

(S6-P87)

MODELADO DE LOS CAMBIOS EN LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DE FRESAS FRESCAS CORTADAS

ROSA SALINAS HERNÁNDEZ⁽²⁾, SILVINA REYES⁽¹⁾, NORA SABBAG⁽¹⁾, SILVIA COSTA⁽¹⁾, GUSTAVO GONZÁLEZ AGUILAR⁽²⁾ y MARÍA E. PIROVANI⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto de Tecnología de Alimentos, FIQ, U.N.L., 3000 Santa Fe, Argentina, mpirovan@fiqus.unl.edu.ar, TE: 54 342 4571150

⁽²⁾Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 83000 Hermosillo, Sonora, México, gustavo@cascabel.ciad.mx, TE: 662 280 01 46

Palabras clave: frutas mínimamente procesadas - efecto de la temperatura – calidad

RESUMEN

Los frutos frescos cortados representan uno de los sectores de mayor crecimiento dentro de los productos mínimamente procesados. Su calidad sensorial puede condicionar su vida útil, especialmente si existe un manejo inadecuado de la cadena de frío. El desarrollo de modelos de predicción de la vida en estante constituye una alternativa para generar herramientas cuantitativas que permitan prever las pérdidas de calidad. Por esta razón, se estudiaron los cambios en los principales atributos sensoriales de fresas frescas cortadas var. *Camarosa*, almacenadas a temperaturas de 0.5, 3, 7 y 12°C durante 14 días. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo matemático que permitiera predecir los cambios sensoriales (apariencia general, olores extraños, aroma genuino, oscurecimiento, firmeza, sabor genuino y sabores extraños) en función del tiempo y de la temperatura. El procesamiento mínimo para obtener las fresas frescas cortadas consistió en el lavado con agua corriente (1 min), eliminación del pedúnculo, lavado-desinfección (solución clorada 50 ppm de cloro 2min, pH =7), enjuague con agua corriente (1 min), escurrido sobre papel absorbente, cortado en cuartos y envasado en potes plásticos (PET) con tapas (90 g). Los cambios sensoriales ajustaron adecuadamente a cinéticas de primer orden para la pérdida de apariencia general y de sabor genuino y a cinéticas de orden cero para los otros atributos. Para determinar la dependencia de las constantes de reacción con la temperatura se aplicó la ecuación de Arrhenius. Se encontró que los atributos que presentaron mayores cambios fueron la apariencia general, aroma genuino y los defectos (oscurecimiento, aparición de olores y sabores extraños). La firmeza y el sabor genuino fueron los atributos que menos cambios presentaron durante el almacenamiento a las distintas temperaturas.

MODELING SENSORY QUALITY OF FRESH CUT STRAWBERRIES

Keywords: minimally processed fruits - temperature effect - sensory attributes

ABSTRACT

Fresh cut fruits represent one of the faster growing market segments within the minimally processed products. The sensory quality limits its shelf life, particularly when there is an inadequate cold chain management. The development of quality prediction models is a quantitative tool to estimate shelf life. The sensory quality changes of var. *Camarosa* fresh cut strawberries stored at 0.5, 3, 7 and 12 °C during 14 days were studied. The objective of this

work was to develop mathematical models to predict quality changes (general appearance, browning, aroma, flavor, firmness, off-odors and off-flavor) as a time and temperature function. The minimal processing consisted in washing the strawberries in water (1 min), removing the calyx, washing-disinfecting with chlorine solution (50 ppm, 2 min, pH 7), water-rising (1 min), drying in tissue paper, cutting into quarters and packaging in PET bowls (90 g) with lids. The general appearance and flavor changes fitted a first order kinetic model, and the other attributes fitted a zero order model. The relation of kinetic constants with temperature was modeled with the Arrhenius equation. General appearance, aroma and defects (browning, off-odors and off-flavor) were the attributes that showed higher changes with respect to initial quality. Firmness and flavour were the attributes that experimented minor changes during storage at temperatures assayed.

