

## Estudio del Efecto del Proceso de Deshidratación Osmótica en la Obtención de Trozos Secos de Carambola (*Averroha carambola L.*)

M. Castillo, F. Cornejo

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo Velasco, Km. 30.5 Vía Perimetral, Apartado: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.  
mcastill@espol.edu.ec , fcornejo@espol.edu.ec

### Resumen

*En el presente trabajo se estudió el efecto del proceso de Deshidratación Osmótica en la obtención de trozos secos de carambola. Los experimentos realizados sirvieron para establecer la cinética de deshidratación osmótica a 3 concentraciones de sacarosa (40 °Brix, 50°Brix y (60°Brix)) y a presión atmosférica. Demostrándose que a 50°Brix se obtiene el menor coeficiente de difusión de sólidos y una considerable pérdida de agua. Por otro lado, que al aplicar deshidratación osmótica produce un aumento de la difusión de agua durante el secado disminuyendo por ende el tiempo de proceso. Además, se observó un aumento de la monocapa de BET indicando una mayor estabilidad y una mejor calidad sensorial que el alimento con el secado convencional.*

**Palabras Claves:** *Deshidratación osmótica, secado, isothermas de adsorción, carambola.*

### Abstract

*The objective of this work was to study the effect of Osmotic Dehydration in the process of dry star of carambola. The experiments demonstrated the kinetic of osmotic dehydration at three concentrations of sucrose (40 °Brix, 50 °Brix and 60 °Brix). It had shown that at 50°Brix the least diffusion coefficient of the solid was observed. On the other hand, the osmotic dehydration prior to drying produces an increase of the diffusion of the water reducing the total drying time. Also, there was an increase of the BET monolayer value showing an increase of the stability, as well as an increase of the sensory quality.*

**Keywords:** *Osmotic dehydration, dryer, sorption isotherms, time of safe life, carambola.*

### 1. Introducción

Actualmente la industrialización de frutas en nuestro país está limitada hacia la elaboración de jugos, néctares o concentrados. Es importante, por lo tanto desarrollar tecnologías que permitan ampliar la gama de productos que el Ecuador ofrece a mercados internacionales utilizando frutas tradicionales y no tradicionales. La carambola o comúnmente llamada grosella china, es una fruta exótica, que tiene una gran demanda en los mercados internacionales por su sabor y apariencia.

En países latinoamericanos, por medio del programa CYTED, se han desarrollado nuevos productos aplicando procesos de deshidratación osmótica y secado [1]. La deshidratación osmótica como pre-tratamiento es un proceso que mejora las características organolépticas de los productos deshidratados [2]. En efecto, la Deshidratación Osmótica es una técnica que permite reducir el

contenido de humedad e incrementar el contenido de sólidos solubles en las frutas, mediante la inmersión de esta en solución acuosa de alta concentración de soluto. La deshidratación se debe a que ocurre un proceso de osmosis entre la fruta y la solución concentrada. El agua se traslada desde la disolución menos concentrada en soluto (alimento) hacia la más concentrada (solución hipertónica), de tal manera que las concentraciones tienden a igualarse [2,3]. Existen varios factores (temperatura, concentración de solución osmótica, etc.) que ejercen influencia sobre los fenómenos de transferencia de masa en el proceso de deshidratación osmótica.

Por lo tanto en el presente trabajo se estudia la cinética de Deshidratación Osmótica y su efecto en el secado convencional de tal manera que se definan los parámetros adecuados para la obtención de trozos secos de carambola tratados osmóticamente

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Materia Prima.

Carambolas de la variedad dulce fueron dotadas por la Misión Técnica Agrícola de Taiwán en Ecuador. Las características fisicoquímicas de las carambolas fueron  $10 \pm 1^\circ\text{Brix}$ , textura firme y color 387C según el especificador pantone. La sacarosa (azúcar comercial) fue obtenida de los supermercados locales.

### 2.2 Métodos Experimentales

#### 2.2.1. Isotermas de Sorción

Se realizaron isotermas de la fruta fresca y la fruta deshidratada osmóticamente y secada. Los dos tipos de isotermas se construyeron por duplicado usando el método gravimétrico a temperatura constante de  $32 \pm 2^\circ\text{C}$ . [4,5]. Las isotermas fueron ajustadas a través del modelo matemático de GAB y el programa Origin 6. El valor de la monocapa fue determinado por medio del modelo matemático BET.

