

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

28/0-I

# ANALES

DE LA

## FACULTAD DE QUIMICA



*Clasif. Verold*

Año 1977



# “ESTUDIO DEL EQUILIBRIO OSMOTICO EN CONSERVAS DE GAJOS CITRICOS” \*

TERESITA VILLAR CAMPOS \*\*

## R E S U M E N

En el presente trabajo se estudió la evolución del equilibrio osmótico en conservas de gajos de Satsuma durante el almacenamiento, en función de la temperatura del mismo y de la concentración del jarabe utilizado.

Se comprobó que la temperatura de almacenamiento de las conservas afecta la velocidad con que se alcanza el equilibrio osmótico. Esto se manifestó al estudiar sólidos solubles y acidez en gajos y jarabe, así como peso escurrido y transparencia del jarabe. Se comprobó en todos los casos que el equilibrio se logra más rápidamente a la temperatura de almacenamiento más elevada.

Se constató asimismo, que la concentración inicial de jarabe, y por tanto, la concentración final de equilibrio, influyen sobre la velocidad con que se se logra el equilibrio osmótico.

Estudiados los mismos parámetros de intercambio, el equilibrio se logra antes a la menor concentración final deseada.

## SUMMARY

At the present work, the evolution of the osmotic equilibrium in segments of Satsuma, during the storage, was studied in function of its temperature and the concentration of the sirup.

It was tested that the temperature of the storage of the canned segments, affects the rate to reach the osmotic equilibrium. This was revealed on studying the soluble solids and the acidity, in segments and sirup, as well as the drained weight and the transparency of

---

\* Trabajo realizado en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos de Valencia (España).

\*\* Cátedra de Bromatología. Facultad de Química. Montevideo, Uruguay.



the sirup. In all the cases, it was proved that the equilibrium was obtained faster to the highest storage temperature.

It was also proved, that the initial concentration of the sirup and therefore the final concentration of equilibrium, influence on the rate to obtain the osmotic equilibrium. When the same parameters of interchange were studied, the equilibrium is achieved sooner at the minor final concentration wished.

## INTRODUCCION

La industria cítrica ha alcanzado una notable importancia económica en la comercialización de estos frutos. En los últimos años han adquirido un interés creciente las conservas de gajos o segmentos cítricos, especialmente de naranja Satsuma.

Se han realizado numerosos estudios sobre cultivo, materias primas y procesos de industrialización (Primo et al. 1964; Primo et al. 1965; Primo et al. 1968; Muñoz et al. 1968; Rao et al. 1969; Chachin et al. 1971).

Este tipo de conservas se fabrica según el siguiente esquema general: a) escaldado, que tiene por objeto facilitar la eliminación de la corteza; b) desgajado, mecánico o manual; c) eliminación de las membranas carpelares de los gajos por un proceso químico en dos etapas: pelado en medio ácido con objeto de hidrolizar pectinas y pelado en medio alcalino para hidrolizar la celulosa.

Las legislaciones internacionales exigen para la comercialización de conservas de gajos cítricos, el cumplimiento de determinadas normas respecto a grados Brix finales y peso escurrido. Esas condiciones se alcanzarán a través de un intercambio osmótico entre los gajos de la fruta y un jarabe azucarado concentrado. El intercambio tiene lugar durante el almacenamiento de las conservas, hasta que se alcanza el equilibrio osmótico.

El estudio de la velocidad con que se alcanza ese equilibrio bajo distintas condiciones de fabricación y almacenamiento, interesa desde el punto de vista de comercialización, para conocer el momento óptimo para vender las conservas, cumpliendo con los requisitos de la legislación y con las exigencias del consumidor.

A pesar del interés práctico que el conocimiento de todos estos factores puede representar, no existe hasta el momento bibliografía



específica sobre el tema disponible. Lo que puede encontrarse, son estudios sobre equilibrios a través de membranas biológicas o en sistemas no vivos, todos ellos enfocados con un criterio estrictamente teórico (Spencer 1960; Durbin 1960; Gremy et al. 1962; Rickles 1966).

El presente trabajo estudia la evolución del equilibrio osmótico de conservas de gajos de Satsuma a lo largo del almacenamiento, en función de la temperatura del mismo y de la concentración del jarabe utilizado.

### MATERIALES Y METODOS

**Materia prima** — Se usaron naranjas de variedad Satsuma con las siguientes características: acidez 0.47 % expresada como ácido cítrico anhidro; grados Brix: 9.1; índice de madurez: 19.1.

**Proceso de fabricación** — En primer lugar se procedió al escaldado de las naranjas a 90-95°C durante 2 minutos para facilitar el pelado manual, previo al desgajado. A continuación se realizaron sucesivamente un tratamiento ácido (20 minutos en agua descalcificada a 45°C en una solución al 2,5 % de ácido clorhídrico de 20-21° Baumé), lavado y tratamiento alcalino (4 minutos en solución de hidróxido de sodio 1 % a 40°C) y enjuagado final. Después de un escurrido, los gajos se envasaron en latas de 11 onzas que se llenaron con jarabe a 80°C. Finalmente se cerraron las latas y se esterilizaron a 85°C durante 20 minutos.

