

XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH NHIỆT CỦA THỨC ĂN NUÔI THỦY SẢN

LÊ ĐỨC TRUNG, TRANG THÀNH LỄ
Trung tâm Công nghệ & Sinh học Thủy sản

PHẠM VĂN BÔN, NGUYỄN VĂN LỰA
Trường Đại học Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 3 tháng 4 năm 2001; hoàn chỉnh sửa chữa ngày 9 tháng 5 năm 2001)

TÓM TẮT: Các đặc tính nhiệt vật lý của thực phẩm có vai trò rất quan trọng trong tính toán công nghệ và thiết kế thiết bị liên quan tới quá trình truyền nhiệt. Bài báo này giới thiệu phương pháp thực nghiệm xác định nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt của thực phẩm và thức ăn vật nuôi cùng với một số kết quả thí nghiệm trên thức ăn nuôi tôm.

GIỚI THIỆU

Các đặc tính nhiệt vật lý của nguyên liệu và sản phẩm không thể thiếu trong tính toán công nghệ và thiết kế thiết bị sản xuất thực phẩm nói chung và của thức ăn chăn nuôi nói riêng. Trong các sổ tay hóa chất và thực phẩm, thường có các bảng cho sẵn các thông số này với số liệu được tổng hợp từ các nguồn khác nhau. Tuy nhiên do tính chất đa dạng của đối tượng thực phẩm mà còn khá nhiều loại nguyên liệu và sản phẩm chưa có số liệu về đặc tính nhiệt. Bài viết này giới thiệu phương pháp, với các dụng cụ đơn giản trong điều kiện các phòng thí nghiệm ở Việt Nam, có thể xác định nhiệt dung riêng và độ dẫn nhiệt, là hai đặc tính nhiệt quan trọng nhất của vật liệu thực phẩm. Một số thực nghiệm trên vật liệu là thức ăn công nghiệp cho nuôi thủy sản đã được tiến hành tại Trung tâm Công nghệ chế biến và Sinh học Thủy sản, Tp. Hồ Chí Minh.

A. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Các tính chất nhiệt vật lý của thức ăn phụ thuộc vào thành phần nguyên liệu, độ ẩm và độ nén chặt (khối lượng riêng) viên thức ăn. Các thí nghiệm được tiến hành trên thức ăn có thành phần nguyên liệu và độ nén chặt giống nhau nhưng có độ ẩm khác nhau, cụ thể là 30 % và 20 % và 10 % (tính theo vật liệu ẩm).

Dụng cụ dùng cho nghiên cứu bao gồm bình định mức, bình cách nhiệt (dùng bình thủy loại tốt) có gắn đầu cảm biến của nhiệt kế cặp nhiệt điện với độ chính xác $\pm 0,1$ °C, bình ổn nhiệt, đồng hồ bấm giây, dụng cụ tạo viên, thước cặp calip, cân điện có độ chính xác $\pm 0,01$ mg, dao cắt.

1. Xác định nhiệt dung riêng

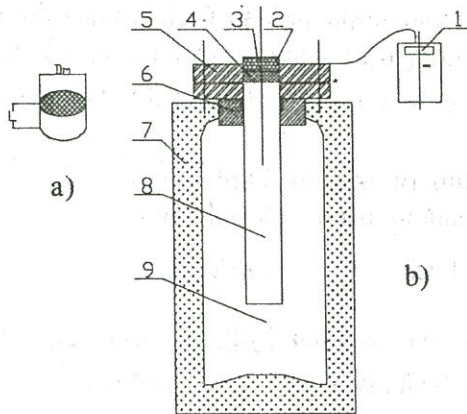
Nhiệt dung riêng vật liệu được xác định theo nguyên lý cân bằng nhiệt (Lewis, 1987). Đầu tiên cần phải xác định mức độ chính xác của dụng cụ thí nghiệm bằng cách dùng dụng cụ đo nhiệt dung riêng của một chất chuẩn nào đó. Trong nghiên cứu này ta dùng cát khô làm chất chuẩn. Cân 700 g nước lạnh có nhiệt độ khoảng 4 °C cho vào bình thủy rồi dùng nhiệt kế xác định lại chính xác nhiệt độ nước trong bình T_w . Cân 100 g cát khô cho vào bình ổn nhiệt ở 35 °C khoảng 60 phút. Xác định chính xác nhiệt độ của cát, rồi đổ vào bình nước lạnh nói trên. Đậy ngay nắp bình lại, tiến hành quan sát và ghi lại sự biến đổi nhiệt độ của hỗn hợp trong bình (cứ sau 20 giây lại ghi số liệu một lần), cho tới khi nhiệt độ hỗn hợp ổn định ở T_c .

