

Evaluación del proceso de agotamiento en el CAI Héctor Molina

Dra. Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas, MSc. Osney Pérez Ones, Dr. Rolando Santana Machado. Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. lourdes@quimica.cujae.edu.cu, Teléfono: 2663396.

Resumen

Se presentan los resultados alcanzados en la evaluación del proceso de agotamiento durante una zafra en el CAI Héctor Molina. Se evalúan los parámetros de calidad de la materia prima que influyen en el agotamiento, como gomas (21,4%) y acidez total del jugo mezclado (0,159), así como el efecto de la relación reductores/cenizas y contenido de cenizas en el agotamiento. Se muestran los resultados que permiten caracterizar el proceso de cocción de templeas comerciales y de templeas de agotamiento, evaluando la caída de pureza en cada etapa. Se presenta la relación entre el rendimiento en cristales y la pureza de la masa cocida y de su miel madre.

Palabras claves: Agotamiento, mieles finales, masas cocidas

Abstract

Exhaustion process is evaluated during a harvest at Héctor Molina agro industrial complex. Quality parameters of the raw material, that affect exhaustion are presented, such as rubbers (21,4%) and total acidity of the mixed juice (0,159), as well as the effect of the relationship inverted sugars/ashes and content of ashes in the exhaustion. Results obtained to characterize the production process of commercial and exhausted massecuites, evaluating the fall of purity in each stage. The relationship is presented among the crystal yield and the purity of the massecuite and of its molasses.

Key words: Exhaustion, final molasses, massecuites

Introducción

En el esquema de cristalización de masas de tercera en el CAI Héctor Molina (284 m³ de masa / día) se descargan los tachos en dos receptores denominados DIANA de 51 m³ de capacidad. De ellos se envía la masa, para su agotamiento final, hacia dos tipos de cristalizadores, contando con tres de tipo convencional Blanchard de 54 m³ de capacidad y uno tipo CENFAIR de 15 m³ de capacidad. Este último es enfriado por aire, tiene un tiempo de residencia 1-3 horas, es continuo y la velocidad de rotación es 2,11 rpm. Estos equipos fueron evaluados utilizando el método de los radiotrazadores, encontrando que los cristalizadores CENFAIR presentan un flujo pistón con 5% de zona muerta y que en los receptores DIANA, el tiempo de homogenización mínimo es de

5 horas para obtener una caída de temperatura de la masa cocida de 6-8 °C. (1) El esquema descrito sustituyó al de un receptor y diez cristalizadores Blanchard, utilizado anteriormente.

La elevación de la pureza de las mieles finales y el nuevo esquema introducido, conllevaron a la evaluación del proceso de agotamiento en el CAI, dado el efecto marcado que tiene la presencia de altos contenidos de sacarosa en la miel final en las pérdidas en el proceso. (2,3)

Materiales y métodos

Para el desarrollo del trabajo experimental se evaluó:

Para las mieles: brix, pol y pureza, contenido de cenizas y reductores.

Para las masas cocidas: brix, pol, pureza, pureza de la miel madre y rendimiento en cristales.

En todos los casos las técnicas analíticas utilizadas fueron las aprobadas por el Ministerio de la Industria Azucarera. (4)

Desarrollo

Características de la materia prima

Los altos valores de viscosidad que influyen negativamente en el agotamiento se deben fundamentalmente al contenido de polisacáridos y almidones. Aspectos relacionados con la agricultura influyen en los resultados como son: la cosecha mecanizada que aumenta el contenido de almidón, debido al cogollo que llega a la fábrica, la mayor susceptibilidad de la caña troceada de deteriorarse, las paradas no planificadas que retardan la llegada de la caña a la fábrica, etc. Durante la zafra se evaluaron los parámetros que se muestran en la Tabla 1 y que reflejan afectaciones en la calidad de la materia prima.

Tabla 1 Características de la materia prima

	Recomendado	Real
Gomas hidroalcohólicas	< 5%	21,4%(desviación estándar =8,7)
Acidez total del jugo de la desmenuzadora	< 0,08	0,176(desviación estándar =0,098)
Acidez total del jugo mezclado		0,159(desviación estándar =0,112)
Incremento de la acidez% brix del jugo mezclado al de la desmenuzadora	0	12,76(desviación estándar =10,17)

Por otra parte en la zafra se reportaron valores de materia extraña de 6-8% y se registró que el 34 % de los carros descargaron las cañas con 13-24 horas de retraso.