#### 2.2.2. Deshidratación osmótica

El proceso experimental de Deshidratación Osmótica se muestra en la figura 1. Este proceso consistió en registrar cada 10 minutos, durante las primeras 2 horas, la pérdida de peso, ganancia de sólidos solubles y la pérdida de espesor y cada 30 minutos durante las siguientes 2 horas [2,11]. Para el análisis de la cinética de deshidratación osmótica se utilizaron 3 concentraciones de sacarosa (40, 50 y  $60^\circ\text{Brix}$ ).

El análisis de la cinética de deshidratación osmótica permitió decidir la concentración de jarabe de sacarosa idónea para el proceso [2].

#### 2.2.3. Secado

En el proceso de secado se operó con una velocidad de aire de 4 m/s, temperatura de  $65 \pm 5^\circ\text{C}$ , tanto para los trozos de carambola sin y con tratamiento osmótico. En la figura 2 se esquematiza el proceso experimental

Los resultados obtenidos de la experimentación fueron de utilidad para realizar las curvas de secado y analizar el comportamiento del coeficiente de difusión de agua tanto en el secado convencional como en el secado con tratamiento osmótico [6].

#### 2.2.4. Análisis Sensorial

Se realizó un panel sensorial que indicó el grado de satisfacción que provoca en los consumidores los trozos secos de carambola deshidratados osmóticamente. Para el efecto se utilizó una escala hedónica de 9 puntos. Los resultados fueron analizados estadísticamente a través del Diagrama de Pareto. [8]

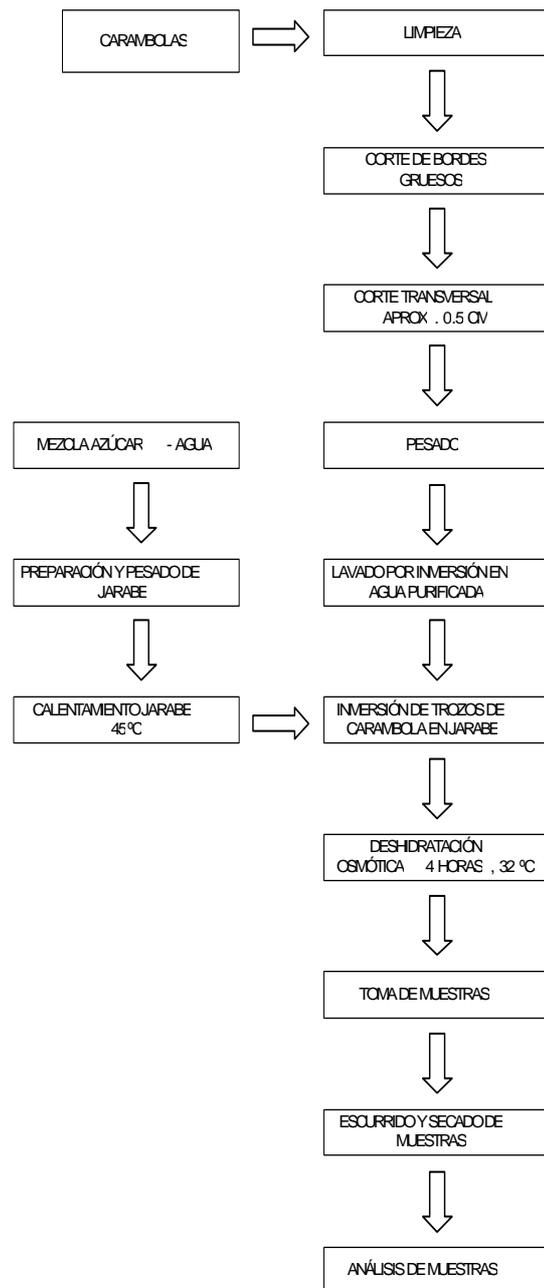
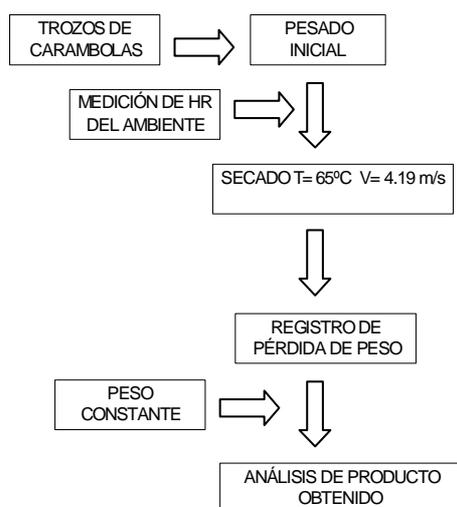


