CALCULO DE LA TEMPERATURA EN EL SACRIFICIO DE GANADO PORCINO

Cecilia Muñoz Márquez y Janet Vázquez Padilla.

Ing. Bioquímica

Instituto Tecnológico de Tehuacán

Palabras Claves: Ecuación de Newton, Temperatura del sacrificio, Carne porcina

RESUMEN:

En el presente artículo presentamos las aplicaciones que tienen las ecuaciones diferenciales y sus diferentes soluciones las cuales son aplicables en la vida cotidiana y son usadas sin darnos cuenta en cualquier momento, como es la ley de enfriamiento de Newton que nos ayuda a definir el cambio de la temperatura con respecto al tiempo buscando la constante de proporcionalidad de la ecuación.

Introducción:

Ley de enfriamiento de Newton; La experimentación demuestra que bajo ciertas condiciones se puede obtener una aproximación a la temperatura de un objeto usando la ley de enfriamiento de Newton.
Esta ley se enuncia de la siguiente manera: "La temperatura de un cuerpo cambia a una velocidad que es proporcional a la diferencia de temperaturas en el medio externo y el cuerpo".

$$\frac{dT}{dt} = -K\,(T - T_a)$$

Donde la derivada de la temperatura respecto al tiempo $\frac{dT}{dt}$ representa la rapidez del enfriamiento, T es la temperatura instantánea del cuerpo, k una constante que define el ritmo de enfriamiento y Ta es la temperatura ambiente, que es la temperatura que alcanza el cuerpo luego de suficiente tiempo. Ya que la temperatura está decreciendo, es conveniente escoger (-k) como la constante de proporcionalidad.

El problema de determinar teóricamente las ecuaciones de enfriamiento de la carne de puerco nos pareció interesante debido a que es la carne porcina la de mayor consumo en México según afirma F. Wirth en su libro Tecnología de Los embutidos escaldados, así mismo exige tener una buena calidad en el proceso de su obtención.

Proceso:

En la carne de ganado porcino, lo más importante es la exigencia de la buena calidad desde el punto de vista de la salud del consumidor, ya que la calidad de la carne de cerdo depende del buen procesamiento microbiológico de la misma, lo cual indica que un bajo contenido de microorganismos provoca el deterioro de la carne de puerco lo cual podemos evitar usando las adecuadas condiciones de temperatura durante la obtención y el troceado de la carne de ganado porcino.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
T_c	Temperatura de la carne
T_a	Temperatura ambiente
T_{c2}	Temperatura de la carne x min después
t_1	Tiempo después en que es tomada la temperatura a partir del traslado
t_2	Tiempo total del traslado
T_d	Temperatura del deshuesado de la carne
T_s	Temperatura de conservación para evitar el crecimiento de gérmenes
t_{c3}	Temperatura final de la carne durante el traslado
t_3	Tiempo de de espera para proceder al deshuesado
t_4	Tiempo para llegar ala temperatura requerida para la conservación de la carne

$$Ecuacion\ diferencial\ a\ utilizar$$

$$\frac{dT}{dt} = -K\ (T - T_c)$$

Procediendo a la solución de la ecuación y separando variables

$$\frac{dT}{T - T_c} = -K\ dt$$

Integrando esta ecuación con la condición inicial de que en el instante t=0, la temperatura del cuerpo es T_c

$$\int_{T_c}^{T} \frac{dT}{T - T_c} = -k \int_0^t dt$$

Obtenemos la relación lineal siguiente.

$$\ln(T - T_a) = -k \cdot t + \ln(T_c - T_a)$$

O bien

$$\ln(T - T_a) = -k \cdot t + c$$

Y por tanto la ecuación inversa es:

$$T - T_a = e^{-kt+c}$$

$$T - T_a = e^{-kt} \cdot e^{c}$$

Suponiendo que

$$e^{c} = C$$

Entonces

$$T - T_a = Ce^{-kt}$$

Despejando T encontramos la solución de la ecuación

$$T = T_a + (T_c - T_a)e^{-kt}$$

Lo que es igual

$$T = T_a + Ce^{-kt}$$

En el proceso de la obtención de la carne del ganado porcino requiere que el animal sea sacrificado el cual al momento del sacrificio la temperatura del cerdo es usualmente de 47ºC, posteriormente la carne tiene contacto con la temperatura ambiente ya que es trasladado a un cuarto donde se procederá al deshuesado en el cual es preciso que la carne tenga una temperatura de 7ºC para que la calidad de la carne de cerdo sea satisfactoria para el consumo humano, después que se ha deshuesado la carne es necesario que su temperatura disminuya a 2ºC para su conservación y evitar así el crecimiento de bacterias.

