

ESTUDIOS SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS DE YODO EN LA SAL YODADA*

Por F. C. KELLY, B.Sc., Ph.D., F.R.I.C.

Director de la Oficina Chilena del Yodo, Londres

La estabilidad de los compuestos de yodo tiene importancia por dos razones. En primer lugar, es necesario tener la seguridad de que la sal yodada contiene la cantidad de yodo estipulada por la autoridad médica; los individuos y los pueblos para los que la sal yodada ha de servir de agente preventivo contra el bocio, deben recibir la cantidad efectiva en su ingestión diaria de sal, es decir, que no sea menor de la estipulada. En segundo lugar, las disposiciones que rigen la venta de sal yodada deben responder a un criterio de equidad hacia los fabricantes sujetos a la obligación reglamentaria de proporcionar sal yodada de un estándar determinado. El nivel prescrito debe establecerse entre los límites máximo y mínimo autorizados con el objeto de permitir un margen de error en la elaboración.

Sólo ha habido cinco grupos de investigadores que han realizado estudios que representan una importante aportación al conocimiento de la estabilidad de los diferentes compuestos de yodo en la sal, y de la importancia de las pérdidas de yodo que pueden ocurrir cuando se expone la sal yodada a diferentes condiciones de conservación y empleo. Dichos grupos son:

(1) Th. von Fellenberg, del Laboratorio Federal de Salud Pública, Berna, Suiza, el cual publicó sus resultados en el período de 1923 a 1926 (7, 8).

(2) Johnson y Herrington, de la Estación Agrícola Experimental de Montana, E.U.A., quienes publicaron sus trabajos en 1927 (9).

(3) Cowie y Engelfried, de la Universidad de Michigan, E.U.A., quienes informaron sobre la materia en 1939 y 1940 a instancias del Comité de la Sal Yodada de la Sociedad Médica del Estado de Michigan (3, 4).

(4) Andrew y Stace, del Departamento de Investigaciones Científicas e Industriales de Nueva Zelandia, quienes publicaron sus estudios en 1938 y nuevamente en 1945 (1, 2).

(5) Davidson y Watson, del Departamento de Agricultura, Ottawa, Canadá, cuyos trabajos son de fechas comparativamente recientes: 1948 y 1951 (5, 6).

Dos de estos grupos, Johnson y Herrington, de Montana, y Davidson y Watson, de Ottawa, se ocuparon especialmente de la sal agrícola empleada en la alimentación de los animales. Los otros estudiaron

* Publicado en inglés en el *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 9, No. 2, 1953, pp. 217-230.

exclusivamente la sal yodada para el consumo humano. Además de estos estudios principales, se dispone de algunos resultados, todavía inéditos, de pruebas de conservación llevadas a cabo recientemente (1952) por la Profesora Margaret M. Murray, del Colegio Bedford, Londres; por la División de la Sal de las Industrias Químicas Imperiales Limitadas y por la Oficina Chilena del Yodo en Londres.

La sal yodada fué sometida a toda clase de tratamientos con el objeto de descubrir el efecto de diversos factores sobre el contenido de yodo: conservación en recipientes de metal y de cartón, con y sin forro interior; conservación con la adición de sales alcalinas y ácidas y sin ellas; almacenamiento en grandes cantidades en bolsas de algodón, sacos, barriles, tanques y silos; conservación en condiciones de protección total y parcial en jarros, y en estantes en cobertizos, graneros, desvanes y laboratorios; exposición al sol y al viento en la intemperie, a la impregnación por el agua de lluvia, y a diferentes condiciones de humedad en el interior de locales; exposición a los rayos ultravioletas e infrarrojos, a la luz eléctrica y al calor; a la centrifugación, e incluso a la agitación, mediante el transporte en automóvil de cajas de sal yodada en un recorrido de 1,600 km de malas carreteras.

Las cantidades añadidas en estos experimentos variaron de una parte de yodo por 600 partes de sal a una parte por 250,000 partes de sal; los compuestos de yodo probados fueron yoduro de potasio, yodato de potasio, diyoduro de ditimol y un complejo orgánico de yoduro que contenía 40 % de yodo. Se han estudiado también los efectos de agentes estabilizadores químicos, tales como el tiosulfato y el estearato de calcio.