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas frescas cortadas son productos listos para consumir que poseen las características de calidad de los productos recién cosechados. La vida en estante de estos productos es limitada debido a su alta perecibilidad a consecuencia del proceso al que han sido sometidos, que ocasiona daño en la integridad de las células, modificación del metabolismo (aceleración de reacciones enzimáticas), deterioro de características sensoriales deseables y pérdida de nutrientes, así como desarrollo de microorganismos causantes de deterioro (Watada, 1996; Beaulieu y Gorny, 2002).

Actualmente, existe una oferta importante de hortalizas frescas cortadas en el mercado. En el caso de frutas, si bien todavía hay una oferta limitada, se manifiesta una clara tendencia al incremento. Se ha demostrado que la vida de estante de las frutas frescas cortadas puede ser más corta que las que pueden alcanzar las hortalizas. Por tal motivo, es necesario desarrollar tecnologías tendientes a alargar la vida de estante y al mismo tiempo contar con herramientas cuantitativas que permitan generar información precisa acerca de los cambios en la calidad durante el transporte, almacenamiento y distribución.

La calidad de las frutas frescas cortadas comprende distintos atributos que dependen de la fruta en estudio. En fresas enteras, los atributos de apariencia visual (color, tamaño, forma y ausencia de defectos) así como la firmeza, el sabor y el valor nutricional son generalmente determinantes en la calidad del producto (Oliás *et al.*, 2000). También, el aroma es un atributo importante que aporta a la calidad de las fresas (Ayala-Zavala *et al.*, 2004).

En el caso de las fresas frescas cortadas, se han reportado algunos estudios que evalúan los cambios de calidad (Aguayo *et al.*, 2006; Wright y Kader, 1997). Sin embargo, la funcionalidad de la calidad sensorial con el tiempo y la temperatura de conservación, no han sido determinadas. El modelado de dichos cambios, constituye una herramienta cuantitativa para predecir el deterioro de las fresas frescas cortadas, lo que permitirá prever los cambios indeseables de forma tal que los productos que se ofertan al consumidor sean de la mejor calidad.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar y aplicar un enfoque cinético para modelar los cambios sensoriales estableciendo una función de calidad que describa la dependencia con el tiempo y la temperatura de cada atributo para fresas frescas cortadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras

Se utilizaron fresas variedad *Camarosa* que fueron transportadas (40 km) a temperatura ambiente hasta el Instituto de Tecnología de Alimentos (Santa Fe-Argentina) y mantenidas bajo refrigeración (4°C) hasta ser utilizadas en los ensayos (aproximadamente 24

horas después de la cosecha). La preparación de las muestras se llevó a cabo en Planta Piloto. Las fresas fueron seleccionadas con el objetivo de lograr uniformidad de tamaño y color (75-85 % de color rojo). Posteriormente, se lavaron con agua de red, para remover restos de suciedad, como arena, tierra, restos de insectos, etc., y se acondicionaron eliminando el cáliz y pedúnculo. Para la sanitización, los frutos fueron sumergidos en una solución acuosa de hipoclorito de sodio (NaClO) con una concentración de 50 ppm de cloro activo (pH=7, 20°C), en una relación volumen de líquido: peso de producto, igual a 3 L kg⁻¹ de frutillas, durante 2 min. Luego se enjuagaron con agua a 18°C y se escurrieron por gravedad durante 1 min en canastos plásticos y 30 seg sobre papel absorbente (para remover el exceso de agua). Se cortaron manualmente en cuartos en forma longitudinal, con un cuchillo de hoja lisa para minimizar los daños producidos por el corte. Con posterioridad se envasaron en potes con tapa (aprox. 270 cm³) de tereftalato de polietileno (PET), conteniendo aproximadamente 90 g de las frutillas mínimamente procesadas. Las características del envase fueron las siguientes: 0,42 mm de espesor con un área superficial de 0,036 m². Las velocidades de transmisión fueron: para el O₂ entre 29-59 [cm³ m⁻².día⁻¹.atm⁻¹] (a 23 °C y 0 % HR) y para el vapor de agua entre 12-18 [g m⁻².día⁻¹] (a 38 °C y 90 % HR). Las muestras se conservaron en cámara a 0.5, 3, 7 y 12 °C durante 14 días.

