

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE
LA DESHIDRATACION OSMÓTICA
DE PALTA cv FUERTE**

PAOLA ANDREA TEPPER MONTTI

SANTIAGO - CHILE
1996

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

Palabras claves

SUMMARY

Key words

INTRODUCCIÓN

Objetivos

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales

Industrialización de la palta

Deshidratación osmótica

Definición y características del proceso

Ventajas y desventajas de la DO

Variables que afectan el proceso

Características intrínsecas del alimento

Tamaño de los trozos

Tipo de agente osmótico

Concentración de la solución osmótica

Temperatura

Presión

Agitación

Razón alimento vs solución

Tiempo

Conservación de alimentos por métodos combinados Modelo
cinético para la transferencia de masa durante la DO

MATERIALES Y MÉTODO Materiales

Lugar de trabajo

Materia prima

Método

Análisis realizados

Análisis sensorial

Diseño experimental y análisis estadístico

Análisis de transferencia de masa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la materia prima

Evolución de las variables evaluadas durante la DO de palta

Contenido de humedad

Contenido de sólidos solubles

Pérdida de peso

Pérdida de agua

Sólidos solubles ganados

Color, actividad de agua y pH

Contenido de aceite

Análisis sensorial

Aceptabilidad

Calidad sensorial Estimación de la pérdida de agua y sólidos

ganados durante la DO de palta

Coeficientes de difusión aparente del agua y los sólidos solubles en la DO de palta

CONCLUSIONES

LITERATURA CITADA

ANEXO I: Valores experimentales de pérdida de agua (PA), pérdida de peso (PP) y sólidos solubles ganados (SG)

ANEXO II: Cálculos de transferencia de masa y tasas de variación por hora (tvh) de los coeficientes de difusión aparente

RESUMEN

Con el fin de preservar la palta (*Persea americana* Mill) manteniendo sus características organolépticas se estudió el fenómeno de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de esta fruta.

La deshidratación osmótica se realizó con trozos de forma semilunar de un centímetro de espesor, que se sumergieron previamente en una solución antioxidante de ascorbato de sodio (1,5%) y ácido ortofosfórico (1%) durante 20 minutos.

Se utilizaron tres soluciones osmóticas (cuyo pH se ajustó a 2): NaCl 20% p/v (T_1); maltodextrina (DE = 18-22) 60% (T_2) y una solución mixta de NaCl 10%-maltodextrina (DE = 18-22) 50% (T_3). Los trozos fueron sumergidos completamente en las soluciones, durante seis horas, a temperatura ambiente. Después de la deshidratación osmótica los trozos se trituraron y se envasaron al vacío en bolsas de polietileno.

Se evaluó la pérdida de peso (PP) que alcanzó valores de 5,7; 17,5 y 30,3% para T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente. La mayor pérdida de agua (PA) se logró con el T_3 (39,4%), en tanto que con T_1 y T_2 sólo se logró una PA de 14,8 y 22,4%, respectivamente. Los sólidos solubles ganados (SG) llegaron a 8,5; 4,4 y 9,2% para T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente.

Además se midió el contenido de humedad (H) y el contenido de sólidos solubles en la fruta (SS). La actividad de agua (a_w) disminuyó desde un valor inicial de 0,968 hasta 0,907; 0,965 y 0,910 en T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente.

El pH inicial de la palta disminuyó en todos los tratamientos desde 5,9 hasta 4,5 y en cuanto a color, el parámetro L^* disminuyó desde 60,7 hasta 54,8; 57,3 y 50,9 con T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente; el parámetro a^* aumentó (se hizo menos negativo) con todos los tratamientos y b^* disminuyó con T_1 y T_3 y aumentó con T_2 .

Se calcularon los coeficientes de difusión aparente del agua y de los sólidos solubles, considerando su variación en el tiempo. Se observó una disminución generalizada de los coeficientes de difusión aparente del agua (D_a) y de los sólidos solubles (D_s) con el transcurso del tiempo, fluctuando entre 35,8 y $4,6 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ y entre 31,8 y $6,0 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente.

En cuanto a la evaluación sensorial, el tratamiento T_3 , que fue el más efectivo para la deshidratación, tuvo una aceptabilidad equivalente a un "me disgusta algo", debido a su gusto salado; su color se calificó como "levemente oscuro" y su apariencia como "regular", hecho que aparentemente estaría relacionado con su color. El T_2 se calificó como "me es indiferente", lo que se podría mejorar sazonando la pulpa. Su color se calificó como "normal" y su dulzor, "moderado". El T_1 no se dio a evaluar debido a su fuerte gusto salado.

Palabras claves

- Deshidratación osmótica
- Coeficientes de difusión
- Maltodextrina
- Palta cv Fuerte

SUMMARY

The phenomenon of mass transfer during the osmotic dehydration of avocado pear (*Persea americana* Mill) was studied in order to preserve this fruit, keeping its organoleptic characteristics.

Osmotic dehydration was carried out using "half-moon" shaped pieces of avocado, with a thickness equal to one centimeter. These pieces were previously immersed into an antioxidant solution of sodium ascorbate (1.5%) and orthophosphoric acid (1%) during 20 minutes.

Three osmotic solutions were used (which pH was adjusted to 2): NaCl 20% w/v (T_1); maltodextrin (DE = 18-22) 60% (T_2) and the mixed solution NaCl 10%-maltodextrin (DE = 18-22) 50% (T_3). The pieces were completely immersed during six hours, at room temperature. The pieces were ground and vacuum-packed in polyethylene bags after the osmotic dehydration.

The weight loss (WL) was evaluated and reached 5.7, 17.5 and 30.3% in T_1 , T_2 and T_3 , respectively. The highest water loss (WL) was obtained with T_3 (39.4%), meanwhile the WL only reached 14.8 y 22.4% in T_1 and T_2 , respectively. The gained soluble solids (GS) reached values of 8.5, 4.4 and 9.2% in T_1 , T_2 and T_3 , respectively.

The water content (W) and the soluble solids content (SS) were also measured. The water activity (a_w) decreased from 0.968 (initial value) to 0.907, 0.965 and 0.910 with T_1 , T_2 and T_3 respectively.

The initial pH of avocado decreased in all the treatments from 5.9 to 4.5. In relation to its color, the L* parameter decreased from 60.7 to 54.8, 57.3 and 50.9 in T₁, T₂ y T₃, respectively; the a* parameter increased (i.e. it is less negative) in every treatment and b* decreased with T₁ and T₃ and increased in T₂.

The apparent diffusion coefficients for water and soluble solids were calculated considering their variability through time. In general, the apparent diffusion coefficients of the water (D_w) and the apparent diffusion coefficients of soluble solids (D_s) decreased with time, and they ranged between 35.8 and 4.6 x 10⁻¹⁰ m²/s and between 31.8 and 6.0 x 10⁻¹⁰ m²/s, respectively.

In relation to sensory evaluation, T₃, which was the most effective treatment for dehydration, had an acceptability equivalent to an "I dislike it a little" due to its salty taste; its color was found to be "slowly dark" and its appearance "regular", fact that would be apparently related with color. The T₂ was found to be "unlike", a fact that could be improved salting the spread. Its color was found to be "normal" and its sweetness "moderated". The T₁ wasn't evaluated because of its strong salty taste.

Key words

- Osmotic dehydration
- Diffusion coefficients
- Maltodextrin
- Avocado cv Fuerte

INTRODUCCIÓN

La palta es una fruta muy apreciada por sus cualidades organolépticas, valor nutritivo y contenido de vitaminas (A, B, C, E). Se consume principalmente al estado fresco, en ensaladas y platos típicos en México, Centro y Sudamérica, Estados Unidos y Europa. Se caracteriza por ser altamente perecedera, por lo que requiere un manejo adecuado de frío para su conservación.

Se han realizado diversos estudios sobre conservación e industrialización de la palta, pero la gran mayoría de éstos no han tenido éxito debido a las características intrínsecas de la misma. Algunos de los problemas que se deben enfrentar son: el pardeamiento enzimático de la pulpa debido al complejo polifenol oxidasa, la generación de sabores y olores extraños como resultado de la aplicación de tratamientos térmicos y, su consistencia frágil, que dificulta su manipulación. Otra de las limitantes es la forma tradicional de consumo, lo que exige ciertas características sensoriales de color y textura en el producto procesado, que deben ser semejantes al producto fresco o recién preparado.

Existe un tipo de transformación industrial que ha ido adquiriendo mayor importancia y se ha convertido en el centro de atención de muchos investigadores. Este proceso, que se conoce como deshidratación osmótica, y que podría aplicarse a la palta, no entrega productos estables a temperatura ambiente pero es posible lograrlo si se combina con tratamientos térmicos moderados, preservantes químicos y/o un ajuste del pH (preservación de alimentos por factores combinados).

En términos generales, la deshidratación osmótica (DO) consiste en sumergir trozos de alimento en una solución hipertónica, originándose dos flujos principales: una salida de

agua desde el alimento hacia la solución y una entrada de solutos desde la solución hacia el alimento. Ambos flujos se ven afectados por factores tales como la temperatura de trabajo, la concentración de la solución, el tipo de soluto usado y las características propias del alimento. La idea es disminuir la actividad de agua eliminando agua y/o ingresando solutos al alimento, de tal forma que se reduzca el agua disponible, necesaria para el desarrollo de funciones metabólicas y el crecimiento de microorganismos.

En el caso específico de la palta, la DO presenta varias ventajas frente a la deshidratación tradicional. Debido a que se puede realizar a temperatura ambiente, ni el sabor ni el color sufren daño térmico, lo que permitiría disminuir o eliminar el uso de agentes reductores como el anhídrido sulfuroso (SO_2). Por otro lado, el hecho de que la pérdida de agua no ocurra debido a un cambio de fase (líquido-vapor) en combinación con la ganancia de sólidos solubles permite conservar en forma adecuada la estructura y por consiguiente mejorar la textura final. Además se debe considerar la potencial contribución de los sólidos incorporados, al sabor y/o valor nutricional del alimento.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el fenómeno de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de palta cv Fuerte utilizando dos agentes osmóticos en forma individual y en conjunto.

El objetivo secundario es evaluar la aceptabilidad y calidad sensorial de un puré de palta reconstituido proveniente de palta deshidratada por osmosis.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales sobre la palta

El palto (*Persea americana* Mill) es un cultivo originario de México y América Central que en los últimos años se ha extendido a los demás continentes. Los principales productores de palta son: México, Estados Unidos, Brasil, Chile, Sudáfrica e Israel. La palta chilena se exporta con éxito a Estados Unidos (FAO, 1990).

En Chile, más de la mitad de los huertos industriales se encuentran en la V región (La Calera, Cabildo, La Ligua, La Cruz, Quillota), seguida por la metropolitana (Melipilla, Buin) y la sexta (Peumo y sus alrededores) (López, 1995).

Existen tres variedades botánicas de palta: la mexicana, la guatemalteca y la antillana, que se diferencian en la duración del período entre floración y recolección, tamaño de la fruta, textura y color de la cáscara, resistencia a enfermedades y adaptación climática (FAO, 1990).

Dentro de los híbridos destaca la palta Fuerte (guatemalteca X mexicana), que fue la más importante hasta hace algunos años. Es un fruto de cáscara ligeramente áspera de color verde oscuro, piriforme, de tamaño mediano (225-450g) y muy sabroso, con un contenido de aceite cercano a 18% (López, 1995).

El problema de la variedad Fuerte es que demora entre cinco y seis años en entrar en producción vs tres a cuatro años en las variedades Bacon y Hass. La palta Fuerte madura en invierno y se mantiene bien en el árbol. En zonas con primaveras frescas, produce cierta cantidad de frutos partenocárpicos denominados paltines, son alargados y poseen una tela al centro. Se usan en cócteles (FAO, 1990).

Peralta (1977) creó una tabla de presiones postcosecha para palta cv Fuerte en la que se caracteriza la aptitud del fruto para ser transportado y/o consumido en relación a una presión determinada (Cuadro 1).

Industrialización de la palta

La palta es una fruta muy apreciada por sus cualidades organolépticas y nutritivas. Es altamente perecedera por lo que requiere de un manejo adecuado de frío para su conservación postcosecha. El procesamiento de esta fruta presenta ciertos obstáculos como el pardeamiento enzimático, el deterioro microbiológico y la generación de olores y sabores extraños como resultado de la aplicación de tratamientos térmicos, factores que limitan la conservación de la palta mediante la aplicación de métodos tradicionales que se han aplicado a otras frutas (FAO, 1990).

Entre los productos de palta industrializados que presentan mayor interés comercial, se destacan la pulpa y el aceite. La pulpa se utiliza en la elaboración de pastas y constituye un producto de elevado costo de comercialización. El aceite se utiliza en cosméticos y con fines medicinales (Lozano, 1983; Kiger *et al*, 1983).

Cuadro 1. Aptitud de consumo y transporte de la palta según su presión.

PRESIÓN	OBSERVACIONES
(lbf)	
Mayor que 40	Recién cosechada, inmadura.
10-7,0	Inmadura, no apta para consumo.
6,9-4,5	Ablandamiento regular, apta para transporte, regular para consumo.
4,4-3,5	Ablandamiento medio, buena para consumo, buena para transporte.
3,4-2,0	Blanda, excelente para consumo, regular para transporte.
1,9-0,5	Excesivo ablandamiento, regular para consumo.
0,5-0,0	Fruta senescente.

Fuente: Peralta, L.E. 1977.

Para inhibir el pardeamiento enzimático se han utilizado sulfitos con gran éxito, sin embargo, su uso se ha restringido en países como Estados Unidos debido a que pueden promover problemas respiratorios, principalmente en personas que padecen asma. En forma alternativa, se ha recurrido al uso de ácido ascórbico y cítrico que inhibe la actividad enzimática debido a su acción reductora y/o interacción directa con el complejo enzimático (FAO, 1990).

Los diversos estudios realizados para prolongar la vida útil de la palta se han orientado hacia técnicas de conservación basadas principalmente en la congelación y el secado, combinados con el uso de aditivos y/o métodos de eliminación de oxígeno para reducir el oscurecimiento del fruto (FAO, 1990).

Kiger et al (1983) obtuvo un producto de buena calidad bioquímica y sensorial luego de almacenar pulpa y rebanadas de palta en bolsas laminadas de celofán y polipropileno al vacío, a una temperatura de -20 °C durante seis meses, con una mezcla de ácido sórbico (0,15%) y ácido ascórbico (0,20%). Nolan (1983) también mezcló trozos de palta con antioxidantes y la congeló, obteniendo buenos resultados.

Carvallo y Schaffeld (1983) obtuvieron una pasta de palta aceptable luego de 55 días de almacenamiento a 8 °C, la cual contenía en su formulación una mezcla de NaCl, azúcar, ácido ascórbico y sórbico y un antioxidante de la materia grasa.

Scudamore-Smith (1984) trabajó con pasta de palta saborizada con cebolla obteniendo un producto de buen sabor y textura. Las diferentes formulaciones contenían antioxidantes y además se les ajustó el pH a 4,5.

Con respecto al aceite de palta, existe una gran gama de estudios que abarcan desde la extracción (Curiel, 1985; Martínez et al , 1988; Bizmiana et al , 1993), el análisis de los triglicéridos que lo componen (Lozano, 1983), la caracterización del aceite de palta extraído por diferentes métodos (Turatti, 1985), la refinación (Southwell, 1990), la efectividad de los antioxidantes usados en el aceite refinado (Werman y Neeman, 1986), hasta un análisis completo de los efectos que puede tener este aceite sobre el metabolismo del hígado.

Santos y Cal-Vidal (1985) estudiaron la aglomeración de palta en polvo, obtenida por deshidratación en un atomizador, durante su almacenamiento. Determinaron que la aglomeración aumentaba con una mayor humedad relativa, mayor temperatura y contenido inicial de humedad. Con el fin de disminuir este defecto, probaron diferentes aditivos: lactosa, almidón de maíz y carboximetilcelulosa, y establecieron que los dos primeros aumentaban la aglomeración del producto mientras que la carboximetilcelulosa tuvo un leve efecto de disminución.

Existen otros estudios sobre obtención de jugo de palta y almacenamiento de rodajas de palta al vacío, pero hasta donde se sabe no hay información acerca de deshidratación osmótica de esta fruta (Kiger *et al*, 1983; Lu y Wu, 1986).

Deshidratación osmótica

Definición y características del proceso

El agua contenida en un alimento no está toda disponible para el crecimiento microbiano pues parte de ella está ligada a los componentes del mismo. La actividad de agua es la mejor medida de la disponibilidad del agua necesaria para el crecimiento y desarrollo de las funciones metabólicas de los microorganismos y de la actividad enzimática. En el caso de los alimentos, se puede expresar como la relación entre la presión de vapor del alimento (p_v) y la presión de vapor del agua pura (p_{vo}), a la misma temperatura (p_v/p_{vo}) (Welti, 1991).

La remoción de agua a partir de trozos de alimento se realiza con el fin de disminuir su actividad de agua y así inhibir el desarrollo microbiano y las reacciones de deterioro. Una de

las formas más eficientes para remover agua de los alimentos es a través de la osmosis, ya que no tiene que sufrir un cambio de estado (Bolin et al, 1983; Schwartz, 1994).

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de concentración de sólidos (o remoción de agua) que consiste en sumergir frutas o verduras, trozadas o enteras, en una solución hipertónica compuesta por azúcares, NaCl, maltodextrinas y otros solutos capaces de generar una presión osmótica alta.

A diferencia de otras técnicas como el curado de la carne y la salazón de queso, la deshidratación osmótica se basa en una remoción significativa de agua frente a una menor entrada de solutos al alimento (Raoult-Wack, 1994; Lerici et al, 1985; Heng et al, 1990; Torreggiani, 1993; Raoult-Wack et al, 1992; Lerici et al, 1988; Schwartz et al, 1994b).

Es así como durante la DO se originan dos flujos principales y un tercero poco apreciable:

- Una importante salida de agua desde el producto hacia la solución,
- Una entrada de soluto(s) desde la solución hacia el alimento y,
- Una mínima pérdida de solutos propios del alimento (azúcares, sales minerales, ácidos orgánicos, otros) que aunque cuantitativamente es insignificante, puede tener alguna importancia a nivel nutricional y organoléptico.

Se ha sugerido que estos flujos ocurren a través de una membrana que posee permeabilidad diferencial y regula en cierto grado la entrada y salida de solutos (Raoult-

Wack, 1994; Torreggiani, 1993; Guilbert *et al*, 1990; Raoult-Wack *et al*, 1992; Lericci *et al*, 1988). Sin embargo, se comprobó que no es necesaria la presencia de una membrana que posea permeabilidad diferencial para que ocurra la transferencia de masa mencionada en párrafos anteriores, por lo que se propuso un término más adecuado para estos procesos: Procesos de Empapado, Impregnación y Deshidratación, o procesos DIS ("dewatering and impregnation soaking processes"), (Raoult-Wack *et al*, 1992; Torreggiani, 1993).

