

# APÉNDICES 1

## DIFUSIVIDAD TERMAL DE ALGUNOS ALIMENTOS

Producto	Humedad (%)	Temperatura <sup>a</sup> (°C)	Difusividad termal (x10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /s)
Frutas vegetales y derivados			
Manzana entera	85	0-30	1.37
Compota de manzana	37	5	1.05
	37	65	1.12
	80	5	1.22
	80	65	1.40
	-	26-129	1.67
Aguacate fresco	-	24.0	1.24
Germen	-	24.0	1.29
Entero	-	41.0	1.54
Banana fresca	76	5	1.18
	76	65	1.42
Judías cocidas	-	4-122	1.68
Cerezas, ácidas, frescas	-	30.0	1.32
Pomelo, pulpa, fresco	88	-	1.27
Pomelo, pulpa, albedo	72.2	-	1.09
Limón, entero	-	40.0	1.07
Lima, puré	-	26-122	1.80
Guisantes, puré	-	26-128	1.82
Melocotón, entero	-	27.4	1.39
Patata fresca	-	25	1.70

Patata triturada, cocinada	78	5	1.23
	78	65	1.45
Colinabo	-	48.0	1.34
Calabaza, entera	-	47	1.71
Fresas, frescas	92	5	1.27
Remolacha azucarera	-	14,60	1.26
Batata, entera	-	5	1.06
	-	55	1.39
	-	70	1.91
Tomate, pasta	-	4,26	1.48
Pescado y carne			
Bacalao	81	5	1.22
	81	5	1.42
Ternera enlatada	65	5	1.32
	65	65	1.18
Ternera, espalda <sup>b</sup>	66	40-65	1.23
Ternera, redondo <sup>b</sup>	71	40-65	1.33
Ternera, lengua	68	40-65	1.32
Halibut	76	40-65	1.47
Jamon, ahumado	64	5	1.18
	64	40-65	1.38
Agua	-	30	1.48
	-	65	1.60
Hielo	-	0	11.82

Fuente: Singh (1998)

# APÉNDICES 2

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA PREDICCIÓN DE DIFUSIVIDAD TÉRMICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

Tabla 7. Modelos matemáticos para la predicción de difusividad térmica de productos alimenticios.

Producto	Difusividad térmica (m <sup>2</sup> /s)	limitaciones	Autor
<b>Panificación</b>			
Pasta de trigo	$\alpha = (1615 - 0.1131 \sigma^1 X_{bh} + 0.1261 \sigma^1 T) \cdot 10^{-8}$	20 °C a 90 °C	Metel y colaboradores (1986)
Corteza de pan	$\alpha = e^{0.00628 - 15.30}$	$X_{bh} = 0\%$ $T = 100C$	Zanoni y colaboradores (1995)
<b>Leche y derivados</b>			
Queso fundido	$\alpha = [ (1.359 + 0.00495T - 0.0000174T^2) \psi_w + (0.870 - 0.00030T - 0.00000494T^2) \psi_g + (0.790 + 0.00482T - 0.0000174T^2) \psi_s ] \cdot 10^{-7}$	30.2 < $\psi_s$ < 66.7% 7 < $\psi_g$ < 4 0.5 40 < T < 95 °C	Thomareis y Ardi (1992)
<b>Frutas y vegetales</b>			
Papa	$\alpha = (1.38 + 0.0032 X_{bh}) \cdot 10^{-7}$	60 °C a 65 °C Y humedades Entre 10 y 80%	Donsi y colaboradores (1996)
Remolacha	$\alpha = (0.66 + 0.0085 X_{bh}) \cdot 10^{-7}$	Humedades próximas al estado natural y 20 °C	Niesteruk (1996)
Zanahoria	$\alpha = (0.61 + 0.0072 X_{bh}) \cdot 10^{-7}$		
Perejil			
Apio			
Pulpa de piña	1.84 · 10 <sup>-7</sup> 1.74 · 10 <sup>-7</sup>	15 °Brix 25 °Brix 15 < T < 65 °C	Silva (1995)

Fuente: Alvarado y Aguilera, (2001)

