

# Implementación de una actividad experimental para la determinación del calor específico de un puré de tomate integrando las carreras de Profesorado de Física e Ingeniería en Alimentos

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Mirta Susana Velazque<sup>1</sup>, Horacio José Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Alimentación, Mons. Tavella 1450, Concordia, C.P. 3200, Argentina.

E-mail: martinezh@fcal.uner.edu.ar

## Resumen

El objetivo del presente relato de experiencia es determinar el calor específico de un puré de tomates y compararlo con ecuaciones matemáticas de predicción en base a la composición nutricional del mismo en un trabajo de articulación desarrollado entre el Profesorado de Enseñanza de Física y la Facultad de Ciencias de la Alimentación. En la determinación experimental se utilizó el calorímetro de mezcla. Además, se realizó la predicción matemática del calor específico de la mezcla con los valores de calor específico de los componentes de un alimento (proteínas, hidratos de carbono, fibras y agua). Se propuso trabajar en cuatro etapas: I, Formación del equipo interdisciplinario; II, Diseño de la experiencia; III, Desarrollo de la experiencia y IV, Discusión de los resultados. Se obtuvo una buena correlación con un grupo de alumnos del Profesorado, entre la actividad experimental y la correlación matemática, lo cual demuestra que esta actividad puede ser desarrollada en los dos niveles educativos, teniendo en cuenta la diferencia de complejidad en cada uno de ellos.

**Palabras clave:** Calor específico, Puré de tomate, Articulación Profesorado-Universidad.

## Abstract

The aim of this work is to report an experience carried out within the framework of an articulation activity between students of a Physics Teacher Training College and the School of Food Science. The objective was to determine the specific heat of a tomato purée and compare it with Mathematical prediction equations based on the food nutritional composition. A calorimeter with stirrer was used for the experimental determination. In addition, Mathematical prediction of the mixture specific heat was estimated using the food components specific heat values (proteins, carbohydrates, fiber and water). The experimental design consisted of four stages: I, interdisciplinary team formation; II, experimental design; III, experiment development and IV, discussion of results. A significant connection between experimental activity and mathematical correlation was obtained by the group of students from the Teacher Training College. These results indicate that this activity may be carried out in two different educational levels, despite the different complexity existing between both.

**Keywords:** Specific heat, Tomato purée, Teacher Training College- University.

## I. INTRODUCCIÓN

En las carreras de Ingeniería existe interés en buscar estrategias educativas que permitan la integración de la teoría y la práctica en los temas específicos. En el caso de Ingeniería en Alimentos una variable fundamental para medir el calor es el calor específico de una sustancia, ya que la transferencia de calor es uno de los procesos fundamentales en la producción industrial de alimentos. Según Sahin y col. (2009) el calor específico es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de una unidad de masa de la sustancia por unidad de grado. Por consiguiente sus unidades son en el sistema SI J/kg.K.

Los calores específicos de los alimentos dependen mucho de su composición. Conociendo el calor específico de la composición de un alimento en cuanto a proteínas, hidratos de carbono, fibras y agua es posible predecir el calor específico de la mezcla.

En cuanto a la determinación experimental en actividades áulicas, tanto a nivel secundario, como terciario y universitario, normalmente se utiliza el calorímetro de mezcla, el cual ya viene con un kit de metales. En este caso se trata de determinar el calor específico de sustancias puras. Sin embargo, en el caso de Ingeniería en Alimentos resulta interesante determinar el calor específico de un alimento que conforma una matriz compleja. Esta inquietud también es compartida por docentes de otros niveles, tal como Carrasquero (2001) quien diseñó una actividad de laboratorio para las escuelas, a fin de determinar el calor específico de la papa y la zanahoria con el propósito de calcular el calor necesario para la cocción de estos vegetales a escala doméstica. Lo interesante es que a nivel secundario también se utiliza el calorímetro de mezcla, por lo que ambos niveles educativos comparten el mismo dispositivo para la enseñanza del tema con la diferencia en el tratamiento teórico más complejo a nivel universitario, pero que establece una continuidad necesaria, que rompe con la fragmentación en la enseñanza de los contenidos.