Relación entre el contenido de cenizas y de reductores y la pureza

Se determinó el valor del contenido en la miel final de cenizas, reductores, relación reductores/cenizas y la pureza de la miel final para nueve decenas. La media y la desviación estándar se

reportan en la Tabla 2. Se aprecia la disminución de la relación reductores/cenizas en relación con los valores entre 2,5 y 3,0 obtenidos en evaluaciones anteriores en el CAI.

Se encontró una relación lineal entre las variables que se muestran en el modelo, con $R^2=81,9\%$ y error estándar de los estimados 0,52 (Para 95% confianza). Se aprecia que el aumento del contenido de cenizas y de la relación reductores/cenizas disminuye la pureza de la miel final. En la Tabla 2 se incluyen resultados del ajuste del modelo.

$$\text{Pureza} = 62,829 - 1,222 * \text{Cenizas} - 5,110 * \text{Reductores/Cenizas}$$

Tabla 2. Cenizas, reductores, relación reductores/ cenizas y pureza de la miel final

	Cenizas %	Reductores %	Reductores/Cenizas	Pureza miel final %
Media	11,95	19,08	1,65	39,81
Desviación estándar	1,5	2,57	0,48	1,06
Parámetro	Estimado	Error estándar	t estadístico	P
Constante	62,829	5,970	10,524	0,000
Ceniza	-1,222	0,353	-3,463	0,0134
Reductores/Ceniza	-5,110	1,111	-4,600	0,004

Relación entre la pureza y el rendimiento en cristales

La correlación de las determinaciones de brix, pol, pureza de la masa cocida y pureza de la miel madre con el rendimiento en cristales arroja la dependencia de éste con la pureza de la miel madre y de la masa cocida, con $R^2=99,4\%$ y error estándar de los estimados 0,319 (Para 99% confianza). En la Tabla 3 se muestran los resultados. Se aprecia cómo el rendimiento en cristales aumenta con el aumento de la pureza de la masa cocida y la disminución de la pureza de la miel madre.

$$\text{RC} = -26,508 + 1,698 * \text{Pureza}_{\text{MC}} - 1,092 \text{Pureza}_{\text{MM}}$$

Tabla 3 Relación entre la pureza y el rendimiento en cristales

Parámetro	Estimado	Error estándar	t estadístico	P
Constante	-26,508	3,904	6,701	0,000
Pureza MC	1,698	0,054	31,384	0,000
Pureza MM	-1,092	0,035	-30,903	0,000

Influencia del brix de la masa cocida y la pureza de la miel final

El aumento del brix de la masa cocida, si bien influye positivamente en el rendimiento de los cristales tiene el inconveniente del aumento de la viscosidad que lleva asociado y la posibilidad de que se alcancen sobresaturaciones excesivas en la miel madre. El aumento de viscosidad

afecta el movimiento cristal-solución y por tanto el proceso de cristalización, mientras que la excesiva sobresaturación de la miel madre afecta el agotamiento. La Tabla 4 ilustra lo planteado.

Tabla 4 Relación entre la viscosidad y la caída de pureza

Viscosidad aparente de la masa cocida 60°C y gradiente de velocidad 1s ⁻¹ (mPas)	Pureza masa cocida C	Brix masa cocida C	Pureza miel final	Caída de pureza en cristalizadores
370	58,40	97,04	38,18	8,82
680	59,47	97,71	38,47	7,77
1070	60,66	97,16	39,14	7,94
1300	60,61	97,18	40,56	3,51

Se aprecia cómo para valores de brix y pureza de la masa cocida, muy similares, se obtienen caídas de pureza que se relacionan inversamente con la viscosidad de la masa.

Por otra parte se pudo comprobar que cuando la descarga de la masa cocida se realiza a sobresaturaciones mayores que 1,5, se produce la cristalización rápida de la sacarosa en exceso que no se incorpora adecuadamente en el retículo cristalino, con lo que se pierde parte de ella, al disolverse en el agua de lavado o durante la centrifugación.