Cinco grupos principales de factores físicos o del medio determinan que haya o no pérdida de yodo en la sal yodada. Son los siguientes:

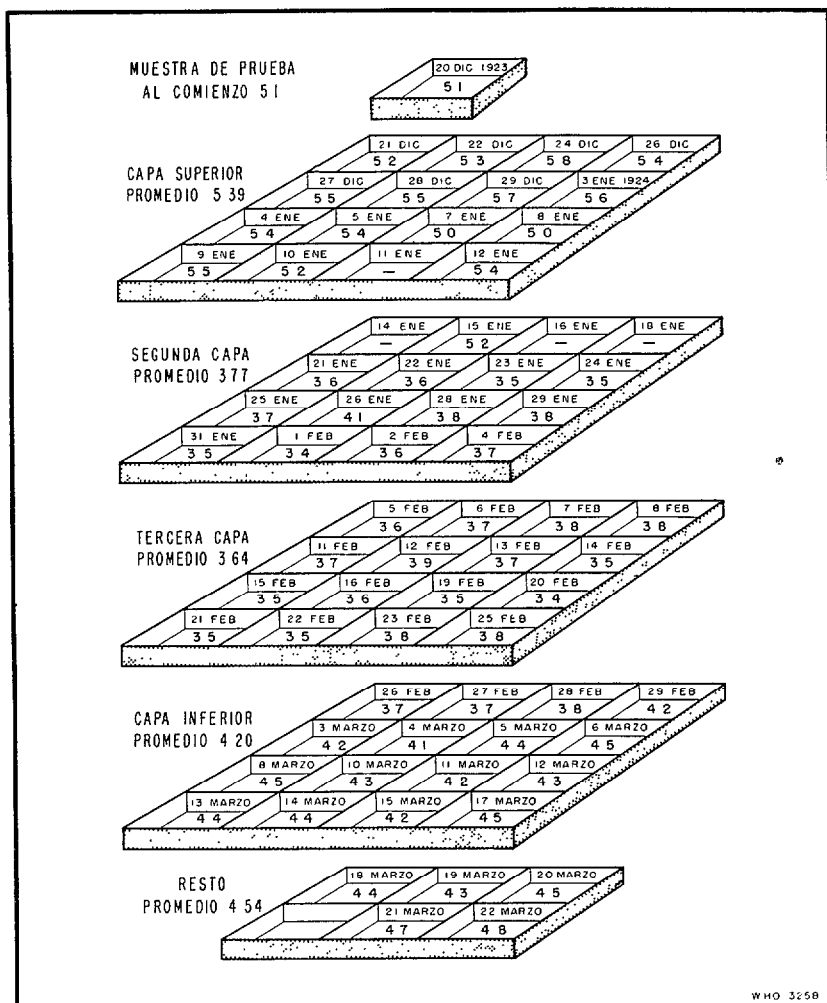
- (1) El contenido de humedad de la sal y la humedad de la atmósfera.
- (2) La luz, el calor, las corrientes excesivas de aire y, en general, las condiciones atmosféricas.
- (3) Las impurezas en el agua primitiva, cristalizadas con el cloruro de sodio de la sal.
- (4) La reacción: los factores relativos a la acidez o alcalinidad de la sal.
- (5) La forma en que se efectúa la adición de yodo (por ejemplo, en yodato, yoduro u otro compuesto).

El factor tiempo en sí, es decir, el período de tiempo durante el cual se puede conservar la sal sin que pierda yodo, no parece que tenga importancia, siempre y cuando concurren, en una forma u otra, las otras cinco condiciones o una mayoría de ellas. A continuación se examinan por separado cada uno de esos factores. Debido a que la información analítica confirmatoria resulta demasiado extensa para que pueda ser reproducida en su totalidad, se han escogido algunas estadísticas representativas con el objeto de aclarar determinados aspectos.

HUMEDAD

Todos los investigadores convienen en que cuando el contenido de humedad de una sal es elevado, hasta el punto de ser húmeda al tacto, pueden

*Resultados del análisis diario de contenido de yodo en un tanque de 400 kg de sal común procedente de las minas de sal de Rhein.**



* El análisis se realizó capa por capa (en muestras de 5 kg cada vez) durante un período de tres meses.

