 | -1,1270 | 0,4930 | -3,6266 | -0,5130 | 2,4996 | 6,265 | 5,802 | 0,1098 | 0,8425 | 0,6976 | 5,3508 | |
| 120 | 7200 | 0,031 | 153,274 | 33,92 | 40,252 | -0,0386 | -1,7060 | 0,5605 | -4,5747 | -0,5991 | 2,8687 | 6,796 | 6,333 | 0,0752 | 0,8812 | 0,6327 | 7,4194 | |
| 480 | 28800 | 0,035 | 152,526 | 32,45 | 39,504 | -0,0525 | -2,0908 | 0,6054 | -5,4026 | -0,6579 | 3,3119 | 7,517 | 7,054 | 0,0518 | 0,9090 | 0,5695 | 9,9918 | |
| 540 | 32400 | 0,035 | 151,79 | 31,68 | 38,768 | -0,0663 | -2,4693 | 0,5909 | -5,8013 | -0,6572 | 3,3319 | 7,556 | 7,093 | 0,0517 | 0,9093 | 0,5705 | ##### | |
| 1380 | 82800 | 0,035 | 150,903 | 29,86 | 37,881 | -0,0828 | -2,9256 | 0,5570 | -6,7354 | -0,6399 | 3,8098 | 8,485 | 8,022 | 0,0498 | 0,9158 | 0,5911 | ##### | |
| 1920 | 1E+05 | 0,038 | 150,108 | 28,76 | 37,086 | -0,0989 | -3,3332 | 0,5826 | -7,3461 | -0,6815 | 4,0129 | 8,788 | 8,325 | 0,0386 | 0,9282 | 0,5377 | ##### | |
| 1980 | 1E+05 | 0,038 | 149,329 | 27,89 | 36,307 | -0,1147 | -3,7327 | 0,5650 | -7,7912 | -0,6797 | 4,0585 | 8,877 | 8,414 | 0,0386 | 0,9286 | 0,5403 | ##### | |
| 2040 | 1E+05 | 0,038 | 148,698 | 27,26 | 35,676 | -0,1275 | -4,0562 | 0,5521 | -8,1168 | -0,6796 | 4,0606 | 8,881 | 8,418 | 0,0386 | 0,9286 | 0,5404 | ##### | |
| 2820 | 2E+05 | 0,041 | 148,115 | 26,54 | 35,093 | -0,1402 | -4,3543 | 0,5799 | -8,5295 | -0,7201 | 4,1752 | 9,02 | 8,557 | 0,0291 | 0,9386 | 0,4738 | ##### | |

Tabla V.7 Datos de las muestras pretratadas osmóticamente 0.5 h y rehidratadas a 45°C .
 (* g agua o sólido soluble g/ g muestra seca en base seca hasta la tabla 15)

| | | | | | | Fresca | Brix | humedad | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|----------------------|-------------------------|--------------------|---------|---------|-----------------|----------|---------|---------------|-------------|--------|------------------|--------------------|-----------------------|---------|
| Fresca | Xwo | 0,815 | | | | 23,828 | 12,3 | 0,844 | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,1484 | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | | | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,154 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | |
| | | | | | | 23,248 | 4,851 | 0,113403 | 0,127909 | 0,7913 | 0,711 | 0,17561 | | 113,68 | 0,419 | 48,516 | |
| | | | | | | Solutos | Agua | Solutos | Agua | Solutos | Agua | | | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) | | Muestra(g) | | | |
| | | 0 | | | | | | | | | | mue+alambre | | | | | |
| 15 | 900 | 0,016 | 167,27 | 46,732 | 53,177 | -0,0011 | -0,0696 | 0,1739 | -0,6135 | -0,1750 | 0,5440 | 6,864 | 6,445 | 0,4184 | 0,4484 | 0,7584 | 0,8127 |
| 30 | 1800 | 0,021 | 166,94 | 45,627 | 52,848 | -0,0027 | -0,1445 | 0,2228 | -0,9194 | -0,2255 | 0,7749 | 7,64 | 7,221 | 0,3433 | 0,5377 | 0,7427 | 1,1633 |
| 60 | 3600 | 0,029 | 166,58 | 43,869 | 52,482 | -0,0052 | -0,2271 | 0,2958 | -1,4012 | -0,3010 | 1,1741 | 9,032 | 8,613 | 0,2501 | 0,6501 | 0,7150 | 1,8583 |
| 120 | 7200 | 0,04 | 166,3 | 41,63 | 52,202 | -0,0078 | -0,2896 | 0,3872 | -2,0131 | -0,3950 | 1,7235 | 10,991 | 10,572 | 0,1656 | 0,7532 | 0,6708 | 3,0519 |
| 180 | 10800 | 0,05 | 165,95 | 40,225 | 51,852 | -0,0119 | -0,3669 | 0,4676 | -2,4203 | -0,4795 | 2,0534 | 12,046 | 11,627 | 0,1193 | 0,8069 | 0,6175 | 4,1776 |
| 240 | 14400 | 0,056 | 165,55 | 39,13 | 51,457 | -0,0170 | -0,4536 | 0,5095 | -2,7167 | -0,5265 | 2,2631 | 12,746 | 12,327 | 0,0961 | 0,8342 | 0,5797 | 5,0324 |
| 300 | 18000 | 0,061 | 165,08 | 38,227 | 50,988 | -0,0237 | -0,5560 | 0,5422 | -2,9594 | -0,5658 | 2,4034 | 13,18 | 12,761 | 0,0796 | 0,8531 | 0,5418 | 5,8084 |
| 420 | 25200 | 0,065 | 164,67 | 37,403 | 50,579 | -0,0298 | -0,6449 | 0,5653 | -3,1740 | -0,5951 | 2,5291 | 13,595 | 13,176 | 0,0675 | 0,8673 | 0,5088 | 6,5362 |
| 480 | 28800 | 0,065 | 164,31 | 36,936 | 50,213 | -0,0354 | -0,7245 | 0,5582 | -3,2756 | -0,5936 | 2,5511 | 13,696 | 13,277 | 0,0675 | 0,8678 | 0,5106 | 6,5656 |
| 660 | 39600 | 0,066 | 162,71 | 35,115 | 48,613 | -0,0599 | -1,0719 | 0,5389 | -3,6796 | -0,5988 | 2,6077 | 13,917 | 13,498 | 0,0647 | 0,8716 | 0,5043 | 6,7907 |
| 1455 | 87300 | 0,069 | 162,59 | 34,845 | 48,493 | -0,0618 | -1,0979 | 0,5590 | -3,7626 | -0,6209 | 2,6646 | 14,067 | 13,648 | 0,0571 | 0,8800 | 0,4755 | 7,3343 |
| 1900 | 114000 | 0,07 | 161,93 | 34,066 | 47,834 | -0,0726 | -1,2404 | 0,5544 | -3,9391 | -0,6270 | 2,6987 | 14,187 | 13,768 | 0,0546 | 0,8830 | 0,4669 | 7,5455 |
| 2366 | 141960 | 0,07 | 160,47 | 32,466 | 46,377 | -0,0963 | -1,5555 | 0,5284 | -4,2851 | -0,6247 | 2,7296 | 14,33 | 13,911 | 0,0548 | 0,8835 | 0,4702 | 7,5810 |
| 3676 | 220560 | 0,071 | 160,34 | 32,148 | 46,246 | -0,0984 | -1,5838 | 0,5307 | -4,3613 | -0,6292 | 2,7776 | 14,517 | 14,098 | 0,0527 | 0,8864 | 0,4639 | 7,8005 |