Agotamiento de las masas A y B

El grado de agotamiento que se alcance en las masas cocidas A y B influye en el que la miel que se obtenga de la masa cocida C esté lo suficientemente agotada. De la Tabla 5 se aprecia que las medias de la caída de pureza son similares para las masas cocidas A y B. La prueba de hipótesis de comparación de medias arrojó que no existen diferencias significativas para 95% de confianza.

Tabla 5 Valores medios de pureza para las masa comerciales A y B

	Pureza MCA	Pureza MMA	Pureza Miel A	Pureza MCB	Pureza MMB	Pureza Miel B	Caída pureza MCA-Miel A	Caída pureza MCB-Miel B
Media	85,02	69,96	70,12	76,18	71,70	61,22	14,90	14,96
Desv. estándar	1,27	3,68	1,88	1,10	2,20	1,98	2,10	2,18

Se correlacionó la caída de pureza con el brix, el pol y la pureza de la miel madre, encontrando para las masas A, con R²= 99,65% y error estándar de estimados 0,124, que:

$$\text{Caída pureza}_{\text{MCA-MielA}} = -14,52 - 0,90 \text{Brix}_{\text{MCA}} + 1,02 * \text{Brix}_{\text{MielA}} + 1,06 \text{Pol}_{\text{MCA}} - 1,46 * \text{Pol}_{\text{MielA}}$$

Para las masas B, con R²= 99,8% y error estándar de estimados 0,111, se obtuvo que:

$$\text{Caída pureza}_{\text{M}_{\text{CB}}-\text{MielB}} = -15,18 - 0,82\text{Brix}_{\text{M}_{\text{CB}}} + 0,89 * \text{Brix}_{\text{MielB}} + 1,08\text{Pol}_{\text{M}_{\text{CB}}} - 1,46 * \text{Pol}_{\text{MielB}}$$

En la Tabla 6 se resumen los resultados del ajuste.

Tabla 6 Ajuste de modelos para masas comerciales A y B

Masas A				Masas B			
	Estimado	Error estándar	t estadístico		Estimado	Error estándar	t estadístico
Constante	-14,52	4,19	3,47	Constante	-15,18	2,93	5,15
Brix _{MCA}	-0,90	0,056	-16,01	Brix _{MCB}	-0,82	0,038	-21,01
Brix _{MielA}	1,02	0,016	62,0	Brix _{MielB}	0,89	0,017	51,17
Pol _{MCA}	1,06	0,028	38,5	Pol _{MCB}	1,08	0,026	41,05
Pol _{Miel A}	-1,46	0,024	-61,14	Pol _{Miel B}	-1,46	0,024	-59,59

Evaluación de templeas de agotamiento

En las Figuras 1 y 2 se presentan los valores de pureza de las masas cocidas y de la miel madre en la descarga del tacho, en la descarga del receptor, en la descarga del cristizador y de la miel final. La evaluación de la caída de pureza entre la masa cocida en el tacho y su miel madre y entre la miel madre y la miel final arroja: 15,83 (s = 1,84) y 7,38 (s = 2,44). Estos valores reflejan deficiencias en el agotamiento, al recomendarse valores de 25 y 10 respectivamente. (5)

