



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
E.A.P. DE AGROINDUSTRIA


## TECNOLOGÍA DE AZÚCAR

### TEMA 12: AGENTES QUÍMICOS USADOS EN LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR

Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO  
luzpaucar@uns.edu.pe

En las fábricas de azúcar se hace un extenso uso de los agentes químicos con objeto de conseguir ciertos cambios deseables en la naturaleza de los materiales procesados.

Los agentes químicos se emplean en los procesos de clarificación, en el acondicionamiento en el agua de calderas, para prevenir la incrustación en los tubos de los evaporadores, para mejorar ciertas propiedades de la masa cocida y para cambiar el color natural de los azúcares.



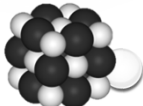
Dra. Luz María Paucar Menacho

#### 1. Cal

La cal es un término que designa todas las formas físicas en las que pueden aparecer el óxido de calcio (CaO) y el óxido de calcio de magnesio (CaMgO<sub>2</sub>), denominados también, cal viva (o generalmente cal) y dolomía calcinada respectivamente. Estos productos se obtienen como resultado de la calcinación de las rocas (calizas o dolomías). Adicionalmente, existe la posibilidad de añadir agua a la cal viva y a la dolomía calcinada obteniendo productos hidratados denominados comúnmente cal apagada ó hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>) y dolomía hidratada (CaMg(OH)<sub>4</sub>).

Otras denominaciones de la cal viva son las siguientes: Cal, Cal aérea, Cal de construcción, Cal química, Cal de albañilería y Cal fundente.

La cal se ha usado, desde la más remota antigüedad, de conglomerante en la construcción; también para pintar (encalar).



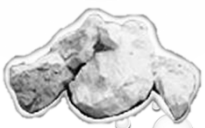
Dra. Luz María Paucar Menacho

La cal viva se obtiene por calcinación de la caliza, con un alto contenido en carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), a una temperatura de unos 900 °C según la siguiente reacción:

$$\text{CaCO}_3 + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

La calcinación, de manera industrial, tiene lugar en hornos verticales u horizontales rotativos.

De manera artesanal puede ser en un horno tradicional, romano o árabe.



Dra. Luz María Paucar Menacho

#### La cal viva

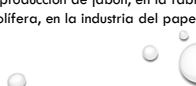
La cal es uno de los productos más conocidos desde la antigüedad y con más aplicaciones diversas, de manera que cubre prácticamente todos los campos de la actividad humana (económica) como son:

Uso en la industria:

**Siderurgia:** Se utiliza como fundente y escorificante.

**Metalurgia:** Se utiliza en los procesos de flotación; en la fundición de cobre, plomo y zinc; en la producción de magnesio (se pueden utilizar dos tipos de procesos de fabricación: proceso electrolítico o proceso de reducción térmica, en este último se utiliza cal viva); en la producción de aluminio; y como escorificante de la sílice evitando la formación de compuestos de aluminio y sílice.

**Química:** Se emplea en la producción de jabón, en la fabricación del caucho y de carburo cálcico, en la industria petrolífera, en la industria del papel y en cosmética.



Dra. Luz María Paucar Menacho

**Alimentaria:** Se utiliza en la industria azucarera (en concreto en la elaboración del azúcar de remolacha); en ostricultura; en piscicultura; en la industria cervecera, en la industria láctea; en la fabricación de colas y gelatinas, en el tratamiento del trigo y del maíz; en la industria vinícola y en la conservación de alimentos en contenedores de alimentos "autocalentables".

**Vidrio:** Su utilización proporciona vidrios más brillantes y con mejor color. La fusión es más rápida, lo cual supone un ahorro económico durante el proceso de fabricación del vidrio.

**Curtidos:** Es una de sus aplicaciones más antiguas. Los baños de lechada de cal permiten la extracción de pelos e hinchamiento de las pieles antes del curtido.





Dra. Luz María Paucar Menacho

#### La Cal en la Industria Azucarera

Cualquiera que sea el método de clarificación la cal es el principal agente clarificante. El principal objetivo de la clarificación es eliminar impurezas del jugo en la etapa más temprana del proceso que permitan las otras consideraciones del mismo, tales como la claridad y reacción del jugo claro. En la fabricación del azúcar crudo, al cal y el calor son casi los únicos agentes que se utilizan con este fin, aunque generalmente se añade una pequeña cantidad de fosfato soluble. La fabricación de azúcar para consumo directo requiere de otras sustancias químicas además de la cal. (Chen,1991)



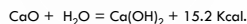
Dra. Luz María Paúcar Menacho

La tecnología que se emplea actualmente en la purificación de los jugos de caña es distinta a la que se emplea en la industria de azúcar de remolacha. La diferencia básica consiste en que la purificación del jugo crudo por medio del proceso de carbonatación ha llegado a ser una costumbre en la fabricación de azúcar de remolacha por lo que se obtiene un azúcar granulado, a partir del jugo clarificado y concentrado, que puede ser usado para los mismos usos que el azúcar refinada, sin necesidad de refinación. En cambio en la fabricación de azúcar a partir de azúcar de caña producidos por el proceso de molienda presenta solo un porcentaje de la producción total de azúcar de caña.