# APÉNDICES 3

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA CALCULAR DIFUSIVIDAD TÉRMICA

Modelos	Condiciones	Referencia
$\alpha = 0,088 \times 10^{-5} + (a_w - 0.088 \times 10^{-5}) X_a$	$T \geq T_{ic}$	(Riedel, 1969)
$\alpha = (0,0572 X_a + 0,0138 X_g + 0,0003 T) \times 10^{-6}$	$T \geq T_{ic}$	(Hermans, 1979)

**Fuente:** Medellín ene, 2006

# APÉNDICES 4

## CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE ALGUNOS ALIMENTOS

<i>Producto</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Conductividad térmica (W/m.K)</i>
Manzana	85.6	2 - 36	0.393
Compota de manzana	78.8	2 - 36	0.516
Ternera, secada y congelada			
1000 mm Hg presión	-	0	0.065
0.001 mm Hg presión	-	0	0.037
Ternera, magro			
Perpendicular a las fibras	78.9	7	0.476
Perpendicular a las fibras	78.9	65	0.485
Paralelo a las fibras	78.7	8	0.431
Paralelo a las fibras	78.7	61	0.447
Grasa de ternera	-	24 - 38	0.19
Mantequilla	15	46	0.197
Bacalao	83	2.8	0.544
Maíz, harina amarilla	0.91	8 - 52	0.141
	30.2	8 - 52	0.172
Cordero			
Perpendicular a las fibras	71.8	5	0.45
Paralelo a las fibras	71.0	5	0.415
Cerdo			
Perpendicular a las fibras	75.1	6	0.488
Paralelo a las fibras	75.9	4	0.54
Grasa de cerdo	-	25	0.152
Aves, músculos de pollo	69.1 - 4.9	4 - 27	0.412
Pavo, pechugas			
Perpendicular a las fibras	74	3	0.502
Paralelo a las fibras	74	3	0.523
<i>Carne de ternera</i>			
<i>Perpendicular a las fibras</i>	<i>75</i>	<i>6</i>	<i>0.476</i>
<i>Paralelo a las fibras</i>	<i>75</i>	<i>5</i>	<i>0.441</i>

Fuente: Siebel, (1982)

# APÉNDICES 5

## CONDUCTIVIDAD TERMAL DE ALGUNOS ALIMENTOS

Producto	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Conductividad termal (W/m.K)
Manzana	85.6	2-36	0.393
Compota de manzana	78.8	2-36	0.516
Ternera, secada y congelada			
1000 mm Hg presión	-	0	0.065
0.001 mm Hg presión	-	0	0.037
Ternera magro			
Perpendicular a las fibras	78.9	7	0.476
	78.9	62	0.485
Paralelo a las fibras	78.7	8	0.431
	78.7	61	0.447
Grasa de ternera	-	24-38	0.19
Mantequilla	15	46	0.197
Bacalao	83	2.8	0.544
Maíz, harina amarilla	0.91	8-52	0.141
	30.2	8-52	0.172
Huevo, congelado entero	-	-10 a -6	0.97
Huevo, clara	-	36	0.577
Huevo, yema	-	33	0.338
Mejillones	-	0-10	0.557
Pomelo, entero	-	30	0.45
Miel	12.6	2	0.502
	80	2	0.344
	14.8	69	0.623
	80	69	0.415
Zummo, manzana	87.4	20	0.559
	87.4	80	0.632
	36.0	20	0.389
	36.0	80	0.436
Leche	-	37	0.530
Leche, condensada	90	24	0.571
	-	78	0.641
	50	26	0.329
	-	78	0.364
Leche, desnatada	-	1.5	0.538
	-	80	0.635
Leche , en polvo sin grasa	4.2	39	0.419
Aceite de oliva	-	15	0.189
	-	100	0.163
Naranjas	-	30	0.431
Judias, rojas	-	3-17	0.312