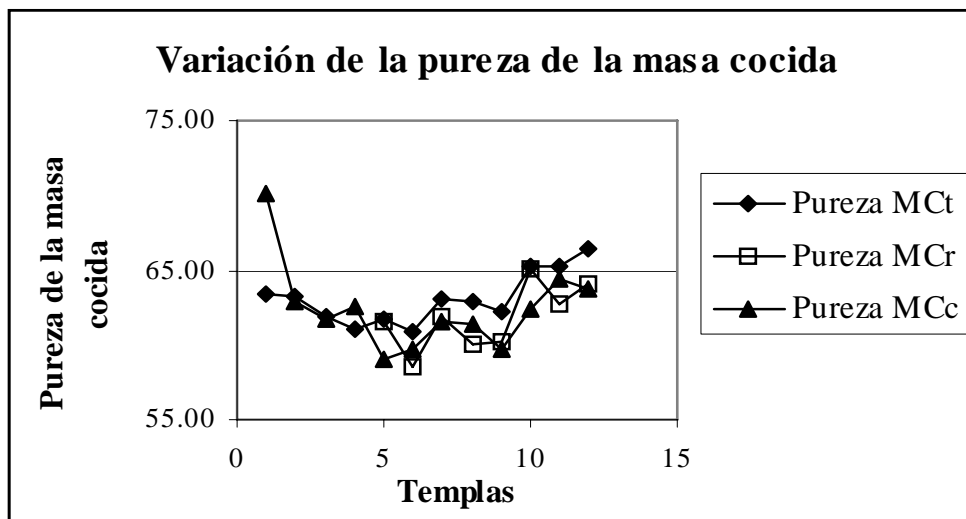


Figura 1: Variaciones de la pureza de la masa cocida.

MC: masa cocida Subíndices t: tacho, r: receptor DIANA, c: cristizador Cenfair

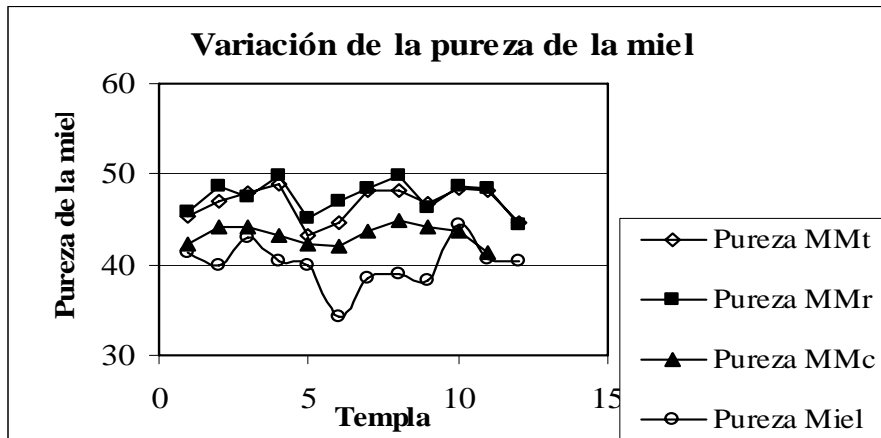


Figura 2: Variaciones de la pureza de la miel.

MM: miel madre Subíndices t: tacho, r: receptor DIANA, c: cristizador Cenfair

Conclusiones

La evaluación del proceso de agotamiento realizada refleja problemas en su ejecución que se reflejan en: gomas hidroalcohólicas, acidez total del jugo mezclado e incremento de la acidez% brix del jugo mezclado al de la desmenuzadora superiores a lo recomendado, reducción de la relación reductores/ceniza que provoca el aumento de la pureza de la miel final, y caída de pureza en el agotamiento inferiores a los valores recomendados. Por otra parte los aumentos de viscosidad repercuten en una disminución de la caída de pureza en los cristalizadores al dificultarse el movimiento cristal-solución. En las masas comerciales no se obtienen resultados significativamente diferentes de caída de pureza entre la masa cocida y la miel. Se aprecia cómo el rendimiento en cristales aumenta con el aumento de la pureza de la masa cocida y la disminución de la pureza de la miel madre.

Bibliografía

1. Griffith, J: Evaluación tecnológica del cristizador de tercera CENFAIR en el CAI Héctor Molina. Informe técnico, ICINAZ, Marzo- 2000.
2. Lodos, J: Causas industriales de las altas pérdidas en mieles finales. Revista ATAC, 2-98.
3. Lodos, J y Díaz, E: Algunos conceptos sobre cristalización de agotamiento. Revista CubaAzúcar, Enero-Marzo, 2001.
4. Manual analítico de control unificado (MACU). MINAZ, Tomos 1 y 2. Ciudad de la Habana, 1996, Pág. 81-101.
5. Pérez, R. y otros: Evaluación integral del proceso de agotamiento de las mieles. Revista CubaAzúcar, Abril-Junio, 1999.