



APLICACIONES INDUSTRIALES

DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONSUMO ENERGÉTICO EN UNA PLANTA DE PRODUCTOS LÁCTEOS.

L. Cruz Viera

J. Gandón Hernández

RESUMEN / ABSTRACT

El objetivo del trabajo es evaluar los índices de consumo energético en una planta de productos lácteos. Se elaboraron los cronogramas de los consumos de vapor y energía eléctrica en las líneas tecnológicas de leche, yogurt y crema, lo que permitió la caracterización de los procesos a partir del consumo de estos portadores energéticos. Se determinaron los consumos de combustible y energía eléctrica técnicamente requeridos. La energía eléctrica se correspondió con el consumo actual mientras que el consumo de combustible técnicamente requerido resultó inferior al realmente consumido en la planta. Se realiza un análisis de este comportamiento y se establecen recomendaciones para disminuir el consumo de vapor. Se reportan los índices de consumo actual y técnicamente requerido así como el ahorro que significaría el logro de este último.

Palabras clave: índices de consumo energético, industria láctea, ahorro de energía

Evaluating the energetic consumption indexes in a dairy product plant is the objective of this paper. The corresponding chronograms of vapor and electric energy consumptions in the technological lines of milk, yogurt and cream were made. It allowed the characterization of the processes according to this source of energy. The technically required consumptions of electric energy and fuel were determined. The former was equal to the consumption at present whereas the later was lower than the fuel truly consumed in the plant. An analysis of this behavior is made and recommendations for diminishing the fuel consumption are established. The present consumption indexes, the technically required ones and the economical saving are reported.

INTRODUCCION.

El ahorro de energía reviste una gran trascendencia para todos los países y muy en especial para aquellos en vías de desarrollo.

Para poder establecer una adecuada política encaminada al uso racional de los portadores energéticos resulta necesario conocer los índices de consumo de estos ^[4].

Dentro de la industria alimentaria, las producciones lácteas se caracterizan por sus requerimientos energéticos, incluidos los referentes a la limpieza.

El objetivo del presente trabajo es la evaluación de los índices de consumo energético en una planta de productos lácteos típica, con líneas de producción de leche pasteurizada, yogurt y crema.

DESARROLLO.

Para el desarrollo del trabajo se realizó un estudio detallado de los aspectos tecnológicos de cada una de las operaciones. En correspondencia con el método de evaluación se definieron las variables que debían ser conocidas. Se determinaron las dimensiones de los equipos y tuberías y se midieron las temperaturas de los materiales, medio exterior y superficies de los equipos, los tiempos de operación y la intensidad de la corriente eléctrica.

Para la realización de los cálculos se establecieron consideraciones preliminares sobre la base de las características del proceso tecnológico, la forma de operación

de los equipos y criterios prácticos utilizados en la instalación. Estas consideraciones fueron:

- Todos los cálculos se realizaron para un día de trabajo típico en las condiciones normales de producción.
- Temperatura del medio ambiente: 30°C.
- Humedad relativa del aire ambiente: 85%.
- Temperatura del agua: 30°C.
- Factor de potencia de la planta: 0,93.

Se elaboraron diagramas de consumo de electricidad y de vapor para los equipos de las líneas tecnológicas investigadas.

La estimación de la potencia consumida se realizó mediante ^[6]:

$$P = V.I. \cos \phi \quad (1)$$

mientras que para un circuito trifásico [3]:

$$P = \sqrt{3}.V.I. \cos \phi \quad (2)$$

donde:

P: potencia consumida

V: voltaje

I: intensidad de corriente

$\cos \phi$: factor de potencia

La estimación del consumo de vapor se realizó a partir del balance de energía para cada equipo ^[5]:

$$Q_{\text{cedido vapor}} = Q_{\text{absorbido materiales proceso}} + Q_{\text{absorbido equipos}} + Q_{\text{perdido}} \quad (3)$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección-radiación, para evaluar las pérdidas al medio exterior, se evaluó a partir de la expresión ^[1,3]:

$$h = 8,4 + 0,06(t_s - t_a) \quad (4)$$

donde:

h : coeficiente de transferencia de calor por convección-radiación, kcal/(m².h.°C)

t_s : temperatura de la superficie de los equipos, °C

En el caso de los equipos abiertos la evaporación desde la superficie del líquido se evaluó a partir de [1]:

$$W = K.A (p_p - p_a.\phi)\tau \quad (5)$$

donde:

W : cantidad de vapor producido, kg

K : coeficiente, kg/(m².h.mmHg)

A : área, m²

p_p : presión de vapor a la temperatura del proceso, °C

p_a : presión de vapor a la temperatura del medio exterior, °C

RESULTADOS.