Evaluación sensorial

Se trabajó con el panel entrenado del ITA (4 mujeres y 4 varones) que cuenta con experiencia en evaluación sensorial de vegetales (Piagentini *et al.*, 2005). En el entrenamiento específico para la experiencia con el producto de interés, se prepararon muestras con fresas recién procesadas y muestras en diferentes estadios de deterioro, para simular los cambios en el producto durante el almacenamiento en diferentes condiciones. Estas muestras fueron utilizadas durante sesiones grupales con los evaluadores (4 sesiones de 30 min) para determinar los atributos sensoriales por consenso y los correspondientes términos anclas para describir las características del producto durante su deterioro.

Los atributos seleccionados y aceptados por consenso fueron: *Apariencia general*, *Oscurecimiento*, *Aroma genuino*, *Sabor genuino*, *Firmeza*, *Olores extraños* y *Sabores extraños*.

Apariencia general: relacionado con el aspecto general o impacto visual del producto, comprende aspectos como frescura, color, brillo y/o deshidratación superficial, uniformidad de la forma del producto, tamaño del trozo y textura, todos percibidos por la vista.

Oscurecimiento: relacionado a la presencia de tonos marrones o pardos, especialmente en las zonas de corte.

Aroma genuino: relacionado con el aroma natural, típico del producto.

Sabor genuino: relacionado con el sabor característico de esta fruta que combina un sabor dulce con un cierto nivel de acidez.

Firmeza: relacionado a la fuerza que se ejerce al morder a un tejido firme, turgente. Sin embargo, se acordó que esa firmeza no sea excesiva ya que las fresas están consideradas como frutas “tiernas” o blandas.

Olores extraños: relacionado con la aparición o desarrollo de olores alcohólicos, a “moho”, a “tierra”, etc.

Sabores extraños: relacionado con la aparición o desarrollo de cualquier sabor extraño, ajeno al sabor natural y/o propio de las fresas.

Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo. Cada juez recibió las muestras en sus envases originales e identificadas con números aleatorios, evaluando con envase cerrado apariencia general, luego, inmediatamente después de abrir el envase, el aroma genuino y olores extraños, y posteriormente los demás atributos. Cada panelista realizó su evaluación en

cabinas separadas provistas de luz incandescente (700 lx). La intensidad de cada atributo se indicó colocando una marca sobre una escala lineal no estructurada, con términos anclas ubicados a 1 cm de cada extremo de la línea de 10 cm. La cuantificación de las respuestas se hizo midiendo la distancia desde el extremo izquierdo hasta la marca señalada por el panelista, expresándose en cm. Los términos anclas fueron: 1: "*mala*" y 9: "*excelente*" para apariencia general, 1: "*mínimo*" y 9: "*intenso*" para olores extraños, aroma genuino, sabor genuino y sabores extraños, 1: "*muy blanda*" y 9: "*firme*" para firmeza, 1: "*mínimo*" y 9: "*importante*" para oscurecimiento. Todas las muestras se acondicionaron a temperatura constante (15°C) antes de su evaluación.

Velocidad de deterioro de las características sensoriales

La velocidad de deterioro de la calidad de los alimentos se puede describir con la siguiente ecuación general:

$$\pm dQ/dt = k_q \cdot [Q]^n$$

Donde: Q = atributo de calidad; t = tiempo; n = orden de reacción; k_q = constante de velocidad de deterioro de la calidad. El signo (+) refiere a atributos de valores crecientes con el tiempo (oscurecimiento, olores extraños y sabores extraños) y el signo (-) a atributos con valores decrecientes (apariencia general, firmeza, aroma genuino y sabor genuino).