Por otro lado en la formación de los Profesorados de Física de formación reciente existe una falta de laboratorios para actividades prácticas que puede ser suplida trabajando con facultades que tienen más trayectoria, y por lo tanto, laboratorios mejor implementados y los recursos humanos formados para su manejo.

Se propuso trabajar en cuatro etapas, de la siguiente manera: Etapa I, Formación del equipo interdisciplinario; Etapa II, Diseño de la experiencia; Etapa III, Desarrollo de la experiencia y Etapa IV, Discusión de los resultados.

#### ***Etapa I: Formación del equipo interdisciplinario***

Por el Profesorado de Enseñanza de Física se trabajó con la Encargada de Actividades de Laboratorio y el curso de 4to año, formado por diez alumnos. Por la Facultad de Ciencias de la Alimentación el equipo estuvo integrado por un docente de Termodinámica y uno de Química General, más una becaria y un alumno voluntario que cursan el tercer y el cuarto año de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

#### ***Etapa II: Diseño de la experiencia***

El equipo de la Facultad de Ciencias de la Alimentación se reunió en un laboratorio de dicha institución y ensayó por tres veces consecutivas la determinación del calor específico de un puré de tomate. Una vez ajustada la experiencia se pasó a la etapa III.

#### ***Etapa III: Desarrollo de la experiencia***

Se reunió el equipo interdisciplinario mencionado en la Etapa I en un laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Alimentación para llevar a cabo la experiencia. La becaria y el alumno voluntario de la institución mencionada precedentemente revisaron los conceptos de calorimetría, presentando un Power-Point. Los docentes, tanto de la Facultad de Ciencias de la Alimentación como del Profesorado de Física supervisaron esta tarea, haciendo preguntas. A continuación los alumnos del Profesorado fueron divididos en dos grupos de cinco alumnos cada uno para llevar a cabo la experiencia.

#### ***Etapa IV: discusión de los resultados***

Se realizó un plenario de cierre donde se analizaron los datos obtenidos y se compararon con datos de bibliografía y con fórmulas matemáticas de predicción.

Por lo expuesto el objetivo del presente relato de experiencia es determinar el calor específico de un puré de tomates y compararlo con ecuaciones matemáticas de predicción en base a la composición nutricional del mismo y datos bibliográficos en un trabajo de articulación desarrollado entre el Profesorado de Enseñanza de Física y la Facultad de Ciencias de la Alimentación.

## **II. METODOLOGÍA**

Para la determinación experimental se utilizó un calorímetro de mezcla de vidrio en forma de cilindro, construido como los termos comunes, cubierto por un aislante térmico. Además se usaron termómetros de 110°C y agitadores. Se denomina calorímetro de mezclas porque inicialmente se coloca inicialmente una masa de agua fría (González y col., 1980).

El vaso térmico y los accesorios que intervienen en la experiencia participan del intercambio calórico. Para incluir su efecto en las ecuaciones correspondientes puede suponerse que todos estos elementos “equivalen” a una cierta masa de agua  $\pi$  que debe sumarse a la que hay dentro del vaso para calcular la cantidad de calor  $Q$  intercambiada. Esa cantidad de agua hipotética es el equivalente en agua del calorímetro  $\pi$ . Su valor depende de los elementos utilizados, de modo que debe determinarse cada vez que

cambie alguno de los mismos. Para calcular dicho equivalente en agua del calorímetro se calienta a ebullición una masa  $M$  de agua y se la vierte en el calorímetro.

