

Penetración del Calor y Esterilización "Rotativa" en Envases de Conservas

Ing. Agr. PEDRO MENENDEZ LEES
Profesor de Industrias Agrícolas

Ing. Agr. J. MILANS
Agrónomo Regional

Trabajo realizado en la Cátedra de Industrias Agrícolas.

En la elaboración de conservas — frutas, hortalizas, etc. — la operación fundamental en el proceso industrial es la esterilización, que tiene por objeto la destrucción de los microorganismos presentes, con la finalidad de que el producto se conserve por largo tiempo inalterado.

Es lo que APPERT ensayó y aplicó como método de conservación de alimentos perecederos, creando así la industria conservera, de tan rápida y extendida evolución, sobre todo en los últimos 50 años.

Es un hecho bien conocido que las frutas, en su estado natural, tienen, en general, una variada flora microbiana superficial, de la que interesan, prácticamente, los agentes fermentadores y los patógenos. Las hortalizas, por su parte, en las investigaciones realizadas, han puesto también de manifiesto una flora heterogénea, consecuencia, sobre todo, de su contaminación por el suelo, más o menos intensa o aun mismo peligrosa, desde el punto de vista higiénico, según las prácticas de cultivo, clase y especie de abonos y riegos utilizados, principalmente.

La esterilización de los envases de conservas en los autoclaves o retortas se hace por trasmisión del calor, mediante "convección" y "conducción".

"Conducción" es la trasmisión del calor de molécula a molécula, a través de la masa de un cuerpo; en tanto que la trasmisión de calor por "convección" se caracteriza por la presencia de un agente intermediario, que transporta el calor, por su propio movimiento.

Si en un envase con agua, aplicamos calor, por ejemplo, sube primero la temperatura en las proximidades de la superficie calentada, y el agua caliente se eleva, en el envase, transportando el calor por "convección", a todo el resto del contenido. En cambio, si el contenido es sólido, no se verifican movimientos de corrientes por "convección" y la transferencia del calor se hace por la masa del cuerpo calentado: por "conducción".

En la esterilización de un envase de conservas, la transferencia del calor se hace por "convección" y "conducción", en proporción a las características del producto. Y así tenemos que en un tarro de arvejas, por ejemplo, las corrientes de "convección" se mueven con agilidad entre el producto, calentándolo con rapidez. En cambio, en un envase con espinacas, la transmisión es más lenta, verificándose a través de la masa, principalmente por "conducción". Pero en el primer caso, también hay transferencia de calor por la sustancia sólida, por "conducción"; y en el segundo, también por el jugo, mediante "convección".

Las sustancias coloidales interfieren las corrientes por "convección" y si su porcentaje es elevado, pueden llegar a inhibirlas. En una solución, por ejemplo, con 10 % de almidón, que a la temperatura de 100°C es absolutamente líquida, no se produce, en cambio, transmisión del calor por "convección", y un envase en estas condiciones, en la esterilización, se comporta en cuanto a la transmisión del calor, como un envase con un producto sólido.

W. E. BIGELOW, reputado especialista americano y con quien la industria conservera ha contraído una gran deuda de reconocimiento, expresa que en el estudio de la penetración del calor hasta el centro de un envase es necesario también considerar, cómo se verifica la distribución del calor en el autoclave durante el proceso de la esterilización, para lo cual se requiere vigilar que el aparato esté equipado en forma que la temperatura sea uniforme en el mismo, ya que la experiencia demuestra también que diversas causas pueden interferir con esta deseada uniformidad, (disposición y características de los caños — orificios de purga, etc.) (1).

Lo expuesto sobre transmisión del calor en los envases se confirma por el gráfico que sigue, de BIGELOW.

La curva N° 1 corresponde a un tarro de arvejas, constatándose la rapidez con que la temperatura se eleva en el centro del mismo. Cuando la temperatura en el autoclave alcanzó el grado deseado — 240°F — ya en el centro del envase se tenía 238°F; y luego, en 6 minutos, se equilibraron las temperaturas: en el centro del envase y en la retorta: 240°F.

En cambio, en la curva N° 2, que se refiere a un envase con 24 onzas de "corned beef", el tiempo requerido para alcanzar el equilibrio de la temperatura en el centro del envase, es considerablemente mayor, por la naturaleza de su contenido, lo que determina que la transmisión del calor se haga por "conducción", principalmente molécula a molécula, en tanto que en el primer caso se ha hecho, sobre todo, por "convección".

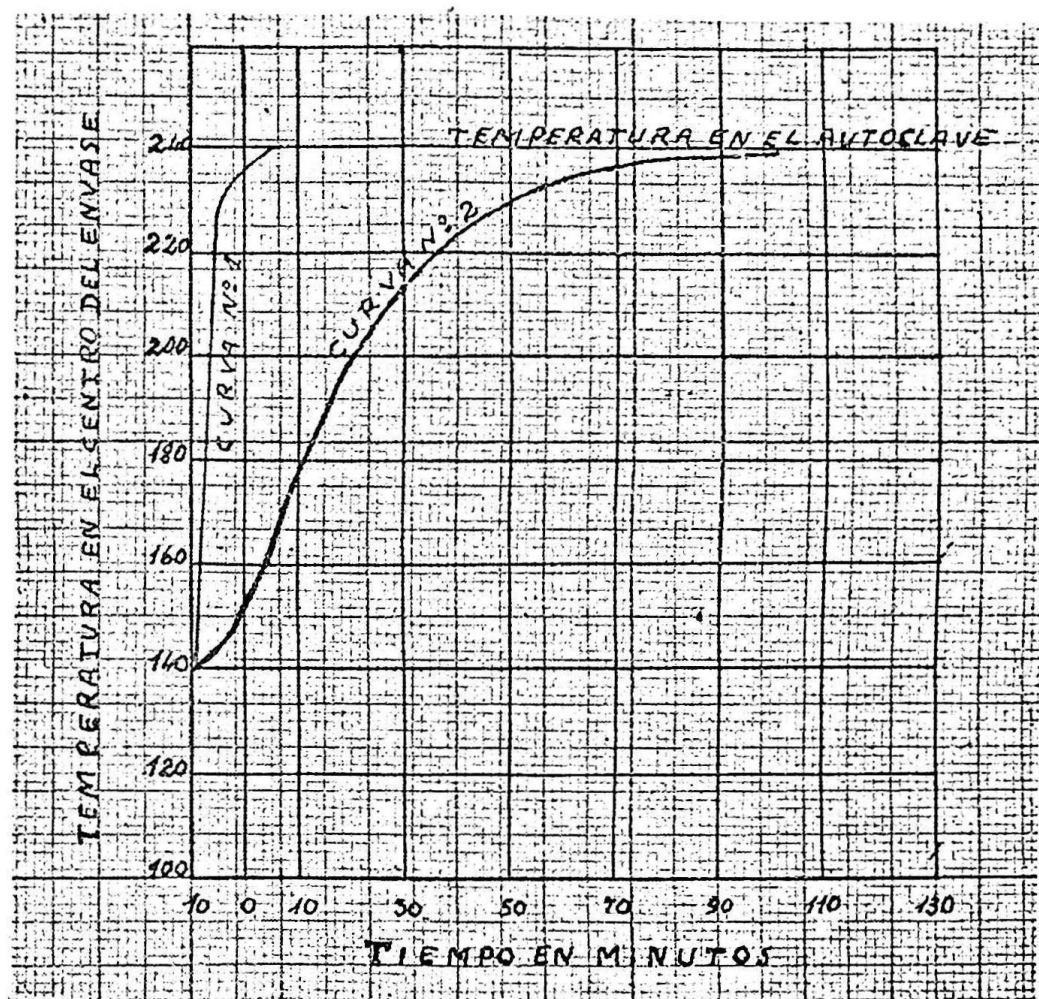


Fig. 1. — Curva N° 1 (arvejas).

