

MÉTODOS DE YODACION DE LA SAL¹

Ing. John Holman²

Se examinan varios métodos efectivos y económicos de yodación de la sal de distintos tipos, mediante el uso del yoduro y del yodato de potasio, y se exponen las condiciones necesarias para la estabilidad de la sal yodada.

A través de la historia del bocio endémico se nota una constante búsqueda de medios efectivos para la prevención de la enfermedad. En varias partes del mundo, y durante varios siglos, se ha comprobado una variedad de vehículos portadores de yodo para el individuo. Se han utilizado el agua, el pan, los dulces y otros elementos comunes de la dieta, pero cada uno ha presentado serias limitaciones en términos de costo, control de la ingestión o aceptabilidad. Hoy día no se discute que el uso de la sal de mesa como vehículo portador de yodo es lo más aconsejable.

La yodación de la sal es un procedimiento sencillo, poco costoso y de acción efectiva, que permite a las autoridades de salud pública asegurar la disponibilidad de yodo para la salud de la población en cualquier parte del mundo. Dicho procedimiento consiste en técnicas diversas, de aplicación especial en el tratamiento de cada tipo de sal.

Sal refinada

En los países más industrializados, la mayor parte de la sal que se emplea para usos domésticos se produce por la evaporación de salmuera en una serie de evaporadores al vacío de múltiple efecto. En comparación con los métodos de evaporación

abierta, este procedimiento tiene las ventajas siguientes: permite la producción de una cantidad mucho mayor de sal a un costo menor y se puede emplear sin interrupción, lo que implica un mínimo de trabajo. Aparte de estas ventajas, la fineza, el tamaño uniforme del grano de la sal producida al vacío y su propiedad de fluir libremente (*free flowing*), revisten tan considerable valor en el mercado que asegurarían su éxito al competir con otros grados de sal en las comunidades que exigen un producto de alta calidad.

La yodación de sal producida al vacío se efectúa normalmente mediante una técnica sencilla que forma parte del método de producción y se presta para elaborar grandes cantidades de sal yodada. La sal que sale de los evaporadores al vacío se descarga en un filtro rotativo y luego pasa a un secador final de aire caliente donde se elimina la humedad. Se logra una satisfactoria y uniforme yodación rociando una solución de yoduro o yodato de potasio sobre la sal al pasar ésta a lo largo del conductor, antes de entrar en el secador. El equipo necesario consiste solamente en un pequeño tanque de depósito para la solución, una boquilla para rociarla y la tubería indispensable.

La sal yodada estabilizada se puede preparar empleando métodos de rociado análogos. En uno de los procedimientos se emplea una mezcla de yoduro de potasio, tiosulfato de sodio hidratado y soda cáustica, que se mantiene a una temperatura de más de 48°C para liberar el agua de cristalización del tiosulfato de sodio. La cantidad de agua es

¹ Segundo de una serie de artículos basados en documentos de trabajo presentados al Seminario sobre Yodación de la Sal para Prevención del Bocio Endémico, realizado en Salta, Argentina, del 21 al 26 de junio de 1965.

² Consultor, Organización Mundial de la Salud.

suficiente para disolver todos los componentes y constituye un medio líquido que se rocía sobre la sal al pasar al secador final. En otro procedimiento una parte de la sal que se va a yodar se rocía con una solución que contiene yoduro de potasio, bicarbonato de sodio y carbonato de magnesio. La sal tratada se mezcla en seco con la porción restante de la sal para obtener un producto final que, según se afirma, posee las características máximas deseables en cuanto a estabilidad y uniformidad de yodación.

La sal refinada también se puede yodar mediante la adición directa de yoduro de potasio finamente pulverizado, en asociación con agentes de estabilización y desecación; este procedimiento se ha generalizado y resulta muy apropiado para la preparación de cantidades relativamente pequeñas de sal yodada.

El método general consiste en preparar una mezcla de yoduro de potasio molido, un estabilizador y un agente desecador, como el que suele incluirse en las sales que fluyen libremente. Las cantidades necesarias de esta mezcla se añaden entonces a lotes de sal. Puesto que la cantidad del agente desecador utilizada es considerablemente mayor que la de yoduro, este procedimiento permite obtener un producto uniformemente yodado.