Para describir el efecto de la temperatura sobre las reacciones de deterioro se utilizó la ecuación de Arrhenius:

$$k_q = k_0 \exp\left(-\left(\frac{E_a}{RT}\right)\right)$$

Donde: k_0 = factor pre-exponencial, E_a = energía de activación, R = constante de los gases ideales y T = temperatura (K).

Análisis estadístico

Los datos experimentales fueron modelados a través del procedimiento de regresión lineal utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Plus (Manugistics, Inc. Rockville, MD, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios de la calificación de los panelistas con respecto a las características deseables de las fresas frescas cortadas (apariencia general, aroma, sabor genuino y firmeza) y sus defectos (oscurecimiento, olores y sabores extraños) durante el almacenamiento a 0.5, 3, 7 y 12 °C son presentados en las Figuras 1 y 2. La apariencia general de las fresas frescas cortadas se redujo durante el almacenamiento entre un 28 a 36 % de la calidad inicial. La pérdida del aroma genuino fue entre el 37 y 63 % de la calificación inicial para el rango de temperaturas evaluado. Los atributos que sufrieron menos cambios fueron la firmeza (reducciones entre el 14 al 20 % del valor inicial) y el sabor genuino (reducciones entre el 9 y 14 %). Además, es importante destacar que la baja calificación sensorial de sabor genuino que recibieron las muestras en el día de procesamiento (día cero) puede ser consecuencia del grado de maduración (75 a 85% de color rojo) de la fruta que se procesó. Los defectos evaluados como oscurecimiento, olores y sabores extraños superaron, sobre todo a temperatura de 7 °C o superiores, el 50 % de cambio en la calidad valorada el día de procesamiento.

Se realizó análisis de regresión lineal con los datos experimentales para determinar el orden (orden cero o primer orden) y las constantes de las diferentes reacciones de deterioro. Para elegir el orden del modelo se tuvo en cuenta como criterios de bondad de ajuste el coeficiente de determinación (R^2) y los gráficos de los residuos vs. valores predichos. La evolución de la apariencia general y el sabor genuino ajustaron mejor con cinéticas de primer orden y el resto de los atributos sensoriales con cinéticas de orden cero (Tabla 1). Esto está de acuerdo con lo observado por otros investigadores que sugirieron que los procesos de deterioro de la calidad de los alimentos almacenados bajo condiciones ambientales controladas pueden describirse con funciones de velocidad de orden cero ó primer orden (Saguy y Karen, 1980; Taoukis *et al.*, 1997). En las Figuras 1 y 2 se presentan las predicciones para cada parámetro sensorial, observándose que el oscurecimiento y el aroma genuino fueron los atributos que mostraron un menor ajuste con los modelos propuestos.

La Tabla 2 muestra las energías de activación obtenidas a partir de las constantes de reacción. Los coeficientes de determinación (R^2) entre 0.80 y 0.98 indican que para todos los atributos la dependencia de las constantes de reacción ajusta adecuadamente con el modelo de Arrhenius. Las mayores energías de activación de la pérdida de aroma genuino y aparición de olores extraños indican que estos atributos son fuertemente afectados por la temperatura.