Ventajas y desventajas de la DO

Existe la posibilidad de formular un alimento valiéndose del proceso de impregnación, lo que permite obtener productos con características nutricionales y organolépticas superiores. La textura final mejora considerablemente ya que las células no colapsan al perder agua y, además, la incorporación de solutos tiene un efecto protector sobre la estructura celular, haciendo al alimento más resistente a tratamientos posteriores (Raoult-Wack, 1994).

Se ahorra energía ya que como se dijo anteriormente la deshidratación ocurre por una osmosis y no a través de un cambio de fase del agua (Raoult-Wack, 1994; Farkas y Lazar, 1969; Lericci *et al*, 1983; Biswal y Le Maguer, 1989).

Al aplicar temperaturas moderadas durante el proceso, el daño que se produce sobre el sabor y el color es mínimo y hay una mayor retención de compuestos volátiles. Además, se inhibe el pardeamiento enzimático lo que evita el uso de sulfitos (Conway *et al*, 1983; Pointing *et al*, 1966; Beristain *et al*, 1990; Schwartz, 1993).

Pitotti et al (1989) demostraron que a medida que aumenta la concentración de NaCl en el alimento, disminuye la actividad de la polifenoloxidasas. Lo mismo ocurre con diferentes azúcares cuando las concentraciones son superiores a 0,5 M, siendo la sacarosa y la fructosa más efectivas que la glucosa.

La aplicación de esta técnica permitiría a los productores ofrecer la fruta para su procesamiento inmediato, o bien mantenerla durante varios meses como producto de humedad intermedia para su posterior industrialización cuando las condiciones de mercado lo aconsejen. Los ensayos realizados en kiwi, durazno, manzana, banana, peras asiáticas y europeas arrojan productos de buena aptitud para su posterior deshidratado, congelado, enlatado o transformación en pulpa (Schwartz, 1993).

Es importante destacar que una DO no genera productos estables en el tiempo, por lo que preferentemente se debe usar como un pretratamiento de otros procesos como secado, congelado, pasteurizado, enlatado y otros. Otra alternativa es combinar diferentes factores limitantes para el desarrollo microbiano o deterioro enzimático con una disminución de la actividad de agua (producida por una deshidratación osmótica). Estos factores serían pH, temperatura de almacenamiento, preservantes químicos, envasado al vacío, entre otros (Raoult-Wack, 1994; Guilbert et al, 1990; Collignan et al, 1992).

La cantidad de solución osmótica diluida que queda en un proceso a gran escala, constituye una gran limitante ya que para que este proceso llegue a ser factible económicamente, la solución debería ser reconcentrada y reusada. El uso de evaporadores en serie para la reconcentración es un factor clave para que la remoción de agua por este sistema sea energéticamente eficiente (Bolin et al, 1983).

Variables que afectan el proceso

Las variables que influyen sobre el proceso de DO son: características intrínsecas del alimento, tamaño de los trozos de éste, tipo de agente osmótico, concentración de la solución osmótica, temperatura, presión, agitación, la razón entre cantidad de alimento y cantidad de solución, tiempo.

Características intrínsecas del alimento El grado de compactación del tejido, actividad enzimática (Giangiacomo et al, 1987), el estado de madurez y el cultivar (Lerici *et al*, 1988; Schwartz, 1993a), el contenido inicial de sólidos solubles e insolubles (Lenart y Flink, 1984b), espacio intercelular, proporción entre las diferentes sustancias pécticas (Forra *et al*, 1987 citados por Torreggiani, 1993) y grado de gelificación de la pectina (Moy *et al*, 1978 citados por Torreggiani, 1993) son factores que afectan el grado de deshidratación.

Tamaño de los trozos Al reducir el tamaño del trozo sometido a una DO aumenta la superficie específica y también la pérdida de agua. Sin embargo existe un límite de tamaño bajo el cual lo que se favorece en gran medida es la ganancia de sólidos (Islam y Flink, 1982; Lerici *et al*, 1985a citados por Torreggiani, 1993).

Tipo de agente osmótico El agente osmótico debe tener una alta solubilidad, un alto poder depresor de la actividad de agua y características organolépticas compatibles con el alimento (Lerici et al, 1985). Un soluto de mayor peso molecular favorece la pérdida de agua en desmedro de la ganancia de sólidos, mientras que un soluto de bajo peso molecular (como mono/disacáridos o NaCl), favorece la ganancia de sólidos con una consecuente menor pérdida de agua (Heng *et al*, 1990; Raoult-Wack, 1994). Los agentes más usados son el NaCl y la sacarosa, pero se puede usar cualquier soluto soluble (como dextrosa y jarabe de

maíz) o solvente miscible con el agua, como etanol, entre otros (Raoult-Wack, 1994). El NaCl es un excelente agente osmótico para vegetales pero su uso está limitado por el gusto salado que imparte al alimento (Lerici *et al*, 1985; Hawkes y Flink, 1978). Hawkes y Flink (1978) determinaron que una solución de NaCl 25% es lejos el mejor agente osmótico, debido a la alta concentración molar. Esta solución se comparó con soluciones de azúcar y mezclas de azúcar con NaCl, en concentraciones desde un 25 hasta un 60%.

Por otro lado, el uso de mezclas, por ejemplo azúcar/NaCl (50/10 ó 45/15g de cada uno por 100g de solución) aporta las ventajas de cada soluto (Lenart y Flink, 1984b). Se observan interacciones de sinergismo o antagonismo. La adición de NaCl (hasta un 1%) a soluciones de azúcar aumenta la tasa de pérdida de agua y ganancia de sólidos (Lerici *et al*, 1985).

Los iones del NaCl pueden impedir la formación de una capa de azúcar alrededor del trozo de alimento, y el azúcar, a su vez, limita la entrada de iones (Lenart y Flink, 1984a). Si se aumenta levemente el peso molecular de los solutos (por ejemplo, reemplazando NaCl por azúcar), es posible disminuir la ganancia de sólidos para una misma pérdida de agua (Collignan y Raoult-Wack, 1994; Lerici *et al*, 1985).

Otra posibilidad, es realizar la DO en dos etapas: primero, usando una solución con solutos de alto peso molecular y luego una solución con solutos de bajo peso molecular. Esto permite separar la deshidratación de la impregnación, lográndose un mejor control del proceso (Raoult-Wack *et al*, 1992).

Concentración de la solución osmótica La transferencia de masa, principalmente la pérdida de agua, se ve favorecida por el uso de soluciones altamente concentradas (Pointing

et al, 1966; Farkas y Lazar, 1969; Heng et al, 1990; Raoult-Wack et al, 1992; Hawkes y Flink, 1978; Lenart y Flink, 1984a).

Temperatura La temperatura tiene un efecto significativo sobre la deshidratación, afectando tanto la tasa osmótica como cambios bioquímicos (Liu, 1992; Shafiur, 1990).

Schwartz et al (1994a) deshidrataron por osmosis manzana var Granny Smith usando diferentes temperaturas, y determinaron que a medida que aumenta la temperatura, se producen una mayor pérdida de agua y peso.

A pesar de que la tasa de deshidratación aumenta con la temperatura, no conviene sobrepasar los 49 °C ya que se generan problemas por pardeamiento enzimático y se deteriora el sabor (Pointing et al, 1966; Schwartz et al, 1994c).

Temperaturas superiores a 60 °C modifican el tejido, favoreciendo los fenómenos de impregnación (Lenart y Flink, 1984b; Farkas y Lazar, 1969; Bongirwar y Sreenivasan, 1977).

Presión Bajo condiciones de vacío aumenta la ganancia de sólidos, posiblemente porque se liberan gases atrapados en el tejido, dejando el espacio libre para los solutos (Hawkes y Flink, 1978;).

Agitación Como se esperaría, la deshidratación aumenta en el inicio cuando se agita la solución (Pointing et al, 1966; Bongirwar y Sreenivasan, 1977); posteriormente, la difusión controla la velocidad de salida del agua.

Razón alimento vs solución La tasa osmótica aumenta al aumentar la razón solución-alimento, pero el efecto es pequeño (Bongirwar y Sreenivasan, 1977)

Tiempo En la medida en que aumenta el tiempo de procesamiento, se produce una mayor pérdida de agua y una mayor ganancia de sólidos, sin embargo, no conviene deshidratar más allá de una pérdida del 50% del peso pues la tasa osmótica disminuye en el tiempo. La principal pérdida de agua ocurre durante las dos primeras horas y la mayor ganancia de sólidos durante los primeros 30 minutos (Conway *et al*, 1983, Pointing *et al*, 1966; Raoult-Wack *et al* 1992).

Conservación de alimentos por métodos combinados

Karel (1986), citado por Brimelow (1985), definió los alimentos de humedad intermedia como aquellos que tienen una actividad de agua entre 0,65 y 0,9; y contenidos de humedad entre 10 y 40%. Por otro lado, Leistner y Roedel (1978), citados por Fox y Loncin (1982), recomiendan el desarrollo de una nueva generación de alimentos denominados "productos estables en estantería" ("shelf-stable products"). Tales productos deberían tener una actividad de agua entre 0,9 y 0,95, lo que requeriría de otros factores para asegurar su estabilidad.

La DO osmótica no genera productos estables en el tiempo, debido a que este método de deshidratación limitada no asegura una estabilidad enzimática y microbiológica. Esto implica que se deben usar factores adicionales que actúen en conjunto con la actividad de agua y mantengan la estabilidad del alimento (Brimelow, 1985).

Leistner y Rodel (1976), citados por Brimelow (1985), llaman a estos factores vallas, los que al actuar en conjunto (de a tres, cuatro o más) producen el efecto valla ("hurdle effect"). Estos factores incluyen la disminución de pH, la aplicación de tratamientos térmicos moderados o severos, la adición de preservativos (preferentemente naturales), bajas temperaturas de almacenamiento, el uso de envasado con atmósfera controlada, la incorporación de microorganismos competitivos y seguros, la disminución del potencial redox, el uso de técnicas de radiación, etc.

Modelo cinético para el cálculo de la transferencia de masa durante la DO

Por lo general las ecuaciones propuestas para la DO son complejas y están condicionadas a determinadas variables de procesamiento y configuraciones geométricas. Además, no pueden predecir el punto de equilibrio. Azuara et al (1992) proponen un modelo empírico basado en el balance de masa para predecir la cinética de la deshidratación durante el proceso osmótico y, además, determinar el punto de equilibrio final. Al realizar un balance de masa para el agua en el alimento, se tiene:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Fracción de agua} & & \text{Fracción de agua} & & \text{Fracción de agua que} \\
 \text{perdida por el} & = & \text{perdida por el} & - & \text{puede difundir del} \\
 \text{alimento al tiempo } t & & \text{alimento en el} & & \text{alimento pero aún} \\
 & & \text{equilibrio} & & \text{está en él} \\
 \\
 \text{PA} & = & \text{PAe} & - & \text{AA} & (1)
 \end{array}$$

En esta ecuación el valor de PAe es una constante para determinadas condiciones de temperatura y concentración. Por otro lado, PA y AA son una función de la tasa de pérdida de agua y del tiempo. Sin embargo, la PA aumenta con el aumento de la tasa de pérdida de agua y el tiempo, mientras que el AA disminuye. Esto sugiere que hay una relación entre PA y AA, representada por el parámetro k. Este parámetro está, a su vez, en función del tiempo y de la tasa de pérdida de agua;

$$AA = PA/k \quad (2)$$

La tasa de pérdida de agua varía en función del tiempo, la temperatura y la concentración inicial. Luego se puede asumir que bajo condiciones de temperatura y concentración constante la tasa de pérdida de agua sólo estaría en función del tiempo. Basándose en esto, es posible proponer una función simple para k en términos del tiempo (t) y una constante (S₁) relacionada a la pérdida de agua:

$$k = S_1 t \quad (3)$$

Sustituyendo las ecuaciones (1) y (3) en la ecuación (2), y arreglando los términos, se tiene:

$$PA = S_1 t(PAe) / 1 + S_1 t \quad (4)$$

Esta ecuación asocia la pérdida de agua con el tiempo a través de dos constantes: S₁ y PAe. Cuando el tiempo tiende a infinito (en el equilibrio), la ecuación (4) se vuelve asintótica en el valor correspondiente a PAe. Estas constantes se pueden calcular a través de una regresión lineal, usando datos experimentales obtenidos durante un período corto y la forma lineal de la ecuación (4):

$$t/PA = l/S_1(PAe) + t/PAe \quad (5)$$

Ecuaciones similares a la (4) y (5) se pueden escribir para la ganancia de sólidos solubles por el alimento:

$$SG = S_2 t (SGe) / 1 + S_2 t \quad (6)$$

$$t / SG = l / 2 (SGe) + t / SGe \text{ (forma lineal)} \quad (7)$$

En este caso SG corresponde a los sólidos solubles ganados en el tiempo t, SGe son los sólidos solubles ganados al equilibrio y S₂ es la constante relacionada con la tasa de entrada de los sólidos solubles al alimento.

Basándose en la segunda ley de Fick, Crank (1975) citado por Azuara et al (1992) propuso una ecuación para la difusión en una dimensión, en una lámina en contacto con una cantidad de solución infinita. Su forma simplificada cuando el tiempo es breve es:

$$PA_t/PA_e = 2(Dt/TT l^2)^{1/2} \quad (8)$$

PA_t es la cantidad de agua que está saliendo o de sólidos solubles que están entrando al alimento en el tiempo t; PA_e es la cantidad de agua perdida o de sólidos solubles ganados en el equilibrio; D es el coeficiente de difusión aparente y l es la mitad del espesor de la lámina. Esta forma sólo se aplica a las etapas iniciales, donde la cantidad de agua que sale y la cantidad de sólidos que entra son directamente proporcionales a la raíz cuadrada del tiempo. El valor calculado para D a partir de la ecuación (8) corresponde a un D promedio para el rango de concentraciones durante el proceso de difusión.

Al relacionar la ecuación (8) con el modelo propuesto, se obtiene una expresión simple a partir de la cual se puede calcular D en los diferentes tiempos:

$$D_t = Tl^2/4[(S_{il}/l + S_{it}) (PAe^{mod}/PA^{exp})]^2 \quad (9)$$

Si corresponde a S_1 o S_2 ; PAe^{mod} es el valor en el equilibrio obtenido a partir de las ecuaciones (4) ó (6); PA^{exp} es un valor obtenido a través de la experimentación; D_t es el coeficiente de difusión aparente en el tiempo t. Si no se conoce el valor de PA^{exp} , se puede asumir que es igual al calculado.

MATERIALES Y MÉTODO

Materiales

Lugar de trabajo

El estudio se realizó en los laboratorios del Departamento de Agroindustria y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía, Universidad de Chile.

Materia prima

Se utilizó palta (*Persea americana* Mill) cv Fuerte proveniente de Santa Ana de Chena, Maipú, Santiago. Las paltas fueron cosechadas entre los días 30 de mayo y 15 de julio, y se utilizaron cuando alcanzaron una presión entre 3,5 y 4,4 lbf.

Los solutos que se usaron para elaborar las soluciones osmóticas fueron maltodextrina (DE = 18-22) y NaCl. Se prepararon tres soluciones diferentes:

- Solución de NaCl 20% p/v (a_w : 0,84).
- Solución de maltodextrina 60% (a_w : 0,92).
- Solución de NaCl y maltodextrina al 10 y 50% (a_w : 0,81), respectivamente.

El pH de las soluciones se llevó a 2 mediante la adición de ácido ortofosfórico, pues se determinó previamente en un ensayo que con este valor era posible disminuir el pH de la palta hasta aproximadamente 4,5. Esto debería aumentar la estabilidad microbiológica del producto final.

Método

Este estudio se realizó según el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 1. La fruta se lavó con agua clorada (20 ppm de cloro libre), luego se mondó, se partió por la mitad (longitudinalmente) y se le extrajo la semilla. Se procedió a trozar cada mitad en semilunas de un espesor de 1 cm cada una. Todo esto se hizo en forma manual.

Los trozos fueron sumergidos durante 20 minutos en una solución antioxidante de ascorbato de sodio (1,5%) y ácido ortofosfórico (1%).

La deshidratación osmótica se realizó durante seis horas, sumergiendo completamente los trozos en las diferentes soluciones hipertónicas. El ensayo se realizó a temperatura ambiente (18-22°C) para no dañar el producto.

Luego de la deshidratación, la fruta se dejó escurrir unos cinco minutos y se trituró. Esta pulpa se envasó al vacío en bolsas de polietileno. Las bolsas se almacenaron a temperatura ambiente, de refrigeración y de congelación (-22°C) con el fin de observar cómo evolucionaba el color.

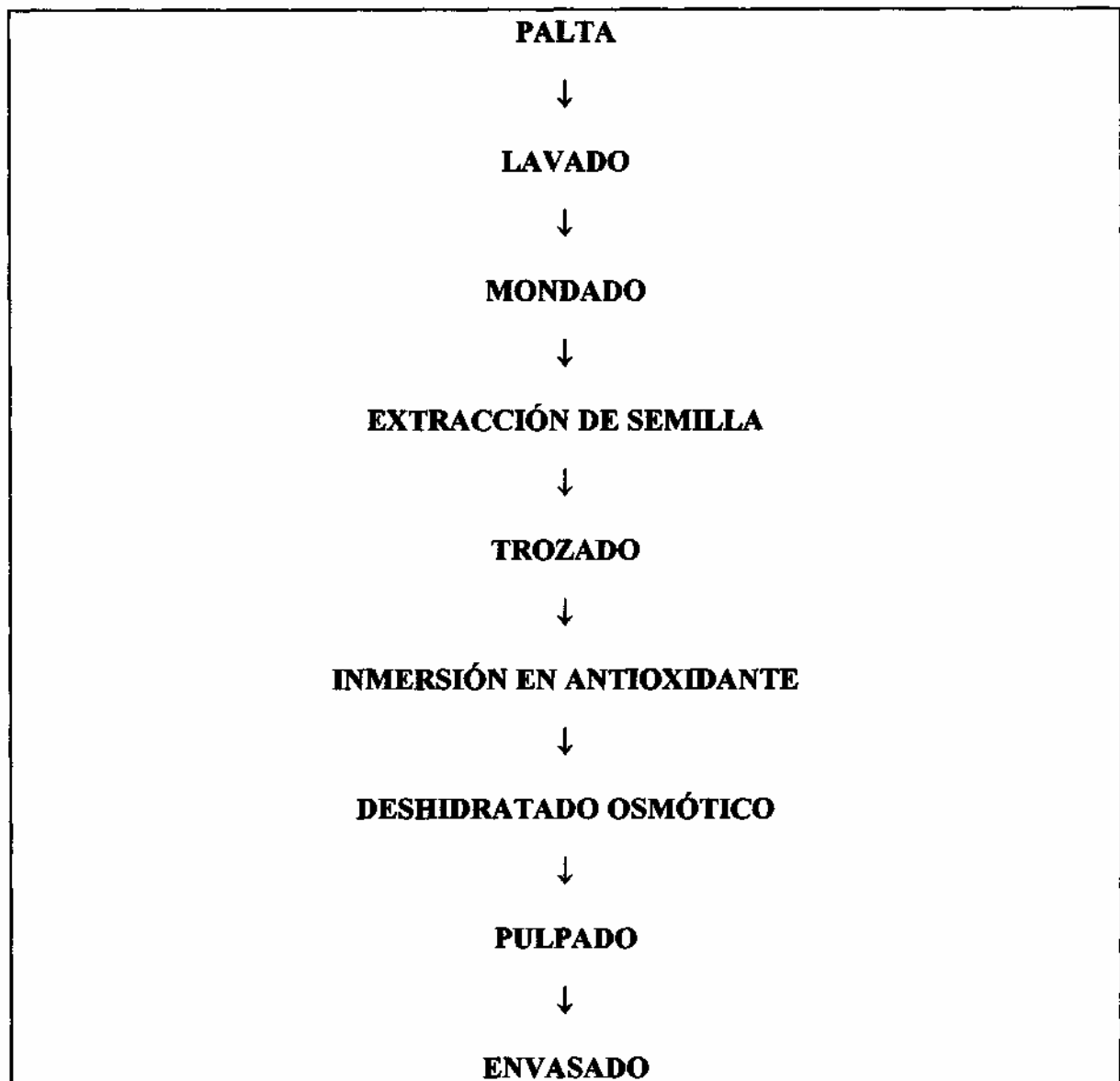


Figura 1. Proceso de deshidratación osmótica de la palta.