**Plan de las experiencias** — El envasado se realizó en todos los casos con 270 gramos de gajos, y se completó el peso a 330 gramos con jarabe a 80°C. Se prepararon simultáneamente, dos lotes de conservas que se almacenaron según el siguiente esquema:

Temperatura de almacenamiento	Concentración inicial de jarabe	Concentración final deseada
20°C	34° Brix	14° Brix
	48° Brix	17° Brix
37°C	34° Brix	14° Brix
	48° Brix	17° Brix

**Controles analíticos** — A intervalos de 6 días se extrajo una lata de cada condición de elaboración y se sometió a los siguientes controles:



*Peso escurrido*: Determinado usando un tamiz de 3 mm de malla y un tiempo de drenaje de 5 minutos.

*Acidez*: Se determinó sobre 10.0 ml. de líquido. En el caso de los gajos se usó un triturado filtrado a través de papel jarabe. Se hizo valoración con NaOH 0.1 N hasta pH 8.2 con pH-metro. El resultado se expresa en % (P/V) de ácido cítrico anhidro.

*Sólidos solubles*: Se determinaron en jarabe y triturado de gajos con un refractómetro a 20°C. Los resultados se expresan en grados Brix.

*Transparencia del jarabe*: Se determinó en espectrofotómetro Beckmann DU con cubeta de sección cuadrada de 1 cm de lado y fototubo sensible al rojo, a una longitud de onda de 720 nm; sobre un filtrado de jarabe y después de 10 minutos de obtenido. El resultado se expresa como % de transmisión.

## RESULTADOS Y DISCUSION

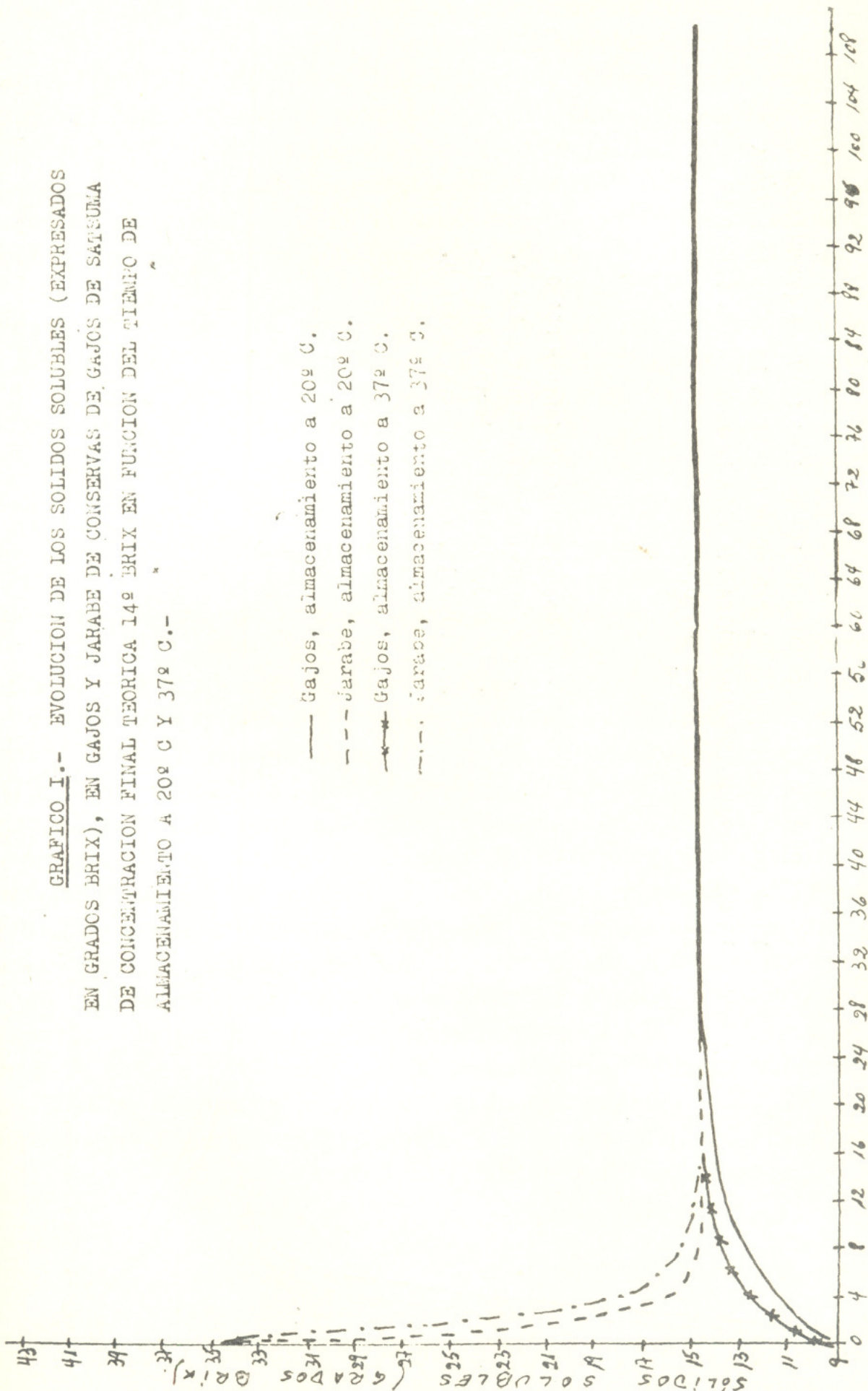
Los resultados obtenidos en estas experiencias se expresan en los gráficos I a VI.