Promedio de contenido de yodo de los 400 kg de sal al comenzar el experimento = 5.10 mg/kg

Promedio de contenido de yodo de 66 muestras tomadas durante 3 meses = 4.29 mg/kg

Pérdida en tres meses = 0.81 mg/kg (16%)

ocurrir pérdidas de yodo si el agente de yodación es el yoduro de potasio. Fellenberg (7, 8) fué el primero en observar este detalle. Trabajó principalmente con una sal de cocina bastante gruesa y no desecada especialmente, y descubrió que el yoduro, disperso de manera uniforme al principio, sufría durante la conservación una redistribución en toda la masa. Debido a su peso, parte de la humedad, que es en realidad un residuo del agua primitiva de la cual se ha cristalizado la sal, se hunde gradualmente arrastrando consigo el yoduro disuelto, y produce una concentración en el fondo de la masa. Simultáneamente se produce la desecación en la parte superior de la masa y parte del agua primitiva que contiene yoduro es atraída a la superficie por la acción capilar. Se reduce, por consiguiente, el contenido de yoduro de las capas intermedias de sal. Con la migración ascendente del yoduro y la desecación de la sal en la parte superior, puede pasar a la atmósfera una pequeña cantidad de yodo libre. En el capítulo "Impurezas" (véase página 311), se explican las condiciones que determinan este proceso.

La ilustración muestra claramente la clase de resultados obtenidos por Fellenberg. Representa un recipiente de sal yodada del cual extrajeron y analizaron sucesivamente muestras de 5 kg, capa por capa, todos los días, con excepción de los domingos y días festivos, durante un período de tres meses. La masa comprendía cuatro capas, cada una de las cuales constaba de dieciséis porciones de 5 kg, y es evidente que durante la conservación las capas superior e inferior adquirieron más yodo que las dos capas intermedias.

Fellenberg resume sus investigaciones señalando que el yoduro de potasio en la sal no muy desecada experimenta siempre una redistribu-

CUADRO No. 1.—*Migración del yoduro al envase de cartón**

Cantidad de yodo requerida (mg)	Cantidad encontrada en la sal (mg)	Cantidad encontrada en el cartón (mg)	Total de yodo encontrado (mg)	Porcentaje del total en el cartón
240	166	51	217	23.5
160	347	21	368	5.7
160	243	24	267	9.0
160	160	19	179	10.6
160	146	28	174	16.0
160	139	64	203	31.5
160	124	36	160	22.5
160	90	70	160	43.7
160	90	17	107	16.0
160	88	26	114	22.8
160	83	17	100	17.0
160	76	87	163	53.3
160	76	42	118	35.6
160	63	54	117	46.1

* Se comparan los miligramos de yodo requeridos por paquete y los miligramos de yodo encontrados en la sal y en el cartón de recipientes de sal yodada de uso general en varias localidades de Michigan.

ción y puede perder parte de su contenido de yodo en la atmósfera antes de que la sal llegue al consumidor. Indica que esto se puede evitar si se selecciona para la yodación sal que contenga la menor cantidad posible de humedad y se la somete a un proceso de desecación inmediatamente después de haber sido yodada.

La observación de Fellenberg en el sentido de que el yoduro en la sal, si ésta no está muy desecada, emigra de una parte de la masa a otra, ha sido confirmada por otros investigadores.

El Cuadro 1 contiene algunos de los numerosos datos analíticos publicados por Cowie y Engelfried (3, 4), con los que se demuestra que la humedad que pasa del interior de una masa de sal al exterior de la misma, lleva consigo una cantidad considerable de yoduro que es absorbida por el cartón u otro material absorbente en el que se haya envasado la sal.

En el Cuadro 2 figuran las determinaciones establecidas por Andrew y Stace (2) del contenido de yoduro en las partes superior, intermedias e inferior del material de cuatro bolsas en las que se había conservado sal yodada. Se observará que en esos casos, el yoduro emigró en mayor proporción a la parte intermedia del material de la bolsa, debido probablemente a que esa parte contenía mayor cantidad de humedad que las

CUADRO No. 2.—*Yoduro absorbido por el material de las bolsas**

	Bolsa No.			
	1	2	3	4
Parte superior	0.19	0.20	0.30	0.92
Parte intermedia	0.40	0.34	0.60	1.04
Parte intermedia	0.56	0.38	0.64	1.16
Parte inferior	0.44	0.26	0.34	0.90

* Muestra la distribución del yoduro entre las partes superior, intermedias e inferior del material de cuatro bolsas. La cantidad de yoduro se expresa en partes por cada 20,000 partes de sal.

de los extremos. Por lo general, las pérdidas de yodo en las muestras empaquetadas de sal húmeda corresponden en mayor proporción a la parte del fondo del recipiente debido a que la sal en esta parte del envase de cartón o de la bolsa está en contacto con una porción más extensa de la superficie absorbente.