Dra. Luz María Paúcar Menacho

La Cal es el principal agente clarificante en la industria del azúcar; debido a sus propiedades, efectividad, fácil adquisición y bajo costo, las cuales la han convertido en un material irremplazable en esta industria. La formación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a partir de  $\text{CaO}$  es una reacción exotérmica en donde hay un considerable desprendimiento de calor.



La cal que se utiliza para la clarificación de los jugos provenientes de la molienda de la caña debe ser de alta pureza, entre los aspectos a tener en cuenta están: La cantidad de óxido de calcio aprovechable (debe estar entre 85 - 90 %), las impurezas presentes, la apagabilidad y la densidad. Las existencias en la planta deben ser bajas, debido a que la cal absorbe de la atmósfera humedad y gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ).

Dra. Luz María Paúcar Menacho

El óxido de calcio se puede conseguir en el comercio comprándolo directamente a los productores, o produciéndolo en un horno para piedra caliza dentro de la fábrica. La cal bien quemada es de peso ligero, muy porosa y fácilmente hidratable, usualmente se añade al jugo en forma de lechada de cal (el contenido de óxido de calcio en la lechada varía entre el 10 y el 13 % en peso de  $\text{CaO}$ ), líquido blanco lechoso que contiene cal apagada en suspensión y en solución.

La solubilidad de la cal en soluciones azucaradas depende de la forma en que se añade, la temperatura, la cantidad, la concentración del jugo y del tiempo de contacto.



Dra. Luz María Paúcar Menacho

#### ACCIÓN DE LA CAL:

La cal actúa sobre los componentes no azucarados del jugo, neutralizando los ácidos libres y las sales ácidas, lo cual impide la inversión de la sacarosa, y forma con la mayoría de ácidos orgánicos e inorgánicos, sales de cal insolubles. Durante la precipitación por cal de los ácidos fosfórico, sulfúrico, tartárico, málico, quedan en libertad los álcalis combinados con los mismos (potasa, sosa, amoníaco y bases orgánicas). El amoníaco y las bases orgánicas desaparecen al calentar el jugo; la potasa y la sosa, le proporcionan al jugo una alcalinidad fija.

Las pectinas (gomas) precipitan por la acción de la cal. De los albuminoides, sólo una pequeña cantidad no precipita con la cal. Las amidas se transforman en los ácidos correspondientes, con desprendimiento de amoníaco. Los azúcares invertidos se descomponen, originando ácidos que disminuyen la alcalinidad y colorean el jugo. La cal arrastra y esteriliza una serie de fermentos, bacterias y materia en suspensión durante la precipitación.

Dra. Luz María Paúcar Menacho

#### ACCIÓN DE LA CAL:

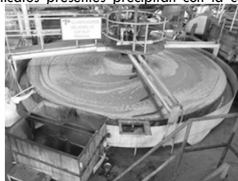
La cal actúa sobre los componentes no azucarados del jugo, neutralizando los ácidos libres y las sales ácidas, lo cual impide la inversión de la sacarosa, y forma con la mayoría de ácidos orgánicos e inorgánicos, sales de cal insolubles. Durante la precipitación por cal de los ácidos fosfórico, sulfúrico, tartárico, málico, quedan en libertad los álcalis combinados con los mismos (potasa, sosa, amoníaco y bases orgánicas). El amoníaco y las bases orgánicas desaparecen al calentar el jugo; la potasa y la sosa, le proporcionan al jugo una alcalinidad fija.

Las pectinas (gomas) precipitan por la acción de la cal. De los albuminoides, sólo una pequeña cantidad no precipita con la cal. Las amidas se transforman en los ácidos correspondientes, con desprendimiento de amoníaco. Los azúcares invertidos se descomponen, originando ácidos que disminuyen la alcalinidad y colorean el jugo. La cal arrastra y esteriliza una serie de fermentos, bacterias y materia en suspensión durante la precipitación.

