

Título: Metodología para la aplicación del control optimizante del proceso de cocción de masas cocidas de primera a partir de la modelación fenomenológica.

Title: Methodology for the application of the supervisory control of the process of cooking of massecuites “A”, starting from the phenomenological model.

Autores: Msc. María Eugenia O’Farrill Pie.*

Dr. Luis Manuel Peralta Suárez.*

* Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Química Farmacia.

Departamento de Ingeniería Química. Carretera a Camajuaní, Km. 5.5. Santa Clara. Villa Clara.

ofarrill@qf.uclv.edu.cu

Resumen

En el trabajo se expone la metodología para llevar a cabo las modificaciones necesarias para adaptar un modelo matemático con carácter fenomenológico que describe el proceso real de cocción de masas cocidas de primera, con vista a que pudiera ser utilizado con el objetivo de optimizar y controlar este proceso, apoyado en la simulación computarizada.

La metodología se distingue por tres etapas fundamentales: Determinación de sensibilidad de variables de entrada al proceso de optimización, la optimización y la etapa de control.

Se brindan los aspectos fundamentales objeto de análisis que se deben tener en cuenta en cada una de las etapas de la metodología, para poder lograr que el modelo creado de carácter fenomenológico satisfaga los objetivos de optimización y control del proceso de cristalización discontinuo en tachos para la obtención de masas cocidas de primera, lo cual puede ser extrapolado a cualquier proceso objeto de estudio.

Palabras claves: metodología, control optimizante, masas cocidas, modelación.

Abstract

In the work the methodology is exposed to carry out the necessary modifications to adapt a mathematical model with phenomenological character that describes the real process of cooking of massecuite “A”, with view to that could be used with the objective of to optimize and to control this process, supported in the on-line simulation.

The methodology is distinguished for three fundamental stages: Determination of sensibility of entrance variables to the process of optimization, the optimization and the control stage.

The aspects fundamental analysis object are offered that should be had in bill in each one of the stages of the methodology, to be able to achieve that the created pattern of phenomenological character satisfies the objectives of optimization and control of the discontinuous crystallization process in vacuum pan for the obtaining of massecuite “A”, that which can be extrapolated to any process study object.

Key words: methodology, supervisory control, massecuite, modelation.

Introducción

Los modelos necesarios para la realización de los experimentos de simulación no se utilizan exclusivamente para predecir el comportamiento de sistemas reales, sino que pueden ser empleados en otro tipo de tareas, con el objetivo del mejoramiento del proceso objeto de estudio.

Algunas de estas tareas son las siguientes:

- **Diagnosis.** El modelo se emplea como representación profunda del sistema, sobre el que es posible determinar las causas que generan una desviación respecto a un comportamiento teórico. En este tipo de aplicaciones es donde los modelos funcionales son especialmente importantes, dado que modelan directamente las funciones del sistema.
- **Control basado en modelos.** El modelo se emplea para determinar las posibles acciones a realizar sobre el sistema, que conducirían al mismo a una determinada situación. Los modelos causales son especialmente importantes para ello, dado que representan los mecanismos de propagación de efectos en el sistema modelado.
- **Optimización.** El modelo se emplea para determinar situaciones del proceso en las que se logra una mejoría del rendimiento.

➤ **Enseñanza.** El modelo se utiliza para que una persona estudie el comportamiento del sistema al que modela. Este tipo de sistemas se han empleado en multitud de circunstancias. (Peralta L., 2000) Este trabajo tiene como objetivo detallar el procedimiento que se empleó para adaptar un modelo fenomenológico de la etapa de cristalización a vacío para la obtención de masas cocidas de primera, para que pudiera ser utilizado con el objetivo de optimizar y controlar este proceso, apoyado en la simulación computarizada del mismo.

Desarrollo

En el esquema representado en la figura 1 se resumen todos los aspectos a tener en cuenta para lograr que el modelo creado de carácter fenomenológico satisfaga los objetivos de optimización y control del proceso de cristalización discontinuo en tachos para la obtención de masas cocidas de primera (O’Farrill M.E., 2005). En el esquema se destacan tres zonas fundamentales relacionadas con:

- 1- Determinación de sensibilidad de variables de entradas al proceso de optimización. (— — —)
- 2- Optimización. (.....)
- 3- Control. (— . . .)

Determinación de sensibilidad de variables de entrada, al proceso de optimización.

La sensibilidad comprende la razón entre la variación del óptimo del proceso entre la variación de la variable de entrada, una vez que ocurra una variación de la misma en el proceso. Este aspecto se hace necesario, pues de este análisis se pueden determinar cuales son las variables que tienen mayor incidencia dentro de un estudio de optimización de la etapa en estudio, así como permite clasificar las variables de entrada al sistema desde el punto de vista de control.

