

LA RECIRCULACIÓN DE NO AZÚCARES, VARIABLE ESTRATÉGICA EN LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COCIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN SIMULTÁNEA DE AZÚCAR Y ALCOHOL

Diez O. A.; Salazar R. A. y Cárdenas G. J.
Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC)
Av. William Cross 3150 - (4101) Tel: 54-381-4521000 – Las Talitas – Tucumán – Argentina
E-mail: oadiez@eeaoc.org.ar; rsalazar@eeaoc.org.ar; gjcardenas@eeaoc.org.ar

Abstract

The aim of this paper is to analyze different systems for calculating the recirculation of non-sugars in sugar boiling. This type of analysis becomes essential when selecting sugar boiling systems, as the recirculation of non-sugars has a negative impact on sugar quality and energy efficiency in simultaneous sugar-alcohol production. An approximate traditional method was improved by means of advanced numerical systems, so as to obtain an accurate and versatile tool for evaluating recirculation. The proposed method is easy to apply and enables comparison among different boiling systems, regardless of the number of strikes.

Introducción

Al aparecer el etanol absoluto para uso combustible como nuevo producto comercial además del azúcar cristal, es indispensable adecuar las variables de control del proceso para asegurar tanto la máxima productividad como el menor consumo de energía en la producción de ambos.

En el caso particular del sistema de cocimientos empleado para la obtención de azúcar cristal, la recirculación de los no azúcares presentes es la variable que gobernará el tiempo de residencia de estos productos, como así también el número de veces que cada una de las fracciones de los productos intermedios será sometida a procesos de cocción.

Se debe tener en cuenta que la recirculación de no azúcares se encuentra estrechamente ligada a un mayor consumo energético y, a causa del tiempo en que son sometidos a elevadas temperaturas, a la formación de productos de acción inhibitoria en la fermentación alcohólica.

Para la evaluación del nivel de recirculación en el sistema de cocimiento existen diferentes técnicas de cálculo y, en todos los casos, es posible determinar, con mayor o menor exactitud, lo perjudicial que es para el sistema de producción simultánea la recirculación de las corrientes en el proceso.

Objetivo

Analizar distintas metodologías de cálculo para la determinación del nivel de recirculación de no azúcares en sistemas de cocimientos. Los ejemplos estudiados bajo esta óptica fueron considerados en un trabajo anterior referido a consumos energéticos de diferentes esquemas (Diez et al., 2011).

Materiales y métodos

Para la resolución de los sistemas de cocimientos y el cálculo de los consumos energéticos en tachos se utilizó el simulador Calco 1.0., software desarrollado por la EEAOC (EEAOC, 2003).

Se resolvieron tres sistemas de dos y un sistema de tres cocimientos con mieles finales de 60, 65, 70% y de 42% de pureza de mieles finales, respectivamente, partiendo en todos los casos de un melado de 83,5% de pureza. Se optimizaron las corrientes de sólidos de manera de tener un mínimo de masas cocidas a tratar, lo que significa un menor consumo energético.

A partir de los resultados obtenidos se calculó, en cada corriente, la cantidad de sólidos, en toneladas por día (t/d), correspondientes a una molienda diaria de 10000 toneladas de caña, fijando un valor de 15° Brix al jugo clarificado obtenido. Por separado, se asignó a cada corriente las t/d de sacarosa y las de no azúcares (NA), utilizando la pureza de cada corriente para los correspondientes cálculos.

Para el estudio de la recirculación de materiales dentro de los sistemas propuestos, se utilizaron tres metodologías de cálculo diferentes.

La primera fue la propuesta por García López y Clarke (1969), donde se utiliza una ecuación que calcula la recirculación (parámetro adimensional) empleando las purzas de los diferentes productos involucrados en el proceso de cristalización.

La segunda metodología de cálculo considerada es la planteada por Meyer (1965). Con esta se busca identificar el número de veces que los NA deben ser calentados antes de su evacuación final del sistema.

Una tercera metodología factible de utilizar para este tipo de análisis es la propuesta por Serbiá (1967). La misma consiste en relacionar las corrientes de NA ingresados a cada templa con las estimaciones de los NA recirculados, lo que se calcula como el producto de los NA a ingresar por las veces que es cocida la corriente en cuestión.