De acuerdo con las consideraciones del párrafo anterior y en función del nivel educativo al que va dirigida esta actividad la ecuación del intercambio calórico el calor cedido por la masa  $M$  de agua caliente a ebullición igual al calor absorbido por el agua fría inicial y el vaso del calorímetro y sus accesorios, o sea:

$$M.c_o.(T - t_f) = (m + \pi).c_o.(t_f - t_i) \quad (1)$$

Siendo:  $M$ , la masa de agua a ebullición;  $c_o$ , el calor específico del agua,  $T$ , la temperatura final del agua a ebullición;  $t_f$ , la temperatura final del sistema agua inicial más agua agregada más el vaso del calorímetro y sus accesorios;  $t_i$ , la temperatura inicial del agua fría más el vaso del calorímetro y sus accesorios;  $m$ , la masa de agua fría inicial,  $\pi$ , el equivalente en agua del calorímetro y  $c_o$  el calor específico del agua.

Las pérdidas o ganancias de calor del calorímetro a expensas de la atmósfera que lo rodea, si bien son intercambios pequeños, en un buen calorímetro, obligan a introducir correcciones. A fin de realizar estas correcciones se utiliza el gráfico que describe la variación de temperatura del agua del calorímetro en función del tiempo [ $t = f(\tau)$ ]. Suponiendo que inicialmente el agua estaba a una temperatura inferior a la ambiente y que al hacer la mezcla pasa a una superior, se obtendrá un gráfico  $t = f(\tau)$ :

Según se observa hay dos tramos rectos y un tramo en el que la variación no es lineal. En los tramos rectos el sistema está en equilibrio interno aunque hay intercambio con el medio exterior. En AB hay ganancia o calentamiento y en CD hay pérdidas o enfriamiento. En el instante correspondiente a B se hace la mezcla. El tramo BOC representa el proceso de intercambio interno y con el exterior.

En la ecuación (5) se añade un término  $\Delta t$  que describe la variación del salto térmico por pérdidas o ganancias de calor a través de la superficie.

$$(m + \pi).c_o.(t_f - t_i + \Delta t) = M.c_o.(T - t_f) \quad (2)$$

Finalmente quedaría:

$$(m + \pi).c_o.(t_f' - t_i') = M.c_o.(T - t_f) \quad (3)$$

En las aplicaciones prácticas se emplea una aproximación que resalta suficientemente buena cuando las correcciones son pequeñas. Consiste en prolongar los tramos rectos de la grafica  $t = f(\tau)$  hasta la intersección con la recta ordenada que pasa por el punto medio de A y C, cuando las superficies OCD y AOB son iguales, lo cual se determina contando los cuadraditos del papel milimetrado. Estos puntos de intersección se toman como valores corregidos de  $t_f$  y  $t_i$ .

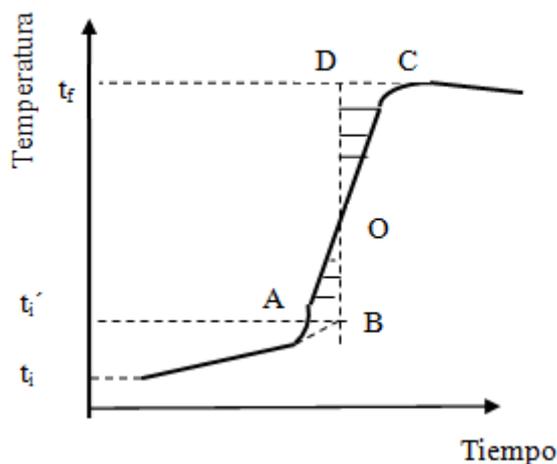
$$\pi = \frac{M + (T - t_f')}{(t_f' - t_i')} - m \quad (4)$$

Para leer las temperaturas final corregida e inicial corregida se utilizó una hoja milimetrada en la que se trazó la gráfica representada en la Fig.1.