CONCLUSIONES

Todos los atributos sensoriales elegidos para describir el deterioro de fresas frescas cortadas, sufrieron cambios durante el almacenamiento, en función de la temperatura y el tiempo, respaldando esto su validez como indicadores de la pérdida de calidad del producto. Se encontró que los mayores cambios fueron en la apariencia general, el aroma genuino y los defectos (oscurecimiento, aparición de olores y sabores extraños). La firmeza y el sabor genuino fueron los atributos que presentaron menos cambios durante el almacenamiento a las distintas temperaturas. Los modelos obtenidos podrán ser útiles como herramientas para predecir las pérdidas de calidad en fresas var. *Camarosa* en el rango de 0.5 a 12°C. Futuros estudios se orientarán a evaluar las cinéticas de deterioro de fresas con mayor índice de madurez, de forma tal de mejorar el sabor del producto, ya que esta característica impacta fuertemente en la aceptación por parte del consumidor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Litoral, por su parcial aporte financiero a través de su Programa CAI+D y al Proyecto XI.22 “Desarrollo de Tecnologías para la conservación de productos vegetales frescos cortados” de CYTED, por permitir llevar a cabo este estudio en colaboración. Al Ing. Daniel R. Güemes por la revisión del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, E., Jansasithorn R., Kader A.A. 2006. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 40:3, 269-278.
- Ayala –Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, CY. Gonzalez Aguilar, G.A. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberries fruit. *Lebensm. Wiss u Technol.* 37: 687-695.
- Beaulieu, J.C., Gorny, J.R. 2002. Fresh cut fruits. In: *The commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks*. USDA Agricultural Handbook 66. Gross, K, Wang, C.Y. y Salveit, M.E. (Eds).

- Jacxsens, L.; Devlieghere, F.; Debevere, J. 2002. Temperature dependence of shelf life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biology and Technology* 26, 59-73
- Barriga, M.I.; Tracy, G.; Willemot, C.; Simard, R.E. 1991. Microbial changes in shredded iceberg lettuce stored under controlled atmosphere. *Journal of Food Science* 56, 1586-1588.
- Olías, J.M. Sanz, C., Pérez, A. 2003. Postharvest handling of strawberries for fresh market. P. 209-233. In: Dris, R., Niskanen R., Jain S.M. (eds). Crop management and postharvest handling of horticultural products. Science Publishers, Inc. USA-UK.422 pp.
- Piagentini, A.M., Méndez, J. C., Güemes D. R., Pirovani M. E. 2005. Modeling changes of sensory attributes for individual and mixed fresh-cut leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 38: 3, 202-212.
- Saguy, I. y Karel, M. 1980. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. *Food Technology* 34: 2, 78-85.
- Taoukis, P., Labuza, T. P., Saguy, I. 1997. Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction, p. 361-403. In K. J. Valentas, E. Rotstein, and R. P. Singh (ed.). The handbook of food engineering practice. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Watada, A.E., Abe, K. Yamauchi. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44: 116,118,120-122.
- Wright K. P., Kader A.A. 1997. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology*, 10: 1, 39-48.

Tabla 1. Constantes (k_q) y orden de reacción (n) de la velocidad de cambios de los atributos sensoriales de fresas frescas cortadas

Atributo y orden de la reacción	Temperatura (°C)	Constante de reacción, k_q *	Coefficiente de determinación (R^2)
Apariencia general n=1	0.5	0.036 ± 0.007	0.8296
	3.2	0.045 ± 0.007	0.9235
	7.1	0.095 ± 0.030	0.8862
	12.2	0.219 ± 0.042	0.9310
Oscurecimiento n=0	0.5	0.244 ± 0.075	0.6805
	3.2	0.298 ± 0.093	0.7198
	7.1	0.775 ± 0.366	0.6909
	12.2	1.828 ± 0.508	0.8664
Aroma genuino n=0	0.5	0.211 ± 0.064	0.6865
	3.2	0.269 ± 0.114	0.6526
	7.1	0.860 ± 0.238	0.8674
	12.2	1.842 ± 0.225	0.9711
Sabor genuino n=1	0.5	0.024 ± 0.008	0.6285
	3.2	0.051 ± 0.018	0.7200
	7.1	0.056 ± 0.017	0.8426
	12.2	0.169 ± 0.059	0.8020
Firmeza n=0	0.5	0.099 ± 0.017	0.8738
	3.2	0.072 ± 0.014	0.8683
	7.1	0.237 ± 0.093	0.7651
	12.2	0.670 ± 0.066	0.9812
Olores extraños n=0	0.5	0.242 ± 0.072	0.6903
	3.2	0.271 ± 0.035	0.9510
	7.1	0.924 ± 0.319	0.8073
	12.2	2.194 ± 0.389	0.9407
Sabores extraños n=0	0.5	0.279 ± 0.035	0.9274
	3.2	0.290 ± 0.086	0.7387
	7.1	1.407 ± 0.136	0.9907
	12.2	1.460 ± 0.522	0.7966

* Cuando $n=1$: k_q (día⁻¹), $n=0$: k_q (cm día⁻¹).