Sal	-	87	0.247
Mezcla de embutido	65.72	24	0.407
Aceite de soja de cocina	13.2	7-10	0.069
Fresas	-	14 a 25	0.675
Azúcar	-	29-62	0.087-0.22
Pavo, pechugas			
Perpendicular a las fibras	74	3	0.502
Paralelo a las fibras	74	3	0.523
Carne de ternera			
Perpendicular a las fibras	75	6	0.476
		62	0.489
Paralelo a las fibras	75	5	0.441
		60	0.452
Aceites vegetales y animales	-	4-187	0.169
Harina de trigo	8.8	43	0.45
		65.5	0.689
		1.7	0.542
Suero		80	0.641
Salvado de arroz	7	-	0.086
Soya	-	-	0.0952

Fuente: Singh (1998)

# APÉNDICES 6

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA CONDUCTIVIDAD TERMAL

Producto	Conductividad térmica (W/m.K)	Limitaciones	Autor
General	$k = 0.58X_w + 0.155X_p + 0.25X_c + 0.16X_g + 0.135X_i$		<i>Sweat (1995)</i>
<b>Panificación</b>			
Pasta de trigo	$k = 0.31 - 0.82 \cdot 10^{-2} X_{bh} + 0.13 \cdot 10^{-2} T$	20 °C a 90 °C	<i>Metel y colaboradores (1986)</i>
Corteza de pan	$k = 0.398 - 3.1 \cdot 10^{-3} \varepsilon$	$X_{bh} = 0\%$ $T = 100^\circ C$	<i>Zanoni y colaboradores (1995)</i>
<b>Frutas y vegetales</b>			
Manzana	$k = 0.322X_w + 0.1263$	30 °C	<i>Donst y colaboradores (1996)</i>
Papa	$k = 0.389 X_w + 0.1445$		
Remolacha	$k = 0.103 + 0.0051X_{bh}$	Humedades próximas del producto fresco	<i>Mesteruk (1996)</i>
Zanahoria	$k = 0.172 + 0.0045X_{bh}$		
Perejil	$k = 0.160 + 0.0043X_{bh}$		
Apio	$k = 0.135 + 0.0051X_{bh}$		
Papaya	$k = 0.0645 e^{0.0279X_{bh}}$	20 °C	<i>Park y colaboradores (1996)</i>
Melón	$k = 0.206 \cdot \ln(X_{bh}) + 0.1215$		
<b>Carnes y pescado</b>			
Carne molida	$k = 0.049 + 0.0034X_{bh} + 0.00237T$	40 < $X_w$ < 80 % 25 < T < 50 °C	<i>Sorenfors (1974)</i>
<i>Carnes</i>	$k = 0.080 + 0.52X_w$ $k = 0.28 + 1.9X_w + 0.0092T$	0.6 < $X_w$ < 0.8 0 < T < 60 °C 0.65 < $X_w$ < 0.85 -40 < T < -5 °C	<i>Sweat (1975)</i>

Fuente (Alvarado & aguilera, 2001)



# APÉNDICES 7

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA CALCULAR LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Modelos	Condiciones	Referencia
$k = 2,44X_a + 0,26(1 - X_a)$	$T \leq T_{ic}$	Comini y Bonacina,1974)
$k = 1,745X_a(1 - T_{ic}/T) + 0,233$	$T \leq T_{ic}$	(Finkii,1974)
$k = 0,08 + 0,52X_a$	$0 \leq T \leq 60^\circ C$ $0,6 \leq X_a \leq 0,8$	(Sweat,1975)
$k = 0,344X_a - 0,0644X_p - 0,1334X_g + 0,0008T$	$T \geq T_{ic}$	(Hermans,1979)
$k = k_c + (k_d - k_c)(T_0 - T_{ic})/(T_0 - T)$ $k = k_c + m(T_{ic} - T) + (k_d - k_c)(T_0 - T_{ic})/(T_0 - T)$	$T \leq T_{ic}$	(Schawartzberg,1981)
$k = -0,28 + 1,8X_a - 0,0092T$	$-40 \leq T \leq 5^\circ C$ $0,65 \leq X_a \leq 0,85$	(Sweat,1995)
$k = k_{ic} + a(T - T_{ic}) + c\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ic}}\right)$	$T \leq T_{ic}$	(Willix et al,1998)
$k = k_{ic} + d(T - T_{ic})$	$T \geq T_{ic}$	(Willix et al,1998)