Tabla V.9 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 0.5 h y rehidratadas a 65°C

| | | | | | | Fresca (g) | humedad | Brix | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|----------------|-------------------|--------------|------------|---------|--------------|---------|---------|------------|---------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| tratada | Xwo | 0,775 | | | | 19,215 | 0,809 | 0,159 | | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,1853 | | | | Tratada | seca | muestra seca | | | | | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,193 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 113,53 | 0,419 | 46,666 | | |
| | | | | | | 18,799 | 4,666 | 0,09349 | 0,10313 | 0,7518 | 0,74675 | 0,15976 | | | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) | mue+alambre | Muestra(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) |
| 0 | 0 | 0 | 165,08 | 46,465 | 51,123 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,077 | 4,658 | 0,7480 | 0,0937 | 0,8253 | 0,1033 | |
| 5 | 300 | 0,006 | 165,05 | 45,47 | 51,096 | 0,0000 | -0,0063 | 0,0645 | -0,2997 | -0,0645 | 0,2934 | 6,045 | 5,626 | 0,5708 | 0,2981 | 0,8132 | 0,4247 | |
| 15 | 900 | 0,012 | 164,53 | 44,124 | 50,575 | -0,0015 | -0,1280 | 0,1252 | -0,6786 | -0,1267 | 0,5506 | 6,87 | 6,451 | 0,4571 | 0,4286 | 0,7999 | 0,7502 | |
| 30 | 1800 | 0,019 | 164,01 | 42,606 | 50,057 | -0,0038 | -0,2482 | 0,1914 | -1,1037 | -0,1952 | 0,8555 | 7,87 | 7,451 | 0,3568 | 0,5442 | 0,7829 | 1,1940 | |
| 60 | 3600 | 0,03 | 163,5 | 40,685 | 49,55 | -0,0074 | -0,3644 | 0,2886 | -1,6551 | -0,2960 | 1,2906 | 9,284 | 8,865 | 0,2518 | 0,6650 | 0,7517 | 1,9851 | |
| 120 | 7200 | 0,04 | 162,82 | 38,325 | 48,872 | -0,0139 | -0,5183 | 0,3624 | -2,2869 | -0,3763 | 1,7686 | 10,966 | 10,547 | 0,1795 | 0,7506 | 0,7196 | 3,0100 | |
| 180 | 10800 | 0,05 | 161,88 | 36,45 | 47,926 | -0,0250 | -0,7308 | 0,4309 | -2,7986 | -0,4559 | 2,0678 | 11,895 | 11,476 | 0,1356 | 0,8002 | 0,6785 | 4,0039 | |
| 240 | 14400 | 0,055 | 160,08 | 34,232 | 46,126 | -0,0484 | -1,1329 | 0,4451 | -3,3372 | -0,4936 | 2,2043 | 12,313 | 11,894 | 0,1174 | 0,8206 | 0,6545 | 4,5732 | |
| 300 | 18000 | 0,06 | 158,88 | 32,738 | 44,93 | -0,0654 | -1,3987 | 0,4644 | -3,7097 | -0,5298 | 2,3110 | 12,611 | 12,192 | 0,1020 | 0,8375 | 0,6277 | 5,1549 | |
| 360 | 21600 | 0,065 | 157,26 | 30,938 | 43,304 | -0,0904 | -1,7582 | 0,4754 | -4,1463 | -0,5658 | 2,3881 | 12,785 | 12,366 | 0,0882 | 0,8521 | 0,5967 | 5,7630 | |
| 1140 | 68400 | 0,067 | 157,41 | 30,539 | 43,454 | -0,0880 | -1,7251 | 0,4837 | -4,2490 | -0,5718 | 2,5239 | 13,334 | 12,915 | 0,0825 | 0,8604 | 0,5911 | 6,1616 | |
| 1380 | 82800 | 0,067 | 156,4 | 29,335 | 42,447 | -0,1040 | -1,9472 | 0,4647 | -4,5145 | -0,5686 | 2,5673 | 13,531 | 13,112 | 0,0823 | 0,8615 | 0,5941 | 6,2180 | |
| 1680 | 100800 | 0,073 | 154,77 | 27,596 | 40,814 | -0,1321 | -2,3051 | 0,4763 | -4,9373 | -0,6084 | 2,6322 | 13,637 | 13,218 | 0,0689 | 0,8753 | 0,5526 | 7,0192 | |
| 2595 | 155700 | 0,073 | 154,74 | 27,128 | 40,79 | -0,1326 | -2,3104 | 0,4682 | -5,0398 | -0,6008 | 2,7295 | 14,081 | 13,662 | 0,0690 | 0,8770 | 0,5612 | 7,1287 | |
| 2865 | 171900 | 0,073 | 153,82 | 26,138 | 39,864 | -0,1485 | -2,5133 | 0,4511 | -5,2568 | -0,5997 | 2,7435 | 14,145 | 13,726 | 0,0691 | 0,8772 | 0,5625 | 7,1441 | |
| 4005 | 240300 | 0,073 | 153,27 | 25,501 | 39,32 | -0,1579 | -2,6325 | 0,4401 | -5,3964 | -0,5980 | 2,7639 | 14,238 | 13,819 | 0,0691 | 0,8775 | 0,5642 | 7,1664 | |