**Grados Brix** — En los gráficos I y II se representa la variación en la cantidad de sólidos solubles expresados como grados Brix a lo largo del almacenamiento a 20° y 37°C, para concentraciones finales calculadas de 14 y 17° Brix, respectivamente. En dichos gráficos se observa que ya a los doce días de almacenamiento, todas las conservas han llegado a valores muy próximos al equilibrio. Resulta más acentuada la variación en el jarabe. El alcance de ese equilibrio se logra en un tiempo de almacenamiento de aproximadamente 15 días a ambas temperaturas de almacenamiento para 14° Brix finales (unos 12 días para temperatura de 37°C y unos 20 días para 20°C). Para las condiciones de 17° Brix finales teóricos, el equilibrio se alcanza en aproximadamente 30 días (unos 26 días para 37°C y unos 32 días para 20°C). La velocidad de aproximación al equilibrio a 37°C es mayor que a 20°C, lo que es fácilmente explicable por la resolución de la segunda ley de Fick de difusibilidad:

$$D = \tau \lambda^2 \frac{Kg T}{h} e^{-\frac{\Delta F}{RT}} \quad (\text{Casey, 1962})$$



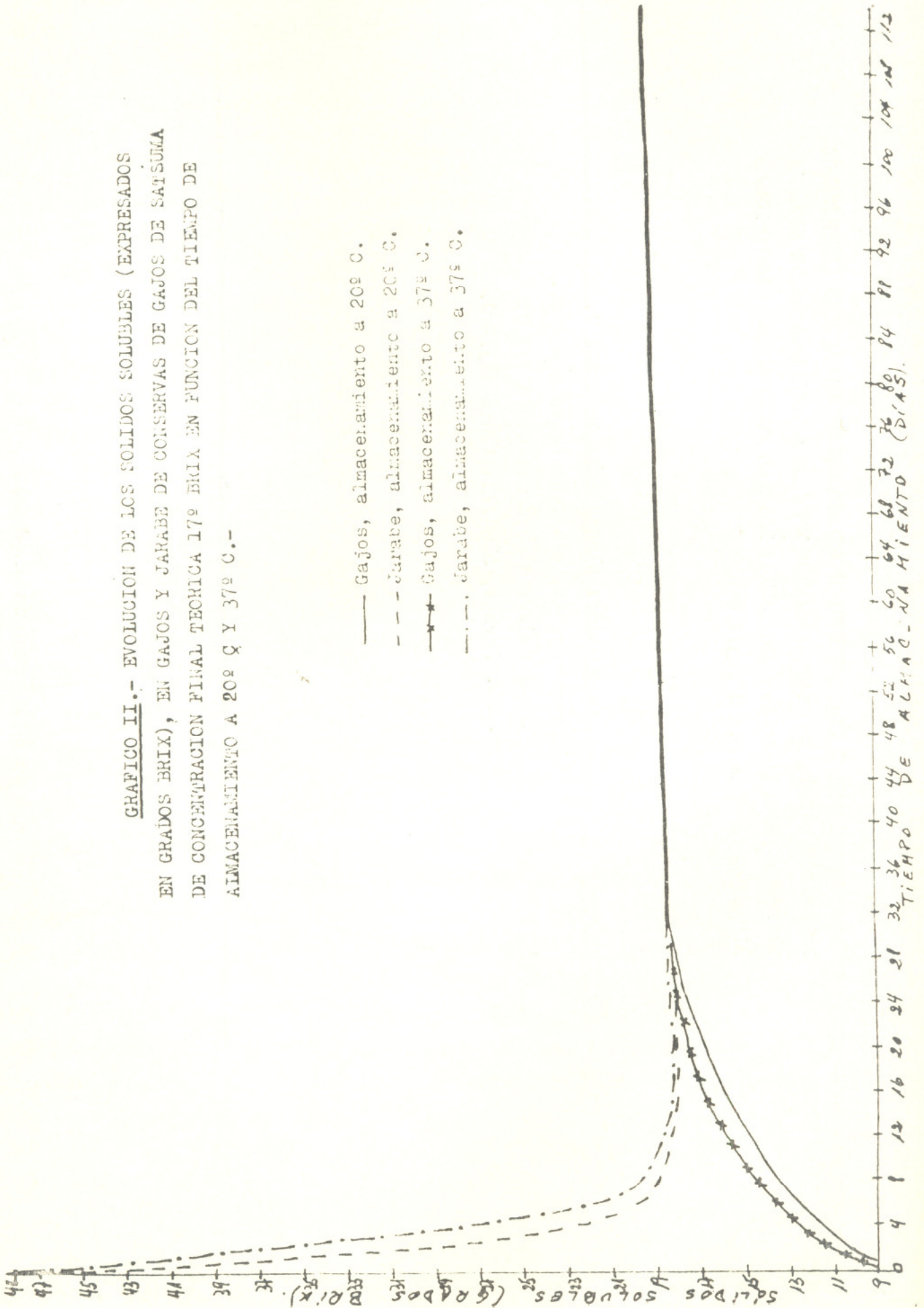
GRAFICO I.- EVOLUCION DE LOS SOLIDOS SOLUBLES (EXPRESADOS EN GRADOS BRIX), EN GAJOS Y JARABE DE CONSERVAS DE GAJOS DE SATSUMA DE CONCENTRACION FINAL TEORICA 14º BRIX EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 20º C Y 37º C.-