Từ các số liệu này, bằng cách lập và giải phương trình cân bằng nhiệt, ta có thể xác định được nhiệt dung riêng (thực nghiệm) của cát khô. So sánh với số liệu nhiệt dung riêng của cát khô từ bảng (Trần Xoa, 1978), ta tính được hệ số sai lệch D_{ss} giữa giá trị xác định bằng thực nghiệm trên dụng cụ và giá trị chuẩn đã được công nhận.

Nhiệt dung riêng của thức ăn cũng được xác định bằng cách tương tự như đối với cát khô. Sau khi tính được giá trị nhiệt dung riêng C_1^* từ phương trình cân bằng nhiệt, nhân với hệ số sai lệch D_{ss} ta sẽ có nhiệt dung riêng C_1 của thức ăn.

2. Xác định hệ số dẫn nhiệt

Hệ số dẫn nhiệt của thức ăn được xác định bằng phương pháp Fitch cải tiến (Driscoll R.H. và S. Rahman 1991). Trong phương pháp này người ta đo tốc độ dẫn nhiệt qua mẫu thức ăn được ép thành hình trụ ngắn có kích thước được thể hiện trên hình 1a. Dụng cụ để tiến hành thí nghiệm được mô tả trên hình 1b.



Hình 1: a) Hình dạng và kích thước mẫu vật thí nghiệm

b) Sơ đồ dụng cụ thí nghiệm đo hệ số dẫn nhiệt

- | | | |
|----------------------|----------------------------------|--|
| 1 - Nhiệt kế hiển số | 2 - Nút xốp cách nhiệt | 3 - Phiến đồng (có gắn cảm biến nhiệt) |
| 4 - Mẫu vật cần đo | 5 - Tấm nhựa (có khuôn chứa mẫu) | 6 - Nút cao su |
| 7 - Bình cách nhiệt | 8 - Trụ đồng | 9 - Nước lạnh |

Mẫu vật 4 được chuẩn bị và đặt vào khuôn trên tấm nhựa 5, khuôn này có kích thước như trên hình 1a. Đo chính xác nhiệt độ mẫu vật bằng nhiệt kế cặp nhiệt điện 1. Đổ nước lạnh khoảng 4°C tới khoảng $2/3$ bình thủy, làm lạnh trụ đồng 8 (bằng cách đặt trong tủ lạnh) tới nhiệt độ tương đương, đây nắp cùng với trụ đồng vào bình thủy như hình vẽ 1b. Xác định lại nhiệt độ chính xác của bề mặt trên của trụ đồng. Đây úp nắp có gắn mẫu vật lên bề mặt đầu trụ đồng rồi theo dõi sự thay đổi nhiệt độ T (của bề mặt trên của mẫu vật) thể hiện trên nhiệt kế. Cứ cách 30 giây ghi lại sự thay đổi này trong khoảng thời gian 300 giây. Tốc độ thay đổi nhiệt độ là cơ sở để tính hệ số dẫn nhiệt của vật liệu, theo phương trình Fitch:

$$\ln \frac{T - T_s}{T_0 - T_s} = - \left(\frac{K.A}{L.m_{Cu}C_{Cu}} \right) t \quad (1)$$

trong đó: t - thời gian (s)

K - Hệ số dẫn nhiệt của mẫu nguyên liệu, W/m độ

m_{Cu} là khối lượng trụ đồng, kg

C_{Cu} là nhiệt dung riêng của đồng, kJ/kg $^{\circ}\text{C}$

A - tiết diện bề mặt truyền nhiệt (vật liệu tiếp xúc với trụ đồng), m²
 L - chiều dài truyền nhiệt (chiều dày mẫu vật liệu), m
 T_s - Nhiệt độ trụ đồng, °C
 T₀ - Nhiệt độ ban đầu của mẫu vật, °C.

B. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

1. Xác định nhiệt dung riêng của thức ăn viên

- *Xác định hệ số bù sai lệch dụng cụ thí nghiệm:*

Với chất chuẩn là cát khô, các kết quả thí nghiệm được ghi lại trong bảng 1. Sau khi trộn một thời gian tới khi ổn định, nhiệt độ hỗn hợp đạt được T_h = 6,7 °C. Nhiệt dung riêng thực nghiệm C_a^{*} của cát được xác định nhờ phương trình cân bằng nhiệt sau:

$$C_n m_n (\Delta T)_n = C_c^* m_c (\Delta T)_c \tag{2}$$

hay: $C_c^* = C_n \frac{m_n (\Delta T)_n}{m_c (\Delta T)_c}$ (3)

trong đó: m_n, m_c tương ứng là lượng nước, lượng cát khô được trộn, kg (ΔT)_n

- chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ nước trước khi trộn và nhiệt độ hỗn hợp sau khi trộn.

(ΔT)_c - chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ cát khô trước khi trộn và nhiệt độ hỗn hợp sau khi trộn.

C_n = 4.20 kJ/kg °C - nhiệt dung riêng nước ở nhiệt độ hỗn hợp

Thay các số liệu thực nghiệm vào phương trình 3, ta tính được:

$$C_c^* = \frac{0,7 \times 4,20 \times 1,1}{0,1 \times 28,1} = 1,15 \quad \text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Tra số liệu trong sổ tay hóa chất, ta có C_c = 0,896 kJ/kg °C (trong khoảng 0 – 30 °C)

Từ đó ta xác định được hệ số bù sai lệch của dụng cụ thí nghiệm là:

$$D_{ss} = \frac{C_c}{C_c^*} = 0,896 / 1,15 = 0,78$$

Bảng 1. Biến đổi nhiệt độ khi trộn cát khô với nước trong bình cách nhiệt

Vật liệu	Khối lượng	Nhiệt độ	Sự thay đổi nhiệt độ hỗn hợp T (°C) theo thời gian t (s)							Nhiệt dung riêng
			10	20	40	80	120	160	200	
	gam	°C								C* (kJ/kg °C)
Cát khô	100	35	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7	6,7	1,15
Nước	700	5,6								

- *Xác định nhiệt dung riêng của thức ăn viên:*

Với trình tự thực hiện thí nghiệm hoàn toàn như đối với cát khô, sự thay đổi nhiệt độ của hỗn hợp nước - thức ăn viên được ghi lại trong bảng 2. Với các loại thức ăn viên có độ ẩm 10 %, 20 % và 30 %, (có khối lượng riêng tương ứng là 1060, 1080, 1100 kg/m³) sau khi trộn một thời gian tới khi ổn định, nhiệt độ hỗn hợp đạt được tương ứng là 7,8 °C, 8,1 °C và 8,0 °C. Nhiệt dung riêng thực nghiệm của thức ăn C_i^{*} được xác định nhờ phương trình cân bằng nhiệt sau:

$$C_n m_n (\Delta T)_n = C_t^* m_t (\Delta T)_t \quad (4)$$

$$\text{hay: } C_t^* = C_n \frac{m_n (\Delta T)_n}{m_t (\Delta T)_t} \quad (5)$$

trong đó: m_n, m_t tương ứng là lượng nước, lượng thức ăn được trộn, g $(\Delta T)_n$
 - chênh lệch giữa nhiệt độ nước trước khi trộn và nhiệt độ hỗn hợp sau khi trộn.