Curva N° 2 (corned beef). (BIGELOW).

W. V. CRUESS señala como finalidades de la esterilización:

1° Esterilizar el producto,

2° — Mejorar su textura, sabor y aspecto, por el cocimiento.

Y agrega: la esterilización es lo más importante; pero debe efectuarse también **en el espacio de tiempo más breve que sea posible** a fin de evitar la excesiva cocción o la sobrecocción del producto, que perjudica su sabor y su textura. Pero — con toda prudencia — añade: debido a pérdidas considerables, en el pasado, de alimentos insuficientemente esterilizados; la tendencia industrial actual en cambio, se inclina más bien por prolongar el

tiempo de esterilización (sobreesterilización) que por acortarlo. (2. Pág. 81).

En la técnica conservera se han precisado los términos sobre el particular.

Técnicamente, "esterilizar" significa la destrucción total y completa de la flora microbiana contenida en el alimento que se desea conservar, mediante la acción del calor. Lo que, sin duda, constituye, para el conservero, el ideal. Pero debe recordarse la posible presencia, en diversos alimentos, de bacterias con esporos resistentes al calor — bacterias termofílicas o termófilas, esporos — como se ha demostrado que en algunos casos pueden llegar a requerir hasta varias horas de tratamiento a la temperatura de ebullición, para lograr su destrucción; pero con el resultado simultáneo de que, a la vez, el producto pierde o disminuye en forma más o menos acentuada sus cualidades comerciales.

Los americanos usan los términos "sterilization" y "processing".

Los conserveros franceses hablan de "stérilisation totale" y de "stérilité pratique".

El término "sterilization" significa destrucción absoluta de todos los microorganismos: "Esterilización total", o "complete sterility" o "stérilisation totale".

"Processing", "stérilité pratique", "commercial sterility", esterilización comercial y práctica" se aplica a un tratamiento que conserva el alimento — como dice T A N N E R "comercialmente sano durante el tiempo que se manipula el envase (can) correctamente "aún cuando pueda contener esporos no destruidos por el calor (3. Pág. 532).

Para CRUESS, sin embargo, "processing" y esterilización son términos sinónimos. (2. Pág. 81).

El Profesor PEDRO MENENDEZ LEES insiste siempre sobre el particular, puntualizando que la "seguridad sanitaria de conservación" es el factor dominante y principal, lo que implica completo acuerdo con los puntos de vista de CRUESS. (4).

En la práctica conservera, en la industria nacional, el proceso de esterilización, con frecuencia, obedece, o se aplica, según normas derivadas exclusivamente de la práctica, y que establecen o determinan la "rutina del trabajo".

La esterilización se caracteriza por **temperatura** y por **tiempo de duración**, o efecto de la misma. Es decir: dos factores, que la "rutina" tiende con frecuencia a estabilizarlos, para cada tipo de envase, de acuerdo con su volumen y para cada producto determinado, en las diferentes elaboraciones.

Sobre este particular, y de acuerdo con la experiencia, conviene puntualizar que para la mayoría de las conservas de productos vegetales no pueden fijarse normas o números **absolutos y constantes** de grado de temperatura y de duración de tiempo de actuación del mismo.

En efecto: la experiencia ha puesto de manifiesto que en la temperatura y duración de la esterilización, deben tomarse también en consideración los siguientes factores, entre otros:

- 1) estado de la materia prima; naturaleza de su contaminación o infección; y quantum microbiano de infección.
- 2) reacción del producto,
- 3) penetración del calor en el recipiente de la conserva (vidrio, hojalata, etc.) (5. Pág. 68).

En esta comunicación no es nuestro propósito poner de manifiesto la importancia e influencia de estos factores, en forma detallada y minuciosa.

Sólo puntualizamos la necesidad de trabajar, como lo preconiza con insistencia el Profesor MENENDEZ LEES, con **materia prima sana y limpia, y rápidamente**. (4).

La práctica ya ponía en evidencia, y la técnica lo ha confirmado, la influencia favorable de la reacción ácida, en la obtención de una más eficiente conservación.

BIGELOW ha hecho estudios fundamentales sobre el particular. Damos a continuación su tabla (BIGELOW y CATHCART) de valores pH en varios productos vegetales conservados y que ponen de manifiesto su posición relativa en la escala de concentración de hidrogenios. (2. Pág. 91).

Los trabajos de SKINNER y GLASCOW han demostrado que el agregado de ácido acético en conservas de espárragos permite bajar a 100° C la temperatura de esterilización. (6: Pág. 292).

WEISS puso de manifiesto que los esporos del *B. botulinus* son destruidos en 10 minutos a 100°C, en solución de ácido cítrico al 2 % (pH 3,16), en tanto que se requieren 90 minutos a 100°C para un pH 6,6 (6. Pág. 292).

Aun cuando en otra comunicación haremos referencia a nuestras observaciones sobre el particular, queremos adelantar que la consecuencia de lo expresado no significa que la acidificación de las conservas pueda efectuarse o aplicarse correctamente, como simple práctica industrial de "rutina". Exige la intervención técnica, en todos los casos. En efecto: la observación pone de manifiesto la variabilidad del pH en el curso de las operaciones del proceso industrial — precalentamiento, esterilización — como consecuencia de la coagulación de las sustancias "tampon";