Fuente: Medellín, 2006

# APÉNDICES 8

## CALOR ESPECÍFICO DE CARNES Y PRODUCTOS CÁRNICOS

Producto	Humedad (%)	Calor específico (J/Kg °K ó J/Kg °C)	Calor específico (cal/g. °C)
<b>Cerdo</b>			
Carne	66	3.015	0.72
Carne grasa	39	2.600	0.62
Carne fresca	60	2.850	0.68
Carne fresca no grasa	57	3.060	0.73
Carne magra	57	3.060	0.73
Carne ahumada	57	2.510	0.60
<b>Cordero</b>			
Carne fresca grasa	60	2.850	0.68
Carne fresca	70	3.182	0.76
Carne de carnero	73	3.450	0.82
<b>Pollo</b>			
Carne grasa	61	3.120	0.75
Carne fresca	74	3.310	0.79
<b>Vacuno</b>			
Carne de ternera	63	3.220	0.77
Chuleta de ternera	72	3.430	0.82
Carne	74	3.517	0.84
Carne grasa	51	2.890	0.69
Carne picada	72	3.520	0.84
Hígado	66	3.020	0.72
riñón	81	3.600	0.86
<b>Embutidos</b>			
Salchichas	60	3.600	0.86
Embutidos frescos	65	3.730	0.89
Embutidos ahumados	60	3.600	0.86
<b>Tocino</b>			
Tocino	57	2.010	0.48
Fresco magro	68	3.220	0.77
Ahumado seco	13	1.260	0.30

Fuente: Sosa, 2007

# APÉNDICES 9

## CUADRO DE CAPACIDADES CALORIFICAS EN ALIMENTOS VALORES PROMEDIO

Material	H2O en %	Cp (kJ.kg/K)
Manzana	75	3.73
Pure de manzana	-	4.02
Espárragos frescos	93	3.94
Espárragos congelados	93	2.01
Tocino magro	51	3.43
Pure de platano	-	3.66
Carne de res	72	3.43
Pan blanco	42	2.72
Mantequilla	15	2.30
Melon	92.7	2.94
Quezo suizo	55	2.68
Maiz dulce	-	3.32
Maiz fresco	-	1.77
Maiz congelado	-	1.75
Pepino	97	4.10
Huevos frescos	-	3.18
Huevos congelados	-	1.68
Bacalao fresco	70	3.18
Bacalao congelado	70	1.72

# APÉNDICES 10

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA CALCULAR EL CALOR ESPECÍFICO

Modelos	Condiciones	Referencia
$Cp = [2093(T_w/T) + 837]X_s + 1382$	$T < T_{ic}$	(Finklin, 1974)
$Cp = 4180(0,5X_p + 0,3X_s + X_w)$ Cp de la grasa es 0,5 el Cp del agua Cp de la parte sólida es 0,3 el Cp del agua	$T > T_{ic}$	(Leniger y Beverloo, 1975)
$Cp = 4187[X_s + (\alpha + 0,001T)(1 - X_s) - \beta \exp(-43X_s^{1/3})]$	$T > T_{ic}$ $\beta_{bovino} = 0,08$ $\alpha_{bovino} = 0,385$	(Riedel, 1978)
$Cp = \sum Cp_i X_i$	$T > T_{ic}$	(Miles et al., 1983; Choi y Okos, 1986)
$Cp = Cp_f + (X_w - bX_s)\Delta H_{f,0}(T_0 - T_w)(T_0 - T)^2$		(Schwartzberg, 1981)
$Cp_{app} = Cp_s [X_w (1 + X_s/X_s) - X_s/X_s] +$ $[\Delta H_{f,0}(T_0 - T_w)/(T_0 - T)^2 - Cp_s + Cp_{kilo}]$	$X_s = 0,5X_p + 0,3X_s$ $X_s = 0,5X_p + 0,3X_s$	(Schwartzberg, 1976)
$Cp_{app} = Cp_m(1 - X_w) + Cp_s W_s (T_w/T)$ $+ Cp_{kilo}(1 - T_w/T)X_s - \Delta H_c X_s (T_w/T^2)$	$T < T_{ic}$	(Van Beek, 1983)