Es esencial llevar un control exacto de cada una de las etapas del procedimiento descrito. También es importante que el lote principal sea analizado cuidadosamente en cuanto a uniformidad del contenido de yodo; se deben probar varias muestras del producto final de cada lote.

El fosfato comercial se mezcla con la sal mejor que la mayoría de los agentes desecadores y tiene también cierto valor como elemento dietético mineral. En la preparación de la sal yodada se emplea un grado especial de fosfato tricálcico básico, con una composición aproximada de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$. Esta sustancia es más alcalina que el fosfato de calcio comercial ordinario y, según se sostiene, aumenta la estabilidad de

la sal y mejora la propiedad de fluir libremente. Sin embargo, se pueden usar varios otros materiales como acondicionadores de la sal yodada, entre los cuales cabe mencionar el carbonato de magnesio, el bicarbonato de sodio, el carbonato de sodio y el carbonato de calcio. En un procedimiento satisfactorio de yodación se utiliza una mezcla consistente en 90% de yoduro de potasio, 8% de carbonato de calcio y 2% de óxido de calcio, por peso.

También se puede lograr una excelente estabilización por el procedimiento usado en la Universidad de Wisconsin, Estados Unidos de América que consiste en la adición de pequeñas cantidades de carbonato de sodio, almidón y tiosulfato de sodio. Otro método, ampliamente adoptado para asegurar la estabilización de la sal yodada, del tipo que fluye libremente, consiste en moler estearato de calcio con yoduro de potasio, con lo cual el estearato, insoluble en agua, rodea cada partícula del yoduro de potasio y la protege de la humedad.

Sal cristalina

Aunque la sal fina que fluye libremente, a la que nos hemos referido hasta ahora, se considera una necesidad doméstica en países de elevado nivel de vida, es bastante poco conocida en otras partes del mundo y su uso resultaría demasiado costoso, incluso si pudiera obtenerse. Por lo tanto, es extremadamente importante establecer técnicas económicas y sencillas para la yodación de la sal cristalina gruesa que se utiliza en muchas partes del mundo. Afortunadamente, en los últimos años se han desarrollado técnicas de esa naturaleza. Un nuevo procedimiento de mezcla en seco, presentado a la Organización Mundial de la Salud, ha resultado muy satisfactorio para el tratamiento de sales gruesas. Dicho procedimiento es especialmente indicado en las zonas de bocio endémico, y en donde no existen medios de manufactura en gran escala, pero que disponen de fuentes de sal en fruto; se aplica ahora en varios países de la América Latina y en

otras regiones del mundo. El procedimiento consiste en echar sal cristalina gruesa en la tolva de un regulador de volumen; de allí la sal pasa a un transportador-mezclador con tornillo sin fin. Desde un punto cerca de la base del regulador de volumen se introduce en este transportador-mezclador una mezcla de una parte de yoduro de potasio, o yodato de potasio, y 10 partes de carbonato de calcio, o cualquier polvo inerte disponible, mediante un alimentador de precisión y según la tasa necesaria para conseguir un producto final que contenga la cantidad de yodo deseada. El carbonato de calcio, u otro polvo inerte, se agrega al yoduro o yodato para lograr que un volumen mayor de material pase a través del alimentador de precisión y facilitar así el control y el grado de mezcla del agente de yodación con la sal. El yodato de potasio es más estable que el yoduro de potasio y se recomienda su uso cuando existe la posibilidad de que la sal yodada se almacene en condiciones climáticas adversas. Para el funcionamiento del equipo necesario se puede utilizar energía eléctrica o cualquier otra fuente de energía conveniente y adaptable.

En contraste con el anterior procedimiento de mezcla en seco que se puede emplear con cualquier tipo de sal, existe un procedimiento de rociado en pequeña escala que se usa con sal en bruto o con sal refinada; fue desarrollado por el Dr. Herbert Stacpoole, ex Director de la campaña contra el bocio en México, quien diseñó una máquina portátil especial para la yodación de pequeñas cantidades de sal. Las máquinas de este tipo se pueden transportar fácilmente en camiones, y durante varios años se han estado usando con éxito en México para proporcionar sal yodada a las poblaciones de áreas aisladas donde se manifiesta el bocio.