Los aspectos que incluyen este análisis son:

- Definición de variables de entrada al sistema y sus rangos de operación
- Definición de la función objetivo y el problema de optimización para el análisis de sensibilidad.
- Cálculo de la sensibilidad de las variables de entrada al sistema.

La sensibilidad se calcula como la razón de las diferencias de la función objetivo y la variación experimentada de la variable de entrada una vez concluida la optimización:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\Delta \text{función} - \text{objetivo}}{\Delta \text{var. opt}}$$

Optimización

Determinar la acción que debe realizarse sobre el sistema para que este cumpla de la mejor manera posible con los objetivos deseados es misión de la optimización, generalmente los sistemas de estudio son tan complejos que la solución analítica de este problema no es posible. Por lo tanto la optimización debe llevarse a cabo a partir de resultados experimentales. Es aquí donde la simulación encuentra su primera aplicación ya que es capaz de proveer los datos necesarios a un mínimo costo y sin riesgo. (Skogestad S., 2005)

Los aspectos a tener en cuenta para realizar el estudio de optimización del proceso objeto de análisis en este trabajo y que el mismo sirva de base para un posterior estudio de alternativas de control del proceso, son los siguientes:

- Clasificación y selección de las variables de entrada teniendo en cuenta los criterios de control de procesos.

De acuerdo a los criterios de control de procesos las variables de entrada a un sistema se pueden dividir en dos subconjuntos:

- a) Subconjunto de variables controlables: aquellas que pueden controlarse en etapas anteriores a la etapa objeto de estudio.
- b) Subconjunto de variables no controlables: aquellas que dependen de etapas anteriores a la etapa de estudio, o sea, muestran variabilidad en la etapa de estudio cuando varían las condiciones de operación y no son controlables.

A su vez este último subconjunto se subdivide en: aquellas variables que tienen poca incidencia en el óptimo y aquellas variables que tienen incidencia en el óptimo y por tanto hay que tenerlas en cuenta para la optimización. (Esta clasificación la define el análisis de sensibilidad realizado anteriormente)

- Selección de las variables a optimizar.

La selección de estas variables se corresponde con aquellas variables que tienen una incidencia fundamental en el desarrollo del proceso de cristalización, así como desde el punto de vista de control, permitan establecer y/o implementar posteriormente cualquier alternativa de control automático, según lo establecidos en los fundamentos de la teoría de control de un proceso. (variables a controlar, variables manipuladas, etc) (**Stephanopolous G., 1987**).

- Determinación de expresiones matemáticas que representan los perfiles de las variables a optimizar.
Con el objetivo de que el estudio de optimización de la etapa de cristalización para la obtención de masas cocidas de primera sirva de base para el estudio de alternativas de control del proceso, apoyado en la simulación dinámica computarizada, se hace necesario expresar matemáticamente las trayectorias brindadas por la simulación de cada una de las variables a optimizar, en función del tiempo. (Para obtener estas expresiones se puede hacer uso de la hoja de cálculo de Excel u otro software que permita ajustar matemáticamente un comportamiento gráfico: Microcal Origin, Table Curve, etc)
- Definición de la función objetivo y problema de optimización.

Control

El sistema básico de control automático debe ser capaz de implementar de forma eficaz el control optimizante del proceso (estudios de control automático de procesos, vinculados a la optimización) en presencia de perturbaciones, teniendo en cuenta las estrategias más empleadas de control del proceso objeto de estudio, reportado en la literatura científica.

La concepción del control optimizante permite que el control del proceso conduzca no sólo a llevar una variable a su valor deseado una vez que ha sido perturbado el proceso, sino que la acción de control conduce a establecer los valores óptimos del proceso que se controla. (**Skogestad S., 2000**)

Los **setpoints** a utilizar en cada esquema optimizante se corresponden con los resultados del estudio de optimización efectuado con el modelo.

Conclusiones

- 1- La metodología empleada permitió abordar las tareas de optimización y control del proceso de cristalización a vacío de masas cocidas de primera a partir del modelo fenomenológico que describe dicha operación, apoyado en la simulación computarizada.
- 2- El análisis de sensibilidad de las variables de entrada al proceso de optimización permitió determinar cuales son las variables que tienen mayor incidencia dentro de un estudio de optimización, así como permitió clasificar las variables de entrada al sistema desde el punto de vista de control.
- 3- La etapa de optimización constituye la base para el estudio posterior de alternativas de control con enfoques basados en la teoría de control optimizante.
- 4- La etapa de control permitió implementar de forma eficaz el control optimizante del proceso en presencia de perturbaciones.