Análisis realizados

- **Resistencia a la presión:** Se midió con un presionómetro usando el émbolo de 5/16 pulgadas (Peralta, 1977). Con el fin de adquirir la destreza suficiente para su realización manual, se llevaron a cabo varios ensayos sin el instrumento antes de iniciar el estudio, ya que es un método destructivo y no se podía aplicar a los frutos que se someterían al tratamiento.

- **Color de la pulpa:** Se midieron los parámetros L^* , a^* y b^* con un colorímetro Minolta CR-200 b. El parámetro L^* mide la luminosidad o brillo y varía entre 0 (negro) y 100 (blanco); el parámetro a^* mide la intensidad del rojo (cuando es positivo) y del verde (cuando es negativo) y el parámetro b^* mide la intensidad del amarillo y azul (cuando es positivo o negativo, respectivamente).

- **Peso de la fruta:** Se determinó con una balanza de precisión electrónica, al iniciar el proceso, y cada una hora hasta completar el tiempo de tratamiento.

- **Contenido de aceite:** Se determinó usando el extractor de Soxhlet (con éter de petróleo), al iniciar y finalizar el proceso. La extracción duró dos horas (Lewis et al, 1978).

- **pH:** Se midió con un pHmetro marca Hanna-HI 8417, al iniciar y finalizar el proceso.

- **Actividad de agua (a_w):** Se determinó con un medidor a_w -Wert/Messer marca Lufft. Las mediciones se realizaron al iniciar y finalizar el proceso.

- **Contenido de humedad:** Se determinó con ayuda de una estufa a presión atmosférica a 105°C durante 24 horas.

- **Sólidos solubles:** Para la determinación de sólidos solubles se pesó una cantidad de fruta en una balanza analítica, se agregó agua destilada a 100°C y se homogenizó. Una vez enfriado este homogeneizado, se pesó y se midieron los sólidos solubles con un refractómetro manual de Kyowa optical Co., Ltd., modelo H-1A. La concentración de la muestra original se calculó de acuerdo a la dilución realizada (Sepúlveda, 1995). Esta medición se realizó durante el proceso, cada una hora, y se expresó en °Brix con el fin de estandarizar la medición cuando se utilizó NaCl como soluto en la solución hipertónica.

- **Humedad residual:** Se determinó por diferencia entre el peso de la fruta al muestrear y el peso luego del secado en estufa a 105°C durante 24 horas. El secado de muestras se realizó durante el proceso, cada hora.

- **Pérdida de peso (pp):** Se calculó por diferencia entre el peso inicial de la fruta y el peso en el momento del muestreo, para cada hora. Se expresó en porcentaje:

$PP = (Po - Pt) / Po * 100$, donde Pt: Peso

al momento de muestrear (g).

Po: Peso inicial (g).

•**Pérdida de agua (PA):** Se calculó cada hora, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PA = (H * M) - (H_1 * M_1) / M, \text{ donde}$$

M: Peso inicial de la fruta (g).

M₁: Peso de la fruta, luego de la osmosis (g).

H: Humedad inicial de la fruta (%).

H₁: Humedad de la fruta, al muestrear (%).

•**Sólidos solubles ganados (SG):** Se calcularon cada hora, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$SG = (M_1 * S_1) - (M * S) / M, \text{ donde}$$

M: Peso inicial de la fruta fresca (g).

M₁: Peso de la fruta, luego de la osmosis (g).

S: Sólidos solubles iniciales de la fruta (°Brix).

S₁: Sólidos solubles de la fruta, al muestrear (°Brix).

Análisis sensorial

La palta deshidratada osmóticamente, proveniente de los dos tratamientos con maltodextrina, fue reconstituida a su contenido de humedad inicial y se le determinó la aceptabilidad y sus atributos de calidad (apariencia, color, aroma, acidez, dulzor, astringencia, salado, fibrosidad, amargor y sabor).

La aceptabilidad se determinó a través del método de la Escala Hedónica con un panel no entrenado, constituido por 24 personas. Para la calidad se usó el método de Scoring y un panel entrenado constituido por 12 personas (Araya, 1990). El tratamiento de NaCl 20% no se evaluó debido a su intenso gusto salado. Se evaluó además una tercera muestra (testigo), correspondiente a una pulpa de palta recién elaborada, sin ningún aditivo.

Diseño experimental y análisis estadístico

En este estudio se realizaron tres tratamientos:

- T₁: Solución osmótica compuesta por NaCl 20%.
- T₂: Solución osmótica compuesta por maltodextrina 60%.
- T₃: Solución mixta de NaCl 10% y maltodextrina 50%.

Para el análisis de los tratamientos, se usó un diseño completamente aleatorizado. El agente osmótico fue el factor estudiado, y se realizaron seis repeticiones por tratamiento.

Los resultados del ensayo se sometieron a un análisis de varianza y en caso de existir diferencia estadísticamente significativa se utilizó el test de comparación múltiple de Duncan.

Análisis de transferencia de masa

Para analizar la transferencia de masa, se aplicó el modelo de Azuara et al (1992) a las mediciones de pérdida de agua y ganancia de sólidos solubles. Con esto se determinaron dos ecuaciones, una para cada flujo. Además se calcularon los coeficientes de difusión aparente para cada hora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la materia prima

Antes de comenzar los ensayos se midió el contenido de humedad, el contenido de aceite, el contenido de sólidos solubles, el pH, la actividad de agua y el color de la materia prima. Los resultados se entregan en el Cuadro 2.

Evolución de las variables evaluadas durante la DO de palta

Contenido de humedad

Después de seis horas de deshidratación se produjo una pérdida de humedad que fluctuó entre 14,84 y 39,39% en los tres tratamientos. Se observó además una diferencia en el contenido de humedad entre el tratamiento con NaCl (T_1) y el de la mezcla (T_3), y entre el tratamiento de maltodextrina (T_2) y el de la mezcla. Esta diferencia se mantuvo hasta el final. La variación del contenido de humedad durante la DO se puede observar en la Figura 2.

Es muy notorio el efecto de sinergismo que hay entre el NaCl y la maltodextrina, pues para una misma concentración total de solutos, la mezcla fue significativamente más efectiva, obteniéndose palta con un valor promedio de 59,23% de humedad, en comparación al 69,84% de humedad que generó el tratamiento de maltodextrina sola. Esto concuerda con los trabajos realizados por Lerici *et al* (1985) y Lenart y Flink (1984a y b), en otras frutas.

Cuadro 2. Características físicas y químicas de palta cv Fuerte.

Humedad	pH	S. solubles	Aceite	Aw	Color		
(%)		(°Brix)	(g/100g M.S.)		L*	a*	b*
80,7	5,9	4,7	55,8	0,968	60,7	-12,5	31,2

Se ha sugerido que este sinergismo se debe a que los iones del NaCl impedirían la formación de una capa de azúcar alrededor del trozo de alimento, y el azúcar, a su vez, limitaría la entrada de iones (Lenart y Flink, 1984a).

Al contrario de lo que establecieron Hawkes y Flink (1978) para la manzana, el NaCl no resultó ser un buen agente osmótico para la palta. Esto, sin considerar el desagradable gusto salado que le entregó.

Contenido de sólidos solubles

A partir de la primera hora de deshidratación existió una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos T y T₂ y entre los tratamientos T₂ y T₃. Se apreció una clara diferencia en la cantidad de soluto que penetró al alimento y esto se explica por la diferente composición de cada solución. Después de cuatro horas de deshidratación se observó una diferencia significativa entre todos los tratamientos. La evolución del contenido de sólidos solubles se puede ver en la Figura 3.

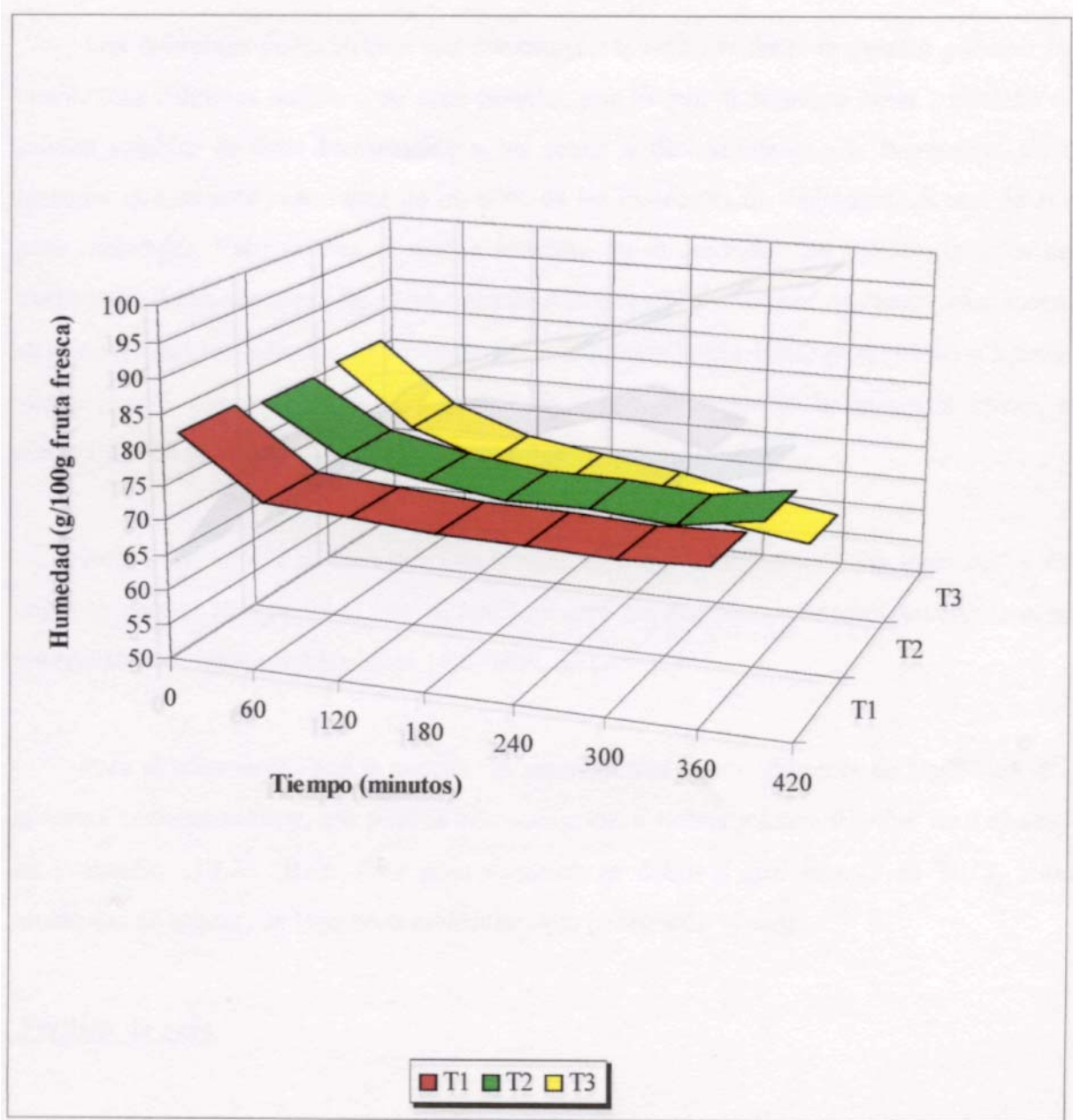


Figura 2. Evolución del contenido de humedad de palta deshidratada con: NaCl 20% (T_1), maltodextrina 60% (T_2) y NaCl 10%-maltodextrina 50% (T_3).

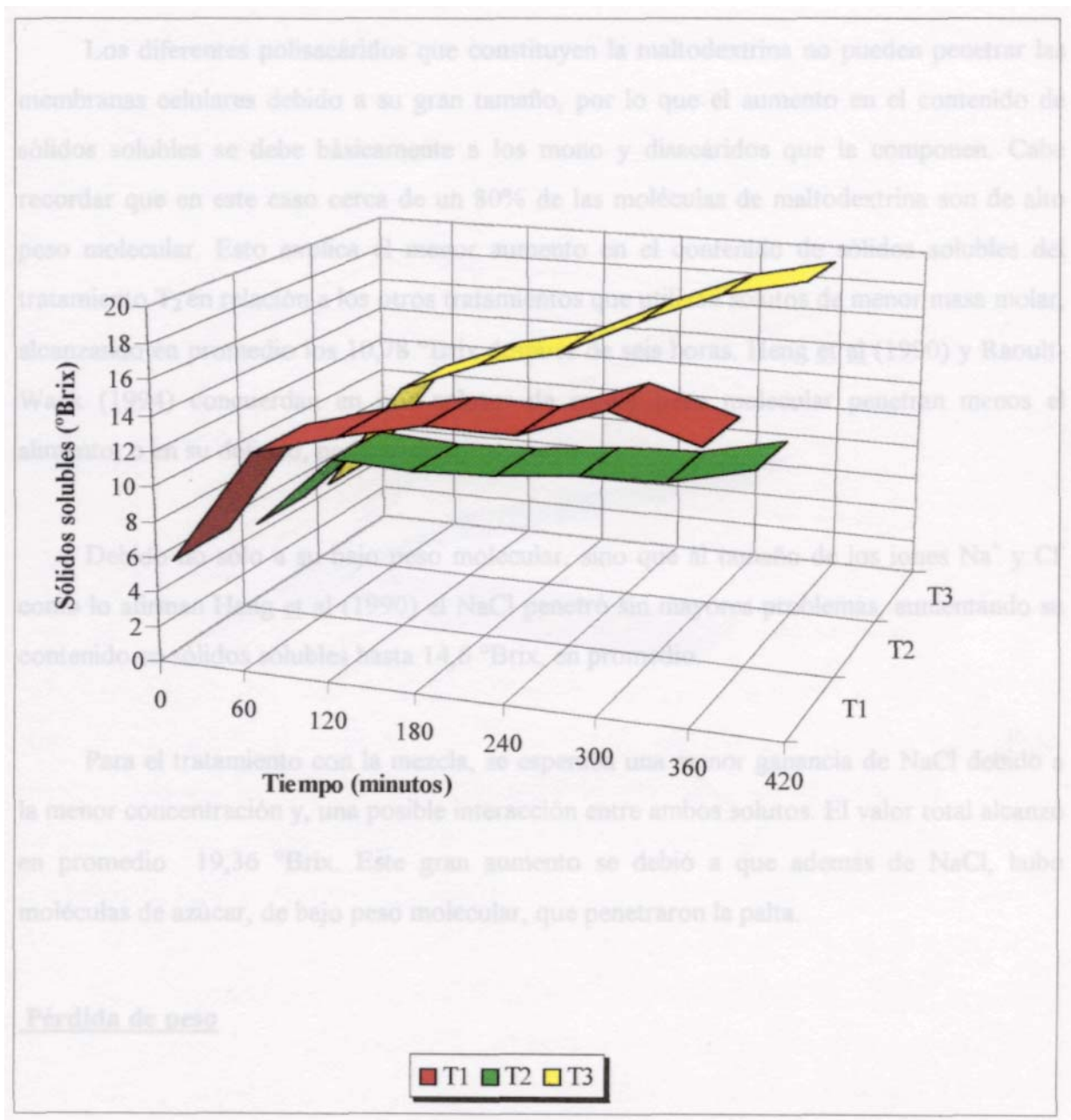


Figura 3. Evolución del contenido de sólidos solubles en palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), maltodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-maltodextrina 50% (T₃).

Los diferentes polisacáridos que constituyen la maltodextrina no pueden penetrar las membranas celulares debido a su gran tamaño, por lo que el aumento en el contenido de sólidos solubles se debe básicamente a los mono y disacáridos que la componen. Cabe recordar que en este caso cerca de un 80% de las moléculas de maltodextrina son de alto peso molecular. Esto explica el menor aumento en el contenido de sólidos solubles del tratamiento T2 en relación a los otros tratamientos que utilizan solutos de menor masa molar, alcanzando en promedio los 10,78 °Brix después de seis horas. Heng *et al* (1990) y Raoult-Wack (1994) concuerdan en que solutos de mayor peso molecular penetran menos el alimento, o en su defecto, no lo hacen.

Debido no sólo a su bajo peso molecular, sino que al tamaño de los iones Na^+ y Cl^- como lo afirman Heng *et al* (1990) el NaCl penetró sin mayores problemas, aumentando su contenido en sólidos solubles hasta 14,6 °Brix, en promedio.

Para el tratamiento con la mezcla, se esperaba una menor ganancia de NaCl debido a la menor concentración y, una posible interacción entre ambos solutos. El valor total alcanzó en promedio 19,36 °Brix. Este gran aumento se debió a que además de NaCl, hubo moléculas de azúcar, de bajo peso molecular, que penetraron la palta.

Pérdida de peso

Durante las dos primeras horas de tratamiento, se produjo una diferencia significativa entre los tratamientos T_1 y T_3 , y entre los tratamientos T_2 y T_3 . La diferencia fue notoria, con pérdidas de peso durante la primera hora, para T_1 , T_2 y T_3 , de 5,00; 2,79 y 10,72%, respectivamente. A partir de la tercera hora del proceso, todos los tratamientos se diferenciaron entre sí. La evolución de la pérdida de peso se puede observar en la Figura 4.