Tratamiento de la salmuera

Para yodar la sal producida por la evaporación de la salmuera en cubas abiertas se agrega a ésta una cantidad regulada de solución de yoduro de potasio.

Durante un proceso de evaporación continua en cubas abiertas, los cristales de sal que se forman en el fondo se sacan a intervalos frecuentes por medio de palas perforadas y se dejan secar en el piso o en parrillas colocadas junto a las cubas. Cierta proporción de líquido queda adherida a los cristales de sal. La cantidad de yoduro de potasio agregado a la salmuera original debe ser tal que el volumen final de líquido adherido a la sal contenga yoduro suficiente para alcanzar el nivel deseado de yodación. La proporción de salmuera adherida dependerá de las medidas precisas adoptadas para proteger la sal; aunque esta proporción ha sido comprobada mediante pruebas ordinarias, basta un simple cálculo para determinar el contenido de yoduro de potasio que se debe mantener en la salmuera. Es preferible bombear la solución de yoduro de potasio a la salmuera antes de que ésta pase a la vasija de evaporación. Si las proporciones de alimentación y evaporación son controladas cuidadosamente, se logrará una yodación muy uniforme de la sal.

Empleando una técnica similar, es posible también yodar sal producida por lotes de salmuera evaporada en cubas abiertas. Para cada lote de salmuera se agrega una solución de yoduro de potasio diluida en tal cantidad que el pequeño volumen de líquido que queda adherido finalmente a la sal retirada de la cuba contenga la concentración necesaria de yoduro para lograr el nivel deseado de yodación. El residuo de líquido que queda en la cuba se puede usar de nuevo con más salmuera fresca, con lo cual se evita la pérdida de yoduro.

Debido a la necesidad de una supervisión apropiada, este último método de yodación resulta más costoso que el de mezcla en seco o rociada, de modo que no se puede considerar adecuado como procedimiento de uso general.

Estabilidad de las sales yodadas

Es muy importante que la sal yodada permanezca estable durante el almacenaje, por

las dos razones siguientes: en primer lugar, la sal yodada debe contener la cantidad exacta de yodo estipulada por las autoridades médicas y, en segundo lugar, los fabricantes deben controlar el nivel de yodación para asegurarse de que su producto reúna los requisitos establecidos por el Gobierno. Un amplio estudio de los factores que influyen en la estabilidad de la sal yodada demuestra que, en la yodación con yoduro de potasio, no ocurren pérdidas de yodo si la sal: a) es razonablemente seca y fluye libremente; b) se empaqueta en recipientes con forros impermeables; c) se almacena en la oscuridad; d) se mantiene en lugar fresco; e) contiene un agente estabilizador, y f) está libre de impurezas. Por otro lado es posible que ocurran pérdidas de yodo si la sal: a) no está seca una vez terminada la producción; b) está expuesta a la humedad de la atmósfera o a ventilación excesiva; c) está expuesta a la luz del sol, d) está sometida al calor, e) tiene reacción ácida, y f) contiene impurezas derivadas del agua madre.

Si se examinan esas condiciones, se verá que no es difícil lograr la estabilidad de la sal yodada, de buen grado, producida por evaporación al vacío. La sal se seca completamente durante la producción, se empaqueta en recipientes especiales y queda efectivamente estabilizada por la presencia de agentes alcalinos que impiden la formación de grumos y que se agregan a fin de conservar su propiedad de fluir libremente. Si se almacena en forma apropiada, en condiciones razonables de temperatura y humedad, permanece estable por largo tiempo. Al determinar el contenido de yodo de algunas muestras de sal durante una prueba de almacenamiento de casi dos años, no se comprobó pérdida alguna de yodo en ese período.