De sus investigaciones Andrew (1) deduce que, en condiciones ordinarias la pérdida de yoduro en la sal yodada se debe enteramente a la absorción de yoduro por el cartón o material del envase. Apoya esta conclusión en experimentos realizados que demostraron que las muestras

de sal yodada conservadas durante seis meses en jarros de cristal herméticamente cerrados y en otros de boca ancha y con tapa holgada no acusaron pérdida ni distribución desigual del yoduro. Del mismo modo, la sal extendida en capa muy delgada en el fondo de una palangana plana de porcelana, exponiéndola de esta forma a una superficie extensa, y dejada sin cubrir a la temperatura ambiente durante seis meses, no registró pérdida alguna de yodo. Por otro lado, la sal extendida en capa muy delgada en otra palangana, pero sobre papel filtro, perdió una proporción considerable de yodo. Al análisis, el papel filtro rindió suficiente yoduro para justificar plenamente la pérdida.

Las latas o envases laqueados provistos de forro interior impermeable son más convenientes para la sal yodada que las cajas de cartón sin forro interior. Cowie y Engelfried (4) determinaron el contenido de yodo de las capas interior y exterior de diez cajas de sal yodada, fabricadas con dos capas de cartón separadas por un forro adhesivo de material plástico negro. Los resultados, que figuran en el Cuadro 3, mostraron que el

CUADRO No. 3.—*Migración de yoduro determinada por el forro interior impermeable**

Caja de cartón No.	Cantidad total de yodo en el cartón (mg)	
	Capa interior contigua a la sal	Capa exterior
29	5	nulo
39	5	nulo
45	19	nulo
17	23	nulo
18	27	nulo
46	36	nulo
36	42	nulo
31	64	nulo
40	70	nulo
32	86	nulo

* Cantidad total de yodo en mg, en cajas fabricadas con dos capas de cartón separadas por un forro intermedio adhesivo de material plástico negro.

forro impidió eficazmente el paso del yoduro de la capa interior a la exterior. La capa interior contenía todo el yodo encontrado en el envase de cartón.

LA LUZ, EL CALOR Y LAS CORRIENTES EXCESIVAS DE AIRE

Al exponerla a la luz solar, la sal yodada con yoduro de potasio pierde una cantidad considerable de yodo. Ahora bien, si la sal se yoda con yodato de potasio no se registra pérdida alguna. Johnson y Herrington (9) han demostrado claramente esta circunstancia (véase el Cuadro 4). Cuatro sales, tres yodadas con yoduro de potasio y una con yodato,

fueron expuestas a la luz solar en platos de cristalización sin cubrir, en el alféizar de una ventana situada al sur. Las sales yodadas con yoduro perdieron el 73 %, 90 % y 24 % respectivamente de su contenido de yodo durante un período de almacenamiento de 63 semanas. La sal yodada

CUADRO NO. 4.—*Efecto de la luz solar sobre la pérdida de yodo de la sal*

Período de conservación	Contenido de yodo (%)			
	Sal 1 (yodato) ¹	Sal 2 (yoduro) ²	Sal 3 (yoduro) ³	Sal 4 (yoduro) ⁴
Inicial.....	0.0482	0.0474	0.0404	—
10 semanas.....	0.0480	0.0378	0.0206	0.0596
17 “.....	0.0474	0.0305	0.0137	0.0569
27 “.....	0.0468	0.0271	0.0132	0.0557
40 “.....	0.0479	0.0228	0.0055	0.0530
48 “.....	0.0482	0.0214	0.0050	0.0507
57 “.....	0.0484	0.0191	0.0037	0.0475
63 “.....	0.0486	0.0126	0.0030	0.0449
Pérdida.....	Nada	73%	90%	24%

¹ Sal yodada con yodato de potasio en polvo.

² Sal yodada con solución de yoduro de potasio.