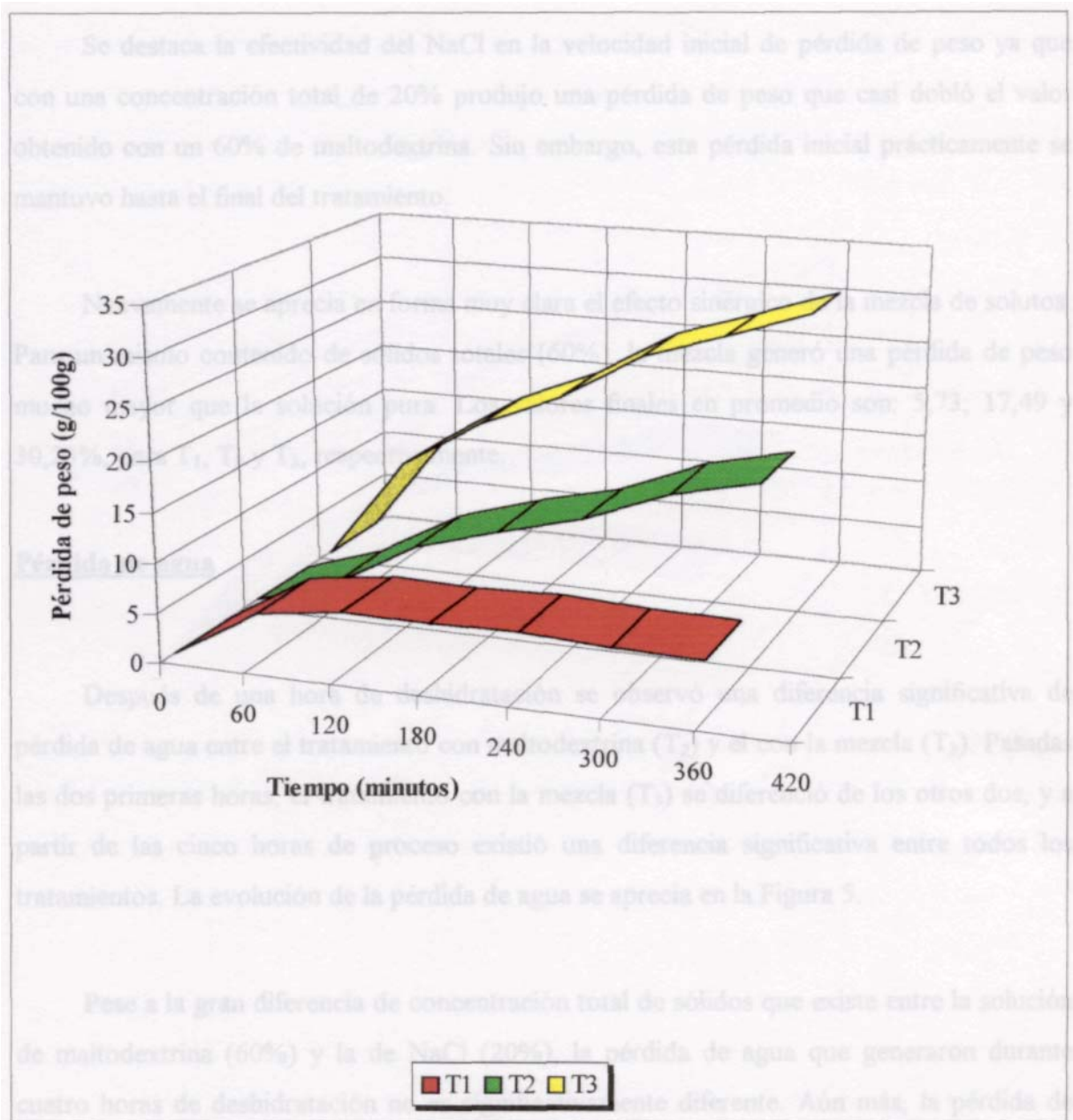


Figura 4. Evolución de la pérdida de peso en palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), mahodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-mahodextrina 50% (T₃).

Se destaca la efectividad del NaCl en la velocidad inicial de pérdida de peso ya que con una concentración total de 20% produjo una pérdida de peso que casi dobló el valor obtenido con un 60% de maltodextrina. Sin embargo, esta pérdida inicial prácticamente se mantuvo hasta el final del tratamiento.

Nuevamente se aprecia en forma muy clara el efecto sinérgico de la mezcla de solutos. Para un mismo contenido de sólidos totales (60%), la mezcla generó una pérdida de peso mucho mayor que la solución pura. Los valores finales en promedio son: 5,73; 17,49 y 30,25%, para T₁, T₂ y T₃, respectivamente.

Pérdida de agua

Después de una hora de deshidratación se observó una diferencia significativa de pérdida de agua entre el tratamiento con maltodextrina (T₂) y el con la mezcla (T₃). Pasadas las dos primeras horas, el tratamiento con la mezcla (T₃) se diferenció de los otros dos, y a partir de las cinco horas de proceso existió una diferencia significativa entre todos los tratamientos. La evolución de la pérdida de agua se aprecia en la Figura 5.

Pese a la gran diferencia de concentración total de sólidos que existe entre la solución de maltodextrina (60%) y la de NaCl (20%), la pérdida de agua que generaron durante cuatro horas de deshidratación no es significativamente diferente. Aún más, la pérdida de agua que generó el NaCl después de la primera hora fue mayor (12,22%) que la de la maltodextrina (9,27%).

Aunque el NaCl generó una gran pérdida de agua inicial, el resultado final fue bajo, llegando a un total de 14,84%, después de seis horas. Esto se contrapone con las

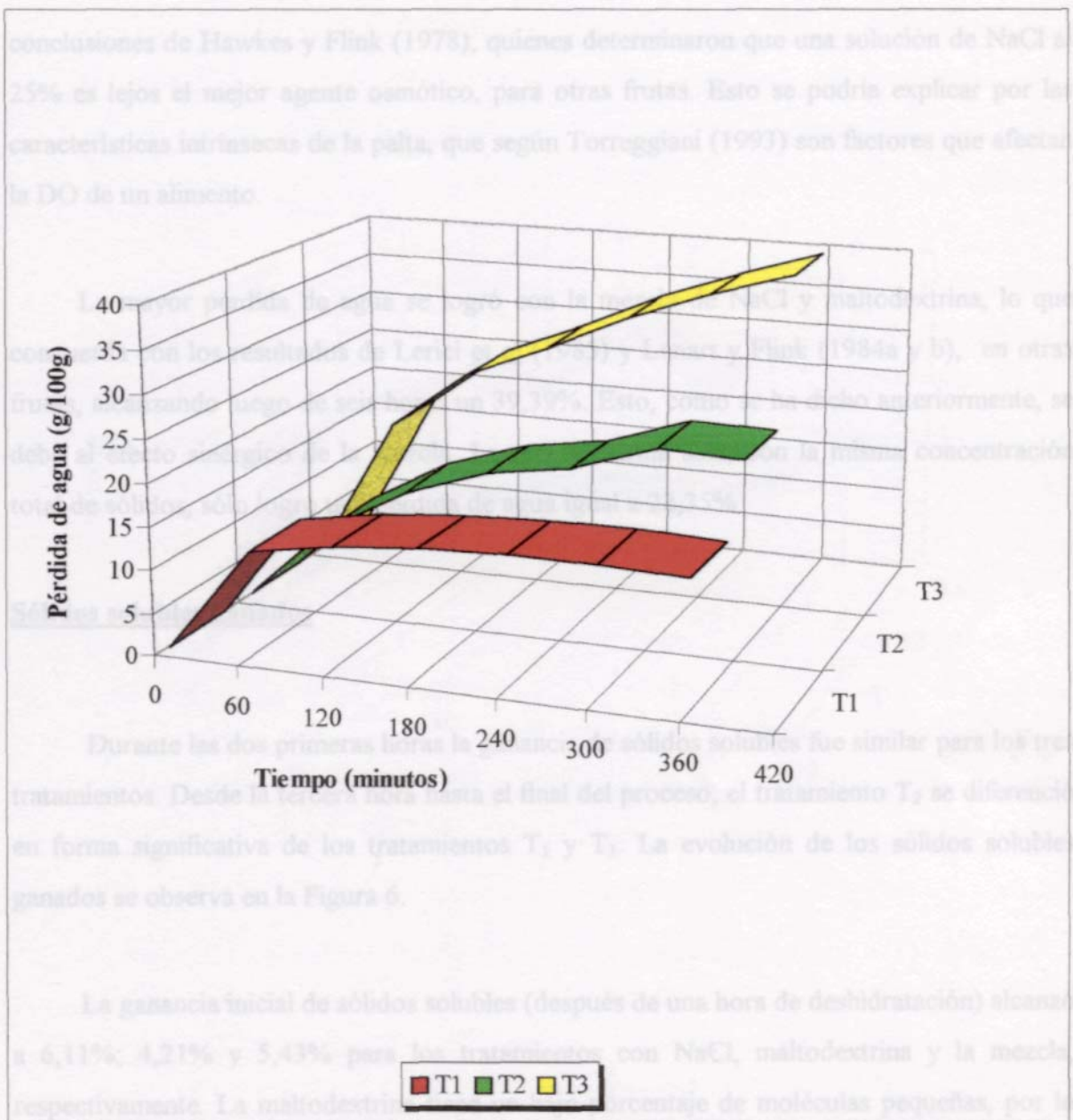


Figura 5. Evolución de la pérdida de agua en palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), mahodextrina 60% (T₂)y NaCl 10%-maltodextrina 50% (T₃)

conclusiones de Hawkes y Flink (1978), quienes determinaron que una solución de NaCl al 25% es lejos el mejor agente osmótico, para otras frutas. Esto se podría explicar por las características intrínsecas de la palta, que según Torreggiani (1993) son factores que afectan la DO de un alimento.

La mayor pérdida de agua se logró con la mezcla de NaCl y maltodextrina, lo que concuerda con los resultados de Lerici *et al* (1985) y Lenart y Flink (1984a y b), en otras frutas, alcanzando luego de seis horas un 39,39%. Esto, como se ha dicho anteriormente, se debe al efecto sinérgico de la mezcla. La maltodextrina sola, con la misma concentración total de sólidos, sólo logró una pérdida de agua igual a 22,35%.

Sólidos solubles ganados

Durante las dos primeras horas la ganancia de sólidos solubles fue similar para los tres tratamientos. Desde la tercera hora hasta el final del proceso, el tratamiento T2 se diferenció en forma significativa de los tratamientos T₁ y T₃. La evolución de los sólidos solubles ganados se observa en la Figura 6.

La ganancia inicial de sólidos solubles (después de una hora de deshidratación) alcanzó a 6,11%; 4,21% y 5,43% para los tratamientos con NaCl, maltodextrina y la mezcla, respectivamente. La maltodextrina tiene un bajo porcentaje de moléculas pequeñas, por lo que no produjo una gran ganancia de sólidos solubles, llegando finalmente a un 4,35%.

Debido al bajo tamaño de los iones del NaCl, (Heng *et al*, 1990; Raoult-Wack, 1994), la ganancia de sólidos solubles fue significativa, tanto para la solución de NaCl pura como

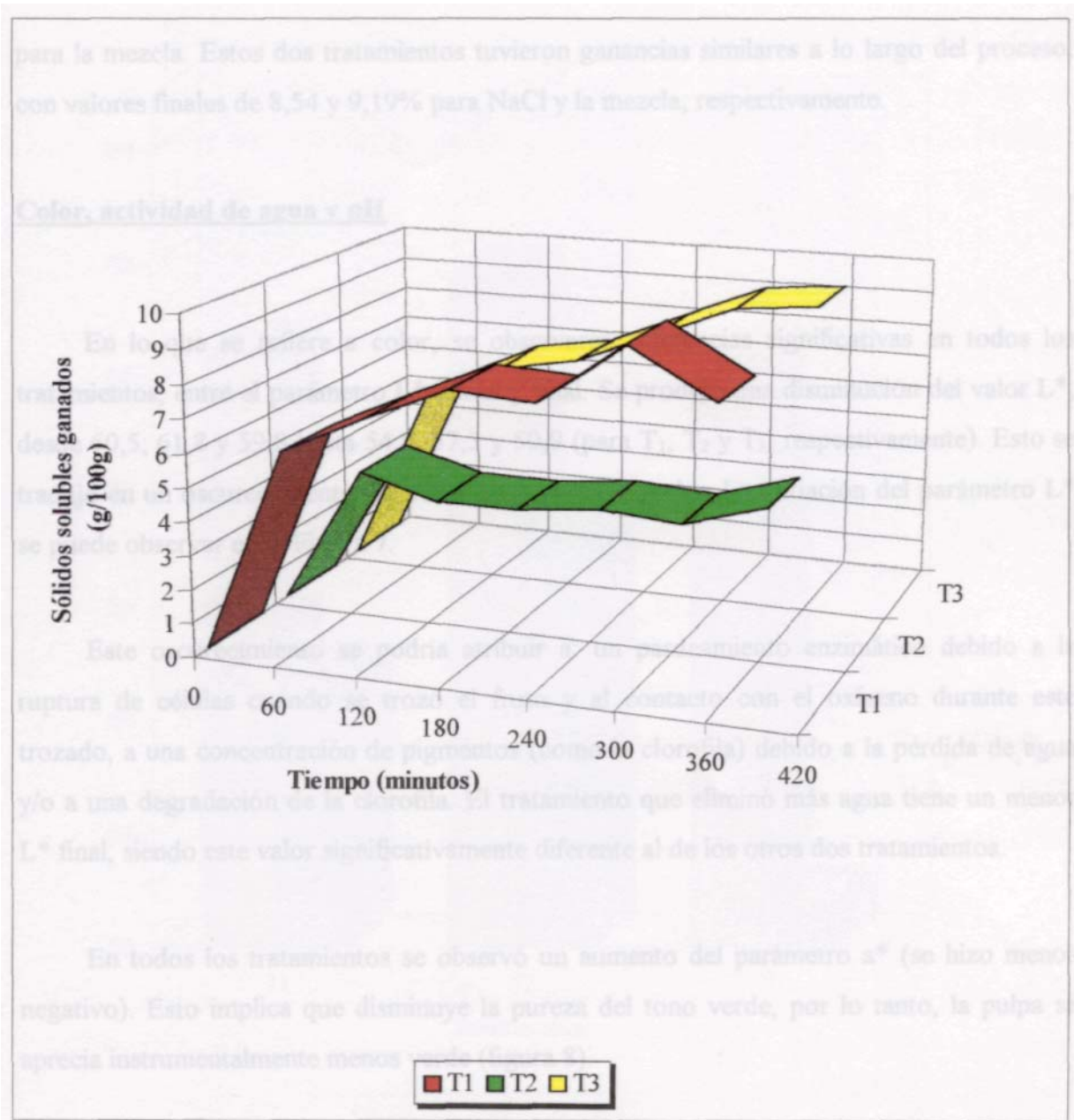


Figura 6. Evolución de los sólidos solubles ganados en palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), raaltodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-mahodextrina 50% (T₃).

para la mezcla. Estos dos tratamientos tuvieron ganancias similares a lo largo del proceso, con valores finales de 8,54 y 9,19% para NaCl y la mezcla, respectivamente.

Color, actividad de agua y pH

En lo que se refiere a color, se observaron diferencias significativas en todos los tratamientos, entre el parámetro L^* inicial y final. Se produjo una disminución del valor L^* , desde 60,5; 61,8 y 59,8 hasta 54,8; 57,3 y 50,9 (para T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente). Esto se tradujo en un oscurecimiento del color de la pulpa de palta. La variación del parámetro L^* se puede observar en la Figura 7.

Este oscurecimiento se podría atribuir a: un pardeamiento enzimático debido a la ruptura de células cuando se trozó el fruto y al contacto con el oxígeno durante este trozado, a una concentración de pigmentos (como la clorofila) debido a la pérdida de agua y/o a una degradación de la clorofila. El tratamiento que eliminó más agua tiene un menor L^* final, siendo este valor significativamente diferente al de los otros dos tratamientos.

En todos los tratamientos se observó un aumento del parámetro a^* (se hizo menos negativo). Esto implica que disminuye la pureza del tono verde, por lo tanto, la pulpa se aprecia instrumentalmente menos verde (figura 8).

Como se aprecia en la figura 9, hubo diferencias significativas para el parámetro b^* entre las repeticiones de la pulpa de palta no tratada, sin embargo, esta diferencia se atenuó luego de la deshidratación, es decir, los tratamientos tendieron a igualar este valor.