Tabla V.10 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 3h y rehidratadas a 45°C

| | | | | | | Fresca (g) | humedad | Brix | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|------|-------------------|-------------------------|--------------------|---------------|---------|--------------|---------|---------|------------|-------------|------------|------------------|--------------------|--------------------|---------|
| tratada | Xwo | 0,78 | | | | 21,586 | 0,843 | 0,141 | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,19 | | | | Tratada | seca | muestra seca | | | | | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | |
| Brix/100 | zss0 | 0,2 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 113,533 | 0,419 | 46,666 | |
| | | | | | | 19,247 | 4,986 | 0,1623 | 0,19379 | 0,7409 | 0,736839 | 0,100826 | | | | | |
| | | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | | | | | | | M (g) | | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | | | | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | mue+alambre | Muestra(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) |
| 0 | 0 | 0 | 191,83 | 74,251 | 78,97 | | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 5,135 | 4,716 | 0,7790 | 0,1716 | 0,9404 | 0,2072 |
| 5 | 300 | 0,01 | 191,88 | 73,568 | 79,01 | 0,0001 | 0,0105 | 0,1233 | -0,2868 | -0,1232 | 0,2973 | 5,862 | 5,443 | 0,5804 | 0,3768 | 0,9314 | 0,6047 |
| 15 | 900 | 0,01 | 191,69 | 72,676 | 78,82 | -0,0004 | -0,0341 | 0,1914 | -0,5685 | -0,1918 | 0,5345 | 6,566 | 6,147 | 0,4673 | 0,4948 | 0,9251 | 0,9795 |
| 30 | 1800 | 0,01 | 191,46 | 71,541 | 78,6 | -0,0011 | -0,0875 | 0,2227 | -0,8715 | -0,2238 | 0,7841 | 7,475 | 7,056 | 0,3882 | 0,5788 | 0,9217 | 1,3743 |
| 60 | 3600 | 0,02 | 191,23 | 69,91 | 78,36 | -0,0022 | -0,1434 | 0,3180 | -1,3574 | -0,3202 | 1,2140 | 8,868 | 8,449 | 0,2765 | 0,6959 | 0,9094 | 2,2887 |
| 120 | 7200 | 0,03 | 190,74 | 67,488 | 77,88 | -0,0053 | -0,2559 | 0,4363 | -2,0555 | -0,4416 | 1,7997 | 10,807 | 10,388 | 0,1761 | 0,8015 | 0,8871 | 4,0374 |
| 180 | 10800 | 0,03 | 190,12 | 65,637 | 77,26 | -0,0101 | -0,3991 | 0,5029 | -2,5653 | -0,5130 | 2,1662 | 12,04 | 11,621 | 0,1318 | 0,8482 | 0,8681 | 5,5872 |
| 240 | 14400 | 0,04 | 189,69 | 64,563 | 76,82 | -0,0139 | -0,4992 | 0,5720 | -2,8915 | -0,5859 | 2,3924 | 12,68 | 12,261 | 0,1001 | 0,8809 | 0,8406 | 7,3998 |
| 300 | 18000 | 0,04 | 189,28 | 63,734 | 76,41 | -0,0178 | -0,5940 | 0,5951 | -3,1132 | -0,6129 | 2,5192 | 13,097 | 12,678 | 0,0879 | 0,8938 | 0,8272 | 8,4134 |
| 480 | 28800 | 0,04 | 188,24 | 62,204 | 75,38 | -0,0284 | -0,8316 | 0,6404 | -3,5248 | -0,6689 | 2,6932 | 13,59 | 13,171 | 0,0668 | 0,9155 | 0,7909 | 10,8330 |
| 1365 | 81900 | 0,05 | 188,29 | 61,834 | 75,43 | -0,0279 | -0,8199 | 0,6662 | -3,6392 | -0,6941 | 2,8193 | 14,011 | 13,592 | 0,0570 | 0,9259 | 0,7690 | 12,4893 |
| 1695 | 101700 | 0,05 | 187,83 | 61,301 | 74,96 | -0,0329 | -0,9258 | 0,6605 | -3,7610 | -0,6934 | 2,8352 | 14,0808 | 13,6618 | 0,0569 | 0,9260 | 0,7698 | 12,5165 |
| 2775 | 166500 | 0,05 | 187,2 | 60,517 | 74,34 | -0,0396 | -1,0687 | 0,6520 | -3,9404 | -0,6916 | 2,8716 | 14,24 | 13,821 | 0,0568 | 0,9264 | 0,7714 | 12,5778 |