$(\Delta T)_t$ - chênh lệch giữa nhiệt độ thức ăn trước khi trộn và nhiệt độ hỗn hợp sau khi trộn.

Cụ thể, với thức ăn viên có độ ẩm 10 %, ta có:

$$C_t^* = \frac{0,7 \times 4,20 \times 2,2}{0,1 \times 24,2} = 2,67 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Nhân với hệ số bù sai lệch, ta được giá trị nhiệt dung riêng của thức ăn viên:

$$C_t = D_{ss} \times C_t^* = 0,78 \times 2,67 = 2,082 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Bảng 2. Biến đổi nhiệt độ khi trộn thức ăn viên với nước trong bình cách nhiệt

Vật liệu	Khối lượng g	Nhiệt độ đầu °C	Sự thay đổi nhiệt độ hỗn hợp T (°C) theo thời gian t (s)							C _t kJ/kg °C
			10	20	40	80	120	160	200	
Thức ăn viên độ ẩm 30%	100	32,0	7,2	7,7	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0	2,293
Thức ăn viên độ ẩm 20%	100	35,1	7,3	7,7	7,9	8,1	8,2	8,2	8,1	2,123
Thức ăn viên độ ẩm 10%	100	33,0	7,1	7,4	7,6	7,7	7,8	7,8	7,8	2,08
Nước lạnh	700	5,6								4,2

2. Xác định hệ số dẫn nhiệt của thức ăn viên

Kết quả theo dõi và số liệu về sự thay đổi nhiệt độ mặt trên của 3 lô mẫu thức ăn có độ ẩm khác nhau (10 %, 20 % và 30 %, có khối lượng riêng tương ứng là 1050, 1080, 1100 kg/m³), sau khi cho mẫu thức ăn tiếp xúc với mặt trên trụ đồng được thể hiện trong bảng 3 và bảng 4. Các kết quả tính giá trị của tỷ số $\text{tg}\alpha = (\ln \frac{T-T_s}{T_0-T_s})/t$ cũng được ghi vào bảng này.

Bảng 3: Biến đổi nhiệt độ bề mặt trên của viên ép theo thời gian, với viên 10 % ẩm (T_s = 5 °C, T₀ = 30 °C)

Thời gian t (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	260	320
Nh.độ T (°C)	30	29,9	29,8	29,7	29,6	29,6	29,4	29,3	29,1	28,9
$\frac{T-T_s}{T_0-T_s}$		0,996	0,992	0,988	0,984	0,984	0,976	0,972	0,964	0,956
$\text{Ln} \frac{T-T_s}{T_0-T_s}$	0	-0,004	-0,008	-0,012	-0,016	-0,016	-0,0243	-0,0284	-0,0367	-0,045
Tg α		-0,134	-0,134	-0,134	-0,134	-0,108	-0,135	-0,1352	-0,141	-0,1406

Bảng 4: Biến đổi nhiệt độ bề mặt trên của viên ép thức ăn, với viên 30 % ẩm, ($T_s = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_0 = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Thời gian t (s)	0	30	60	90	120	160	200	260	320	380
Nh.độ T ($^{\circ}\text{C}$)	27	26,9	26,8	26,8	26,7	26,5	26,5	26,3	26,1	25,8
$\frac{T-T_s}{T_0-T_s}$	1	0,996	0,991	0,991	0,986	0,977	0,9773	0,9682	0,9591	0,9455
$\text{Ln} \frac{T-T_s}{T_0-T_s}$	0	-0,005	-0,009	-0,009	-0,014	-0,023	-0,023	-0,0323	-0,0418	-0,0561
Tg α		-0,152	-0,152	-0,1015	-0,1144	-0,144	-0,115	-0,1243	-0,130	-0,147