³ Sal yodada con yoduro de potasio y recrystalizada.

⁴ Sal yodada con yoduro de potasio y recrystalizada.

con yodato retuvo todo su contenido de yodo durante el mismo período. Los citados autores han demostrado asimismo que, incluso cuando se expone a la luz solar en envases cubiertos, la sal yodada con yoduro puede llegar a perder en dos días hasta el 15 % de su contenido de yodo.

A juzgar por los escasos experimentos que se han llevado a cabo, es evidente que el calor excesivo produce el mismo efecto que la luz solar en una sal que contenga yoduro: la exposición al calor produce pérdida de yodo. Pero esto ocurre únicamente si la sal es de reacción neutra o ácida. Una sal ligeramente alcalinizada con bicarbonato de sodio o una sal yodada con yodato, no pierde yodo por la exposición al calor. En el Cuadro 5 figuran ejemplos pertinentes.

Si la sal yodada se conserva en lugares donde hay corrientes de aire o de otra manera se expone a corrientes excesivas de aire, puede perder en contenido de yodo. Johnson y Herrington (9) realizaron en el curso de un año exámenes periódicos de dos muestras de bloques de sal, yodados de forma que contuvieran 0.0625 % aproximadamente de yoduro de potasio, que fueron expuestas libremente al aire, una en una jarra sin cubrir colocada en un cobertizo abierto y la otra en una bolsa de lona basta colocada en el desván de un granero. Al cabo de 13 meses de almacenamiento, la sal de la bolsa de lona había perdido el 12.7 % de su contenido de yodo, en tanto que la conservada en la jarra de cristal solamente había perdido el 5.6 %. Esta diferencia se considera que obedece al hecho

de que el aire circulaba con mucha mayor libertad en la sal conservada en la bolsa de lona, y por consiguiente eliminaba con mayor rapidez el yodo libre que la conservada en la jarra de cristal.

CUADRO No. 5.—*Efecto del calor sobre la pérdida de yodo de la sal*

Grado y duración de la exposición	Contenido de yodo (%)			
	Sal A con contenido de yoduro (alcalina) ¹	Sal B con contenido de yoduro (ácida) ²	Sal C con contenido de yoduro (neutra) ³	Sal D con contenido de yodato (neutra) ⁴
Testigo	0.0434	0.0429	0.0435	0.0459
80°C durante 70 horas	0.0415	0.0324	0.0302	0.0451
80°C durante 77 horas	0.0425	0.0318	0.0301	0.0460

¹ Sal yodada con KI; alcalinizada con 1% de NaHCO_3 .

² Sal yodada con KI; acidificada con 1% de KH_2PO_4 .

³ Sal yodada con KI; neutra.

⁴ Sal yodada con KIO_3 ; neutra.

IMPUREZAS

Hemos visto que si una sal yodada con yoduro de potasio no está desecada, la humedad que contiene se mueve en varias direcciones llevando consigo yoduro disuelto. Parte de la humedad se hunde hasta el fondo en razón de su peso y otra parte es atraída a la superficie por la acción capilar o aspirada por el material absorbente de las paredes laterales del envase.

Si la masa de sal no es muy grande y la atmósfera que la rodea tiene un grado bajo de humedad, las capas superiores de la sal se desecan al cabo de algún tiempo y una proporción relativamente grande del contenido de agua de la sal se evapora en un espacio limitado, aumentando de este modo la concentración de yodo de las capas superiores.

Al mismo tiempo que se produce la migración ascendente del yoduro y la desecación de la sal en la parte superior, una pequeña cantidad de yodo se libera a la atmósfera. No se han aclarado todavía las reacciones químicas precisas que determinan este proceso, pero Fellenberg (8) atribuye la liberación a la presencia de impurezas químicas en la sal y ofrece la siguiente explicación de lo que probablemente ocurre.

En la migración capilar ascendente de la humedad cargada de yoduro de la sal toman parte pequeñas cantidades de otras sales disueltas en el agua primitiva como impurezas menores. Estas, junto con el yoduro, se concentran en las capas superiores de la sal y se precipitan en la superficie de los cristales salinos. Seguidamente se produce la hidrólisis y puede ocurrir, por ejemplo, que el cloruro de magnesio se descomponga en hidróxido de magnesio y ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico reacciona entonces parcialmente con el yoduro de potasio, y el yodo escapa como yoduro de hidrógeno o, después de la oxidación, como yodo libre.