Fuente: Medellín, 2006

# APÉNDICES 11

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA CALCULAR LA TEMPERATURA INICIAL DE CONGELACIÓN

Modelo	Referencia
$(T_a - T_m) = -\frac{\beta}{M_a} \ln \left[ \frac{(X_a - BX_z)}{(X_a - BX_z) + EX_z} \right]$	(Schwarzberg, 1976)
$(T_a - T_m) = a_1 + a_2 * X_a$	(Chang y Tao, 1981)
$(T_a - T_m) = A_1 + A_2 X_a + A_3 X_a^2$	(Chang y Tao, 1981)
$(T_a - T_m) = C_1 X_z + C_2 X_z^2 + C_3 X_z^3$	(Chen y Nagy, 1987)
$(T_a - T_m) = \frac{\beta}{M_a} \ln \left[ \frac{(X_a - BX_z)}{(X_a - BX_z) + EX_z(1 + fX_z)} \right]$	(Chen, 1987)
$(T_a - T_m) = \frac{(X_a - 1)}{(d_1 + d_2 X_a)}$	(Sanz et al., 1989)
$(T_a - T_m) = \frac{(X_a - 1)}{(c_1 - c_2 X_a)}$	(Rahman y Driscoll, 1994)
$(T_a - T_m) = b_1 \frac{X_{ca}}{X_a} + b_2 \frac{X_{ca}}{X_a}$	(Pham et al., 1994)

# APÉNDICES 12


## PARÁMETROS UTILIZADOS EN LOS MODELOS PRESENTADOS

Parámetro	Modelo General	Modelo Bovino
a1	5,76	10,67
a2	-5,98	-13,18
b1	4,66	
b2	46,40	
c1	0,078	
c2	0,140	
d1	0,084	0,072
d2	-0,548	-0,488
A1	19,29	30,97
A2	-51,53	-88,13
A3	36,54	64,49
C1	18,94	16,94
C2	-77,57	-74,04
C3	97,26	101,74
B	0,192	0,185
E	0,021	0,023
f	-0,077	0,0023

# APÉNDICES 13


## LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y ANÁLISIS SENSORIAL

### INFORME DE ENSAYO



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES  
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD "NESTOR MORALES VILLAZÓN"

**INLASA**  
RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
**RELOAA**  
LABORATORIO COORDINADOR NACIONAL



---

**LABORATORIO DE NUTRICION Y ANÁLISIS SENSORIAL**  
**INFORME DE ENSAYO**


Página: \_\_\_\_\_

No.:	LNS-F-07-6-003-09	Muestra:	CARNE DE LLAMA FRESCA
Nombre del cliente:	Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria		
Dirección del Cliente:	Rafael Zubieta N° 1889	Procedencia de la muestra:	LA PAZ
Condiciones de la muestra:	Frasco de plastico	Cantidad:	900 g.
Acta de muestreo:	401844	Tarjeta de muestreo:	43441
Fecha de muestreo:	13/01/2009	Hora:	11:00
Fecha de recepción de la muestra:	13/01/2009	Hora:	11:15
Fecha de realización del ensayo:	Del 14 al 23 de enero del 2009		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.

**RESULTADO**

NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energetico	113 Kcal	Cálculos Aplicando factores
Humedad	74.31 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70 °C
Proteina	24.11 g.	Microkhejdall AOAC960-52
Grasa	1.39 g.	Hidrólisis Ácida
H. de carbono	0.92 g.	Calculos por diferencia
Ceniza	1.11 g.	Incineracion

La Paz, 26 de Enero de 2009



**JEFE DE LABORATORIO**

**Dr. José Rafael Gutiérrez**  
DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO  
**INLASA**

**DIRECTOR**

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

Dirección: Rafael Zubieta No. 1889 (lado del Estado Mayor General) Miraflores - Casilla M - 10019  
Telf.: 2224078 / 222-6048 / 222-6670 Fax: (591-2) 222-8254 / 2224078  
La Paz - BOLIVIA