

CONTROL DE LAS VARIABLES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL CRISTAL EN LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR

José Tomas de Castro Reyes.
Azucarera El Palmar, S.A.
E-mail reyesdecastro@yahoo.es

RESUMEN

Este trabajo constituye un análisis de las relaciones existentes entre las variables del proceso de fabricación que determinan el tamaño del azúcar de envase que se produce. En muchos ingenios ocurren variaciones importantes de la pureza de las cañas que se muelen y la pureza de la meladura desde el inicio de zafra al final y debemos conocer que medidas tomar para mantener el tamaño del cristal de envase dentro de las normas de calidad exigidas por el cliente.

INTRODUCCION

Para conocer en qué entorno se mueven las variables del proceso de producción debemos asumir algunas condiciones ideales del proceso.

1.- Que no hay reproducción ni disolución de cristales en el proceso desde la cristalización hasta la producción de las masas de primera. La cristalización de las masas de A, B y C se elaboran por el sistema de semillamiento completo.

2.- Que, debido a la estabilidad del vacío los tacheros alimentan los tachos en forma continua y regulada y se obtiene un desarrollo bastante uniforme de los cristales durante las cocciones.

3.-Que la distribución de semillas (mediante cortes, pases, desarrollos de las mismas) en los tachos, sean proporcionales a las producciones de azúcar de las distintas clases de masas cocidas comerciales que el sistema comprende.

No obstante todas las medidas anteriores, en la práctica vemos que el tamaño promedio del azúcar comercial resultante siempre, es un poco mayor que el calculado según las fórmulas que

se desarrollan en este trabajo. Esa desviación la atribuimos a la disolución que ocurre durante las cocciones de los cristales más finos.

OBJETIVOS

Durante el proceso de producción se realizan análisis en el laboratorio del ingenio azucarero que permiten conocer y controlar la calidad y cantidad de la materia prima, los productos intermedios y el producto final.

Tomando en cuenta el resultado de estos análisis y realizando los balances de masa necesarios, trataremos de resolver las fórmulas que nos permitan conocer los cambios del tamaño de azúcar de envase con los cambios de pureza que suceden a lo largo del período de zafra.

MÉTODOS

Para el desarrollo de las fórmulas asumiremos los siguientes símbolos:

T_s = tamaño del azúcar de semilla C

T_c = tamaño del azúcar comercial A

A_c = Peso de sólidos en azúcar comercial % de sólidos entrados en meladura

S_f = Peso de sólidos en azúcar del magma C % de sólidos entrados en meladura (semilla)

P_{mel} = Pureza de la meladura

P_{miel} = Pureza de la miel final

P_c = Pureza del azúcar comercial

P_{mc} = Pureza de la masa C

P_{mag} = Pureza de la magma C

En los tachos, las cocciones de tercera se comienzan con un pie de semilla C desarrollada, cuyo peso de sacarosa cristalizada % sólidos en meladura es igual a:

$Sf (P_{mag}) / 100$ y sus cristales tienen un tamaño T_s

En el transcurso del desarrollo de las templeas de segunda B y de primera A, al cristal T_s se le adiciona cierta cantidad de sacarosa.

Terminada y centrifugada la masa de primera A, el peso de sacarosa en el azúcar % de sólidos en meladura es igual a:

$Ac (P_c) / 100$ y sus cristales tienen un tamaño T_c

Los cristales de sacarosa terminados de tamaño T_c , son similares a los pequeños contenidos en la semilla de tamaño T_s ; y por geometría se sabe que los volúmenes y los pesos, cuando el material es el mismo de los cuerpos similares son proporcionales a los cubos de sus dimensiones homólogas.

Como resultado, si el número de cristales es el mismo al empezar que al terminar la templea resulta:

$$\frac{T_c^3}{T_s^3} = \frac{Ac (P_c) / 100}{Sf (P_{mag}) / 100} \quad \text{por lo tanto} \quad T_c = T_s \sqrt[3]{\frac{Ac (P_c) / 100}{Sf (P_{mag}) / 100}} \quad (\text{ fórmula 1})$$

La relación $\frac{Ac (P_c) / 100}{Sf (P_{mag}) / 100}$ (fórmula 2) significa el coeficiente de desarrollo másico y

llamémoslo **M**

$$T_c = T_s \sqrt[3]{M} \quad (\text{ fórmula 3 })$$

En las fórmulas de desarrollo de cristales por la vía volumétrica M es similar a V .