Figura 1. Proceso de Deshidratación Osmótica



**Figura 2.** Esquema general del proceso experimental de secado.

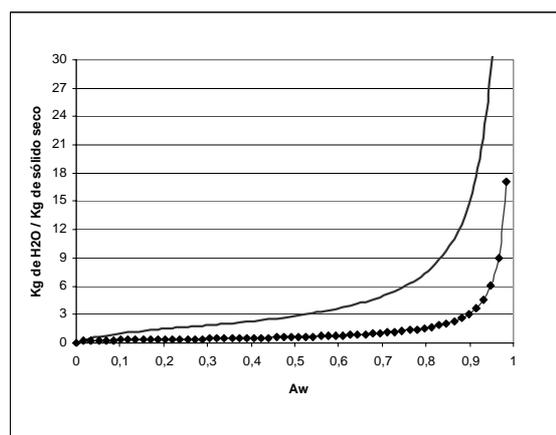
### 2.3 Métodos Estadísticos

Con la finalidad de demostrar los resultados obtenidos en los procesos aplicados, se hace uso de la prueba estadística de hipótesis para el panel sensorial realizado, con lo que podremos asegurar que el aplicar deshidratación osmótica como pretratamiento al secado convencional se obtiene un producto de mayor aceptabilidad al consumidor. [7]. El planteo realizado para la prueba de hipótesis se basa en la valoración de la escala hedónica con un nivel de significancia de 0.01.

## 3. Análisis de Resultados

### 3.1. Análisis de las Isotermas obtenidas

Las isotermas de la carambola fresca y la carambola deshidratada osmóticamente se muestran en la figura 3. A simple vista se observa que el proceso de deshidratación osmótica produce una mayor unión de las moléculas de agua a la estructura del alimento, originando que la curva sigmoidal se eleve. Esto puede ser comprobado con el valor de la monocapa de BET.

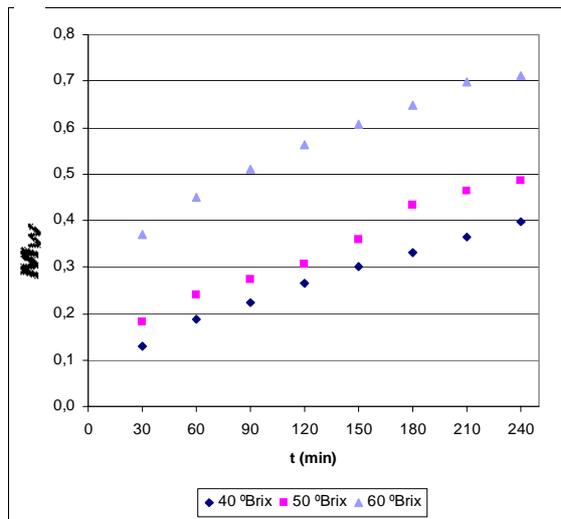


**Figura 3.** Isoterma de sorción de carambolas sin deshidratación osmótica (línea punteada) y con deshidratación osmótica.

El valor de la monocapa es el contenido de humedad que forma la primera capa de agua en contacto con las moléculas de la estructura del alimento. Por lo tanto, este valor presenta una íntima relación con la estabilidad del producto. El valor de la monocapa ( $a_w = 0.3$ ) obtenido para la fruta fresca fue de 0.3229 g de agua /100g de sólidos secos y para la carambola tratada osmóticamente fue de 1.5417 g de agua /100g de sólidos secos. Estos valores demuestran claramente la influencia de la deshidratación osmótica en la estabilidad y características del producto final. Mientras mayor es el valor de la monocapa mayor es la estabilidad debido a que más moléculas de agua pueden estar unidas al alimento sin que estén disponibles para las reacciones de deterioro. Además el mayor contenido de agua incrementa la plasticidad de la fruta mejorando la textura de la misma.