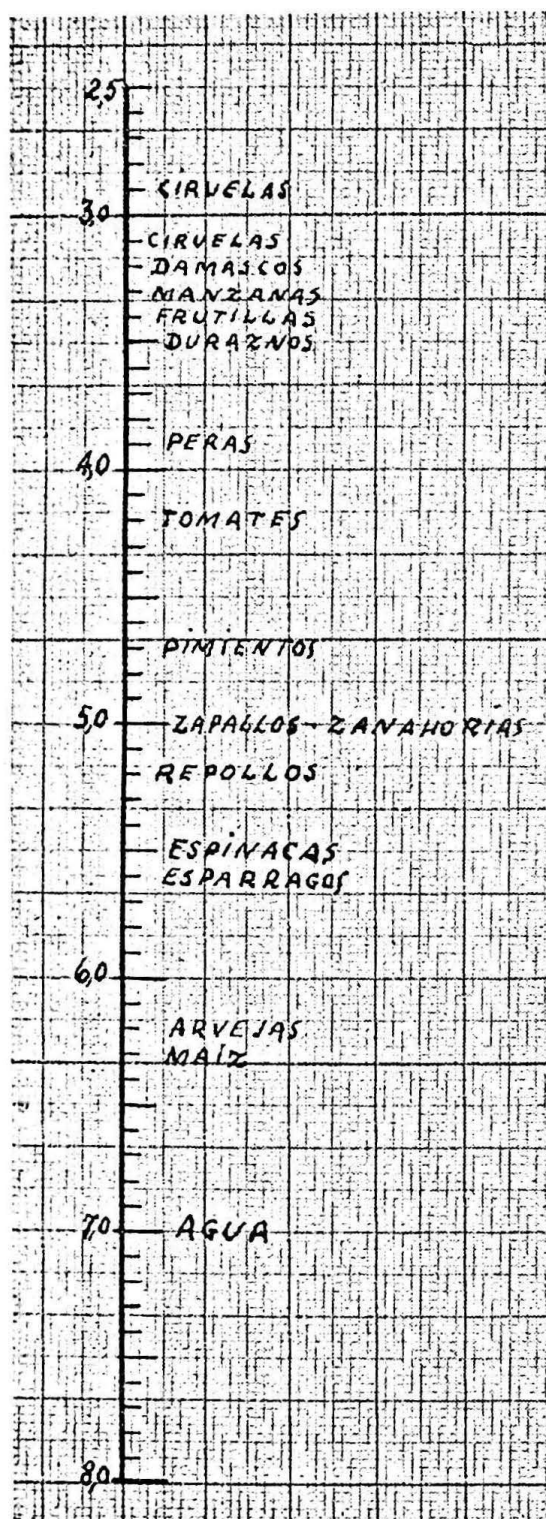


Fig. 2. — pH de varias conservas de frutas y hortalizas (BIGELOW y CATHCART)

descomposición (por el calor) de sustancias orgánicas; formación de ácidos orgánicos débiles, etc. De manera que la eficiente elaboración no puede reducirse simplemente a repetir y manipular una "receta", como con frecuencia acontece. Cada elaboración tiene características precisas. No se trabaja siempre en condiciones idénticas. De aquí la necesidad del control técnico, en todos los casos.

La comprobación de la temperatura máxima alcanzada en el centro del recipiente de la conserva, y la marcha de la misma, en el curso de la esterilización, constituyen datos de buena orientación del proceso.

En efecto: la temperatura de esterilización debe asegurar la conservación indefinida (esterilización) o prolongada (comercial) de modo que el comprador de un envase de alimento reciba un producto higiénicamente irreprochable, a la vez que con cualidades que lo hagan agradable: presentación o aspecto, sabor, textura, etc., y conservando al máximo, su valor bromatológico.

Hemos dicho que la "sanidad" del alimento es el factor preponderante. Por lo que se deben sacrificar los demás factores, en el grado necesario, y para lo cual el producto conservado debe recibir el "calor de esterilización" requerido, función de la temperatura y del tiempo indispensable de tratamiento.

El presente trabajo tiene por finalidad hacer conocer los ensayos que a este respecto hemos realizado en el Laboratorio de la Cátedra de Industrias Agrícolas de la Facultad de Agronomía, a la vez que procurando también, poner en evidencia las ventajas de la esterilización "rotativa" o en movimiento, como método industrial que procura un eficaz proceso térmico, de correcta esterilización en tiempo más breve, más reducido, sin menoscabo del factor "sanidad" y con beneficio y ventaja en el aspecto comercial, sobre la calidad del producto, por menos tiempo de exposición, en el calentamiento o cocido.

Previamente, a la exposición de nuestras observaciones, sobre el particular, transcribiremos una síntesis de TANNER que refiere cómo los investigadores del Research Laboratory of the National Cannery Association, consideran los factores que influyen sobre la velocidad de penetración del calor en los alimentos envasados. (3. Pág. 535).

1º — **Forma y tamaño del recipiente.** Es evidente que los envases mayores requieren un mayor tiempo de esterilización en la retorta o autoclave, que los recipientes pequeños, lo que se debe al mayor recorrido del calor. Además, los envases grandes

tienen menor proporción de superficie a volumen, en relación a envases menores.

2º — **Consistencia del alimento.** La penetración del calor se hace más rápidamente en envases con líquido abundante — almibar o salmuera — que en recipientes con productos sólidos o viscosos. Los trabajos de MAGOON y CULPEPPER sobre el particular son bien demostrativos (Bull. N° 1022, U. S. Dept. of Agr.) Investigando la penetración del calor en envases N° 2, 3 y 10, utilizando agua destilada, constataron que en los envases N° 2 se alcanzaba en 9 minutos, aproximadamente, la temperatura del baño; y en envases N° 3, en tiempo ligeramente mayor. El envase N° 10, requirió 10 minutos. (1).

Las soluciones diluidas de azúcar y de sal tienen poco efecto sobre el tiempo o duración de penetración del calor. En cambio, se constató una influencia considerable, utilizando soluciones de azúcar (jarabes) concentradas.

Experimentando con soluciones de almidón—1, 2, 3, 4, 5%—se comprobó una progresiva inhibición a la penetración del calor con el aumento de la concentración del almidón.

3º — **Reacción:** Se le ha indicado también como un factor que afecta la penetración del calor. Según las investigaciones de la National Canners Association es probablemente un factor de menor importancia, (en lo que discrepan con otros investigadores).

4º — **Locación del recipiente en la retorta.** BIGELOW y sus colaboradores observaron, en latas de maíz envasado, que el calentamiento de las mismas, en el centro de la retorta, se efectuaba tan rápidamente como en su periferia. Tampoco se comprobó diferencias entre los envases ordenadamente dispuestos en el interior del autoclave y los puestos "a granel". (Tratándose de leche envasada los resultados fueron distintos).

La retorta debe tener, solamente, vapor a presión. Si hay mezcla de vapor y de aire, el manómetro no indicará con exactitud. Para evitar la presencia de aire y mantener el vapor en movimiento en la retorta, los conserveros americanos dejan escapar durante el proceso, un ligero chorro de vapor (bleeding).

(1) Tamaño "standard" de los envases, de acuerdo con U. S. Depto. of Agr. Bureau of Agricultural Economics.

Tamaño	Diámetro (en pulgadas)	Altura (en pulgadas)
Nº 1 (alto)	2 11/16	4
Nº 2	3 7/16	4 9/16
Nº 2 ½	4 1/16	4 11/16
Nº 3	4 ¼	4 7/8
Nº 5	5	5 5/8
Nº 10	6 3/16	7

5° — **Agitación.** La esterilización en movimiento de los envases, ya sea con rotación sobre su eje, o con agitación irregular, permite la más rápida penetración del calor en algunos alimentos.

6° — **Temperatura inicial.** Cuando se coloca el envase en la retorta, su temperatura deberá ser la máxima posible. **Lo importante es el tiempo en que el envase está sometido a la temperatura de la retorta,** desde que ésta es la temperatura que produce la mayor reducción microbiana.

Se ha demostrado que recipientes con diferente "temperatura inicial" y colocados en la misma retorta para su esterilización, alcanzan, en el período de tratamiento, igual temperatura.

7° — **Temperatura en la retorta.** Evidentemente que este factor tiene relación con la velocidad de penetración del calor en los envases.

La esterilización se efectúa en recipientes abiertos a 100°C, o a temperaturas superiores, con autoclaves o retortas.

La esterilización en recipientes abiertos es una operación sencilla. Requiere vigilancia, sólo para asegurarse de que los envases estén recubiertos por una línea de agua, de 8 a 10 cm. La temperatura de ebullición del agua varía con la presión atmosférica; pero carecen de importancia práctica las variaciones.