Tabla V.11 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 3h y rehidratadas a 55°C

| tratada | Xwo | 0,77 | | | | Fresca (g) | humedad | Brix | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|------|----------------|-------------------|--------------|------------|---------|--------------|---------|---------|------------|---------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| | Xsso | 0,19 | | | | Tratada | seca | muestra seca | | | | | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,2 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 113,598 | 0,419 | 69,734 | | |
| | | | | | | 13,548 | 3,488 | 0,1066 | 0,1194 | 0,7425 | 0,7291 | 0,16426 | | | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | 0 | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) | mue+alambre | Muestra(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) |
| 0 | 0 | 0 | 187,181 | 69,661 | 73,164 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,922 | 3,503 | 0,7260 | 0,1062 | 0,8122 | 0,1188 | |
| 5 | 300 | 0,01 | 187,176 | 68,896 | 73,159 | 0,0000 | -0,0016 | 0,2211 | -0,4666 | -0,2211 | 0,4650 | 4,682 | 4,263 | 0,4349 | 0,4272 | 0,7592 | 0,7457 | |
| 15 | 900 | 0,01 | 186,801 | 67,798 | 72,784 | -0,0009 | -0,1211 | 0,1523 | -0,7502 | -0,1532 | 0,6291 | 5,405 | 4,986 | 0,4143 | 0,4678 | 0,7785 | 0,8788 | |
| 30 | 1800 | 0,01 | 186,437 | 66,59 | 72,42 | -0,0025 | -0,2363 | 0,2992 | -1,2847 | -0,3017 | 1,0485 | 6,249 | 5,83 | 0,2750 | 0,6242 | 0,7317 | 1,6609 | |
| 60 | 3600 | 0,02 | 186,001 | 64,92 | 71,984 | -0,0053 | -0,3734 | 0,4167 | -1,9382 | -0,4220 | 1,5648 | 7,483 | 7,064 | 0,1739 | 0,7429 | 0,6763 | 2,8895 | |
| 120 | 7200 | 0,03 | 185,55 | 63,026 | 71,533 | -0,0092 | -0,5142 | 0,5461 | -2,6754 | -0,5553 | 2,1612 | 8,926 | 8,507 | 0,0955 | 0,8354 | 0,5803 | 5,0735 | |
| 180 | 10800 | 0,03 | 185,083 | 61,852 | 71,066 | -0,0137 | -0,6596 | 0,5955 | -3,1016 | -0,6092 | 2,4420 | 9,633 | 9,214 | 0,0700 | 0,8662 | 0,5231 | 6,4740 | |
| 240 | 14400 | 0,03 | 184,567 | 60,992 | 70,55 | -0,0192 | -0,8197 | 0,6459 | -3,4280 | -0,6651 | 2,6083 | 9,977 | 9,558 | 0,0492 | 0,8892 | 0,4446 | 8,0289 | |
| 300 | 18000 | 0,04 | 183,501 | 59,72 | 69,484 | -0,0311 | -1,1499 | 0,6708 | -3,8611 | -0,7019 | 2,7112 | 10,183 | 9,764 | 0,0365 | 0,9033 | 0,3771 | 9,3451 | |
| 360 | 21600 | 0,04 | 182,808 | 58,939 | 68,791 | -0,0389 | -1,3645 | 0,6620 | -4,1029 | -0,7009 | 2,7385 | 10,271 | 9,852 | 0,0364 | 0,9039 | 0,3791 | 9,4044 | |
| 540 | 32400 | 0,04 | 181,326 | 57,153 | 67,309 | -0,0560 | -1,8229 | 0,6603 | -4,6744 | -0,7163 | 2,8514 | 10,575 | 10,156 | 0,0306 | 0,9115 | 0,3460 | 10,2981 | |
| 1350 | 81000 | 0,04 | 181,45 | 56,984 | 67,433 | -0,0545 | -1,7847 | 0,6949 | -4,7632 | -0,7494 | 2,9786 | 10,868 | 10,449 | 0,0199 | 0,9238 | 0,2612 | 12,1312 | |
| 1740 | 1E+05 | 0,04 | 180,639 | 56,025 | 66,622 | -0,0644 | -2,0350 | 0,6832 | -5,0593 | -0,7476 | 3,0242 | 11,016 | 10,597 | 0,0201 | 0,9244 | 0,2663 | 12,2238 | |
| 2820 | 2E+05 | 0,04 | 180,021 | 55,212 | 66,004 | -0,0720 | -2,2258 | 0,6733 | -5,3103 | -0,7453 | 3,0844 | 11,211 | 10,792 | 0,0205 | 0,9251 | 0,2731 | 12,3437 | |
| 3060 | 2E+05 | 0,04 | 179,196 | 54,331 | 65,179 | -0,0820 | -2,4805 | 0,6626 | -5,5823 | -0,7446 | 3,1017 | 11,267 | 10,848 | 0,0206 | 0,9252 | 0,2750 | 12,3777 | |
| 4180 | 3E+05 | 0,04 | 178,75 | 53,754 | 64,733 | -0,0875 | -2,6182 | 0,6555 | -5,7604 | -0,7430 | 3,1422 | 11,398 | 10,979 | 0,0208 | 0,9257 | 0,2794 | 12,4567 | |