Từ số liệu về thay đổi nhiệt độ phiến đồng theo thời gian, sử dụng phương trình Fitch, ta tính được hệ số dẫn nhiệt K:

$$K = \frac{L \cdot m_{Cu} \cdot C_{Cu}}{A} \left(\frac{\ln \frac{T - T_s}{T_0 - T_s}}{t} \right) = \frac{L \cdot m_{Cu} \cdot C_{Cu}}{A} (\text{tg} \alpha)_{\text{tb}} \quad (6)$$

trong đó:

$(\text{tg} \alpha)_{\text{tb}}$ góc nghiêng trung bình của đường biểu diễn quan hệ $\text{Ln} \frac{T - T_s}{T_0 - T_s}$ với t

m_{Cu} là khối lượng trụ đồng (kg) $m_{Cu} = 0,560$ kg

C_{Cu} là ND riêng của đồng: $C_{Cu} = 383$ J / kg $^{\circ}\text{C}$ (trong khoảng 0 – 20 $^{\circ}\text{C}$)

A - tiết diện bề mặt truyền nhiệt (vật liệu tiếp xúc với trụ đồng), m

$$A = \pi r^2 = \pi (0,01)^2 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

L - chiều dài truyền nhiệt (chiều dày mẫu vật liệu), m $L = 0,006$ m

Thế vào công thức (6) cho kết quả:

Với thức ăn có độ ẩm 10 %: $(\text{tg} \alpha)_{\text{tb}} = -0,1308 \times 10^{-3}$

$$K = 0,467 \text{ W/m } ^{\circ}\text{C}$$

Với thức ăn có độ ẩm 30 %: $(\text{tg} \alpha)_{\text{tb}} = -0,1408 \times 10^{-3}$

$$K = 0,580 \text{ W/m } ^{\circ}\text{C}$$

Thí nghiệm tương tự với thức ăn có độ ẩm 20 %, ta có:

$$K = 0,535 \text{ W/m } ^{\circ}\text{C}$$

C. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả các nghiên cứu thực nghiệm ở phần trên được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Kết quả thực nghiệm

Độ ẩm thức ăn viên (%)	10	20	30	Số lần lặp TN cho mỗi loại
ND riêng C_t	2,082	2,123	2,293	4

HSDN, K (W/m °C)	0,467	0,535	0,580	3
------------------	-------	-------	-------	---

Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng cả hai thông số nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt đều phụ thuộc độ ẩm, tuy với mức độ khác nhau. Trong khoảng nghiên cứu, giá trị các thông số này có xu hướng tăng lên khi độ ẩm tăng. Nghiên cứu trên cũng cho thấy với các dụng cụ thí nghiệm tương đối đơn giản, chúng ta có thể xác định được đặc tính nhiệt của các vật liệu thực phẩm, thức ăn ở dạng viên hoặc bột có thể ép thành bánh. Tuy sai số khi xác định các thông số bằng cách trên là không thể tránh khỏi, song bằng phương pháp hiệu chỉnh nhờ một số vật liệu chuẩn (vật liệu có số liệu đặc tính nhiệt đã biết), các giá trị thu được khi dùng phương pháp đã nêu có thể đủ tin cậy cho tính toán trong kỹ thuật.

A METHOD OF EXPERIMENTS TO DETERMINE SPECIFIC HEAT AND THERMAL CONDUCTIVITY OF FOOD AND ANIMAL FEED

Le Duc Trung, Pham Van Bon, Nguyen Van Lua and Trang Thanh Le

ABSTRACT: *The thermophysical properties of food materials are important for calculation and design of processes involving heat transfer. This article introduces a method of experiments to determine specific heat and thermal conductivity of food and animal feed, such as shrimp feed.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Driscoll R.H. và S. Rahman (1991). *Thermal conductivity of seafoods: calamari, octopus and king prawn*, Food Australia 43 (8), 356 - 359, Canberra
2. Holman J. P. (1992). *Heat transfer*, Mc Graw-Hill Inc., New York
3. Lewis (1987). *Physical properties of foods and food processing systems*, Ellis Horwood Ltd., Chichester
4. Trần Xoa & công tác viên (1978). *Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ Hóa chất (T1, T2)*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.