Por otra parte, la estabilización de la sal producida en recipiente abierto y por evaporación al sol presenta algunos problemas, ya que puede contener humedad e impurezas. Además, con frecuencia la sal se almacena a granel o se empaqueta en sacos ordinarios de

yute; también puede estar expuesta a condiciones adversas de clima. Se recomienda, por lo tanto, que la yodación de la sal producida en cubas abiertas y expuesta al sol se efectúe agregando yodato de potasio, que puede reemplazar el yoduro de potasio como fuente de yodo para la síntesis bioquímica de la tiroxina. El yodato de potasio es un compuesto sumamente estable y no se altera por efecto de las impurezas oxidantes que pueden causar la descomposición del yoduro de potasio. Otra importante ventaja del yodato de potasio es su baja solubilidad en agua, comparada con la alta solubilidad del yoduro de potasio. Si los paquetes de sal yodada con yoduro de potasio se humedecen, el yoduro es atraído a las áreas de alto contenido de humedad y pasa de la sal al cartón o tela del recipiente. De este modo se pierde yoduro de la masa de la sal empaquetada, con la consiguiente reducción de su contenido general de yodo. Debido a la baja solubilidad del yodato de potasio, este desplazamiento no se produce. En realidad, no es fácil eliminar el yodato de la sal yodada, aun lavándola con agua, y por esta razón la sal que lo contiene es satisfactoria para la manufactura de bloques de sal para el ganado expuestos a toda clase de condiciones atmosféricas. Se recomienda emplear yodato cuando debido al tipo de sal disponible o a las condiciones del medio se puedan producir pérdidas de yodo en la sal tratada con yoduro de potasio.

Resumen

La yodación de la sal es un procedimiento sencillo, económico y eficaz para ofrecer a la población el yodo que necesitan para evitar el bocio y conservar la salud. Se detallan los métodos de yodación (por rociamiento o pulverización, por mezcla en seco y por tratamiento de salmuera), de acuerdo con el tipo de sal que se ha de tratar (refinada, cristalina gruesa o en bloque) y según el volumen de producción. También se examinan los métodos utilizados en los países altamente industrializados y en los que

están en vías de desarrollo. En cada caso se mencionan los componentes de la mezcla utilizada para la yodación, cuyo agente activo es el yoduro de potasio o el yodato de potasio, que se mezcla con otras sustancias químicas como agentes de estabilización y desecación.

Es de gran importancia conseguir la estabilidad de las sales yodadas, ya que éstas deben contener yodo en la cantidad estipulada por las autoridades de salud. Para evitar la pérdida del yodo se recomienda que la sal esté seca y fluya libremente; el material de empaque debe ser impermeable; debe

almacenarse en la oscuridad y en lugar fresco; además debe contener un agente estabilizador y estar libre de impurezas. Para mayor estabilidad se recomienda el uso del yodato de potasio, en vez del yoduro de potasio, ya que el primero es sumamente estable y no se altera por las impurezas oxidantes como puede ocurrir con el yoduro. El yodato se recomienda especialmente en los casos de la producción de sal por tratamiento de salmuera en recipiente abierto y por evaporación al sol, o bien para la sal utilizada en áreas donde las condiciones ambientales puedan ocasionar pérdidas de yodo. □

Methods of Salt Iodization (*Summary*)

Iodization of salt is a simple, economical, and effective means of giving the population the iodine it requires to prevent goiter and protect health. The author describes the methods of iodization (spraying or misting, dry mixture, and brine treatment), according to the type of salt that is to be treated (refined, coarse crystals, or block) and the volume of production. The methods used in highly industrialized and in developing countries are also discussed. In each case, mention is made of the components of the mixture used for iodization, the active ingredient of which is potassium iodide or potassium iodate, which is mixed with other chemical substances as stabilizing and drying agents.

It is important to ensure the stability of the iodized salt, since the latter must contain iodine

in the amount stipulated by the health authorities. To avoid the loss of iodine it is recommended that the salt be dry and free-flowing; packaging should be waterproof; storage should be in a dark and well-ventilated place; the salt should also contain a stabilizing agent and be free of impurities. For greater stabilization, it is recommended that potassium iodate be used, instead of potassium iodide, since the former is highly stable and is not altered by oxidizing impurities, as is the case with iodide. Iodate is especially recommended in the production of salt by brine treatment in an open receptacle and by evaporation by sunlight, or for salt used in areas where environmental conditions may cause iodine loss.