

La técnica del frío al servicio de la conservación de las sustancias alimenticias

CON este título ha dado R. Plank, en Octubre de 1932, una conferencia en la Sociedad de Ingenieros de Berlín.

La disertación abarcó los progresos en la conservación por medio del frío, de pescado, carne, frutas y verduras. Dió a conocer las nuevas adquisiciones en el terreno de las alteraciones producidas por la congelación, en particular la influencia de determinadas temperaturas límites. Describió los procesos en las distintas fases de la refrigeración: tratamiento previo de la mercadería, refrigeración, almacenamiento, expedición, comercio al menudeo y consumo.

Esta conferencia ha sido publicada in extenso en el número 45, del 5 de Noviembre de 1932, de la «Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure». Damos a continuación un extracto de la conferencia de Plank:

1. LA TEORÍA DE LAS ALTERACIONES DURANTE LA REFRIGERACIÓN.—Las ideas, según las cuales, la formación de agujas de hielo que rompiendo las paredes celulares de los tejidos vegetales y animales, serían la causa principal de los daños de la refrigeración, deben considerarse como anticuadas. Se ha llegado

a la conclusión de que la explicación del grado de reversibilidad del proceso de congelación debe buscarse en la cantidad y tamaño de los cristales de hielo y en la cantidad de agua coloidal extraída del plasma muscular. El tamaño y el número de los cristales de hielo quedan determinados en primer lugar por la velocidad de refrigeración. Cuanto mayor sea la velocidad de refrigeración, tanto más fina y pareja será la estructura y se formarán más rápidamente cristales finísimos en el interior de las células. Pero en el plasma muscular y el líquido celular se trata de sistemas coloidales en los cuales la separación de agua en forma de hielo produce fenómenos de coagulación que a menudo no pueden retrogradar. La proporción del agua extraída es independiente de la velocidad de refrigeración, depende únicamente de cuanto se enfríe bajo la temperatura de congelación inicial. Mientras más baja sea la temperatura final, más agua se congela y más se habrá avanzado en la separación del sistema coloidal. Una parte del agua puede, en la congelación, como en la disecación, ser extraída casi reversiblemente, con tanto mayor facilidad cuanto más rápida sea la congelación; esta cantidad de agua, al derretirse los

cristales de hielo, se reparte nuevamente con bastante regularidad. Pero si la extracción de agua pasa de ciertos límites, se hacen notables daños permanentes. El agua al descongelarse es reabsorbida sólo parcialmente. Es más o menos como suponer que sólo una parte del agua en el plasma muscular está en forma libre,

detrimento de las funciones vitales (algunas clases de pescado, ranas, diversas frutas y verduras) deben distinguirse cuatro regiones de temperatura y cuatro temperaturas límites (fig. 1).

La primera temperatura límite t_1 coincide con el principio de la congelación del agua y depende de la concentración