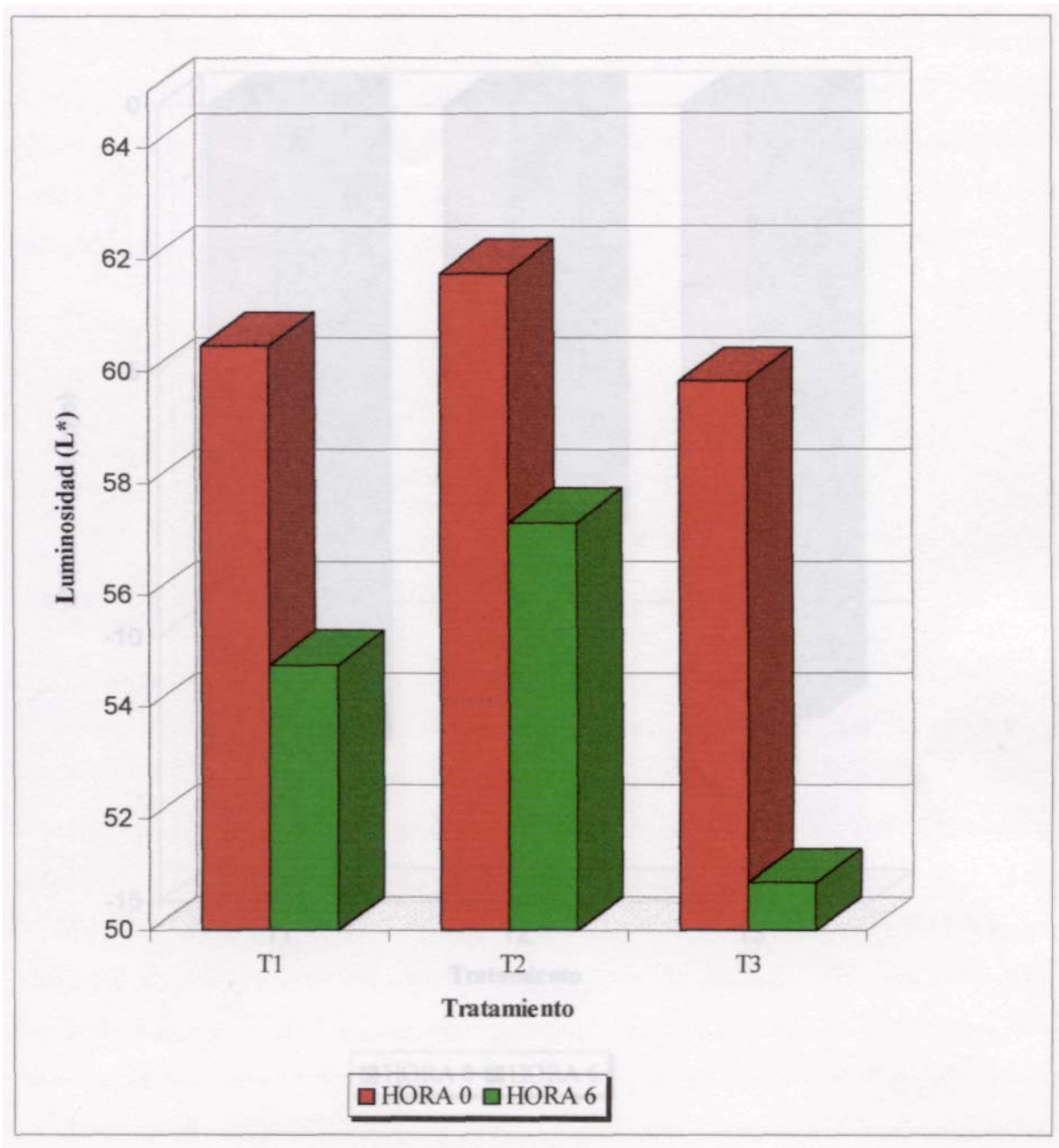


Figura 7. Variación en la luminosidad (L *) del color de pulpa de palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), maltodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-maltodextrina 50% (T₃)

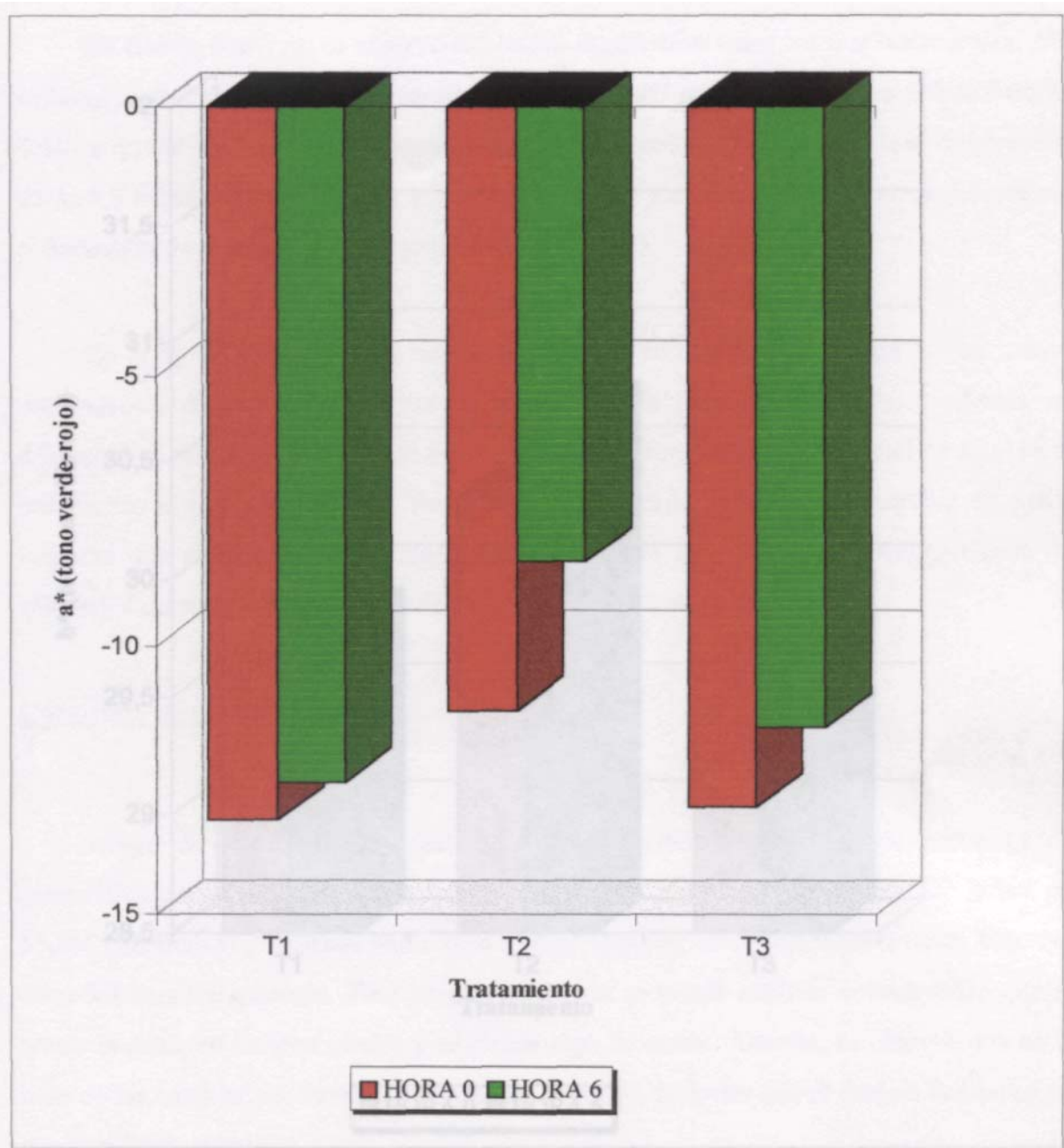


Figura 8. Variación en el parámetro a^* del color de pulpa de palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), makodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-mahodextrina 50% (T₃).

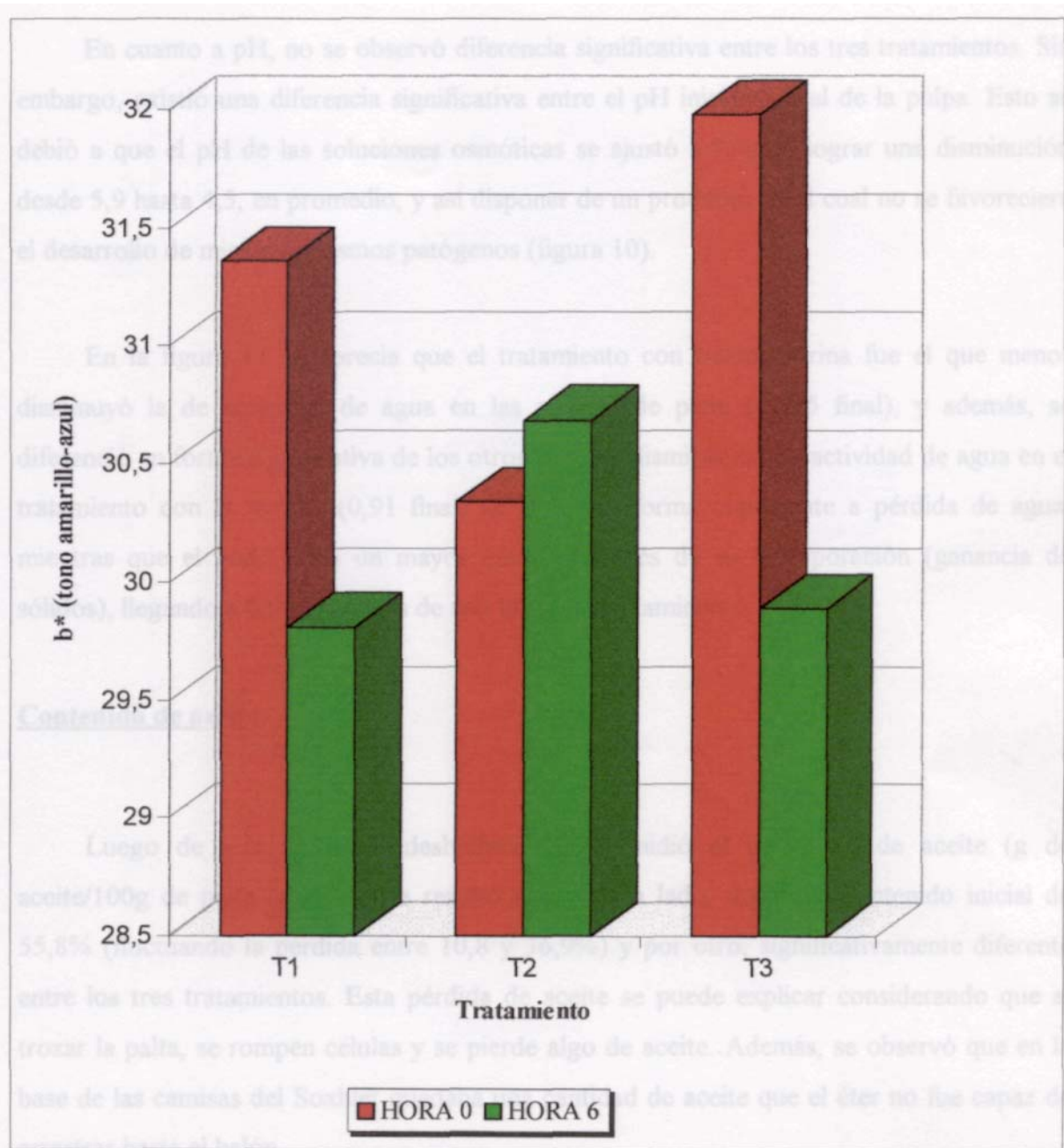


Figura 9. Variación en el parámetro b^* del color de pulpa de palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), mahodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-maltodextrina 50% (T₃)

En cuanto a pH, no se observó diferencia significativa entre los tres tratamientos. Sin embargo, existió una diferencia significativa entre el pH inicial y final de la pulpa. Esto se debió a que el pH de las soluciones osmóticas se ajustó a 2, para lograr una disminución desde 5,9 hasta 4,5, en promedio, y así disponer de un producto en el cual no se favoreciera el desarrollo de microorganismos patógenos (figura 10).

En la figura 11 se aprecia que el tratamiento con maltodextrina fue el que menos disminuyó la actividad de agua en las rodajas de palta (0,965 final), y además, se diferenció en forma significativa de los otros dos. La disminución de actividad de agua en el tratamiento con la mezcla (0,91 final) se debió en forma importante a pérdida de agua, mientras que el NaCl tuvo un mayor efecto a través de su incorporación (ganancia de sólidos), llegando a 0,907 después de seis horas de tratamiento.

Contenido de aceite

Luego de seis horas de deshidratación se midió el contenido de aceite (g de aceite/100g de palta seca) el que resultó ser, por un lado, menor al contenido inicial de 55,8% (fluctuando la pérdida entre 10,8 y 36,9%) y por otro, significativamente diferente entre los tres tratamientos. Esta pérdida de aceite se puede explicar considerando que al trozar la palta, se rompen células y se pierde algo de aceite. Además, se observó que en la base de las camisas del Soxhlet quedaba una cantidad de aceite que el éter no fue capaz de arrastrar hasta el balón.

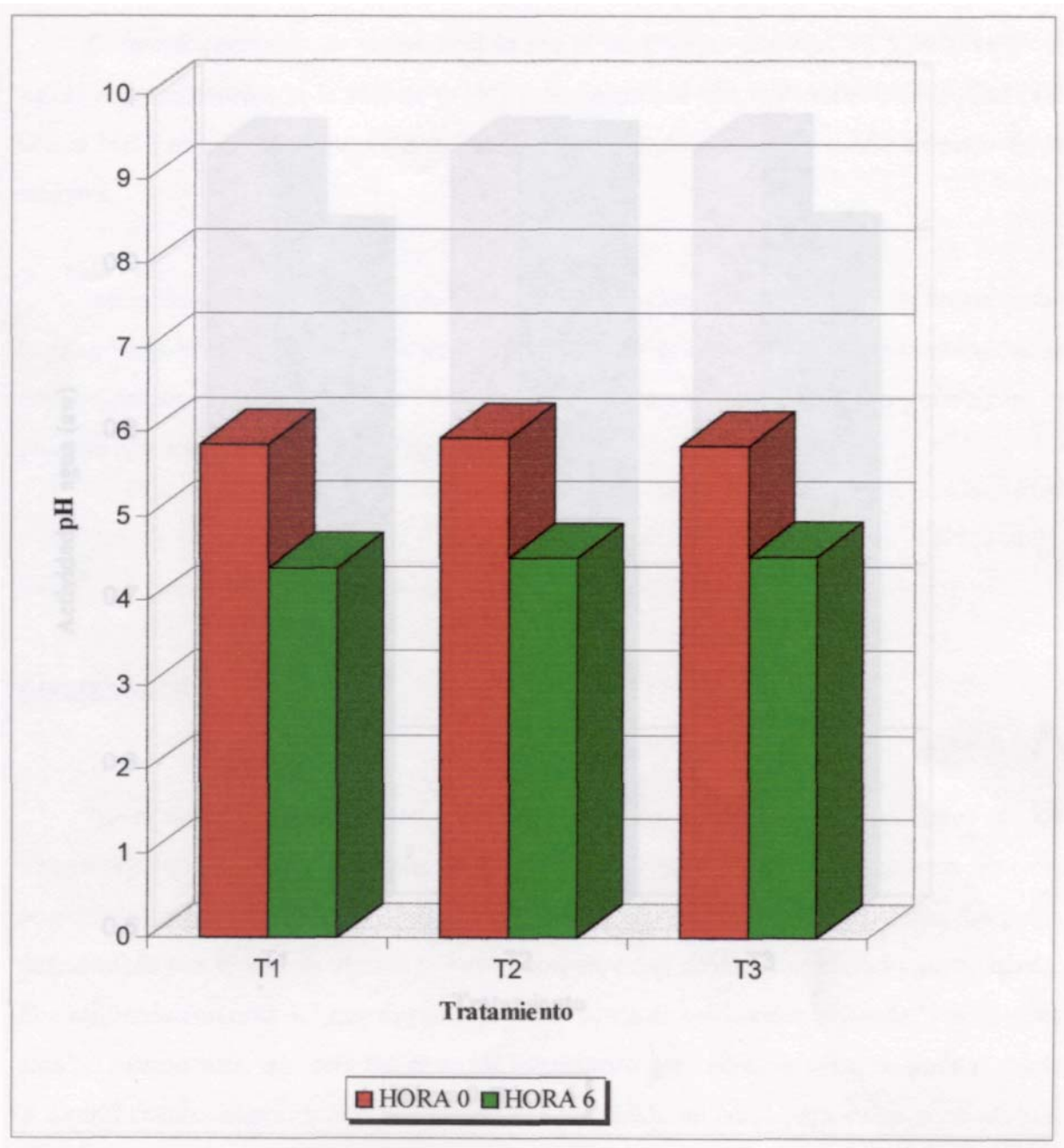


Figura 10. Cambios de pH en palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), maltodextrina 60% (T₂)y NaCl 10%-mahodextrina 50% (T₃)

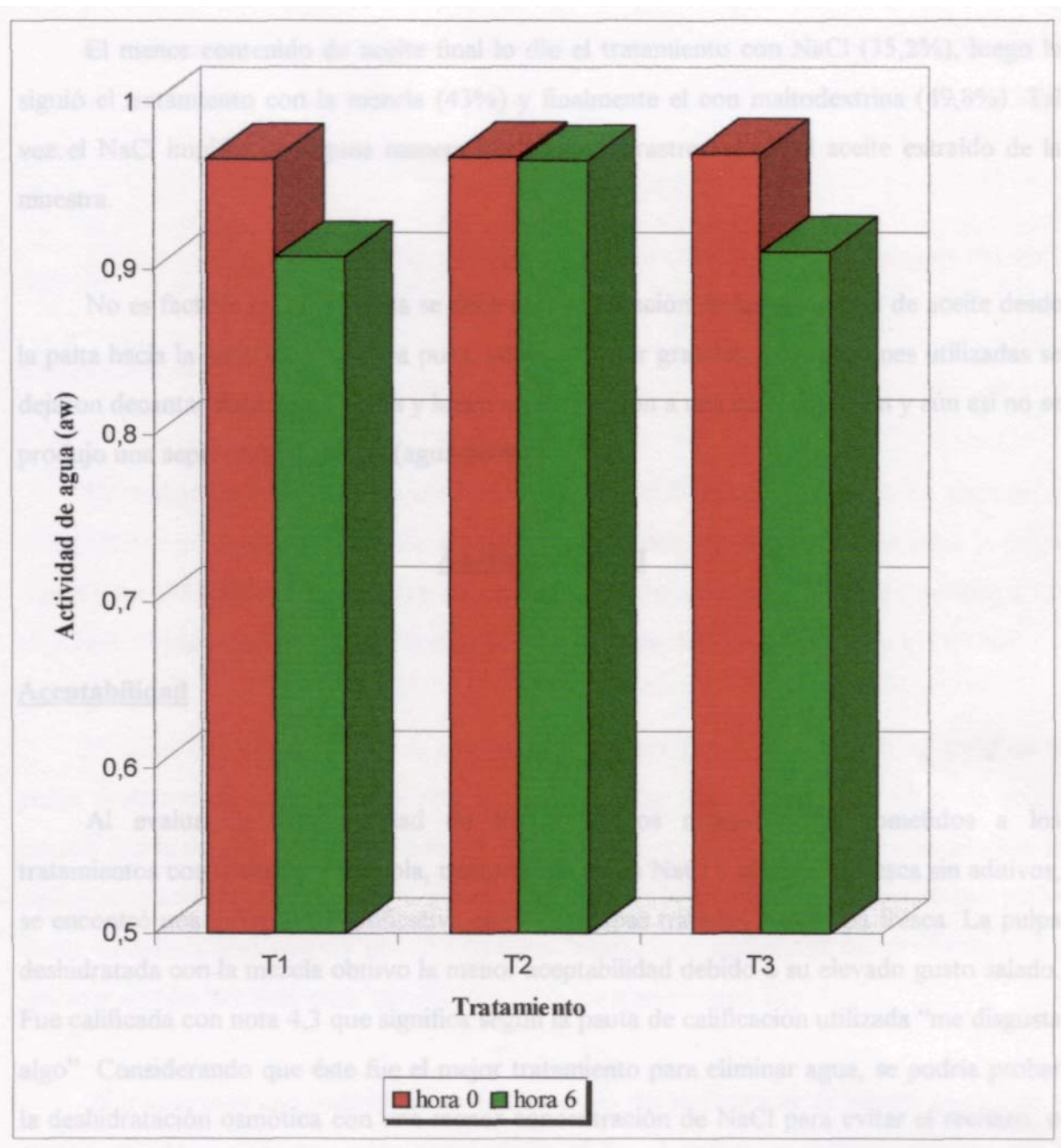


Figura 11. Cambios de actividad de agua en palta deshidratada con: NaCl 20% (T₁), mahodextrina 60% (T₂) y NaCl 10%-mahodextrina 50% (T₃)

El menor contenido de aceite final lo dio el tratamiento con NaCl (35,2%), luego le siguió el tratamiento con la mezcla (43%) y finalmente el con maltodextrina (49,8%). Tal vez el NaCl impidió de alguna manera que el éter arrastrara todo el aceite extraído de la muestra.