Tiempo de almacenamiento (días).

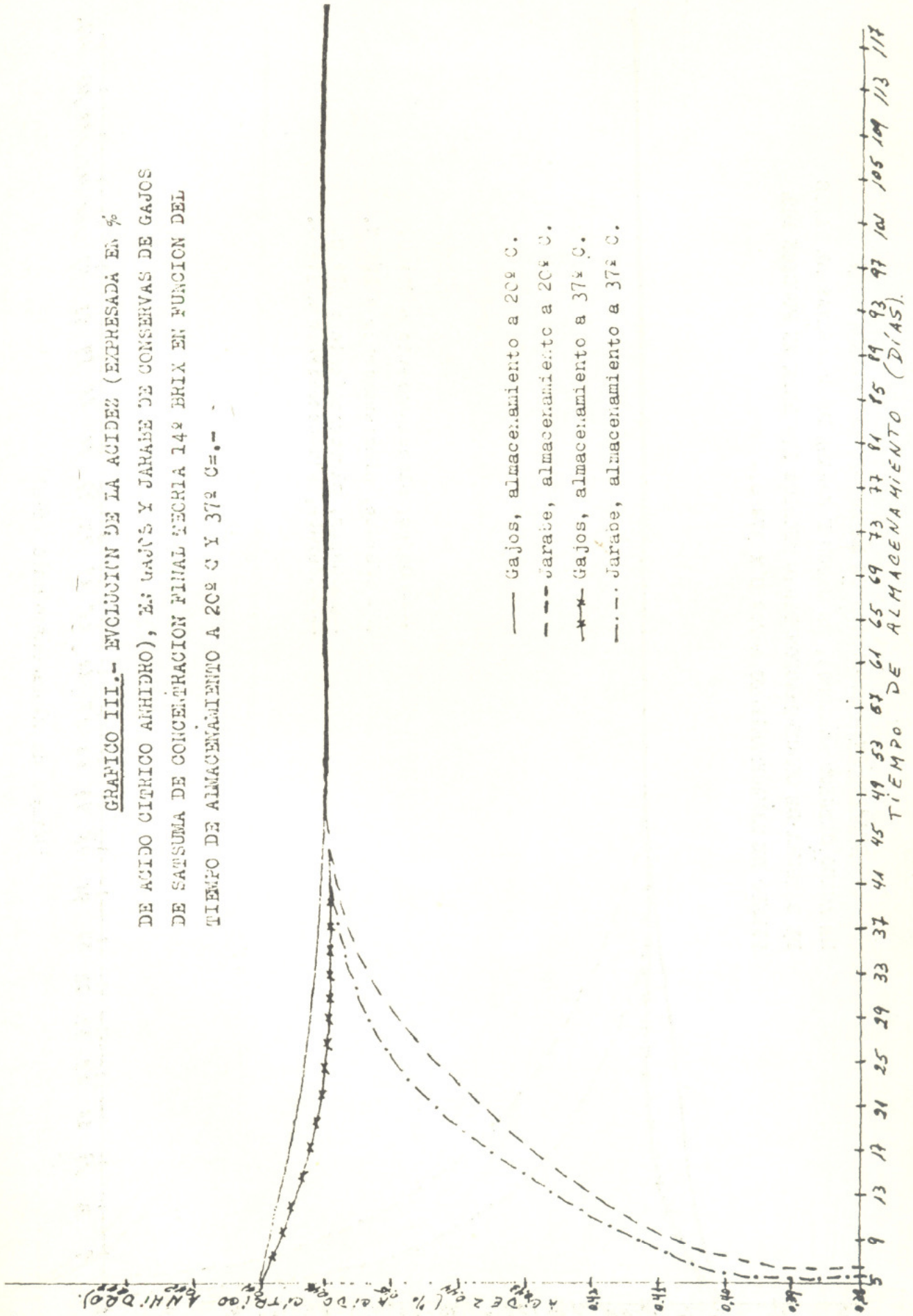
GRAFICO II.- EVOLUCION DE LOS SOLIDOS SOLUBLES (EXPRESADOS EN GRADOS BRIX), EN GAJOS Y JARABE DE CONSERVAS DE GAJOS DE SATSUMA DE CONCENTRACION FINAL TECNICA 17° BRIX EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 20° Q Y 37° C.-

- Gajos, almacenamiento a 20° C.
- - - Jarabe, almacenamiento a 20° C.
- \* - Gajos, almacenamiento a 37° C.
- . . - Jarabe, almacenamiento a 37° C.