El principio de la esterilización en autoclave radica en que a medida que la presión aumenta en el mismo, sube también la temperatura, como lo demuestra la tabla que sigue:

Relaciones entre la presión y la temperatura del vapor

Presión (en atmósferas, 1 kg./1 cm. ²)	Temperatura
	0° C
0	100°
0,25	105°
0,50	112°
0,75	117°
1,0	121°
1,25	125°
1,50	128°
2,0	135°
3,0	145°
4,0	153°
6,0	166°
8,0	177°
10,0	186°
12,0	194°
14,0	200°

El control de la temperatura de esterilización es fundamental en la elaboración de conservas, porque tiene relación con la calidad y con la higiene del producto.

Hemos podido apreciar en la industria, a veces, autoclaves que carecen de termómetros.

Corresponde recordar que el manómetro puede proporcionar una indicación incorrecta de la temperatura. Su finalidad es registrar la presión; sólo indirectamente pone de manifiesto la temperatura.

Por otra parte, hay que tener presente que, si queda aire en el autoclave, porque su purga ha sido insuficiente, las indicaciones de su aguja son erróneas.

Sucede también, con alguna frecuencia, que el manómetro está colocado lejos del autoclave, lo que puede traducirse en pérdidas de carga a lo largo de la cañería.

Por consiguiente, es imprescindible que el autoclave tenga su termómetro apropiado, cuyo bulbo debe estar, lo más posible, en contacto con el vapor.

Son también recomendables los termómetros registradores que, además del control directo de la temperatura, dejan gráficamente indicada la duración de la esterilización, de cuya aplicación correcta tanto depende el buen éxito del proceso.

BORNAND hace observaciones atinadas sobre el manejo de los autoclaves. En primer lugar, se debe regular bien la válvula de seguridad. Con frecuencia, el vapor que se pierde a consecuencia de una mala regulación, puede ser suficiente para alimentar otro autoclave. Por lo tanto, hay que insistir en que la válvula no es una llave, sino un instrumento de seguridad, y que para purgar el autoclave hay otros recursos que manipular la referida válvula.

Cargado el autoclave, se cierra la tapa y se abren completamente las llaves de purga. Luego, se abre la llave de vapor (la mitad). Se expulsa aire y vapor, por las purgas. La concordancia en las indicaciones del termómetro y del manómetro (temperatura indirecta) indican la completa evacuación del aire. Si sólo se tiene una llave de purga, se cierra a la mitad; si hay dos, se cierra la mayor, dejando abierta la más pequeña. Alcanzada la temperatura de esterilización, se cierra la purga de manera que sólo haya escape de un débil chorro de vapor. En esta forma se consigue **una circulación normal y regular del vapor** en el autoclave, sin tener en el interior espacios de menor temperatura, tan inconvenientes para una buena esterilización.

Se comienza a contar la duración de la esterilización a partir del momento en que el termómetro indica ya la temperatura de esterilización.

El regulador de vapor mantiene automáticamente constante la temperatura.

Algunos conservadores tienen la costumbre de alcanzar, lentamente, la temperatura de esterilización. La experiencia ha demostrado que esta práctica puede resultar inconveniente, porque somete a los envases a una escala de temperatura que puede ser variable y desigual, de una esterilización a otra. Por ello se recomienda, como preferible, subir rápidamente la temperatura (6).

La velocidad de penetración del calor en un envase de conserva se determina por la marcha de la temperatura en el centro del mismo. En el curso del proceso de la esterilización se constatan tres períodos bien caracterizados. Durante el primero, es considerable la penetración de calor en el envase; pero la elevación de temperatura en su centro, es lenta; en el segundo, se comprueba, en cambio, un rápido ascenso en el centro, consecuencia de la temperatura elevada de toda la superficie del tarro de conserva; finalmente, en el último, el contenido ha llegado a una temperatura cercana a la del autoclave, y la transferencia de calor se hace, entonces, lentamente.

El gráfico siguiente —también de BIGELOW— confirma lo expuesto, en envases de diferente volumen.

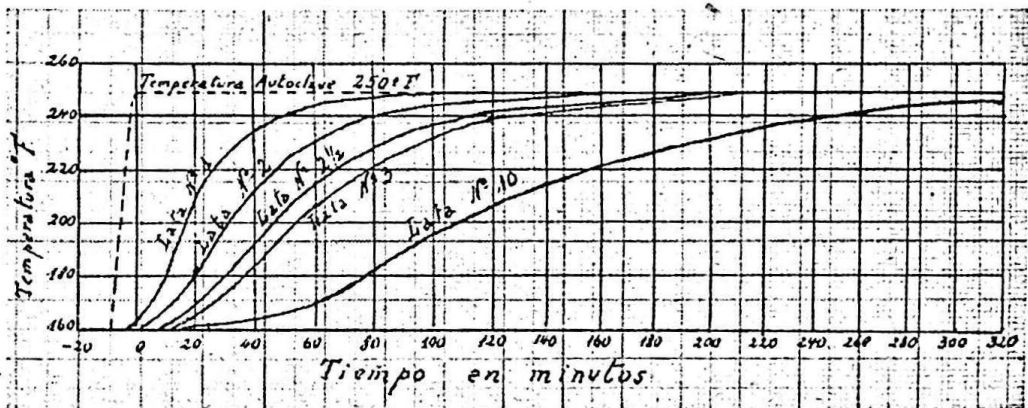


Fig. 3. — Curvas de penetración de calor en envases de diferente tamaño. (BIGELOW).

En nuestros ensayos sobre penetración del calor, utilizamos envases especiales que habían sido adquiridos en Estados Unidos, por el Ing. Agr. PEDRO MENENDEZ LEES, a la firma ANDERSON BARNGROVER. Llevan un pequeño termómetro de máxima, protegido por una vaina metálica, como se ve en la figura, inserto en una tapa con rosca, que se ajusta luego al envase.

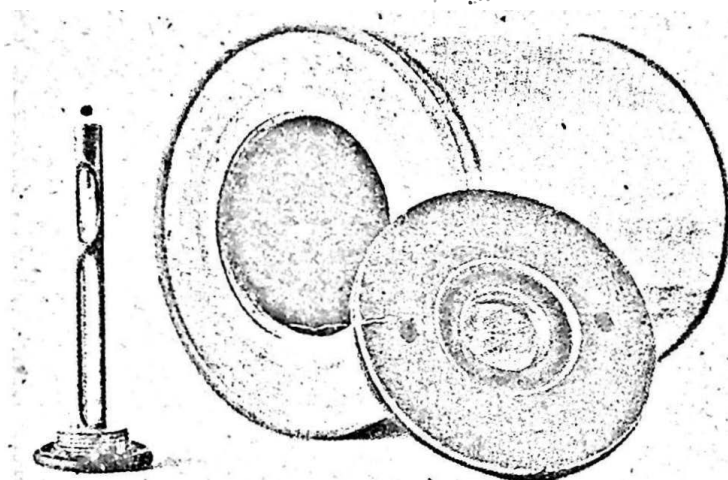


Fig. 4. — Tipo de envase utilizado en nuestros ensayos. a) Termómetro de máxima; b) envase con tapa de rosca.

CRUESS atribuye a este envase el defecto de conducir rápidamente el calor, por su naturaleza metálica. Por ello indica, como más recomendable, colocar el termómetro en una pequeña pieza de madera y en forma que el bulbo se encuentre en el centro del recipiente.