1.- Consumo de energía eléctrica.

Los resultados evidencian que a los tres compresores y las bombas de agua de la torre de enfriamiento en su conjunto corresponde el 74,8% de la energía eléctrica consumida diariamente en la planta.

Estos equipos operan de manera continuada durante todo el día, por lo que no puede establecerse un ahorro sobre la base de disminuir al máximo su tiempo de operación. En tal sentido el correcto aislamiento de las tuberías conductoras de refrigerante y fluidos fríos, el adecuado estado técnico de las cámaras refrigeradas y su uso racional pueden contribuir de forma sensible al ahorro de energía, pues la carga térmica adicional introducida al sistema de refrigeración provoca una mayor demanda de energía por parte de los compresores.

El consumo mensual promedio de electricidad de la planta es de 96,62 MW.h, lo que equivale a 3,22 MW.h por día (considerando 30 días de operación). Al comparar este consumo diario promedio por concepto de operación de las líneas tecnológicas y las facilidades auxiliares (1,97 MW.h) se aprecia que la diferencia entre ambos valores es de 1,23 MW.h, lo que corresponde al consumo de las restantes áreas de la planta.

Ello alerta sobre la necesidad de mantener una estricta vigilancia sobre las áreas no tecnológicas.

En lo que al proceso de producción se refiere, debe tratarse de evitarse el funcionamiento de los equipos por un tiempo mayor que el requerido por las condiciones del proceso o sin la carga de materiales correspondientes.

2.- Consumo de vapor.

A partir de la cantidad total de vapor técnicamente requerida para la operación de la planta puede estimarse el flujo de combustible demandado (la eficiencia de generación de vapor es de 85%).

Al compararse las cantidades de combustible técnicamente requerido (478,7 kg) y el realmente consumido

por la planta en su operación diaria (605 kg) se obtiene una diferencia de 126,3 kg. El consumo del primero representa el 78,9% del segundo. En la Tabla 1 se reporta el consumo de combustible requerido para cada operación sobre la base de la cantidad de combustible realmente consumida.

Si los consumos de combustible por operación fueran los técnicamente requeridos, se tendría un 20,9% de estos consumos sin ninguna justificación desde el punto de vista operacional.

Este porcentaje de consumo de combustible no justificado puede estar originado por más de una causa. En la Tabla 1 se aprecia que el 29,5% del vapor es demandado por las operaciones de limpieza, lavado de pomos y lavado de cestos. Estas operaciones se desarrollan sin ningún control, evidenciándose desprendimiento de vapor de forma significativa en cada una de ellas. Esto hace suponer que en realidad estas operaciones estén consumiendo una cantidad de vapor que pudiera resultar muy superior a la técnicamente requerida. La operación de pasterización, la cual demanda el 51% del vapor producido, se desarrolla en un tiempo mayor que el requerido por dificultades en la operación de este equipo. Una situación análoga se presenta en la cortina para el descreme cuya operación requiere el 12,4% del vapor producido. A ello se agrega que los mezcladores para el calentamiento de agua de la cortina de crema y del pasterizador, por sus propios diseños, pueden resultar ineficientes desde el punto de vista energético ya que en ellas se producen escapes de agua caliente y vapor de forma continua.

3.- Índices de consumo.

Los índices de consumo de energía y combustible pueden ser establecidos para cada uno de los productos así como para la producción total de la planta.

En la Tabla 2 se reporta el surtido en la producción de la planta. En las operaciones que se efectúen para el procesamiento de más de un producto, el consumo de combustible para un producto el consumo de combus-

tible de dicha operación fue afectado por un factor de ponderación dado por el porcentaje que representa la producción de dicho producto en la producción total de la planta. Cuando esta situación se producía durante una fracción del tiempo total de la producción, se tomó en consideración dicha fracción para el cálculo correspondiente.

La energía eléctrica consumida en la producción de cada producto está dada por la suma de los consumos en las operaciones llevadas a cabo para su elaboración en horario pico y en el resto del día^[2]. Los índices de consumo de energía eléctrica se determinan a partir del costo de la energía eléctrica referido por unidad de producto (toneladas o litros).

Los índices de consumo de combustible, tanto para la situación actual como para el técnicamente requerido, se determinaron a partir del combustible total que se consume por ambas vías tomando en cuenta la distribución del consumo reportado en la Tabla 1.