Datos (Estos datos fueron tomados del libro Embutidos escaldados del autor F. Wirth)

T_c	Temperatura de la carne	47ºC
T_a	Temperatura ambiente	36ºC
t_1	Tiempo después en que es tomada la temperatura a partir del traslado	10 min.

2°C -- Conservarlo

47°C -- Sacrificio

T_{c2}	Temperatura de la carne después de ponerse en contacto con la temperatura del medio ambiente	¿?.

NOTA: Las temperaturas y los tiempos pueden variar dependiendo del lugar donde se realice el sacrificio y el deshuesado de la carne del ganado porcino.

¿A que temperatura habrá llegado nuestra carne si el traslado dura 22 minutos?

$$Ecuacion\ diferencial\ a\ utilizar$$

$$\frac{dT}{dt} = -K\ (T - A)$$

Dando valores a nuestras incógnitas con los datos que tenemos

$$\frac{dT}{dt} = -K\ (T - 36°\mathrm{C})$$

Integrando dicha formula

$$\int \frac{dT}{dt} = -K \int dt$$

$$\ln T - 36 = -kt + c$$

$$T - 36 = e^{-kt+c} = e^{-kt}.e^{c}$$

$$T - 36 = ce^{-kt}$$

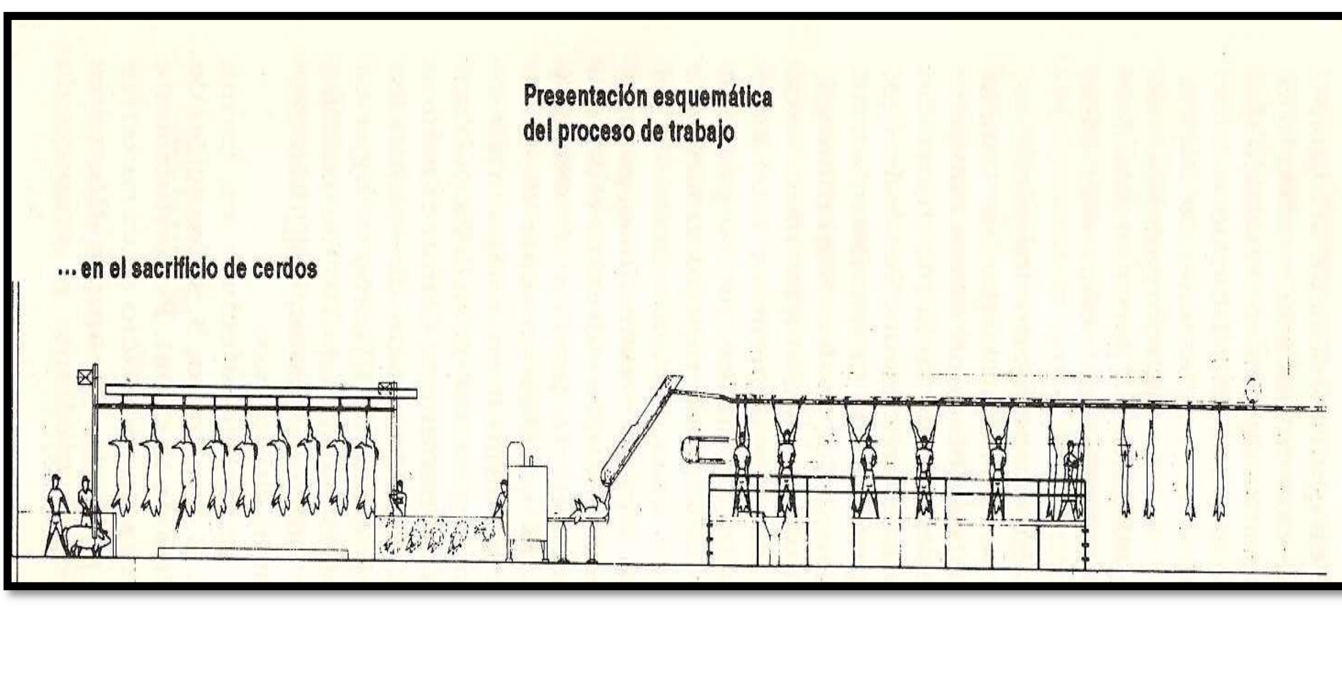
La solución general de la ecuación es:

$$\boxed{T = ce^{-kt} + 36}$$

$$\text{Para} \quad \mathrm{t = 0\ min} \quad \mathrm{y} \quad \mathrm{T = 36°C}$$

$$C = (T_c - T_a)$$

$$c = 47 - 36 = 11$$



$$\text{Para} \quad t = 10\text{min} \qquad T = 40°\text{C}$$

$$40 - 36 = 11e^{-10t}$$

Dejando solo al exponente nos queda

$$\frac{4}{11} = e^{-10k}$$

Sacando ln al exponente

$$\ln\frac{4}{11} = -10k$$

Despejando k

$$k = \ln\frac{4}{11}\left(-\frac{1}{10}\right)$$

Entonces el valor de k es

$$k = 0.10116$$

$$tomando\ los\ valores\ obtenidos\ sustituyendolos\ para\ calcular\ T$$

$$T = 11e^{-0.10116t+36}$$

$$para\ \ t = 22\ \text{min}\ \ solo\ nos\ queda\ sustituir\ el\ tiempo\ en\ la\ formula\ anterior$$

$$T_{c3} = 11e^{-0.10116(22)+36} = 37.182°\text{C}$$

$$\boxed{\text{En conclusión nuestra carne tendrá de temperatura} \quad T_{c3} = 37.182°\text{C a los 22 min}}$$

Ahora sabemos que la $T_{c3} = 37.182°\text{C}$

¿Que tiempo tomara para alcanzar la temperatura de $7°\text{C}$ con respecto a la T_a?

$$si\ T = 7°\text{C}$$

$$e^{-0110116\,t} = \frac{7°\text{C} - 36°\text{C}}{11}$$

$$-0.10116\,t = \ln -2.636363$$

$$-0.10116\,t = -0.9694$$

Despejando el tiempo de nuestra formula

$$t = \frac{-0.9694}{-0.10116}$$

$$\boxed{t_3 = 9.5828\, min}$$

Entonces en promedio tendremos que esperar 9.5228 min para que nuestra carne cumpla con la temperatura requerida.

¿Qué tiempo necesitara la carne para llegar a los 7°C con respecto a la $T_{c3} = 37.182°C$?

$$37.182°C = 11e^{-0.10116\, t}$$

$$7°C - 37.182°C = 11e^{-0.10116\, t}$$

$$-30.182°C = 11e^{-0.10116\, t}$$

$$\ln\frac{-30.182}{11} = -\,0.10116\, t$$

$$-1.009350 = -0.10116\, t$$

$$\frac{-1.009350}{-0.10116} = 9.977777\, min$$

$$\boxed{t_4 = 9.977777\, min}$$

Que tiempo necesitara para alcanzar una temperatura de 2ºC a partir de 7ºC con respecto a la temperatura ambiente