También se ha preconizado para estos estudios la utilización de pares termoelectrónicos. MAGOON y CULPEPPER, que han estudiado detenidamente esta cuestión son de opinión que no son adecuados para esta finalidad.

Según CRUESS, los termómetros de máxima referidos, para el trabajo industrial, ofrecen suficiente garantía, como indicadores del límite de temperatura alcanzado en el interior del envase, en el curso de su esterilización. (2).

Damos a continuación los resultados de nuestras observaciones.

Controlamos, en primer término, la temperatura alcanzada en envases de 725 c.c. de volumen.

En la columna "número y tamaño de la fruta", se indica el número de $\frac{1}{2}$ duraznos, con expresión de su diámetro mayor en centímetros. Es decir: 8-5 significa 8 ($\frac{1}{2}$) duraznos de 5 cms. de diámetro.

Todos los envases se preesterilizaron, abiertos, durante 5' a 96° C. El jarabe agregado a la fruta, con 90° C, aproximadamente, y de la concentración que se expresa, en cada ensayo.

La duración de la esterilización fué de 25 minutos, realizándose en baño abierto, a temperatura de ebullición y cubriendo los tarros con 10 cm. de agua.

De cada operación se conservaron 3 tarros testigos, cuya calidad se controló a los 6, 9 y 12 meses, constatándose una buena conservación.



Penetración del calor en envases de 725 c.c. de volumen

Nº	Número y tamaño de la fruta	Preesterilización Temp.	Preesterilización Tiempo	Concentración Jarabe %	Esterilización Temp.	Esterilización Tiempo
1	8 - 5	96º	5'	20	90º	25'
2	6 - 6	96º	5'	30	91º	25'
3	8 - 6 ½	96º	5'	40	91º	25'
4	11 - 5	96º	5'	20	88º	25'
5	11 - 5	96º	5'	30	90º	25'
6	8 - 6 ½	96º	5'	40	89º 5	25'
7	11 - 5	96º	5'	20	91º 5	25'
8	13 - 5	96º	5'	30	88º	25'
9	13 - 5	96º	5'	40	88º	25'
10	14 - 5	96º	5'	20	90º 3	25'
11	15 - 5	96º	5'	30	88º 2	25'
12	16 - 5	96º	5'	40	88º	25'
13	14 - 5	96º	5'	20	90º	25'
14	16 - 5	96º	5'	30	89º	25'
15	11 - 5	96º	5'	40	88º	25'

Surge del cuadro que antecede, que en las condiciones en que se efectuaron las observaciones, las conservas de duraznos en almíbar de 20 % —y con 25' de calentamiento— alcanzaron un promedio 89º 96 C, con un máximo de 91º 5 C y un mínimo de 88º 0 C.

Con almíbar de sacarosa al 30 %, un promedio de 89º 24 C, con un máximo de 91º C y un mínimo de 88º.

Y utilizando jarabe al 40 %, el promedio fué de 88º 9 C, con 91º 0 C de máximo y 88º de mínimo.

Las figuras Nº 5, 6, 7 y 8 ponen de manifiesto las características del producto en algunos de los ensayos. La conserva obtenida fué clasificada de buena calidad en su textura, caracteres organolépticos, limpidez del jarabe, etc.

Estas características se mantuvieron durante el período de conservación de las muestras: 6-9 y 12 meses.

En el ensayo siguiente, se procuró observar la temperatura alcanzada en el centro del envase, a intervalos distintos del proceso de esterilización: 10, 15, 20 y 25 minutos.

Se utilizaron los envases ya descriptos (ANDERSON BARN-GROVER), especificándose en el cuadro respectivo, número y tamaño de la fruta (duraznos).



Fig. 5. — Penetración del calor. Fruta (duraznos) del ensayo N° 10.

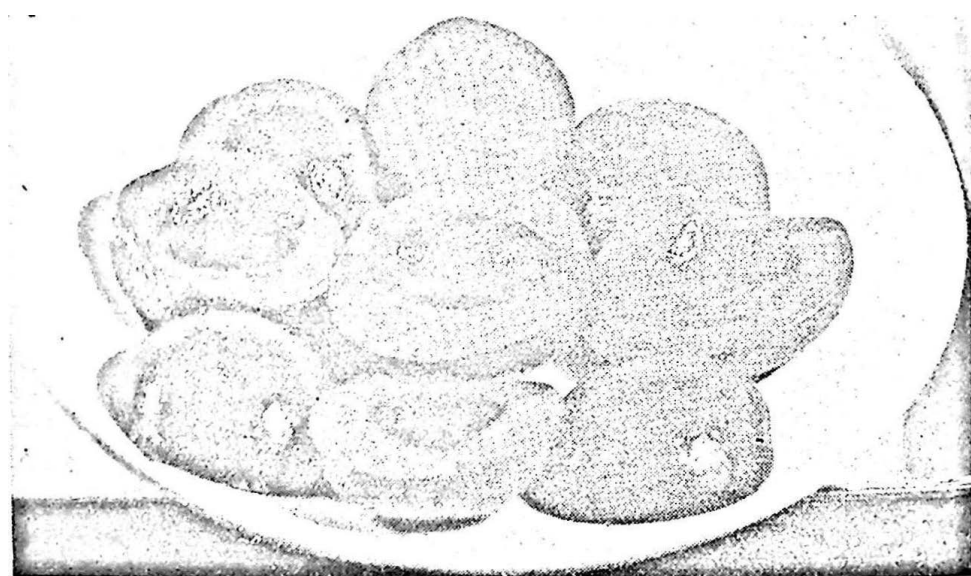


Fig. 6. — Penetración del calor. Fruta (duraznos) del ensayo N° 11.

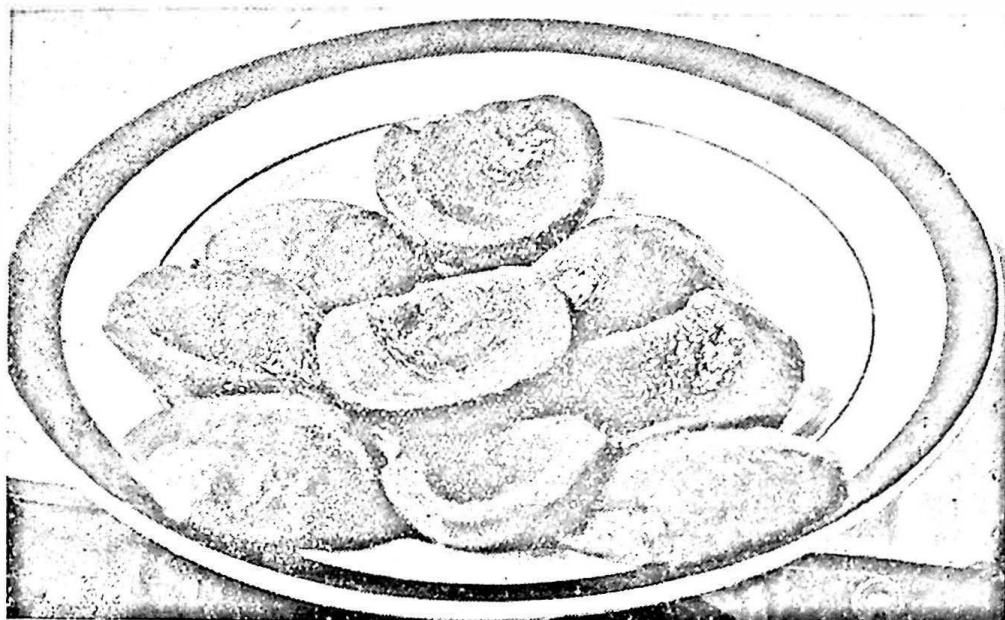


Fig. 7. — Penetración del calor. Duraznos. Ensayo N° 13.