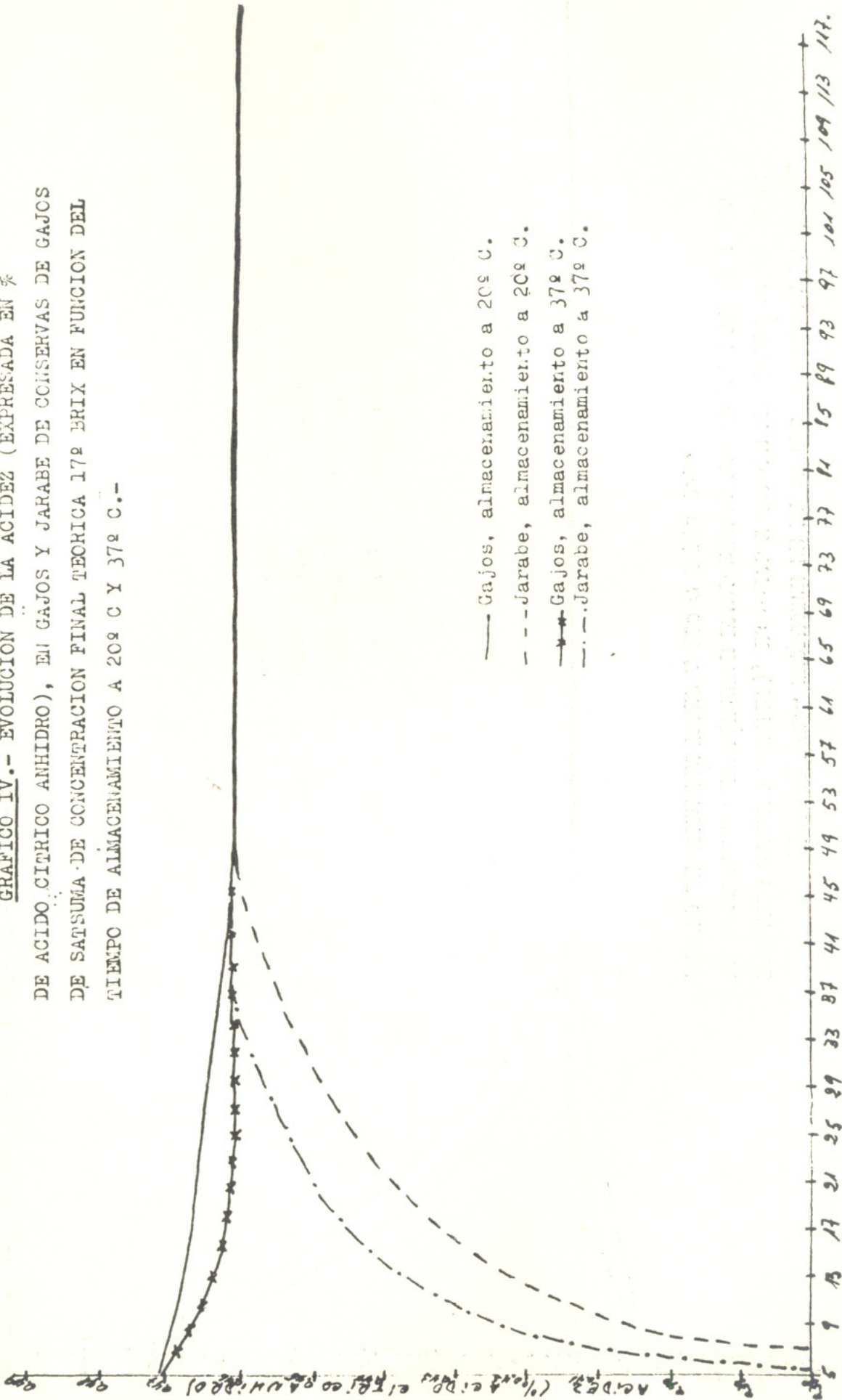
**GRAFICO III.- EVOLUCION DE LA ACIDEZ (EXPRESADA EN % DE ACIDO CITRICO ANHIDRO), EN GAJOS Y JARABE DE CONSERVAS DE GAJOS DE SATSUMA DE CONCENTRACION FINAL SECHIA 14% BRIX EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 20° C Y 37° C.-**



- Gajos, almacenamiento a 20° C.
- - - Jarabe, almacenamiento a 20° C.
- · - Gajos, almacenamiento a 37° C.
- · · Jarabe, almacenamiento a 37° C.



GRAFICO IV.- EVOLUCION DE LA ACIDEZ (EXPRESADA EN % DE ACIDO CITRICO ANHIDRO), EN GAJOS Y JARABE DE CONSERVAS DE GAJOS DE SATSUMA DE CONCENTRACION FINAL TEORICA 17% BRUX EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 20° C Y 37° C.-



Tiempo de almacenamiento (días).