Tabla V.12 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 3h y rehidratadas a 65°C

| | | | | | | Fresca (g) | humedad | Brix | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|-------------------|--------------------------|-----------------|---------------|---------|-----------------|---------|---------|---------------|--------------------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------------|---------|--|
| tratada | Xwo | 0,767 | | | | 12,472 | 0,824 | 0,145 | | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,1942 | | | | Tratada | seca | muestra seca | | | | | | Masa pote (g) | Masa alambre (g) | Mass de agua(g) | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,202 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 112,472 | 0,419 | 57,397 | | |
| | | | | | | 11,012 | 2,878 | 0,10848 | 0,12168 | 0,7386 | 0,74288 | 0,1486 | | | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solució n (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | M (g) mue+ala mbre | Muestr a(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| 0 | 0 | 0 | 173,09 | 57,31 | 60,196 | | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3,305 | 2,886 | 0,74082 | 0,10818 | 0,8307 | 0,1213 | |
| 5 | 300 | 0,006 | 173,08 | 56,635 | 60,186 | 0,0000 | -0,0039 | 0,1324 | -0,3955 | -0,1325 | 0,3916 | 3,97 | 3,551 | 0,50638 | 0,3709 | 0,8049 | 0,5896 | |
| 15 | 900 | 0,01 | 172,65 | 55,548 | 59,756 | -0,0017 | -0,1698 | 0,2165 | -0,9032 | -0,2182 | 0,7334 | 4,627 | 4,208 | 0,37504 | 0,5214 | 0,7836 | 1,0894 | |
| 30 | 1800 | 0,013 | 172,09 | 54,135 | 59,199 | -0,0045 | -0,3841 | 0,2743 | -1,5117 | -0,2788 | 1,1277 | 5,483 | 5,064 | 0,28094 | 0,63301 | 0,7655 | 1,7249 | |
| 60 | 3600 | 0,019 | 171,45 | 52,362 | 58,562 | -0,0092 | -0,6276 | 0,3877 | -2,3162 | -0,3970 | 1,6886 | 6,619 | 6,2 | 0,18055 | 0,74916 | 0,7198 | 2,9866 | |
| 120 | 7200 | 0,026 | 170,88 | 50,68 | 57,986 | -0,0151 | -0,8463 | 0,5136 | -3,0975 | -0,5286 | 2,2513 | 7,725 | 7,306 | 0,10699 | 0,83336 | 0,642 | 5,0011 | |
| 180 | 10800 | 0,029 | 170,07 | 49,408 | 57,176 | -0,0242 | -1,1528 | 0,5584 | -3,6382 | -0,5827 | 2,4854 | 8,187 | 7,768 | 0,08278 | 0,86112 | 0,596 | 6,2006 | |
| 240 | 14400 | 0,03 | 169,35 | 48,448 | 56,462 | -0,0326 | -1,4227 | 0,5665 | -4,0204 | -0,5990 | 2,5976 | 8,433 | 8,014 | 0,07499 | 0,87063 | 0,5797 | 6,7298 | |
| 303 | 18180 | 0,033 | 168,66 | 47,623 | 55,765 | -0,0415 | -1,6854 | 0,6125 | -4,3879 | -0,6540 | 2,7025 | 8,561 | 8,142 | 0,05648 | 0,89 | 0,5134 | 8,0906 | |
| 423 | 25380 | 0,036 | 166,94 | 45,754 | 54,044 | -0,0657 | -2,3320 | 0,6420 | -5,1458 | -0,7077 | 2,8138 | 8,709 | 8,29 | 0,03888 | 0,90855 | 0,4252 | 9,9352 | |
| 1263 | 75780 | 0,037 | 167,39 | 45,783 | 54,499 | -0,0591 | -2,1612 | 0,6602 | -5,1528 | -0,7193 | 2,9915 | 9,135 | 8,716 | 0,03354 | 0,91646 | 0,4015 | 10,971 | |
| 1718 | 103080 | 0,037 | 165,98 | 44,18 | 53,089 | -0,0795 | -2,6904 | 0,6371 | -5,7544 | -0,7166 | 3,0640 | 9,328 | 8,909 | 0,03361 | 0,91747 | 0,4073 | 11,117 | |
| 2713 | 162780 | 0,038 | 165,87 | 43,687 | 52,982 | -0,0810 | -2,7306 | 0,6470 | -5,9565 | -0,7281 | 3,2259 | 9,714 | 9,295 | 0,02904 | 0,92407 | 0,3825 | 12,171 | |
| 3158 | 189480 | 0,038 | 164,87 | 42,5 | 51,983 | -0,0958 | -3,1051 | 0,6294 | -6,4015 | -0,7253 | 3,2964 | 9,902 | 9,483 | 0,02922 | 0,92482 | 0,3887 | 12,302 | |
| 7083 | 424980 | 0,042 | 164,27 | 41,311 | 51,379 | -0,1057 | -3,3306 | 0,6762 | -6,9117 | -0,7820 | 3,5811 | 10,487 | 10,068 | 0,01308 | 0,94364 | 0,232 | 16,742 | |