REACCIÓN

Las sales yodadas de reacción alcalina retienen mejor el yodo que las que tienen una reacción ácida o neutra. El siguiente experimento llevado a cabo por Johnson y Herrington (9) demuestra esta diferencia.

Se escogieron dos muestras de sal yodada de forma que contuvieran 0.0625 % aproximadamente de yoduro de potasio; una de ellas se acidificó mediante la adición de 1 % de KH_2PO_4 y la otra se alcalinizó mediante la adición de 1 % de NaHCO_3 . Ambas muestras fueron conservadas bajo una misma campana de cristal, determinándose periódicamente durante más de un año, su respectivo contenido de yoduro. Los resultados, que figuran en el Cuadro 6, revelan que la sal acidificada perdió durante la

CUADRO NO. 6.—*Conservación de sales yodadas ácidas y alcalinas*

Fecha	Período de conservación (semanas)	Contenido de yodo (%)	
		Sal con contenido de KH_2PO_4	Sal con contenido de NaHCO_3
2.10.25	0	0.0466	0.0475
28.11.25	8	0.0475	0.0482
4. 2.26	18	0.0389	0.0482
7. 5.26	31	0.0358	0.0489
28. 6.26	38	0.0345	0.0493
3. 9.26	48	0.0327	0.0495
13.10.26	54	0.0313	0.0496
Pérdida		32.8%	Nada

conservación aproximadamente la tercera parte (32.8 %) de su contenido de yoduro, en tanto que la sal alcalinizada no sólo no perdió cantidad alguna de yodo, sino que en realidad registró un ligero aumento en su contenido. Esto se atribuye al hecho de que las dos sales fueron conservadas bajo la misma campana de cristal, de suerte que parte del yoduro perdido por la sal acidificada fué al parecer absorbido por la sal alcalina. Las cifras que figuran en el Cuadro 5 ofrecen otro ejemplo de la forma en que la adición de álcalis protege a la sal de la pérdida de yodo.

COMPUESTOS DE YODO EMPLEADOS

Se ha hecho antes una breve referencia a la observación de que cuando la sal se expone a la luz solar o al calor no se producen pérdidas de yodo siempre y cuando la sal haya sido yodada con yodato de potasio en lugar de yoduro de potasio, que es el que se emplea con más frecuencia (véanse los Cuadros 4 y 5).

Las pruebas más rigurosas realizadas sobre la estabilidad del yodato en la sal han sido las de Davidson, Finlayson y Watson (5). Estos investigadores estudiaron las pérdidas de yodo en bloques prensados de

CUADRO No. 7.—*Estabilidad del yoduro de potasio en bloques de sal yodada expuestos a todas las condiciones atmosféricas**

Duración de la exposición	Mezcla						
	1 ^a	2 ^b	3 ^c	4 ^d	5 ^e	6 ^f	7 ^g
	partes de yodo en 100,000 partes de sal						
Inicial	11	11	13	14	11	13	4
2 meses	nada	nada	vestigios	nada	nada	nada	nada

* Se expusieron a todas las condiciones atmosféricas a la intemperie; concretamente, a los efectos del viento, la lluvia y el sol, bloques prensados preparados con siete mezclas diferentes.

^a NaCl + KI

^e NaCl + KI + estearato Ca

^b NaCl + KI + Fe₂O₃

^f NaCl + KI + estearato Ca + Fe₂O₃

^c NaCl + KI + Na₂S₂O₃

^g NaCl únicamente.

^d NaCl + KI + Na₂S₂O₃ + Fe₂O₃

CUADRO No. 8.—*Estabilidad del yodato de potasio, diyoduro de ditimol y un complejo de yoduro en bloques de sal expuestos a todas las condiciones atmosféricas**

Duración de la exposición	Mezcla					
	1 ^a	2 ^b	3 ^c	4 ^d	5 ^e	6 ^f
	diyoduro de ditimol		yodato de potasio		complejo de yoduro	
	partes de yodo por 100,000 partes de sal					
Inicial	24	20	18	19	14	14
10 días	18	13			4	nada
14 días			16	16		
20 días	17	11				
28 días			16	16		
30 días	10	8				
40 días	12	10				
7 semanas	12	10				
8 semanas			14	14		
9 semanas	11	11				

* Se expusieron a todas las condiciones atmosféricas a la intemperie; concretamente, a los efectos del viento, la lluvia y el sol, bloques prensados preparados con seis mezclas diferentes.