$V =$ volúmen de masa A / volumen de magma C (coeficiente de desarrollo volumétrico)

Peso de sacarosa en meladura = Peso en sacarosa en Azúcar Comercial + Peso en sacarosa en miel final

$$100 P_{mel} = x P_c + (100-x)P_{miel} \quad (\text{formula 4})$$

Despejando x Peso de sólidos en azúcar comercial % de sólidos en meladura

$$A_c = X = \frac{100 (P_{mel} - P_{miel})}{P_c - P_{miel}}$$

**Peso sól en Az Magma C % Peso sól en Meladura = Peso sól en MCC % sól en meladura –
Peso sól en miel final % sól en meladura (fórmula 5)**

Peso sól en miel final % sól en meladura = $100 (P_c - P_{mel}) / (P_c - P_{miel})$ (fórmula 6)

Peso sól en MCC % sól en meladura =

$$(P_c - P_{mel})(P_{mag} - P_{miel}) \times 100 / (P_c - P_{miel})(P_{mag} - P_{mc}) \quad (\text{fórmula 7})$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula 5:

Peso sól en Az Magma C (S_f) =

$100 (P_c - P_{mel})(P_{mc} - P_{miel}) / (P_c - P_{miel})(P_{mag} - P_{mc})$ % Peso sól en Meladura

$$\text{Valor M} = \frac{A_c(P_c)}{S_f(P_{mag})} = \frac{(P_{mel} - P_{miel})(P_{mag} - P_{mc})(P_c)}{(P_{mc} - P_{miel})(P_c - P_{mel})(P_{mag})}$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula 1

$$T_c = T_s \sqrt[3]{\frac{(P_{mel} - P_{miel})(P_{mag} - P_{mc})(P_c)}{(P_{mc} - P_{miel})(P_c - P_{mel})(P_{mag})}}$$

Fórmula 8

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ejemplo de aplicación: Si tomamos de un ingenio, sin importarnos el sistema de trabajo en los tachos, los siguientes datos: $P_{mel} = 85$, $P_{miel} = 33$, $P_c = 98$, $P_{mc} = 60$, $P_{mag} = 85$, $T_s = 0.5$.

A) Calculamos el tamaño de los cristales del azúcar comercial que se producirá si se utiliza todo el azúcar de semilla final (magma C) para producir templates comerciales con valores de baja pureza en meladura **80**.

Se halla el valor M aplicando la fórmula 2:

$$M = \frac{(80 - 33)(85 - 60)98}{(60 - 33)(98 - 80)(85)} = 2.78$$

$$T_c = 0.5 \sqrt[3]{2.78} = 0.70 \text{ mm}$$

B) Calculamos el tamaño de los cristales del azúcar comercial que se producirá si se utiliza todo el azúcar de semilla Final (magma C) para producir templeas comerciales con valores de alta pureza en meladura **89**.

$$M = \frac{(89 - 33)(85 - 60)98}{(60 - 33)(98 - 89)85} = 6.64$$

$$T_c = 0.5 \sqrt[3]{6.64} = 0.94 \text{ mm}$$

Supongamos otro caso, que estemos produciendo azúcar de semilla de 0.50 mm y se desee producir azúcar comercial de 0.70 mm, aplicando la fórmula 3:

$$0.70 = 0.50 \sqrt[3]{M} \quad \text{de donde } M = \frac{0.70^3}{0.5^3} = 2.74$$

Entonces cualquier ingenio azucarero, con cualquier sistema de masas en tachos, que esté produciendo semilla de 0.50 mm y desee producir un azúcar comercial que promedie 0.70 mm:

- Si con los datos del ingenio de purezas, M resulta igual a 2.74 el azúcar comercial promediará 0.70 y no faltará ni sobrá magma C como semilla.
- Si con los datos del ingenio M resulta > 2.74 , faltará magma C como semilla y se producirá cristal de azúcar comercial mayor de 0.70 mm.

- Si con los datos de purezas del ingenio M resultara < 2.74 sobraría magma C como semilla y se producirá el cristal de azúcar comercial promediando menos de 0.70 mm.

C) Supongamos que se quiera producir azúcar que promedie 0.90 mm.

Usando nuestras fórmulas se pudiera calcular la cantidad de azúcar final que habría que disolver si el azúcar final (azúcar de semilla) sigue promediando 0.50 mm.

Despejamos M de la fórmula 3:

$$M = T_c^3 / T_s^3 = 0.90^3 / 0.5^3 = 5.83$$

El ingenio tendría que producir con un coeficiente de desarrollo de 5.83 para poder producir azúcar comercial de 0.90 mm con semilla de 0.50 mm.