Los índices de consumo y los costos unitarios (Tabla 3) experimentan una reducción con respecto a la situación existente en la planta en la actualidad.

En la Tabla 4 se resumen los estimados de costos anuales de portadores energéticos para cada uno de los productos sobre la base de los días de producción (365 para la leche, 212 para el yogurt y 52 para la crema).

CONCLUSIONES.

El consumo de combustible técnicamente requerido representa el 79 % del empleado en la planta en las condiciones de operación actuales.

La discrepancia entre los consumos de combustible real y técnicamente requerido puede estar motivada por la baja eficiencia de la caldera, el inadecuado control del uso del vapor en el proceso, el mal estado técnico de las válvulas y el diseño ineficiente de algunos equipos de intercambio de calor.

De operarse la planta en las condiciones técnicamente requeridas se obtendría un ahorro anual de 14 671,10 USD.

Más del 30 % del consumo eléctrico corresponde al área no tecnológica.

REFERENCIAS.

- 1- *Chupakhin, V. Y Dormenko. Fish processing equipment. Mir Publishers, Moscow, 1981.*
- 2- *Dirección de Servicio Eléctrico. Unión Eléctrica. MINBAS, La Habana, 1998.*
- 3- *IDEA. Técnicas de conservación energética en la industria. Tomo II: Ahorro en procesos. Edición Revolucionaria, La Habana, 1987.*
- 4- *Jordán, R. Ahorro de energía en Cuba. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1986.*
- 5- *Incropera, F. Fundamentals of heat and mass transfer. McGraw-Hill Book Company, New York, 1992.*

AUTORES:

L. Cruz Viera
Ingeniero Químico
Doctor en Ciencias Técnicas
Profesor Auxiliar
Facultad de Ingeniería Química
Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"
Ave. 114 y 127, Marianao 19390, Ciudad de La Habana, Cuba.
Teléfono: (537) 260 7220
Fax: (537) 267 2964
E-mail: lcruz@quimica.ispjae.edu.cu

J. Gandón Hernández
Ingeniero Químico
Master en Análisis y Diseño de Procesos
Asistente
Facultad de Ingeniería Química
Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"
Ave. 114 y 127, Marianao 19390, Ciudad de La Habana, Cuba.
Teléfono: (537) 260 7220
Fax: (537) 267 2964
E-mail: gandon@quimica.ispjae.edu.cu

Tabla 1. Consumo de combustible por operación y los porcentajes correspondientes a cada uno de ellos.

Operación	Distribución del vapor requerido por operación (%)	Masa de combustible requerida por operación (kg)
Fusión de mantequilla	1,50	7,0
Elaboración de yogurt	1,3	6,3
Elaboración de cultivo	0,5	2,6
Elaboración de crema	0,3	1,6
Limpieza	8,2	39,2
Lavadora de cestos	16,2	77,8
Lavadora de pomos	5,1	24,3
Pasterización	51,0	244,0
Descremadora	12,4	59,5
Tuberías sin aislamiento	3,0	14,0
Tubería aislada	0,5	2,4
No justificada	-	20,9

Tabla 2. Producción de la planta.

Producto	Volumen (L)	Masa (kg)	Distribución (%)
Crema	200	192	1,4
Leche	11 260	11 597	83,7
Yogurt	2 000	2 060	14,9
PRODUCCION TOTAL	13 460	13 849	100,0

Tabla 3. Índices de consumo y costos unitarios para cada producto y la producción total.

INDICES DE CONSUMO				COSTOS UNITARIOS			
Producto	Energía eléctrica (kW.h/t)	Comb. actual (tcomb/tprod)	Comb. téc. requerido (tcomb/tprod)	Total actual		Total técnicamente requerido	
				(USD/t)	(USD/L)	(USD/t)	(USD/L)
Crema	285,40	0,33	0,26	72,56	0,0703	59,23	0,0563
Leche	127,80	0,035	0,019	11,76	0,0123	8,70	0,0089
Yogurt	147,80	0,055	0,036	16,20	0,0159	12,50	0,0093
Prod. total	132,50	0,043	0,034	13,50	0,014	11,80	0,0122

Tabla 4. Estimados de costos anuales de portadores energéticos para cada producto y la producción total.

<i>COSTO ANUAL</i>			
Producto	Consumo actual	Consumo técnicamente requerido	Ahoro (USD)
Crema	724,40	591,30	133,10
Leche	49 778,90	36 826,30	12 952,60
Yogurt	6 941,40	5 326,00	1 615,40
Producción total	57 444,70	42 743,60	14 701,10