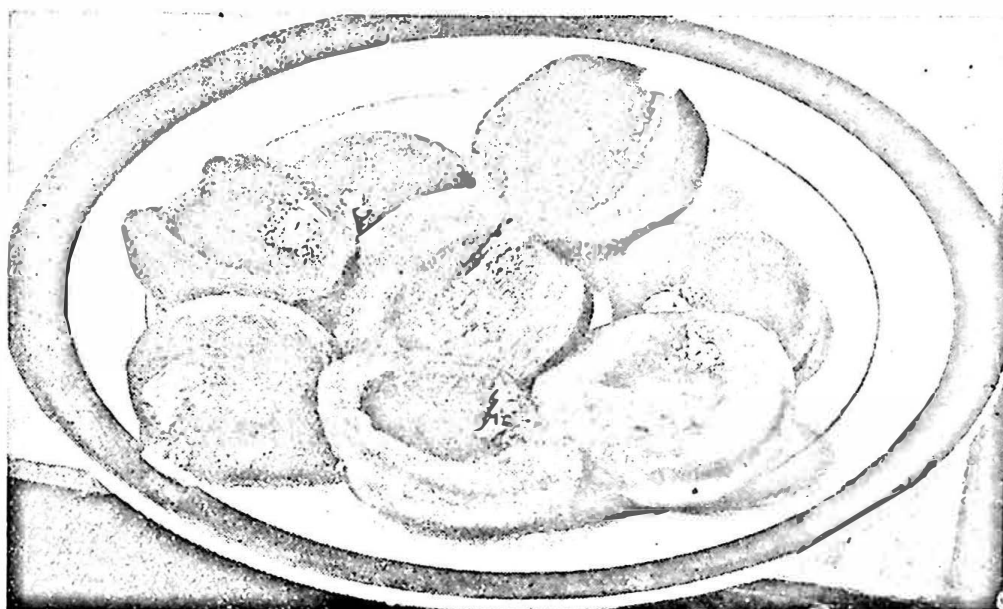


Fig. 8. — Penetración del calor. Duraznos. Ensayo N° 14.

La preesterilización, en todos los casos, a envase abierto, 5 minutos, a $96^{\circ} \frac{1}{2} \text{ C.}$

Se utilizó jarabe de 20, 30 y 40 %, el que, también en todos

los casos, se agregó a la fruta ya envasada, a temperatura de 99° C.

Puede observarse en el cuadro la marcha de la temperatura en los distintos ensayos, constatándose la influencia de la concentración del jarabe y de la cantidad de fruta en el envase.

Penetración del calor en envases de 725 c.c. de volumen

Nº	Número y tamaño de la fruta	Preesterilización		Jarabe		Esterilización	
		Temp.	Duración	concentración %	Temp.	Temp.	Duración
A	8 - 5	96° ½ C	5'	20	99° C	86° 9	10'
						89° 9	20'
						90° 2	25'
B	6 - 6 ½	96° ½ C	5'	30	99° C	87° 3	10'
						89° 9	15'
						90°	20'
						90° 2	25'
C	8 - 6	96° ½ C	5'	40	99° C	85° 9	10'
						86° 9	15'
						87° 9	20'
						89° 2	25'
D	11 - 5	96° ½ C	5'	20	99°	86° 5	10'
						88° 4	15'
						88° 4	20'
						88° 9	25'
E	13 - 5	96° ½	5'	30	99°	86° 4	10'
						87° 9	15'
						89° 0	20'
						89° 9	25'
F	8 - 6	96° ½	5'	40	99°	88° 9	10'
						89° 4	15'
						89° 4	20'
						89° 5	25'
G	11 - 5	96° ½	5'	20	97°	86° 9	10'
						89° 0	15'
						90° 1	20'
						90° 5	25'
H	13 - 5	96° ½	5'	30	97°	84° 9	10'
						87°	15'
						87° 5	20'
						87° 9	25'
	13 - 5	36° ½	5'	40	97°	85° 9	10'
						85° 9	15'
						87° 4	20'
						88°	25'

Se ha comprobado en la práctica industrial —dice CRUESS (2 - pág. 86)— que los autoclaves rotativos son mucho más efectivos que los autoclaves fijos, en los cuales los envases no tienen movimiento durante la esterilización.

La rotación o agitación de los envases mezcla su contenido, y determina corrientes que transmiten rápidamente el calor. La rotación, por consiguiente, favorece positivamente la penetración del calor en productos envasados con jarabes o salmueras, o que son más o menos fluidos. En cambio, sus efectos favorables no son tan sensibles en la esterilización de productos más compactos.

La mayoría de los esterilizadores abiertos que se utilizan actualmente en las conserverías de frutas, son del tipo rotativo, y los envases rotan, aproximadamente, once veces por minuto. Esta velocidad es apropiada para productos, tales como frutas y hortalizas en trozos de tamaño grande, que, al caer, por efecto de la rotación, en el envase, provocan corrientes en el líquido.

En el caso de productos de volumen reducido —por ejemplo, arvejas— la velocidad de agitación debe ser mayor, a fin de conseguir un rápido movimiento del contenido. BIGELOW, en sus experiencias, demostró que se necesitaban 90 minutos para que un envase con maíz alcanzase la temperatura del autoclave común; pero con 10 revoluciones por minuto, se llegaba en 70 minutos; con 26 revoluciones, en 50 minutos; con 66, en 15 minutos, y con 110 revoluciones, en 10 minutos.

Por otra parte, se ha constatado que la agitación del envase

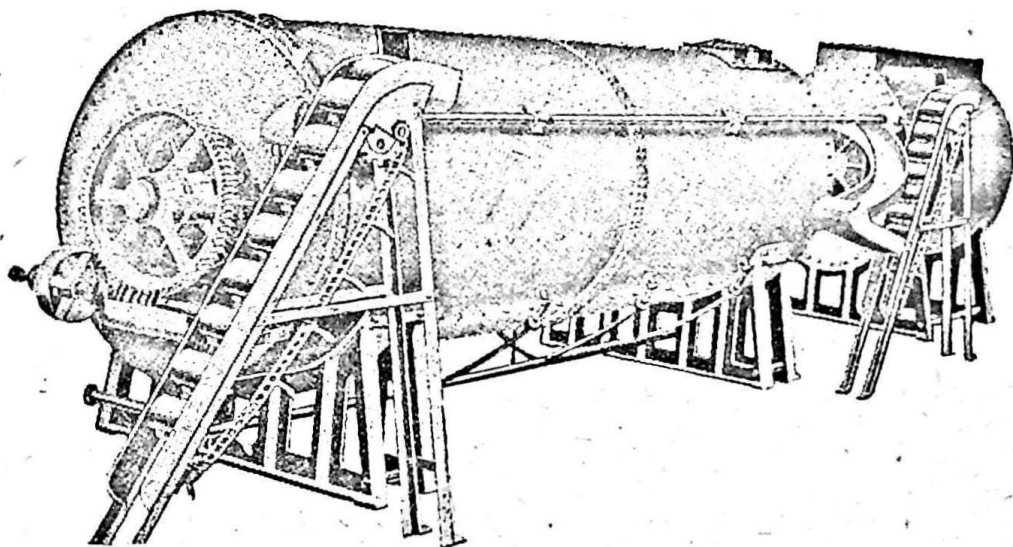


Fig. 9. — Esterilizador continuo rotativo y enfriador, construido por SPRAGUE SELLS.