Tabla V.13 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 48h y rehidratadas a 45°C

| | | | | | | Fresca | humedad | Brix | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|----------------|-------------------|--------------|---------|---------|--------------|---------|---------|------------|-------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|---------|
| Fresca | Xwo | 0,41 | | | | 15,946 | 0,829 | 0,146 | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,44 | | | | fresca | seca | muestra seca | | | | | | Masa pote (g) | Masa alambre(g) | Mass de agua(g) | |
| Brix/100 | zss0 | 0,445 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 113,55 | 0,419 | 77,19 | |
| | | | | | | 5,639 | 3,858 | 0,13763 | 0,1596 | 0,3158 | 0,6431 | 0,2192 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | M (g) | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | | masa total (g) | masa solución (g) | masa w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | mue+alambre | Muestra(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) |
| 0 | 0 | 0 | 194,946 | 77,167 | 80,973 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,225 | 3,806 | 0,6519 | 0,1395 | 0,7576 | 0,1621 |
| 5 | 300 | 0,003 | 194,945 | 76,376 | 80,972 | 0,0000 | -0,0003 | 0,0689 | -0,3066 | -0,0689 | 0,3063 | 5,015 | 4,596 | 0,4900 | 0,3373 | 0,7394 | 0,5089 |
| 15 | 900 | 0,006 | 194,69 | 75,6 | 80,717 | -0,0005 | -0,0765 | 0,1363 | -0,6073 | -0,1368 | 0,5308 | 5,536 | 5,117 | 0,3959 | 0,4489 | 0,7185 | 0,8146 |
| 30 | 1800 | 0,01 | 194,459 | 74,782 | 80,486 | -0,0012 | -0,1452 | 0,2248 | -0,9416 | -0,2259 | 0,7964 | 6,123 | 5,704 | 0,3032 | 0,5576 | 0,6854 | 1,2605 |
| 60 | 3600 | 0,014 | 194,124 | 73,413 | 80,151 | -0,0026 | -0,2445 | 0,3089 | -1,4373 | -0,3115 | 1,1928 | 7,157 | 6,738 | 0,2144 | 0,6678 | 0,6454 | 2,0098 |
| 120 | 7200 | 0,02 | 193,725 | 71,524 | 79,752 | -0,0050 | -0,3620 | 0,4300 | -2,1261 | -0,4349 | 1,7640 | 8,647 | 8,228 | 0,1257 | 0,7778 | 0,5657 | 3,5011 |
| 180 | 10800 | 0,024 | 193,389 | 70,205 | 79,416 | -0,0074 | -0,4606 | 0,5064 | -2,5990 | -0,5138 | 2,1384 | 9,63 | 9,211 | 0,0838 | 0,8300 | 0,4929 | 4,8837 |
| 240 | 14400 | 0,026 | 193,018 | 69,162 | 79,045 | -0,0103 | -0,5692 | 0,5405 | -2,9466 | -0,5508 | 2,3773 | 10,302 | 9,883 | 0,0656 | 0,8540 | 0,4497 | 5,8509 |
| 300 | 18000 | 0,028 | 192,605 | 68,298 | 78,632 | -0,0138 | -0,6899 | 0,5748 | -3,2406 | -0,5886 | 2,5507 | 10,753 | 10,33 | 0,0506 | 0,8726 | 0,3972 | 6,8473 |
| 360 | 21600 | 0,029 | 192,172 | 67,599 | 78,199 | -0,0175 | -0,8162 | 0,5892 | -3,4651 | -0,6068 | 2,6488 | 11,019 | 10,6 | 0,0436 | 0,8815 | 0,3681 | 7,4375 |
| 420 | 25200 | 0,029 | 191,639 | 66,94 | 77,666 | -0,0222 | -0,9718 | 0,5835 | -3,6574 | -0,6057 | 2,6856 | 11,145 | 10,73 | 0,0435 | 0,8825 | 0,3699 | 7,5130 |
| 660 | 39600 | 0,033 | 190,658 | 65,429 | 76,685 | -0,0319 | -1,2569 | 0,6490 | -4,1771 | -0,6809 | 2,9201 | 11,675 | 11,26 | 0,0192 | 0,9103 | 0,2138 | 10,1481 |
| 1370 | 82200 | 0,033 | 190,863 | 64,863 | 76,89 | -0,0299 | -1,1973 | 0,6434 | -4,3416 | -0,6732 | 3,1442 | 12,446 | 12,03 | 0,0201 | 0,9139 | 0,2331 | 10,6189 |
| 1780 | 106800 | 0,033 | 190,121 | 63,855 | 76,148 | -0,0372 | -1,4130 | 0,6334 | -4,6346 | -0,6706 | 3,2215 | 12,712 | 12,29 | 0,0203 | 0,9151 | 0,2395 | 10,7760 |
| 2800 | 168000 | 0,035 | 189,232 | 62,66 | 75,259 | -0,0466 | -1,6709 | 0,6592 | -5,0196 | -0,7058 | 3,3487 | 13,018 | 12,6 | 0,0106 | 0,9264 | 0,1435 | 12,5926 |
| 5590 | 335400 | 0,035 | 188,847 | 62,13 | 74,874 | -0,0506 | -1,7825 | 0,6536 | -5,1733 | -0,7042 | 3,3907 | 13,163 | 12,74 | 0,0108 | 0,9269 | 0,1482 | 12,6742 |