^a Sal con 0.033% de diyoduro de ditimol.

^b Sal con 0.033% de diyoduro de ditimol y 0.1% de óxido de hierro.

^c Sal con 0.0253% de yodato de potasio.

^d Sal con 0.0253% de yodato de potasio y 0.1% de óxido de hierro.

^e Sal con 354.5 g de un complejo orgánico de yoduro (con 40% I) por tonelada.

^f Sal con 354.5 g de complejo de yoduro por tonelada y 181.5 g de carbonato de cobalto por tonelada.

sal yodada empleada para la alimentación de animales. Esos bloques fueron colocados a la intemperie y expuestos a todas las condiciones atmosféricas: viento, lluvia y sol. Se probaron cuatro formas de yodo para determinar la estabilidad, a saber: yoduro de potasio, yodato de potasio, diyoduro de ditimol y un complejo orgánico de yoduro especialmente preparado. La serie de pruebas con yoduro se hicieron con bloques preparados con seis mezclas diferentes, incluyendo pruebas con agentes protectores (tiosulfato de sodio y estearato de calcio) y sin ellos, y con la adición de óxido férrico y sin él. Las determinaciones de yodo a intervalos dieron los resultados que figuran en los Cuadros 7 y 8. Los bloques con contenido de yodato de potasio retuvieron un elevado porcentaje de su contenido original de yodo al ser expuestos durante dos meses a condiciones inclementes a la intemperie. Los que contenían yoduro de potasio y complejo orgánico de yoduro perdieron rápidamente todo el contenido de yodo. El diyoduro de ditimol dió un resultado intermedio entre los dos antes citados en lo que respecta a estabilidad, pero por otras razones no puede ser considerado seriamente como agente de yodación para la sal destinada al consumo humano.

Las observaciones anteriores pueden resumirse adecuadamente en la siguiente forma:

SAL YODADA CON YODURO

Pérdidas de yodo

<i>pueden ocurrir si la sal:</i>	<i>no ocurren si la sal:</i>
Contiene <i>humedad</i> . No está muy desecada durante la producción	Está bastante <i>desecada y suelta</i>
Se expone a <i>atmósfera húmeda</i> o excesiva <i>aeración</i>	Se empaqueta en envases provistos de <i>forro interior impermeable</i>
Se expone a la <i>luz solar</i>	Se conserva en la <i>obscuridad</i>
Se expone al <i>calor</i>	Se mantiene <i>fresca</i>
Tiene <i>reacción ácida</i>	Se le ha agregado algún <i>álcali u otro agente estabilizador</i>
Contiene <i>impurezas</i> procedentes del agua primitiva	Está <i>libre de impurezas</i>

La sal yodada con yoduro de potasio si está desecada, suelta, y envasada adecuadamente en cajas de cartón provistas de forro interior, no pierde yodo ni experimenta redistribución del yoduro en condiciones normales de conservación. En el Cuadro 9 figuran los resultados de pruebas de conservación realizadas recientemente con sal de mesa de alta calidad de esta clase, resultados que demuestran que la sal suelta refinada que contenga 1 % de carbonato de magnesio básico y yodada con yoduro de potasio no sufre, si está adecuadamente envasada, pérdida alguna en la conservación.

Por otra parte, cuando no concurren las condiciones mencionadas en la columna de la derecha del resumen precedente, como por ejemplo en las zonas insuficientemente desarrolladas donde muchas veces la sal es de una variedad local bruta y no ha sido sometida a desecado y elaboración especiales, el procedimiento recomendado es la yodación con yodato de potasio.

CUADRO NO. 9.—*Pruebas de conservación de sal suelta refinada**

Especificación	Contenido de yodo		
	µg por onza**	porcentaje por peso	proporción I ₂ /NaCl
Promedio	425-652	0.0015-0.0023	1:66,600-1:43,500
Análisis por el fabricante al entregar la sal (28/3/51)	538	0.0019	1:52,600

A(1). Conservado hasta el 5/7/51 en un estante abierto del laboratorio situado encima del lavabo

A los tres meses (5/7/51)	Parte superior	567	0.0020	1:50,000
	Parte intermedia	567	0.0020	1:50,000

A(2). El resto del contenido del paquete A(1) abierto el 5/7/51 fué mezclado de nuevo y vuelto a colocar en el estante, con la parte superior del paquete completamente abierta, hasta el 19/2/51. En febrero de 1952 se observaron algunos terrones en la parte superior de la muestra.