La producción de sólidos en azúcar comercial % de sólidos en meladura según la cruz de Cobenze = $100 (85 - 33) / (98 - 33) = 80 \%$ fórmula 6.

La producción de sólidos en azúcar final (semilla) % de sólidos en meladura

$$= 100 (60 - 33) (98 - 85) / (85 - 60)(98 - 33) = 21.6\% \text{ fórmula 7}$$

Si se utiliza toda la semilla de 0.5 mm para producir azúcar comercial se obtendría azúcar de 0.81 mm .

$$T_c = 0.5 \sqrt[3]{(85-33)(85-60)(98)/60-33(98-85)(85)} = 0.81$$

Para hacer azúcar comercial de 0.90 mm se requiere someter al proceso menor cantidad del azúcar de semilla que se produce.

Esta cantidad se puede calcular despejando Sf de la fórmula 1

$$M = A_c (P_c) / S_f (P_{mag}) \text{ de donde } S_f = A_c (P_c) / M (P_{mag})$$

$$S_f = 80 (98) / 5,83 (85) = 15.82\%$$

El ingenio que estamos analizando necesitará someter a proceso el 15.82 % en forma cristalizada, del 100 % en peso de los sólidos que entran a la estación de tachos por meladura y así se producirá azúcar comercial que promedie 0.90 mm.

Como se está produciendo el 21.6 % de sólidos en azúcar final (semilla) % de sólidos en meladura, tendrá que disolverse $21.6 - 15.82 = 5.78$ % de sólidos en semilla del % de sólidos en meladura, los cuales equivalen al : $5.78 / 21.6 \times 100 = 27$ % de la producción semilla C.

Con la finalidad de abreviar los cálculos se ha elaborado una hoja de Excel que adjuntamos.

LITERATURA

1. CLARK, J.A. y GARCÍA LÓPEZ, F. 1969. El proceso de fabricación de azúcar en los tachos. Ciencia y Técnica. La Habana. Cuba. p: 425
2. Gillett, Eugene C. 1948. Low grade sugar crystallization, 1948 . California & Hawaiian Sugar Ref. Corp. Ltd. p : 907
3. Webre, A.L.. 1945. Ind. Eng. Chem. 27. p; 1157.
4. J.A. CLARK Y F.GARCÍA LÓPEZ. 1959. Grain size in raw sugar factories. Revista Sugar y Azucar. p : 55-61
5. O. Lyle. 1950. Technology for Sugar Refinery Workers. Chapman & Hall . London; p: 216- 217.
6. Ulises Osegueda. 2008 . Hoja de calculo cantidad de semilla y aumento de tamaño por desarrollo. Azucarera El Viejo.

CALCULO DE CANTIDAD DE SEMILLA Y AUMENTO DE TAMAÑO POR DESARROLLO

BRIX	ESP. GRAV.
50	1.232
55	1.26
60	1.2891
65	1.3191
70	1.35
75	1.3819
80	1.4147
85	1.4485
90	1.4832
95	1.5188
100	1.5558

CRISTALIZACIÓN PARA MASA TERCERA

BRIX	PZA MASA	PZA MIEL	RECOBRADO	VOL. MASA	VOL. MASA	DENSIDAD	DIAM. 1	DIAM. 2	W
%	%	%	Adim.	(ft3)	(m3)	(ton/m3)	(mm)	(mm)	(kg)
96	56	36	0.31	5600	154	1.5252	0.008	0.30	1.44

CALCULO DE TAMAÑO DE GRANO POR VARIACION DELA PUREZA DE LA MELADURA

semilla (Litros)	V1 (ft3)	V2 (ft3)	D1 (mm)	D2 (mm)
4	0.1412	600	0.008	0.13
	500	5600	0.13	0.30

Recobrado
 $X = P_m - P_{miel} / 100 - P_{miel}$

Pz	Pureza meladura	89
Pm	Pureza miel final	35
Pe	Pureza azucar envase	99.80
Pmc	Pureza masa C	56
Pa	Pureza magma C	85
Ts	Tamaño grano semilla	0.30
Te	Tamaño grano envase	0.59

Balances de Sólidos y Purezas
no variar estas cantidades

156286.8	54	29	1566
19278	21	10.8	226.8

$T_c = T_s \cdot M \cdot Pot \cdot 1/3$

$Valor M = (P_{mel} - P_{miel}) (P_{mag} - P_{mc}) (P_c) / (P_{mc} - P_{miel}) (P_c - P_{mel}) (P_{mag})$