Dra. Luz María Paúcar Menacho

En soluciones diluidas, transforma los azúcares invertidos en una mezcla de fructosa, glucosa, manosa y glutosa. A concentraciones mayores y baja temperatura, los transforma en ácidos sacáricos y lácticos. A altas temperaturas, los transforma en ácidos, cuyas sales son viscosas y de coloraciones oscuras, lo que desmejora la calidad del jugo. La cal se combina con la albúmina y precipita en coágulos.

Con sales orgánicas, tales como los fosfatos, forma compuestos insolubles. Los iones de hierro, aluminio y los silicatos presentes precipitan con la cal formando un precipitado gelatinoso.



Dr. Luz María Paucar Menacho

## 2. Azufre:

El azufre utilizado en la depuración del jugo se conoce comúnmente como azufre en piedra o azufre en rodillos. La cantidad de azufre utilizada depende del método de clarificación del jugo. Se debe tener especial cuidado con el contenido de impurezas del azufre que se va a quemar, ya que pueden afectar la calidad del jugo, del azúcar y de la miel final. Este azufre debe tener bajos contenidos de humedad y ceniza, y en lo posible exento de arsénico.



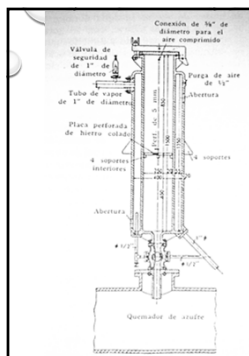
Dr. Luz María Paucar Menacho

El azufre calentado en aire a 250°C, se inflama y se quema formando dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ésta es una reacción exotérmica en la cual se desprenden 2.217 KCal/kg. El calor desprendido es suficiente para fundir todo el azufre presente en el horno y para calentar el azufre fundido hasta la temperatura final. La combustión será completa si se hace llegar suficiente oxígeno, por un tiempo prolongado y a una temperatura alta.

El horno debe estar construido de tal manera que la combustión del azufre sea completa, y que la formación de trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) y de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sean mínimas, para evitar los problemas de corrosión. El contenido de dióxido de azufre de los gases de combustión es aproximadamente del 6 al 14 % en volumen, el resto es nitrógeno y oxígeno.

El dióxido de azufre posee un gran poder antiséptico y decolorante, además promueve la formación de sulfitos; el SO<sub>2</sub> actúa sobre las sales orgánicas e inorgánicas formando sulfitos insolubles; reacciona con la cal formando sulfito cálcico, pero ocasiona incrustaciones en los evaporadores, y disminuye la posibilidad de producir la fermentación de una parte del jugo durante la evaporación.

Dr. Luz María Paucar Menacho



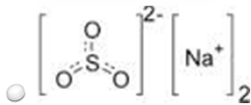
Es necesario aumentar la temperatura para favorecer la precipitación del sulfito cálcico y la descomposición de las sales neutras formadas. Se obtienen masas cocidas menos coloreadas cuando se sulfitan los jugos que cuando se sulfita la meladura, debido a que la acción decolorante del dióxido de azufre no es instantánea, de esta manera al sulfitar los jugos la acción depuradora del SO<sub>2</sub> continúa durante la evaporación.

Figura: tolva con chaqueta de vapor para el tipo abierto de quemador de azufre

Dr. Luz María Paucar Menacho

### Uso de Sulfitos

La práctica de sulfitación se utiliza en la fabricación de azúcar blanco directo (cristal) y la adición de sulfitos (bisulfito de sodio, Blankite) en la fabricación de azúcar. Cuando un ingenio fabrica el azúcar cristal y no emplea la flotación de jarabe es normal que aparezca en el azúcar final la presencia de sulfitos en un contenido de 20 ppm o más, pues, el sulfito de calcio cristaliza junto con la sacarosa durante las etapas de cristalización. Sin embargo, es notoria la reducción del contenido de sulfitos en el azúcar cristal, bajando a menos de 5 ppm, cuando el ingenio practica el proceso de flotación de jarabe, explicándose por el hecho de que la flotación requiere el calentamiento del jarabe a aproximadamente 85°C y esto por sí sólo provoca la insolubilización del sulfito de calcio que es menos soluble a medida que se aumenta la temperatura.



Dr. Luz María Paucar Menacho

Se recuerda que el jarabe sale de la evaporación aproximadamente a 60°C y en la flotación se calienta a 85°C. La otra razón para la reducción del contenido de sulfitos en la flotación sería que los sulfitos tienen una gran reactividad con el oxígeno y como la flotación es realizada inyectando gran cantidad de aire, entonces, se tiene una presencia importante de oxígeno. Ya escuchamos de ingenios que tienen la flotación, pero no la estaban empleando, porque poco ayudaba en la calidad (entiéndase como color) del azúcar. Si no es por el color, vale la pena usar la flotación para reducir los sulfitos en el azúcar final. También se sabe que algunos ingenios retiran el jarabe del penúltimo efecto, donde el jarabe está menos concentrado y más caliente, hacen la flotación, y retornan después al último efecto para terminar la evaporación. Pues bien, también esta práctica, desde el punto de vista de reducción de sulfitos, no es buena, pues, estando en el penúltimo efecto de la evaporación con un brix más bajo, la solubilidad del sulfito de calcio estará más alta, no insolubilizando cantidades apreciables de sulfitos.