A los diez meses (19/2/52)	Parte superior	567	0.0020	1:50,000
	Parte intermedia	538	0.0019	1:52,600

B. Conservada hasta el 19/2/52 en un aparador seco alejado de las emanaciones. No se observaron terrones.

A los diez meses (19/2/52)	Parte superior	567	0.0020	1:50,000
	Parte intermedia	567	0.0020	1:50,000
	Parte inferior	510	0.0018	1:55,500

C. Conservada hasta el 19/2/52 en un estante abierto del laboratorio situado encima del lavabo. No se observaron terrones.

A los diez meses (19/2/52)	Parte superior	538	0.0019	1:52,600
	Parte intermedia	538	0.0019	1:52,600
	Parte inferior	538	0.0019	1:52,600

* Entregada para análisis independiente en lotes de 3.2 kg en bolsas de algodón. Envasada de nuevo el 3/4/51 por el analista en cajas de cartón de 0.45 kg, sin forro interior, suministradas por los fabricantes. Las cajas de cartón fueron conservadas en la forma citada en el cuadro precedente y posteriormente se extrajeron para análisis porciones de 25 g cada una, de las partes superior, intermedia e inferior de los envases.

** Una onza = 28.3 gramos.

En México ya se está empleando la sal yodada con yodato, y el Dr. H. H. Stacpoole, que tiene a su cargo la campaña de prevención del bocio en el citado país, ha informado favorablemente sobre sus propiedades de conservación del yodo.* Con la adopción del yodato se han eliminado completamente los inconvenientes de la pérdida de yodo que antes se planteaban, es decir, cuando ordinariamente se añadía yoduro a los suministros de sal bruta sin elaborar de que se disponía para la profilaxis del bocio en ciertos distritos de México.

REFERENCIAS

- (1) Andrew, R. L.: *Analyst*, 63:179, 1938.
- (2) Andrew, R. L., y Stace, G. W.: *Analyst*, 70:88, 1945.
- (3) Cowie, D. M., y Engelfried, J. J.: *Jour. Mich. Med. Soc.*, 38:1057, 1939.
- (4) Cowie, D. M., y Engelfried, J. J.: *Jour. Mich. Med. Soc.*, 39:784, 1940.
- (5) Davidson, W. M.; Finlayson, M. M., y Watson, C. J.: *Sc. Agric.*, 31:148, 1951.
- (6) Davidson, W. M., y Watson, C. J.: *Sc. Agric.*, 28:1, 1948.
- (7) Fellenberg, Th. von: *Biochem. Z.*, 142:263, 1923.
- (8) Fellenberg, Th. von: *Biochem. Z.*, 174:364, 1926.
- (9) Johnson, A. H., y Herrington, B. L.; *Jour. Agric. Res.*, 35:167, 1927.

STUDIES ON THE STABILITY OF IODINE COMPOUNDS IN IODIZED SALT (*Summary*)

Contributions made by five groups of investigators to the knowledge of the stability of different iodine compounds in salt, and of the extent of the losses of iodine which may occur when iodized salt is exposed to different conditions of storage and use, are discussed by the author.

Stability of the iodine component in iodized salt is determined by: (1) moisture content of the salt and humidity of the atmosphere; (2) light, heat, and other meteorological factors; (3) impurities in the salt; (4) acidity or alkalinity of the mixture; and (5) the form in which iodine is present.

When potassium iodide or sodium iodide is used as the iodizing agent, the iodide content of the salt will remain constant and its distribution will remain uniform for many months if the salt is packed dry in a container with an impervious lining and kept dry, preferably in a cool place and away from strong light. When these conditions cannot be met, it is desirable to iodize salt with potassium iodate. Under adverse conditions of moisture, heat, and sunlight, the iodine content of salt iodized with potassium iodate remains relatively constant.

* Véase el trabajo de Stacpoole en la página 288.