No es factible que la pérdida se deba a una migración de las moléculas de aceite desde la palta hacia la solución osmótica pues, además de ser grandes, las soluciones utilizadas se dejaron decantar durante 48 horas y luego se sometieron a una centrifugación y aún así no se produjo una separación de capas (agua-aceite).

Análisis sensorial

Aceptabilidad

Al evaluar la aceptabilidad de los productos reconstituidos sometidos a los tratamientos con maltodextrina sola, maltodextrina con NaCl y una pulpa fresca sin aditivos, se encontró una diferencia significativa entre las pulpas tratadas y la pulpa fresca. La pulpa deshidratada con la mezcla obtuvo la menor aceptabilidad debido a su elevado gusto salado. Fue calificada con nota 4,3 que significa según la pauta de calificación utilizada "me disgusta algo". Considerando que éste fue el mejor tratamiento para eliminar agua, se podría probar la deshidratación osmótica con una menor concentración de NaCl para evitar el rechazo, o simplemente utilizar esta pulpa como base para elaborar algún tipo de salsa, como el típico guacamole de algunos países centroamericanos el cual se está haciendo cada vez más aceptado en Chile.

El tratamiento con maltodextrina se calificó con un 5,0. Esta calificación se podría mejorar con la adición de aliños a la pulpa, ya que se encontró desabrida e incluso algo dulce.

La pulpa fresca obtuvo el mayor puntaje, 7,8. Este valor equivale a "me gusta mucho".

Calidad sensorial

De todos los parámetros evaluados, sólo hubo diferencia significativa en apariencia, color, dulzor y salado. En cuanto a apariencia, existe diferencia significativa entre la pulpa fresca (con una calificación de 7,3) y las tratadas, que lograron una calificación cercana a 5,0 (5,36 y 4,97 para maltodextrina y la mezcla, respectivamente) lo que equivale a "regular".

El color de la pulpa fresca se encontró "levemente bajo" (4,5 puntos), el color de la pulpa deshidratada con maltodextrina se calificó como "normal" (5,4) y el de la pulpa tratada con la mezcla se calificó como "levemente oscuro" (6,0). Este valor coincide con la menor aceptabilidad, luego, tal vez mezclando pulpa deshidratada osmóticamente con pulpa fresca se aclararía el color y por lo tanto aumentaría la aceptabilidad del producto. Cabe destacar que no hay diferencia significativa entre los tratamientos T_2 y T_3 .

El tratamiento con maltodextrina se diferenció del testigo y de la mezcla en cuanto a dulzor, debido a su composición química. En el T_2 , el dulzor se calificó con intensidad "moderada". Por otro lado, la pulpa deshidratada con NaCl y maltodextrina se diferenció de las otras por su gusto salado, siendo calificada con 7,4 que equivale a "salado". Sería necesario bajar la intensidad de este gusto.

Estimación de la pérdida de agua y sólidos ganados durante la DO de palta

Según el modelo de Azuara *et al* (1992), se calcularon los valores de pérdida de agua y sólidos ganados, en el equilibrio, y las constantes S_1 y S_2 . Los valores calculados para cada tratamiento se entregan en el Cuadro 3.

Con estos valores fue posible determinar las ecuaciones específicas para la transferencia de masa durante la DO de palta, según el tratamiento aplicado. Una vez calculados los flujos de masa mediante las ecuaciones, se hizo una regresión lineal entre estos valores y los obtenidos en forma experimental.

En el Cuadro 4 se aprecian los coeficientes de determinación (r^2) y en las figuras 12, 13, 14, 15, 16 y 17 se gráfica la transferencia de masa para cada tratamiento, con datos calculados y datos experimentales.

En general, el ajuste entre ambos valores es muy bueno. En el caso de los sólidos ganados con la maltodextrina, el r^2 es prácticamente nulo pues en la realidad la ganancia de sólidos ocurre en forma fluctuante, y no describe un aumento constante. Lo importante es que los valores de cada hora son similares.

Cuadro 3. Caracterización de las ecuaciones $PA = S_1 t (PA_e) / 1 + S_1 t$ y $SG = S_2 t (SG_e) / 1 + S_2 t$, que permiten calcular los valores de pérdida de agua (PA) y sólidos ganados (SG) en un determinado tiempo (t), donde PAe y SGe corresponden a la pérdida de agua y a los sólidos ganados, en el equilibrio, respectivamente.

Tratamiento	PAe	SGe	S ₁ *	S ₂ *
	(g/100g)			
T ₁	15,69	9,97	71,36 x 10 ⁻³	25,46 x 10 ⁻³
T ₂	32,06	4,17	6,92 x 10 ⁻³	53,90 x 10 ⁻³
T ₃	53,64	11,04	6,99 x 10 ⁻³	12,29 x 10 ⁻³

(*) : Si es una constante relacionada con la transferencia de masa, donde $S_1 = PA / t (PA_e - PA)$ y $S_2 = SG / t (SG_e - SG)$

Cuadro 4. Coeficientes de determinación (r²) para valores calculados y experimentales de pérdida de agua y sólidos ganados.

TRATAMIENTO	PÉRDIDA DE AGUA	SÓLIDOS GANADOS
T ₁	0,962	0,796
T ₂	0,986	0,051
T ₃	0,984	0,911

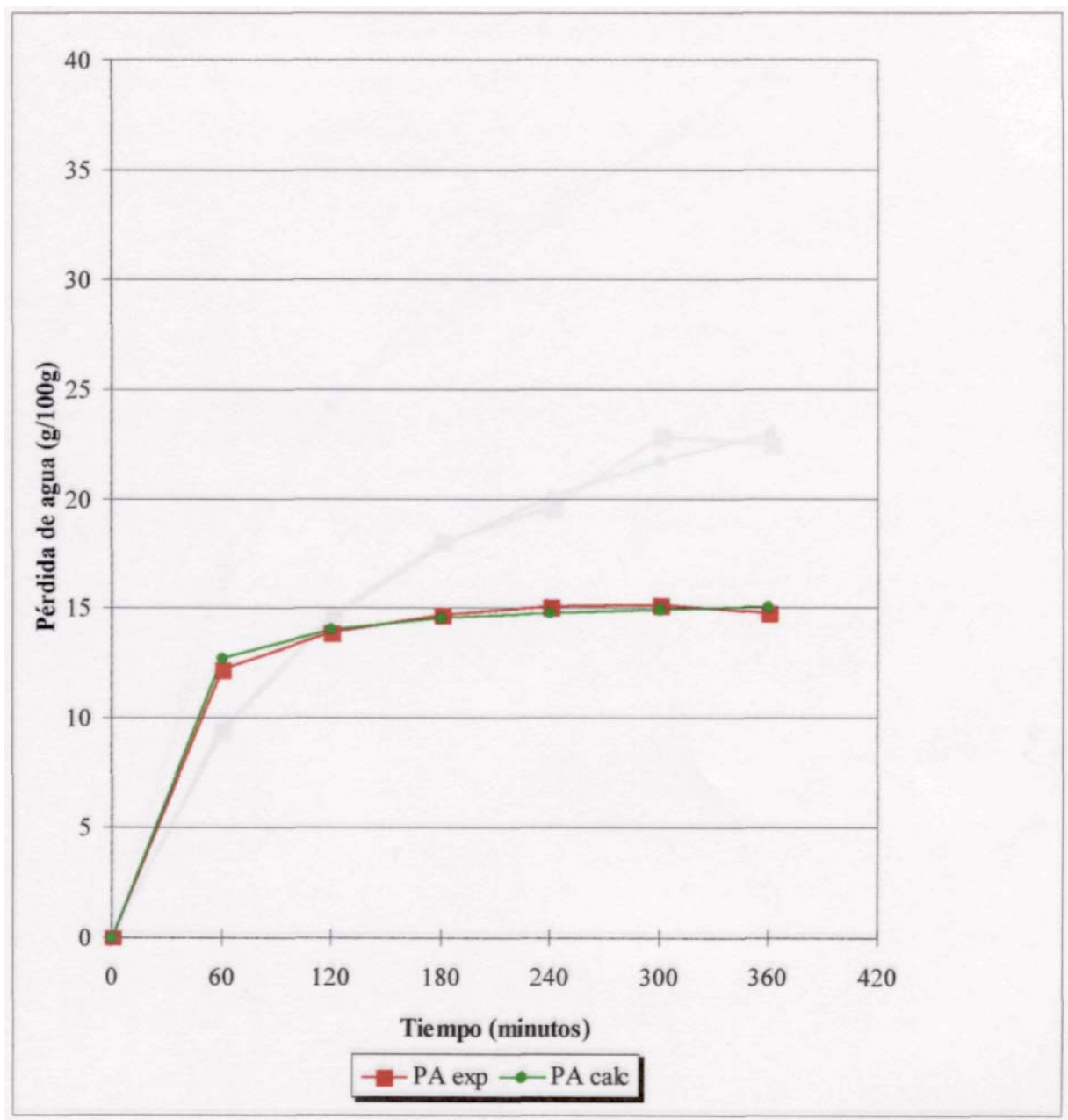


Figura 12. Evolución de la pérdida de agua experimental y calculada, en palta deshidratada con NaCl 20% (T_1).

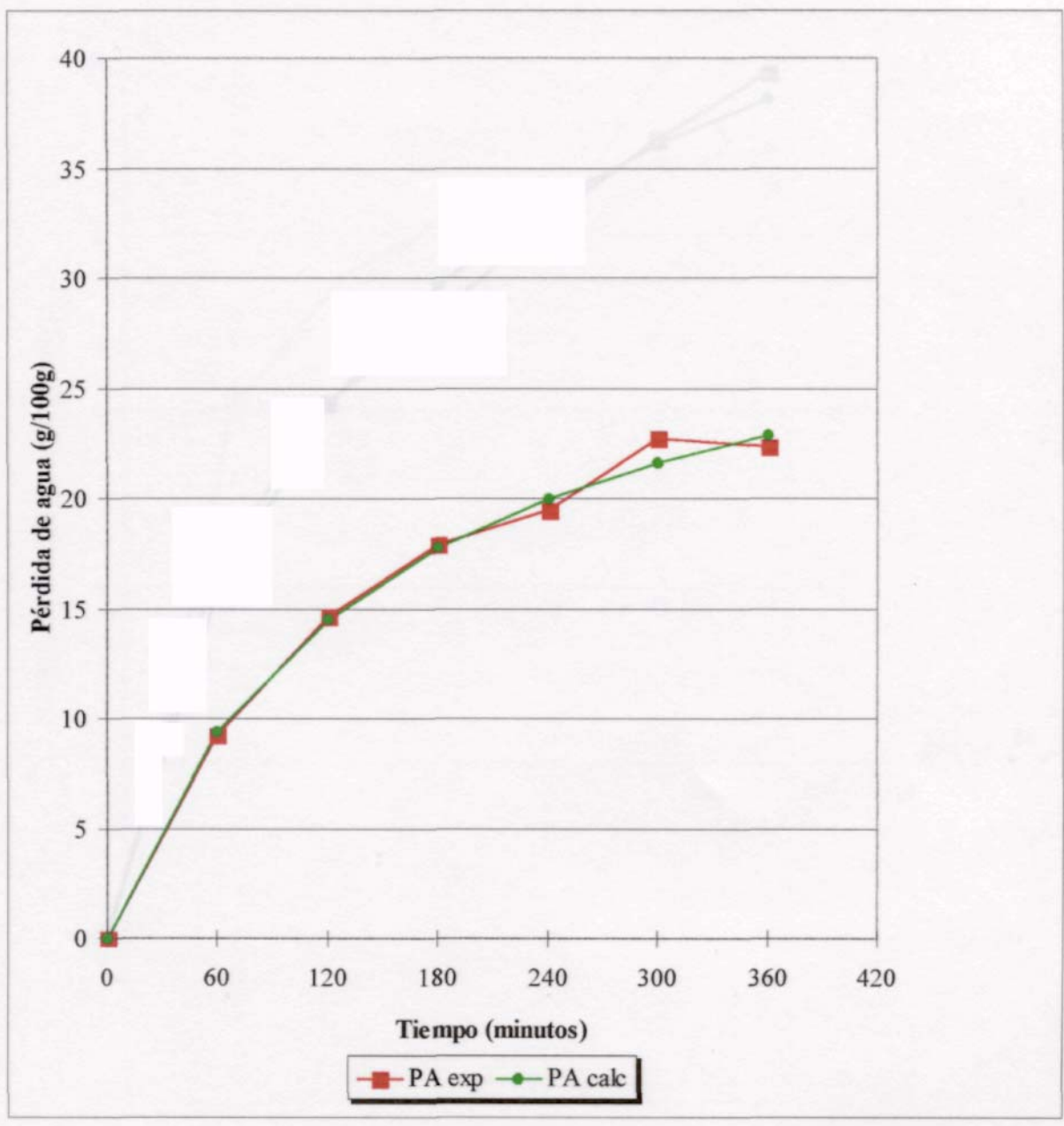


Figura 13. Evolución de la pérdida de agua experimental y calculada, en palta deshidratada con mahodextrina 60% (T_2).

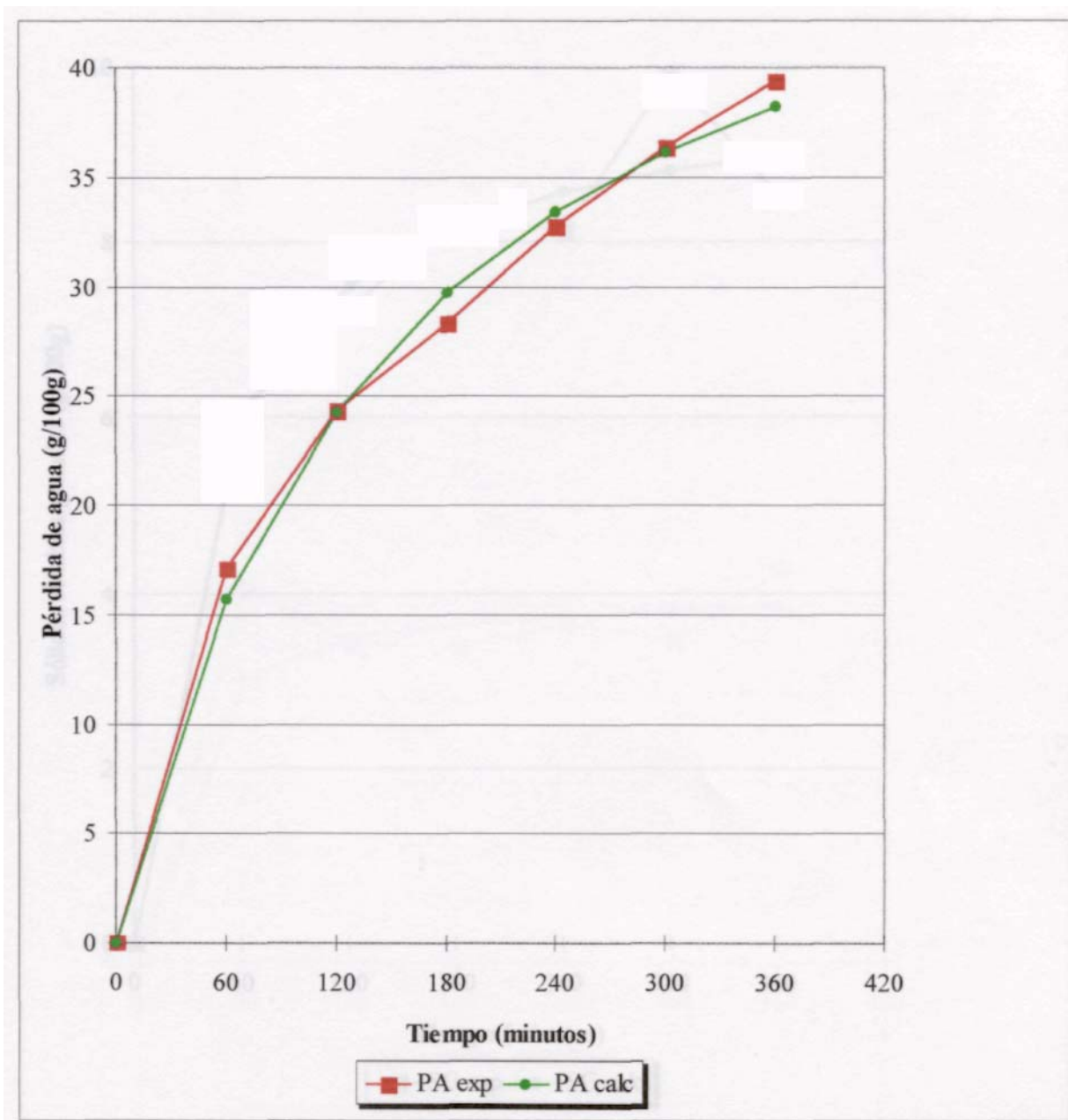


Figura 14. Evolución de la pérdida de agua experimental y calculada, en palta deshidratada con maltodextrina y NaCl al 50 y 10% (T_3), respectivamente.