GRAFICO V.- EVOLUCION DEL PESO ESCURRIDO EN CONSERVAS DE GAJOS DE SATSUMA EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 20° C y 37° C.-

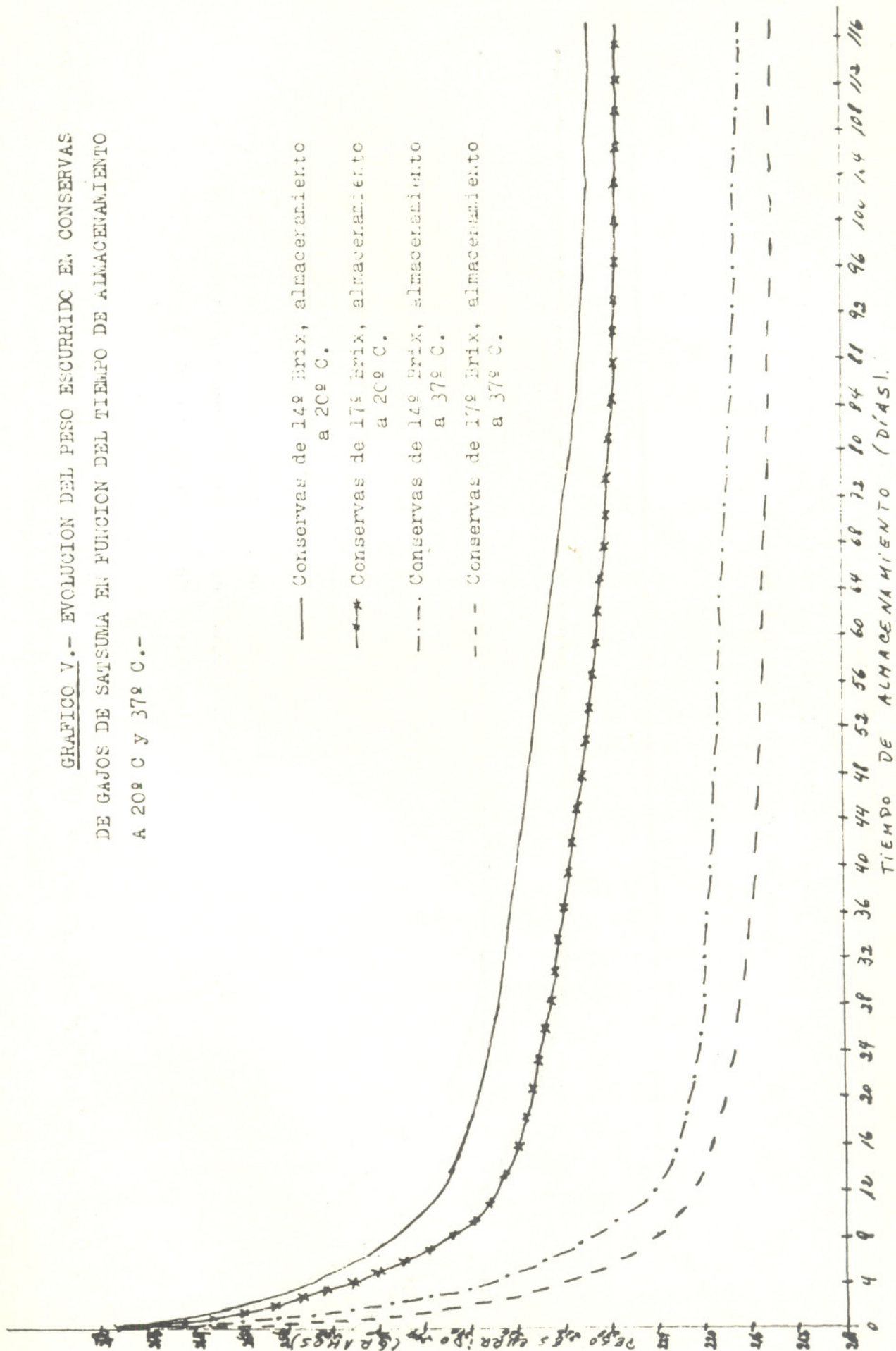
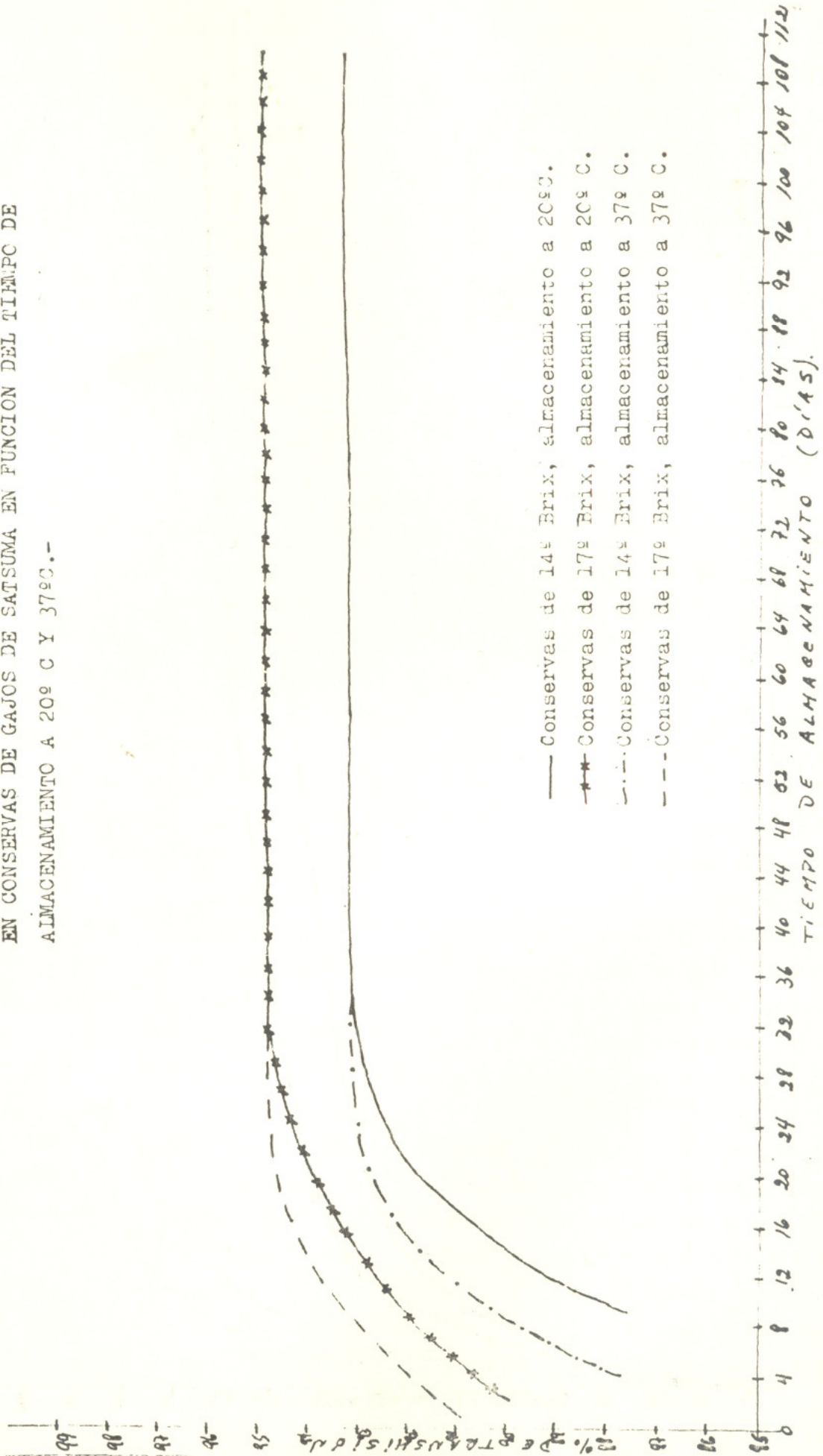