Dr. Luz María Paucar Menacho

En la fabricación de azúcar refinado amoro, allí sí los sulfitos continúan presentes, pues, cantidades relevantes de sulfitos son adicionadas en el final de la concentración de licor y todo lo que fue adicionado permanece en el azúcar. Así, se puede concluir que el azúcar refinado amoro (aquél bien fino), muy preferido por el mercado, no es saludable a menos que se elimine la adición de Blankite. Mejor se-ría preferir un refinado granulado, pues, éste siempre por el proceso de flotación retira eventuales trazas de sulfitos traídos de la etapa de fabricación del azúcar cristal.



Dra. Luz María Paucar Menacho

### 3. Ácido Fosfórico

El jugo de la caña contiene por naturaleza cierta cantidad de fosfatos, iones de hierro y aluminio. El ácido fosfórico se encuentra en forma de fosfatos solubles y en compuestos en la proteína celular, se encuentra en el comercio en forma de productos pulverizados o pastosos tales como el superfosfato Packerd, la albuslita, el clariphyos, la fosfogelosa, el sumaphos y otros. Estos compuestos se emplean diluidos a 10 – 15 °Be (grados baume)



Dra. Luz María Paucar Menacho

La cantidad de ácido fosfórico a añadir depende de la variedad de la caña y del procedimiento utilizado para depurar el jugo. Jugos con alto contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> clarifican más fácilmente.

En jugos crudos el fosfato alcanza de 200 a 1000 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L, en jugos clarificados de 30 a 100 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L, de los cuales hasta 40 mg se encuentran en la forma orgánica. Algunos jugos con alto contenido de fosfatos, pueden no clarificar bien debido a un alto contenido de materia coloidal.

Al añadir la cal los fosfatos de hierro y aluminio solubles, precipitan debido al aumento del pH. El fosfato cálcico formado adsorbe la cera, arrastrándola y completando la acción de la cal, ayuda a la separación del ácido silícico, de los no-azúcares nitrogenados y de los lípidos. Además de ser utilizado para la clarificación del jugo, se puede emplear para el acondicionamiento de las aguas de alimentación y para prevenir la formación de incrustaciones en los evaporadores.

Dra. Luz María Paucar Menacho

### 4. Carbones

Utilizados como decolorantes para producir azúcares blancos y refinados. La cantidad de carbón requerido varía según la calidad del azúcar crudo, del sistema de clarificación y del tipo de licor a tratar.

El carbón agotado se somete a desendulzamiento y luego a revivificación, para lo cual se calienta el carbón en ausencia de aire en un horno a una temperatura de 400°C aproximadamente.

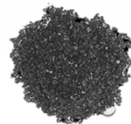
Se pueden clasificar según su procedencia en : carbones animales (carbón de huesos), y carbones vegetales (carbón activado).



Dra. Luz María Paucar Menacho

### Carbón Activo.

El carbón activo es un material en forma de polvo muy fino que presenta un área superficial excepcionalmente alta y se caracteriza porque contiene una gran cantidad de microporos (poros inferiores a 2 nm de diámetro). El carbón activo puede tener un área superficial entre 500 y 2500 m<sup>2</sup>/g (una pista de tenis tiene 260 m<sup>2</sup>). El carbón activo presenta una capacidad de adsorción elevada y se utiliza para la purificación de líquidos y gases. Aunque se conoce desde la antigüedad, la primera aplicación industrial del carbón activo tuvo lugar en 1794 en Inglaterra, donde se utilizó como agente decolorante en la industria azucarera.



Dra. Luz María Paucar Menacho

Se utiliza el carbón activo, en forma de polvo negro muy fino, como agente decolorante de disoluciones debido a que retiene pequeñas partículas por adsorción. Se adiciona una pequeña cantidad en el momento en que la disolución llega a la ebullición, se mantiene unos minutos calentando y seguidamente se filtra por gravedad. Precaución: al adicionar el carbón activo es necesario haber retirado la disolución de la fuente de calor dado que se puede producir una sobreebullición, con el consecuente derramamiento del líquido.



Dra. Luz María Paucar Menacho



**GRACIAS**

Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO



luzpaucar@uns.edu.pe