Tabla V.14 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 48h y rehidratadas a 55°C

| | | | | | | Fresca | humedad | Brix | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|------------|---------------|----------|---------|---------|--------------|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|--------------|--------------|---------|--|
| tratada | Xwo | 0,41 | | | | 22,791 | 0,849 | 0,122 | | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,44 | | | | Tratada | seca | muestra seca | | | | | | Masa bote | Masa alambre | Masa de agua | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,43375 | | | | mo | ms | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 112,7 | 0,419 | 102,1 | | |
| | | | | | | 7,515 | 5,106 | 0,1316 | 0,1516 | 0,3206 | 0,6476 | 0,221 | | | | | | |
| | | | masa total | masa solución | masa w+m | | | | | | | M (g) | | | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | 0(g) | (g) | (g) | (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | mue+alambre | Muestra(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| 0 | 0 | 0 | 220,107 | 101,889 | 106,989 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,519 | 5,1 | 0,6484 | 0,1318 | 0,7468 | 0,1518 | |
| 5 | 300 | 0,005 | 220,099 | 101,03 | 106,981 | 0,0000 | -0,0018 | 0,1139 | -0,3077 | -0,1139 | 0,3059 | 6,37 | 5,951 | 0,4707 | 0,3408 | 0,7142 | 0,5171 | |
| 15 | 900 | 0,008 | 219,727 | 100,005 | 106,609 | -0,0007 | -0,0850 | 0,1804 | -0,6054 | -0,1811 | 0,5203 | 7,023 | 6,604 | 0,3791 | 0,4511 | 0,6907 | 0,8219 | |
| 30 | 1800 | 0,009 | 219,283 | 98,807 | 106,165 | -0,0016 | -0,1843 | 0,2006 | -0,8957 | -0,2021 | 0,7114 | 7,777 | 7,358 | 0,3276 | 0,5200 | 0,6825 | 1,0835 | |
| 60 | 3600 | 0,012 | 218,848 | 97,222 | 105,73 | -0,0028 | -0,2812 | 0,2631 | -1,3157 | -0,2659 | 1,0345 | 8,927 | 8,508 | 0,2501 | 0,6181 | 0,6549 | 1,6187 | |
| 120 | 7200 | 0,02 | 218,269 | 94,837 | 105,151 | -0,0054 | -0,4092 | 0,4278 | -2,0183 | -0,4332 | 1,6091 | 10,73 | 10,314 | 0,1344 | 0,7569 | 0,5528 | 3,1136 | |
| 180 | 10800 | 0,023 | 217,59 | 92,998 | 104,472 | -0,0089 | -0,5588 | 0,4824 | -2,4877 | -0,4913 | 1,9289 | 11,89 | 11,474 | 0,0983 | 0,8040 | 0,5015 | 4,1008 | |
| 250 | 15000 | 0,025 | 216,984 | 91,568 | 103,866 | -0,0123 | -0,6920 | 0,5163 | -2,8441 | -0,5286 | 2,1520 | 12,72 | 12,298 | 0,0783 | 0,8305 | 0,4620 | 4,9010 | |
| 310 | 18600 | 0,027 | 216,429 | 90,566 | 103,311 | -0,0157 | -0,8138 | 0,5515 | -3,1053 | -0,5672 | 2,2914 | 13,16 | 12,745 | 0,0621 | 0,8499 | 0,4139 | 5,6623 | |
| 550 | 33000 | 0,03 | 214,927 | 88,158 | 101,809 | -0,0259 | -1,1424 | 0,5965 | -3,6933 | -0,6223 | 2,5509 | 14,07 | 13,651 | 0,0401 | 0,8778 | 0,3280 | 7,1817 | |
| 1370 | 82200 | 0,031 | 214,747 | 86,768 | 101,629 | -0,0271 | -1,1818 | 0,6067 | -4,0170 | -0,6338 | 2,8352 | 15,28 | 14,861 | 0,0334 | 0,8911 | 0,3069 | 8,1857 | |
| 1610 | 96600 | 0,031 | 213,361 | 85,105 | 100,243 | -0,0368 | -1,4847 | 0,5950 | -4,3804 | -0,6318 | 2,8958 | 15,56 | 15,138 | 0,0334 | 0,8926 | 0,3106 | 8,3075 | |
| 2810 | 168600 | 0,031 | 212,883 | 83,852 | 99,765 | -0,0401 | -1,5891 | 0,5863 | -4,6543 | -0,6264 | 3,0651 | 16,33 | 15,913 | 0,0333 | 0,8963 | 0,3206 | 8,6416 | |
| 3230 | 193800 | 0,031 | 212,305 | 83,106 | 99,187 | -0,0442 | -1,7155 | 0,5810 | -4,8173 | -0,6252 | 3,1019 | 16,5 | 16,081 | 0,0332 | 0,8970 | 0,3228 | 8,7128 | |
| 4190 | 251400 | 0,031 | 211,044 | 81,575 | 97,926 | -0,0530 | -1,9910 | 0,5703 | -5,1519 | -0,6233 | 3,1609 | 16,77 | 16,351 | 0,0332 | 0,8982 | 0,3262 | 8,8262 | |

Tabla V.15 Datos de la muestras pretratadas osmóticamente 48h y rehidratadas a 65°C