GRAFICO VI.- EVOLUCION DE LA TRANSPARENCIA DEL JARABE  
 EN CONSERVAS DE GAJOS DE SATSUMA EN FUNCION DEL TIEMPO DE  
 ALMACENAMIENTO A 20º C Y 37º C.-



— Conservas de 14% Brix, almacenamiento a 20º C.  
 -\*- Conservas de 17% Brix, almacenamiento a 20º C.  
 -.-.- Conservas de 14% Brix, almacenamiento a 37º C.  
 --- Conservas de 17% Brix, almacenamiento a 37º C.



en la que  $\tau$  es el coeficiente de transmisión;  $\lambda$  es la distancia en cm;  $Kg$  es la constante de Boltzmann;  $h$  es la constante de Planck;  $\Delta F$  es la energía libre de activación y  $T$  la temperatura absoluta en  $^{\circ}K$ .

Comparando los gráficos, se comprueba que la velocidad de acercamiento al equilibrio es mayor para la concentración final de 14 $^{\circ}$  Brix, y a su vez de ésta a temperatura de almacenamiento de 37 $^{\circ}C$ .

Se puede constatar también, que la concentración final de equilibrio que se alcanza es, en todos los casos, algo superior a la calculada teóricamente. Este mismo hecho se comprobó en ensayos previos realizados sobre conservas fabricadas en diferentes fechas y en condiciones de elaboración variables. Esto podría explicarse porque en el cálculo se considera que gajos y jarabes sólo aportan líquido azucarado, cuando en realidad los gajos contienen una parte insoluble que influye en el volumen.

**Acidez** — En los gráficos III y IV se representa la variación de la acidez, expresada en % de ácido cítrico anhidro, para las dos concentraciones finales y las dos temperaturas de almacenamiento. El aumento de acidez en el jarabe es grande, y una vez más se comprueba que la velocidad de intercambio es mayor para la temperatura de almacenamiento superior. El equilibrio se alcanza en aproximadamente 45 días (unos 41 días para 37 $^{\circ}C$  y unos 47 días a 20 $^{\circ}C$ ), para la concentración final deseada de 14 $^{\circ}$  Brix. Para los 17 $^{\circ}$  Brix finales, el equilibrio se logra en unos 47 días (aproximadamente 45 días para 37 $^{\circ}C$  y aproximadamente 49 días para 20 $^{\circ}C$ ). También en este caso, el alcance del equilibrio se obtiene antes a la concentración final más baja.