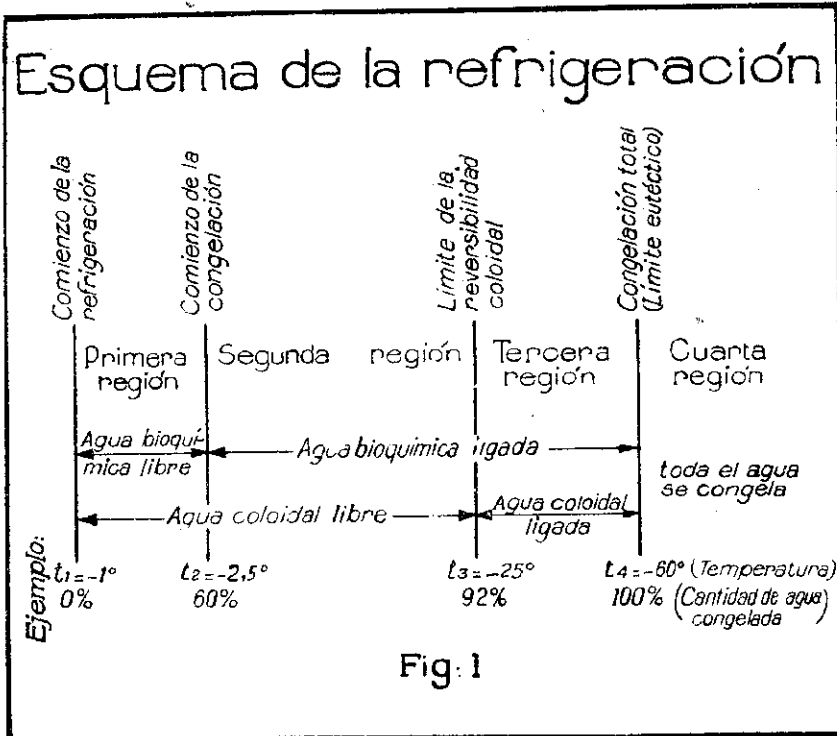


Fig. 1

en tanto que el resto está ligada en forma coloidal. La parte libre se puede extraer sin perjuicio, por secamiento o congelación, pero si la temperatura baja hasta tal punto que parte del agua ligada se congela, entonces la estructura original de los coloides se destruye y se hace imposible la reconstitución.

Plak estima que en el plasma vivo, que puede congelarse parcialmente sin

del líquido celular. Al continuar el enfriamiento, en la primera región de temperatura, una parte del agua puede congelarse sin que se suspenda la vida, pero los procesos biológicos pueden amortiguarse en gran escala. Bachmetjeff llamó a este estado «anabiosis». En esta región la velocidad de refrigeración no desempeña probablemente un papel decisivo. Tal vez una refrigeración lenta sea

más conveniente. Después de una desgelación cuidadosa pueden restituirse las funciones de vida normales, pero la restitución depende naturalmente de la duración del estado anabiótico.

Al alcanzar la segunda temperatura límite t_2 se llega al límite de la reversibilidad biológica del proceso de refrigeración. Comienza la muerte por congelación. El agua que aun no se ha congelado podría designarse con el nombre de ligada «bioquímicamente» o «fisiológicamente». Al bajar más aún la temperatura no se daña el protoplasma líquido sino que aumenta su concentración. Si el proceso de refrigeración se lleva hasta esta segunda zona, es evidente la ventaja de una gran rapidez de refrigeración, porque una estructura cristalina fina ofrece mayores posibilidades para la reconstitución al descongelar.

La tercera temperatura límite t_3 , se alcanza cuando se ha congelado tal cantidad de agua que los elementos coloidales empiezan a perder sus propiedades. Las alteraciones son entonces irreversibles. El agua que aun no se ha congelado al llegar a este tercer límite se podría designar como ligada coloidalmente. Si continúa el enfriamiento en la tercera región, se congelan irreversiblemente mayores cantidades de agua hasta que el líquido celular, que entretanto se ha vuelto viscoso, llega al punto eutéctico (criohidrático). La cuarta temperatura límite t_4 es entonces la temperatura eutéctica a la cual la solución restante se congela.

Es posible que las temperaturas límites aisladas no puedan separarse con precisión. En ciertos casos dos temperaturas límites pueden estar muy cerca. Así, por ejemplo, en la carne de animales de sangre caliente y en pescados muertos, la temperatura t_2 no tiene importancia, por-

que las funciones vitales se han suspendido ya antes de llegar al punto de congelación t_1 . Otro tanto acontece con diversas plantas y frutas delicadas.

En los peces de sangre caliente y en la mayoría de los hipotónicos, empieza la congelación alrededor de $t_1 = -1^\circ\text{C}$. En los peces isotónicos, cuyo líquido celular tiene el mismo punto de congelación que el agua de mar, la temperatura t_1 es de -2°C .

