

Minimización del consumo energético en el proceso de pasteurización en la fabricación de helados

Estefania del Carmen Sánchez Hernández ¹, Pablo Tenoch Rodríguez González²

¹ Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Av. A. López Mateos Ote. 1810, Aguascalientes, 20256, México.

² Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología, Av. Insurgentes Sur 1582, Ciudad de México, 03940, México.

* Autor de correspondencia: G22153062@aguascalientes.tecnm.mx; Tel: 4491373391

Ahorro de recursos en procesos industriales (Recurso energético). Ponencia Presencial.

Recibido: 16 de junio de 2023

Aceptado: 5 de septiembre de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Pasteurización; Consumo energético; Modelo matemático.

Introducción. La pasteurización es un proceso térmico clave para mantener la seguridad alimentaria en la fabricación de helados, este proceso tiene también alto impacto en el costo de la operación debido al uso de energía térmica (regularmente con vapor) y eléctrica. Para realizar el proceso eficientemente se necesita estandarizarlo y automatizarlo, lo cual se logra a través del manejo de información específica del equipo, del comportamiento de sus variables en el proceso (temperatura, presión, tiempo, etc.), del alimento que está procesando (basados en agua o lácteos), además de una metodología que involucre la forma de trabajo de los operadores (Domínguez J., 2006). Sin embargo, esta información puede estar fuera del conocimiento de los responsables de las industrias, ya sea porque desconocen cómo relacionarla u obtenerla o porque sus recursos económicos complican costear la intervención de especialistas del proceso.

Por todo lo anterior, se desarrolla el modelo del pasteurizador de una empresa en particular para entender el comportamiento de las variables dentro del proceso, y así poder determinar los parámetros de operación más adecuados que minimicen el consumo energético de dicha etapa.

Materiales y Métodos. Se analiza un pasteurizador HTST, donde los cambios de temperatura que exige el proceso se realizan en 4 intercambiadores de calor de placas que están interrelacionados tal como se muestra en la Figura 1.

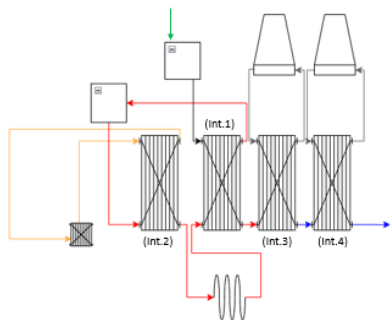


Figura 1. Conexión de los intercambiadores en el Pasteurizador HTST

Para este pasteurizador se desarrolla un modelo matemático siguiendo las etapas que se describen de manera general a continuación (Rasmuson A. et al 2014):

1. Obtención de la información del equipo y del proceso. Se investigan las características físicas de las placas de cada intercambiador, en la Tabla 1 se observa que, aunque los 4 tienen diferentes funciones sus placas son iguales. La variante física que tienen es el número de placas que lo compone. Adicionalmente se revisaron las características fisicoquímicas de las bases del helado.

2. Obtención de información bibliográfica. El ángulo de Chevron y el factor de alargamiento en las placas intercambiadoras son ejemplo de información que no se pudo obtener por la empresa ni proveedores, pero es necesaria para el estudio, por lo que se consultó bibliografía para completarla.

3. Solución de ecuaciones de diseño del equipo. Sustitución en las ecuaciones del diseño de un intercambiador con los valores obtenidos

anteriormente para los cuatro intercambiadores que tiene el equipo (Kakac S., H. Liu., 2002)

4. Ajuste del modelo. Se ajusta el modelo para cumplir con la relación del balance de calor que tiene cada intercambiador con el intercambiador al que está conectado como siguiente paso del proceso, en este balance se usaron las ecuaciones 1 y 2.

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm} \quad (1)$$

Tabla 1. Características generales de los intercambiadores de calor del pasteurizador

Elemento	Valor	Elemento	Valor
1. Espesor de placas (mm)	0.5	6. Distancia horizontal del puerto (m)	0.21
2. Número de pasos	1	7. Ancho de canal efectivo (m)	0.38
3. Área efectiva (m ²)	47.3	8. Conductividad térmica (W/m*K)	16.5
4. Diámetros de los puertos (m)	0.51	9. Angulo Chevron	45
5. Distancia vertical del puerto (m)	0.87	10. Factor de alargamiento	1.25

Resultados. En la Tabla 2 están de color gris los valores no modificables para el sistema, los demás son los resultados obtenidos con el modelo, se puede observar que hay diferencias entre el calor teórico y real requerido. Por otra parte, la caída de presión genera valores muy bajos respecto a lo esperado, se pretende identificar si el equipo está con alto sobre diseño y con ello también el consumo energético.

Tabla 2. Características particulares del proceso en cada intercambiador de calor

Elementos	Intercambiador 1 (Regeneración)		Intercambiador 2 (Calentamiento)		Intercambiador 3 (Enfriamiento)		Intercambiador 4 (Enfriamiento)	
	Base past.	Base cruda	Agua cal.	Base cruda	Base past.	Agua de torre	Base past.	Agua de Chiller
T. entrada (°C)	71	25	96	64.85	31.14	15	15.85	-2
T. salida (°C)	31.14	65.85	88.53	71	15.85	17.07	4	0.35
ΔP (psi)	0.0508	0.05	5.75	0.04	4.45	0.03	4.45	1.74
Calor teórico (KJ/s)	1765716.79		2107701.40		392994.12		478619.84	
Calor real (KJ/s)	223157.64		28809.01		85626.23		66366.46	
Eficiencia	0.12		0.01		0.21		0.13	

Conclusiones. El uso del modelo matemático ha permitido que sin desarmar el equipo o parar su operación se encuentre la información necesaria de los puntos en donde se está desaprovechando la energía. Hasta el momento los factores que afectan en mayor medida son la velocidad del flujo y temperaturas de entrada de la base. Obtener la eficiencia energética que hay en las distintas formas de operación permitirá justificar la necesidad de estandarizar el proceso con los parámetros de menor consumo energético para el caso de estudio.

Bibliografía.

- Rasmuson A., Andersson B., Olsson L., and Andersson R. (2014). Mathematical Modeling in Chemical Engineering. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107279124>
- Domínguez J. (2006). Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos. Ingeniería y Ciencia, 145-162. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83520408>
- Kakac S., Liu H., Pramuanjaroenkij A. (2012). Heat Exchangers Selection, Rating, and Thermal Design, CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429469862>