$$2°C - 7°C = 11e^{-0.10116\, t}$$

$$-5°C = 11e^{-0.10116\ \ t}$$

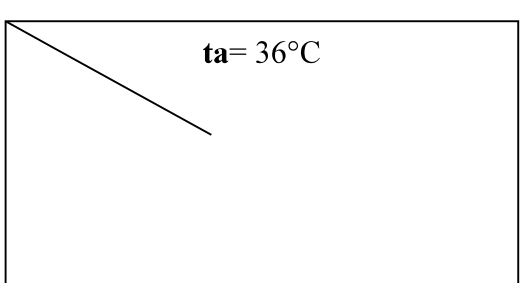
$$ln\frac{-5°C}{11} = -0.10116\ (t)$$

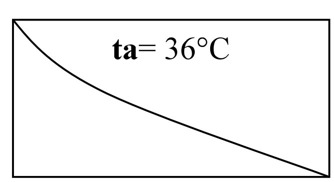
$$-0.78845 = -0.10116(t)$$

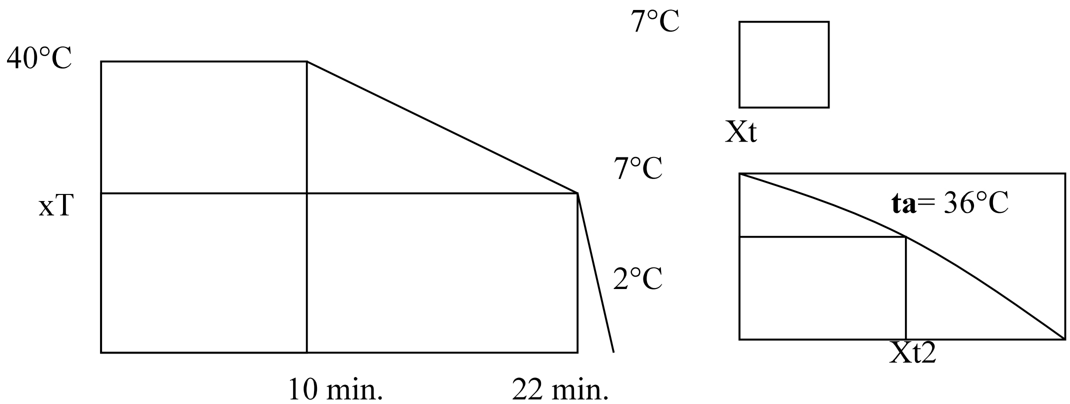
$$t = \frac{-0.78845}{-0.10116} = 7.7940\, minutos$$

$$\boxed{t_5 = 7.7940\, min}$$

Graficas que nos indican como es la variación de la temperatura

47°C  xT





Usando la transformada de la place como solución de la ecuación:

$$\frac{dT}{dt} = -K(T - A)(1 - u(t - t_1)$$

Resolvemos sustituyendo las variables correspondientes

$$Y(s) = -K(T - A)\left[-\frac{e^{st_1}}{s}\right]$$

Llevamos a cabo la multiplicación

$$Y(s) = [-KT(t) - AK](1 - u(t - t_1)$$

Anotamos el resultado de dicha multiplicación

$$Y(s) = -KT(s) - \mathcal{L}(T\,u\,(t - t_1)$$

Sacamos las transformadas correspondientes

$$\mathcal{L}\{T\} - T(t_0) = \mathcal{L}\{T\}$$

$$= -K\mathcal{L}\{T\} - AK\mathcal{L}\{1\} + K\mathcal{L}\{T\,u\,(t - t_1)\}$$

Sustituimos con los valores de la transformada que ya conocemos para poder factorizar

$$= -K\mathcal{L}\{T\} - AK\mathcal{L}\{1\} + K(e^{-sa}[a\mathcal{L}\{1\} + \mathcal{L}\{t\}]$$

Reemplazamos todos los valores de la transformada posibles para poder anotar el resultado.

$$= -K\left(\frac{1}{s^2}\right) - AK\left(\frac{1}{s}\right) + K\left(e^{-sa}\left[a\left(\frac{1}{s}\right) + \left(\frac{1}{s^2}\right)\right]\right)$$

Conclusión:

En el campo de la bioquímica nos hemos dado cuenta de que existe gran variedad de procesos que incluyen ecuaciones diferenciales para calcular variación de tiempos, temperaturas, concentraciones etc.

Es por eso que nosotros hemos investigado principalmente sobre la variación de temperatura aplicable al procesamiento de la carne de ganado porcino.

Con este artículo encontramos la solución de la ecuación diferencial de la Ley de Enfriamiento de Newton teniendo como datos iníciales un tiempo y una temperatura mismos que nos ayudan a encontrar una constante de proporcionalidad la cual nos sirve para calcular la variación de la temperatura en tiempos posteriores lo cual es aplicable en el proceso de obtención de la carne de ganado porcino ya que el proceso requiere de varias temperaturas para su buena calidad.

Agradecimientos:
Agradezco el apoyo, los consejos y la colaboración que nos proporciono el profesor de esta asignatura para poder llevar acabo dicho artículo, el profesor José Enrique Salinas Carrillo, ya que nos aclaro varias dudas y así a la realización de dicho artículo.

C. Muñoz. M.

Agradezco al maestro José Enrique Salinas Carrillo y a mi compañera Cecilia por su colaboración en este trabajo ya que él nos dio la oportunidad de presentar este artículo con fines académicos para reforzar los conocimientos sobre las ecuaciones diferenciales el cual es un tema importante para nuestra área.

J. Vázquez. P.

Bibliografía:

F. Wirth, Tecnología de Los embutidos escaldados, Editorial Acribia, pp. 3-17 y 23-26
C.D. Ulrich Procesos de ingeniería Química, Editorial Mc Grill p.p 34,38
Earl.D. Ranville Bediet. Ecuaciones Diferenciales Elementales, Editorial Prentice Hall p.p 17-19