Para calcular el calor específico del puré de tomate se utiliza la siguiente fórmula:

$$c_{pt} = \frac{c_o.(m + \pi).(t_f' - t_i')}{M_{pt}.(T_{pt} - t_f')} \quad (5)$$

Siendo:  $M$ , la masa del puré de tomate a ebullición;  $c_o$ , el calor específico del agua,  $T$ , la temperatura final del puré de tomate a ebullición;  $t_f'$ , la temperatura final corregida del sistema agua fría inicial más el puré de tomate agregado más el vaso del calorímetro y sus accesorios;  $t_i'$ , la temperatura inicial del agua fría más el vaso del calorímetro y sus accesorios;  $m$ , la masa de agua fría inicial,  $\pi$ , el equivalente en agua del calorímetro y  $c_{pt}$  el calor específico del puré de tomate (Fig.2).



**FIGURA 1.** Gráfica temperatura-tiempo para la determinación de la temperatura final corregida y de la temperatura inicial corregida para determinar el equivalente en agua del calorímetro y el calor específico de un puré de tomates.



**FIGURA 2.** Calorímetro de mezcla del laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Alimentación.

Para la predicción matemática del calor específico en función de la composición nutricional se utilizó la ecuación propuesta por Lewis (1993):

$$c = m_a \cdot c_a + m_c \cdot c_c + m_p \cdot c_p + m_z \cdot c_z \quad (6)$$

Donde:  $m_a$ ,  $m_c$ ,  $m_p$  y  $m_z$ , son las fracciones másicas del agua, hidratos de carbono, proteínas, grasas y cenizas y  $c_a$ ,  $c_c$ ,  $c_p$ , y  $c_z$  son los calores específicos agua, hidratos de carbono, proteínas, grasas y ceniza.

### III. RESULTADOS

En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados experimentales de aplicar las ecuaciones (4) y (5). Se trabajó con unidades en el sistema SI, o sea kJ /kg.K, pero también con Kcal/kg.K por ser ésta una unidad de uso común, sobre todo en la información nutricional dada en las etiquetas de los productos comerciales.

**TABLA 1.** Resultados de la determinación del equivalente en agua del calorímetro.

Grupo 1		Grupo2	
$t_i = t_i$	25,00°C	$t_i = t_i$	25,00°C
$t_f$	51,50°C	$t_f$	53,00°C
$t_f$	51,74°C	$t_f$	54,77°C
m	0,6029 kg	m	0,5503 kg
M	0,3524 kg	M	0,3786 kg
T	373 K	T	373 K
	100,00°C		100,00°C
$\pi$	0,0502 kg	$\pi$	0,0295 kg

**TABLA 2.** Resultados de la determinación del calor específico del puré de tomate.

Grupo 1		Grupo2	
$t_i = t_i$	25,00°C	$t_i = t_i$	25,00°C
$t_f$	42,50°C	$t_f$	42,00°C
$t_f$	42,71°C	$t_f$	42,57°C
m	0,6778 kg	m	0,638 kg
$\pi$	0,0502 kg	$\pi$	0,0295 kg
$M_{pt}$	0,2355 kg	$M_{pt}$	0,256 kg
$T_{pt}$	374 K	$T_{pt}$	374 K
	101,00°C		101,00°C
$C_{pt}$	0,9468 kcal/kg.K $\approx 3,964062$ kJ/kg.K	$C_{pt}$	0,7904 kcal/kg.K $\approx 3,309247$ kJ/kg.K

El puré de tomates utilizado tiene la siguiente composición: carbohidratos 5,4 g; proteínas 1,6 g; fibra 1,3 g; el agua se calcula por diferencia: 91,7 g. Los calores específicos del agua, de los carbohidratos, de las proteínas y de las grasas son iguales a 4,18; 1,22; 1,9 y 1,9 kJ/kg.K, respectivamente (Lewis, 1993). El puré de tomates no tiene grasas y falta el calor específico de las fibras que se extrajo de Holdsworth (1988) y es igual a 1,8 kJ/kg.K.