### 3.2. Cinética de la Deshidratación Osmótica

En la figura 4 se muestra la cantidad de pérdida de agua de la carambola deshidratada osmóticamente en soluciones de sacarosa a 40, 50 y 60°Brix. El experimento realizado a 60° Brix es el que presenta las mayores pérdidas de agua. Se puede determinar que mientras más alta es la concentración del jarabe de sacarosa mayor es la pérdida de agua en la fruta; aunque este aumento de la pérdida de agua también se ve afectado por el incremento de la temperatura; tal como lo han demostrado estudios realizados con el mango [9].

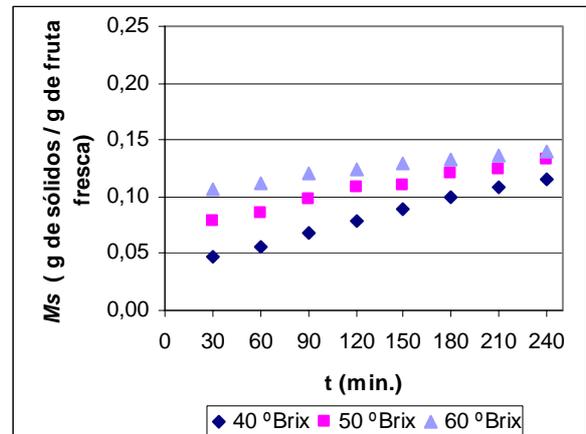


**Figura 4.** Pérdida de agua de los diferentes experimentos

Por otro lado, durante la deshidratación osmótica también existe una migración de sólidos hacia la fruta. Considerando que la finalidad de la deshidratación osmótica se basa en una remoción de agua con la menor entrada de solutos al alimento, es importante establecer la concentración de sacarosa que genere un menor incremento de sólidos de los trozos de carambola. (Figura 5)

Del experimento realizado se deduce que a la concentración de 60 °Brix se logra una mayor incorporación de sólidos. Realizando la comparación con las otras concentraciones, se puede afirmar que mientras mayor es la concentración del jarabe de sacarosa, mayor será el incremento de sólidos en la fruta. Cabe acotar que no existió gran diferencia en el incremento de sólidos entre las concentraciones de sacarosa de 60 °Brix y 50 °Brix (ver figura 5); sin embargo sensorialmente a la concentración de 60 °Brix el sabor del trozo de fruta era muy fuerte, tornándose desagradable al paladar. Lo cual se lo demuestra en el análisis del coeficiente de difusión de sólidos ( $K_s$ ).

La determinación de los coeficientes globales de transferencia de masa, ayuda en gran manera a la selección adecuada de la concentración de solución osmótica a utilizar en el proceso de tratamiento osmótico, ya que, establecen la dificultad para el transporte de un determinado componente entre dos fases inmiscibles. Los valores de los coeficientes de transferencia de agua ( $K_w$ ) y sólidos ( $K_s$ ) se muestran en la Tabla 1.



**Figura 5.** Ganancia de sólidos para los experimentos a diferentes concentraciones de sacarosa.

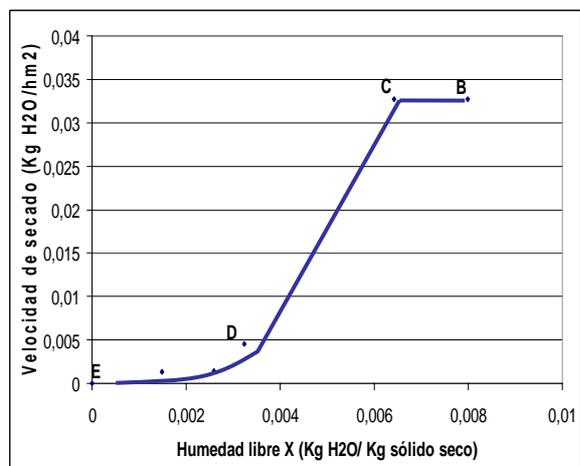
**Tabla 1.** Coeficientes de difusión de agua y sólidos para las diferentes concentraciones de experimentación.