En muchas clases de frutas las temperaturas t_2 y t_3 casi se confunden, el límite de congelación es al mismo tiempo el de reversibilidad coloidal. De aquí la dificultad de la conservación de frutas por refrigeración, y la explicación de por que con el aumento de la velocidad de refrigeración no se consigue gran cosa.

De estas consideraciones teóricas se podrían sacar conclusiones prácticas si se conocieran, cuantitativamente por una parte, la cantidad de agua congelada como función de la temperatura de congelación, y por otra el porcentaje de agua ligada coloidalmente, para los diversos artículos alimenticios. Ambas determinaciones son muy difíciles experimentalmente. Para la carne fresca se han deducido las siguientes cifras de la cantidad de agua congelada referida a la cantidad de agua inicial: Carne fresca, 76 %. A -10°C 84 %, a -29°C 90 %, a -30°C 92 %.

Más difícil es aún la determinación de la cantidad de agua ligada, o sea de las temperaturas límites a las cuales el agua ligada empieza a congelarse. T. Moran ha encontrado, por ejemplo, que en los huevos hay reversibilidad de congelación y descongelación, si la temperatura no baja de 6°C .

Respecto al porcentaje de agua ligada, no hay aún datos seguros. Parece que

en los tejidos animales este porcentaje es inferior que en los vegetales.

Con relación a la velocidad de refrigeración, se sabe ya prácticamente que una alta velocidad tiene éxito en aquellos casos en que las temperaturas límites t_1 y t_2 están bastante alejadas. Por otra parte, no se debe aumentar la velocidad usando temperaturas muy bajas, pues puede congelarse parte del agua ligada coloidalmente, produciéndose más daños que ventajas. Se deduce también que el procedimiento de refrigeración rápida tiene más aplicación en tejidos animales que en vegetales.

2. TRATAMIENTO PREVIO DE LAS MERCADERÍAS POR REFRIGERAR. — *Pescado.* Diferencias fundamentales se derivan desde luego, para la conservación en frío de la carne y pescado, de la diferencia de vida de animales de sangre caliente y fría. La temperatura del cuerpo de los peces es sólo de 1°C . superior a la del agua en que viven. La temperatura del agua en que viven los peces comestibles varía entre 0°C . y $+10^{\circ}\text{C}$. Para mantenerse vivos a tan bajas temperaturas, los peces deben poseer enzimas muy potentes; pero estos mismos enzimas después de la muerte activan la descomposición autolítica que hace perder su valor al pescado al comunicarle un olor desagradable. Estos fenómenos no se pueden detener colocando la redada en hielo picado con temperaturas $+2$ y $+4^{\circ}\text{C}$., puesto que estas temperaturas son las normales de la vida de los peces. Como en la pesca en alta mar entre la pesca y el desembarco pueden transcurrir de 8 a 14 días, no puede confiarse en la refrigeración con hielo. Por esta razón se ha tratado de usar hielo fabricado con líquidos que maten los gérmenes. Por ejemplo, la Sociedad Linde fabrica hielo según el procedi-

miento de Krause, llamado Katadyn, en que se agrega al agua plata metálica en partículas finísimas, con que se mata toda vida inferior. Del mismo orden es también el desinfectante gaseoso que contiene cloro, llamado Caporit, que se agrega al agua por congelar en la proporción de $0,01\%$. También se han obtenido buenos resultados con hielo de agua de mar.

Si se piensa que 100 kgs. de pescado sólo contienen 40 kgs. de parte comestible (filetes), y que para mantenerlos frescos se necesitan, según la distancia del punto de pesca, 50 a 100 kgs. de hielo y la sal correspondiente, se ve que el procedimiento es inadecuado. Sería más sencillo preparar los filetes a bordo, refrigerarlos, y los restos transformarlos en harina de pescado. Sólo es cuestión de inversión de capital.