Tabla 2. Energías de activación de las cinéticas de calidad sensorial para fresas frescas cortadas

Atributo sensorial	Ea (kJ mol⁻¹)	R²
Apariencia general	103.7	0.9821
Oscurecimiento	117.5	0.9798
Aroma genuino	127.8	0.9721
Sabor genuino	99.1	0.9310
Firmeza	119.5	0.8793
Olores extraños	131.8	0.9611
Sabores extraños	107.2	0.8073

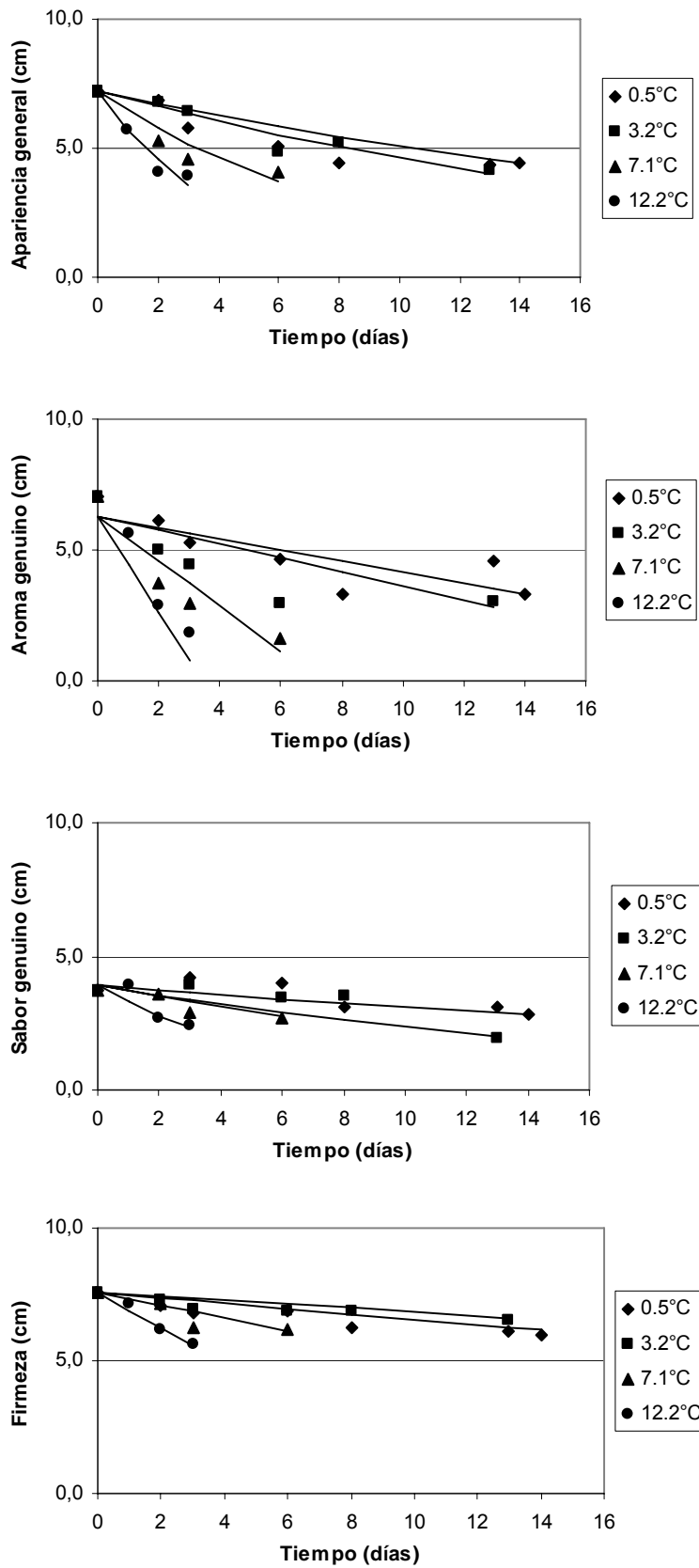