| Soluciones osmóticas | $k_w$  | $k_{sg}$      |
|----------------------|--------|---------------|
| 40                   | 0.0316 | 0.0726        |
| 50                   | 0.0347 | <b>0.0685</b> |
| 60                   | 0.0478 | 0.0783        |

En lo que se refiere a los coeficientes de difusión de sólidos, lo que se busca es el que ofrezca mayor resistencia a la difusión, por lo tanto conviene el menor coeficiente ( $K_{SG}$ ), siendo este el proceso realizado a la concentración de 50 °Brix. Luego de los análisis realizados, se toma la decisión de escoger la concentración de 50 °Brix de solución osmótica para el proceso de deshidratación osmótica previo al secado convencional.

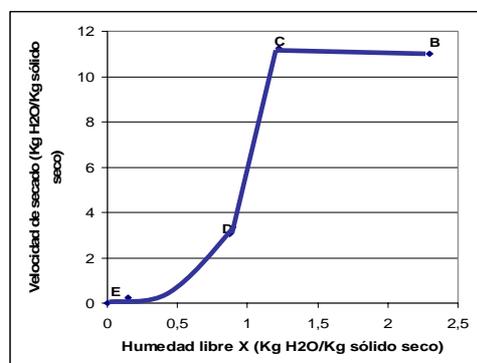
### 3.3. Efecto de la Deshidratación Osmótica en el Secado Convencional.

Con el interés de conocer la influencia del tratamiento osmótico previo al secado convencional de la fruta, se realizó la determinación de la velocidad de secado [6] tanto para muestras de carambola secadas convencionalmente como para muestras de la fruta tratadas osmóticamente previo al secado convencional. (Figuras 6 y 7)



**Figura 6.** Curva de velocidad de secado en función de humedad libre para secado convencional de trozos de carambola.

Con las gráficas de velocidad de secado (figuras 6 y 7) se deduce que para el secado convencional de las muestras de carambola el periodo de velocidad constante (BC) es menor en comparación con el de las muestras tratadas osmóticamente. Este se puede explicar debido a que la presencia de azúcar produce una migración del agua hacia la superficie del sólido produciendo el aumento del agua menos ligada en la fruta. Mientras que, para el período decreciente (CD) la pendiente para el proceso de secado con las muestras tratadas osmóticamente es mayor en comparación con la del secado convencional, por ende las muestras tratadas osmóticamente tendrán mayor velocidad de secado en este período de la curva. En el periodo (D) analizado en las dos gráficas, se observa la disminución de la velocidad de secado con mayor rapidez hasta llegar al punto E; donde el contenido de humedad de equilibrio es cercano a 0.



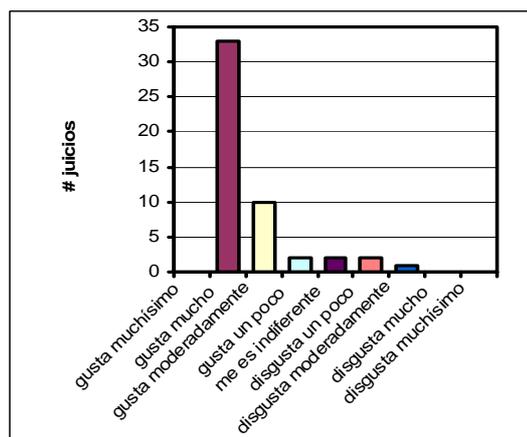
**Figura 7.** Curva de velocidad de secado en función de humedad libre para secado de trozos de carambola tratados osmóticamente.

Esto se debe a las diferentes formas de ligar el agua; en las que existen uniones fuertes y débiles; éstas últimas son más fáciles de romper facilitando la salida del agua libre de la superficie de la fruta. Lo cual se demuestra a través de la determinación del coeficiente de difusión del agua. En la tabla 2 se observan los coeficientes de difusión del agua para los dos procesos; en donde se observa que el secado de las muestras con tratamiento osmótico es mayor ( $K_w$ ), es decir, que posee menos resistencia a la difusión del agua que el secado convencional. Disminuyendo así la velocidad de secado.