La preparación de los filetes en tierra está mecanizada en Estados Unidos y Alemania. Aunque la refrigeración se haga rápidamente, no pueden evitarse alteraciones del plasma muscular cuando el almacenamiento es muy largo. Para evitar esta descomposición, que Taylor atribuye a una disminución del PH (1), eleva éste artificialmente a 6,95, cuyo valor corresponde al del pescado vivo. Al efecto, antes de la refrigeración se sumergen los filetes en diversas sales (citrate trisódico, fosfato trisódico, etc.). En el procedimiento Birdseye se usan con el mismo objeto soluciones de sal común muy puras (99,81 %).

Carne.—La conservación en frío de la carne no ofrece en general tantas dificultades como la del pescado. Pero para

(1) El PH es el logaritmo negativo de la concentración en iones de hidrógeno. El punto neutro a la temperatura ambiente corresponde a un PH=7,1. Valores menores significan un carácter ácido, mayores, un carácter alcalino.

la conservación del color rojo natural hay ciertos inconvenientes. La hemoglobina, el colorante rojo de la sangre, tiene una gran afinidad con el oxígeno del aire y se transforma en oxihemoglobina en metahemoglobina, estable y de color pardo. La carne se colora más rápidamente y en mayor proporción si se la trata previamente con soluciones de sal. Por tal motivo no puede aplicarse a la carne el procedimiento de refrigeración rápida de Ottesen.

La tendencia actual en la refrigeración de la carne y del pescado consiste en la confección de pequeños paquetes listos para ser cocinados. En el pescado hay ya una larga experiencia, unos diez años, pero en frutas, carnes y verduras, sólo hace unos tres años que se expenden paquetes pequeños listos para el consumo doméstico.

Fruta y verdura.—Las bayas y gran parte de las frutas con hueso necesitan para su conservación refrigerada un tratamiento previo. Las frutas deben ser muy bien lavadas con sustancias que maten los gérmenes (agua clorada, lejías, solución de bórax). En las verduras se destruyen los enzimas tratándolas previamente con agua hirviendo o vapor (blanching). El jugo de naranjas se pasteuriza en 15 a 30 minutos a 63 a 65° C. y para evitar la oxidación, que hace perder en parte el sabor y el aroma, conviene llenar los depósitos hasta el borde y tapar en caliente. Para la refrigeración de frutas delicadas se ha llegado a la conclusión de que conviene hacerla agregando jarabes con 40 a 50% de azúcar. Se mantiene así el sabor y el aroma en frutas tan delicadas como frutillas, cerezas y duraznos por largo tiempo.

3. LA REFRIGERACIÓN.—*Pescado y carne.*—En los establecimientos modernos se usa exclusivamente la refrigeración

rápida. Además se ha reconocido la ventaja de la refrigeración indirecta, en la cual el medio refrigerante no toca directamente la mercadería que está separada por delgadas paredes metálicas o papel impregnado en parafina. Estos procedimientos indirectos han sido motivo de patentes ya bastante antiguas, pero la primera aplicación práctica fué hecha por P. W. Petersen hace unos diez años, quien preparó pescados enteros en grandes cantidades, parte en celdas rectangulares angostas y parte en envases individuales según la forma del pescado. La preparación en paquetes pequeños listos para la cocina y en gran escala, se verifica en la actualidad según los procedimientos de Kolbe, Cooke, Birds-eye y Zarotschenzeff, cuya descripción se encuentra tratada con cierto detalle en la conferencia de Plank.

Frutas y verdura.—La conservación de fruta y verdura ofrece grandes dificultades. No se sabe con seguridad qué procedimiento es más conveniente en cada caso y muchos detalles se mantienen en secreto en los establecimientos frigoríficos. La refrigeración simple, sin tratamiento previo, no conduce en general a buenos resultados. Tampoco el aumento de la velocidad de refrigeración, por las razones que se han apuntado, no mejoran los resultados. Lavando o sometiendo al vapor, agregando azúcar o soluciones azucaradas, evitando el oxígeno por medio del vacío o un gas inerte, se obtiene una mercadería que refrigerada puede almacenarse varios meses y que después de descongelada se parece mucho a la mercadería fresca. La duración después de la descongelación es, sin embargo, limitada porque las células han sido destruídas por la refrigeración.