Figura 1. Valores experimentales y predichos de apariencia general, aroma, sabor y firmeza de fresas frescas cortadas durante el almacenamiento a distintas temperaturas

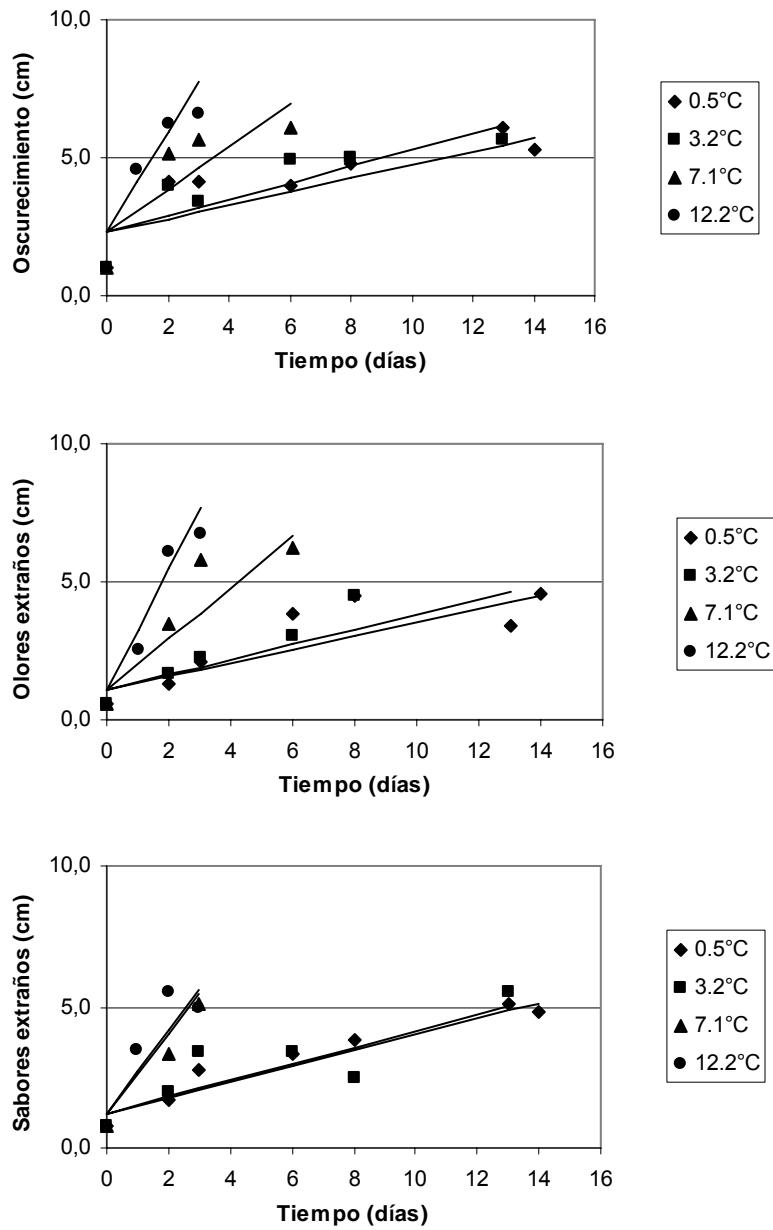


Figura 2. Valores experimentales y predichos de defectos de fresas frescas cortadas durante el almacenamiento a distintas temperaturas