Los cálculos se realizaron partiendo del esquema de dos y tres templeas, adjudicándose a cada corriente los NA correspondientes.

Resultados y Discusión

Con los valores de pureza obtenidos con Calco 1.0, se calcularon las recirculaciones de los sistemas analizados con la metodología propuesta por García López y Clarke (1969), mostrándose los resultados finales en la tabla 1.

Tabla 1. Pureza de algunas corrientes del sistema de cocimiento y cálculo de la recirculación, siguiendo la metodología de García López y Clarke.

Sistema	Pza. melado	Pza. azúcar final	Pza. miel final	Pza. masa recirculada	Pza. masa cocida final	Recirculación
2 Cocimientos Pza. miel final 60 %	83,5 %	99,7 %	60 %	83,85 %	70,02 %	28,91
2 Cocimientos Pza. miel final 65 %	83,5 %	99,7 %	65 %	82,83 %	72,13 %	32,38
2 Cocimientos Pza. miel final 70 %	83,5 %	99,7 %	70 %	83,15 %	75,00 %	34,12
3 Cocimientos Pza. miel final 42 %	83,5 %	99,7 %	42 %	85,00 %	58,34 %	15,64

Los resultados obtenidos muestran que esta metodología es útil para comparar las recirculaciones cuando se realizan variaciones en un sistema de igual número de templeas. El uso de este método de cálculo es recomendado una vez seleccionado el sistema de cocimiento a utilizarse.

La metodología propuesta por Meyer (1965) posee la precisión suficiente para comparar cocimientos similares. En el presente trabajo se obtiene la resolución de un mismo sistema de dos templeas resuelto para tres valores diferentes de pureza de miel final, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos del porcentaje de NA que egresan del sistema de dos templeas, con diferentes valores de pureza de miel final (metodología propuesta por Meyer).

Veces de cocido	Sistema de dos templeas		
	60%	65%	70%
1	83,50	83,12	82,98
2	1,72	1,68	1,66
3	11,90	11,86	11,69
4	0,20	0,34	0,38
5	2,12	2,06	2,03
6	0,18	0,21	0,42
7	0,38	0,35	0,35
8		0,26	0,24
9		0,12	0,10
10			0,08
11			0,07
Total	100,00	100,00	100,00

Queda evidenciado que al aumentar la pureza de la miel final en el sistema, es necesario incrementar las veces que se procesa la masa para la evacuación final de los no azúcares ingresados.

En la metodología propuesta por Serbiá, publicada en el año 1967, queda evidenciado que en ese momento las posibilidades de recurrir a métodos computacionales sofisticados estaba seriamente restringida y seguramente fue la causa por la que se realizara sólo una aproximación para la evaluación de las veces de cocido de las corrientes que retornan en los

sistemas estudiados. En la actualidad, se puede recurrir a sistemas numéricos avanzados y transformar esta metodología en un sistema exacto de cálculo.

Para tal fin, se utilizó una planilla Excel para resolver la tabla de resultados y mediante el complemento Solver se realizaron las iteraciones necesarias para hacer converger en resultados que satisfagan las ecuaciones y restricciones planteadas.

En la tabla 3 se muestra el mecanismo de utilización del complemento Solver. Para ingresar los parámetros requeridos se adiciona a la tabla de resultados una columna (H) donde se calcula el Total de NA recirculados (según las formulas escritas en las llamadas correspondientes).

En la columna F, a las veces de cocido de las corrientes Az. II y Miel Rica I, se ingresan en el cuadro de Solver como celdas cambiantes.

Como celda objetivo se contempla al Total de NA recirculados y se pretende optimizar hasta lograr un máximo.

La restricciones del modelo son precisamente para lograr la igualdad entre los valores de Total de NA recirculados calculados por el valor cambiante y por el valor de fórmula.

Esta modificación es sumamente ágil desde el punto de vista del costo computacional, expresado en términos de tiempo. Utilizando un procesador estándar disponible en el mercado, los resultados se logran en menos de 2 segundos, para sistemas como los analizados,

En la tabla 4 se muestra un cuadro comparativo de los resultados para los sistemas de cocimiento analizados. Se aprecia claramente que el sistema de dos templas con la mínima pureza en la miel final es el sistema que debería seleccionarse, por presentar menores recirculaciones de NA para su ejecución.