En la refrigeración en barricas, tal como se hace los establecimientos frigoríficos, la temperatura del aire se man-

tiene alrededor de -20°C . Las dimensiones de las barricas son reducidas, porque se ha comprobado que las barricas grandes se refrigeran hasta la mitad sólo después de algunos días, dando lugar a fermentaciones. Las frambuesas, grosellas y zarzamoras pueden refrigerarse sin azúcar. Las frutillas, cerezas dulces, ciruelas, manzanas, peras y duraznos deberán refrigerarse sólo en jarabe y conviene enfriar el jarabe previamente. En los duraznos se recomienda agregar previamente ácido cítrico al jarabe, con lo que se disminuyen los fenómenos de oxidación.

4. EL ALMACENAMIENTO.— No solamente en locales con temperaturas sobre 0° , sino también en frigoríficos con muy bajas temperaturas se producen alteraciones físicas, químicas y bacterias que limitan la conservación de los productos alimenticios.

Las alteraciones físicas se reducen principalmente a la evaporación del contenido de agua que trae consigo un secamiento superficial, arrugamiento y pérdida de peso. Estos fenómenos no se pueden evitar saturando el ambiente con vapor de agua porque se crean condiciones favorables para el desarrollo de hongos y bacterias. En ningún caso es necesario, en un frigorífico, bajar la humedad relativa de 90%.

Para la conservación de pescado refrigerado, según W. Schmid, convienen los siguientes pares de valores de la temperatura y humedad relativar

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	4	3	2	1	0
Humedad relativa %.....	70	76	82	87	92

La evaporación en pescados enteros se evita con un vidriado superficial de hielo que se obtiene sumergiendo el pescado

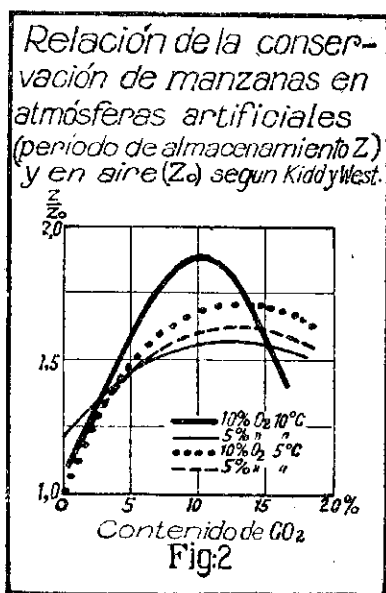
en agua pura helada, repitiendo el proceso de tiempo en tiempo. Los pequeños paquetes standard, de una libra de peso generalmente, se envuelven en papel impermeable y cajas de cartón. El papel debe ser impermeable al agua, al vapor de agua, a las grasas y además resistir bajas temperaturas sin quebrarse, no perder resistencia en contacto con el agua y por último ser transparente. Estas condiciones las llenan algunas clases de papel celofán.

Durante el secamiento por evaporación las alteraciones químicas producen efectos muy molestos. En primer lugar debe mencionarse la influencia del oxígeno. Los fenómenos de oxidación son especialmente inconvenientes cuando van seguidos por procesos hidrolíticos. Por ejemplo los pescados grasos como arenques y salmones tienen grandes cantidades de grasas que se oxidan en el aire, descomponiéndose en ácidos grasos libres y glicerina. Esta descomposición produce una coloración oscura y un sabor rancio. Contra el efecto del oxígeno del aire es una protección, aunque no completa, una buena envoltura. Deben también usarse más bajas temperaturas. En pescados magros bastan de -12 a -15°C , en tanto que con pescados grasos deben usarse temperaturas de -25 a -30°C . Se recomienda también colocar estos pescados en una atmósfera de anhídrido carbónico.