**Tabla 2.** Coeficientes de difusión de agua para secado convencional y secado de trozos de carambola tratados osmóticamente

| Procesos de Secado                                   | $K_w$  | $R^2$  |
|------------------------------------------------------|--------|--------|
| Secado Convencional de trozos de carambola           | 0.0565 | 0.8665 |
| Secado de trozos de carambola tratados osmóticamente | 0.0613 | 0.7827 |

Por otro lado, se realizaron pruebas sensoriales de nivel de agrado para medir el grado de satisfacción al degustar los trozos secos de carambola tratados osmóticamente. En el cual se utiliza la escala hedónica para calificar el grado de satisfacción global de la muestra, y se incluye una sección para que los jueces expresen sus comentarios, tal como lo propuso Larmond, 1977. En la figura 8 se muestra el diagrama de pareto, el mismo que permite visualizar los resultados obtenidos de la evaluación realizada a



los panelistas.

**Figura 8.** Diagrama de pareto de los resultados obtenidos.

Analizando la figura 8 se puede indicar que la mayor parte de la población enmarcó el producto

presentado con la puntuación verbal << *me gusta mucho* >> correspondiente en la escala hedónica a un puntaje de 8. Con lo cual se puede inferir que el producto tendrá aceptación en el mercado, ya que se encuentra dentro del rango del agrado.

Para corroborar lo obtenido del panel sensorial, se realizó una prueba de hipótesis la cual se indica en la tabla 3.

**Tabla 3.** Parámetros para la prueba de hipótesis planteada.

|     |         |
|-----|---------|
| Ho: | $X = 7$ |
| H1: | $X < 7$ |

Condición: Rechaza la hipótesis nula si  $z \leq -2.575$  o  $z \geq 2.575$ , de donde se obtuvo que  $z = 2.014$  con lo cual se puede afirmar que el producto presentado al panel sensorial el cual tuvo calificaciones de 8, si es estadísticamente competente para el mercado.

#### 4. Conclusiones

Este estudio ha demostrado que la deshidratación osmótica produce un incremento en la velocidad de transferencia de agua durante el proceso de secado. Además que al tener un mayor valor de monocapa permite obtener un producto más estable y con mejores características organolépticas.

#### 5. Bibliografía

- [1] Aguilera, J.; Chirife, J.; Tapia, M. Welti, J Y Parada, E. Inventario de alimentos de humedad intermedia tradicionales de Iberoamérica, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional, México, 1990.
- [2] Barboza G; Vega H, Deshidratación de Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2000, Págs. 27- 35, 130 – 135.
- [3] Torreggiani D., “Technological aspects of osmotic dehydration in Foods”, In: Barbosa-Canovas G., Welti- ChanesJ, Editors. Food preservation by moisture control. Fundamentals and applications Lancaster 1996, pp. 281 - 294
- [4] Falade K.O., Awoyele O.O., Adsorption isotherms and heat of sorption of fresh and preosmosed oven-dried bananas. Journal of Food, Agriculture and Environment, Vol.3 (1) 2005. pp 97-102.
- [5] Labuza T., Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use, American Association of Cereal Chemests, Minesota – USA, 1984, Págs. 8 – 12, 22 – 38.
- [6] Geancopolis C.; Procesos de transporte y operaciones unitarias, Tercera Edición, Editorial

- Continental S.A., México D.F -México, 1998, Págs. 33-43, 579 – 628.
- [7] Millar I, Estadística matemática con aplicaciones, Pearson Educación, México, 2000, Págs. 410-420
- [8] Anzaldúa A, La Evaluación Sensorial de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1994, Págs. 67 – 75.
- [9] Salvatori D., Andrés A., Albors A., Chirlat A., Fito P., Structural and Compositional Profiles in Osmotically Deshidtraed Apple. Journal of Food Science, 63, No 4, 1998 pp 606-610.
- [10] Larmond, E. (1977). Laboratory methods for sensory evaluation of food. Food Res. Ins. Ottawa, Canada. Publication.
- [11] Barrera, C., Betoret, N., Fito, P. Influence on the Osmotic Dehydration Kinetics of Apple Slices (var Granny Smith) Journal Food Engineering., 65, 9. 2004