La ecuación de predicción (6) da:

$$c_{pt} = 4,18 \times 0,917 + 1,22 \times 0,054 + 1,9 \times 0,016 + 1,8 \times 0,013 = 3,952 \text{ kJ/kg.K} \quad (7)$$

El resultado anterior expresado en Kcal/kg.K es 0,944.

Reidy (1968) da el valor de calor específico para un puré de tomate indicado en la Tabla 3, donde además se indica la composición del mismo.

**TABLA 3.** Composición de un puré de tomate y su correspondiente calor específico según Reidy (1968).

Composición (%)					Calor Específico (Kcal/Kg.K)
Agua	Proteínas	Carbohidratos	Grasas	Cenizas	
81,4	1,8	14,6	1,8	0,4	0,888602

#### IV. DISCUSIÓN

El Grupo 1 de estudiante del profesorado obtuvo una buena concordancia entre el valor experimental obtenido con el calorímetro de mezcla y la ecuación de predicción de Lewis, en cambio el Grupo 2 obtuvo un valor mucho menor. De acuerdo con Lewis el agua líquida tiene un calor específico extremadamente alto, mucho más alto que la mayoría de los demás líquidos. Ya que el agua tiene un calor específico mucho más alto que la mayoría de los constituyentes alimenticios, el calor específico de los alimentos se ve significativamente afectado por la cantidad de agua presente y por el estado físico del agua. El puré de tomate analizado tiene 91,7 g de agua, por lo tanto en el resultado de 0,9468 kcal/kg.K obtenido por el Grupo 1 frente al valor de la ecuación de predicción igual a 0,944 kcal/kg.K se observa claramente la influencia de la cantidad de agua en estado líquido.

Por otra parte, analizando los datos de Reidy que reporta un puré de tomate con 81,4 % de agua se observa la misma relación, ya que la contribución del resto de los ingredientes que no son agua se observa a partir de las centésimas.

En cuanto al valor obtenido por el Grupo 2, resultó oportuno para destacar la importancia de la interpretación de los datos que de acuerdo con Barolli y col. (2010) es fundamental en la enseñanza del laboratorio didáctico de ciencias en los aspectos que implican el reconocer que las fluctuaciones son inherentes al proceso de medición, la repetición de medidas como forma de minimizar los datos estadísticos, la presentación con de un resultado con cifras significativas correctas y trabajar la noción de incerteza, de precisión y de confiabilidad de una medida, entre otros conceptos sobre tratamiento estadístico de datos.

## V. CONCLUSIONES

En el relato de experiencia presentado para determinar el calor específico de un puré de tomates y compararlo con ecuaciones matemáticas de predicción en base a la composición nutricional del mismo y datos bibliográficos en un trabajo de articulación desarrollado entre el Profesorado de Enseñanza de Física y la Facultad de Ciencias de la Alimentación se obtuvo una buena correlación con un grupo de alumnos de dicho Profesorado, lo cual demuestra que actividad puede ser desarrollada en los dos niveles educativos, considerando la diferencia de complejidad en cada uno de ellos.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Departamento de Inglés, especialmente a la Lic. Alicia Noceti la redacción del Abstract.

## REFERENCIAS

Barolli, E., Laburú, C. E. y Guridi, V. M. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp. 88-110. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2015.

Carrasquero, A. (2001). Determinación del calor específico de la papa y la zanahoria: un ejemplo de investigación guiada en Química. *Investigación y Postgrado*, 16, pp. 11-24.

González, E., Mitnik, F. y Frascino, A. (1980). *Manual del Calorímetro*. Ed. ECYT.

Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.

Reidy, G.A. (1968). *Methods for Determining Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity of Foods: Values for Thermal Properties of Foods Gathered from the Literature*. Michigan: Department of Food Science, College of Agriculture and Natural Resources, Michigan State University.

Sahin, S. y Sumnu, S. G. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.