Para un almacenamiento largo de carne refrigerada se recomienda una temperatura de -15 a -18°C . Como regla general las variaciones de temperatura deben ser lo menor posibles.

Algunas clases de frutas y verduras son muy sensibles al almacenamiento. No basta la baja temperatura, es necesario el tratamiento previo y procedimientos especiales de refrigeración. La mayoría de las verduras, especialmente las ca-

llampas, cambian de color, aroma y sabor aun a temperaturas de almacenamiento de -25 a -30°C si no se las remoja previamente en agua hirviendo. Pero si se hace esto pueden almacenarse sin peligro a -15°C . El jugo de naranjas que se almacena a -18°C en presencia del aire, pierde ya a los dos meses una parte del aroma y después de 6 meses se pone totalmente desabrido y amargo. Pero si se le coloca en vacío o en una atmósfera de gas inerte, aún a -12° se conserva durante meses y no pierde su contenido en vitamina C.



En las frutas que han sido congeladas en soluciones azucaradas se recomienda una temperatura de -18° si la fruta ha de consumirse después de la congelación en estado fresco. Pero si va a cocerse o prepararse en forma de conserva o mermelada, bastan -10 a -12° . Para este objeto se aconseja cocer parcialmente la fruta antes de refrigerarla. La mayoría de las frutas frescas no refrigeradas sólo pueden conservarse poco

tiempo. Las condiciones más favorables del aire en la bodega de almacenamiento deben determinarse en cada caso y dependen no sólo de la clase sino también del estado de madurez, condiciones climáticas, calidad del suelo y del embalaje. No pueden darse reglas generales y es necesario que se practiquen experiencias en los diversos países. Así se llegará a formar las especies más adecuadas para resistir el almacenamiento.

En la conservación de fruta fresca se ha usado con éxito el almacenamiento en una atmósfera gaseosa. Experiencias con manzanas en una atmósfera de 10 a 15 % de CO_2 y 5 a 10 % de O_2 han demostrado que se puede aumentar en 50 a 90 % el tiempo de almacenamiento comparado con el almacenamiento en aire corriente. Con CO , los procesos respiratorios se retardan tanto como con temperaturas bajas. Como en las frutas se trata de materia viva, no se puede restringir la respiración sino hasta cierto límite, pues de otra manera se producen enfermedades de la nutrición. En la figura 2 se indica la relación de los períodos de almacenamiento z en una atmósfera artificial en relación con z_0 en aire y también en relación con el contenido CO_2 y O_2 para diversas temperaturas. El tiempo más largo (39 semanas) se obtuvo con 5°C . en una atmósfera con 10 % O_2 y 12 % CO_2 .

5. TRANSPORTE. — El transporte de mercadería refrigerada hasta hace algunos años, se limitaba al transporte marítimo. En los Estados Unidos el consumo de ice-cream y el comercio de paquetes refrigerados listos para cocinar, de carne, pescado, fruta y verdura, hicieron necesario arreglar los vagones refrigeradores para esta clase de mercadería. La mayor parte de los carros refrigeradores no tienen máquinas refrigeradoras sino que se cargan con hielo, con lo que se

obtienen temperaturas de $+3^{\circ}$ a $+5^{\circ}$ (1). Para obtener temperaturas inferiores a 0° se usan en vez de hielo corriente, mezclas de hielo y sal y recientemente mezclas de sales eutécticas congeladas que se preparan en recipientes cerrados de paredes delgadas y que después de usados se devuelven a la fábrica para recargarlos. Una solución eutéctica de sal (28,9 partes en peso de ClNa en 100 de agua) se funde a $-21,2^{\circ}$ y tiene un calor de fusión de 57,7 kcal/kg. Para otras soluciones eutécticas se han determinado las siguientes temperaturas de fusión y calores de fusión:

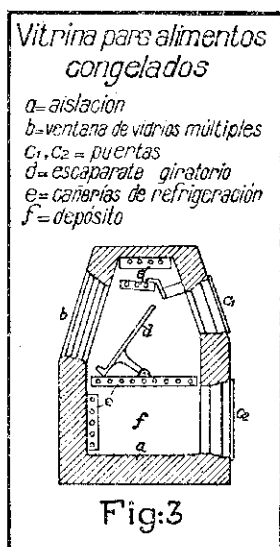
Sal	KCl	NH ₄ Cl	NH ₄ NO ₃	NaNO ₃
Temp. de fusión °C	-11,1	-15,8	-17,4	-18,5
Calor de fusión kcal/kg.....	71,9	73,8	70,2	60,4

En los procedimientos de fabricación del hielo corriente y eutéctico deben anotarse algunas novedades en los últimos años. Entre ellas deben citarse el Flakice y el Pakice. Ambos procedimientos tienen por objeto disminuir los costos de primera instalación y acortar el tiempo de congelación. También se está usando en escala creciente el hielo seco de anhídrido carbónico sólido. La ventaja principal de este hielo con respecto al hielo de agua consiste en su mayor rendimiento en frío por unidad de volumen y en la ausencia de agua de descongelación. Además, los gases que se desprenden son malos conductores del calor. El precio de este hielo es bastante alto y puede estimarse en 0,30 Mk/kg.

En los vagones con instalación de máquina frigorífica se usan máquinas de compresión y absorción. Gran número

de carros frigoríficos están equipados con máquinas Silica-Gel, de la Safety Car Heating & Lighting Co., New Haven, Conn.

6. COMERCIO AL MENUDEO Y CONSUMO.—La refrigeración termina en los estantes comerciales, vitrinas de exhibición y en los estantes domésticos. Aquí también el sistema de paquetes refrigerados, listos para el consumo, ha traído



algunas innovaciones técnicas. Pero especialmente el método de venta y toda la organización del comercio de comestibles de fácil descomposición ha sufrido una transformación fundamental. En vez de la selección individual y el trato de la dueña de casa con el carnicero, vendedor de fruta o pescado, tenemos la venta de paquetes estandarizados en peso y calidad, sin ningún desperdicio. Los desperdicios se aprovechan en las fábricas de productos alimenticios y de esta manera se cubren gran parte de los gastos de refrigeración.

En Estados Unidos se ha creado la mentalidad del paquete (package mind).

(1) Los Ferrocarriles de Estados Unidos tienen 158 000 carros frigoríficos en un total de 2 454 000 carros de uso general.

Algunos datos estadísticos darán idea de la difusión de los paquetes refrigerados, no debiendo olvidarse que este desarrollo está sólo en sus comienzos. En el año 1930 se vendieron 20 millones de libras de filetes de pescado. La General Foods Corp. (procedimiento Birdseye) vende en la actualidad 100 diferentes clases de alimentos refrigerados en paquetes. Esta sociedad vendió en el año 1930 100 mil paquetes, en 1931 800 mil, y para 1932 se calculan 20 millones. En los almacenes de venta es necesario tener estantes refrigeradores especiales que sirven al mismo tiempo para exhibir la mercadería. La tempe-

ratura en estos estantes es de -10 a 15°C ., y su forma general es la de la figura 3.

Los estantes refrigeradores domésticos con temperaturas de $+4$ a $+8^{\circ}$ son apropiados para mantener los paquetes refrigerados que ahí se descongelan lentamente. Esto es muy importante, porque así las células tienen la posibilidad de reabsorber el agua descongelada. Aunque la resistencia a la descomposición es menor en la mercadería descongelada, es posible mantener la carne y el pescado durante varios días en el estante refrigerador.

CARLOS KRUMM S.

Santiago, Febrero de 1933.