La comparación de los resultados correspondientes a grados Brix y acidez, nos muestra que el alcance del equilibrio se logra antes para grados Brix que para acidez. Esto podría ser explicado por el mecanismo de intercambio de sacarosa y ácido cítrico entre gajos y jarabe. El intercambio de sacarosa se logra principalmente por diferencia de presión osmótica entre el interior y el exterior del gajo; en cambio, el intercambio de ácido cítrico se produce por selectividad de la membrana desde el interior del gajo al exterior. Debido a que la concentración de sacarosa es mucho mayor que la de ácido cítrico, podría considerarse que el intercambio es más rápido.

**Peso escurrido** — En el gráfico V, se representa la variación del peso escurrido a lo largo del período de almacenamiento. Se observa que la disminución del peso escurrido es más acentuada al comienzo



del período de almacenamiento para sufrir luego una estabilización a partir de los 12 días.

Para la concentración final deseada más elevada, ese descenso es más pronunciado y a su vez es mayor cuando la temperatura de almacenamiento aumenta. En los 110 días de almacenamiento estudiados, no se ha logrado la estabilización del peso escurrido, aunque puede considerarse una oscilación respecto a una media.

**Transparencia del jarabe** — En cuanto a la transparencia del jarabe, su variación está dada en el gráfico VI. Se aprecia que la transmisión de la luz es mayor para los jarabes correspondientes a conservas de 17° Brix finales. A partir de un período de almacenamiento de 40 días para las conservas de 14° Brix finales teóricos, y de 32 días para las de 17° Brix; puede observarse una estabilización de la transparencia del jarabe. Como en todos los casos, es fácil ver que la velocidad con que se logra la estabilización es mayor para almacenamiento a 37°C que a 20°C.

**CONCLUSIONES** — La temperatura de almacenamiento de las conservas afecta la velocidad con que alcanza el equilibrio osmótico. Esto se manifiesta al estudiar sólidos solubles y acidez en gajos y jarabe, peso escurrido y transparencia del jarabe. Se comprueba en todos los casos que el equilibrio se logra más rápidamente a la temperatura de almacenamiento más elevada.

La concentración inicial de jarabe y por tanto, la concentración final de equilibrio también influyen sobre la velocidad con que se logra el equilibrio. Estudiados los mismos parámetros de intercambio, el equilibrio se logra antes a la menor concentración final deseada.

### Bibliografía

- Casey, E. J., 1962. "Biophysics. Concepts and mechanisms". Reinhold Publishing Corporation. New York.
- Chachin, K.; Ogata, K., 1971. "Studies on maturation changes in fruits induced by gamma radiation. VII. Effects of ionizing radiation on respiratory rates, ethylene production and quality of Satsuma oranges". Food Irradiation 6 (1), 11-20, citado en Food Sci. & Tech. Abst. 10 J 1611 (1972).
- Durbin R. P., 1960. "Osmotic flow of water across permeable cellulose membranes". J. Gen. Physiol. 44, 315 - 26, citado en C. A. 55; 14017 b (1961).
- Gremy, F.; Pages, J. C., 1962. "Physical aspects of osmotic phenomena". Rev. Franc. Etudes Clin. Biol. 7, 648 - 60, citado en C. A. 57: 12810 c (1962).



- Muñoz, L. *et al.*, 1968. "Conservación por el frío de mandarina de la variedad Satsuma". *Rev. del Frío* 13 (2), 75.
- Primo, E.; Durán, L.; Flores, J., 1964. "Aptitud de la naranja Navelate para la industrialización". *Rev. A.T.A.* 4 (2), 255.
- Primo, E.; Royo, J.; Sala, J. M., 1965. "Una nueva variedad de tipo Navel apta para la industrialización". *Rev. A.T.A.* 5 (4) 495.
- Primo, E.; Flores, J.; Sala, J. M., 1968. "Conservas de gajos en almíbar con naranjas tipo Navel". *Rev. A.T.A.* 8 (4), 482.
- Rao., P.V.S. *et al.*, 1969. "Canning of sweet orange (*Citrus sinensis osbeck* var. *sathgudi*). II Canning of segments and circles". *Indian Food Packer* 23 (2), 42 - 47; citado en *Food Sci & Techn. Abst.* 1 (12), 12 J 1107 (1969).
- Rickles, B. N., 1966. "Molecular transport in membranes". *Ind. Eng. Chem.* 58 (6), 18 - 35.
- Spencer, H. G., 1960. "Correlation of osmotic properties of membranes with structure", citado en *C. A.* 54; 9443 g.

AGRADECIMIENTO: Al Al Dr. Luis Durán Hidalgo, bajo cuya dirección se realizó el presente trabajo.