| | | | | | | Fresca | humedad | Brix | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|-----------|--------------|---------|---------|---------|--------------|---------|---------|------------|-------------|------------|----------|----------|---------|---------|--|
| tratada | Xwo | 0,41 | | | | 12,355 | 0,813 | 0,165 | | | | | | | | | | |
| | Xsso | 0,58 | | | | Tratada | seca | muestra seca | | | | | | Masa | Masa | Mass de | | |
| Brix/100 | zss0 | 0,4112 | | | | mo (g) | ms (g) | xws(bh) | xw(bs) | Dm | Xss (b.h.) | xsi | | 112,699 | 0,419 | 102,063 | | |
| | | | | | | 4,221 | 2,775 | 0,1026 | 0,1143 | 0,3426 | 0,8822 | 0,01521 | | | | | | |
| | | | masa | masa | masa | | | | | | | M (g) | | | | | | |
| Tiempo(m) | Tiempo(s) | 0 | total (g) | solución (g) | w+m (g) | DMps* | DMpw* | DMss* | DMsw* | DMss* | DMmw* | mue+alambre | Muestra(g) | xst (bh) | xwt (bh) | xs (bs) | xw (bs) | |
| 0 | 0 | 0 | 171,597 | 55,486 | 58,262 | | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3,195 | 2,776 | 0,8819 | 0,1025 | 0,9827 | 0,1142 | |
| 5 | 300 | 0,004 | 171,585 | 54,535 | 58,25 | 0,0000 | -0,0048 | 0,0876 | -0,4695 | -0,0876 | 0,4647 | 4,134 | 3,715 | 0,6003 | 0,3881 | 0,9810 | 0,6343 | |
| 15 | 900 | 0,01 | 171,1 | 53,284 | 57,765 | -0,0020 | -0,1976 | 0,2140 | -1,0982 | -0,2159 | 0,9006 | 4,9 | 4,481 | 0,4263 | 0,5640 | 0,9779 | 1,2937 | |
| 30 | 1800 | 0,014 | 170,562 | 52,039 | 57,227 | -0,0050 | -0,4106 | 0,2925 | -1,6767 | -0,2975 | 1,2661 | 5,607 | 5,188 | 0,3291 | 0,6626 | 0,9753 | 1,9639 | |
| 60 | 3600 | 0,022 | 170,222 | 50,794 | 56,887 | -0,0080 | -0,5441 | 0,4487 | -2,3328 | -0,4567 | 1,7886 | 6,512 | 6,093 | 0,2151 | 0,7778 | 0,9681 | 3,5000 | |
| 120 | 7200 | 0,029 | 169,59 | 49,218 | 56,255 | -0,0154 | -0,7905 | 0,5731 | -3,0900 | -0,5885 | 2,2995 | 7,456 | 7,037 | 0,1396 | 0,8542 | 0,9579 | 5,8598 | |
| 180 | 10800 | 0,032 | 168,729 | 47,858 | 55,394 | -0,0264 | -1,1252 | 0,6149 | -3,6779 | -0,6414 | 2,5527 | 7,955 | 7,536 | 0,1129 | 0,8814 | 0,9517 | 7,4282 | |
| 240 | 14400 | 0,034 | 167,906 | 46,899 | 54,571 | -0,0377 | -1,4444 | 0,6403 | -4,0883 | -0,6779 | 2,6439 | 8,091 | 7,672 | 0,0990 | 0,8953 | 0,9462 | 8,5536 | |
| 300 | 18000 | 0,035 | 166,977 | 45,847 | 53,642 | -0,0507 | -1,8044 | 0,6443 | -4,5148 | -0,6950 | 2,7104 | 8,214 | 7,795 | 0,0920 | 0,9024 | 0,9432 | 9,2504 | |
| 360 | 21600 | 0,036 | 166,114 | 44,919 | 52,779 | -0,0632 | -2,1385 | 0,6493 | -4,8924 | -0,7125 | 2,7540 | 8,279 | 7,86 | 0,0857 | 0,9088 | 0,9397 | 9,9631 | |
| 480 | 28800 | 0,038 | 164,029 | 42,742 | 50,694 | -0,0950 | -2,9439 | 0,6522 | -5,7695 | -0,7472 | 2,8256 | 8,371 | 7,952 | 0,0739 | 0,9207 | 0,9315 | 11,6100 | |
| 1380 | 82800 | 0,039 | 164,422 | 42,937 | 51,087 | -0,0888 | -2,7922 | 0,6724 | -5,7114 | -0,7612 | 2,9191 | 8,569 | 8,15 | 0,0678 | 0,9269 | 0,9274 | 12,6839 | |
| 1710 | 1E+05 | 0,04 | 161,67 | 40,214 | 48,335 | -0,1330 | -3,8531 | 0,6459 | -6,7783 | -0,7790 | 2,9252 | 8,54 | 8,121 | 0,0626 | 0,9321 | 0,9216 | 13,7255 | |
| 2790 | 2E+05 | 0,042 | 161,047 | 39,651 | 47,712 | -0,1436 | -4,0927 | 0,6687 | -7,0271 | -0,8123 | 2,9344 | 8,48 | 8,061 | 0,0528 | 0,9419 | 0,9078 | 16,2044 | |
| 3130 | 2E+05 | 0,042 | 160,23 | 38,845 | 46,895 | -0,1573 | -4,4070 | 0,6551 | -7,3372 | -0,8124 | 2,9302 | 8,469 | 8,05 | 0,0528 | 0,9419 | 0,9077 | 16,1978 | |
| 4210 | 3E+05 | 0,043 | 158,841 | 37,539 | 45,506 | -0,1813 | -4,9408 | 0,6482 | -7,8547 | -0,8295 | 2,9139 | 8,386 | 7,967 | 0,0480 | 0,9466 | 0,8985 | 17,7165 | |
| 4390 | 3E+05 | 0,043 | 157,458 | 36,146 | 44,123 | -0,2052 | -5,4722 | 0,6241 | -8,3900 | -0,8293 | 2,9177 | 8,396 | 7,977 | 0,0480 | 0,9466 | 0,8986 | 17,7210 | |
| 5695 | 3E+05 | 0,044 | 156,877 | 35,625 | 43,542 | -0,2155 | -5,6953 | 0,6294 | -8,6045 | -0,8449 | 2,9092 | 8,336 | 7,917 | 0,0435 | 0,9511 | 0,8884 | 19,4409 | |
| 6140 | 4E+05 | 0,045 | 155,981 | 34,813 | 42,646 | -0,2316 | -6,0389 | 0,6291 | -8,9302 | -0,8607 | 2,8913 | 8,252 | 7,833 | 0,0389 | 0,9556 | 0,8758 | 21,5146 | |