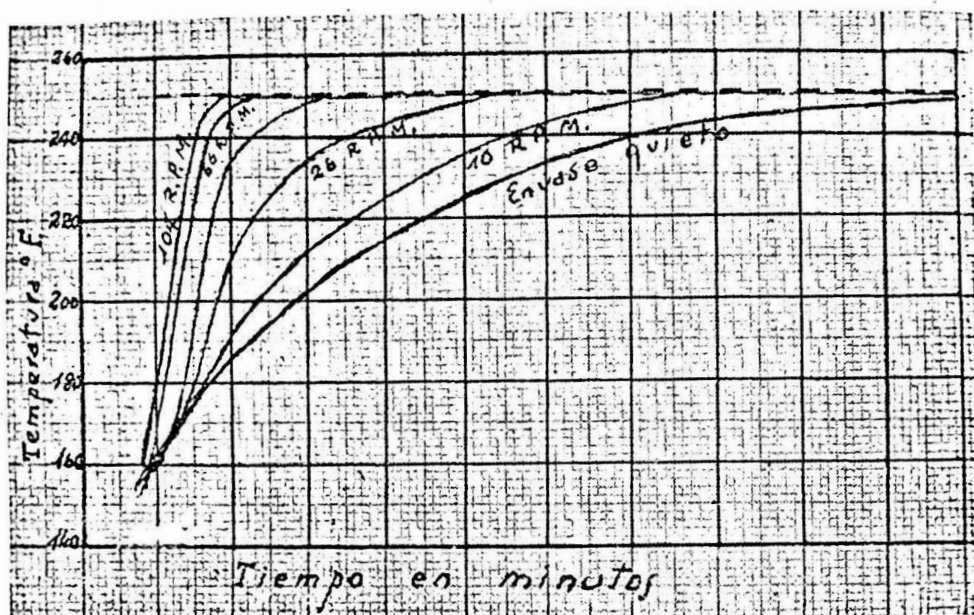


Fig. 10. — Efecto de la velocidad de rotación sobre la penetración del calor en maíz envasado (BIGELOW).

permite, en el caso del maíz, hacer uso de temperaturas de esterilización más elevadas.

F. EMANUELO, Director de la R. Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari, Italia, resume en un interesante estudio (7) las ventajas de la esterilización en movimiento, en las siguientes conclusiones:

- 1º mayor rapidez en el trabajo, con la consiguiente economía de combustible;
- 2º menor alteración del producto, como consecuencia de la menor duración de la esterilización;
- 3º posibilidad de una esterilización más eficiente y, por lo tanto, mayores probabilidades de destruir o paralizar todos los microorganismos presentes en el envase;
- 4º menor alteración de las vitaminas y mayor rapidez del producto.

D. FRANCESCHELLI, refiriéndose al importante problema en la industria del tomate, de conseguir una esterilización eficiente sin sacrificio del valor nutritivo de la conserva, refiere como la esterilización en movimiento abrevia el proceso, y dice: en una retorta a 100° C de temperatura, se necesitó un periodo de tiempo de 125 minutos para que el contenido elevara su temperatura de 30° a 95° C, en tanto que con un esterilizador rotativo se llegó a 98° C en sólo 20 minutos (8).

A. W. BITTING sostiene que la fruta debe ser cocida en grado suficiente para alcanzar su máxima calidad para el consumo, agregando que este calentamiento, generalmente, es más prolongado que el requerido para su esterilización en el envase. Y expresa: la cocción o esterilización en movimiento asegura una cocción más uniforme. Y añade: sólo se requiere una ligera agitación o movimiento, suficiente para provocar la separación de las piezas en el interior del envase (9).

Según L. BORNAND, los autoclaves o retortas rotativas facilitan la penetración del calor, por efecto de la agitación de los envases. Además, evitan el sobrecalentamiento local en los envases, y permiten reducir bastante considerablemente la duración de la esterilización (6. - Pág. 296).

Refiriéndose SAMSON a la técnica —y es también interesante destacarlo— adecuada para obtener crema de leche envasada de alta calidad, expresa que el producto debe agitarse durante la esterilización; y agrega: con retortas fijas nunca se obtendrán buenos resultados (10).

MORETTI ha ideado el aparato de laboratorio que ilustra esquemáticamente la figura N° 11 y que consta de un termómetro común (1) que atraviesa un tapón de goma (7) asegurado en el espacio (6) y (2) que lo mantienen perfectamente firme.

El aparato está dispuesto de manera que el movimiento de la polea (3) hace girar todo el conjunto, incluso el envase, a la velocidad deseada, y cuya superficie está completamente rodeada por agua en ebullición.

Con este aparato es sencilla la determinación de las curvas de penetración del calor, con velocidades distintas.

El gráfico (fig. 12) representa la marcha de la temperatura en un envase con tomates, sumergido en el baño a 100° C, sin movimiento, partiendo de 15° y de 50° C, y con velocidad de 27 y 48 vueltas por minuto, respectivamente.

Con el envase en movimiento —27 vueltas— y partiendo de 15° C, se alcanza la temperatura de 95° C en 20 minutos. En cambio, en el mismo recipiente, sin movimiento, se requieren 150 minutos, o sea, un tiempo 75 veces mayor.

Partiendo de 50° C y con 48 revoluciones, la rotación de velocidad, para llegar a 95° C, es, en este caso, de 11,3.

Según el ya citado investigador, las leyes que regulan la penetración del calor en los envases esterilizados en autoclaves rotativos, pueden resumirse, expresando que la velocidad de penetración del calor es función del tamaño del producto sólido que se debe esterilizar; la velocidad debe ser menor para pro-