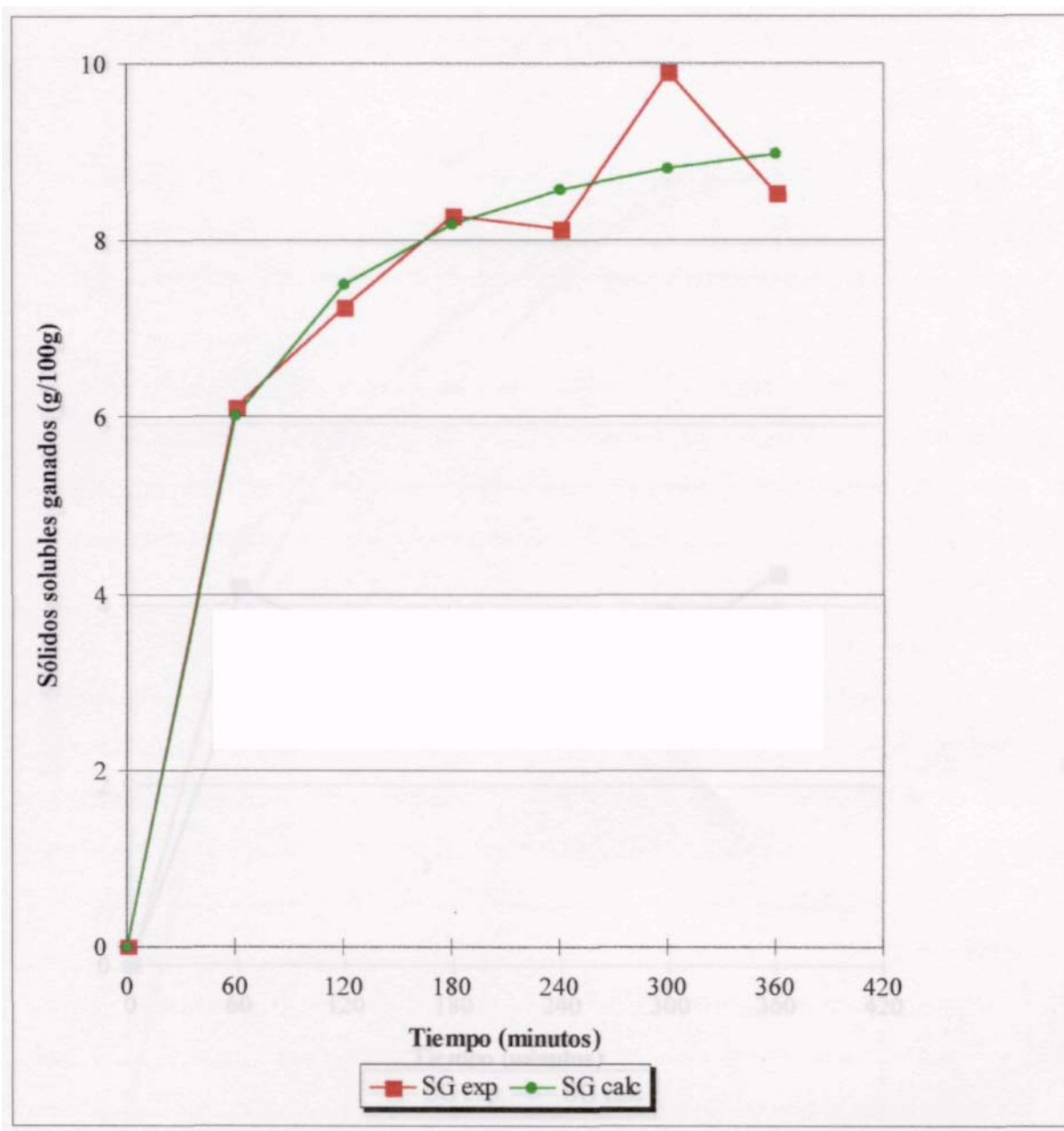


Figura 15. Evolución de los sólidos ganados en forma experimental y calculada, en palta deshidratada con NaCl 20% (Ti).

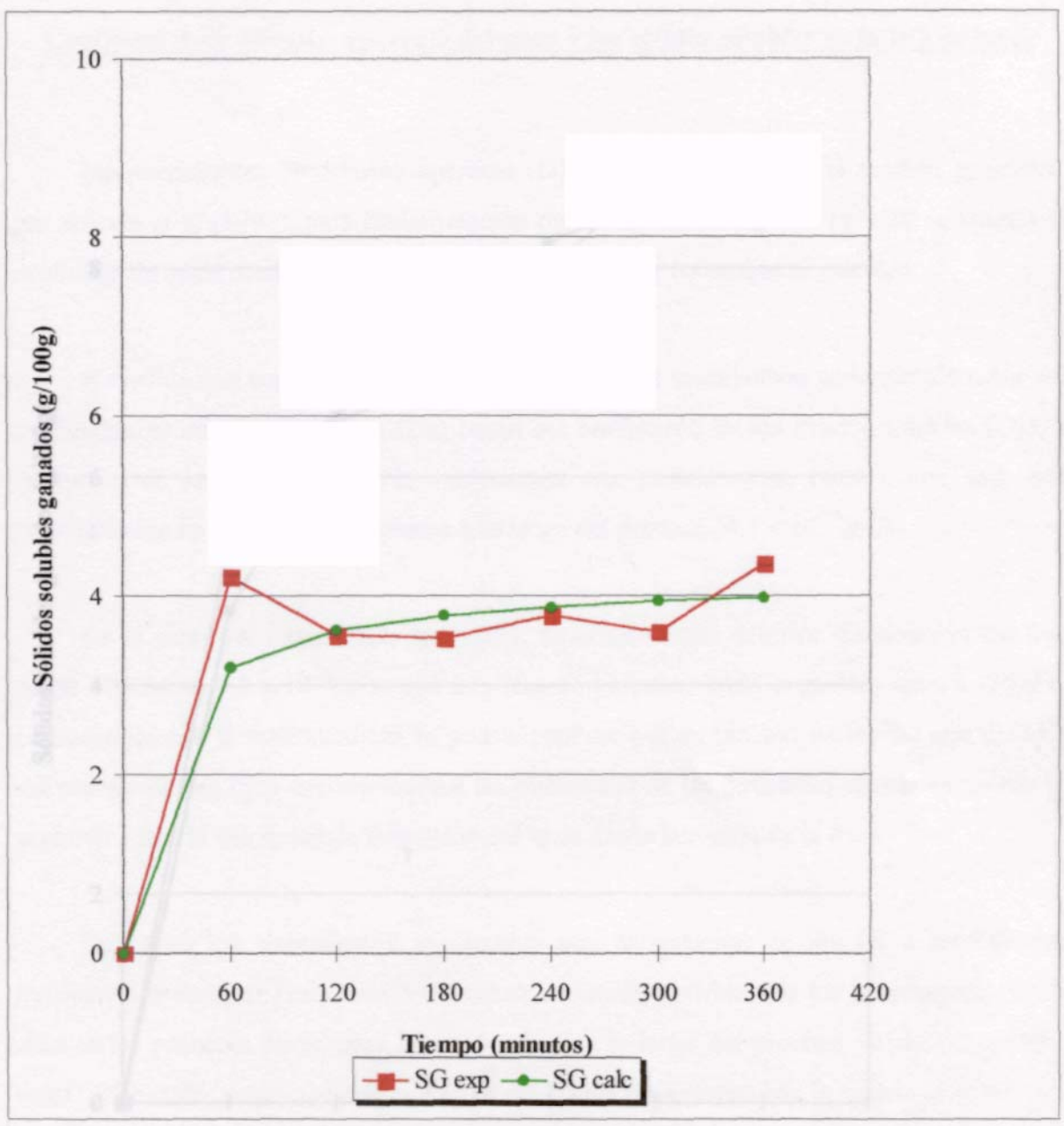


Figura 16. Evolución de los sólidos ganados en forma experimental y calculada, en palta deshidratada con mahodextrina 60% (T_2).

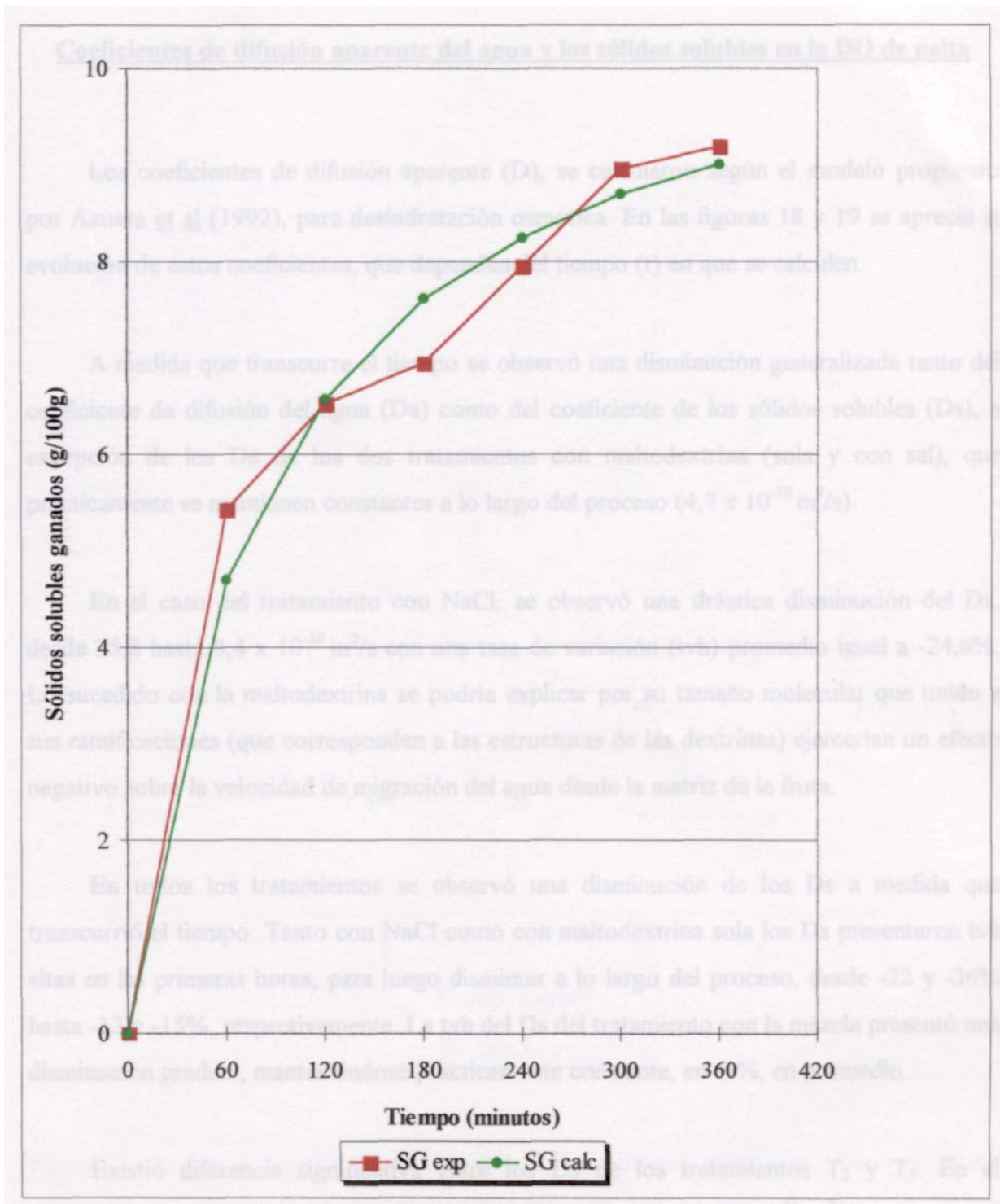


Figura 17. Evolución de los sólidos ganados en forma experimental y calculada, en palta deshidratada con maltodextrina y NaCl al 50 y 10% (T_3), respectivamente.

Coefficientes de difusión aparente del agua y los sólidos solubles en la DO de palta

Los coeficientes de difusión aparente (D), se calcularon según el modelo propuesto por Azuara *et al* (1992), para deshidratación osmótica. En las figuras 18 y 19 se aprecia la evolución de estos coeficientes, que dependen del tiempo (t) en que se calculen.

A medida que transcurre el tiempo se observó una disminución generalizada tanto del coeficiente de difusión del agua (D_a) como del coeficiente de los sólidos solubles (D_s), a excepción de los D_a de los dos tratamientos con maltodextrina (sola y con sal), que prácticamente se mantienen constantes a lo largo del proceso ($4,7 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$).

En el caso del tratamiento con NaCl, se observó una drástica disminución del D_a , desde 35,8 hasta $8,4 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ con una tasa de variación (tvh) promedio igual a -24,6%. Lo sucedido con la maltodextrina se podría explicar por su tamaño molecular que unido a sus ramificaciones (que corresponden a las estructuras de las dextrinas) ejercerían un efecto negativo sobre la velocidad de migración del agua desde la matriz de la fruta.

En todos los tratamientos se observó una disminución de los D_s a medida que transcurrió el tiempo. Tanto con NaCl como con maltodextrina sola los D_s presentaron tvh altas en las primeras horas, para luego disminuir a lo largo del proceso, desde -22 y -36% hasta -13 y -15%, respectivamente. La tvh del D_s del tratamiento con la mezcla presentó una disminución gradual, manteniéndose prácticamente constante, en -9%, en promedio.

Existió diferencia significativa entre los D_s de los tratamientos T_2 y T_3 . En el tratamiento con NaCl (T_1) el D_s disminuyó desde 19,9 hasta $7,4 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ en seis horas ($12,2 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, en promedio). La mezcla (T_3) tuvo el menor D_s promedio

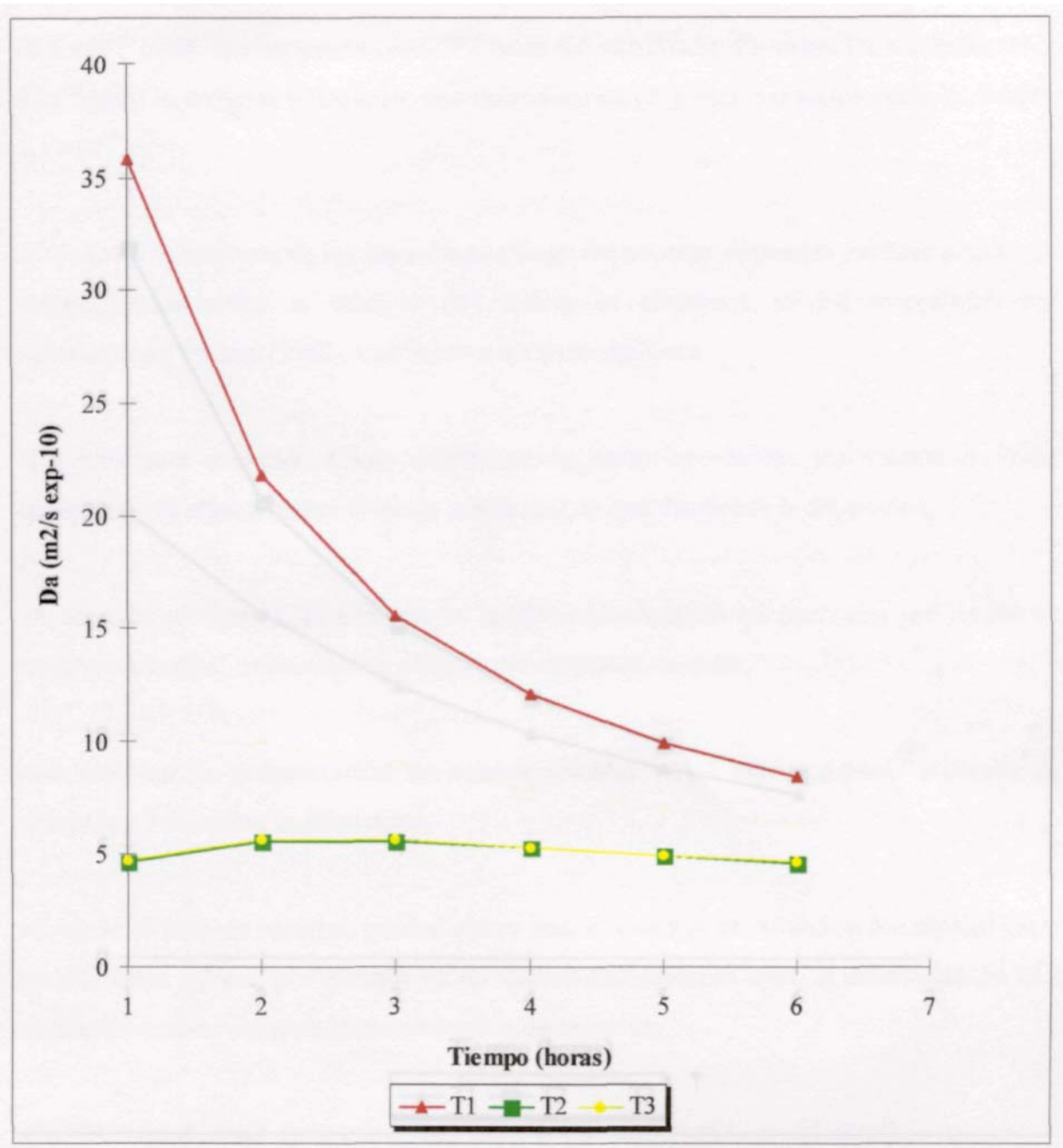


Figura 18. Coeficientes de difusión aparente del agua, para cada tratamiento. T₁: NaCl 20% p/v; T₂: mahodextrina 60%; T₃: NaCl 10%-mahodextrina 50%.

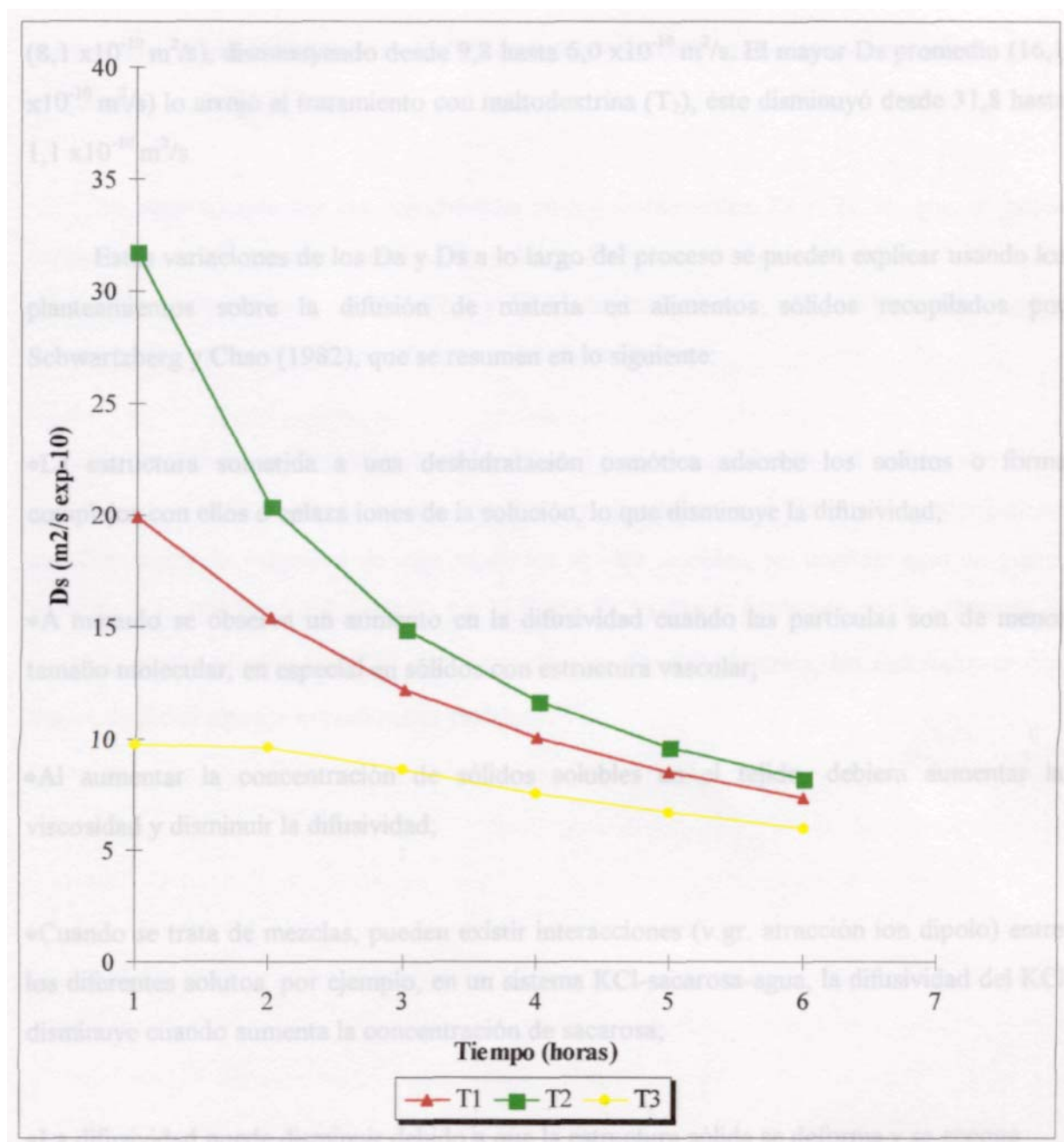


Figura 19. Coeficientes de difusión aparente de los sólidos solubles, para cada tratamiento. T₁: NaCl 20% p/v; T₂: mahodextrina 60%; T₃: NaCl 10%-maltodextrina 50%.