Referencias

- 1- O’Farrill, M.E., “Modelo matemático del proceso discontinuo de cocción de masas cocidas de primera, para simulación, optimización y estudio de control automático”. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Villa Clara, Cuba, 2005.
- 2- Stephanopolous, G., Chemical process control an introduction to theory and practical, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey EUA, 1987.
- 3- Skogestad, S y col., “Selection of controlled variables and robust setpoints”.Computers and Chemical Engineering. (1) 509-522, 2005.
- 4- Skogestad, S y col., “Plantwide control: The search for the self-optimizing control structure”. J. Proc. Control. 10 (5) 487-507, 2000.
- 5- Peralta L.M; "Modelación dinámica y control de procesos químicos". Folleto de post grado, 2000.

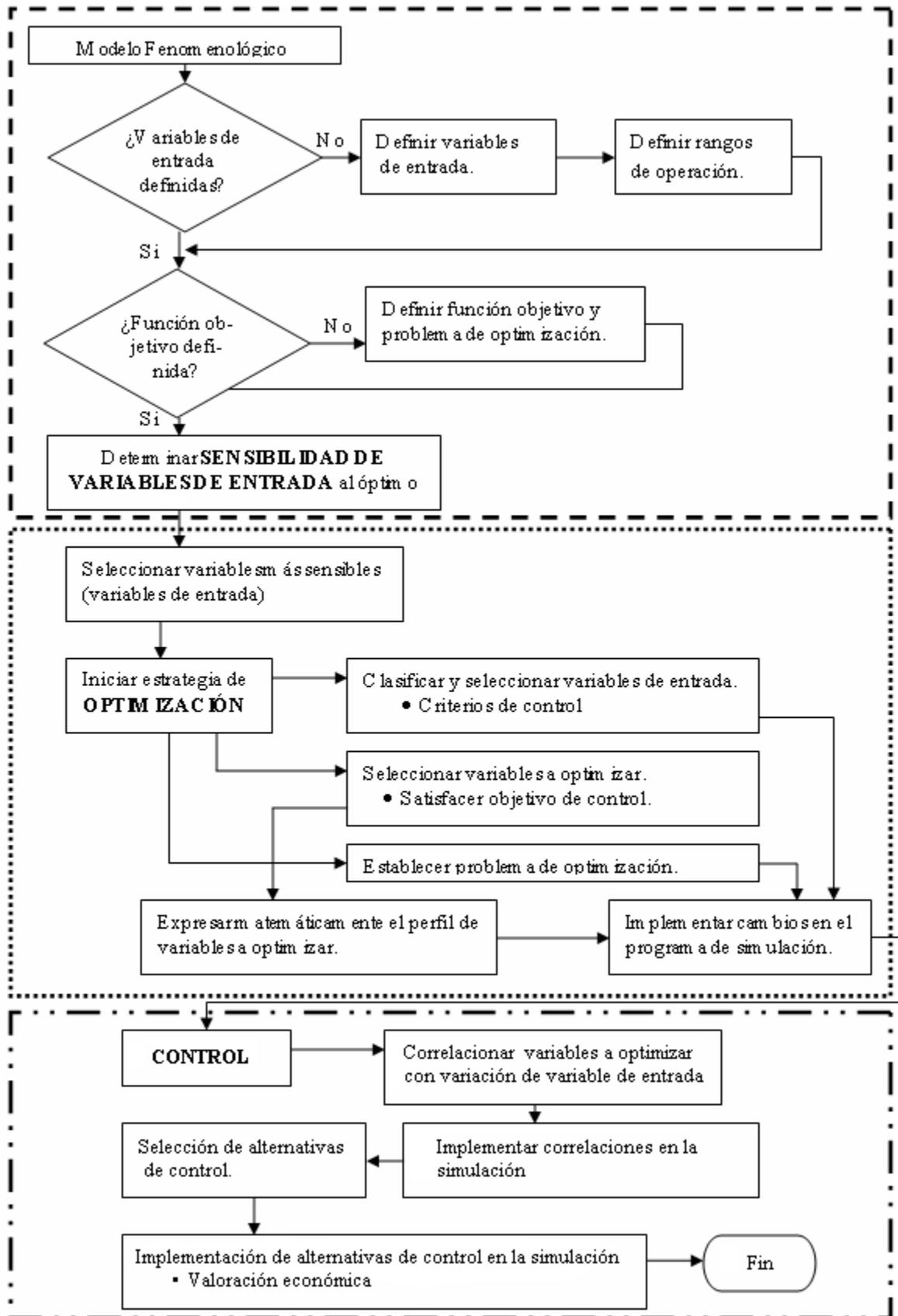


Figura 1: Procedimiento para adaptar el modelo fenomenológico creado para ser utilizado con el objetivo de optimizar y controlar la etapa de cristalización a vacío.