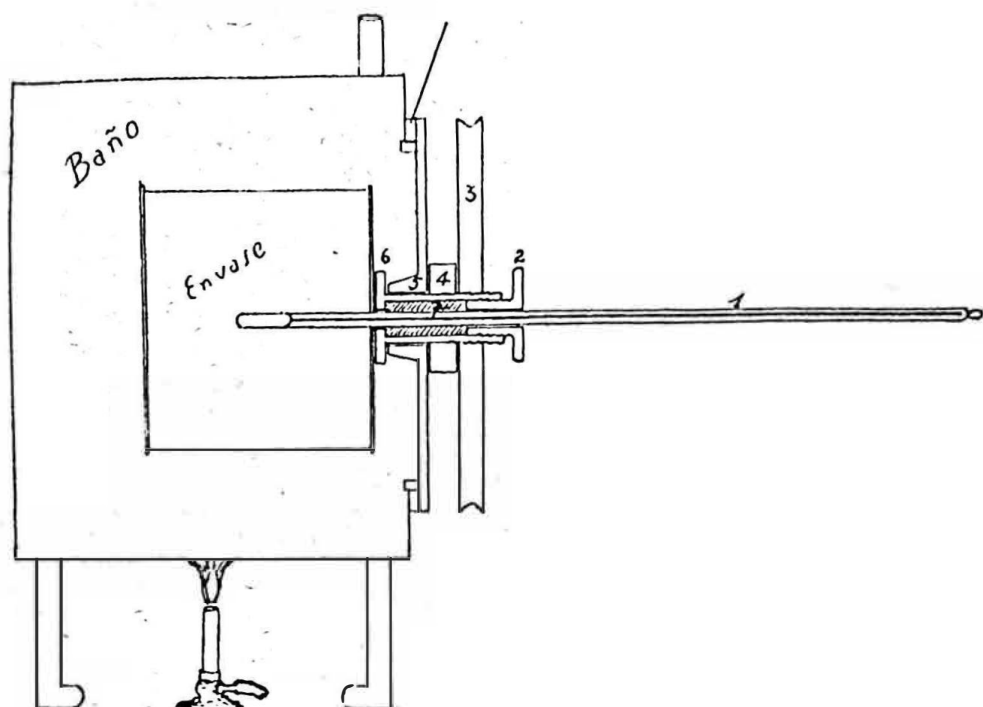


Fig. 11. — Aparato de MORETTI para el estudio, en el laboratorio de la esterilización rotativa o en movimiento de las conservas.

ductos en trozos grandes, ya que, al caer durante la rotación, mezclan el contenido, estableciendo las corrientes (convección) que transportan rápidamente el calor.

En cambio, si se trata de esterilizar productos sólidos, de menor diámetro (arvejas, maíz, etc.), se debe aumentar la velocidad de rotación.

La duración de la esterilización es también función de la concentración hidrogeniónica del producto, desde que es más simple paralizar o destruir un organismo en un medio ácido.

La penetración del calor, con la esterilización en movimiento, es función del llenado del recipiente, es decir, cuanto más lleno está el envase, es tanto menor la velocidad de transmisión del calor.

El grado de vacío del envase en el momento de cerrarlo, tiene también influencia: cuanto más elevado es el vacío, más rápidamente se alcanza la temperatura de esterilización.

La penetración del calor, finalmente, es función del volumen del envase y de su superficie expuesta a la acción del calor (relación de superficie a volumen).

La finalidad de este trabajo es llamar la atención de los conserveros nacionales sobre la importancia que se le debe prestar al proceso de esterilización.

1. para asegurar la perfecta sanidad y conservación del alimento envasado.
2. para obtener un producto que, a la vez, conserve al máximo sus cualidades organolépticas naturales, lo mismo que su valor bromatológico.

El contralor de la penetración del calor en el envase es una práctica sencilla, sin dificultades y que da orientación conve-

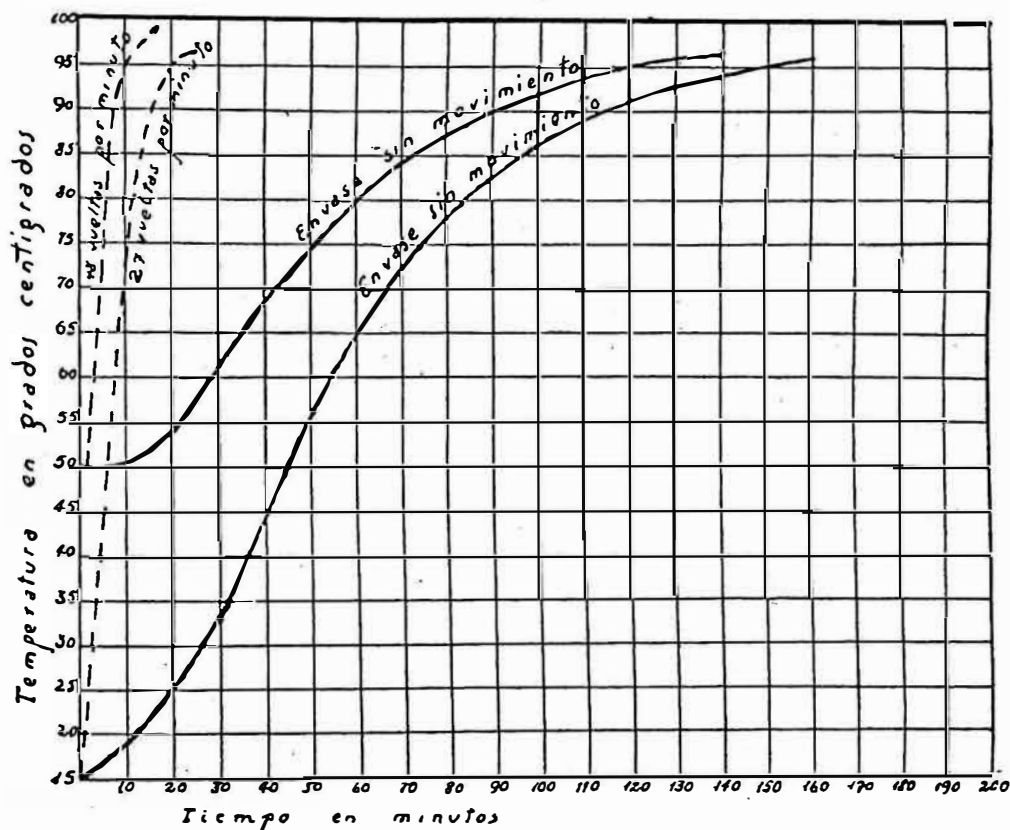


Fig. 12. — Esterilización fija y rotativa de envases con tomates.

niente sobre la temperatura máxima alcanzada en el centro del envase. Agregado este importante dato en el Registro de Elaboración, permitirá, cada vez que sea necesario, una mejor apreciación de la industrialización de cada lote, a la vez que dará una pauta más fundada para deducir normas más apropiadas de trabajo.

La esterilización rotativa o en movimiento, al abreviar la du-

ración de la operación, sin menoscabo de su eficacia higiénica, permite mejorar la calidad, al evitar largas cocciones, a la vez que influye también sobre su valor bromatológico. Tiene también influencia favorable y es de destacar igualmente, sobre el aspecto más agradable del alimento, que mantiene una mejor textura.

BIBLIOGRAFIA

1. **W. E. Bigelow.** — Heat Penetration Studies and their Application to the Canning Industry. The Canning Trade - Convention Number. February 13/1928. Pág. 81.
 2. **W. V. Cruess.** — Commercial Fruit and Vegetable Production, 1924.
 3. **F. W. Tanner.** — The Microbiology of Foods. 1932.
 4. **Pedro Menéndez Lees.** — Curso de Industrias Agrícolas. 1930.
 5. **Macheboeuf, Cheftel et Blass.** — Influence de la nature des récipients sur la qualité des conserves. - Annales des Falsifications et des Fraudes. Nº 277, Enero, 1932.
 6. **L. Bornand.** — La Technique de la Conserve. 1934.
 7. **Emanuele.** — La sterilizzazione dei prodotti in scatola con sterilizzatrice continua a scatola rotante. - L'Industria Italiana delle Conserve Alimentari. Año VII, Mayo 1932. Nº 5. Pág. 153.
 8. **D. Franceschelli.** — Heat Penetration in the Canning of tomatoes. - Food Manufacture. April 1932. Pág. 121.
 9. **A.** — Complete Course in Canning. 5th. edition. Pág. 45.
 10. **A. Samson.** — The Canning of Cream. - Food Manufacture. April 1932. Pág. 99.
-