($8,1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$), disminuyendo desde $9,8$ hasta $6,0 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. El mayor D_s promedio ($16,1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) lo arrojó el tratamiento con maltodextrina (T_2), éste disminuyó desde $31,8$ hasta $1,1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$.

Estas variaciones de los D_a y D_s a lo largo del proceso se pueden explicar usando los planteamientos sobre la difusión de materia en alimentos sólidos recopilados por Schwartzberg y Chao (1982), que se resumen en lo siguiente:

- La estructura sometida a una deshidratación osmótica adsorbe los solutos o forma complejos con ellos o enlaza iones de la solución, lo que disminuye la difusividad;
- A menudo se observa un aumento en la difusividad cuando las partículas son de menor tamaño molecular, en especial en sólidos con estructura vascular;
- Al aumentar la concentración de sólidos solubles en el tejido, debiera aumentar la viscosidad y disminuir la difusividad;
- Cuando se trata de mezclas, pueden existir interacciones (v.gr. atracción ion dipolo) entre los diferentes solutos, por ejemplo, en un sistema KCl-sacarosa-agua, la difusividad del KCl disminuye cuando aumenta la concentración de sacarosa;
- La difusividad puede disminuir debido a que la estructura sólida se deforma y se encoge.

Según Schwartzberg y Chao (1982), la velocidad de difusión depende de la concentración y el tamaño de partículas que componen el agente osmótico. Luego, la variación de los D_a entre los diferentes tratamientos se podría deber al menor tamaño de las

partículas y la menor concentración de la solución salina en comparación con las otras soluciones.

Se observó que los D_a coincidieron en los tratamientos T_2 y T_3 , lo que se puede explicar por su misma concentración de solutos. Cabe recordar que los valores de PAe en estos tratamientos fueron igual a 32,0 y 53,6, respectivamente, cuya diferencia se podría deber a la naturaleza de solutos usados en cada tratamiento.

Por otro lado, los D_s del tratamiento T_2 son mayores que los D_s del tratamiento T_3 , lo que se podría explicar por la interacción tipo ion-dipolo entre el NaCl y la maltodextrina, que disminuiría la velocidad de ingreso de los sólidos solubles, sin implicar esto un menor valor de SGe, que llegó a 4,2 con T_2 y a 11,0 con T_3 , lo que se explicaría por la presencia de iones de menor tamaño (Na^+Cl^-) que las moléculas de maltodextrina, los que ingresan con mayor facilidad (menor impedimento estérico).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este estudio se puede concluir que:

- Cuando se somete la palta cv Fuerte a un proceso de deshidratación osmótica se produce un fenómeno de transferencia de masa simultáneo y en contracorriente: sale agua desde la fruta hacia la solución (en una mayor proporción) y entran sólidos solubles a la palta.
- La mayor pérdida de agua está asociada con el tratamiento que emplea una mezcla de maltodextrina 50%-NaCl 10%, la cual a la vez produce una importante disminución de A_w . Por otro lado, la menor pérdida de agua ocurre con el tratamiento de NaCl 20%, siendo la maltodextrina sola la que produce una pérdida de agua intermedia.
- El ingreso de NaCl a la palta deshidratada con la solución mixta, hace que tenga una baja aceptabilidad debido al fuerte gusto salado que le entrega, lo que se podría corregir utilizando una menor concentración de sal o bien se podría utilizar como extensor de pulpa de palta fresca. Por otro lado, el tratamiento con maltodextrina sola no presenta este problema, pero la pérdida de agua es menor y el a_w prácticamente se mantiene. La gran cantidad de NaCl que ingresa a la palta al utilizar la solución de NaCl 20%, unida a la baja pérdida de agua sugieren que este tratamiento no es adecuado.
- La disminución de actividad de agua en conjunto con la disminución del pH debieran aumentar la estabilidad química y enzimática de la pulpa de palta, lo cual sería interesante cuantificar en estudios posteriores, junto con la estabilidad microbiológica.

- El modelo matemático utilizado para describir el proceso de difusión es consistente con los valores experimentales de pérdida de agua y sólidos solubles ganados.
- Este proceso se podría aplicar a los paltines, los que poseen un vestigio de semilla y no son de gran tamaño, luego, sólo sería necesario mondarlos para someterlos al proceso.

LITERATURA CITADA

ARAYA, E. 1990. Guía de laboratorio de análisis sensorial. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Dpto. de Agroindustria.

AZUARA, E., CORTÉS, R, GARCÍA, H., BERISTAIN, C.I. 1992. Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *International Journal of Food Science and Technology*. 27: 409-418.

BERISTAIN, C.I., AZUARA, E., CORTÉS, R, GARCÍA, H.S. 1990. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science and Technology*. 25: 576-582.

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 Engineering*. 11: 159-176.

BIZMIANA, V.; BREENE, W.M.; CSALLANY, A.S. 1993. Avocado oil extraction with appropriate technology for developing countries. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 70(8): 821-822.

BOLÍN, H.R.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R; K.C.N.G. 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science*. 48: 202-205.

BONGIRWAR, D.R., SREENIVASAN, A. 1977. Studies on osmotic dehydration of banana. *Journal of Food Science and Technology*. 14:104-112.

BRIMELOW, C.J.B. 1985. A pragmatic approach to the development of new intermediate moisture foods. En: *Properties of water in foods in relation to quality and stability*. Ed. Simata, D., Multan, J.L. 405-419.

CARVALLO, P., SCHAFFELD, G. 1983. Formulación de un producto unttable de palta. *Alimentos*. 8 (4): 9-14.

COLLIGNAN, A., RAOULT-WACK, AL., THEMELIN, A. 1992. Energy study of food processing by osmotic dehydration and air drying. *Agricultural Engineering Journal*. 1 (3): 125-135.

COLLIGNAN, A., RAOULT-WACK, A.L. 1994. Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions. *Lebensm.-Wiss. Technol*. 27(3): 259-264.

CONWAY, J., CASTAIGNE, G., PICARD, G., VOVAN, X. 1983. Mass transfer consideratios in the osmotic dehydration of apples. *Canadian Institute Food Science and Technology Journal*. 16 (1): 25-29.

CURIEL, M. 1985. Process for the recovery of oil from avocado fruit. United States Patent US 4560568.

FAO. 1990. III Reunión técnica de la red latinoamericana de agroindustria de frutas tropicales. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 107-122.

FARKAS, D.F., LAZAR, M.E. 1969. Osmotic dehydration of apple pieces: effect of temperature and syrup concentration on rates. Food Technology. 23:688-690.

FOX, M., LONCIN, M. 1982. Investigations into the microbiological stability of water-rich foods processed by a combination of methods. Lebensm.-Wiss. Technol. 15 (6): 321-325.

GIANGIACOMO, R., TORREGGIANI, D., ABBO, E. 1987 Osmotic dehydration of fruit: part 1. sugars exchange between fruit and extracting syrups. Journal of Food Processing and Preservation. 11: 183-195.

HAWKES, J., FLINK, J.M. 1978. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. Journal of Food Processing and Preservation. 2: 265-284.

HENG, K., GUJJLBERT, S., CUQ, J.L. 1990. Déshydratation osmotique de la papaye: Influence des variables du procede sur la qualité des produits finis. Sciences des Aliments. 10: 831-848.

KIGER, M.G.; CEBALLOS, M S.; BASAEZ, Y.G.; GALEB, S.P. 1983. Preservation of Fuerte avocado by means of chemical additives and low temperature. Investigación Agrícola. 6(1): 33-38.

LENART, A., FLINK, J.M. 1984b. Osmotic concentration on potato. II. Spatial distribution of the osmotic effect. *Journal of Food Science and Technology*. 19: 65-89.

LERICI, C.R., MASTROCOLA, D., SENSIDONI, A., DALLA ROSA, M. 1988 Osmotic concentration in food processing. En: *Preconcentration and drying of food materials*. Ed. Bruin, S. Elsevier Publishing Company, NY. 123-134.

LERICI, C.R., PINNAVAIA, G., DALLA ROSA, M., BARTOLUCCI, L. 1985 Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *Journal of Food Science*. 50: 1217-1219.

LEWIS, C.E., MORRIS, R, O'BRIEN, K. 1978. The oil content of avocado mesocarp. *Journal of Science Food and Agriculture*. 29: 943-949.

LIU, H. 1992. A kinetic study of salt diffusion in potato at high temperature. *Journal of Science and Technology*. 27. 443-445.

LOPEZ, C. 1995. El cultivo del palto. *El Campesino*. 126 (8): 4-16.

LOZANO, Y. 1983. Analysis of triglycerides in avocado oils by reverse phase HPLC. *Revue Francaise des Corps Gras*. 30 (9): 333-346.

LU, S.C.; WU, J.S.B. 1986. Studies on the major bitter compounds in canned avocado juice. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society*. 24(2): 130-136.

MARTINEZ, N.; CAMACHO, F ; RODRIGUEZ, S.; MORENO, M.V. 1988. Extraction and characterization of avocado oil. Grasas y Aceites. 39 (4/5): 272-277.

NOLAN, A.L. 1983. Ideas for avocados. Food Engeneering. 55 (1): 62.

PERALTA, L.E. 1977. Ensayos preliminares en el almacenaje de palta Fuerte (Persea americana Mill). Tesis Ing. Agr. Santiago. Chile. Universidad de Chile. Facultad de Agronomia. 83 p.

PITOTTI, M., NICOLI, C., SENSIDONI, A, LERICI, C.R. 1989. Control of enzymatic browning in food: effects of some substances and their mechanism of action. Engineering and Food. 1:671-681.

POINTING, J.D., WATTERS, G.G., FORREY, R.R., JACKSON, R, STANLEY, W.L 1966. Osmotic dehydration of fruits. Food Technology. 20:125-128.

RAOULT-WACK, A.L. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. Trends in Food Science & Technology.

RAOULT-WACK, A.L., LENART, A., GUILBERT, S. 1992. Recent advances in dewatering through immersion in concentrated solutions ("Osmotic dehydration"). En: Drying of solids. Ed. Mujumdar, A.S. 21-51,

SANTOS, S.C., CAL-VIDAL, J. 1985. Auto-aglomeração de abacate em pó obtido por atomização. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 20 (5): 615-620.

SCHWARTZ, M. 1993. Conservación de frutas por métodos combinados: una alternativa de interés para los productores y la agroindustria. Simiente. 63 (4): 212-213.

SCHWARTZ, M. 1994. La deshidratación osmótica como técnica de preconservación de frutas y hortalizas. Aconex. 44(2): 10-13.

SCHWARTZ, M.; SEPÚLVEDA, M.; VILANUEVA, L. 1994a. Deshidratación osmótica de manzana (cv Granny Smith) con jarabe de maíz. Libro resumen VIII Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Uruguay, p. 54.

SCHWARTZ, M.; SILVA, C.; VERGARA, P. 1994b. Osmotic dehydration of Granny Smith apples using apple juice and hot air. Proc. of International Symposium on the Properties of Water, p. 84

SCHWARTZ, M.; VILLANUEVA, L.; SEPÚLVEDA, M. 1994c. Calidad organoléptica de la banana osmodeshidratada (var Cavendish) durante el almacenamiento. X Congreso Latinoamericano de Nutrición. Venezuela, p. 41-42.

SCHWARTZBERG, H. G.; CHAO, R. Y. 1982. Solute diffusivities in leaching processes. Food Technology. (2): 73-86.

SCUDAMORE-SMITH, P. 1984. The utilization of avocado as a frozen savoury spread. Food technology in Australia. 36 (8): 375-378.

SEPÚLVEDA, M.H. 1995. Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de manzana con jarabe de maíz. Tesis Ing. Agr., Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 135 pp.

SHAFIUR, M. 1990. Osmotic dehydration of pineapple. Journal of Food Science and Technology. 27(3): 150-152.

SOUTHWELL, K.H. 1990. Extraction and refining of oil obtained from dried avocado fruit using a small expeller. Tropical Science. 30(2): 121-131.

TORREGGIANI, D. 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International. 26: 59-68.

TURATTI, J.; SANTOS, L.; TANGO, I; ARIMA, H. 1985. Caracterizgáo do óleo de abacate obtido por diferentes processos de extragao. Boletim do Instituto de Tecnologia de alimentos, Brazil. 22 (2): 267-284.

WELTI, J. (Coord). 1991. Desarrollo de alimentos de humedad intermedia importantes para Iberoamérica. Subproyecto frutas y hortalizas. Universidad de las Américas-Puebla y Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo V Centenario CYTED-D, México. 63p.

WERMAN, M., NEEMAN, I. 1986. Effectiveness of antioxidants in refined, bleached avocado oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 63 (3): 352-355.

ANEXO I

VALORES EXPERIMENTALES DE PERDIDA DE AGUA (PA), PERDIDA DE PESO (PP) Y SÓLIDOS SOLUBLES GANADOS (SG)

Pérdida de agua (PA)

TIEMPO (horas)	T ₁ (NaCl 20% p/v)	T ₂ (MD 60%)	T ₃ (NaCl 10%-MD 50%)
1	12,22	9,27	17,14
2	13,95	14,64	24,39
3	14,72	17,95	28,34
4	15,09	19,47	32,79
5	15,21	22,72	36,37
6	14,84	22,35	39,39

Pérdida de peso (PP)

TIEMPO (horas)	T ₁ (NaCl 20% p/v)	T ₂ (MD 60%)	T ₃ (NaCl 10%-MD 50%)
1	5,00	2,79	10,72
2	6,21	7,41	16,08
3	6,04	10,01	19,58
4	6,28	12,10	24,63
5	5,80	15,55	27,30
6	5,73	17,49	30,25

Sólidos solubles ganados (SG)

TIEMPO (horas)	T ₁ (NaCl 20% p/v)	T ₂ (MD 60%)	T ₃ (NaCl 10%-MD 50%)
1	6,11	4,21	5,43
2	7,25	3,55	6,52
3	8,29	3,52	6,94
4	8,14	3,78	7,96
5	9,91	3,60	8,96
6	8,54	4,35	9,19

ANEXO H

CÁLCULOS DE TRANSFERENCIA DE MASA Y TASAS DE VARIACIÓN POR HORA (tvh) DE LOS COEFICIENTES DE DIFUSIÓN APARENTE

Transferencia de masa

Ejemplo: Pérdida de agua (PA)

Contenido de humedad inicial: 75%
Peso inicial: 98g
Contenido de humedad final: 60%
Peso final: 68g

$$PA = [(75 * 98) - (60 * 68)] / 98$$
$$PA = 32,7\%$$

Tasas de variación por hora (tvh) de los coeficientes de difusión aparente

Ejemplo: TVH de los coeficientes de difusión aparente del agua de un tratamiento "X"

TIEMPO (horas) 1	Da (m ² /s exp - 10) 35	TVH
2	2	(23-35)/3 5* 100 = -34,28
	3	(16-23)/23* 100 = -30,43
3	16	(14-16)/16* 100 = -12,50
	14	(-34-30-12)/3 = -25,73
4		
TVH promedio		

ANEXO ra

PAUTA DE VALORES UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA PALTA cv FUERTE

Apariencia	Color	Aroma	Acidez	
Excelente	Extremadamente alto, oscuro	Extremadamente aromático	Extremadamente ácido	9
Buena	Muy oscuro	Muy aromático	Muy ácido	8
Muy buena	Alto	Aromático	Ácido	7
Más que regular	Levemente oscuro	Levemente alto	Levemente ácido	6
Regular	Moderado	Normal, moderado	Normal, moderado	5
Menos que regular	Levemente bajo, claro, pálido	Bajo	Suave	4
Deficiente	Bajo	Levemente bajo	Levemente suave	3
Mala	Muy pálido	Muy bajo	Muy suave	2
Muy mala	Sin color	Sin aroma	Sin acidez	1
Dulzor	Astringencia	Intensidad de sal	Fibrosidad	
Extremadamente dulce	Extremadamente astringente	Extremadamente salado	Extremadamente fibroso	9
Muy dulce	Muy astringente	Muy salado	Muy fibroso	8
Dulce	Astringente	Salado	fibroso	7
Levemente alto	Levemente alto	Levemente alto	Levemente alto en fibrosidad	6
Normal, moderado	Normal, moderado	Normal, moderado	Moderadamente fibroso	5
Suave	Suave	Suave	Levemente bajo en fibrosidad	4
Levemente suave	Levemente suave	Levemente suave	Bajo en fibrosidad	3
Muy suave	Muy suave	Muy suave	Muy débil en fibrosidad	2
Sin dulzor	Sin astringencia	Sin sal	Sin fibrosidad	1
Amargor	Sabor	Aceptabilidad		
Extremadamente amargo	Extremadamente alto	Me gusta extremadamente		9
Muy amargo	Muy alto	Me gusta mucho		8
Amargo	Alto	Me gusta medianamente		7
Levemente alto	Levemente alto	Me gusta algo		6
Normal, moderado	Normal, moderado	No me gusta ni me disgusta		5
Suave	Bajo	Me disgusta algo		4
Levemente suave	Levemente bajo	Me disgusta poco		3
Muy suave	Muy bajo	Me disgusta mucho		2
Sin amargor	Insípido, sin sabor	Me disgusta extremadamente		1