Tabla 3: Mecanismo de utilización del complemento Solver en una planilla de cálculo Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

	No sacarosa (NA) entrada	Veces de cocido	Total NA recircula
Melado	876,75	1,00	876,75
Az. II	371,71	2,79	1035,29
Miel Rica I	82,31	2,60	213,81
TOTAL MCA	1330,77	1,60	2125,84

Melado	375,75	1,00	375,75
Miel Pobre I	363,24	2,60	943,50
TOTAL MCC	738,99	1,79	1319,25

TOT SISTEMA	2069,76	1,66	3445,09
--------------------	----------------	-------------	----------------

NA cocinada/entrada	1,38
NA recirculada/entrada	2,30
MC % caña	22,20

Parámetros de Solver

Celda objetivo: Resolver

Valor de la celda objetivo:

Máximo Mínimo Valores de: Cerrar

Cambiando las celdas

Estimar

Sujetas a las siguientes restricciones:

Agregar...

Cambiar...

Eliminar Restablecer todo

Ayuda

Opciones...

Tabla 4. Cuadro comparativo de resultados para los sistemas de cocimientos estudiados.

Sistema de cocimiento	Dos templeas			Tres templeas
	60	65	70	42
Pureza Miel Final				
Veces promedio de cocido NA	1,66	1,75	1,89	2,72
NA cocinado/entrado	1,38	1,46	1,59	1,94
NA recirculado/entrado	2,30	2,55	3,02	5,28
Masa cocida % caña	22,20	23,42	25,52	37,42

Esta última metodología, con la incorporación del cálculo exacto del número de veces de cocido en las corrientes de retorno y por medio de sistemas numéricos avanzados, resulta de fácil aplicabilidad, con resultados igualmente exactos a los obtenidos con el sistema planteado por Meyer (1965) y sin lo engorroso de la secuencia de cálculo que debe seguirse con esa última de

ese sistema. Por ello resulta recomendable su utilización para el cálculo del nivel de recirculación en cualquier sistema de cocimiento que se encuentre en evaluación.

Conclusiones

- Se logró modificar un sistema tradicional aproximado para el estudio de las recirculaciones de no azúcares en la casa de cocimientos, convirtiéndolo en un sistema exacto y ágil al agregarle el cálculo preciso del número de veces de cocido en las corrientes de retorno, mediante sistemas numéricos avanzados. La metodología resultante es de fácil aplicabilidad y permite la comparación de diferentes sistemas de cocimiento, independientemente del número de plantas involucradas.
- Considerando que los NA pasan por la casa de cocimientos varias veces antes de su evacuación final y que se calientan en forma repetida, lo que puede inducir a su parcial o total deterioro, y que los NA forman parte de una masa que contiene además azúcares que también pueden deteriorarse por la acción repetida del calor, resulta evidente que para la selección adecuada de un sistema de cocimiento el estudio de las recirculaciones es una variable estratégica.
- Seleccionar un sistema de cocimiento con el menor índice de recirculación, en función del equipamiento disponible en planta, implica utilizar una metodología operatoria que preserve mejor los azúcares presentes y minimice la generación de inhibidores con acción negativa en la fermentación alcohólica con levaduras de las mieles finales.
- Un sistema de bajo nivel de recirculación permite maximizar la producción simultánea del azúcar y del alcohol consumiendo menos vapor en la casa de cocimientos, con consecuentes beneficios para el balance energético general del proceso productivo, variable fundamental cuando se produce bioetanol para su uso como combustible.

Bibliografía citada

Diez, O. A.; M. C. Cruz y G. J. Cárdenas. 2011. Optimización energética para la producción simultánea de azúcar y alcohol. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 88 (1). En prensa.

Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). 2003. Calco 1.0. Manual del usuario. Versión 1.0. [CD rom]. EEAOC, Tucumán, Argentina.

García López, V. F. y J. A. Clarke. 1969. El Proceso de Fabricación de Azúcar Crudo en los Tachos. Ciencia & Técnica. Instituto del libro. La Habana, Cuba.

Meyer, J. G. 1965. The Danger of Circulating Non-Sugar. Sugar y Azúcar. Julio 1965: 53-57.

Serbiá, G. R. 1967. Comparación de los sistemas de cocción para crudos. Sugar y Azúcar. Noviembre 1967: 94-97.